1231

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

CONTRATO CON – 001 – 2022

CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN 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.

TOMO N° 3



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



CARRERA 26 ENTRE CALLES 22 Y 23, BARRIO EL CARMEN

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 26 entre Calles 22 y 23– Barrió El Carmen.



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 26 entre Calles 22 y 23, del barrio El Carmen 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 26 entre Calles 22 y 23 del barrio El Carmen, 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 205 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-Occidental del Municipio, en el barrio El Carmen, con nomenclatura Carrera 26 entre Calles 22 y 23.
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 3.5 m, longitud de 205 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

Carrera 26 entre Calles 22 y 23 – B/ EL CARMEN



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.

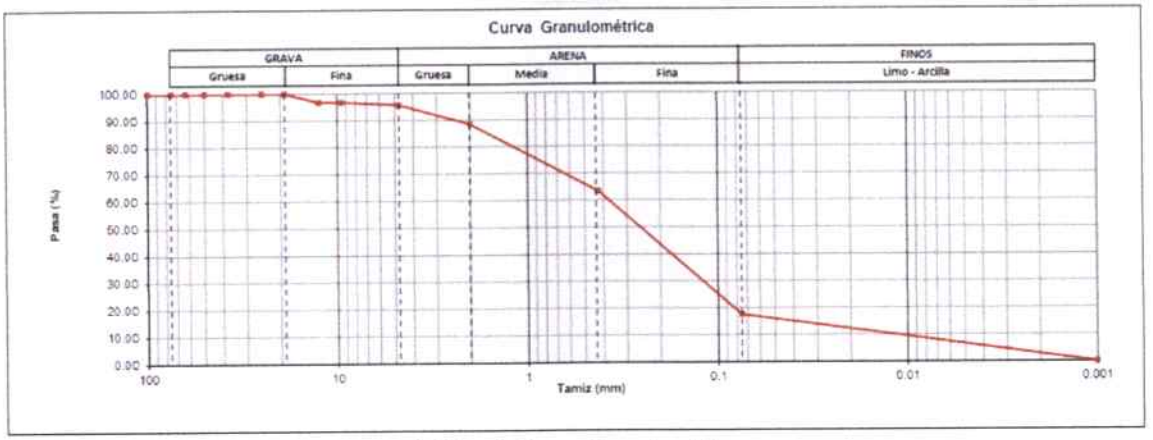
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S35 Carrera 26 entre Calles 22 y 23	0.00 0.30 0.60	0.30 0.60 1.00	Afirmado Lleno, [7.5YR 5/1] Arenoso, [25YR 7/2]

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S35	Carrera 26 entre Calles 22 y 23	28.60	21.41	6.89	4.25	78.12	17.63	SC – SM

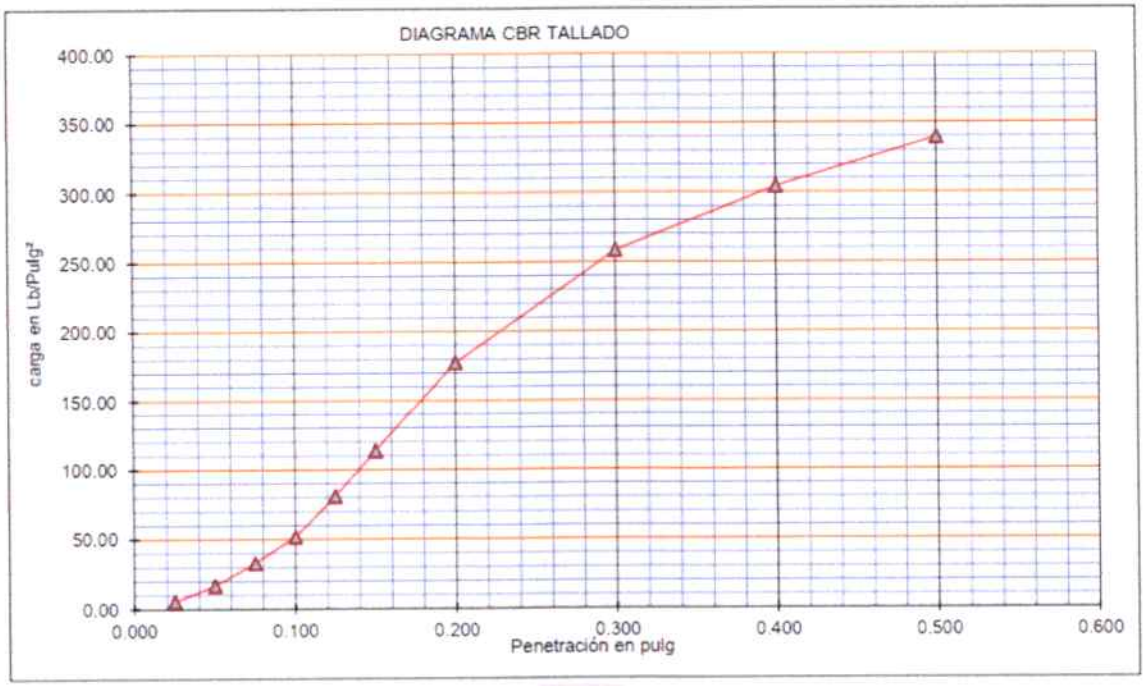


Gráfica 1. Curva Granulométrica
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S35	Carrera 26 entre Calles 22 y 23	0.30	5.18%	11.83%



Gráfica 2. 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	
- 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	34	0	0	0	0	0	36
7:30-8:00	1	0	12	0	0	0	0	0	13
8:00-8:30	6	0	54	0	0	0	0	0	60
8:30-9:00	2	0	23	0	0	0	0	0	25
9:00-9:30	1	1	65	0	0	0	0	0	67
9:30-10:00	4	1	43	0	0	0	0	0	48
10:00-10:30	5	1	32	0	0	0	0	0	38
10:30-11:00	11	0	25	0	0	0	0	0	36
11:00-11:30	9	0	36	0	0	0	0	0	45
11:30-12:00	5	0	34	0	0	0	0	0	39
12:00-12:30	3	0	28	0	0	0	0	0	31
12:30-13:00	2	2	26	0	0	0	0	0	30
13:00-13:30	6	0	22	0	0	0	0	0	28
13:30-14:00	8	0	19	0	0	0	0	0	27
14:00-14:30	3	0	23	0	0	0	0	0	26
14:30-15:00	9	0	22	0	0	0	0	0	31
15:00-15:30	7	0	22	0	0	0	0	0	29
15:30-16:00	3	0	29	0	0	0	0	0	32
16:00-16:30	9	0	35	0	0	0	0	0	44
16:30-17:00	2	0	39	0	0	0	0	0	41
17:00-17:30	4	0	25	0	0	0	0	0	29
17:30-18:00	2	0	19	0	0	0	0	0	21
TOTAL	104	5	667	0	0	0	0	0	776
COMPOSICION VEHICULAR	13,40%	0,64%	85,95%	0,00%	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	55	0	0	0	0	0	56
7:30-8:00	1	0	45	0	0	0	0	0	46
8:00-8:30	1	0	34	0	0	0	0	0	35
8:30-9:00	2	0	43	0	0	0	0	0	45
9:00-9:30	3	0	39	0	0	0	0	0	42
9:30-10:00	3	0	33	0	0	0	0	0	36
10:00-10:30	4	0	29	0	0	0	0	0	33
10:30-11:00	6	0	27	0	0	0	0	0	33
11:00-11:30	4	0	26	0	0	0	0	0	30
11:30-12:00	3	1	19	0	0	0	0	0	23
12:00-12:30	2	1	17	0	0	0	0	0	20
12:30-13:00	2	1	19	0	0	0	0	0	22
13:00-13:30	0	1	22	0	0	0	0	0	23
13:30-14:00	0	1	28	0	0	0	0	0	29
14:00-14:30	0	0	33	0	0	0	0	0	33
14:30-15:00	1	0	37	0	0	0	0	0	38
15:00-15:30	1	0	42	0	0	0	0	0	43
15:30-16:00	2	0	47	0	0	0	0	0	49
16:00-16:30	3	0	39	0	0	0	0	0	42
16:30-17:00	4	0	29	0	0	0	0	0	33
17:00-17:30	3	0	27	0	0	0	0	0	30
17:30-18:00	2	0	25	0	0	0	0	0	27
TOTAL	48	5	715	0	0	0	0	0	768
COMPOSICION VEHICULAR	6,25%	0,65%	93,10%	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	2	0	43	0	0	0	0	0	45
7:30-8:00	2	0	21	0	0	0	0	0	23
8:00-8:30	1	1	35	0	0	0	0	0	37
8:30-9:00	1	1	32	0	0	0	0	0	34
9:00-9:30	0	0	26	0	0	0	0	0	26
9:30-10:00	3	0	39	0	0	0	0	0	42
10:00-10:30	2	0	25	0	0	0	0	0	27
10:30-11:00	3	0	29	0	0	0	0	0	32
11:00-11:30	1	0	35	0	0	0	0	0	36
11:30-12:00	1	1	39	0	0	0	0	0	41
12:00-12:30	0	0	31	0	0	0	0	0	31
12:30-13:00	2	0	34	0	0	0	0	0	36
13:00-13:30	4	0	38	0	0	0	0	0	42
13:30-14:00	1	0	33	0	0	0	0	0	34
14:00-14:30	2	0	39	0	0	0	0	0	41
14:30-15:00	2	0	22	0	0	0	0	0	24
15:00-15:30	0	1	26	0	0	0	0	0	27
15:30-16:00	0	0	25	0	0	0	0	0	25
16:00-16:30	1	0	33	0	0	0	0	0	34
16:30-17:00	1	0	22	0	0	0	0	0	23
17:00-17:30	1	0	21	0	0	0	0	0	22
17:30-18:00	1	0	18	0	0	0	0	0	19
TOTAL	31	4	666	0	0	0	0	0	701
COMPOSICION VEHICULAR	4,42%	0,57%	95,01%	0,00%	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	2	0	43	0	0	0	0	0	45
7:30-8:00	2	0	21	0	0	0	0	0	23
8:00-8:30	1	1	35	0	0	0	0	0	37
8:30-9:00	1	1	32	0	0	0	0	0	34
9:00-9:30	0	0	26	0	0	0	0	0	26
9:30-10:00	3	0	39	0	0	0	0	0	42
10:00-10:30	2	0	25	0	0	0	0	0	27
10:30-11:00	3	0	29	0	0	0	0	0	32
11:00-11:30	1	0	35	0	0	0	0	0	36
11:30-12:00	1	1	39	0	0	0	0	0	41
12:00-12:30	1	0	34	0	0	0	0	0	35
12:30-13:00	2	0	45	0	0	0	0	0	47
13:00-13:30	1	0	37	0	0	0	0	0	38
13:30-14:00	2	0	23	0	0	0	0	0	25
14:00-14:30	1	0	29	0	0	0	0	0	30
14:30-15:00	2	0	27	0	0	0	0	0	29
15:00-15:30	0	1	22	0	0	0	0	0	23
15:30-16:00	0	0	34	0	0	0	0	0	34
16:00-16:30	1	0	38	0	0	0	0	0	39
16:30-17:00	1	0	29	0	0	0	0	0	30
17:00-17:30	1	0	21	0	0	0	0	0	22
17:30-18:00	1	0	18	0	0	0	0	0	19
TOTAL	29	4	681	0	0	0	0	0	714
COMPOSICION VEHICULAR	4,06%	0,56%	95,38%	0,00%	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.

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

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	5	100,00%
C2P	0	0,00%
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:

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

$$NESE80KNañobase = 365 * 5 * [1.00 * 1] * 1$$

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	1825,00
NESEacumulado	49771
NESE 90	57674
NESEdiseño	86050

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: **86050**

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

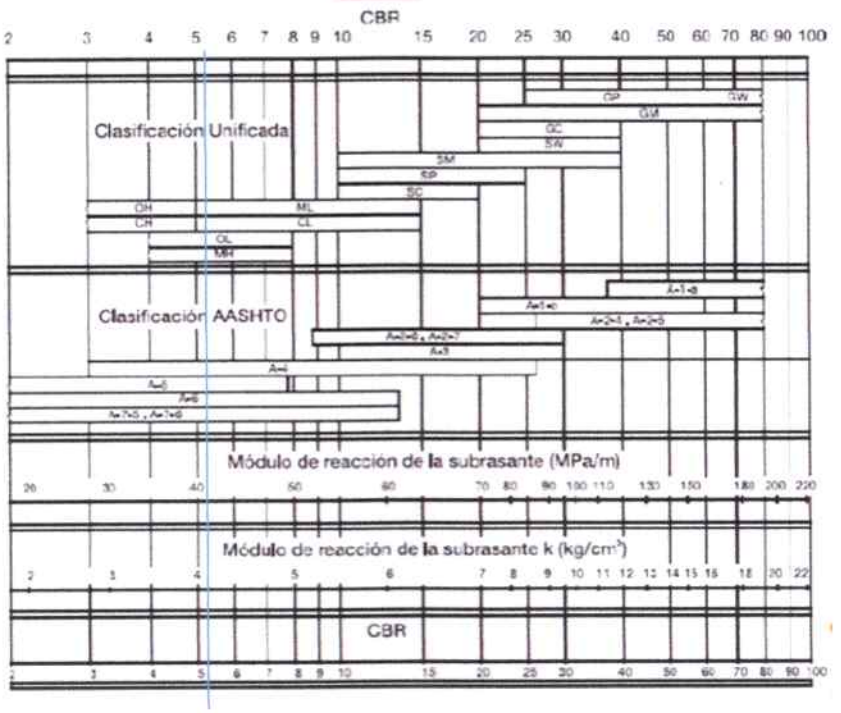
Se define que el coeficiente de drenaje (Cd) de la estructura será de **1.0**, siendo este un valor conservador.

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**

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

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (5.18%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **40.05Mpa/m – 146.18 pci**



Gráfica 3. 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:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 5.18 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{40.05} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

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:

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

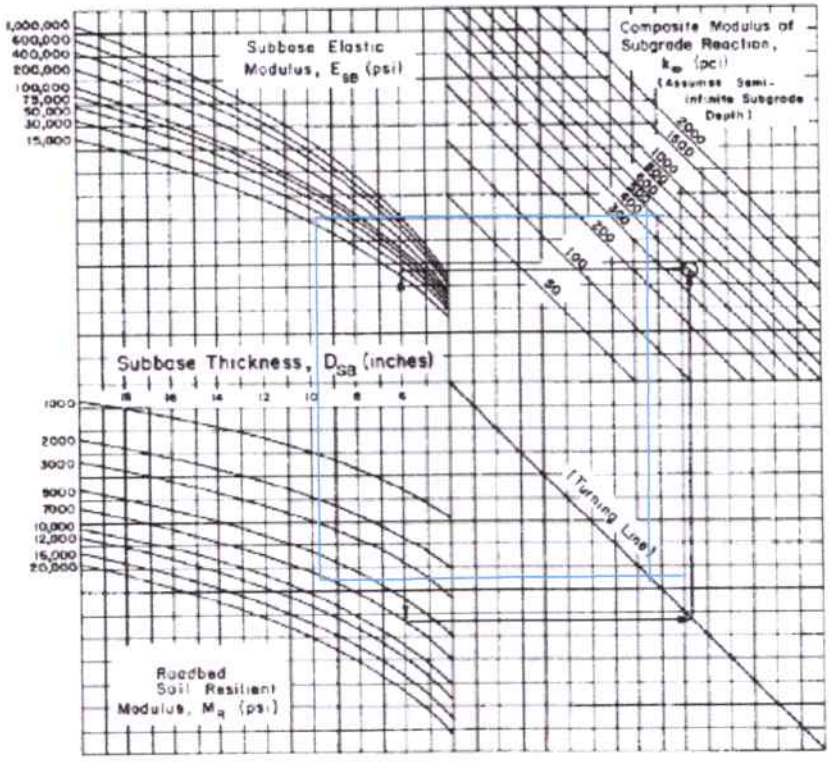
INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 5.18\% = 518 \frac{kg}{cm^2} = 7368\ psi$$

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 (5.18%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **40.05Mpa/m – 146.18 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 (7368 psi)

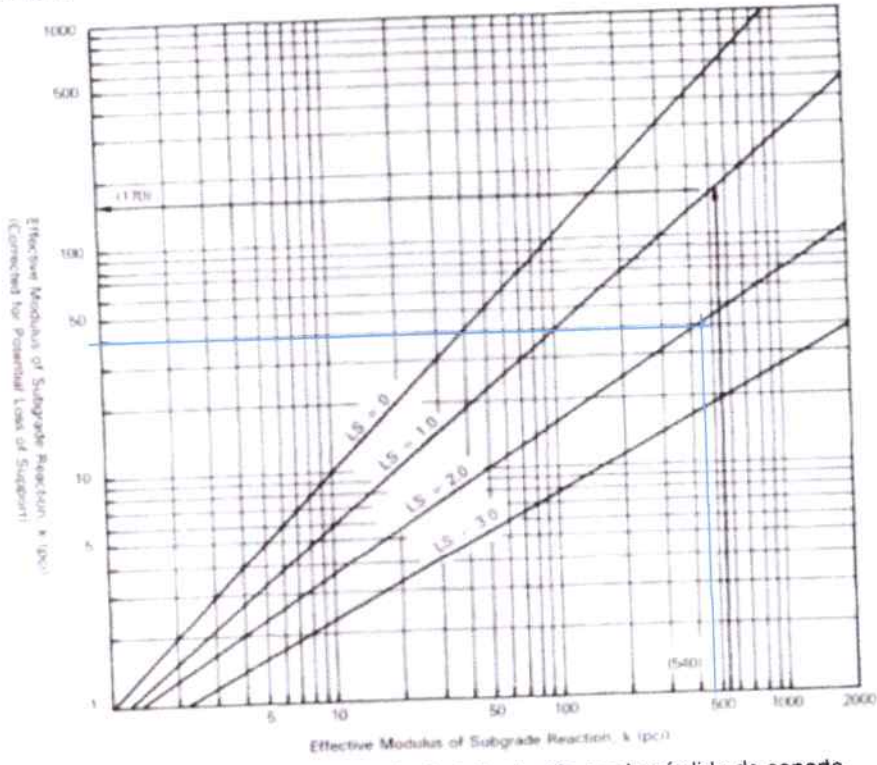


Gráfica 4. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

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 **450 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 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 **40 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	86050	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)	146,18	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)	40	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(86050) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510}{40}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 5,13" =13,03cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 5.13", equivalentes a 13,03cm, 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=5,18%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 5.18 \ {}^{Mpa}/_{m} = 40.05 \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

- 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

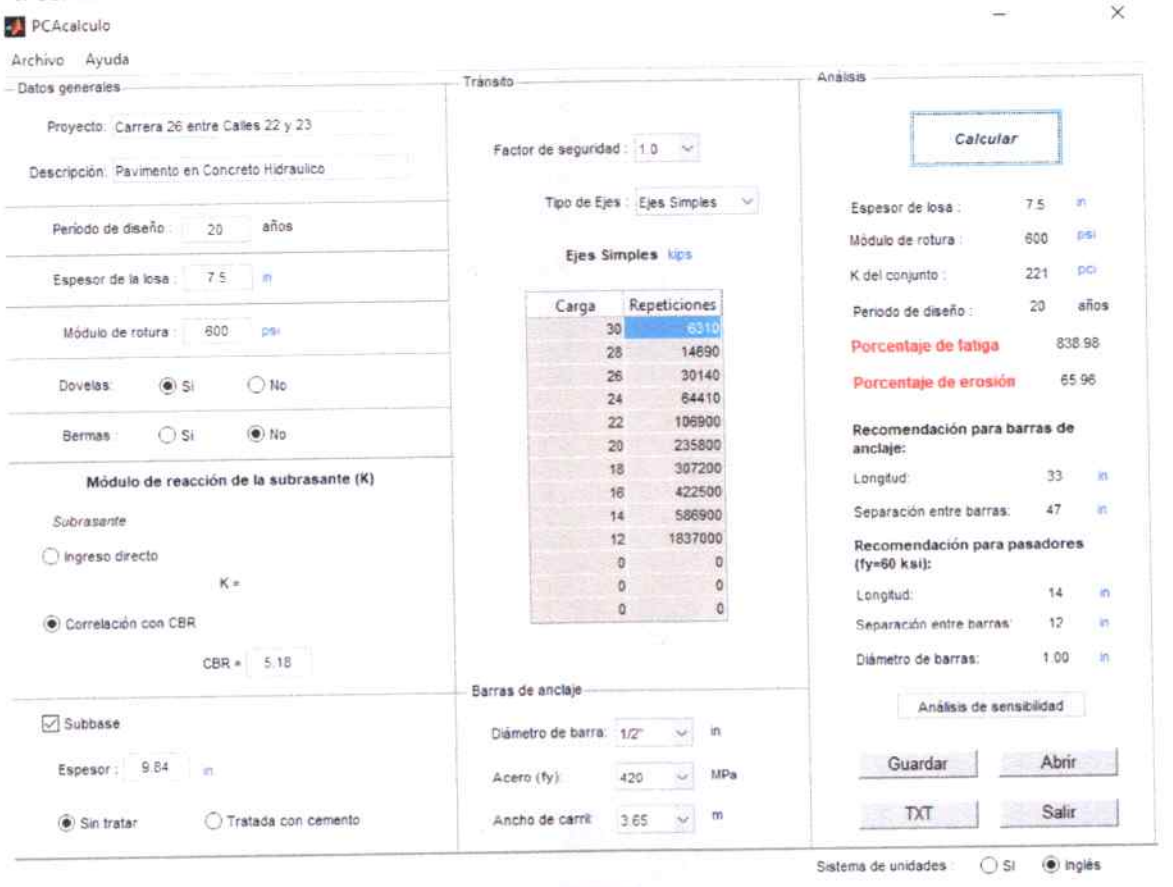


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO – CARRERA 26 ENTRE CALLE 22 Y 23.

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
- Se recomienda instalar geotextil tejido 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		0,85	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	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,90	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 - 170	19	3/4	350	300
180 - 190	22	7/8	350	300
200 – 230	25	1	350	300
240 – 270	29	1 1/8	400	300
280 - 290	32	1 1/4	450	300
300 - 340	35	1 3/8	450	300
350 - 400	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 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.

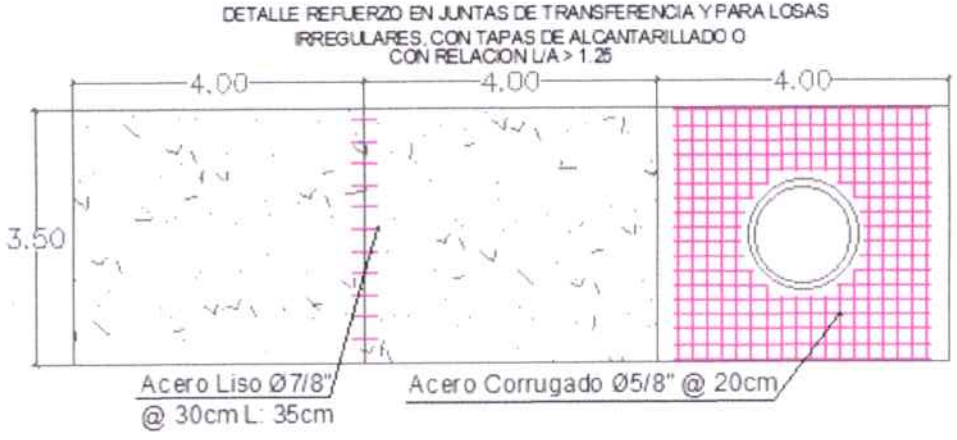


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

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 3.50 m, se realizarán un único carril de 3.50 m y el largo de las losas de 4.00 m.

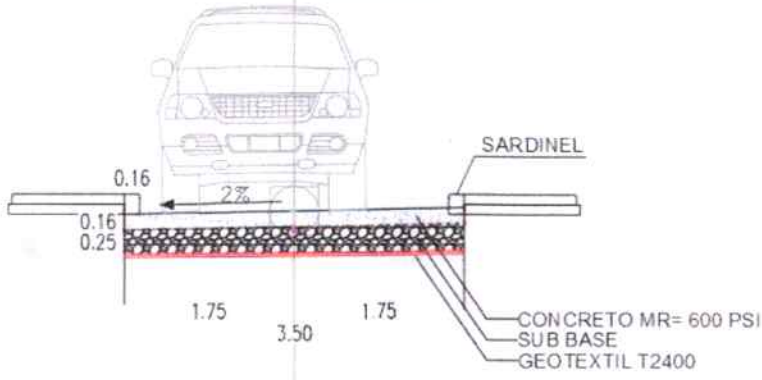


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

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

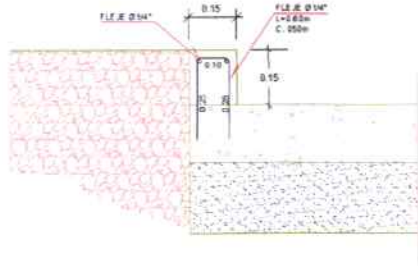


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia





1259

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 15 entre Calles 24 y 25 – Barrio 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 15 entre Calles 24 y 25, 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 15 entre Calles 24 y 25 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 50.00 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 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 Norte del Municipio, en el barrio San Pedro, con nomenclatura Calle 15 entre Calles 24 y 25.

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 50.00 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

Carrera 15 entre Calles 24 y 25 – B/ SAN PEDRO

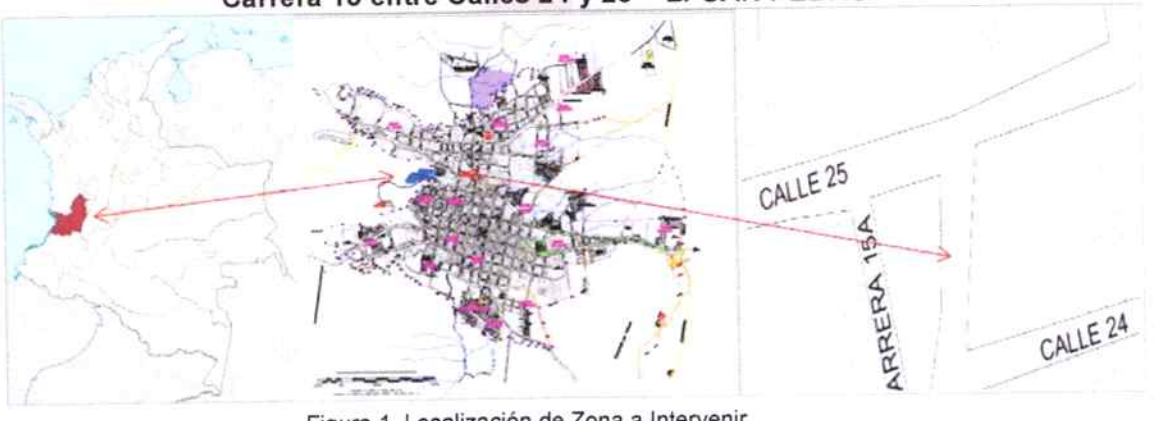


Figura 1. Localización de Zona a Intervenir.
Fuente: Mapa 58 - PBOT La Unión Valle.

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 1.20 metros bajo la superficie, donde se recuperaron muestras inalteradas en moldes CBR. Las actividades de exploración y ensayos de laboratorios para caracterización de la sub rasante actual de la vía fueron realizados y responsabilidad de la empresa Geolabs S.A.S.

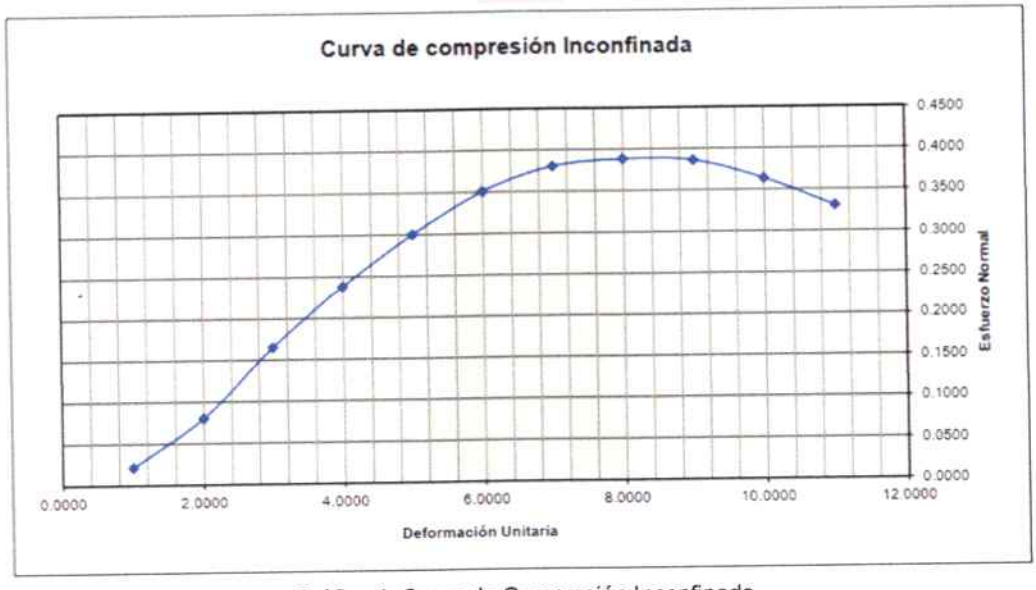
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S25 Carrera 15 entre Calles 24 y 25	0.00 0.40 0.80	0.40 0.80 1.20	Afirmado Lleno, Negro [25YR 3/2] Arenoso, Amarillento [25YR 7/6]

Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S25	Carrera 15 entre Calles 24 y 25	1.00	0.3882	1.790	1.538	4,28%

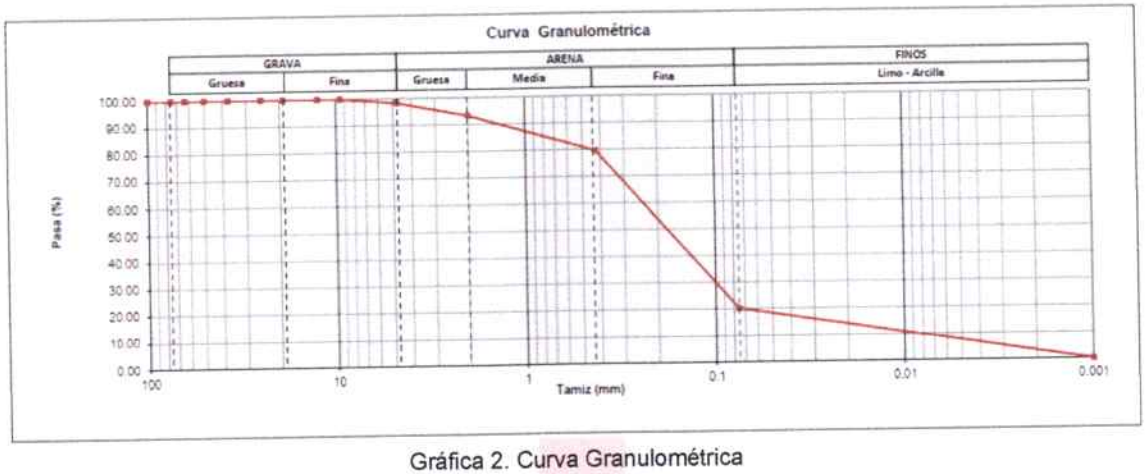


Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S25	Carrera 15 entre Calles 24 y 25	22.96	17.53	5.43	1.70	78.17	20.13	SC – SM

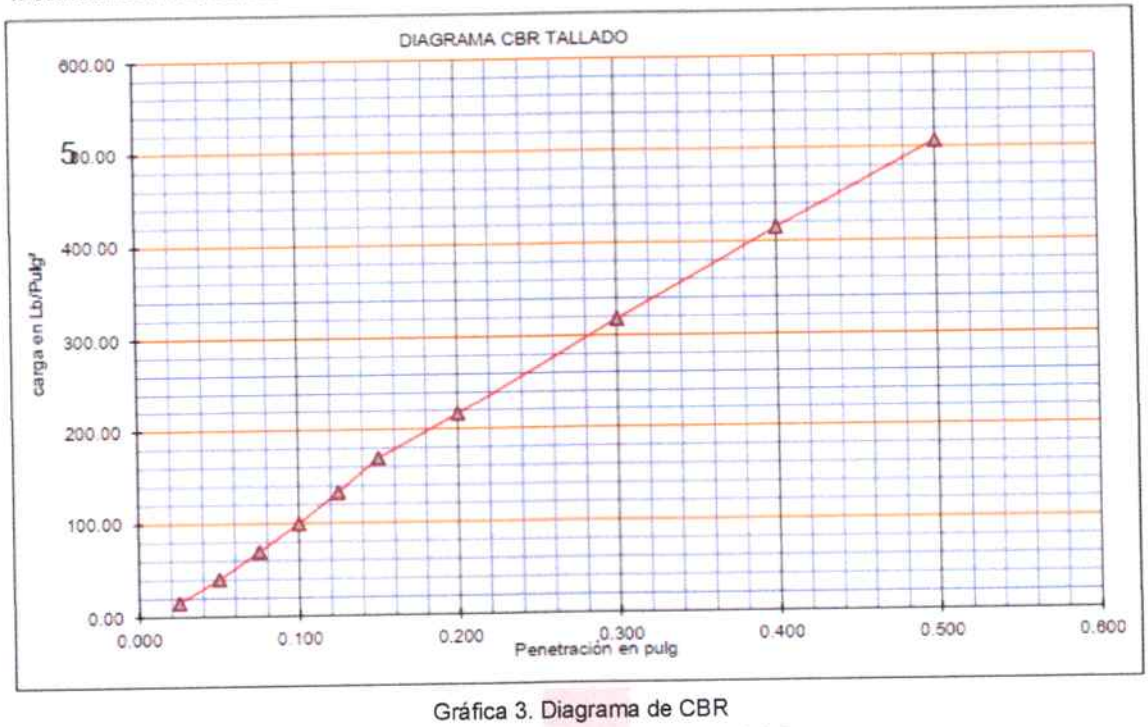


Gráfica 2. Curva Granulométrica
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S25	Carrera 15 entre Calles 24 y 25	0.80	9.92%	14.42%

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 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	8	0	0	0	0	0	9
7:30-8:00	2	0	21	0	0	0	0	0	23
8:00-8:30	1	0	22	0	0	0	0	0	23
8:30-9:00	4	0	29	0	1	0	0	0	34
9:00-9:30	1	1	26	0	0	0	0	0	28
9:30-10:00	1	1	14	0	2	0	0	0	18
10:00-10:30	1	1	22	0	0	0	0	0	24
10:30-11:00	1	0	17	0	1	0	0	0	19
11:00-11:30	0	0	21	0	1	0	0	0	22
11:30-12:00	1	0	25	0	1	0	0	0	27
12:00-12:30	2	0	37	1	0	0	0	0	40
12:30-13:00	3	2	33	0	1	0	0	0	39
13:00-13:30	2	0	21	0	0	0	0	0	23
13:30-14:00	1	0	29	0	0	0	0	0	30
14:00-14:30	1	0	28	1	0	0	0	0	30
14:30-15:00	5	0	13	0	0	0	0	0	18
15:00-15:30	1	0	21	1	0	0	0	0	23
15:30-16:00	2	0	22	0	0	0	0	0	24
16:00-16:30	1	0	23	2	0	0	0	0	26
16:30-17:00	5	0	28	0	0	0	0	0	33
17:00-17:30	2	0	34	0	1	0	0	0	37
17:30-18:00	4	0	38	2	1	0	0	0	45
TOTAL	42	5	532	7	9	0	0	0	595
COMPOSICION VEHICULAR	7,06%	0,84%	89,41%	1,18%	1,51%	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	10	0	0	0	0	0	11
7:30-8:00	1	0	12	1	1	0	0	0	15
8:00-8:30	1	1	25	0	0	0	0	0	27
8:30-9:00	1	1	29	0	0	0	0	0	31
9:00-9:30	2	0	28	0	0	0	0	0	30
9:30-10:00	3	0	23	1	0	0	0	0	27
10:00-10:30	1	0	29	0	0	0	0	0	30
10:30-11:00	1	0	32	0	0	0	0	0	33
11:00-11:30	0	0	35	0	0	0	0	0	35
11:30-12:00	0	1	29	1	0	0	0	0	31
12:00-12:30	2	1	33	1	1	0	0	0	38
12:30-13:00	2	1	38	0	1	0	0	0	42
13:00-13:30	1	0	26	0	1	0	0	0	28
13:30-14:00	1	0	27	0	0	0	0	0	28
14:00-14:30	0	0	33	0	0	0	0	0	33
14:30-15:00	3	0	35	0	0	0	0	0	38
15:00-15:30	2	0	25	0	0	0	0	0	27
15:30-16:00	1	0	29	0	1	0	0	0	31
16:00-16:30	0	2	25	0	0	0	0	0	27
16:30-17:00	0	0	32	0	0	0	0	0	32
17:00-17:30	1	0	33	0	0	0	0	0	34
17:30-18:00	3	0	35	2	0	0	0	0	40
TOTAL	27	7	623	6	5	0	0	0	668
COMPOSICION VEHICULAR	4,04%	1,05%	93,26%	0,90%	0,75%	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	13	0	1	0	0	0	14
7:30-8:00	1	1	23	0	0	0	0	0	25
8:00-8:30	1	1	32	0	0	0	0	0	34
8:30-9:00	1	0	28	0	0	0	0	0	29
9:00-9:30	2	0	25	1	0	0	0	0	28
9:30-10:00	3	0	19	1	0	0	0	0	23
10:00-10:30	4	0	25	1	0	0	0	0	30
10:30-11:00	1	0	19	0	0	0	0	0	20
11:00-11:30	0	0	25	0	1	0	0	0	26
11:30-12:00	0	0	29	0	0	0	0	0	29
12:00-12:30	0	1	35	0	0	0	0	0	36
12:30-13:00	0	0	33	0	0	0	0	0	33
13:00-13:30	1	0	31	0	0	0	0	0	32
13:30-14:00	1	0	28	1	0	0	0	0	30
14:00-14:30	0	0	27	1	1	0	0	0	29
14:30-15:00	0	0	15	0	1	0	0	0	16
15:00-15:30	2	0	19	0	0	0	0	0	21
15:30-16:00	1	1	23	0	0	0	0	0	25
16:00-16:30	1	1	19	0	0	0	0	0	21
16:30-17:00	2	0	22	0	0	0	0	0	24
17:00-17:30	3	0	29	0	0	0	0	0	32
17:30-18:00	2	0	35	0	0	0	0	0	37
TOTAL	26	5	554	5	4	0	0	0	594
COMPOSICION VEHICULAR	4,38%	0,84%	93,27%	0,84%	0,67%	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	32	0	1	0	0	0	33
7:30-8:00	1	1	16	0	0	0	0	0	18
8:00-8:30	1	1	33	0	0	0	0	0	35
8:30-9:00	1	0	24	0	0	0	0	0	25
9:00-9:30	2	0	24	1	0	0	0	0	27
9:30-10:00	3	0	23	1	0	0	0	0	27
10:00-10:30	2	0	29	1	0	0	0	0	32
10:30-11:00	1	0	26	0	0	0	0	0	27
11:00-11:30	12	0	31	0	1	0	0	0	44
11:30-12:00	2	0	38	0	0	0	0	0	40
12:00-12:30	1	1	29	0	0	0	0	0	31
12:30-13:00	1	0	36	0	0	0	0	0	37
13:00-13:30	2	0	19	0	0	0	0	0	21
13:30-14:00	1	0	29	1	0	0	0	0	31
14:00-14:30	0	0	31	1	1	0	0	0	33
14:30-15:00	0	0	21	0	1	0	0	0	22
15:00-15:30	2	0	36	0	0	0	0	0	38
15:30-16:00	1	1	21	0	0	0	0	0	23
16:00-16:30	1	1	23	0	0	0	0	0	25
16:30-17:00	2	0	37	0	0	0	0	0	39
17:00-17:30	3	0	32	0	0	0	0	0	35
17:30-18:00	2	0	32	0	0	0	0	0	34
TOTAL	41	5	622	5	4	0	0	0	677
COMPOSICION VEHICULAR	6,06%	0,74%	91,88%	0,74%	0,59%	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.

$$TPDC = \frac{21 + 18 + 14 + 14 * 4}{7} = 16\ vehículos\ comerciales$$

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	6	35,29%
C2P	6	35,29%
C2G	5	29,41%
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:

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

$$NESE80KNañobase = 365 * 16 * [0.353 * 1 + 0.353 * 1.01 + 0.294 * 2.72] * 1$$

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	16,00
NESE80KNañobase	8815,00
NESEacumulado	240398
NESE 90	278568
NESEdiseño	415624

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: **415624**

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

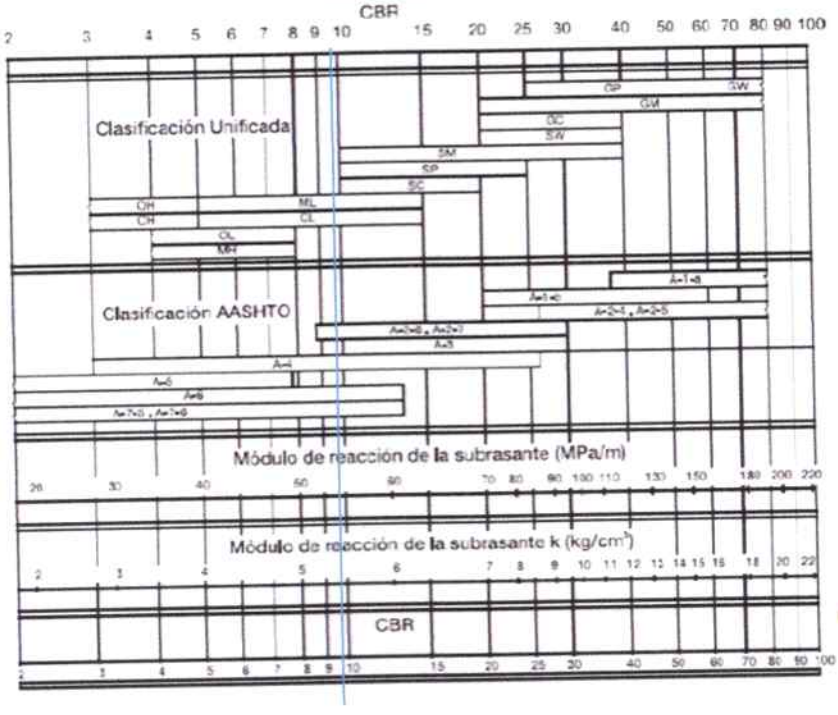
k. Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi): **4536510.74 psi**

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

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

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

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (9.92%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **54,87Mpa/m – 200.28 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:

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

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

Por lo cual al aplicar la función resulta:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 9.92 = \mathbf{54,87} \; {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

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:

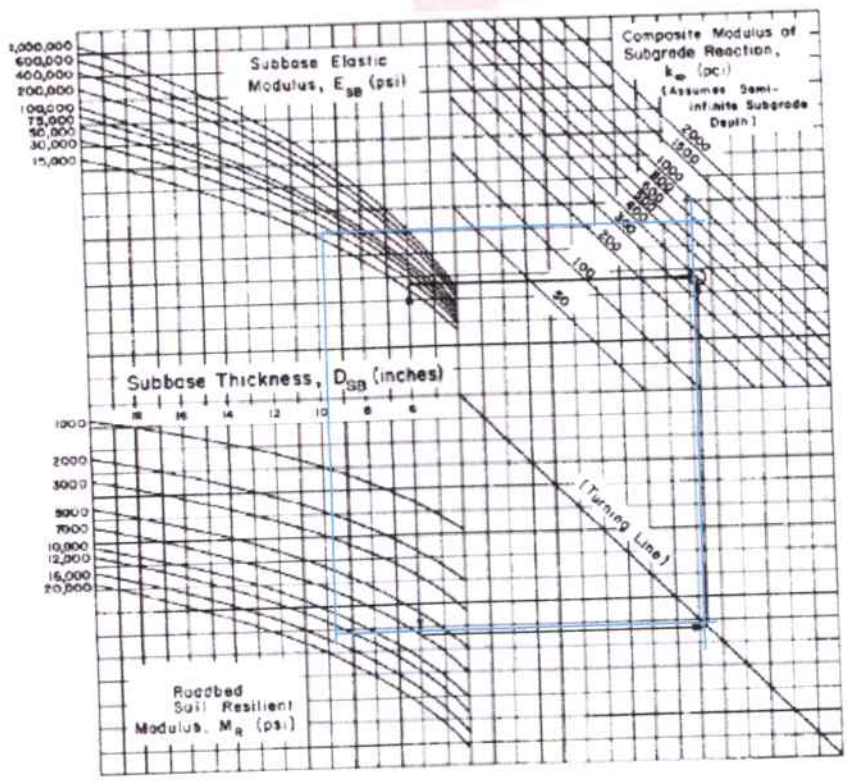
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 9.92\% = 992 \frac{kg}{cm^2} = 14109\ psi$$

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 (9.92%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **54,86Mpa/m – 200.24 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 (14109 psi)

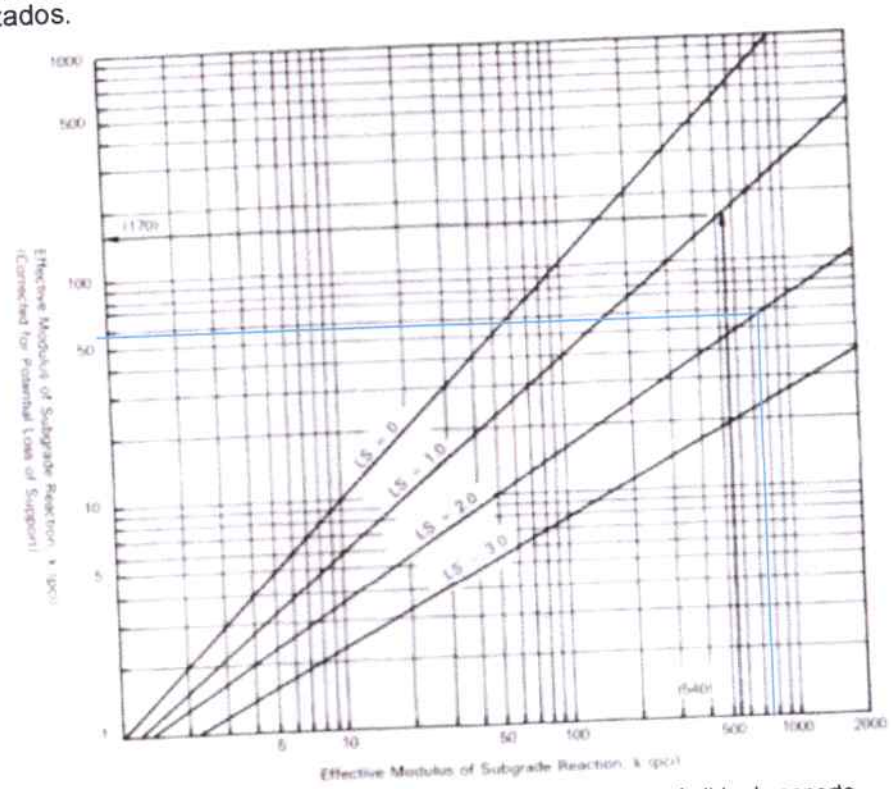


Gráfica 5. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se encuentra que el módulo de reacción conjunta de la sub-rasante con una sub-base granular de 25 mm de espesor (9.84 pulgadas aproximadamente) es igual a **750 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 **59.0 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	415624	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)	200,28	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)	59	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(415624) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log 10\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log10\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510.74}{59}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 6,52" =16,56cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 6.52", equivalentes a 16,56cm, sin embargo, por practicidad en obra, se recomienda el uso de un espesor de 170 mm.

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=9,92%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 9.92 = \mathbf{54,87}\ {}^{Mpa}/_{m}$$

- 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

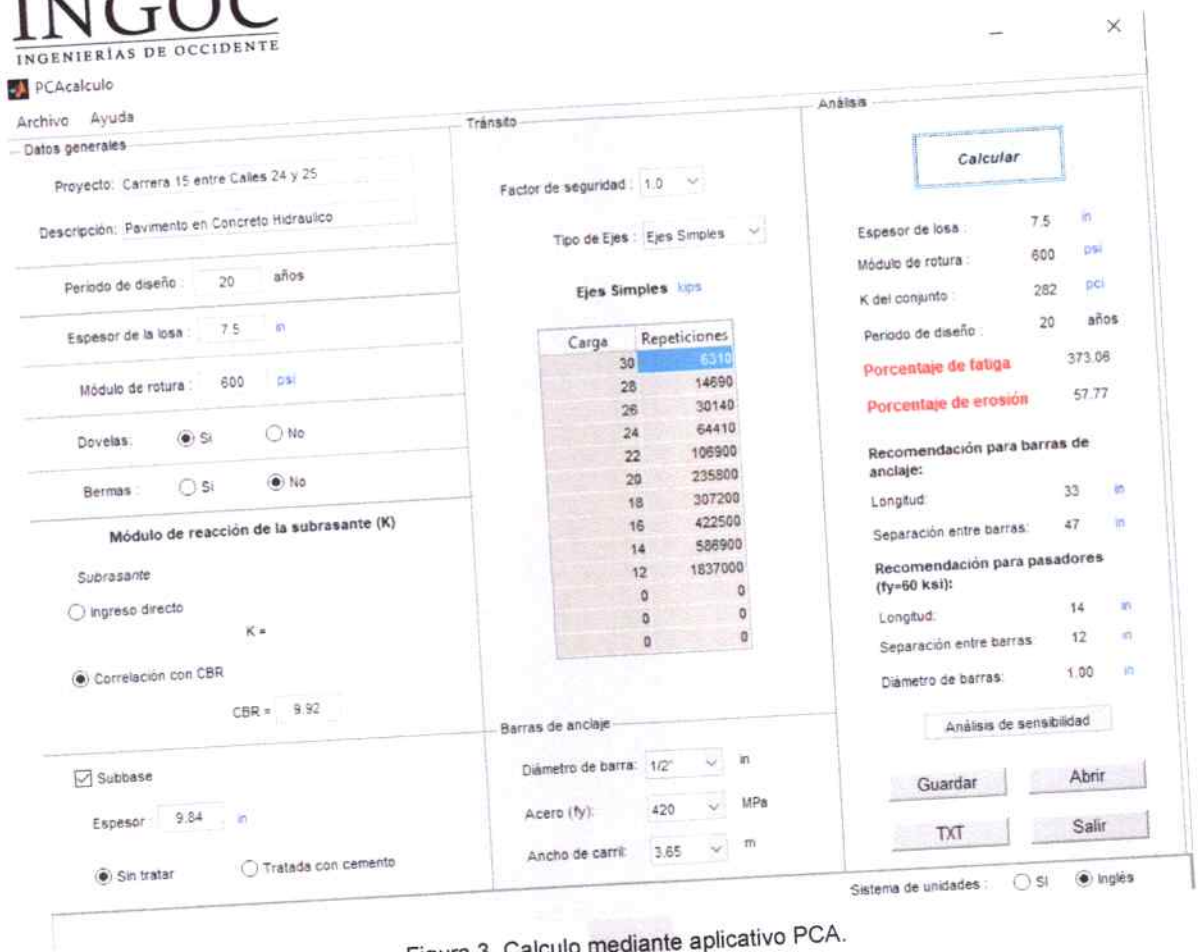


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO – CARRERA 15 ENTRE CALLES 24 Y 25

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: 170 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

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		3,05 m	3,35 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	0,60	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,65		1,20	1,10		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55		1,05	1,00		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50		0,95	0,90		1,20	1,20	1,20
250		0,50	0,45		0,85	0,80		1,20	1,20	1,10
		0,45	0,40		0,80	0,70				
Acero de fy= 280 MPa (60.000 psi)										
150	0,65	1,20	1,10	0,85	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95		1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80		1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75		1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65		1,20	1,15		1,20	1,20	1,20
		0,70	0,65	0,60						

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 - 160	19	3/4	350	300
165 - 185	22	7/8	350	300
190 - 200	25	1	350	300
210 - 230	29	1 1/8	400	300
240 - 260	32	1 1/4	450	300
265 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 305	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 600 PSI: 170 mm de espesor
- Sub-base: 250 mm de espesor
- Geotextil T2400
- 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.

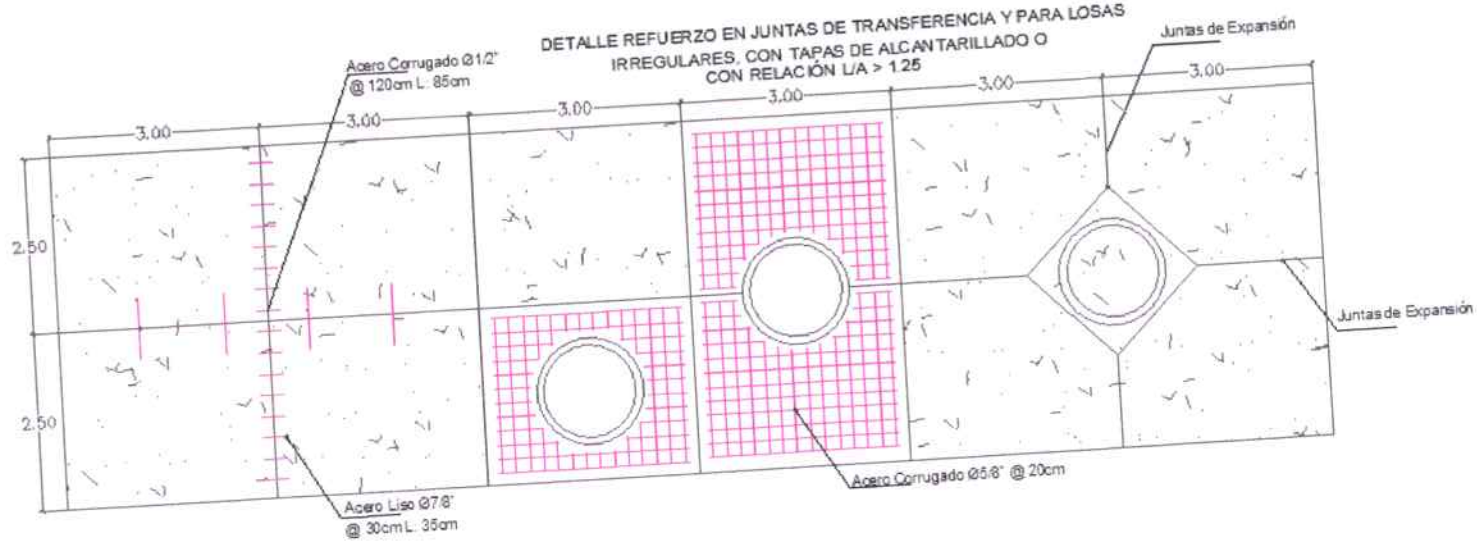


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





12821

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.

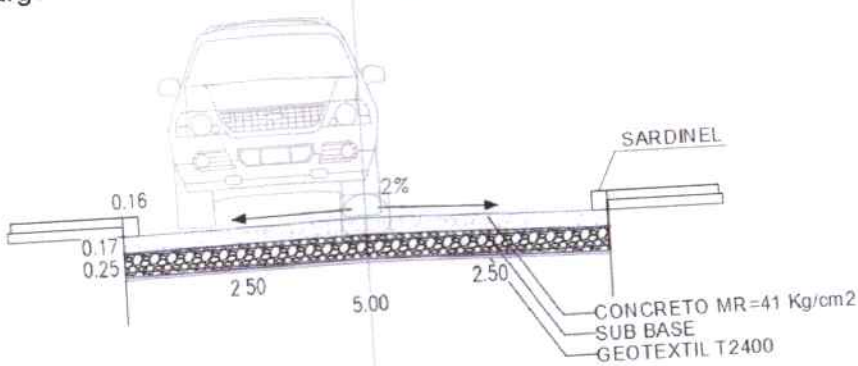


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

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:

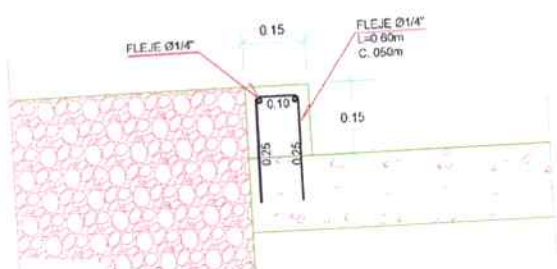


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

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 24 entre Carreras 9 y 10 – Barrió San Miguel.



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 24 entre Calles 9 y 10, del barrio San Miguel 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 24 entre Carreras 9 y 10 del barrio San Miguel, 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 95.00 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 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 San Miguel, con nomenclatura Calle 24 entre Carreras 9 y 10.

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 95.00 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

Calle 24 entre Carreras 9 y 10 – B/ SAN MIGUEL

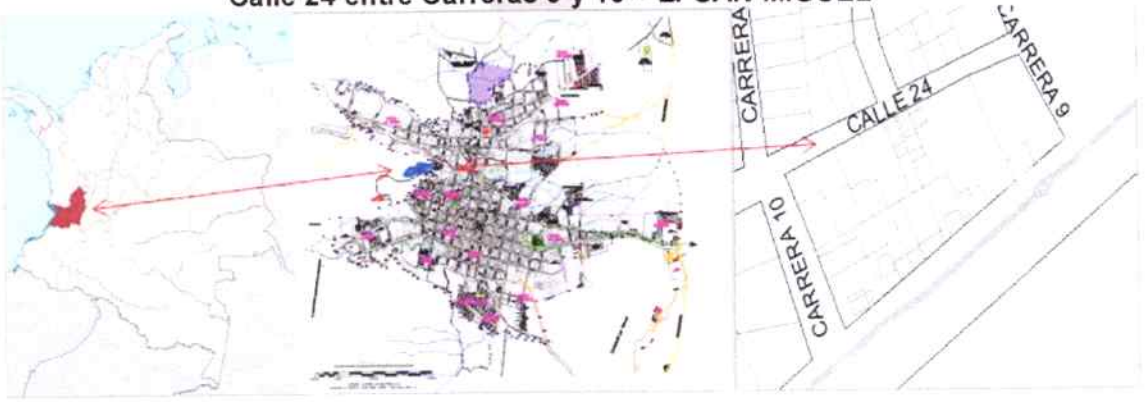


Figura 1. Localización de Zona Para Intervenir.
Fuente: Mapa 58 - PBOT La Unión Valle.

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.

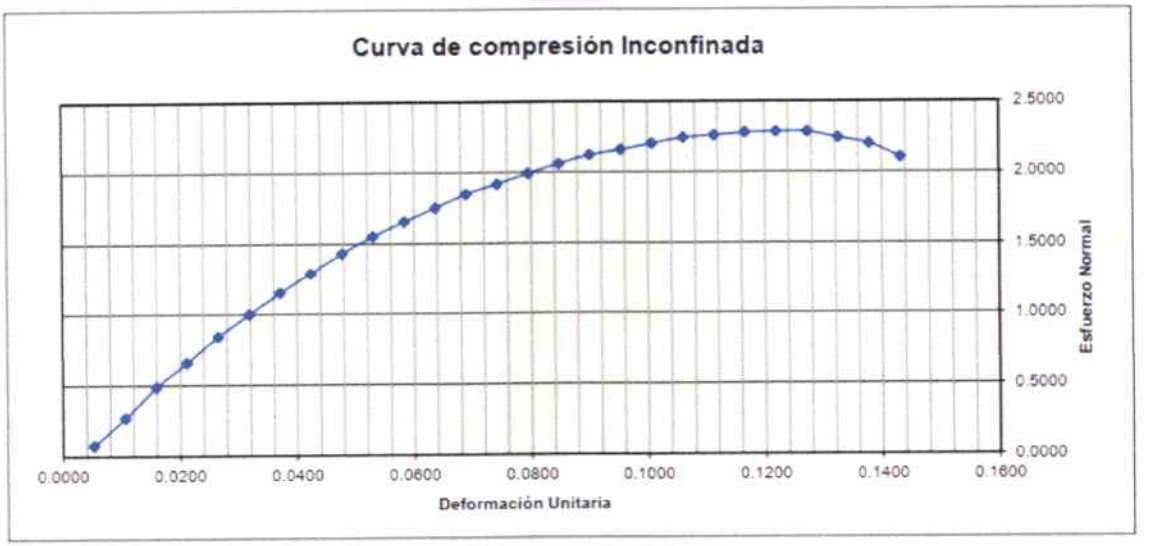
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S36 Calle 24 entre Carreras 9 y 10	0.00	0.30	Lleno
	0.30	0.60	Limo vegetal
	0.60	1.00	Arcillo - arenoso, [25YR 8/3]

Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S36	Calle 24 entre Carreras 9 y 10	1.00	2.2857	1.947	1.586	12,73%

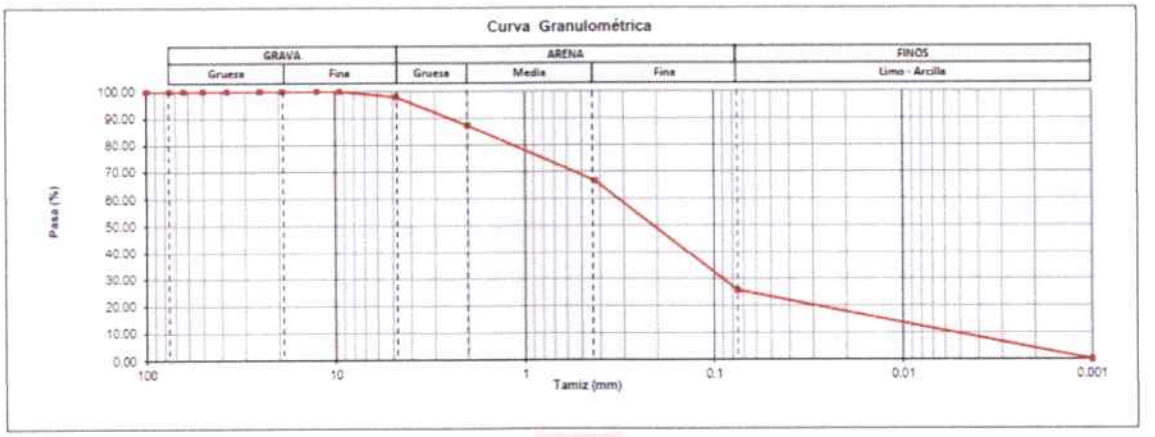


Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S36	Calle 24 entre Carreras 9 y 10	40.22	20.48	19.74	2.19	72.19	25.61	SC

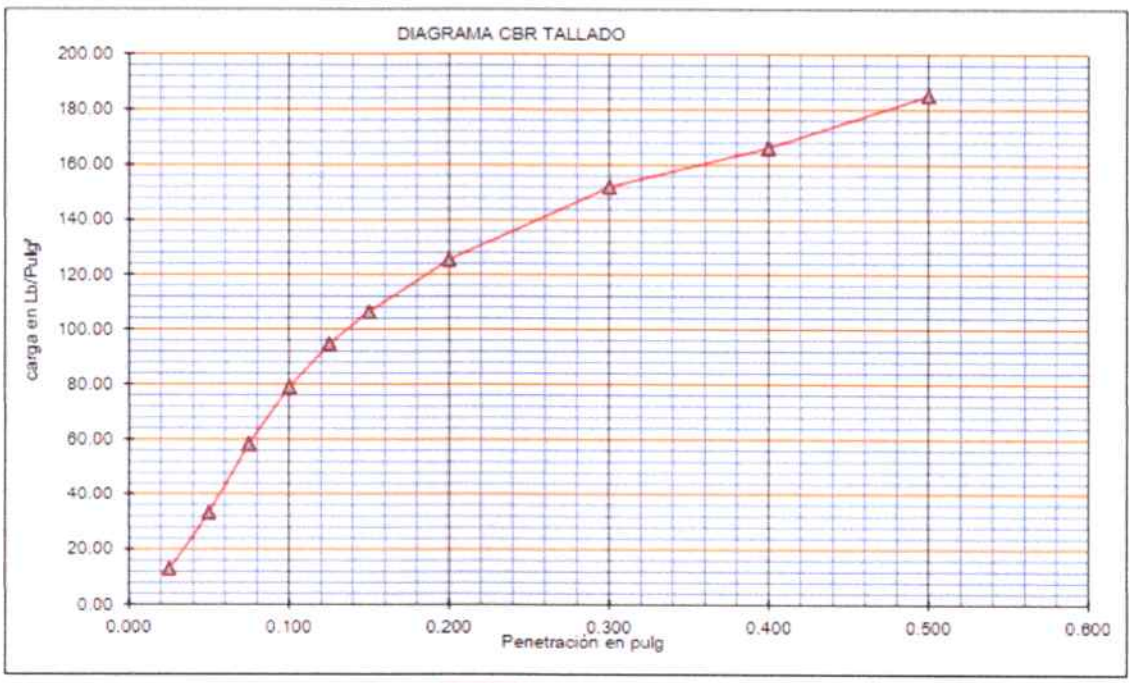


Gráfica 2. Curva Granulométrica
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S36	Calle 24 entre Carreras 9 y 10	0.60	7.90%	8.35%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



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

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

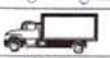
4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

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	

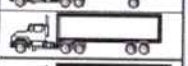
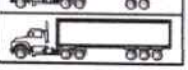
TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C3 Y C4	CAMION C3	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
> C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

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	1	0	10	1	0	0	0	0	12
8:00-8:30	0	0	18	0	0	0	0	0	18
8:30-9:00	0	0	10	0	1	0	0	0	11
9:00-9:30	2	0	9	0	0	0	0	0	11
9:30-10:00	2	0	16	0	0	0	0	0	18
10:00-10:30	1	0	14	0	0	0	0	0	15
10:30-11:00	0	0	9	1	0	0	0	0	10
11:00-11:30	0	0	16	1	0	0	0	0	17
11:30-12:00	0	0	17	0	0	0	0	0	17
12:00-12:30	1	0	24	0	0	0	0	0	25
12:30-13:00	3	0	12	0	0	0	0	0	15
13:00-13:30	4	0	26	0	0	0	0	0	30
13:30-14:00	3	0	15	0	0	0	0	0	18
14:00-14:30	2	0	19	0	0	0	0	0	21
14:30-15:00	2	0	10	0	0	0	0	0	12
15:00-15:30	1	0	18	0	0	0	0	0	19
15:30-16:00	1	0	12	0	0	0	0	0	13
16:00-16:30	0	0	19	0	1	0	0	0	20
16:30-17:00	1	0	17	0	0	0	0	0	18
17:00-17:30	1	0	29	0	0	0	0	0	30
17:30-18:00	1	0	25	0	0	0	0	0	26
TOTAL	27	0	350	3	2	0	0	0	382
COMPOSICION VEHICULAR	7,07%	0,00%	91,62%	0,79%	0,52%	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	0	0	3	0	0	0	0	0	3
7:30-8:00	1	0	8	0	0	0	0	0	9
8:00-8:30	1	0	13	1	0	0	0	0	15
8:30-9:00	1	0	9	0	0	0	0	0	10
9:00-9:30	3	0	8	0	0	0	0	0	11
9:30-10:00	3	0	13	0	0	0	0	0	16
10:00-10:30	0	0	10	0	0	0	0	0	10
10:30-11:00	2	0	8	0	0	0	0	0	10
11:00-11:30	3	0	18	0	0	0	0	0	21
11:30-12:00	1	0	15	0	0	0	0	0	16
12:00-12:30	3	0	21	0	0	0	0	0	24
12:30-13:00	1	0	10	0	0	0	0	0	11
13:00-13:30	1	0	14	0	0	0	0	0	15
13:30-14:00	0	0	12	0	0	0	0	0	12
14:00-14:30	0	0	18	0	1	0	0	0	19
14:30-15:00	4	0	9	1	0	0	0	0	14
15:00-15:30	1	0	16	1	0	0	0	0	18
15:30-16:00	1	0	11	1	0	0	0	0	13
16:00-16:30	1	0	17	0	0	0	0	0	18
16:30-17:00	3	0	14	0	0	0	0	0	17
17:00-17:30	1	0	26	0	0	0	0	0	27
17:30-18:00	1	0	18	0	0	0	0	0	19
TOTAL	32	0	291	4	1	0	0	0	328
COMPOSICION VEHICULAR	9,76%	0,00%	88,72%	1,22%	0,30%	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	6	0	0	0	0	0	7
7:30-8:00	2	0	10	0	0	0	0	0	12
8:00-8:30	1	0	15	0	0	0	0	0	16
8:30-9:00	0	0	10	0	0	0	0	0	10
9:00-9:30	0	0	9	0	0	0	0	0	9
9:30-10:00	0	0	16	0	0	0	0	0	16
10:00-10:30	1	0	12	0	0	0	0	0	13
10:30-11:00	1	0	15	1	0	0	0	0	17
11:00-11:30	2	0	9	1	0	0	0	0	12
11:30-12:00	3	0	12	0	0	0	0	0	15
12:00-12:30	1	0	25	0	0	0	0	0	26
12:30-13:00	0	0	22	0	0	0	0	0	22
13:00-13:30	0	0	29	0	0	0	0	0	29
13:30-14:00	1	0	10	0	0	0	0	0	11
14:00-14:30	1	0	19	0	0	0	0	0	20
14:30-15:00	1	0	12	1	0	0	0	0	14
15:00-15:30	0	0	7	0	0	0	0	0	7
15:30-16:00	2	0	13	0	0	0	0	0	15
16:00-16:30	1	0	19	0	0	0	0	0	20
16:30-17:00	2	0	23	0	0	0	0	0	25
17:00-17:30	1	0	25	0	0	0	0	0	26
17:30-18:00	0	0	18	0	0	0	0	0	18
TOTAL	21	0	336	3	0	0	0	0	360
COMPOSICION VEHICULAR	5,83%	0,00%	93,33%	0,83%	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	1	0	6	0	0	0	0	0	7
7:30-8:00	2	0	10	0	0	0	0	0	12
8:00-8:30	1	0	15	0	0	0	0	0	16
8:30-9:00	0	0	10	0	0	0	0	0	10
9:00-9:30	0	0	9	0	0	0	0	0	9
9:30-10:00	0	0	16	0	0	0	0	0	16
10:00-10:30	1	0	9	0	0	0	0	0	10
10:30-11:00	1	0	8	1	0	0	0	0	10
11:00-11:30	2	0	12	1	0	0	0	0	15
11:30-12:00	3	0	11	0	0	0	0	0	14
12:00-12:30	2	0	18	0	0	0	0	0	20
12:30-13:00	1	0	13	0	0	0	0	0	14
13:00-13:30	2	0	9	0	0	0	0	0	11
13:30-14:00	1	0	8	0	0	0	0	0	9
14:00-14:30	1	0	12	0	0	0	0	0	13
14:30-15:00	1	0	15	1	0	0	0	0	17
15:00-15:30	1	0	24	0	0	0	0	0	25
15:30-16:00	2	0	29	0	0	0	0	0	31
16:00-16:30	1	0	19	0	0	0	0	0	20
16:30-17:00	2	0	23	0	0	0	0	0	25
17:00-17:30	1	0	25	0	0	0	0	0	26
17:30-18:00	0	0	18	0	0	0	0	0	18
TOTAL	26	0	319	3	0	0	0	0	348
COMPOSICION VEHICULAR	7,47%	0,00%	91,67%	0,86%	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.

$$TPDC = \frac{5 + 5 + 5 + 3 * 4}{7} = 4\ vehículos\ comerciales$$

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.





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 6. Porcentajes de vehículos comerciales.

PARAMETROS DE DISEÑO		
TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Bus	0	0,00%
C2P	4	80,00%
C2G	1	20,00%
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:

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

$$NESE80KNañobase = 365 * 4 * [0.80 * 1 + 0.20 * 1.01] * 1$$

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.

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 NESE asfáltico a NESE rígido

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

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	1974,00
NESEacumulado	53834
NESE 90	62382
NESEdiseño	93074

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: **93074**

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

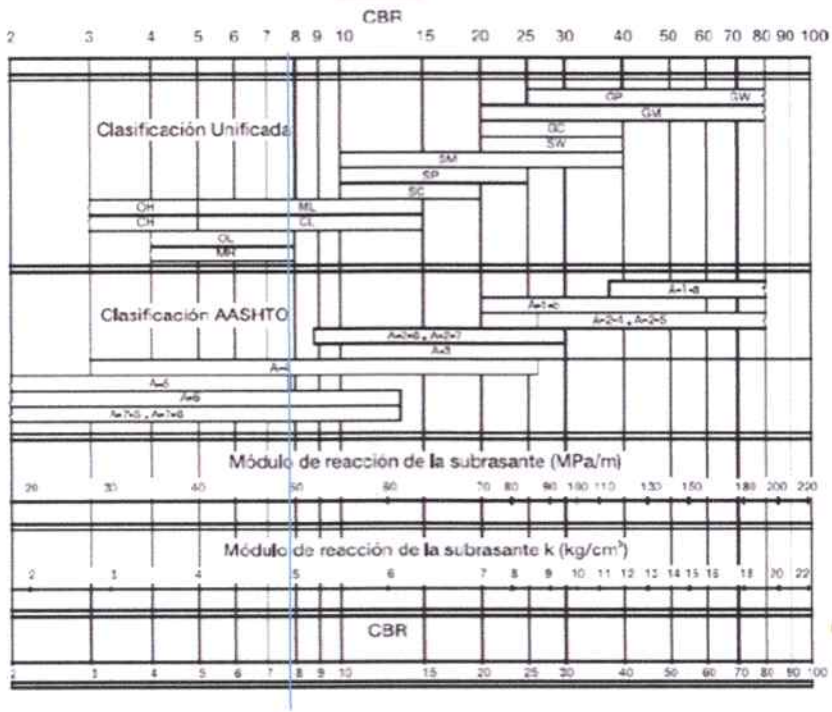
k. Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi): **4536510.74 psi**

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

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

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

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (7.9%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **49,68Mpa/m – 181.33 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:

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

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

Por lo cual al aplicar la función resulta:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 7.90 = \mathbf{49.68} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

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:

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

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 7.9\% = 790 \frac{kg}{cm^2} = 11236\ psi$$

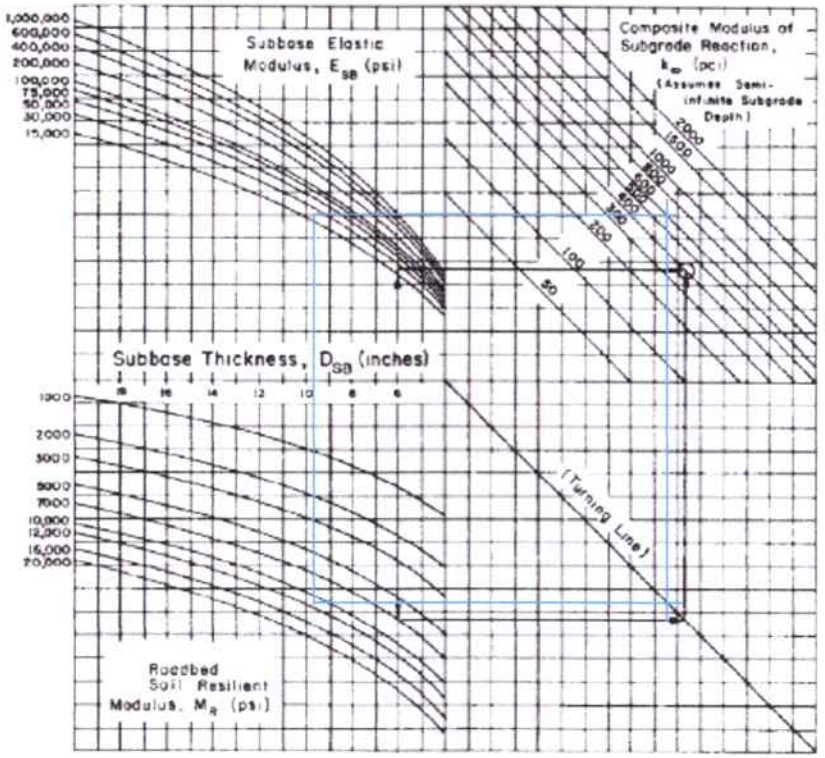




INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

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 (7.9%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **49,68Mpa/m – 181.33 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 (11236 psi)

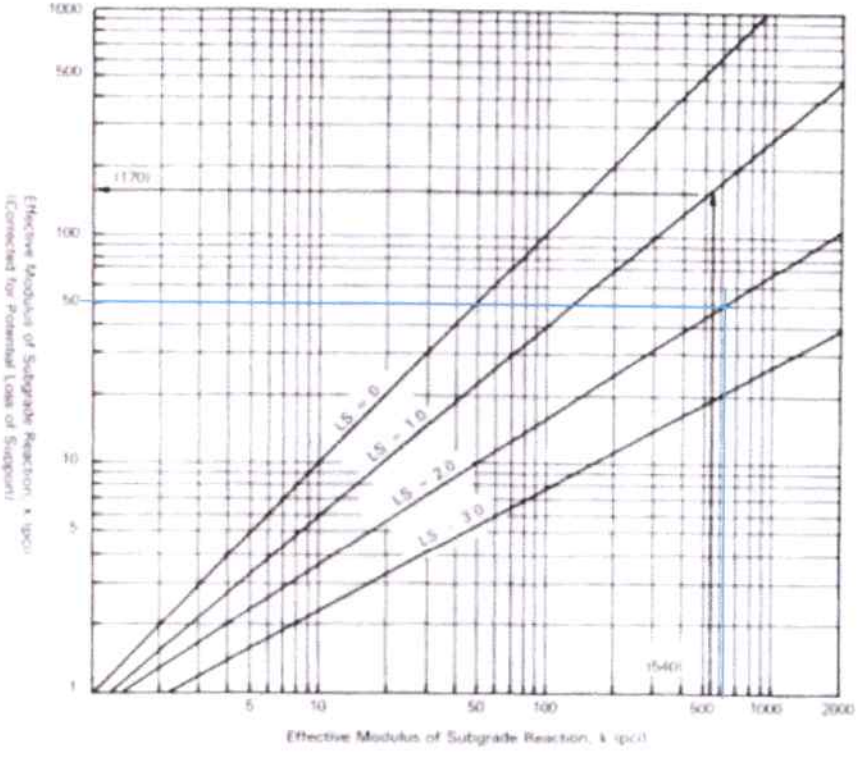


Gráfica 5. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se encuentra que el módulo de reacción conjunta de la sub-rasante con una sub-base granular de 25 mm de espesor (9.84 pulgadas aproximadamente) es igual a **610 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 **50.0 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	93074	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)	181,33	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)	50	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(93074) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log \left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510}{50}\right)^{0.25}} \right]} \right]$$

D= 5,12" =13,02cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 5.12", equivalentes a 13,02cm, 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=7,90%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 7.90 = \mathbf{49.68}\ {}^{Mpa}/_{m}$$

- 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

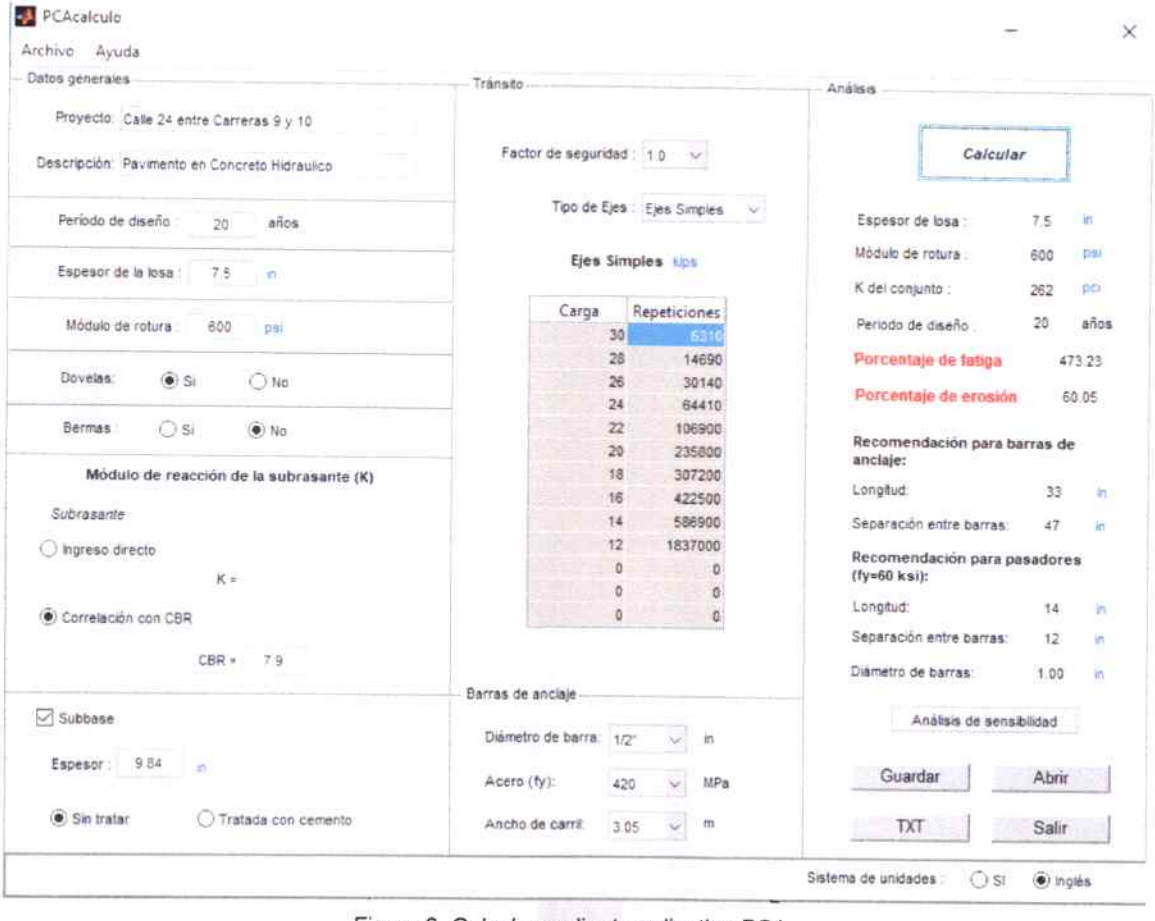


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO – CALLE 24 ENTRE CARRERAS 9 Y 10, BARRIO SAN MIGUEL

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
- Se recomienda instalar geotextil tejido 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	0,90	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	0,55	0,50		1,00	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	0,85	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 600 PSI: 160 mm de espesor
- Sub-base: 250 mm de espesor
- Geotextil T2400
- 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.

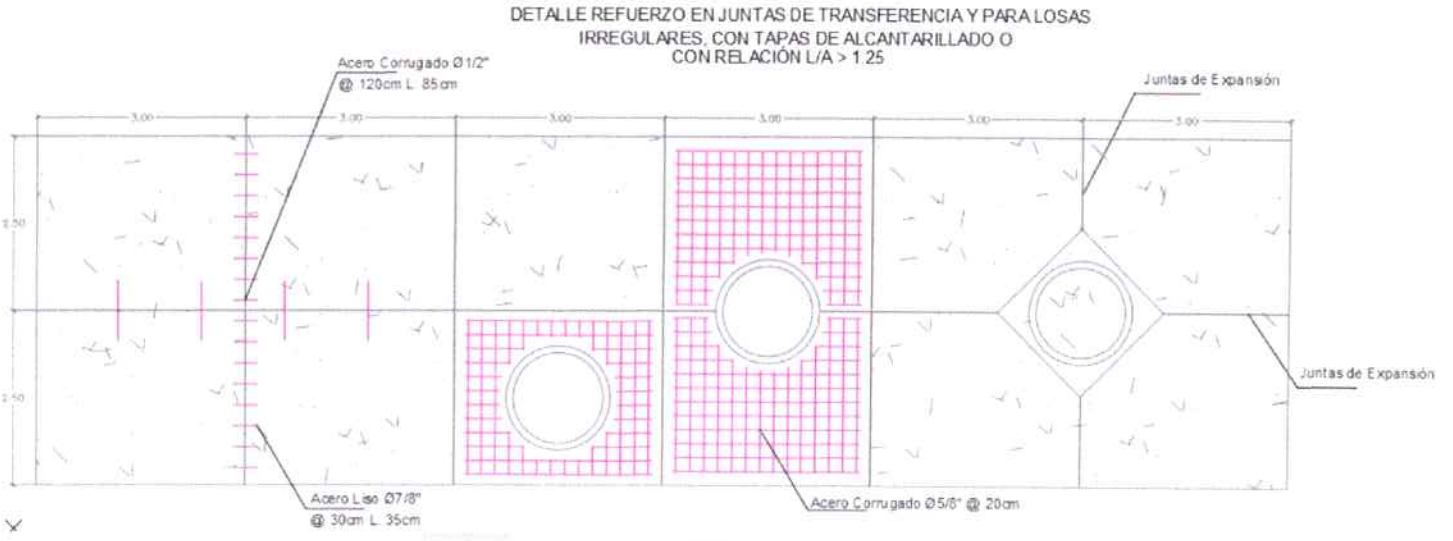


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





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.

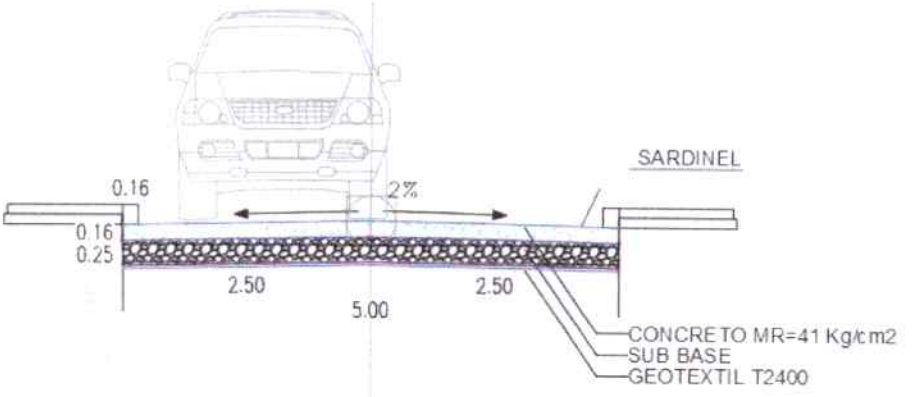


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

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:

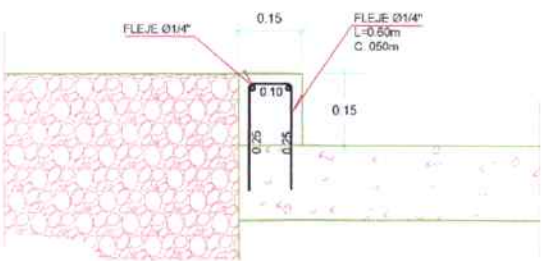


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

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 Transversal 9 entre Calle 16 y Carrera 8A– Barrió Las Lajas.



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 transversal 9 entre Calle 16 y carrera 8ª, del barrio Las Lajas 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 Transversal 9 entre Calle 16 y Carrera 8A del barrio Las Lajas, 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 105.00 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 Sur-Oriental del Municipio, en el barrio Las Lajas, con nomenclatura Transversal 9 entre Calle 16 y Carrera 8ª.
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 5.8 m, longitud de 105 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

Transversal 9 entre Calle 16 y Carrera 8ª – B/ Las Lajas

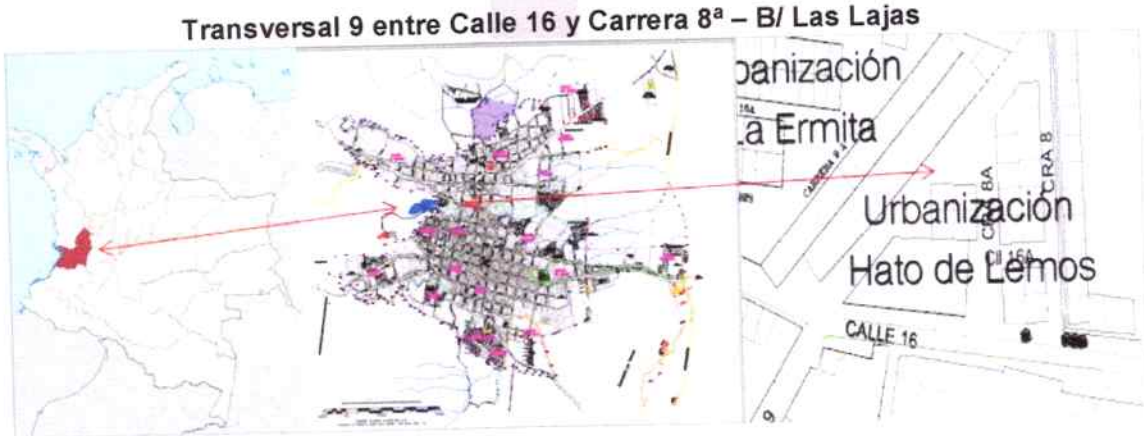


Figura 1. Localización de Zona Por Intervenir.
Fuente: Mapa 58 - PBOT La Unión Valle.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

3. EXPLORACION DE SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO.

Para la exploración del subsuelo se efectuaron dos (2) apiques, alcanzando una profundidad máxima 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 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	
S1 Transversal 9 entre Calles 16 y 18A	0.00 0.15 0.50	0.15 0.50 1.00	Afirmado Lleno, Gris claro [25YR 8/1] Arcillo - arenoso, Gris claro [5Y 7/1]
S2 Transversal 9 entre Calle 16 y Carrera 8A	0.00 0.15 0.50	0.15 0.50 1.00	Afirmado Lleno, Gris claro [25YR 8/1] Arcillo - arenoso, Gris claro [5Y 7/1]

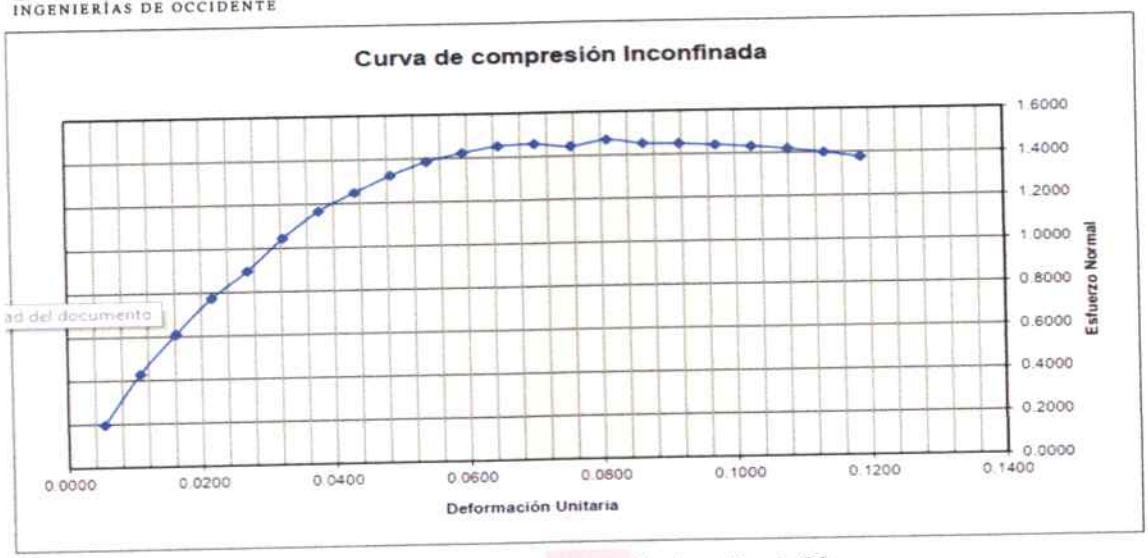
Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S1	Transversal 9 entre Calle 16 y Carrera 8A	0.50	3.5679	2.100	1.837	6,42%
S2	Transversal 9 entre Calle 16 y Carrera 8A	0.50	1.4702	1.952	1.608	8.10



Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada S1
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

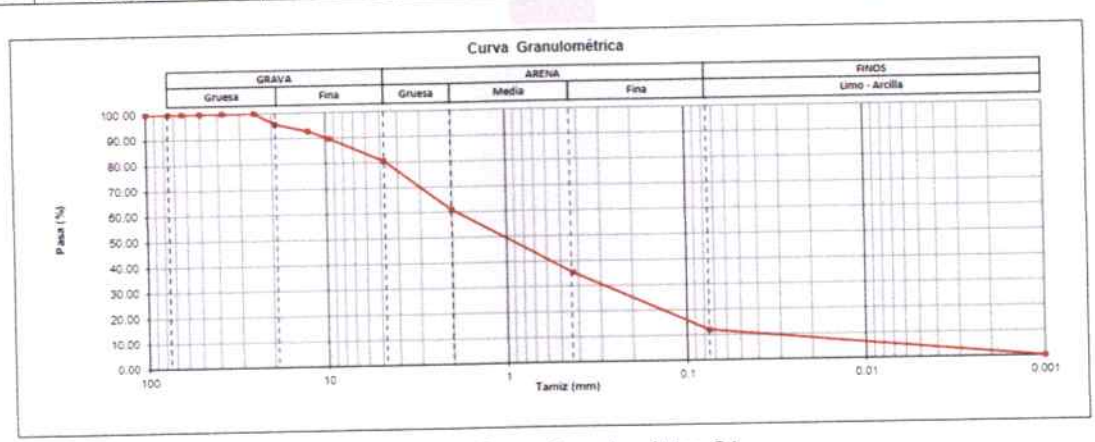
INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 2. Curva de Compresión Inconfinada S2
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

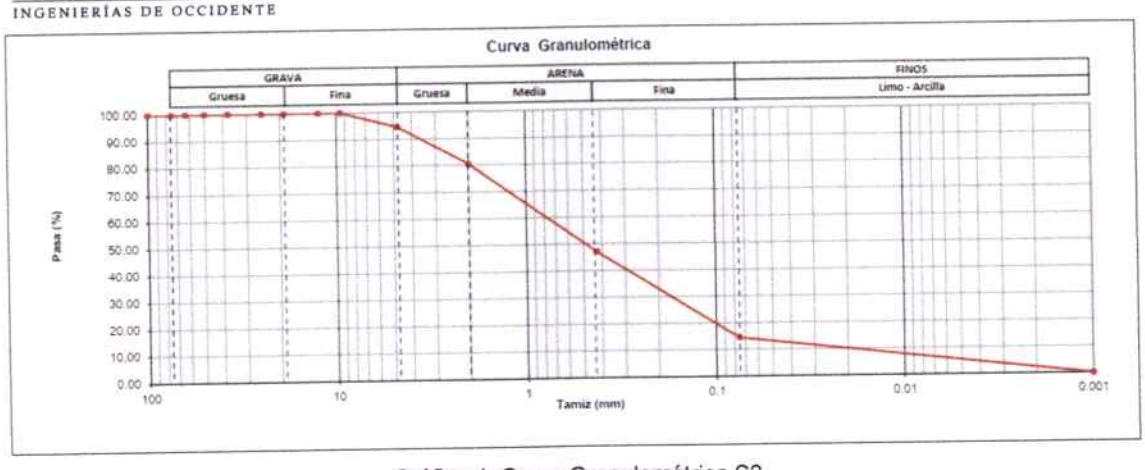
Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S1	Transversal 9 entre Calle 16 y Carrera 8A	29.32	19.36	9.96	19.47	68.44	12.09	SC
S2	Transversal 9 entre Calle 16 y Carrera 8A	33.33	19.58	13.75	5.40	80.23	14.37	SC



Gráfica 3. Curva Granulométrica S1
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

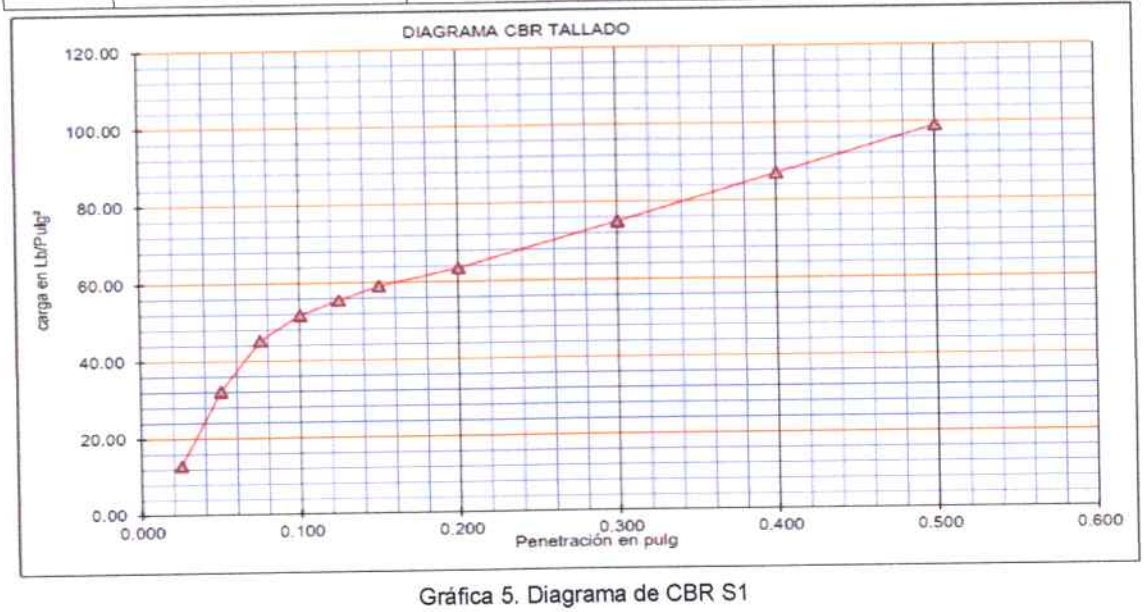
INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 4. Curva Granulométrica S2
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

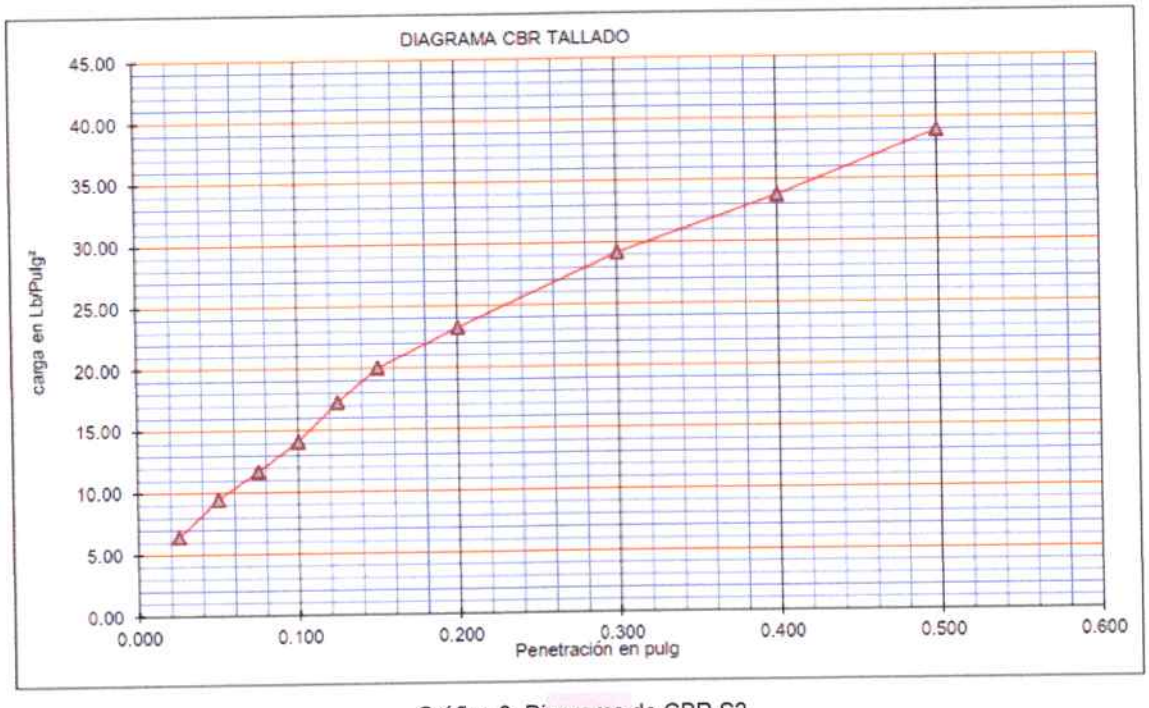
Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S1	Transversal 9 entre Calle 16 y Carrera 8A	0.50	5.17%	4.23%
S2	Transversal 9 entre Calle 16 y Carrera 8A	0.50	1.41%	1.55%



Gráfica 5. Diagrama de CBR S1
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 6. Diagrama de CBR S2
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

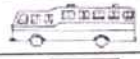
4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

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	

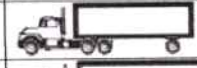
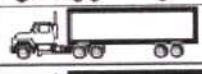
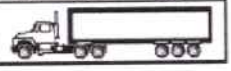
TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C3 Y C4	CAMION C3	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
> C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

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	2	1	5	0	0	0	0	0	8
7:30-8:00	1	0	15	0	0	0	0	0	16
8:00-8:30	0	0	17	0	0	0	0	0	17
8:30-9:00	1	0	18	0	0	0	0	0	19
9:00-9:30	1	0	21	0	0	0	0	0	22
9:30-10:00	2	1	22	1	0	0	0	0	26
10:00-10:30	0	0	19	0	1	0	0	0	20
10:30-11:00	4	0	22	0	0	0	0	0	26
11:00-11:30	3	0	27	0	0	0	0	0	30
11:30-12:00	1	0	23	0	0	0	0	0	24
12:00-12:30	2	0	19	0	0	0	0	0	21
12:30-13:00	2	2	16	0	2	0	0	0	22
13:00-13:30	1	0	12	0	0	0	0	0	13
13:30-14:00	1	0	9	0	0	0	0	0	10
14:00-14:30	0	0	7	0	0	0	0	0	7
14:30-15:00	0	0	12	0	0	0	0	0	12
15:00-15:30	1	0	17	0	0	0	0	0	18
15:30-16:00	2	0	22	0	0	0	0	0	24
16:00-16:30	2	0	25	0	0	0	0	0	27
16:30-17:00	1	0	15	0	0	0	0	0	16
17:00-17:30	1	0	29	0	0	0	0	0	30
17:30-18:00	1	0	23	0	0	0	0	0	24
TOTAL	29	4	395	1	3	0	0	0	432
COMPOSICION VEHICULAR	6,71%	0,93%	91,44%	0,23%	0,69%	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	0	0	8	0	0	0	0	0	8
7:30-8:00	0	0	12	0	0	0	0	0	12
8:00-8:30	1	0	19	0	0	0	0	0	20
8:30-9:00	1	0	23	0	0	0	0	0	24
9:00-9:30	1	0	27	1	0	0	0	0	29
9:30-10:00	2	0	29	1	0	0	0	0	32
10:00-10:30	2	0	25	0	0	0	0	0	27
10:30-11:00	3	0	23	0	0	0	0	0	26
11:00-11:30	4	1	17	0	0	0	0	0	22
11:30-12:00	5	1	26	0	0	0	0	0	32
12:00-12:30	6	1	32	0	0	0	0	0	39
12:30-13:00	1	0	29	0	1	0	0	0	31
13:00-13:30	1	0	28	0	1	0	0	0	30
13:30-14:00	1	0	15	0	0	0	0	0	16
14:00-14:30	3	0	12	0	0	0	0	0	15
14:30-15:00	0	0	9	0	0	0	0	0	9
15:00-15:30	0	0	7	0	0	0	0	0	7
15:30-16:00	1	0	14	0	0	0	0	0	15
16:00-16:30	1	0	12	0	0	0	0	0	13
16:30-17:00	3	0	9	0	0	0	0	0	12
17:00-17:30	1	0	15	0	0	0	0	0	16
17:30-18:00	1	0	11	0	0	0	0	0	12
TOTAL	38	3	402	2	2	0	0	0	447
COMPOSICION VEHICULAR	8,50%	0,67%	89,93%	0,45%	0,45%	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	1	1	5	0	1	0	0	0	8
7:30-8:00	1	0	15	0	0	0	0	0	16
8:00-8:30	1	0	17	0	0	0	0	0	18
8:30-9:00	3	0	18	0	0	0	0	0	21
9:00-9:30	2	0	14	0	0	0	0	0	16
9:30-10:00	4	1	15	0	0	0	0	0	20
10:00-10:30	5	0	12	0	0	0	0	0	17
10:30-11:00	6	0	25	0	0	0	0	0	31
11:00-11:30	5	0	14	0	1	0	0	0	20
11:30-12:00	6	0	16	0	0	0	0	0	22
12:00-12:30	10	0	30	0	0	0	0	0	40
12:30-13:00	4	2	20	0	0	0	0	0	26
13:00-13:30	7	0	11	0	0	0	0	0	18
13:30-14:00	2	0	10	0	0	0	0	0	12
14:00-14:30	5	0	8	0	1	0	0	0	14
14:30-15:00	3	0	15	1	1	0	0	0	20
15:00-15:30	4	0	16	0	0	0	0	0	20
15:30-16:00	5	0	22	0	0	0	0	0	27
16:00-16:30	9	0	25	0	0	0	0	0	34
16:30-17:00	2	0	11	0	0	0	0	0	13
17:00-17:30	0	0	14	0	0	0	0	0	14
17:30-18:00	1	0	17	0	0	0	0	0	18
TOTAL	86	4	350	1	4	0	0	0	445
COMPOSICION VEHICULAR	19,33%	0,90%	78,65%	0,22%	0,90%	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	7	1	9	0	1	0	0	0	18
7:30-8:00	10	0	14	0	0	0	0	0	24
8:00-8:30	9	0	24	0	0	0	0	0	33
8:30-9:00	2	0	28	0	0	0	0	0	30
9:00-9:30	9	0	11	0	0	0	0	0	20
9:30-10:00	9	1	20	0	0	0	0	0	30
10:00-10:30	8	0	9	0	0	0	0	0	17
10:30-11:00	2	0	30	0	0	0	0	0	32
11:00-11:30	1	0	26	0	1	0	0	0	28
11:30-12:00	8	0	24	0	0	0	0	0	32
12:00-12:30	5	0	22	0	0	0	0	0	27
12:30-13:00	9	2	16	1	0	0	0	0	28
13:00-13:30	9	0	22	0	0	0	0	0	31
13:30-14:00	1	0	30	0	0	0	0	0	31
14:00-14:30	6	0	23	0	1	0	0	0	30
14:30-15:00	3	0	14	1	1	0	0	0	19
15:00-15:30	10	0	21	0	0	0	0	0	31
15:30-16:00	5	0	18	0	0	0	0	0	23
16:00-16:30	6	0	19	0	0	0	0	0	25
16:30-17:00	1	0	24	0	0	0	0	0	25
17:00-17:30	10	0	13	0	0	0	0	0	23
17:30-18:00	3	0	15	0	0	0	0	0	18
TOTAL	133	4	432	2	4	0	0	0	575
COMPOSICION VEHICULAR	23,13%	0,70%	75,13%	0,35%	0,70%	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.

$$TPDC = \frac{8 + 7 + 9 + 10 * 4}{7} = 10\ vehículos\ comerciales$$

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.

FACTORES DE DAÑO		
TIPO DE VEHICULO	**VACIO**	**CARGADO**
Auto	-	-
Bus	-	1
C2P	0,01	1,01
C2G	0,08	2,72
C3-4	0,24	3,72
C5	0,25	4,88
>C6	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	4	40,00%
C2P	2	20,00%
C2G	4	40,00%
C3-4	0	0,00%
C5	0	0,00%
>C6	0	0,00%

Fuente: Propia.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

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

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

$$NESE80KNañobase = 365 * 7 * [0.40 * 1 + 0.20 * 1.01 + 0.40 * 2.72] * 1$$

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.

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	10,00
NESE80KNañobase	6169,00
NESEacumulado	168238
NESE 90	194951
NESEdiseño	290867

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: **290867**

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**

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

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

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**

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

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

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

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (1.41%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **10.38Mpa/m – 37.88 pci**

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:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 1.41 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{10.38} \ \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

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.

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:

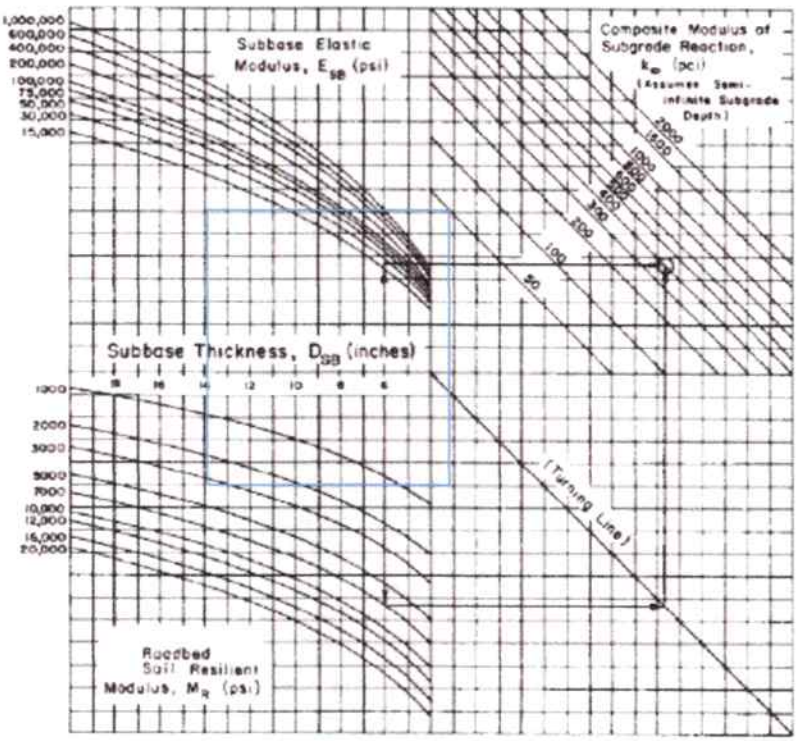
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 1.41\% = 141 \frac{kg}{cm^2} = 2005\ psi$$

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 (1.41%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **10.38Mpa/m – 37.89 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 (2005 psi)

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

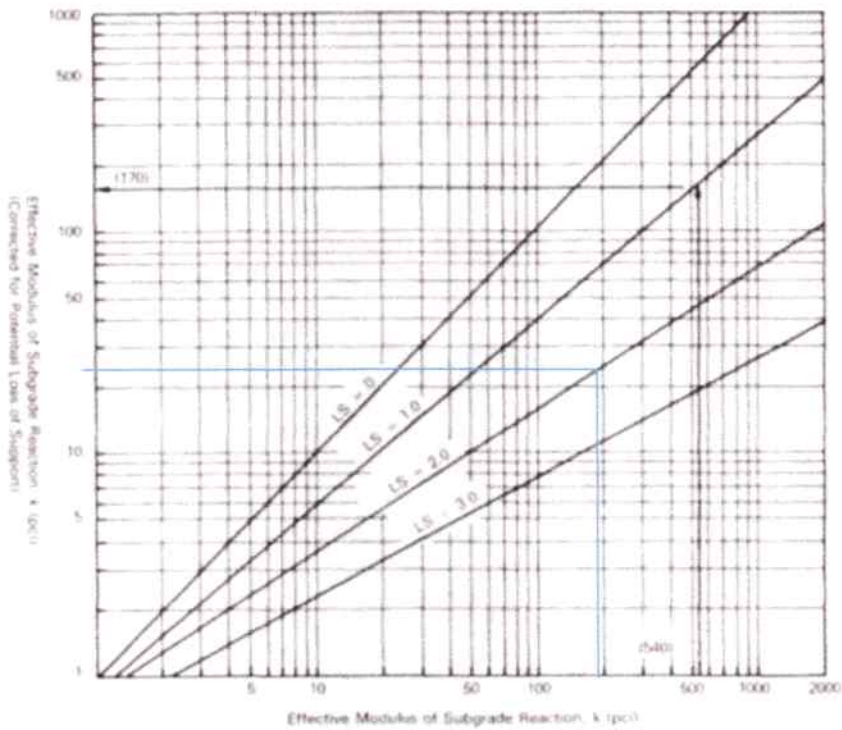


Grafica 1. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

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



Grafica 2. 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 **25.0 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	290867	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)	37,89	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)	25	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(290867) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^{7}}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log \left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.10 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510}{25}\right)^{0.25}} \right]} \right]$$

D= 6,61" =16.80cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 6.61", equivalentes a 16.80cm, sin embargo, por practicidad en obra, se recomienda el uso de un espesor de 170 mm. 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=1.41%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 1.41 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{10.38} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

- 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

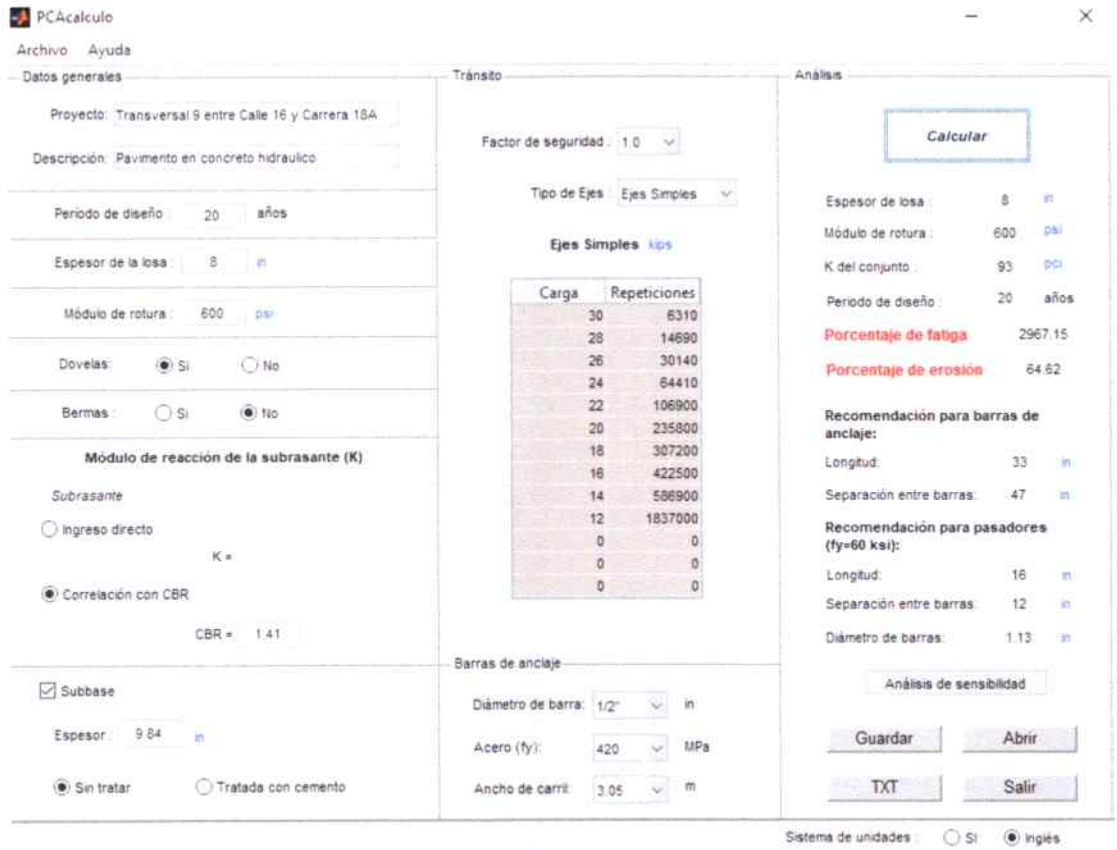


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO – TRANSVERSAL 9 ENTRE CALLE 16 Y CARRERA 8A– BARRIÓ LAS LAJAS.

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: 170 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 del 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	0,80	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 600psi: 170 mm de espesor
- Sub-base: 250 mm de espesor
- Geotextil T2400 a lo largo y ancho de la vía.
- Roca Muerta Mejorada: 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 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.

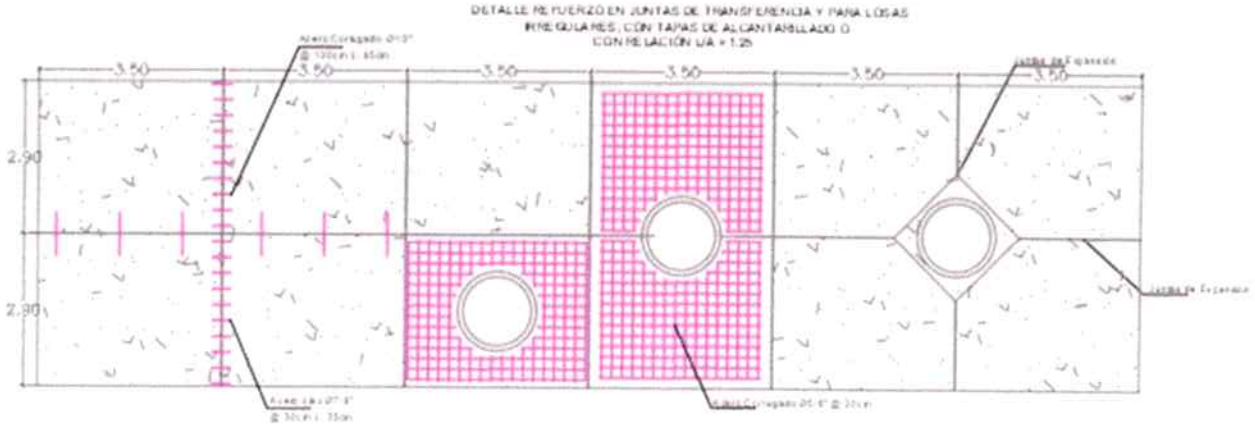


Figura 6. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





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 5.8 m, se realizarán carriles de 2.90 m y el largo de las losas de 3.50 m.

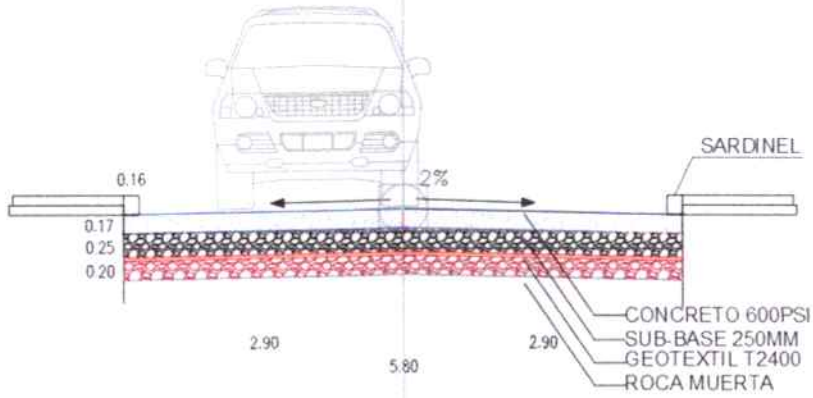


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

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:

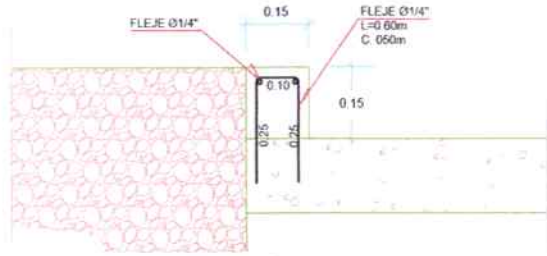


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia





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

CARRERA 13 CON CALLE 8ª, BARRIO LA CIUDADELA GRAJALES

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 Carrera 13 con Calle 8A– Barrió Ciudadela Grajales.



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 13 con Calle 8ª, del barrio Ciudadela Grajales 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 13 con Calle 8A del barrio Ciudadela Grajales, 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 48.00 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 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-Occidental del Municipio, en el barrio Ciudadela Grajales, con nomenclatura Carrera 13 con Calle 8ª.

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 4.50 m, longitud de 48.00 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

Carrera 13 con Calle 8ª – B/ Ciudadela Grajales

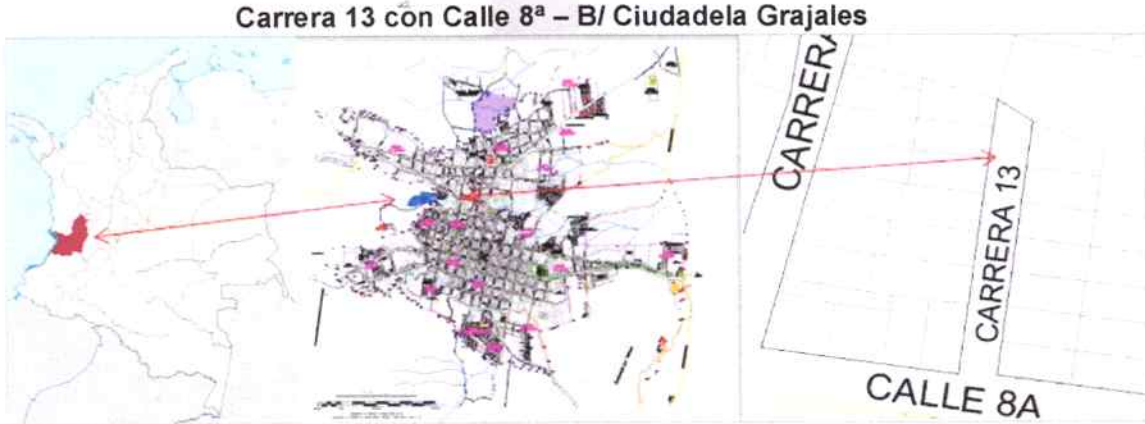


Figura 1. Localización de Zona Por Intervenir.
Fuente: Mapa 58 - PBOT La Unión Valle.

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.

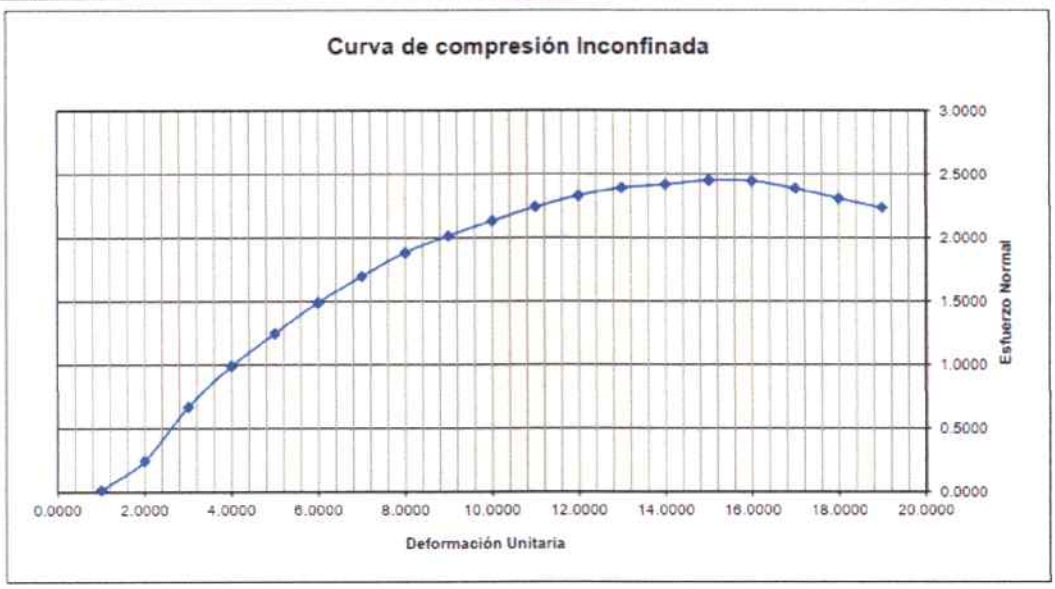
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S23 Carrera 13 con Calle 8A	0.00 0.20	0.20 1.00	Lleno Arcillo - arenoso, Gris claro [25YR 8/2]

Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S23	Carrera 13 con Calle 8A	1.00	2.4477	1.916	1.537	8,01%

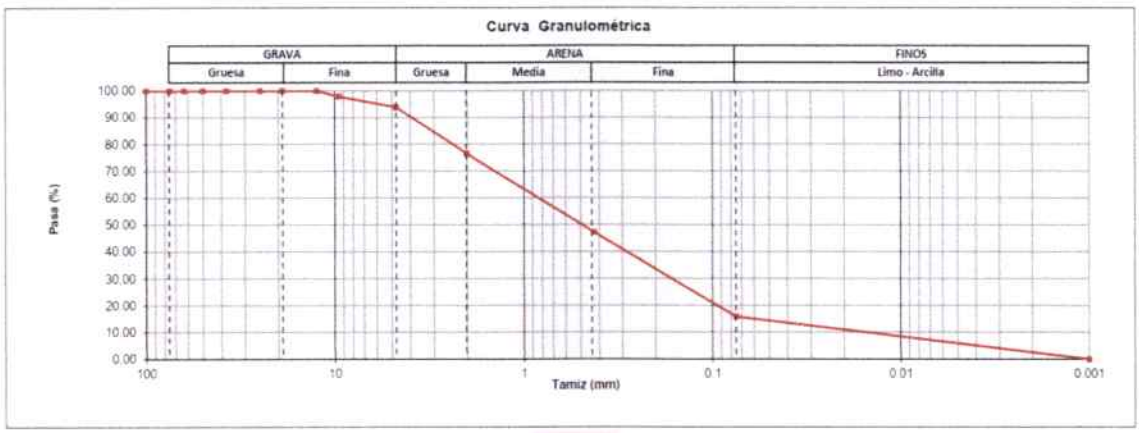


Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S23	Carrera 13 con Calle 8A	37.82	26.12	11.70	6.15	78.09	15.76	SM

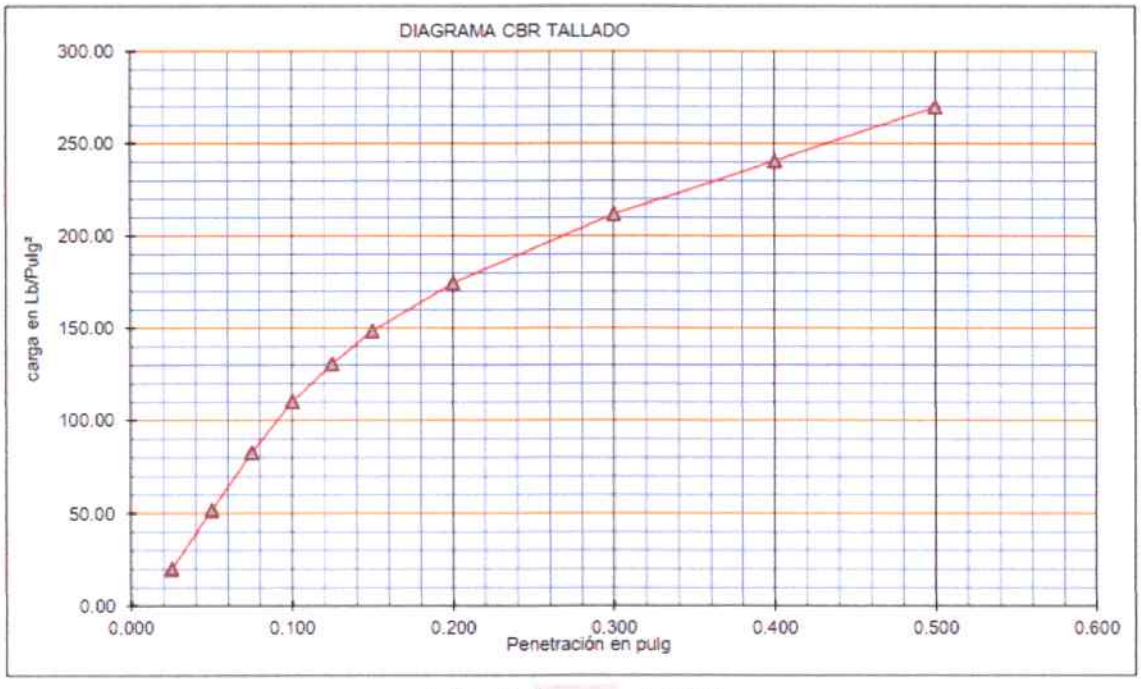


Gráfica 2. Curva Granulométrica
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S23	Carrera 13 con Calle 8A	0.20	11.02%	11.64%

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.

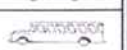
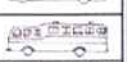
4.1. ANÁLISIS DE TRÁNSITO.

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	

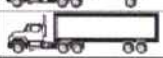
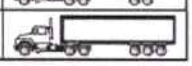
TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C3 Y C4	CAMION C2	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2 S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
- C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

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	0	0	18	0	0	0	0	0	18
7:30-8:00	0	0	22	0	0	0	0	0	22
8:00-8:30	1	0	25	0	0	0	0	0	26
8:30-9:00	1	2	31	0	0	0	0	0	34
9:00-9:30	2	0	29	1	0	0	0	0	32
9:30-10:00	2	0	27	0	0	0	0	0	29
10:00-10:30	1	0	22	0	1	0	0	0	24
10:30-11:00	1	0	19	0	0	0	0	0	20
11:00-11:30	2	0	16	0	0	0	0	0	18
11:30-12:00	2	0	12	0	0	0	0	0	14
12:00-12:30	1	0	11	0	0	0	0	0	12
12:30-13:00	1	0	13	0	0	0	0	0	14
13:00-13:30	0	0	9	0	0	0	0	0	9
13:30-14:00	0	0	8	0	0	0	0	0	8
14:00-14:30	1	1	5	0	0	0	0	0	7
14:30-15:00	1	0	11	0	0	0	0	0	12
15:00-15:30	2	0	13	0	1	0	0	0	16
15:30-16:00	2	0	18	1	0	0	0	0	21
16:00-16:30	1	0	22	0	0	0	0	0	23
16:30-17:00	1	0	17	0	0	0	0	0	18
17:00-17:30	2	0	14	0	0	0	0	0	16
17:30-18:00	2	0	9	0	0	0	0	0	11
TOTAL	26	3	371	2	2	0	0	0	404
COMPOSICION VEHICULAR	6.44%	0.74%	91.83%	0.50%	0.50%	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	15	0	0	0	0	0	16
7:30-8:00	1	0	24	0	0	0	0	0	25
8:00-8:30	1	1	19	1	0	0	0	0	22
8:30-9:00	2	1	24	1	0	0	0	0	28
9:00-9:30	2	0	29	0	0	0	0	0	31
9:30-10:00	3	0	17	0	0	0	0	0	20
10:00-10:30	3	0	19	0	0	0	0	0	22
10:30-11:00	1	0	22	0	0	0	0	0	23
11:00-11:30	2	0	25	0	0	0	0	0	27
11:30-12:00	4	0	19	0	0	0	0	0	23
12:00-12:30	5	1	21	0	2	0	0	0	29
12:30-13:00	10	0	16	1	0	0	0	0	27
13:00-13:30	9	0	14	0	0	0	0	0	23
13:30-14:00	2	0	25	0	0	0	0	0	27
14:00-14:30	1	0	29	0	0	0	0	0	30
14:30-15:00	2	0	19	0	0	0	0	0	21
15:00-15:30	2	0	21	0	0	0	0	0	23
15:30-16:00	1	0	19	0	0	0	0	0	20
16:00-16:30	1	1	16	0	0	0	0	0	18
16:30-17:00	2	0	12	0	0	0	0	0	14
17:00-17:30	2	0	9	0	0	0	0	0	11
17:30-18:00	1	0	5	0	0	0	0	0	6
TOTAL	58	4	419	3	2	0	0	0	486
COMPOSICION VEHICULAR	11.93%	0.82%	86.21%	0.62%	0.41%	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	0	0	23	0	0	0	0	0	23
7:30-8:00	3	0	21	1	0	0	0	0	25
8:00-8:30	2	0	14	0	1	0	0	0	17
8:30-9:00	1	0	15	1	0	0	0	0	17
9:00-9:30	1	0	13	0	0	0	0	0	14
9:30-10:00	0	2	21	1	0	0	0	0	24
10:00-10:30	2	0	21	1	0	0	0	0	24
10:30-11:00	6	0	20	0	0	0	0	0	26
11:00-11:30	3	0	13	0	1	0	0	0	17
11:30-12:00	3	0	23	0	0	0	0	0	26
12:00-12:30	2	0	26	1	0	0	0	0	29
12:30-13:00	1	0	16	0	0	0	0	0	17
13:00-13:30	2	0	36	1	0	0	0	0	39
13:30-14:00	3	1	24	0	0	0	0	0	28
14:00-14:30	2	0	28	0	0	0	0	0	30
14:30-15:00	6	0	25	1	1	0	0	0	33
15:00-15:30	1	0	24	0	2	0	0	0	27
15:30-16:00	1	0	24	1	0	0	0	0	26
16:00-16:30	7	0	22	0	0	0	0	0	29
16:30-17:00	5	0	23	0	0	0	0	0	28
17:00-17:30	4	0	24	0	0	0	0	0	28
17:30-18:00	1	0	7	0	0	0	0	0	8
TOTAL	56	3	463	8	5	0	0	0	535
COMPOSICION VEHICULAR	10.47%	0.56%	86.54%	1.50%	0.93%	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	20	0	0	0	0	0	20
7:30-8:00	3	0	24	1	0	0	0	0	28
8:00-8:30	2	0	26	0	1	0	0	0	29
8:30-9:00	1	0	34	1	0	0	0	0	36
9:00-9:30	1	0	33	0	0	0	0	0	34
9:30-10:00	2	2	30	1	0	0	0	0	35
10:00-10:30	2	0	35	1	0	0	0	0	38
10:30-11:00	2	0	27	0	0	0	0	0	29
11:00-11:30	1	0	22	0	1	0	0	0	24
11:30-12:00	1	0	19	0	0	0	0	0	20
12:00-12:30	2	0	24	1	0	0	0	0	27
12:30-13:00	3	0	22	0	0	0	0	0	25
13:00-13:30	1	0	34	1	0	0	0	0	36
13:30-14:00	2	1	31	0	0	0	0	0	34
14:00-14:30	2	0	22	0	0	0	0	0	24
14:30-15:00	6	0	35	1	1	0	0	0	43
15:00-15:30	1	0	28	0	2	0	0	0	31
15:30-16:00	1	0	25	1	0	0	0	0	27
16:00-16:30	7	0	23	0	0	0	0	0	30
16:30-17:00	5	0	35	0	0	0	0	0	40
17:00-17:30	4	0	36	0	0	0	0	0	40
17:30-18:00	1	0	33	0	0	0	0	0	34
TOTAL	50	3	618	8	5	0	0	0	684
COMPOSICION VEHICULAR	7.31%	0.44%	90.35%	1.17%	0.73%	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.

$$TPDC = \frac{7 + 9 + 16 + 16 * 4}{7} = 14\ vehículos\ comerciales$$

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	4	25.00%
C2P	7	43.75%
C2G	5	31.25%
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:

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

$$NESE80KNañobase = 365 * 14 * [0.25 * 1 + 0.4375 * 1.01 + 0.3125 * 2.72] * 1$$

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	14.00
NESE80KNañobase	7879.00
NESEacumulado	214872
NESE 90	248989
NESEdiseño	371492

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: **371492**

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.

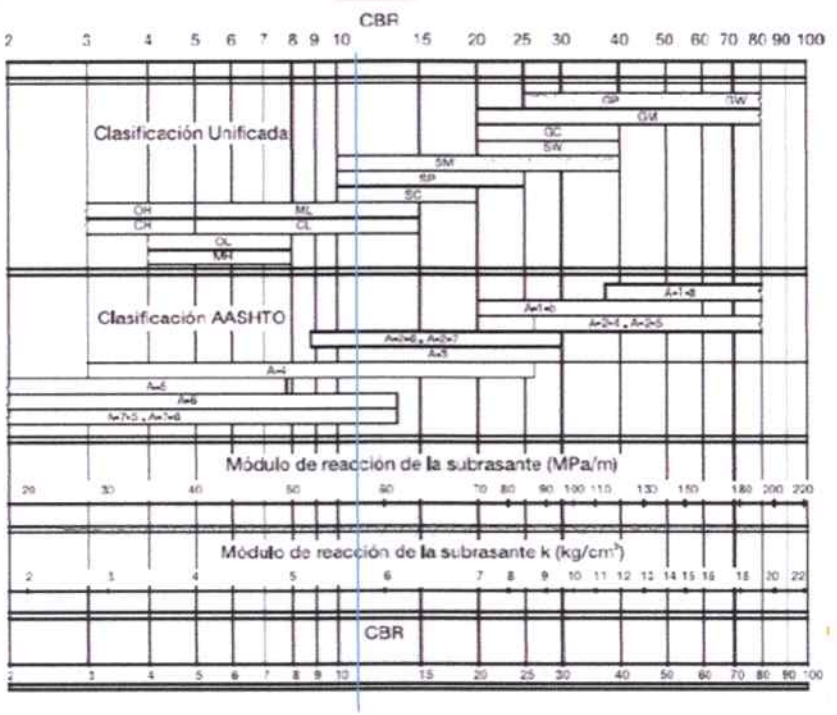
k. Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi): **4536510.74 psi**

$$\mathrm{F'c} = 352 kg/cm2$$

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

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

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (11.02%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **56.86Mpa/m – 207.54 pci**



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

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:

$$K = 46 + 9.08 * \log 11.02^{4.34} \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{56.86} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

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:

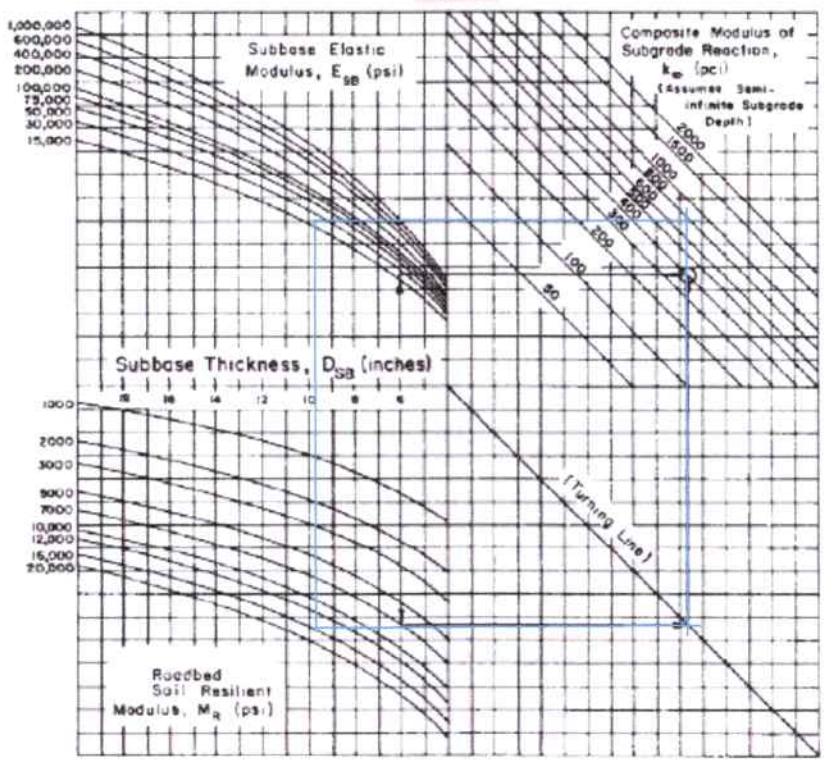
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 11.02\% = 1102\,\frac{kg}{cm^2} = 15674\ psi$$

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.

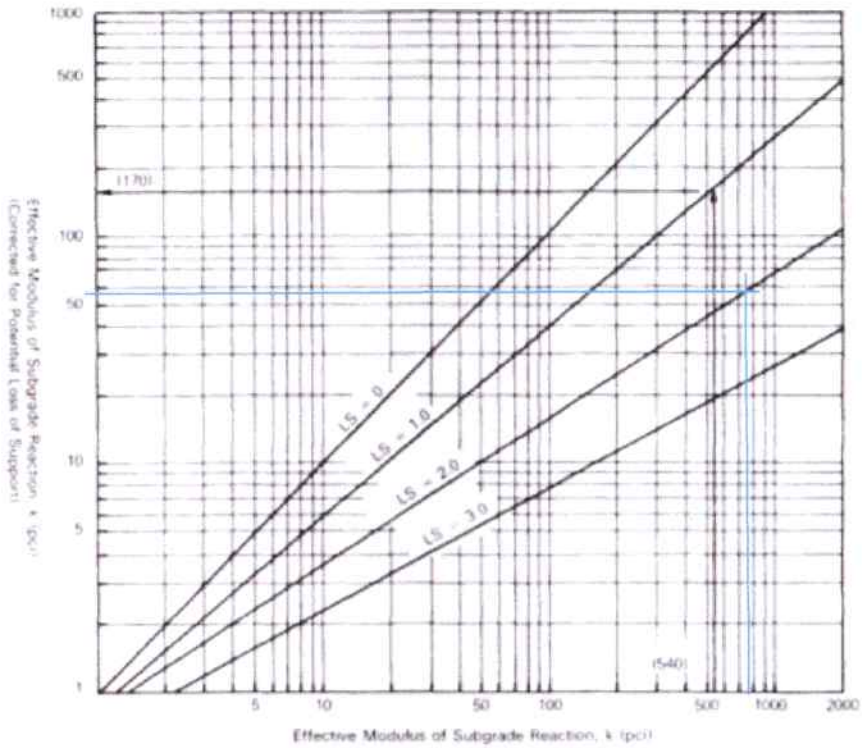
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (2.1%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **56.86Mpa/m – 207.54 pci.**
La sub-base granular tendrá 25 mm de espesor, ya que se considera es un apto para soportar las cargas del tránsito y reducir los 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 (15674 psi)



Gráfica 5. 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 **790 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 **58.0 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	371492	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)	207,54	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)	58	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(371492) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510}{58}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 6,39" =16,22cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 6.39", equivalentes a 16,23cm, sin embargo por practicidad en obra, se recomienda el uso de un espesor de 170 mm.

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=11.02%

  $$K = 46 + 9.08 * \log 11.02^{4.34}\ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{56.86}\ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

- 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

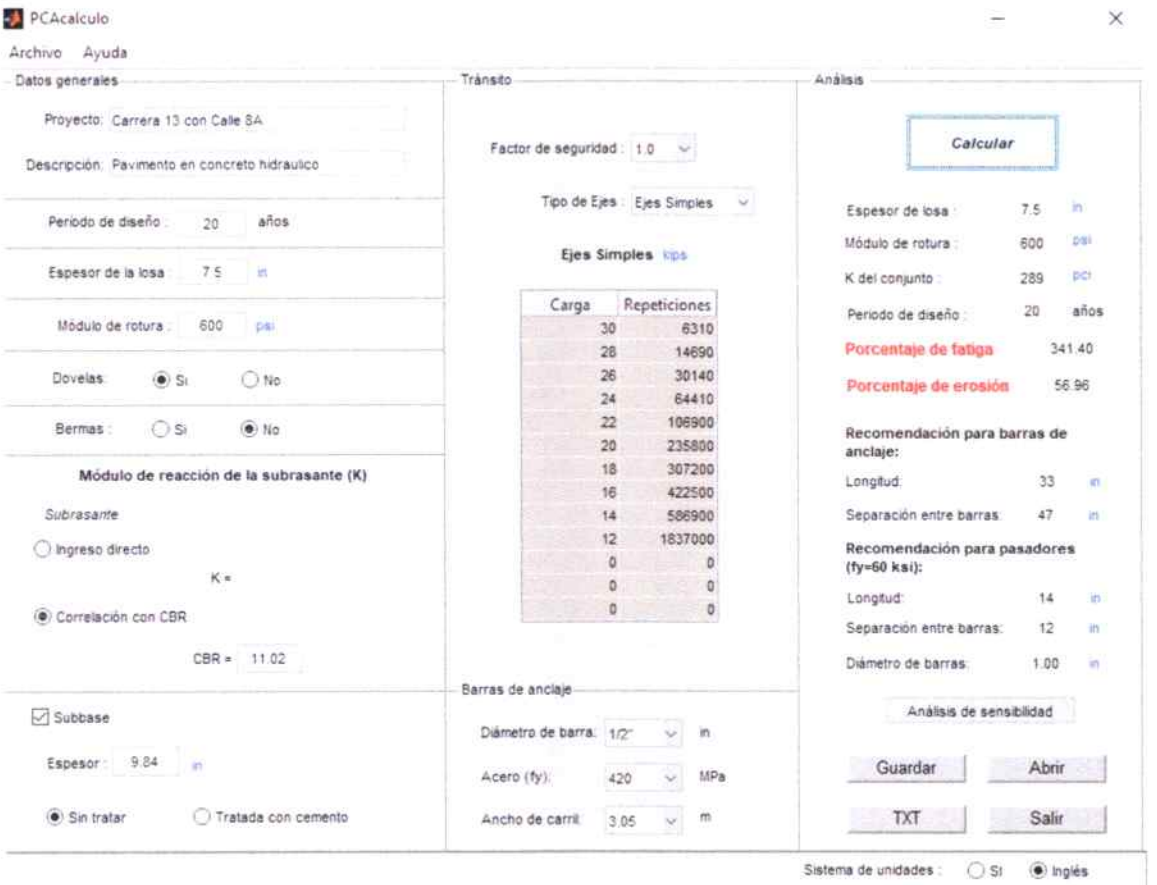


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DE LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO.

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: 170 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

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 114. 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 125. 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 600PSI: 170 mm de espesor
- Subase: 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.

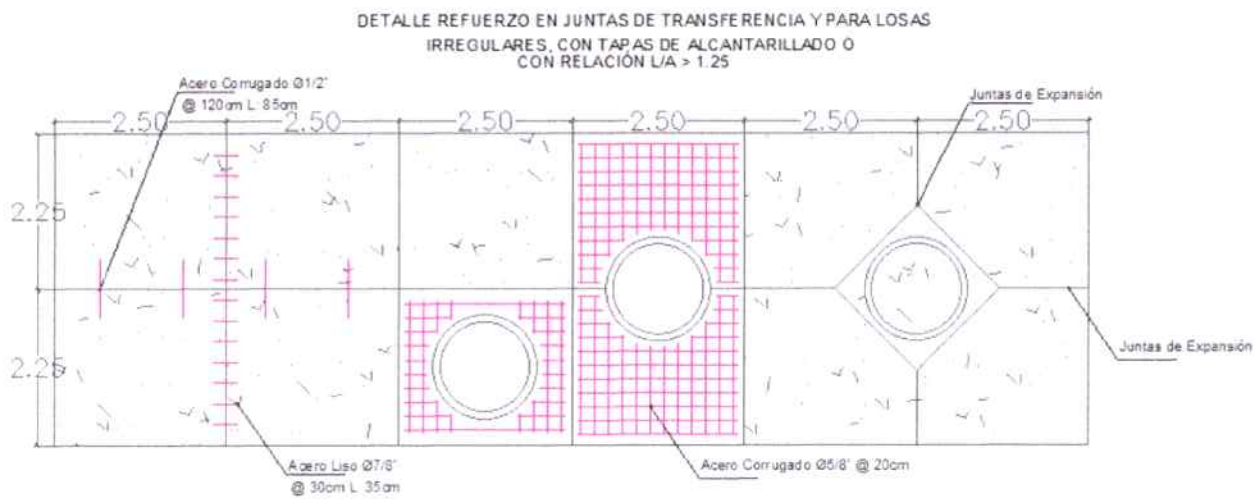


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





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 4.50 m, se realizarán carriles de 2.25 m y el largo de las losas de 2.50 m.

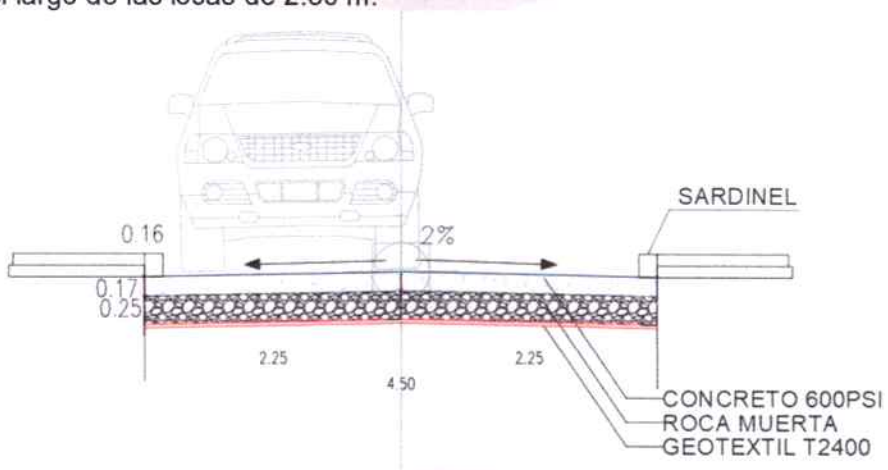


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

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:

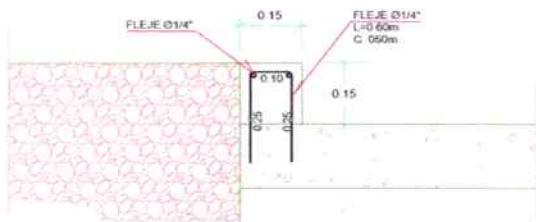


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia

1367

CARRERA 12B CON CALLE 8ª, URBANIZACIÓN LA FLORESTA

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 Carrera 12B con Calle 8ª – Urbanización La Floresta, Barrió Ciudadela Grajales.



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 Carrera 12B con Calle 8ª, de la Urbanización La Floresta del barrio La Ciudadela Grajales 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 12B con Calle 8A del barrio Ciudadela Grajales, 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 24.00 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 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-Occidental del Municipio, en la Urbanización La Floresta del barrio La Ciudadela Grajales, con nomenclatura Carrera 12B con Calle 8ª.

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 4.80 m, longitud de 24.00 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

Carrera 12B con Calle 8ª – B/ La Ciudadela Grajales



Figura 1. Localización de Zona Por 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 realizadas y responsabilidad de la empresa Geolabs S.A.S.

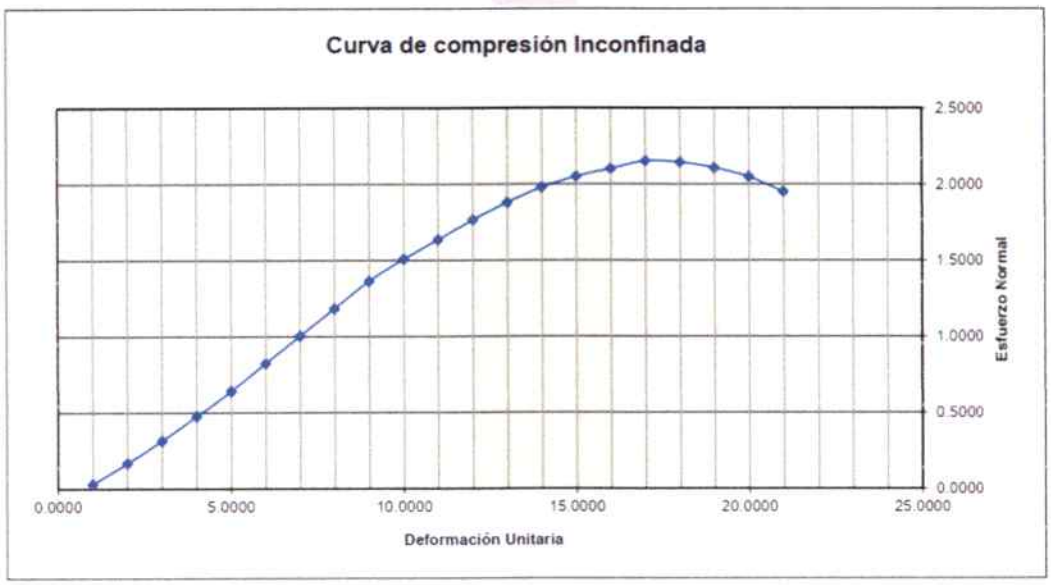
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S22 Carrera 12B con Calle 8A	0.00 0.30	0.30 1.00	Lleno Arcillo - arenoso, Amarillento [25YR 7/6]

Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S22	Carrera 12B con Calle 8A	1.00	2.1526	2.052	1.724	9,08%

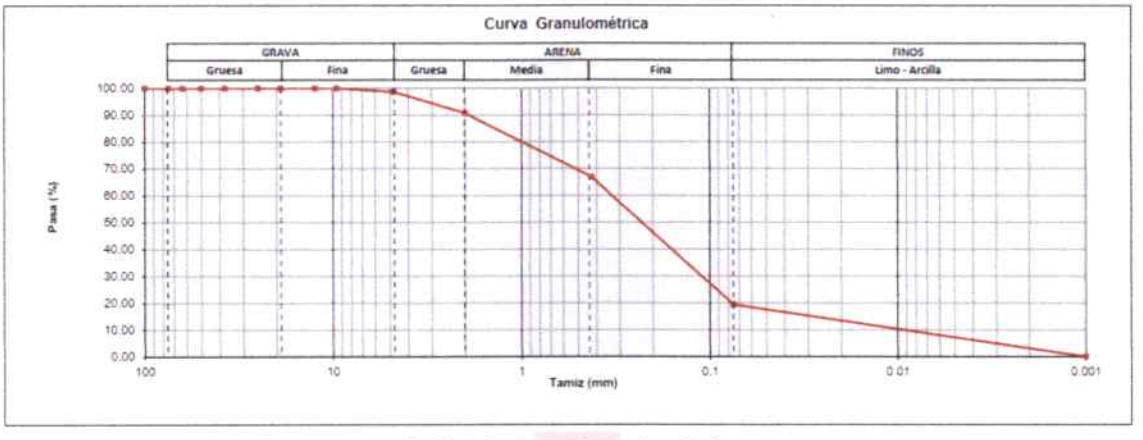


Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S22	Carrera 12B con Calle 8A	29.22	20.18	9.05	1.35	79.25	19.40	SC

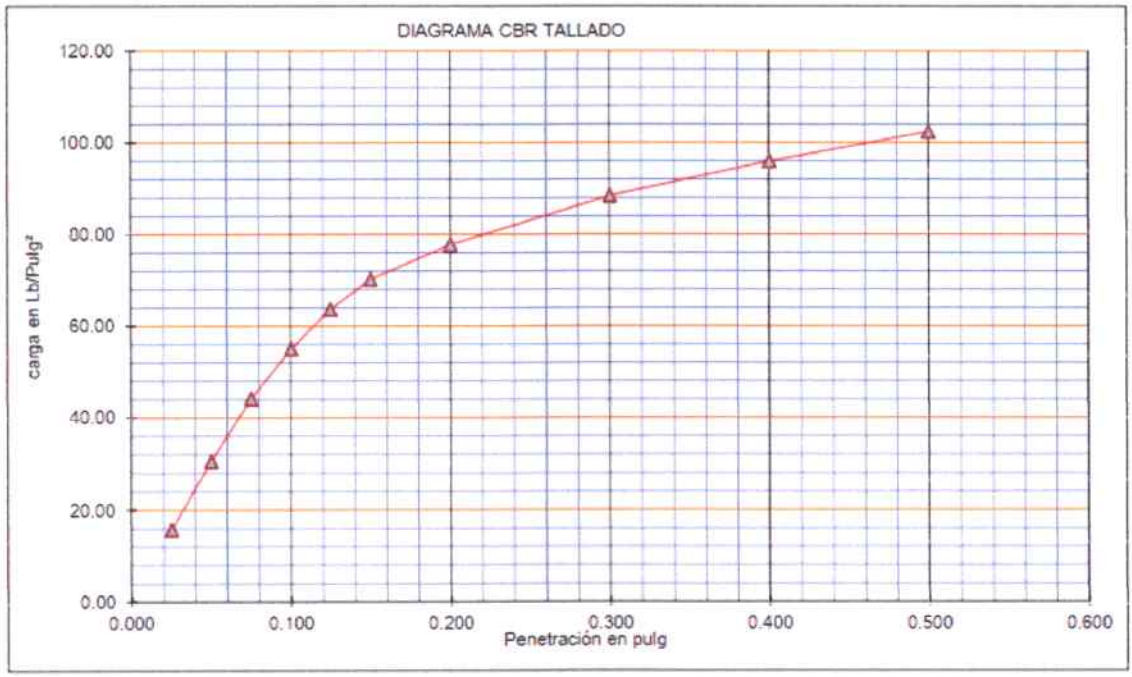


Gráfica 2. Curva Granulométrica
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S22	Carrera 12B con Calle 8A	0.30	5.50%	5.18%

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:

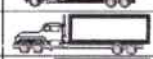
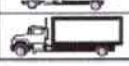
TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA	TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
AUTOS			C3 Y C4	CAMION C3	
BUSES	BUSETA			CAMION C4	
	BUS			TRACTO-CAMION C2-S1	
	BUS METROPOLITANO			TRACTO-CAMION C2-S2	
C2-P	CAMION DE DOS EJES PEQUEÑO			TRACTO-CAMION C3-S1	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE		C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
			> C5	TRACTO-CAMION 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	0	0	2	0	0	0	0	0	2
7:30-8:00	0	0	3	0	0	0	0	0	3
8:00-8:30	0	0	1	0	0	0	0	0	1
8:30-9:00	0	0	1	1	1	0	0	0	3
9:00-9:30	0	0	4	0	0	0	0	0	4
9:30-10:00	0	2	1	0	0	0	0	0	3
10:00-10:30	0	0	1	0	0	0	0	0	1
10:30-11:00	1	0	2	0	0	0	0	0	3
11:00-11:30	0	0	2	0	0	0	0	0	2
11:30-12:00	0	0	1	0	0	0	0	0	1
12:00-12:30	1	0	1	0	0	0	0	0	2
12:30-13:00	1	0	0	0	0	0	0	0	1
13:00-13:30	1	0	0	0	0	0	0	0	1
13:30-14:00	0	0	4	0	0	0	0	0	4
14:00-14:30	0	0	5	0	0	0	0	0	5
14:30-15:00	0	1	2	0	0	0	0	0	3
15:00-15:30	2	2	1	2	0	0	0	0	7
15:30-16:00	0	0	2	0	0	0	0	0	2
16:00-16:30	0	0	4	0	0	0	0	0	4
16:30-17:00	0	0	6	0	0	0	0	0	6
17:00-17:30	0	0	2	0	0	0	0	0	2
17:30-18:00	0	0	1	0	0	0	0	0	1
TOTAL	6	5	46	3	1	0	0	0	61
COMPOSICIÓN VEHICULAR	9,84%	8,20%	75,41%	4,92%	1,64%	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	0	0	1	0	0	0	0	0	1
7:30-8:00	0	1	6	0	0	0	0	0	7
8:00-8:30	0	0	5	0	2	0	0	0	7
8:30-9:00	0	0	1	0	0	0	0	0	1
9:00-9:30	0	0	3	0	0	0	0	0	3
9:30-10:00	0	0	3	0	0	0	0	0	3
10:00-10:30	0	0	4	0	0	0	0	0	4
10:30-11:00	0	0	4	1	0	0	0	0	5
11:00-11:30	0	0	4	0	0	0	0	0	4
11:30-12:00	0	1	2	0	0	0	0	0	3
12:00-12:30	0	0	5	0	0	0	0	0	5
12:30-13:00	0	0	7	0	1	0	0	0	8
13:00-13:30	0	0	7	0	0	0	0	0	7
13:30-14:00	0	1	7	1	0	0	0	0	9
14:00-14:30	0	1	5	0	0	0	0	0	6
14:30-15:00	0	0	2	0	0	0	0	0	2
15:00-15:30	1	0	3	0	0	0	0	0	4
15:30-16:00	2	0	3	0	0	0	0	0	5
16:00-16:30	1	0	4	2	0	0	0	0	7
16:30-17:00	0	0	6	0	0	0	0	0	6
17:00-17:30	0	0	3	0	0	0	0	0	3
17:30-18:00	0	0	1	0	0	0	0	0	1
TOTAL	4	4	86	4	3	0	0	0	101
COMPOSICION VEHICULAR	3,96%	3,96%	85,15%	3,96%	2,97%	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	3	1	0	0	0	0	4
7:30-8:00	0	0	5	1	0	0	0	0	6
8:00-8:30	0	0	6	0	0	0	0	0	6
8:30-9:00	0	0	2	0	0	0	0	0	2
9:00-9:30	2	0	1	0	0	0	0	0	3
9:30-10:00	0	0	3	0	0	0	0	0	3
10:00-10:30	0	0	4	0	0	0	0	0	4
10:30-11:00	0	0	6	0	0	0	0	0	6
11:00-11:30	0	2	7	0	0	0	0	0	9
11:30-12:00	1	0	1	0	2	0	0	0	4
12:00-12:30	1	0	1	0	0	0	0	0	2
12:30-13:00	0	0	2	0	0	0	0	0	2
13:00-13:30	0	0	2	0	0	0	0	0	2
13:30-14:00	0	0	3	0	0	0	0	0	3
14:00-14:30	0	0	6	0	0	0	0	0	6
14:30-15:00	0	0	7	0	0	0	0	0	7
15:00-15:30	0	0	1	1	0	0	0	0	2
15:30-16:00	0	0	2	0	0	0	0	0	2
16:00-16:30	0	0	3	0	0	0	0	0	3
16:30-17:00	2	2	1	2	0	0	0	0	7
17:00-17:30	0	1	2	0	0	0	0	0	3
17:30-18:00	0	0	2	0	0	0	0	0	2
TOTAL	6	5	70	5	2	0	0	0	88
COMPOSICION VEHICULAR	6,82%	5,68%	79,55%	5,68%	2,27%	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	1	1	0	0	0	0	2
7:30-8:00	0	0	1	1	0	0	0	0	2
8:00-8:30	0	0	2	0	0	0	0	0	2
8:30-9:00	0	0	1	0	0	0	0	0	1
9:00-9:30	2	0	3	0	0	0	0	0	5
9:30-10:00	0	0	4	0	0	0	0	0	4
10:00-10:30	0	0	2	0	0	0	0	0	2
10:30-11:00	0	0	2	0	0	0	0	0	2
11:00-11:30	0	2	6	0	0	0	0	0	8
11:30-12:00	1	0	3	0	2	0	0	0	6
12:00-12:30	2	0	2	0	0	0	0	0	4
12:30-13:00	2	0	3	0	0	0	0	0	5
13:00-13:30	1	0	5	0	0	0	0	0	6
13:30-14:00	2	0	3	0	0	0	0	0	5
14:00-14:30	1	0	5	0	0	0	0	0	6
14:30-15:00	0	0	4	0	0	0	0	0	4
15:00-15:30	0	0	2	1	0	0	0	0	3
15:30-16:00	0	0	1	0	0	0	0	0	1
16:00-16:30	0	0	6	0	0	0	0	0	6
16:30-17:00	2	2	1	2	0	0	0	0	7
17:00-17:30	0	1	3	0	0	0	0	0	4
17:30-18:00	0	0	2	0	0	0	0	0	2
TOTAL	13	5	62	5	2	0	0	0	87
COMPOSICION VEHICULAR	14,94%	5,75%	71,26%	5,75%	2,30%	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.

$$TPDC = \frac{9 + 11 + 12 + 12 * 4}{7} = 12\ vehículos\ comerciales$$

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	5	41,67%
C2P	5	41,67%
C2G	2	16,67%
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:

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

$$NESE80KNañobase = 365 * 12 * [0.4167 * 1 + 0.4167 * 1.01 + 0.1667 * 2.72] * 1$$

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	12,00
NESE80KNañobase	5654,00
NESEacumulado	154193
NESE 90	178676
NESEdiseño	266585

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: **266585**

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

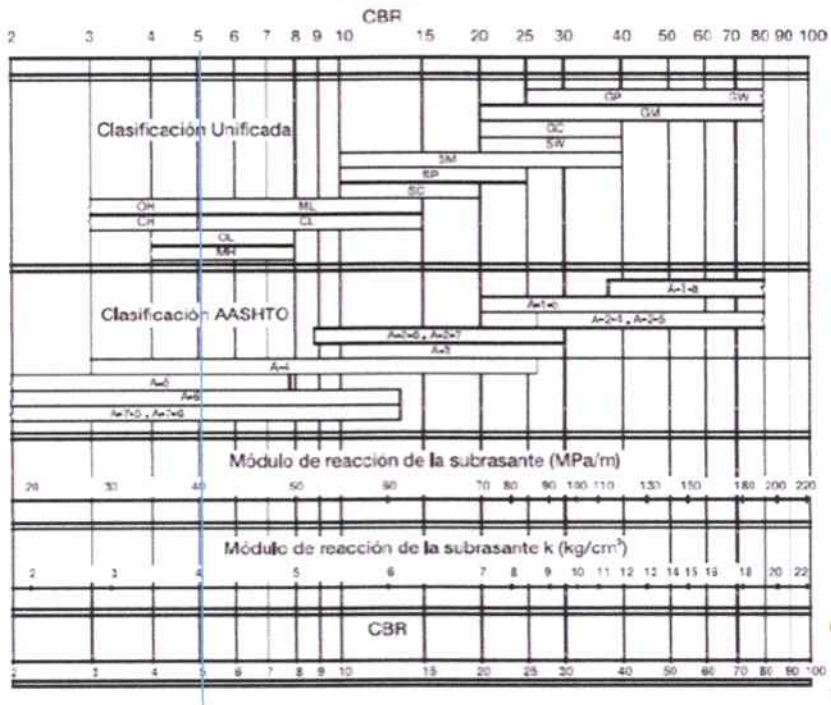
k. Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi): **4536510,74 psi**

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

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

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

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (5.18%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **40.05Mpa/m – 146.18 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:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 5.18 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{40.05} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

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:

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

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 5.18\% = 518 \frac{kg}{cm^2} = 7367\ psi$$

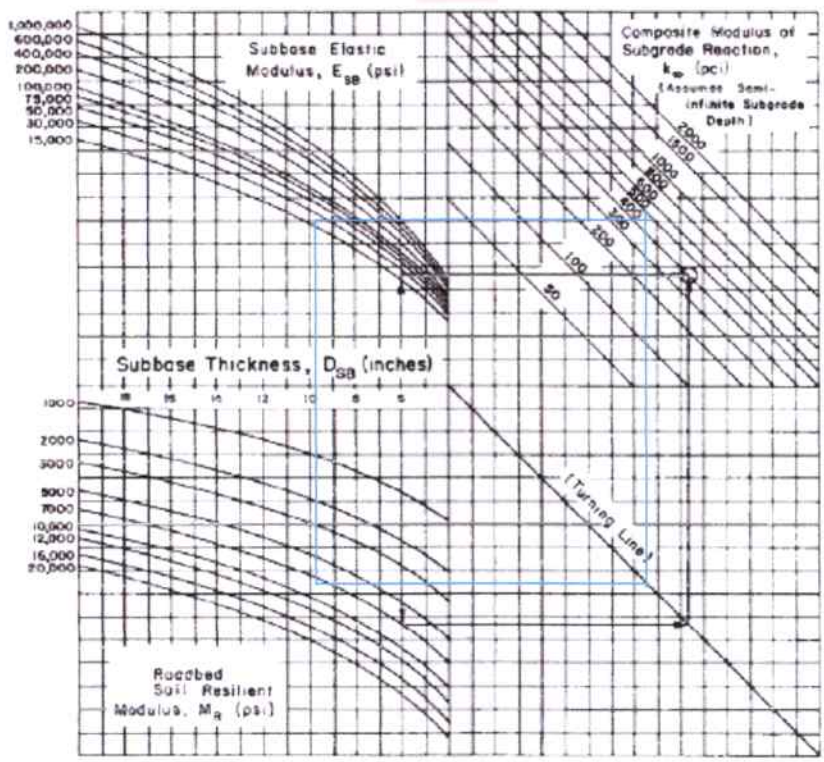
INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

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 (5.18%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **40.05Mpa/m – 146.18 pci**

La sub-base granular tendrá 250 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 (7367 psi)

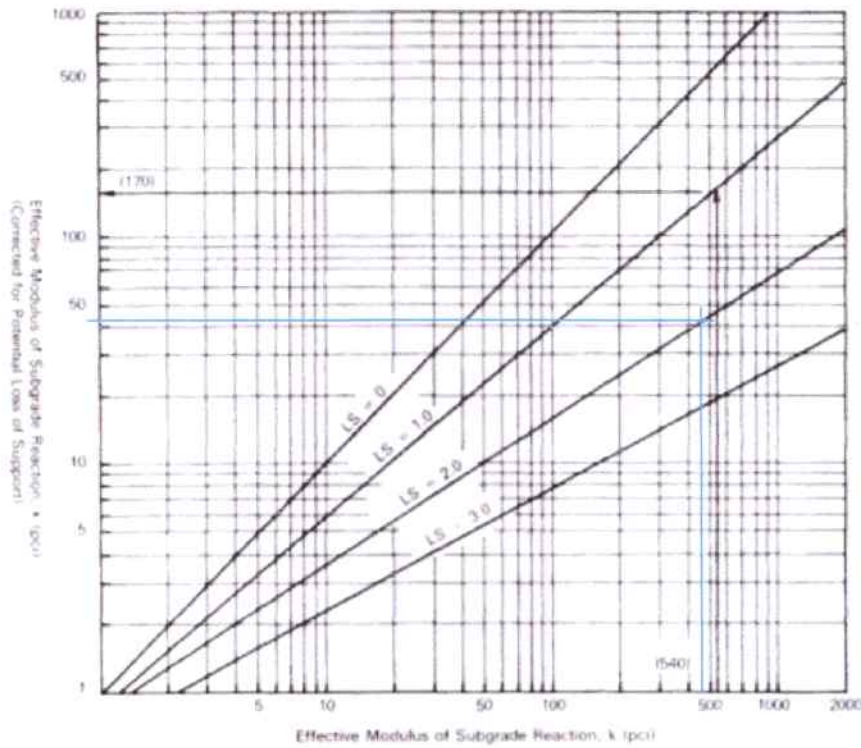


Gráfica 5. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

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 **480 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 **43 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	266585	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)	146,18	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)	43	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(266585) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{(4.5-1.5)}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510}{43}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 6,11" =15,52cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 6.11", equivalentes a 15,52cm, 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=5.18%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 5.18 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{40.05}\ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

- 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 vias 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

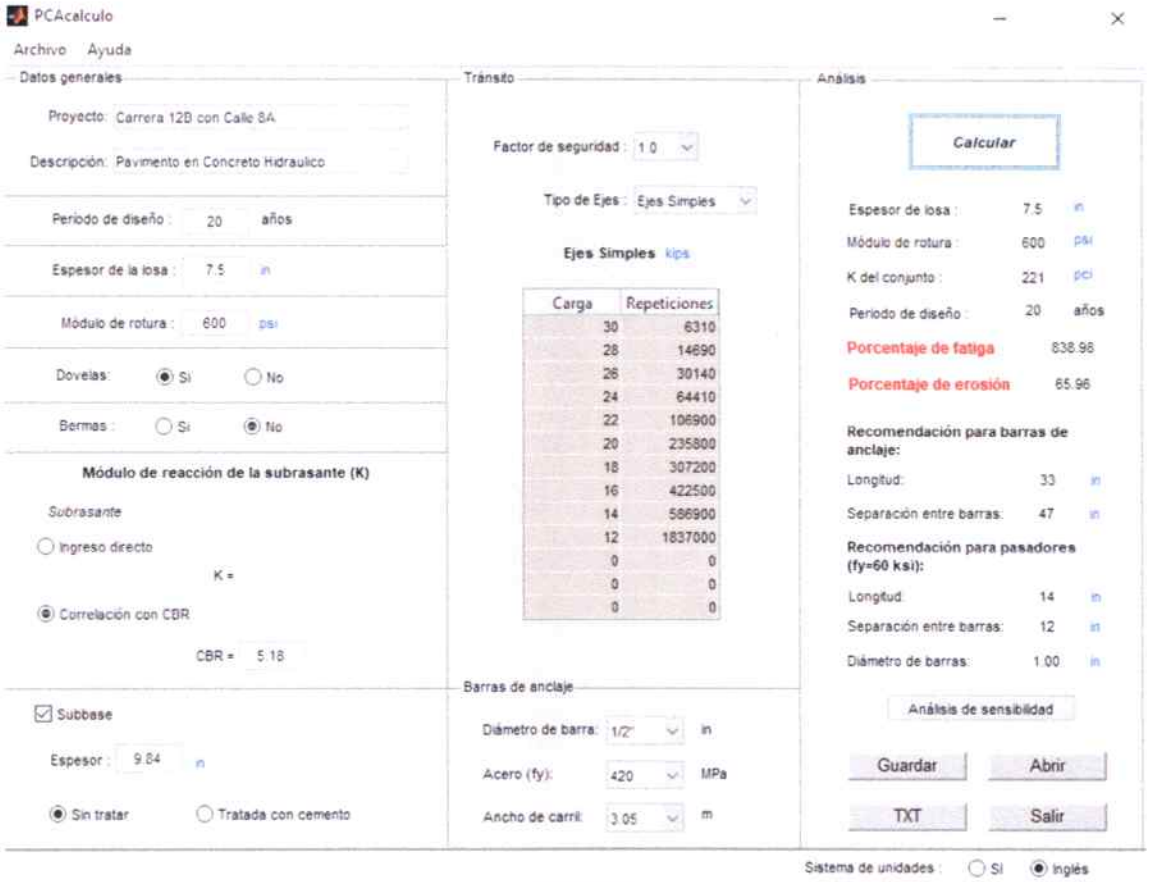


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DE LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO.

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.
- 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		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,80	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		1,00	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 – 240	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 290	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 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.

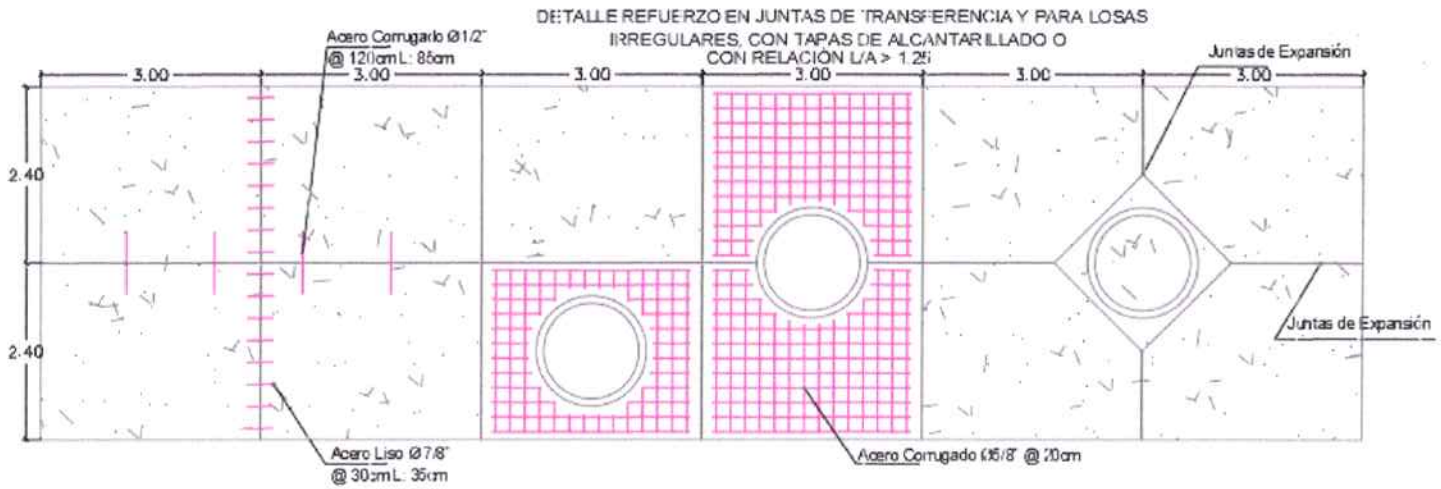


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





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 4.80 m, se realizarán carriles de 2.40 m y el largo de las losas de 3.00 m.

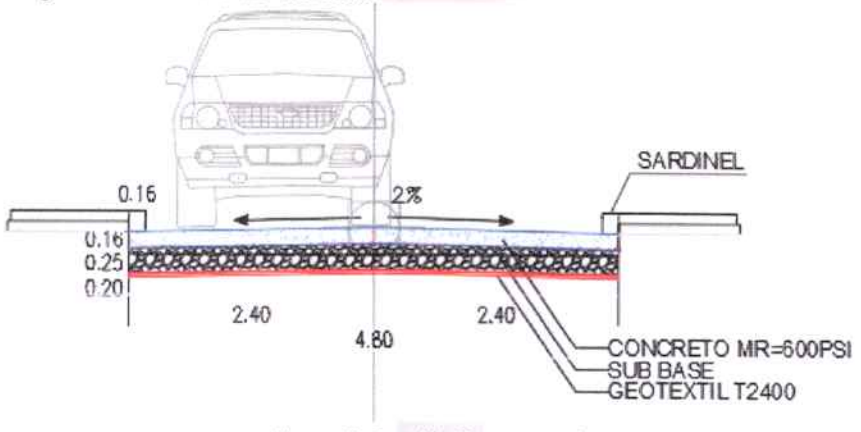


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

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

CARRERA 18A ENTRE CARRERAS 13 Y 15 - B. POPULAR

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 Calle 18ª entre Carreras 13 y 15 – Barrio Popular.



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 18ª entre Carreras 13 y 15, 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 13 y 15 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 132.00 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 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 13 y 15.
Actualmente el tramo objeto del diseño se encuentra catalogado como vía Local, según el PBOT del Municipio, la capa de rodadura es de tipo concreto hidráulico 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 132.00 m, con superficie de rodadura en concreto hidráulico en malas condiciones.

Calle 18ª entre Carreras 13 y 15– B/ Popular



Figura 1. Localización de Zona Por 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 efectuaron dos (2) 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.

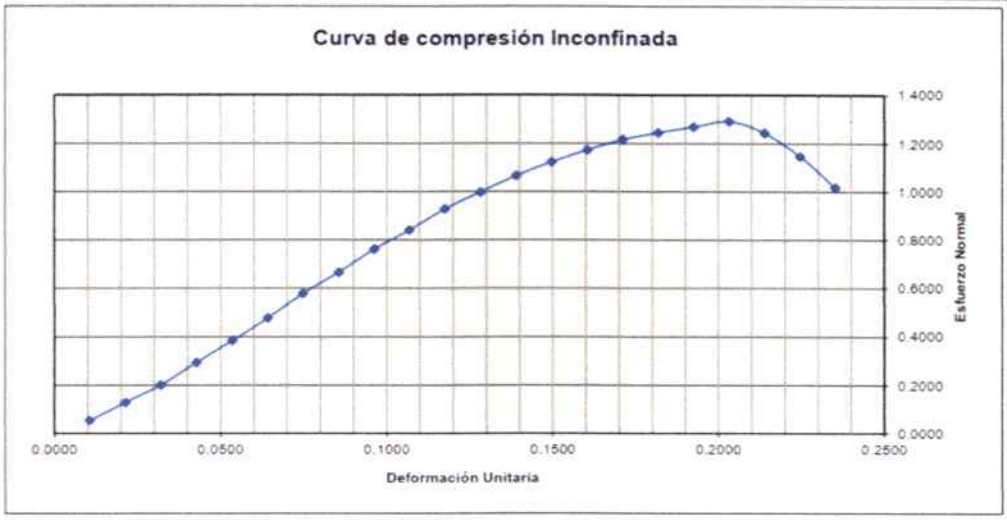
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S46 Calle 18A entre Carreras 13 y 15	0.00 0.05 0.25	0.05 0.25 1.00	Placa Afirmado Arenoso, [25YR 4/4]
S47 Calle 18A entre Carreras 13 y 15	0.00 0.05	0.05 1.00	Placa Lleno, [25YR 4/4]

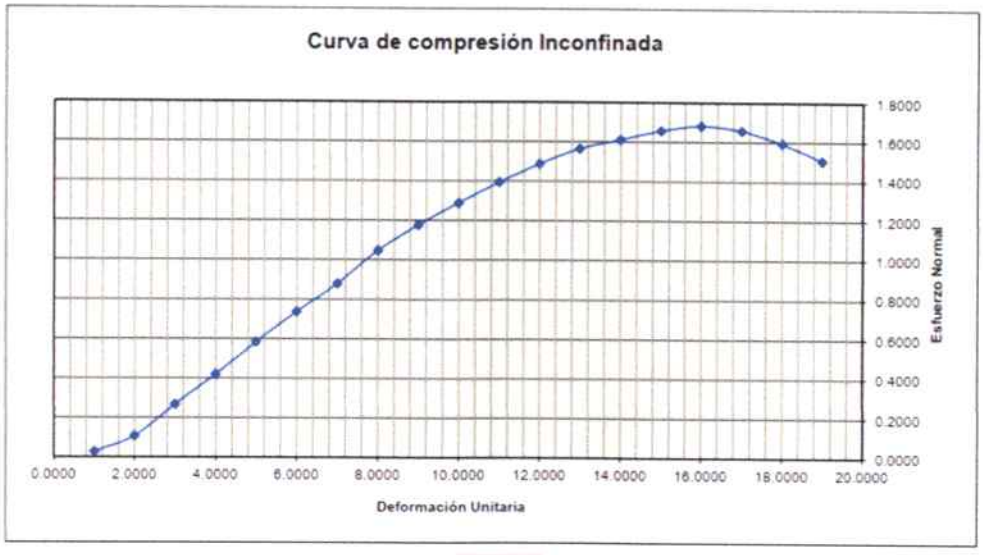
Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S46	Calle 18A entre Carreras 13 y 15	1.00	1.2915	2.065	1.671	20,32%
S47	Calle 18A entre Carreras 13 y 15	1.00	1.6817	1.966	1.728	8.54%



Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada S46
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

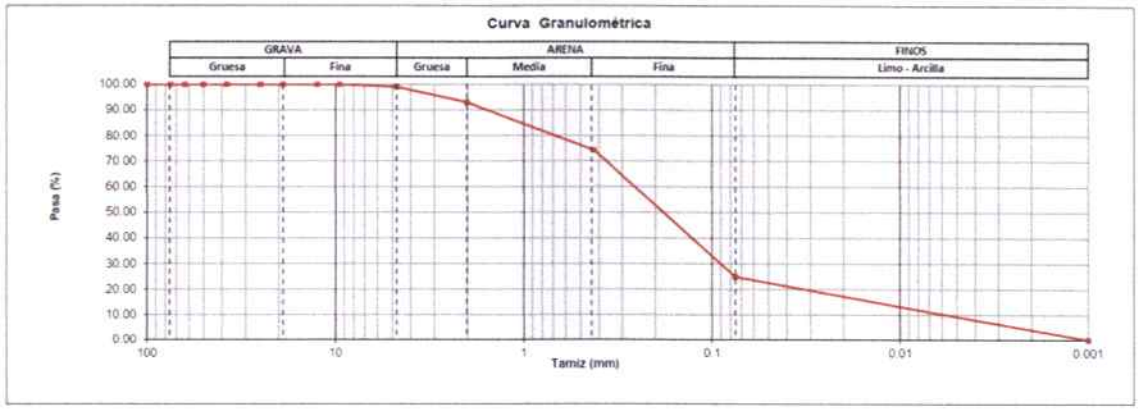
INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 2. Curva de Compresión Inconfinada S47
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

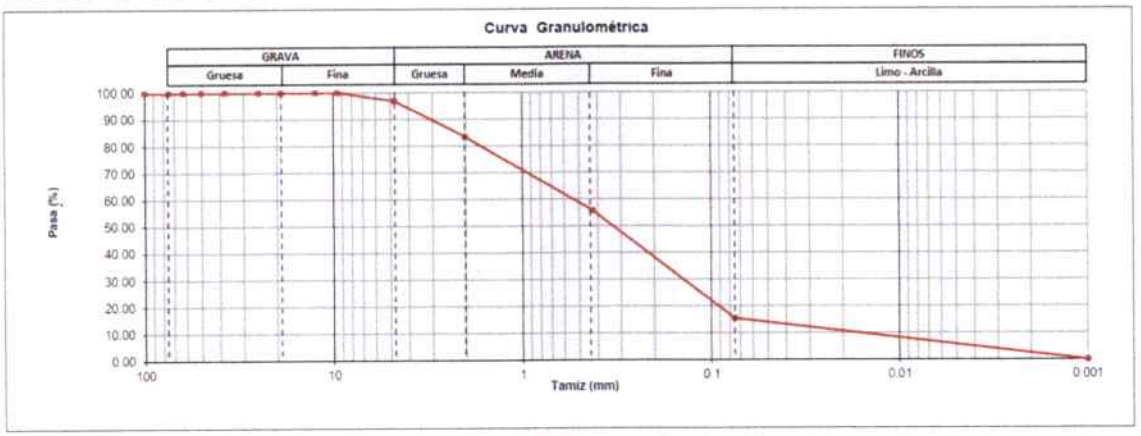
Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S46	Calle 18A entre Carreras 13 y 15	31.03	17.98	13.05	0.97	74.10	24.92	SC
S47	Calle 18A entre Carreras 13 y 15	21.96	15.73	6.22	3.16	81.41	15.43	SC – SM



Gráfica 3. Curva Granulométrica S46
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

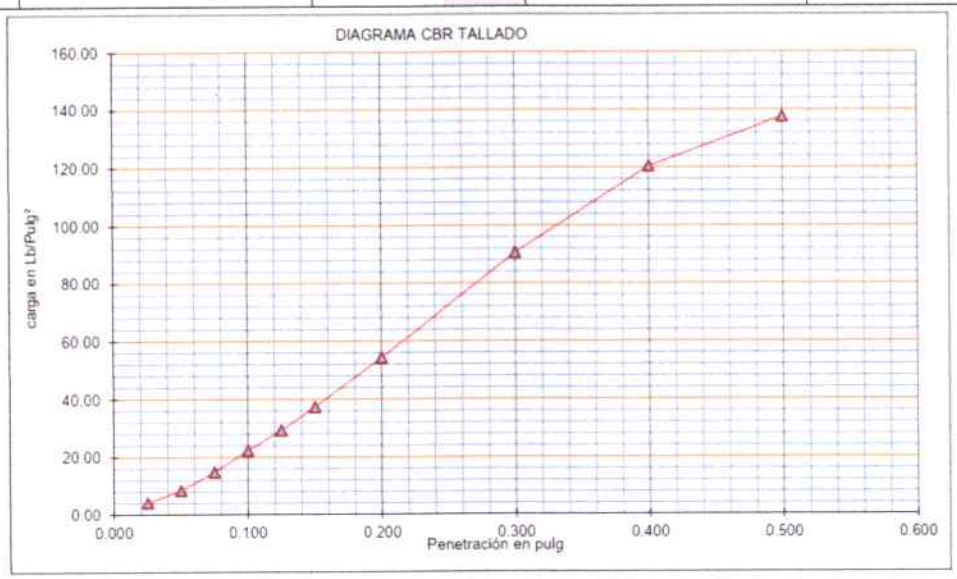
INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 4. Curva Granulométrica S47
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

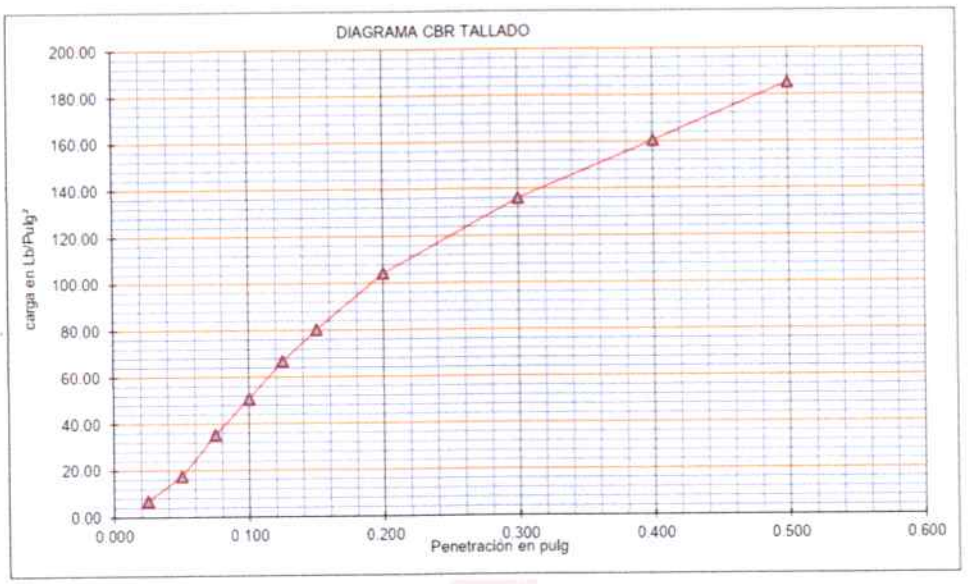
Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S46	Calle 18A entre Carreras 13 y 15	0.30	2.23%	3.62%
S47	Calle 18A entre Carreras 13 y 15	0.50	5.07%	6.95%



Gráfica 5. Diagrama de CBR S46
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 6. Diagrama de CBR S47
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	

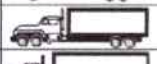
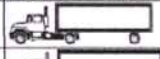
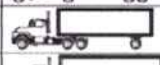
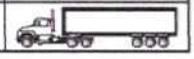
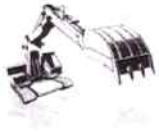
TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C3 Y C4	CAMION C3	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
- C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

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	7	0	42	0	0	0	0	0	49
7:30-8:00	8	0	39	0	0	0	0	0	47
8:00-8:30	13	1	38	0	0	0	0	0	52
8:30-9:00	19	1	36	1	0	0	0	0	57
9:00-9:30	18	0	41	1	1	0	0	0	61
9:30-10:00	7	0	45	1	1	0	0	0	54
10:00-10:30	12	0	49	0	0	0	0	0	61
10:30-11:00	14	0	51	0	0	2	0	0	67
11:00-11:30	18	0	53	1	0	0	0	0	72
11:30-12:00	21	0	55	2	0	0	0	0	78
12:00-12:30	22	0	62	2	0	0	0	0	86
12:30-13:00	19	0	71	3	0	0	0	0	93
13:00-13:30	17	0	69	0	0	0	0	0	86
13:30-14:00	14	0	55	0	1	0	0	0	70
14:00-14:30	13	0	47	0	1	0	0	0	61
14:30-15:00	9	0	44	0	1	1	0	0	55
15:00-15:30	8	1	41	0	0	0	0	0	50
15:30-16:00	6	1	39	1	0	0	0	0	47
16:00-16:30	9	0	35	2	0	0	0	0	46
16:30-17:00	12	0	33	2	0	0	0	0	47
17:00-17:30	9	0	39	0	0	0	0	0	48
17:30-18:00	7	1	41	0	0	0	0	0	49
TOTAL	282	5	1025	16	5	3	0	0	1336
COMPOSICION VEHICULAR	21,11%	0,37%	76,72%	1,20%	0,37%	0,22%	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	37	0	0	0	0	0	45
8:00-8:30	10	0	38	0	0	0	0	0	48
8:30-9:00	8	0	41	0	0	0	0	0	49
9:00-9:30	7	1	46	0	0	0	0	0	54
9:30-10:00	12	1	53	0	0	0	0	0	66
10:00-10:30	7	0	58	0	0	0	0	0	65
10:30-11:00	8	0	54	0	1	0	0	0	63
11:00-11:30	11	0	63	1	1	0	0	0	76
11:30-12:00	14	0	71	1	0	0	0	0	86
12:00-12:30	18	0	78	1	0	0	0	0	97
12:30-13:00	21	0	82	1	0	0	0	0	104
13:00-13:30	24	0	62	0	0	0	0	0	86
13:30-14:00	27	0	43	0	0	0	0	0	70
14:00-14:30	32	0	56	0	0	0	0	0	88
14:30-15:00	28	0	61	0	0	0	0	0	89
15:00-15:30	25	0	75	0	1	0	0	0	101
15:30-16:00	22	1	77	0	2	0	0	0	102
16:00-16:30	18	0	68	2	1	0	0	0	89
16:30-17:00	16	1	83	1	0	0	0	0	101
17:00-17:30	14	0	46	0	0	0	0	0	60
17:30-18:00	9	0	45	0	0	0	0	0	54
TOTAL	345	4	1279	7	6	0	0	0	1641
COMPOSICION VEHICULAR	21,02%	0,24%	77,94%	0,43%	0,37%	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	8	0	36	1	1	0	0	0	46
7:30-8:00	7	1	30	1	0	0	0	0	39
8:00-8:30	7	0	43	1	1	0	0	0	52
8:30-9:00	7	0	72	1	0	0	0	0	80
9:00-9:30	10	0	49	3	0	0	0	0	62
9:30-10:00	8	0	64	3	0	0	0	0	75
10:00-10:30	8	0	68	3	0	1	0	0	80
10:30-11:00	6	0	52	0	0	0	0	0	58
11:00-11:30	10	1	56	2	0	0	0	0	69
11:30-12:00	13	1	70	1	0	0	0	0	85
12:00-12:30	12	0	65	0	1	0	0	0	78
12:30-13:00	9	0	55	0	0	0	0	0	64
13:00-13:30	5	0	52	1	0	0	0	0	58
13:30-14:00	7	0	35	0	0	0	0	0	42
14:00-14:30	7	0	70	1	0	0	0	0	78
14:30-15:00	8	0	50	1	0	0	0	0	59
15:00-15:30	5	0	80	1	0	0	0	0	86
15:30-16:00	13	0	80	4	0	0	0	0	97
16:00-16:30	11	0	73	0	1	0	0	0	85
16:30-17:00	13	0	90	2	0	0	0	0	105
17:00-17:30	25	0	41	3	0	0	0	0	69
17:30-18:00	3	0	42	0	0	0	0	0	45
TOTAL	202	3	1273	29	4	1	0	0	1512
COMPOSICION VEHICULAR	13,36%	0,20%	84,19%	1,92%	0,26%	0,07%	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	9	0	61	1	1	0	0	0	72
7:30-8:00	11	1	65	1	0	0	0	0	78
8:00-8:30	9	0	52	1	1	0	0	0	63
8:30-9:00	10	0	50	1	0	0	0	0	61
9:00-9:30	15	0	45	3	0	0	0	0	63
9:30-10:00	8	0	77	3	0	0	0	0	88
10:00-10:30	5	0	70	3	0	1	0	0	79
10:30-11:00	6	0	38	0	0	0	0	0	44
11:00-11:30	7	1	41	2	0	0	0	0	51
11:30-12:00	2	1	49	1	0	0	0	0	53
12:00-12:30	8	0	78	0	1	0	0	0	87
12:30-13:00	10	0	54	0	0	0	0	0	64
13:00-13:30	9	0	48	1	0	0	0	0	58
13:30-14:00	15	0	45	0	0	0	0	0	60
14:00-14:30	11	0	40	1	0	0	0	0	52
14:30-15:00	9	0	64	1	0	0	0	0	74
15:00-15:30	8	0	54	1	0	0	0	0	63
15:30-16:00	2	0	65	4	0	0	0	0	71
16:00-16:30	5	0	60	0	1	0	0	0	66
16:30-17:00	7	0	58	2	0	0	0	0	67
17:00-17:30	9	0	48	3	0	0	0	0	60
17:30-18:00	11	0	73	0	0	0	0	0	84
TOTAL	186	3	1235	29	4	1	0	0	1458
COMPOSICION VEHICULAR	12,76%	0,21%	84,71%	1,99%	0,27%	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

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.

$$TPDC = \frac{29 + 17 + 37 + 37 * 4}{7} = 33\ vehículos\ comerciales$$

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	4	11,43%
C2P	24	68,57%
C2G	5	14,29%
C3-4	2	5,71%
C5	0	0,00%
>C6	0	0,00%

Fuente: Propia.

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

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

$$NESE80KNañobase = 365 * 33 * [0.1143 * 1 + 0.6857 * 1.01 + 0.1429 * 2.72 + 0.0571 * 3.72] * 1$$

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	33,00
NESE80KNañobase	16960,00
NESEacumulado	462524
NESE 90	535963
NESEdiseño	799657

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: **799657**

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**

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

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

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.Cd: Coeficiente de drenaje.

i. 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

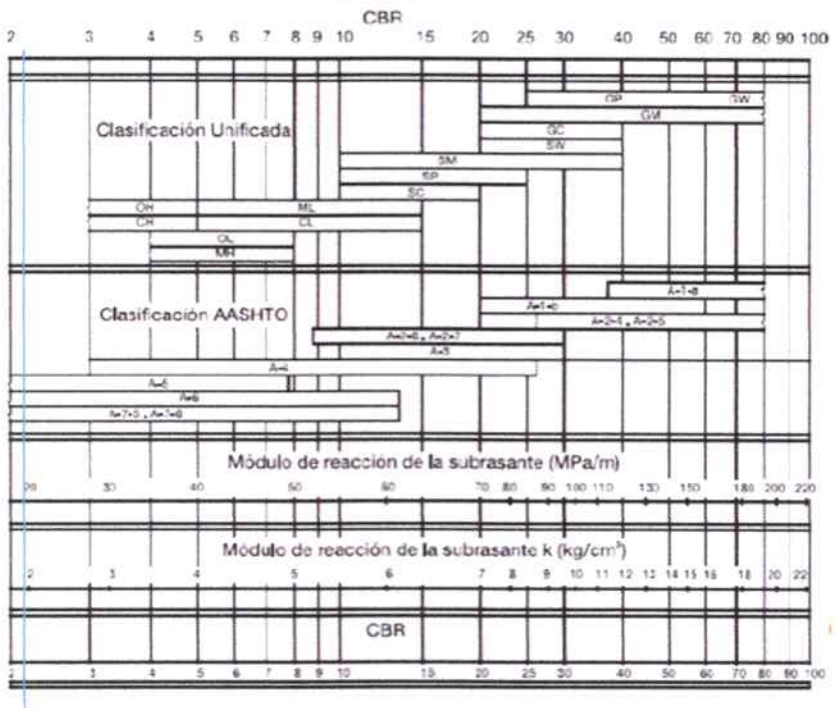
k. Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi): **4536510.74 psi**

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

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

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

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (2.23%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **20,84Mpa/m – 76.07 pci**



Gráfica 7. 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:

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

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

Por lo cual al aplicar la función resulta:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 2.23 = \mathbf{20,84} \; {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

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:

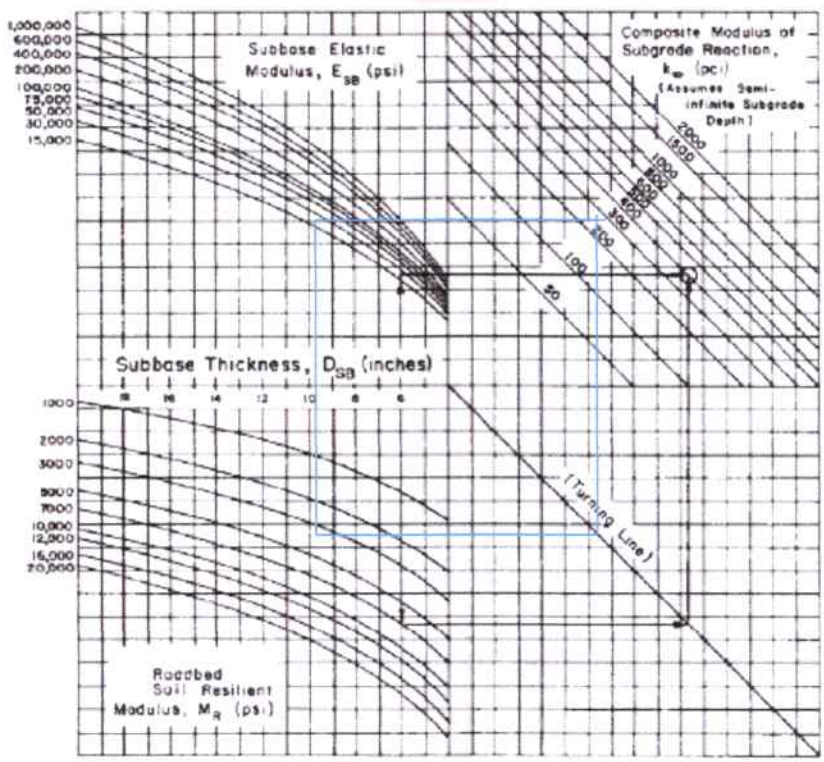
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 2.23\% = 223 \frac{kg}{cm^2} = 3172\ psi$$

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 (2.23%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **20,84Mpa/m – 76.07 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 (3172 psi)

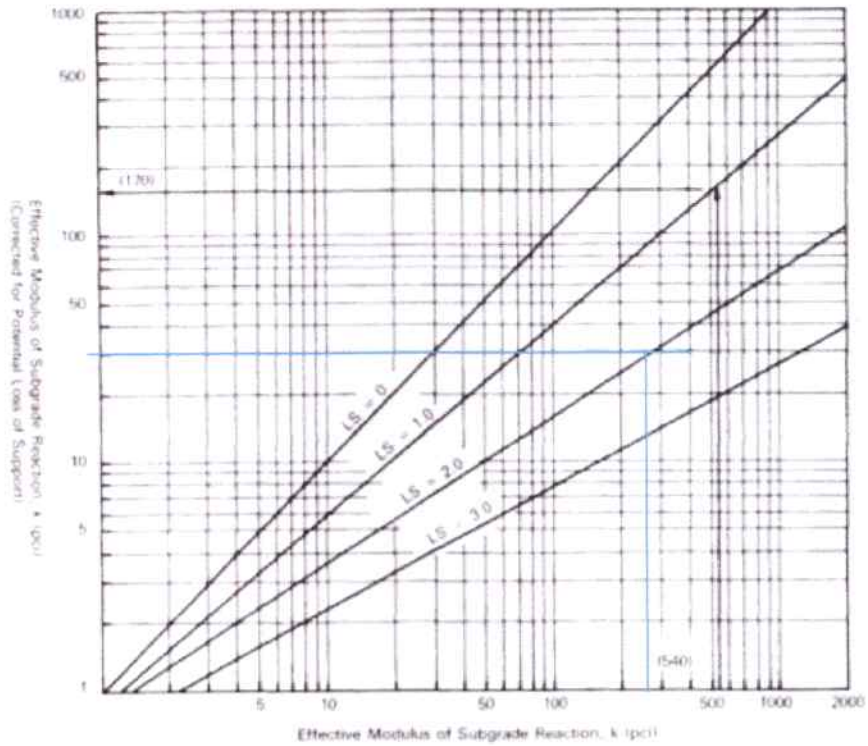


Gráfica 8. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

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 **260 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 **30.0 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	799657	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)	76,07	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)	30	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(799657) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510.74}{30}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 7,54" = 19,15cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 7.54", equivalentes a 19,15cm, sin embargo por practicidad en obra, se recomienda el uso de un espesor de 200 mm.





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=2,23%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 2.23 = \mathbf{20,84}\ {}^{Mpa}/_{m}$$

- Material de Sub base, correspondiente a material granular sin tratar, con espesor propuesto: 25mm o 9.84"
- Factor de Seguridad: se recomienda para carreteras y vías arterias urbanas en las que se espere un volumen de transito moderado de vehículos pesados, aplicar un **FS= 1.10**
- 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

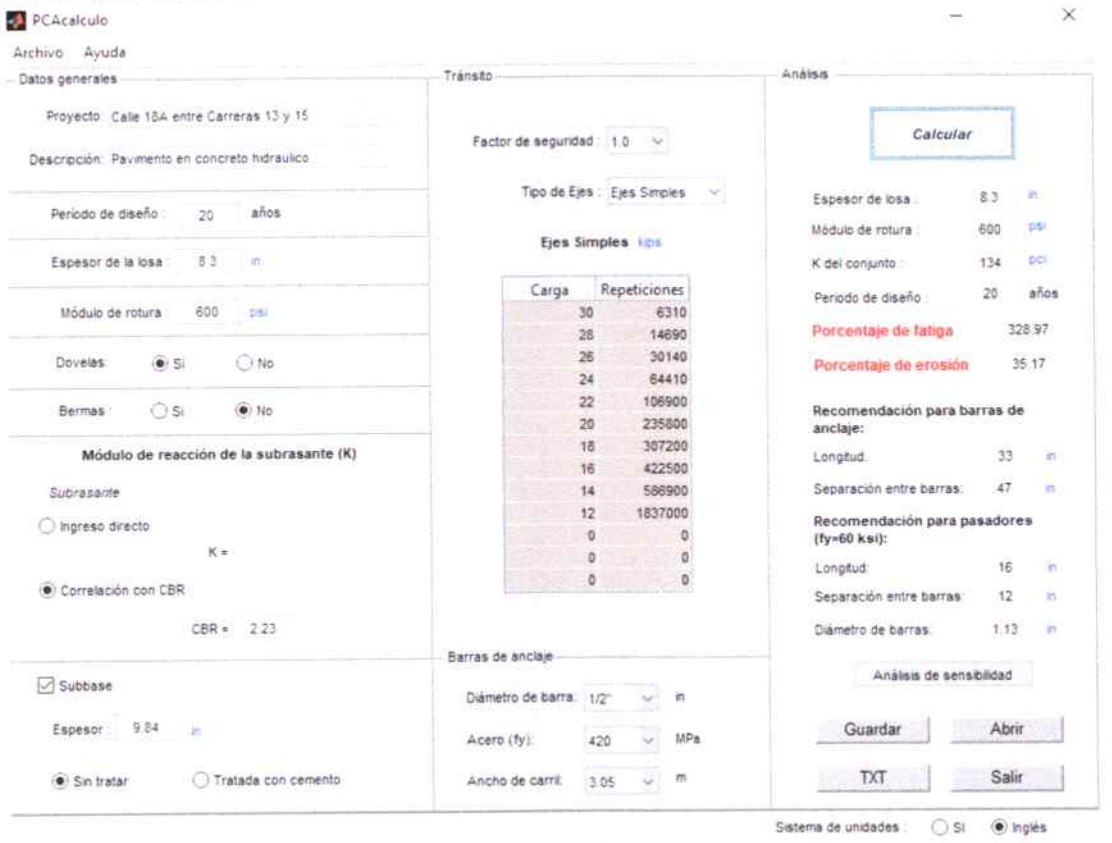


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO – CALLE 18ª ENTRE CARRERAS 13 Y 15, BARRIO POPULAR

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
- Realizar la reposición de 200mm del terreno existente por afirmado, de acuerdo a recomendaciones del profesional 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	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,65	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		0,85	0,80	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	1,15
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		1,00	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 600 PSI: 190 mm de espesor
- Sub-base: 250 mm de espesor
- Geotextil T2400
- Reposición en afirmado con espesor de 200 mm
- 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.

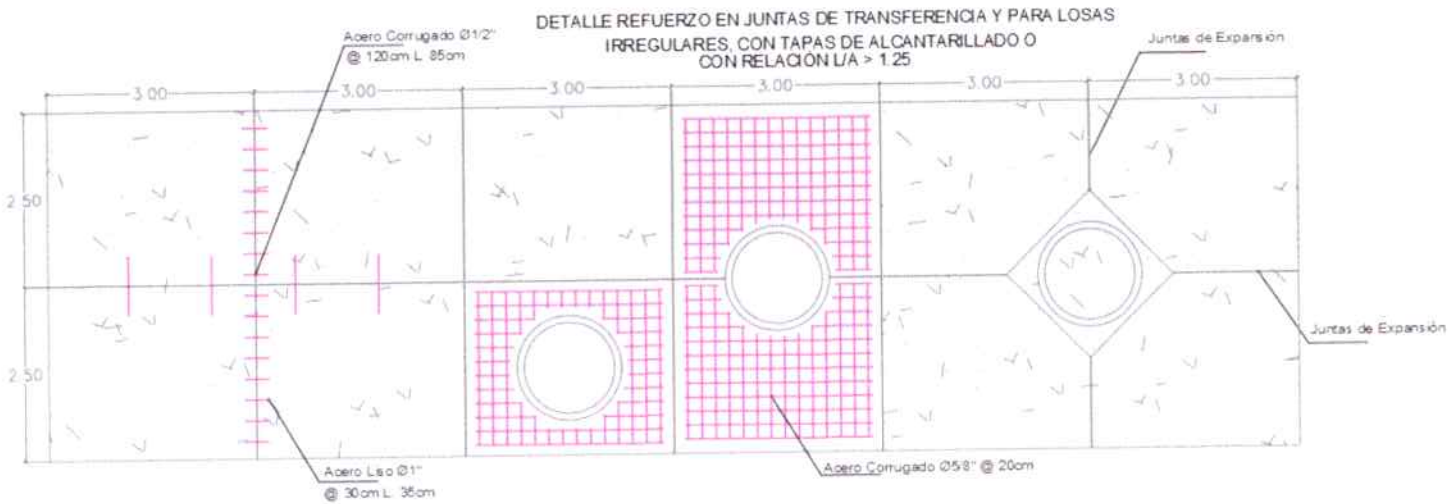


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





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.

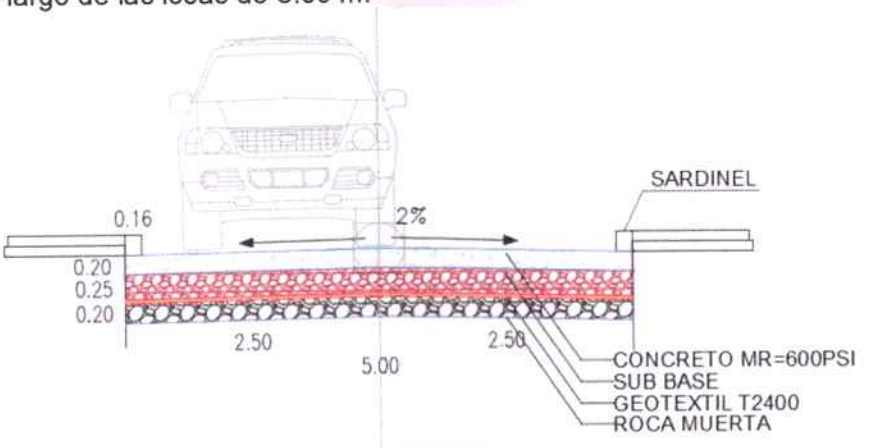


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

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:

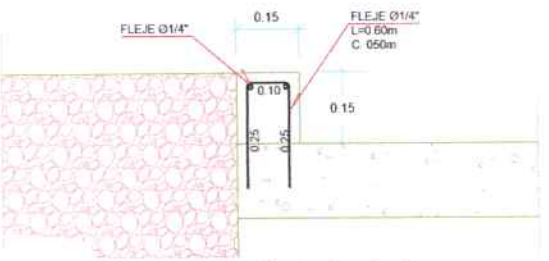


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia





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

CARRERA 11, VILLA DEL SOCORRO - B. LAS BRISAS

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 Carrera 11, Villa del Socorro – Barrio Las Brisas.



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 11, Villa del Socorro, del barrio Las Brisas 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 11, Villa del Socorro del barrio Las Brisas, 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 202.00 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 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 Las Brisas, con nomenclatura Carrera 11, Villa del Socorro.
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 4.80 m, longitud de 202.00 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

Carrera 11, Villa del Socorro– B/ Las Brisas

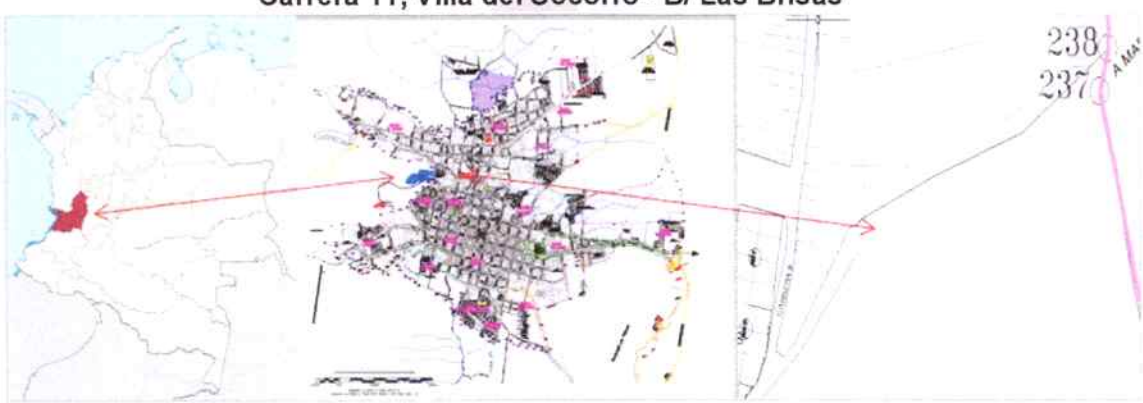


Figura 1. Localización de Zona Por Intervenir.
Fuente: Mapa 58 - PBOT La Unión Valle.

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 0.30 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.

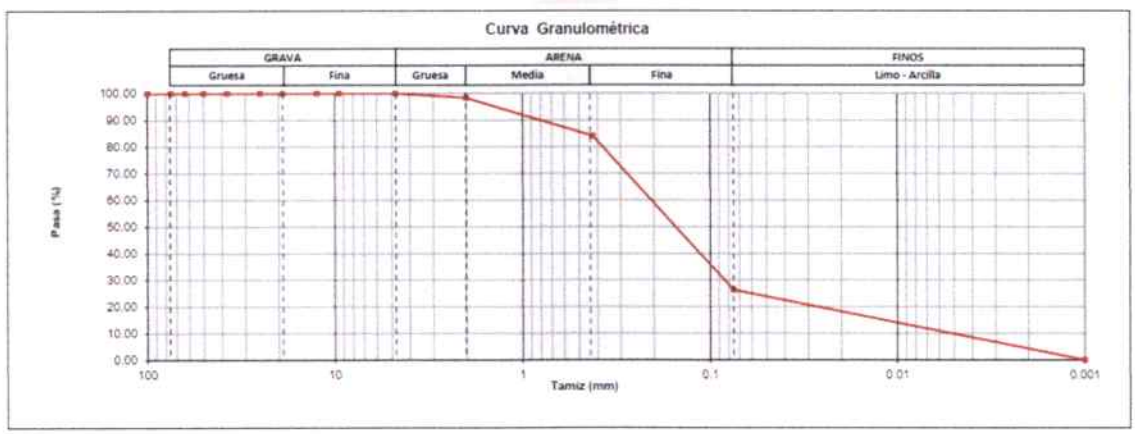
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S54 Carrera 11, Villa del Socorro	0.00	0.30 0.30	Arcillo - arenoso, [10YR 8/2] Rechazo

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S54	Carrera 11, Villa del Socorro	25.65	20.69	4.94	0.00	73.75	26.25	SC – SM

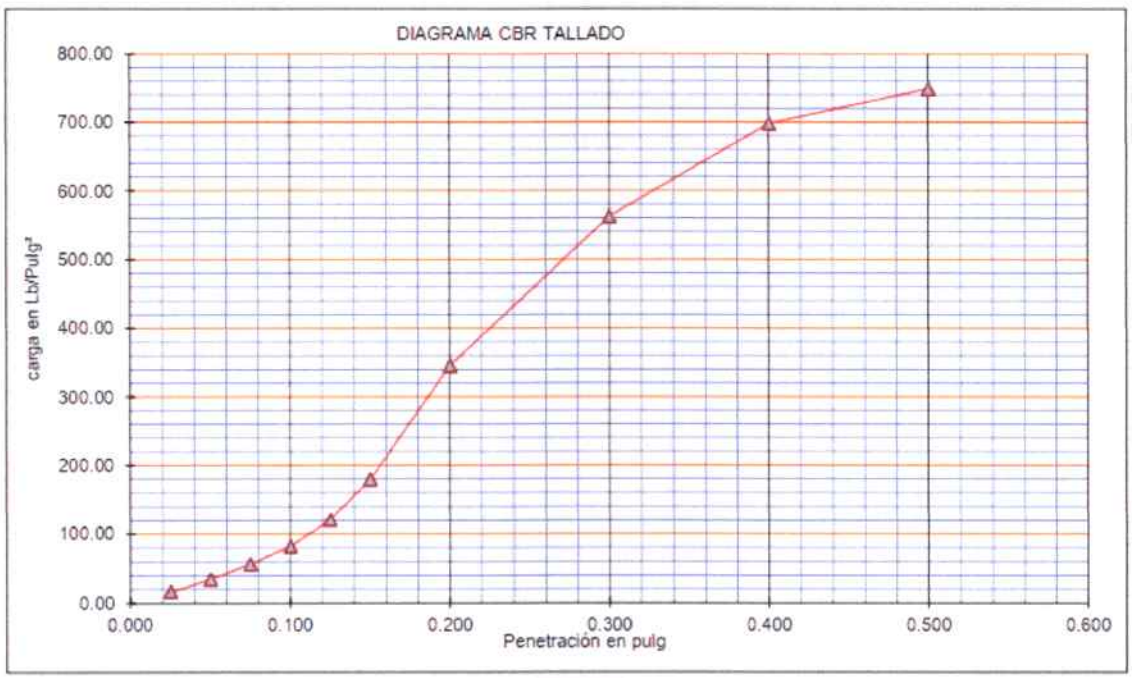


Gráfica 1. Curva Granulométrica
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S54	Carrera 11, Villa del Socorro	0.10	8.18%	23.04%



Gráfica 2. Diagrama de CBR
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

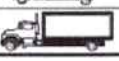
4.1. ANÁLISIS DE TRÁNSITO.

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	

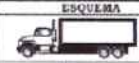
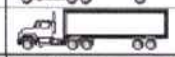
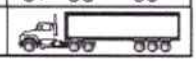
TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C3 Y C4	CAMION C2	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
> C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

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	0	0	16	0	1	0	0	0	17
7:30-8:00	2	0	16	0	0	0	0	0	18
8:00-8:30	0	0	21	0	0	0	0	0	21
8:30-9:00	0	0	14	0	0	0	0	0	14
9:00-9:30	1	0	26	0	0	0	0	0	27
9:30-10:00	0	0	14	0	0	0	0	0	14
10:00-10:30	1	0	15	2	0	0	0	0	18
10:30-11:00	4	0	7	0	0	0	0	0	11
11:00-11:30	1	0	17	0	1	0	0	0	19
11:30-12:00	3	0	18	1	0	1	0	0	23
12:00-12:30	1	0	30	0	0	0	0	0	31
12:30-13:00	1	0	17	0	0	0	0	0	18
13:00-13:30	2	0	20	0	0	0	0	0	22
13:30-14:00	1	0	12	0	0	0	0	0	13
14:00-14:30	0	0	7	0	0	0	0	0	7
14:30-15:00	2	0	20	0	0	0	0	0	22
15:00-15:30	2	0	12	0	0	0	0	0	14
15:30-16:00	4	0	17	2	0	0	0	0	23
16:00-16:30	5	0	9	0	0	0	0	0	14
16:30-17:00	3	0	15	0	0	0	0	0	18
17:00-17:30	0	0	14	0	0	0	0	0	14
17:30-18:00	2	0	12	1	0	0	0	0	15
TOTAL	35	0	349	6	2	1	0	0	393
COMPOSICION VEHICULAR	8,91%	0,00%	88,80%	1,53%	0,51%	0,25%	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	15	0	0	0	0	0	16
7:30-8:00	1	0	19	0	0	0	0	0	20
8:00-8:30	1	0	21	1	0	0	0	0	23
8:30-9:00	2	0	23	1	0	0	0	0	26
9:00-9:30	1	0	26	0	0	1	0	0	28
9:30-10:00	1	0	24	0	0	0	0	0	25
10:00-10:30	3	0	19	0	0	0	0	0	22
10:30-11:00	2	0	16	0	0	0	0	0	18
11:00-11:30	4	0	12	0	1	0	0	0	17
11:30-12:00	2	0	16	0	0	0	0	0	18
12:00-12:30	1	0	19	0	0	0	0	0	20
12:30-13:00	1	0	21	0	0	0	0	0	22
13:00-13:30	2	0	14	0	0	0	0	0	16
13:30-14:00	3	0	18	0	0	0	0	0	21
14:00-14:30	1	0	19	0	0	0	0	0	20
14:30-15:00	1	0	21	0	1	0	0	0	23
15:00-15:30	1	0	23	0	0	0	0	0	24
15:30-16:00	2	0	25	0	0	1	0	0	28
16:00-16:30	3	0	29	0	0	0	0	0	32
16:30-17:00	3	0	31	2	0	0	0	0	36
17:00-17:30	2	0	32	0	0	0	0	0	34
17:30-18:00	1	0	28	0	0	0	0	0	29
TOTAL	39	0	471	4	2	2	0	0	518
COMPOSICION VEHICULAR	7,53%	0,00%	90,93%	0,77%	0,39%	0,39%	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	16	0	0	0	0	0	16
7:30-8:00	0	0	21	0	0	0	0	0	21
8:00-8:30	1	0	25	0	1	0	0	0	27
8:30-9:00	2	0	29	0	1	0	0	0	32
9:00-9:30	1	0	25	0	0	0	0	0	26
9:30-10:00	1	0	19	0	0	0	0	0	20
10:00-10:30	3	0	17	0	0	0	0	0	20
10:30-11:00	2	0	14	0	0	0	0	0	16
11:00-11:30	1	0	15	1	0	2	0	0	19
11:30-12:00	0	0	12	0	0	0	0	0	12
12:00-12:30	0	0	15	0	0	0	0	0	15
12:30-13:00	1	0	18	0	0	0	0	0	19
13:00-13:30	1	0	21	0	0	0	0	0	22
13:30-14:00	2	0	23	0	0	0	0	0	25
14:00-14:30	0	0	25	1	0	0	0	0	26
14:30-15:00	0	0	28	1	0	1	0	0	30
15:00-15:30	1	0	22	0	0	0	0	0	23
15:30-16:00	2	0	19	0	0	0	0	0	21
16:00-16:30	2	0	17	0	0	0	0	0	19
16:30-17:00	3	0	15	0	0	0	0	0	18
17:00-17:30	2	0	13	0	0	0	0	0	15
17:30-18:00	1	0	11	0	0	0	0	0	12
TOTAL	26	0	420	3	2	3	0	0	454
COMPOSICION VEHICULAR	5,73%	0,00%	92,51%	0,66%	0,44%	0,66%	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	10	0	0	0	0	0	10
7:30-8:00	0	0	18	0	0	0	0	0	18
8:00-8:30	1	0	11	0	1	0	0	0	13
8:30-9:00	2	0	27	0	1	0	0	0	30
9:00-9:30	1	0	15	0	0	0	0	0	16
9:30-10:00	1	0	29	0	0	0	0	0	30
10:00-10:30	3	0	23	0	0	0	0	0	26
10:30-11:00	2	0	25	0	0	0	0	0	27
11:00-11:30	1	0	14	1	0	2	0	0	18
11:30-12:00	0	0	19	0	0	0	0	0	19
12:00-12:30	0	0	22	0	0	0	0	0	22
12:30-13:00	1	0	17	0	0	0	0	0	18
13:00-13:30	1	0	18	0	0	0	0	0	19
13:30-14:00	1	0	13	0	0	0	0	0	14
14:00-14:30	2	0	12	1	0	0	0	0	15
14:30-15:00	1	0	16	1	0	1	0	0	19
15:00-15:30	2	0	28	0	0	0	0	0	30
15:30-16:00	3	0	24	0	0	0	0	0	27
16:00-16:30	2	0	19	0	0	0	0	0	21
16:30-17:00	1	0	23	0	0	0	0	0	24
17:00-17:30	2	0	19	0	0	0	0	0	21
17:30-18:00	3	0	12	0	0	0	0	0	15
TOTAL	30	0	414	3	2	3	0	0	452
COMPOSICION VEHICULAR	6,64%	0,00%	91,59%	0,66%	0,44%	0,66%	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.

$$TPDC = \frac{9 + 8 + 8 + 8 * 4}{7} = 9\ vehículos\ comerciales$$

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	0	0,00%
C2P	4	44,44%
C2G	2	22,22%
C3-4	3	33,33%
C5	0	0,00%
>C6	0	0,00%

Fuente: Propia.

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

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

$$NESE80KNañobase = 365 * 9 * [0.4444 * 1.01 + 0.22222 * 2.72 + 0.3333 * 3.72] * 1$$

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	9,00
NESE80KNañobase	7534,00
NESEacumulado	205464
NESE 90	238088
NESEdiseño	355228

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.

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

En donde:

a. W18: Número de ejes sencillos de 18 Kips (80KN) a lo largo del periodo de diseño: **355228**

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**

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

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

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 dia
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

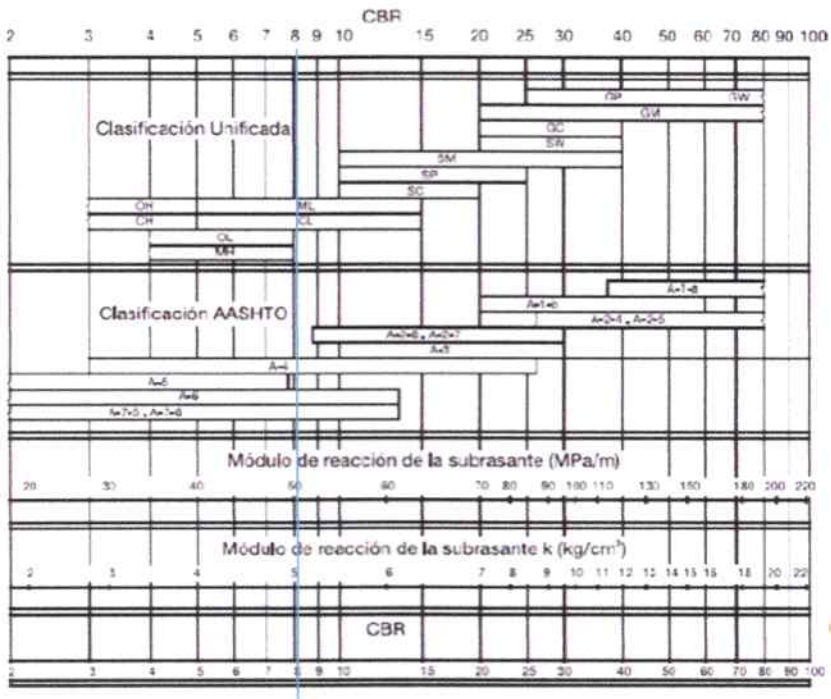
Se define que el coeficiente de drenaje (Cd) de la estructura será de **1.0**, siendo este un valor conservador.

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**

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

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (8.18%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **50.46Mpa/m – 184.18 pci**



Gráfica 3. 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:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 8.18 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{50.46} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

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:

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

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 8.18\% = 818 \frac{kg}{cm^2} = 11634\ psi$$

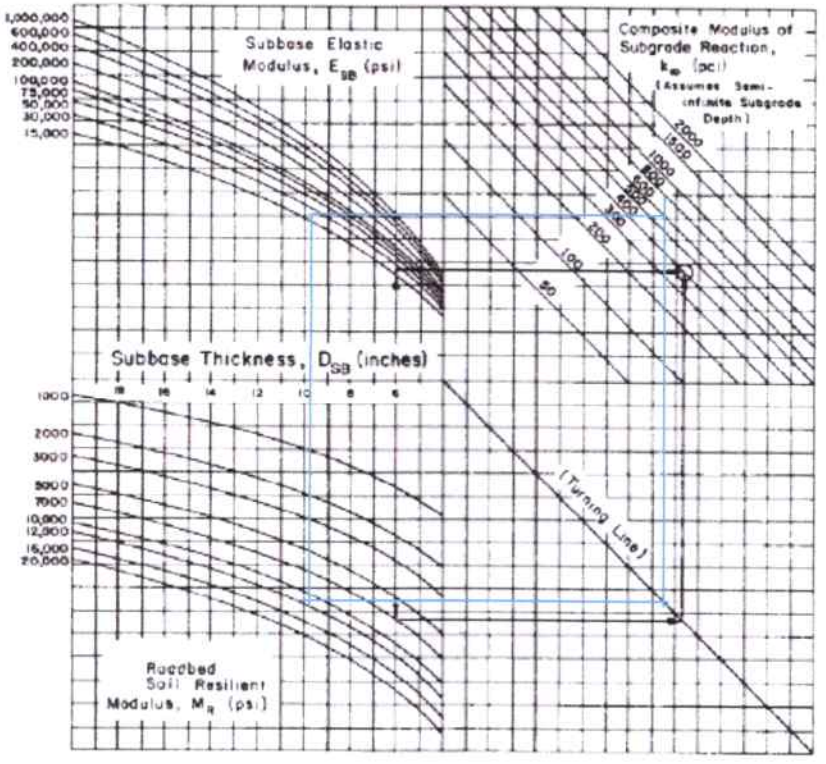
INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

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 (8.18%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como como **50.46Mpa/m – 184.18 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 (11634 psi)

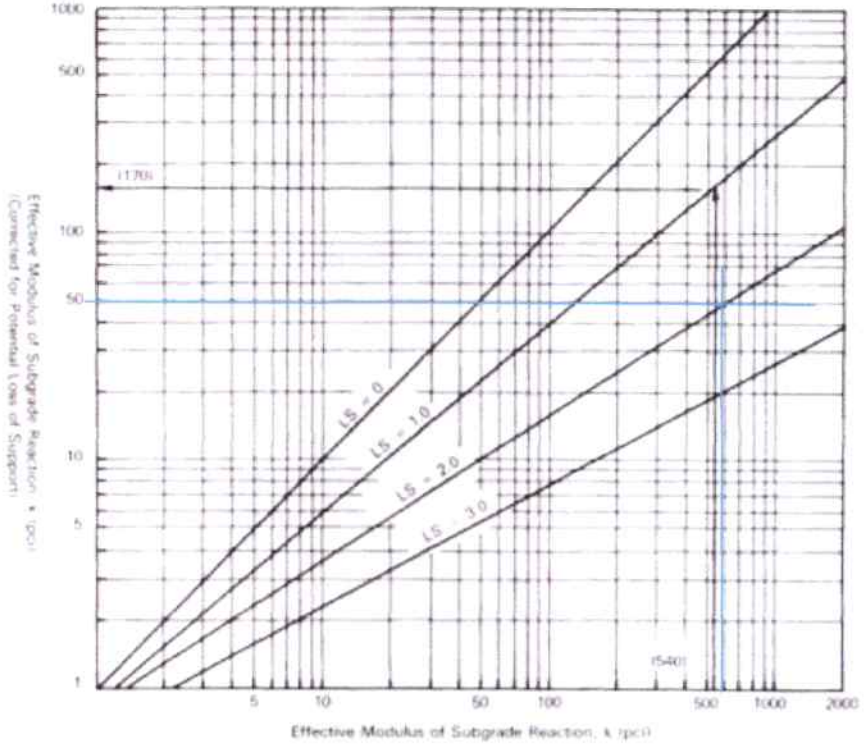


Gráfica 4. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

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 **600 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 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 **50.0 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	355228	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)	184,18	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)	50	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(355228) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510.74}{50}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 6,38" = 16,21cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 6.38", equivalentes a16.21cm, sin embargo, por practicidad en obra, se recomienda el uso de un espesor de 170 mm.

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=8.18%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 8.18 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{50.46} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

- 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

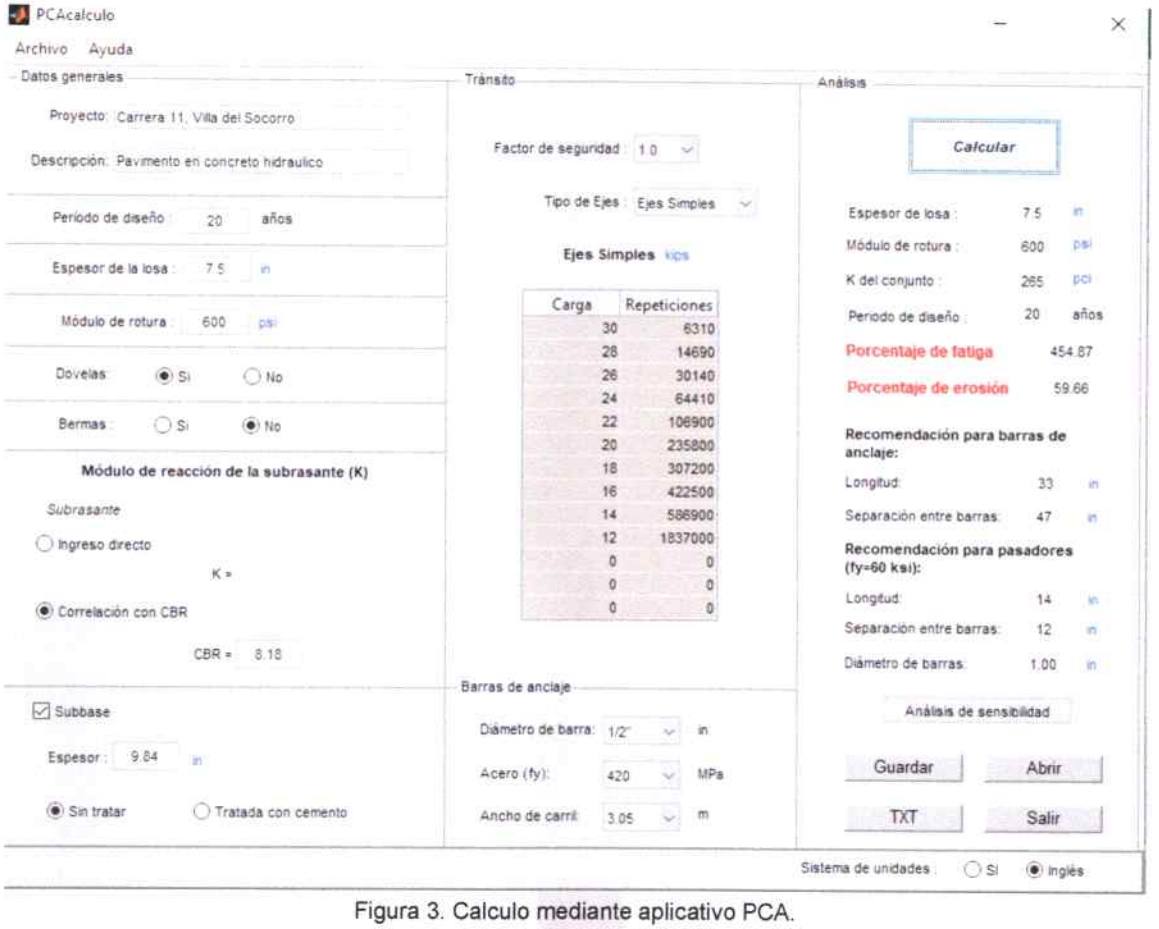


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DE LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO

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: 170 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

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 600 PSI: 170 mm de espesor
- Sub-base: 250 mm de espesor
- Geotextil T2400
- 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.

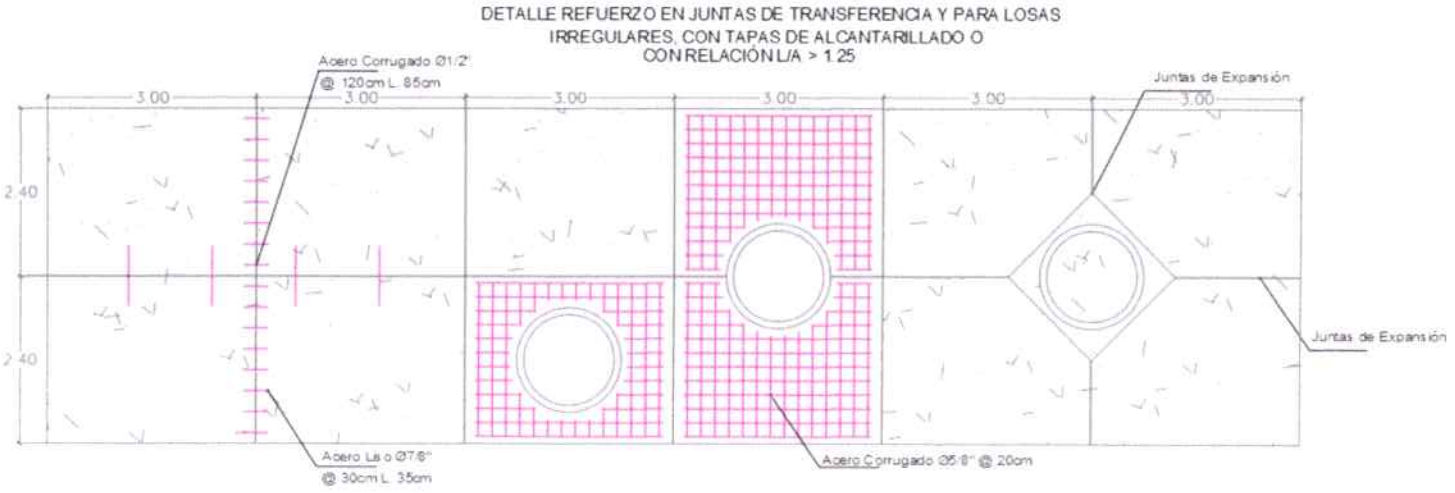


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





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 4.80 m, se realizarán carriles de 2.40 m y el largo de las losas de 3.00 m.

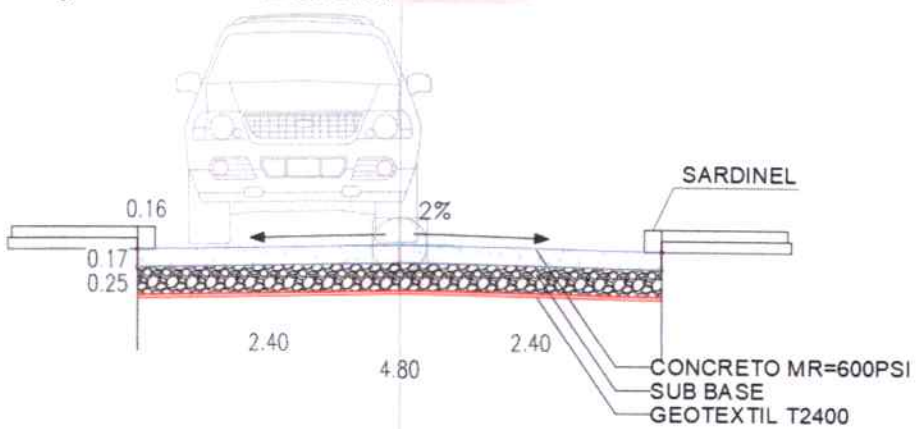


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

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:

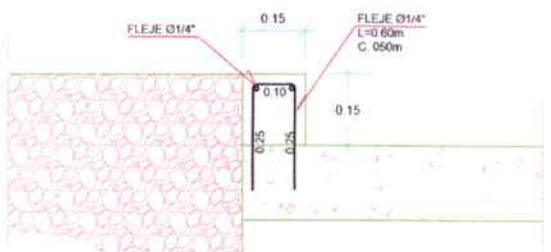


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia

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

1450

CARRERA 18 ENTRE CALLES 15 Y 16, BARRIO EL JARDÍN

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 Carrera 18 entre Calles 15 y 16– Barrio El Jardín.



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 18 entre Calles 15 y 16, del barrio El Jardín 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 18 entre Calles 15 y 16 del barrio El Jardín, 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 58.00 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 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-Occidental del Municipio, en el barrio El Jardín, con nomenclatura Carrera 18 entre Calles 15 y 16.
Actualmente el tramo objeto del diseño se encuentra catalogado como vía Local, según el PBOT del Municipio, la capa de rodadura es de tipo concreto hidráulico 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 58.00 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

Carrera 18 entre Calles 15 y 16– B/ El Jardín

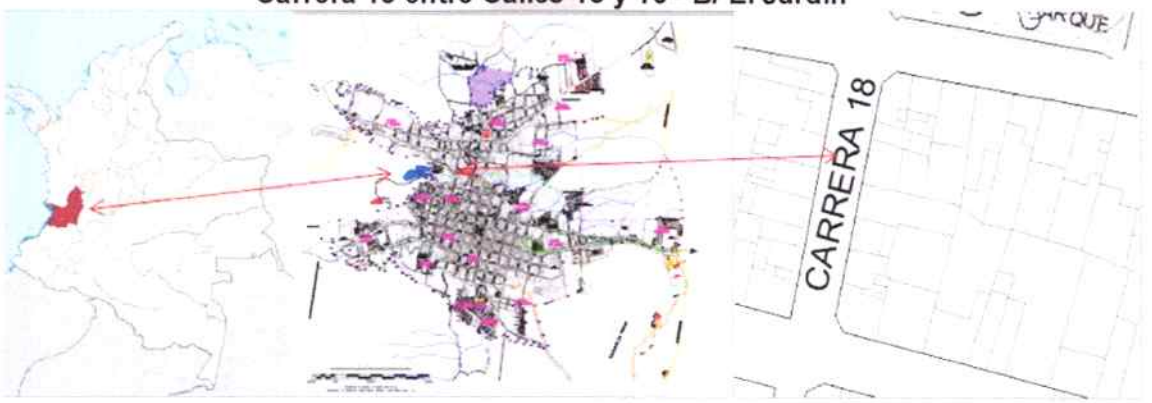


Figura 1. Localización de Zona Por Intervenir.
Fuente: Mapa 58 - PBOT La Unión Valle.

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.

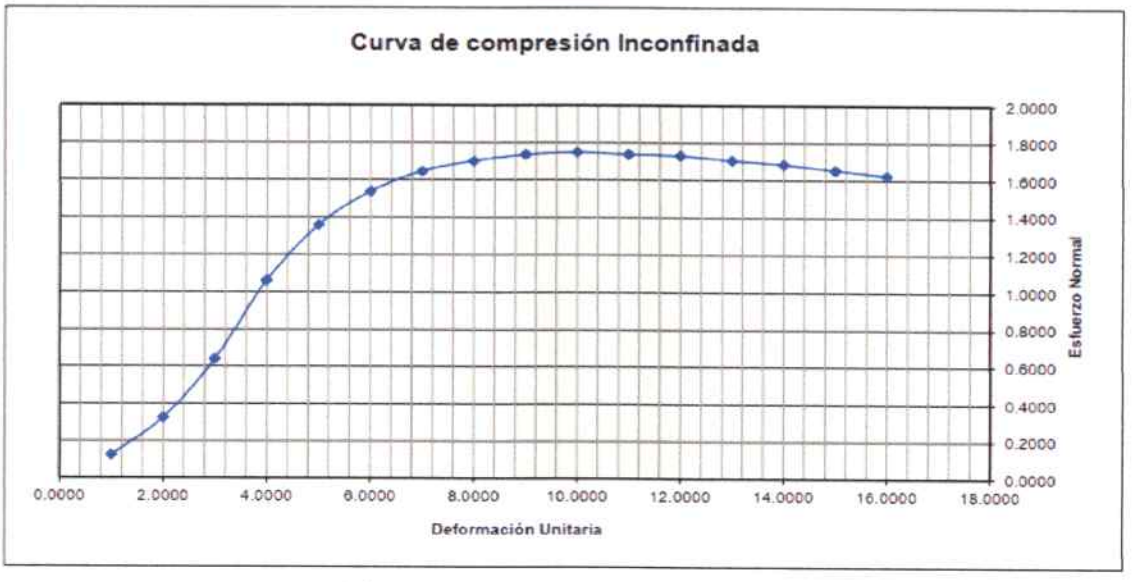
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S27 Carrera 18 entre Calles 15 y 16	0.00 0.10 0.20 0.60	0.10 0.20 0.60 1.00	Placa Afirmado Arcilo - limoso, Amarillo pálido [25YR 8/3] Arciloso, Amarillo [25YR 8/4]

Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S27	Carrera 18 entre Calles 15 y 16	1.00	1.7494	1.894	1.468	10,67%

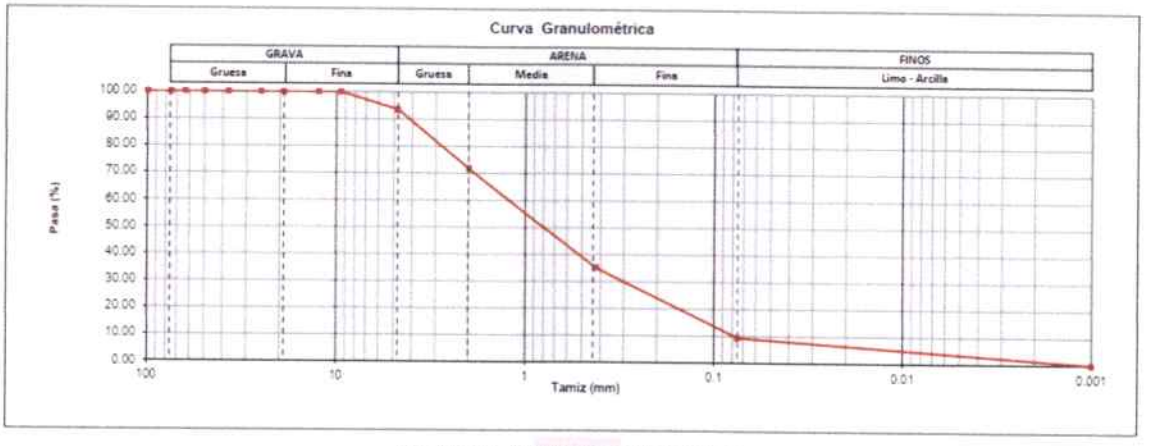


Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S27	Carrera 18 entre Calles 15 y 16	58.22	24.65	33.56	6.47	84.13	9.40	SP – SC

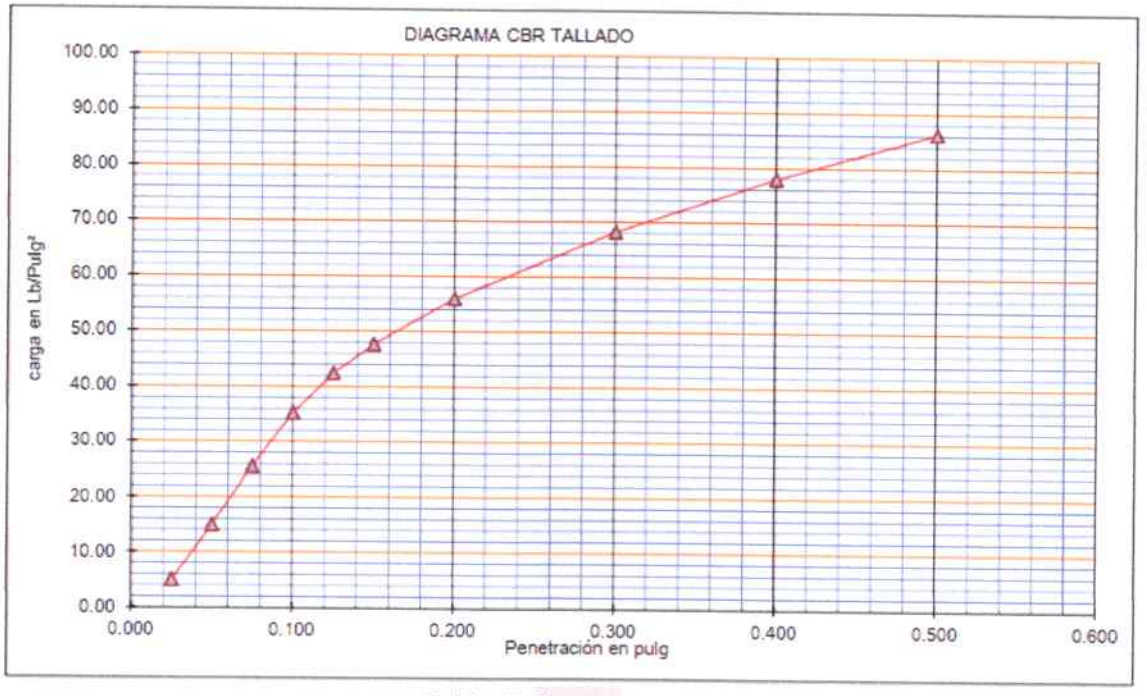


Gráfica 2. Curva Granulométrica
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S27	Carrera 18 entre Calles 15 y 16	0.20	3.52%	3.73%

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	
- 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	0	39	0	0	0	0	0	43
7:30-8:00	8	1	35	1	0	0	0	0	45
8:00-8:30	5	0	41	0	0	0	0	0	46
8:30-9:00	11	0	43	0	1	0	0	0	55
9:00-9:30	9	0	39	0	1	0	0	0	49
9:30-10:00	6	0	35	0	0	0	0	0	41
10:00-10:30	10	0	42	0	0	0	0	0	52
10:30-11:00	13	2	45	0	0	0	0	0	60
11:00-11:30	12	1	49	1	0	0	0	0	63
11:30-12:00	9	1	52	0	0	0	0	0	62
12:00-12:30	5	0	55	0	0	0	0	0	60
12:30-13:00	7	0	58	0	0	0	0	0	65
13:00-13:30	9	0	61	0	0	0	0	0	70
13:30-14:00	11	0	57	1	1	0	0	0	70
14:00-14:30	14	0	52	0	1	0	0	0	67
14:30-15:00	9	1	49	0	0	0	0	0	59
15:00-15:30	7	1	46	0	0	0	0	0	54
15:30-16:00	10	1	43	0	0	0	0	0	54
16:00-16:30	7	0	37	0	0	0	0	0	44
16:30-17:00	4	0	32	0	0	0	0	0	36
17:00-17:30	8	0	29	0	0	0	0	0	37
17:30-18:00	10	0	35	0	0	0	0	0	45
TOTAL	188	8	974	3	4	0	0	0	1177
COMPOSICION VEHICULAR	15,97%	0,68%	82,75%	0,25%	0,34%	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	6	1	40	0	0	0	0	0	47
7:30-8:00	3	0	36	0	0	0	0	0	39
8:00-8:30	3	1	49	0	0	0	0	0	53
8:30-9:00	10	0	44	0	1	0	0	0	55
9:00-9:30	6	1	45	1	0	0	0	0	53
9:30-10:00	3	0	68	0	0	0	0	0	71
10:00-10:30	8	1	57	0	1	0	0	0	67
10:30-11:00	7	1	65	2	0	0	0	0	75
11:00-11:30	8	0	54	0	0	0	0	0	62
11:30-12:00	14	0	70	0	0	0	0	0	84
12:00-12:30	5	1	122	0	2	0	0	0	130
12:30-13:00	7	0	80	0	0	0	0	0	87
13:00-13:30	4	0	61	0	0	0	0	0	65
13:30-14:00	7	2	40	0	0	0	0	0	49
14:00-14:30	6	0	60	0	0	0	0	0	66
14:30-15:00	4	2	50	0	1	0	0	0	57
15:00-15:30	4	1	61	0	0	0	0	0	66
15:30-16:00	7	0	84	0	0	1	0	0	92
16:00-16:30	10	0	55	1	1	0	0	0	67
16:30-17:00	5	2	62	0	0	0	0	0	69
17:00-17:30	11	1	55	0	0	0	0	0	67
17:30-18:00	14	0	88	0	0	0	0	0	102
TOTAL	152	14	1346	4	6	1	0	0	1523
COMPOSICION VEHICULAR	9,98%	0,92%	88,38%	0,26%	0,39%	0,07%	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	8	0	36	0	0	0	0	0	44
7:30-8:00	5	0	37	0	0	0	0	0	42
8:00-8:30	6	1	29	0	0	0	0	0	36
8:30-9:00	12	1	27	0	0	0	0	0	40
9:00-9:30	15	1	25	0	0	0	0	0	41
9:30-10:00	13	2	31	0	1	1	0	0	48
10:00-10:30	9	0	35	0	1	1	0	0	46
10:30-11:00	7	0	38	1	0	0	0	0	46
11:00-11:30	5	0	41	1	0	0	0	0	47
11:30-12:00	3	1	44	1	0	0	0	0	49
12:00-12:30	6	1	46	0	0	0	0	0	53
12:30-13:00	8	1	48	0	0	0	0	0	57
13:00-13:30	9	0	51	0	0	0	0	0	60
13:30-14:00	11	0	56	0	1	0	0	0	68
14:00-14:30	14	0	59	0	0	0	0	0	73
14:30-15:00	13	2	61	0	0	0	0	0	76
15:00-15:30	17	1	57	0	0	0	0	0	75
15:30-16:00	16	0	55	2	2	0	0	0	75
16:00-16:30	13	0	49	1	0	0	0	0	63
16:30-17:00	11	0	47	0	0	0	0	0	58
17:00-17:30	9	0	39	0	0	0	0	0	48
17:30-18:00	8	0	41	0	0	0	0	0	49
TOTAL	218	11	952	6	5	2	0	0	1194
COMPOSICION VEHICULAR	18,26%	0,92%	79,73%	0,50%	0,42%	0,17%	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	4	0	30	0	0	0	0	0	34
7:30-8:00	8	0	46	0	0	0	0	0	54
8:00-8:30	14	1	37	0	0	0	0	0	52
8:30-9:00	12	1	32	0	0	0	0	0	45
9:00-9:30	6	1	36	0	0	0	0	0	43
9:30-10:00	14	2	47	0	1	1	0	0	65
10:00-10:30	9	0	42	0	1	1	0	0	53
10:30-11:00	6	0	48	1	0	0	0	0	55
11:00-11:30	15	0	49	1	0	0	0	0	65
11:30-12:00	15	1	38	1	0	0	0	0	55
12:00-12:30	14	1	41	0	0	0	0	0	56
12:30-13:00	14	1	29	0	0	0	0	0	44
13:00-13:30	8	0	52	0	0	0	0	0	60
13:30-14:00	8	0	53	0	1	0	0	0	62
14:00-14:30	10	0	33	0	0	0	0	0	43
14:30-15:00	8	2	34	0	0	0	0	0	44
15:00-15:30	8	1	52	0	0	0	0	0	61
15:30-16:00	10	0	35	2	2	0	0	0	49
16:00-16:30	13	0	31	1	0	0	0	0	45
16:30-17:00	15	0	34	0	0	0	0	0	49
17:00-17:30	13	0	45	0	0	0	0	0	58
17:30-18:00	8	0	53	0	0	0	0	0	61
TOTAL	232	11	897	6	5	2	0	0	1153
COMPOSICION VEHICULAR	20,12%	0,95%	77,80%	0,52%	0,43%	0,17%	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.

$$TPDC = \frac{15 + 25 + 24 + 24 * 4}{7} = 23\ vehículos\ comerciales$$

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	11	45,83%
C2P	6	25,00%
C2G	5	20,83%
C3-4	2	8,33%
C5	0	0,00%
>C6	0	0,00%

Fuente: Propia.

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

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

$$NESE80KNañobase = 365 * 23 * [0.4583 * 1 + 0.25 * 1.01 + 0.2083 * 2.72 + 0.0833 * 3.72] * 1$$

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	23,00
NESE80KNañobase	13328,00
NESEacumulado	363474
NESE 90	421186
NESEdiseño	628410

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.

$$\log(W18) = Zr * So + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624 x 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * pt) * log\left[\frac{S'c * Cd * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * J * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{Ec}{k}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

En donde:

a. W18: Número de ejes sencillos de 18 Kips (80KN) a lo largo del periodo de diseño: **628410**

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

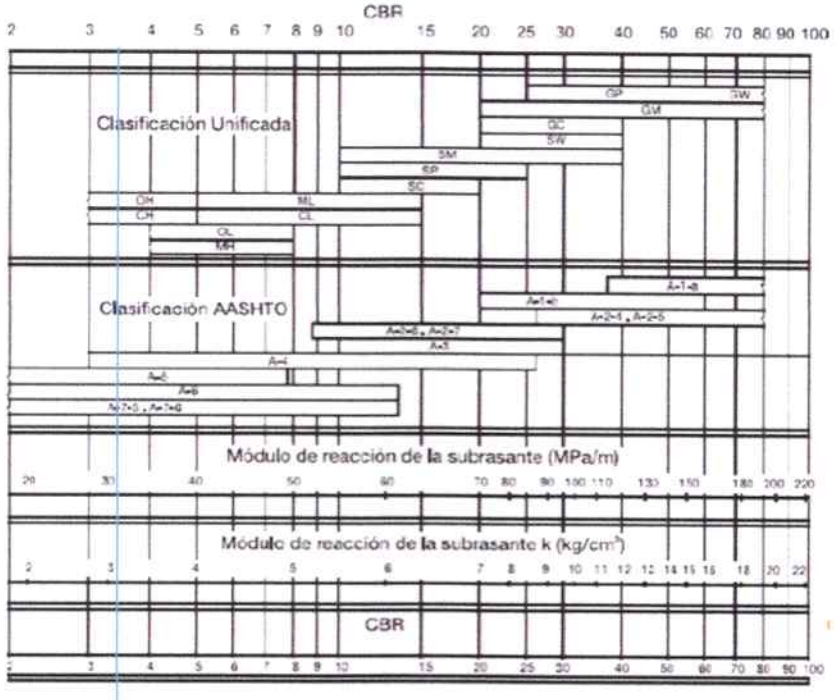
k. Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi): **4536510.74 psi**

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

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

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

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (3.52%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **31.24Mpa/m – 114.03pci**



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:

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

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

Por lo cual al aplicar la función resulta:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 3.52 = \mathbf{31.24} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

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:

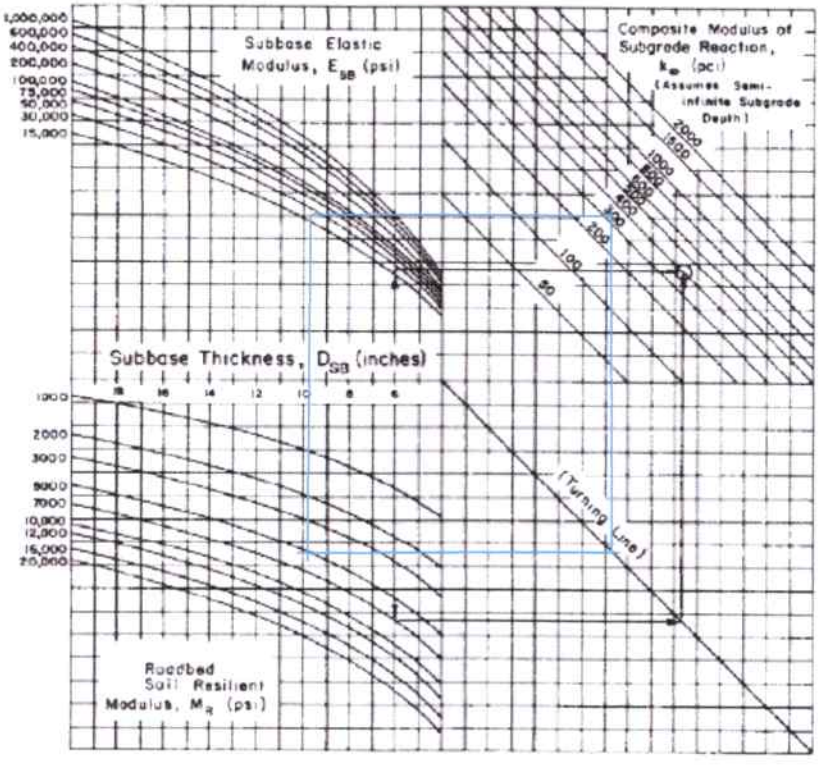
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 3.52\% = 352 \frac{kg}{cm^2} = 5007\ psi$$

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 (3.52%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **31.24Mpa/m – 114.03pci**
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 (5007 psi)

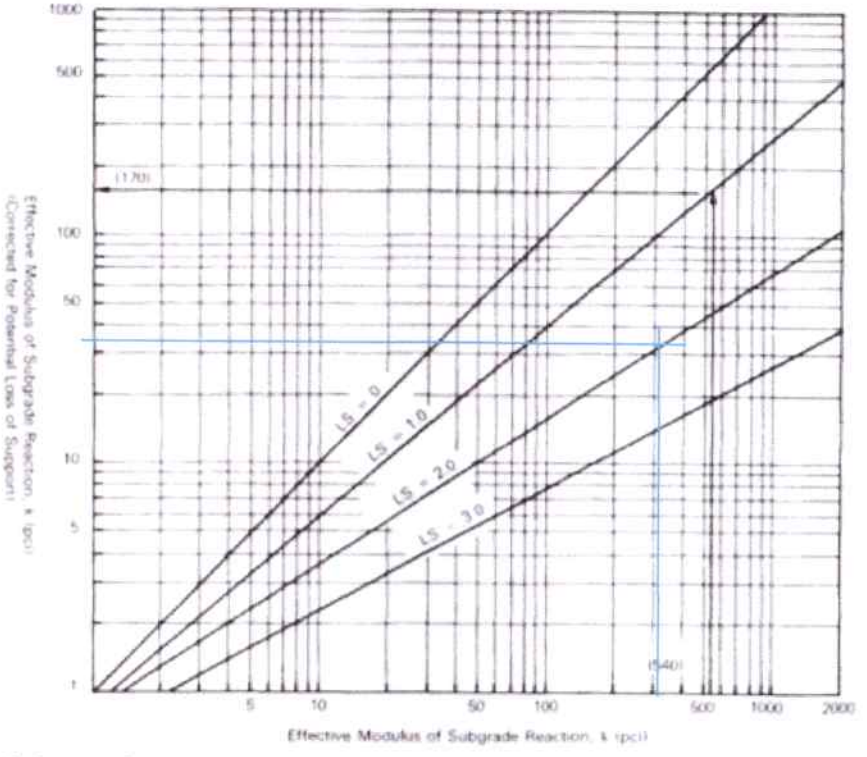


Gráfica 5. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se encuentra que el módulo de reacción conjunta de la sub-rasante con una sub-base granular de 25 mm de espesor (9.84 pulgadas aproximadamente) es igual a **320 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 **33.0 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	628410	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)	114,03	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)	33	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(628410) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^{7}}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510}{33}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 7,09" =18cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 7.09", equivalentes a 18,00cm.

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=3.52%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 3.52 = \mathbf{31.24}\ {}^{Mpa}/_{m}$$

- 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

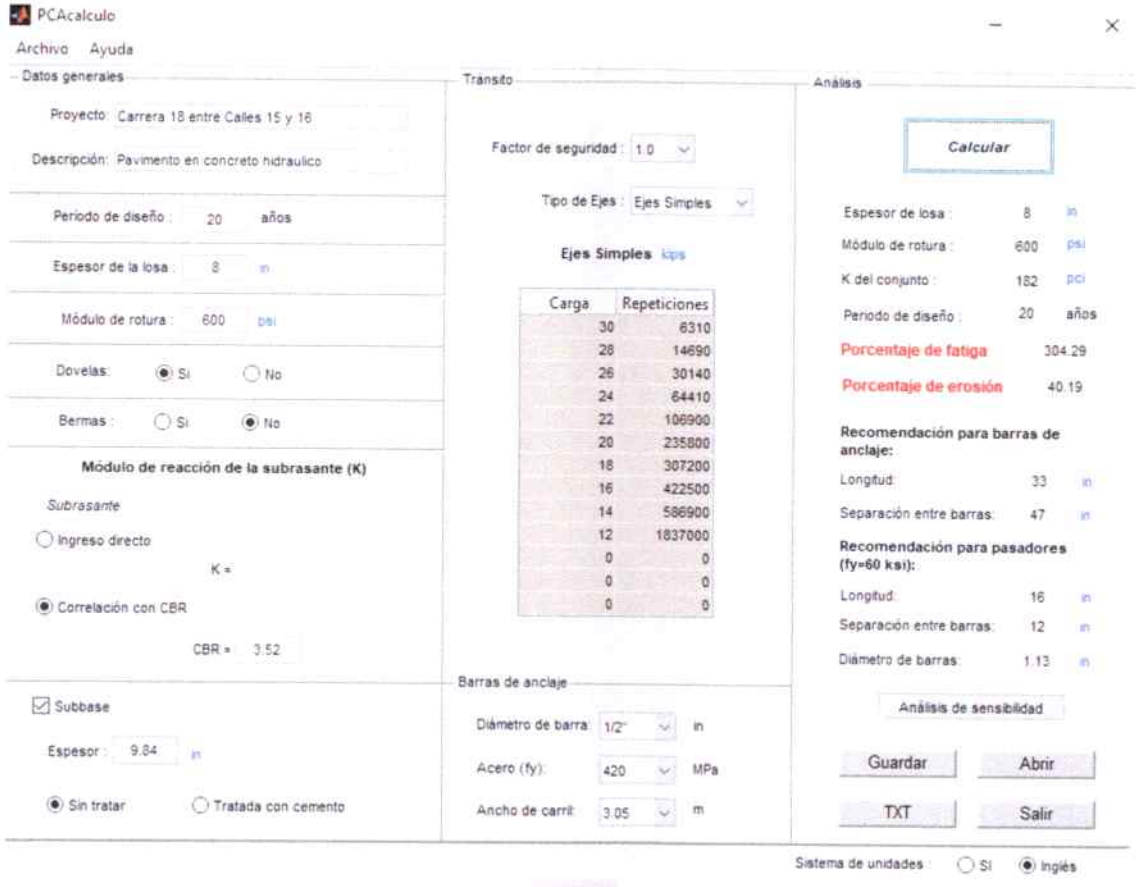


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO – CARRERA 18 ENTRE CALLES 15 Y 16, BARRIO EL JARDIN

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: 180 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
- Mejoramiento del terreno con capa de afirmado con espesor de 200mm, por recomendación de profesional 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 41. 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	0,65	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	0,80	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 52. 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 600 PSI: 180 mm de espesor
- Subase 250mm
- Geotextil T2400 a lo largo y ancho de la vía.
- Reposición de Terreno con afirmado en espesor de 200mm
- 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.

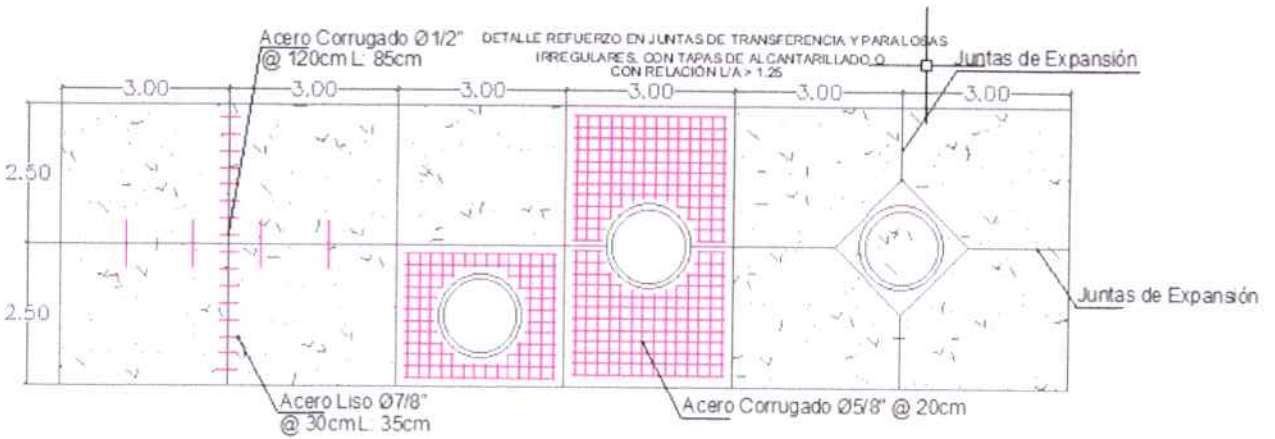


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





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.

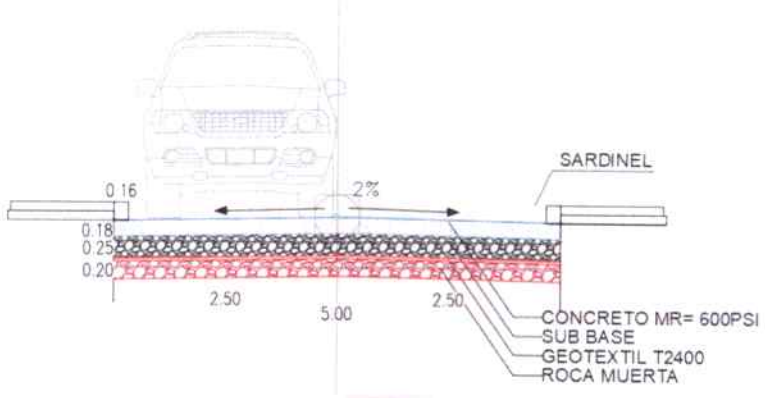


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

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:

DETALLE SARDINEL

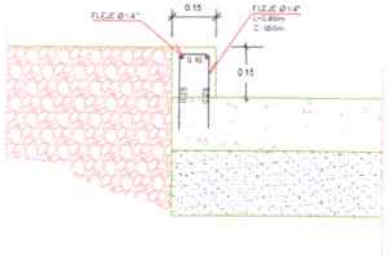
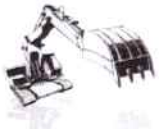


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia





CARRERA 18 ENTRE CALLES 17 Y 18, BARRIO EL JARDÍN

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 Carrera 18 entre Calle 17 Y 18 – Barrio El Jardín.



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 18 entre Calle 17 Y 18, del barrio El Jardín 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 18 entre Calle 17 y 18 del barrio El Jardín, 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 90.00 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 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-occidente del Municipio, en el barrio El Jardín, con nomenclatura Carrera 18 entre Calle 17 y 18.
Actualmente el tramo objeto del diseño se encuentra catalogado como vía Local, según el PBOT del Municipio, la capa de rodadura es de tipo concreto hidráulico, en deficientes condiciones y 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 5.50 m, longitud de 90.00 m, con superficie de rodadura en concreto hidráulico en deficientes condiciones

Carrera 18 entre Calle 17 y 18– B/ El Jardín



Figura 1. Localización de Zona Por 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.

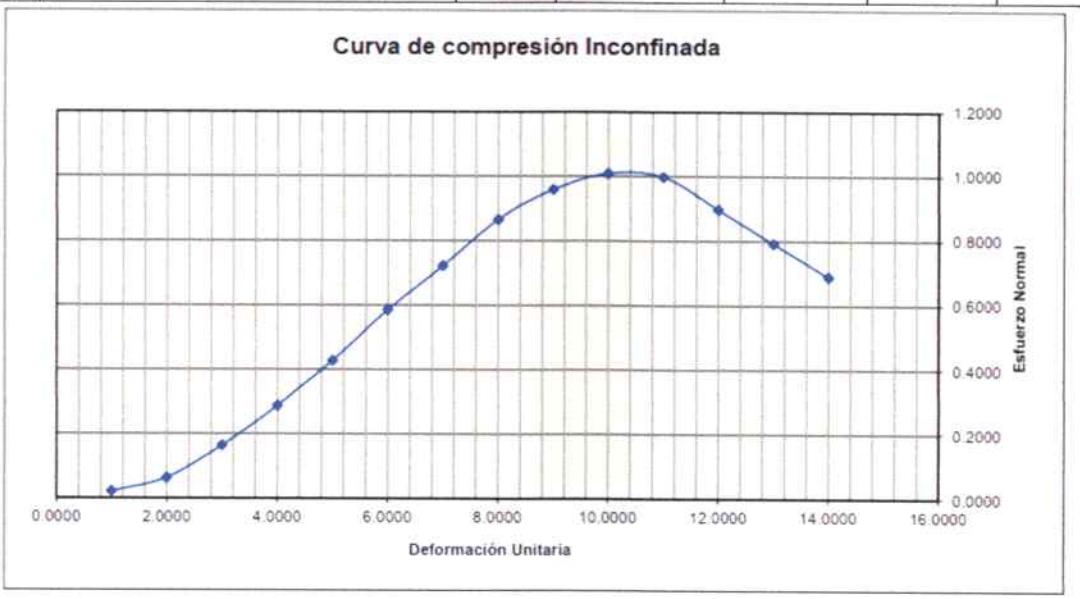
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S28 Carrera 18 entre Calles 17 y 18	0.00 0.10	0.10 1.00	Placa Arenoso, Marrón brillante [25YR 6/6]

Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S28	Carrera 18 entre Calles 17 y 18	1.00	1.0081	1.938	1.704	5,33%

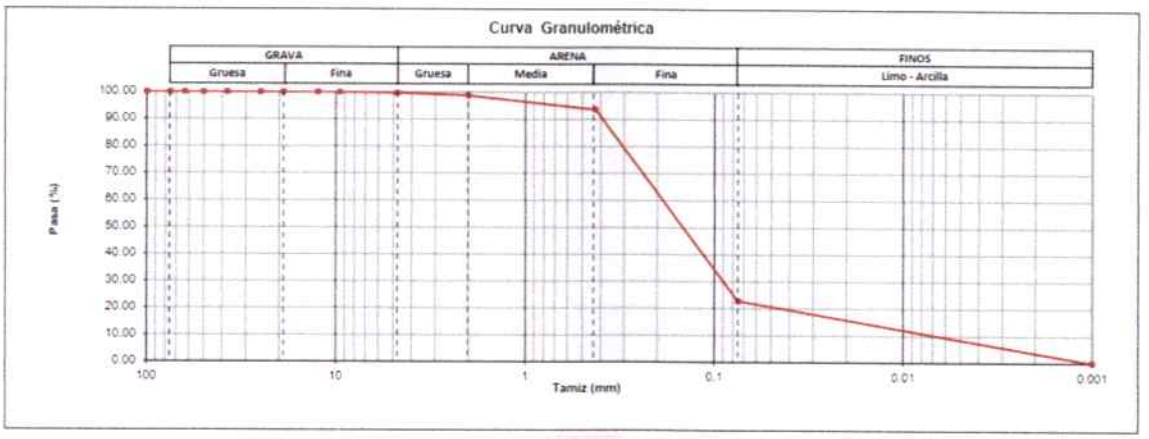


Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S28	Carrera 18 entre Calles 17 y 18				0.29	76.98	22.73	SP

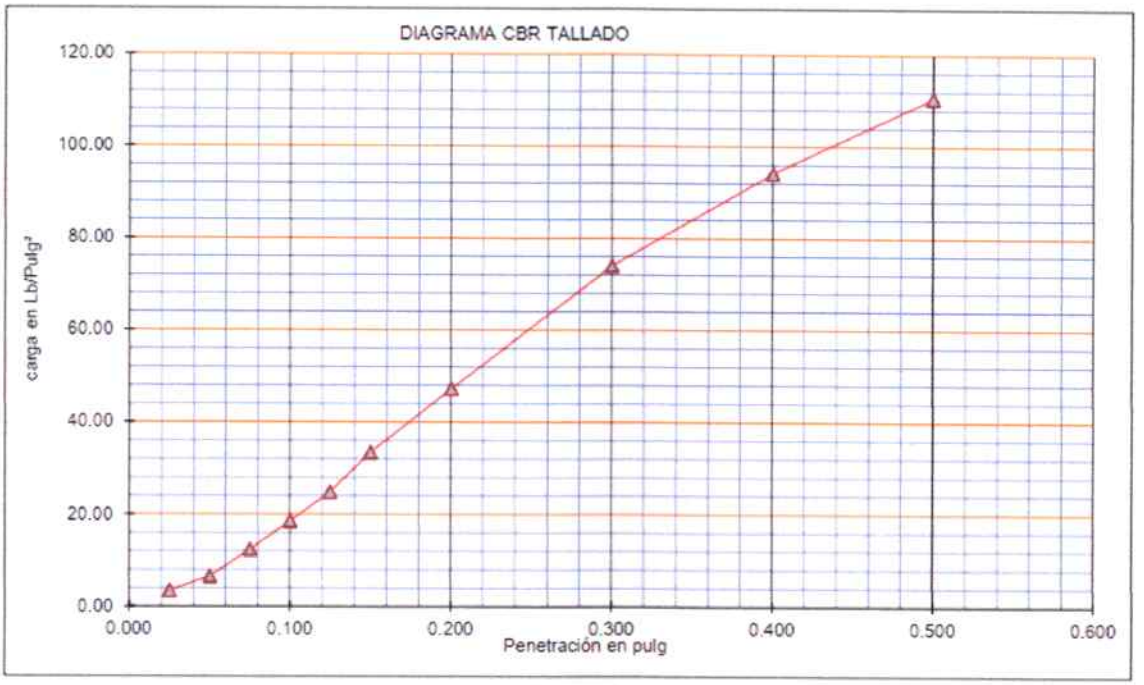


Gráfica 2. Curva Granulométrica
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S28	Carrera 18 entre Calles 17 y 18	0.30	1.85%	3.15%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



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

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

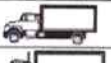
4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

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 PEQUENO	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE	

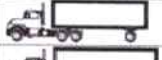
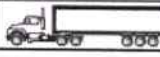
TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C3 Y C4	CAMION C3	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
- C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

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	8	0	49	0	0	0	0	0	57
7:30-8:00	6	1	52	0	1	0	0	0	60
8:00-8:30	4	2	58	0	1	0	0	0	65
8:30-9:00	7	0	61	2	0	0	0	0	70
9:00-9:30	9	1	66	1	0	0	0	0	77
9:30-10:00	11	0	69	1	0	0	0	0	81
10:00-10:30	14	1	75	1	0	0	0	0	91
10:30-11:00	16	0	78	1	0	0	0	0	95
11:00-11:30	15	0	84	0	2	0	0	0	101
11:30-12:00	17	0	88	0	1	0	0	0	106
12:00-12:30	19	0	93	0	0	0	0	0	112
12:30-13:00	13	0	96	0	0	0	0	0	109
13:00-13:30	11	0	101	0	0	0	0	0	112
13:30-14:00	9	0	97	2	0	0	0	0	108
14:00-14:30	7	1	94	3	0	0	0	0	105
14:30-15:00	5	2	82	0	1	0	0	0	90
15:00-15:30	7	2	74	0	2	0	0	0	85
15:30-16:00	9	0	73	0	1	0	0	0	83
16:00-16:30	11	0	65	0	1	0	0	0	77
16:30-17:00	14	3	62	0	0	0	0	0	79
17:00-17:30	16	0	54	0	0	0	0	0	70
17:30-18:00	12	0	42	0	0	0	0	0	54
TOTAL	240	13	1613	11	10	0	0	0	1887
COMPOSICION VEHICULAR	12,72%	0,69%	85,48%	0,58%	0,53%	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	5	0	58	0	1	0	0	0	64
7:30-8:00	7	1	66	0	0	0	0	0	74
8:00-8:30	6	2	62	0	2	0	0	0	72
8:30-9:00	11	0	60	0	0	0	0	0	71
9:00-9:30	15	1	67	3	1	0	0	0	87
9:30-10:00	9	0	69	0	0	0	0	0	78
10:00-10:30	10	1	62	0	1	0	0	0	74
10:30-11:00	13	0	65	2	0	0	0	0	80
11:00-11:30	11	0	72	2	0	0	0	0	85
11:30-12:00	14	0	111	1	0	0	0	0	126
12:00-12:30	15	0	110	0	2	0	0	0	127
12:30-13:00	5	0	100	0	0	0	0	0	105
13:00-13:30	7	0	50	0	0	0	0	0	57
13:30-14:00	8	0	65	1	0	0	0	0	74
14:00-14:30	5	1	60	0	0	0	0	0	66
14:30-15:00	12	2	73	2	1	0	0	0	90
15:00-15:30	5	2	59	0	1	0	0	0	67
15:30-16:00	11	0	66	0	0	0	0	0	77
16:00-16:30	12	0	103	2	1	0	0	0	118
16:30-17:00	18	3	84	1	2	0	0	0	108
17:00-17:30	13	0	94	0	1	0	0	0	108
17:30-18:00	15	0	87	2	0	0	0	0	104
TOTAL	227	13	1643	16	13	0	0	0	1912
COMPOSICION VEHICULAR	11,87%	0,68%	85,93%	0,84%	0,68%	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	4	1	44	0	0	0	0	0	49
7:30-8:00	9	1	47	0	0	1	0	0	58
8:00-8:30	10	1	49	2	0	0	0	0	62
8:30-9:00	14	0	51	2	0	0	0	0	67
9:00-9:30	11	0	52	1	0	0	0	0	64
9:30-10:00	9	0	56	1	2	0	0	0	68
10:00-10:30	8	2	61	0	1	0	0	0	72
10:30-11:00	5	1	66	0	2	0	0	0	74
11:00-11:30	9	2	71	0	0	0	0	0	82
11:30-12:00	11	0	77	0	0	0	0	0	88
12:00-12:30	14	0	82	0	1	0	0	0	97
12:30-13:00	9	0	85	1	1	0	0	0	96
13:00-13:30	6	0	86	1	0	0	0	0	93
13:30-14:00	3	0	87	1	0	2	0	0	93
14:00-14:30	5	1	92	0	1	0	0	0	99
14:30-15:00	8	0	94	1	2	0	0	0	105
15:00-15:30	10	0	103	0	1	0	0	0	114
15:30-16:00	13	1	97	2	0	0	0	0	113
16:00-16:30	8	2	103	1	0	0	0	0	114
16:30-17:00	5	0	94	0	0	0	0	0	99
17:00-17:30	7	0	83	0	0	0	0	0	90
17:30-18:00	9	0	75	0	0	0	0	0	84
TOTAL	187	12	1655	13	11	3	0	0	1881
COMPOSICION VEHICULAR	9,94%	0,64%	87,99%	0,69%	0,58%	0,16%	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	15	1	52	0	0	0	0	0	68
7:30-8:00	12	1	72	0	0	1	0	0	86
8:00-8:30	4	1	68	2	0	0	0	0	75
8:30-9:00	8	0	73	2	0	0	0	0	83
9:00-9:30	10	0	93	1	0	0	0	0	104
9:30-10:00	13	0	61	1	2	0	0	0	77
10:00-10:30	15	2	99	0	1	0	0	0	117
10:30-11:00	4	1	88	0	2	0	0	0	95
11:00-11:30	6	2	60	0	0	0	0	0	68
11:30-12:00	12	0	92	0	0	0	0	0	104
12:00-12:30	15	0	80	0	1	0	0	0	96
12:30-13:00	8	0	80	1	1	0	0	0	90
13:00-13:30	10	0	88	1	0	0	0	0	99
13:30-14:00	13	0	49	1	0	2	0	0	65
14:00-14:30	13	1	75	0	1	0	0	0	90
14:30-15:00	14	1	92	1	2	0	0	0	110
15:00-15:30	13	2	80	0	1	0	0	0	96
15:30-16:00	6	1	98	2	0	0	0	0	107
16:00-16:30	15	2	68	1	0	0	0	0	86
16:30-17:00	5	0	61	0	0	0	0	0	66
17:00-17:30	4	0	53	0	0	0	0	0	57
17:30-18:00	10	0	99	0	0	0	0	0	109
TOTAL	225	15	1681	13	11	3	0	0	1948
COMPOSICION VEHICULAR	11,55%	0,77%	86,29%	0,67%	0,56%	0,15%	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.

$$TPDC = \frac{34 + 42 + 39 + 42 * 4}{7} = 41\ vehículos\ comerciales$$

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	14	32,56%
C2P	14	32,56%
C2G	12	27,91%
C3-4	3	6,98%
C5	0	0,00%
>C6	0	0,00%

Fuente: Propia.

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

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

$$NESE80KNañobase = 365 * 41 * [0.3256 * 1 + 0.3256 * 1.01 + 0.2791 * 2.72 + 0.0698 * 3.72] * 1$$

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	41,00
NESE80KNañobase	25037,00
NESEacumulado	682796
NESE 90	791209
NESEdiseño	1180484

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.

$$\log(W18) = Zr * So + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624*10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * pt) * log\left[\frac{S'c*Cd*\left(D^{0.075}-1.132\right)}{215.63*J*\left[D^{0.75}-\frac{18.42}{\left(\frac{Ec}{k}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

En donde:

a. W18: Número de ejes sencillos de 18 Kips (80KN) a lo largo del periodo de diseño: **1180484**

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 (1.85%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **16.58Mpa/m – 60.52 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:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 1.85 = \mathbf{16.58}\ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

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:

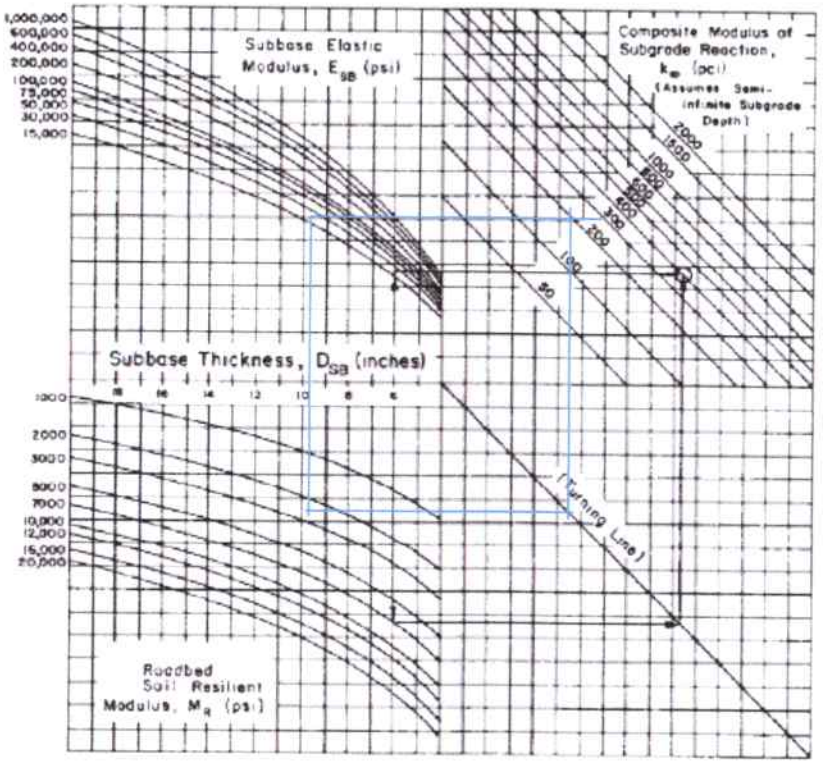
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 1.85\% = 185 \frac{kg}{cm^2} = 2631\ psi$$

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 (1.85%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **16.58Mpa/m – 60.52 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 (2631 psi)

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

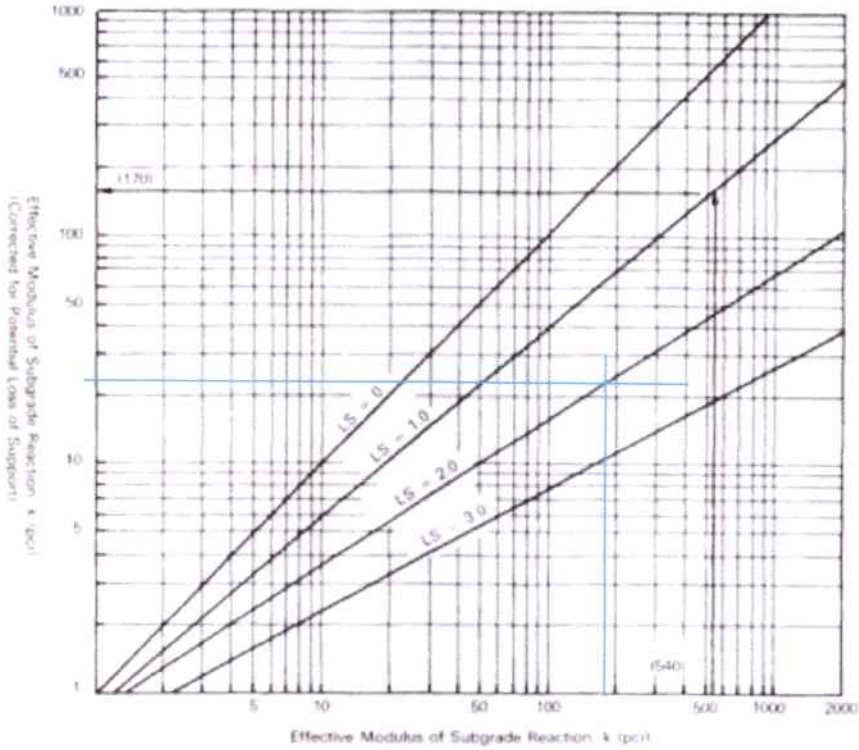


Gráfica 4. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

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 **24.0 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

DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
NESE diseño	1180484	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)	60,52	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)	24	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Tabla 10. Resumen de variables
Fuente: Propia

$$\log(1180484) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log 10\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 * 2) * log10\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510.74}{24}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 8,05" =20,44cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 8.05", equivalentes a 20,44cm, sin embargo por practicidad en obra, se recomienda el uso de un espesor de 210 mm.

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=1,85%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 1.85 = \mathbf{16.58}\ {}^{Mpa}/_{m}$$

- 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

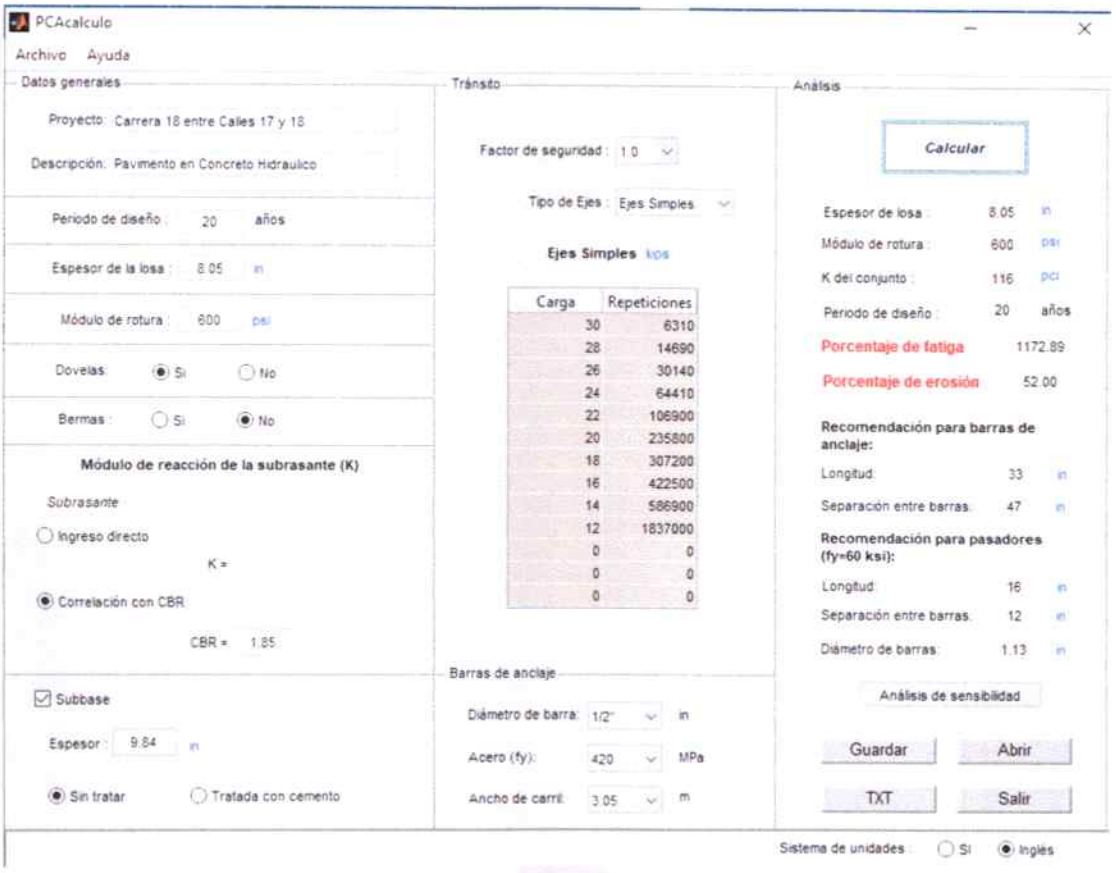


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO – CARRERA 18 ENTRE CALLES 17 Y 18, BARRIO EL JARDIN

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: 210 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 una cata del terreno existente por afirmado en un espesor de 200mm, de acuerdo a recomendaciones del 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 (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	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,75	0,65	0,55		1,20	1,15	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	0,45	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	0,70	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	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 - 290	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 600 PSI: 210 mm de espesor
- Sub base: 250 mm de espesor
- Geotextil T2400 a lo largo y ancho de la vía.
- Reposición de terreno con afirmado en espesor de 200 mm
- Junta longitudinal, Varillas corrugadas de Φ ½, longitud de 85 cm y separadas cada 120 cm.
- Junta transversal, Acero liso de Φ1 1/8" con longitud de 0.40m 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.

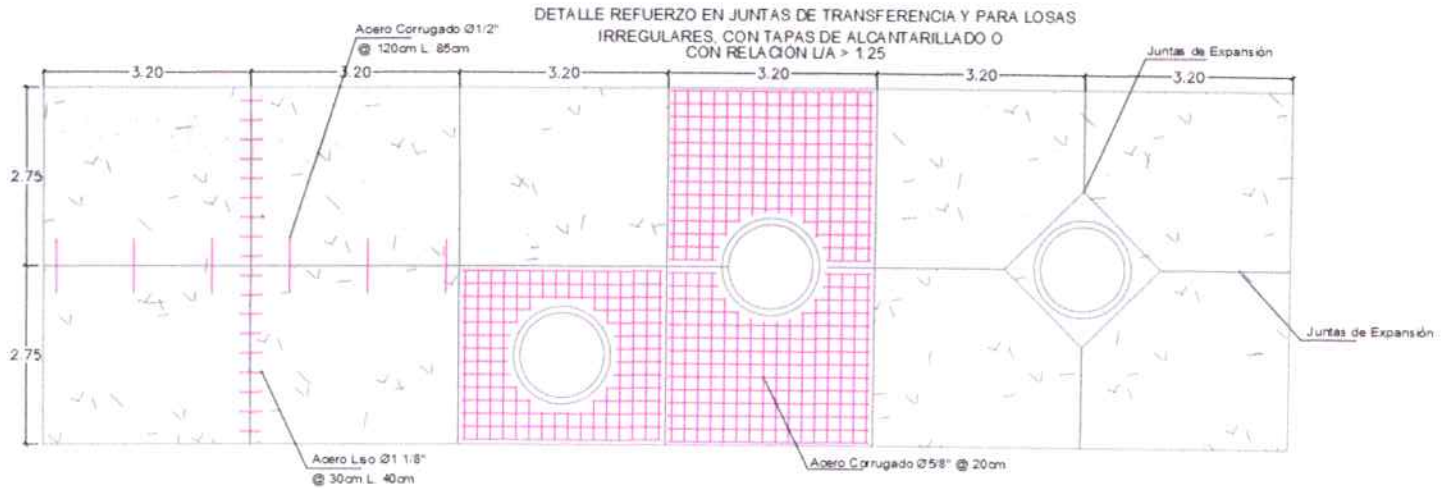


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





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 5.50 m, se realizarán carriles de 2.75 m y el largo de las losas de 3.20 m.

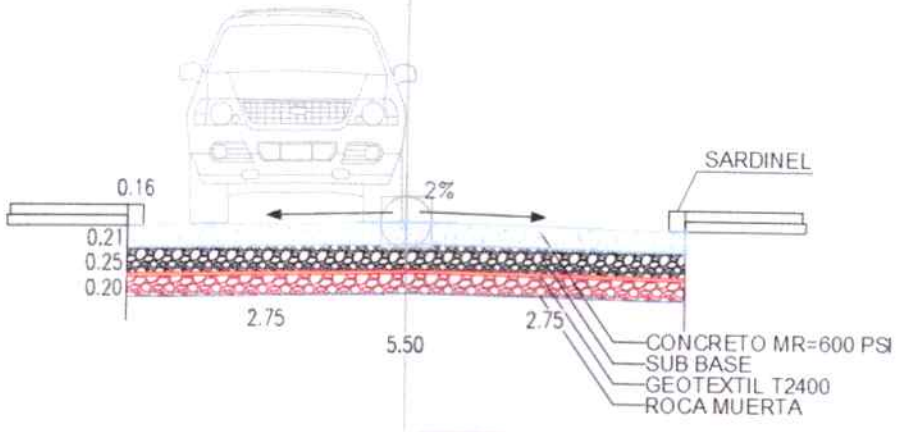


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

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:

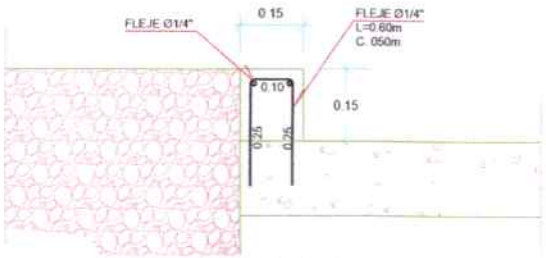


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia

CARRERA 19 ENTRE CALLES 18 Y 19, BARRIO EL JARDÍN

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 Carrera 19 entre Calles 18 y 19 – Barrio El Jardín.



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 19 entre calles 18 y 19, del barrio El Jardín 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 19 entre calles 18 y 19 del barrio El Jardín, 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 26.10 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-Occidental del Municipio, en el barrio El Jardín, con nomenclatura Carrera 19 entre calles 18 y 19.
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 5.80 m, longitud de 26.10 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

Carrera 19 entre calles 18 y 19– B/ El Jardín

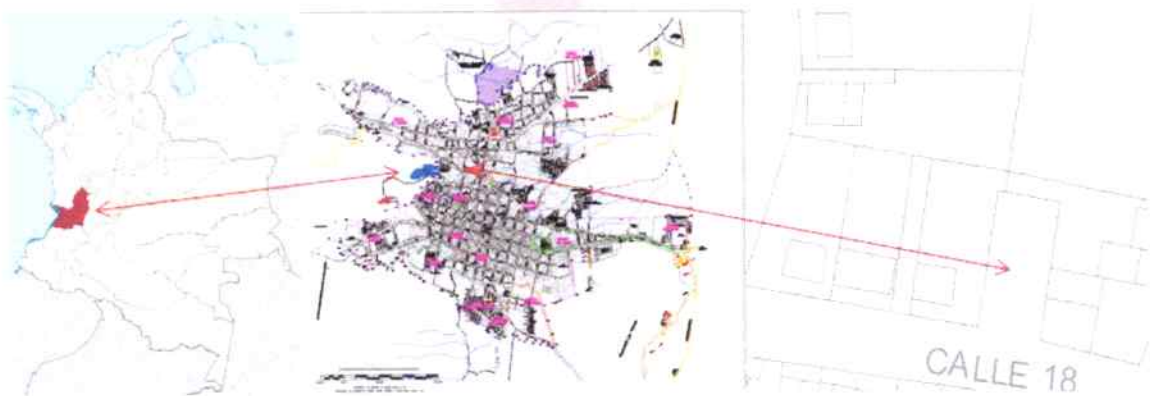


Figura 1. Localización de Zona Por Intervenir.
Fuente: Mapa 58 - PBOT La Unión Valle.

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.

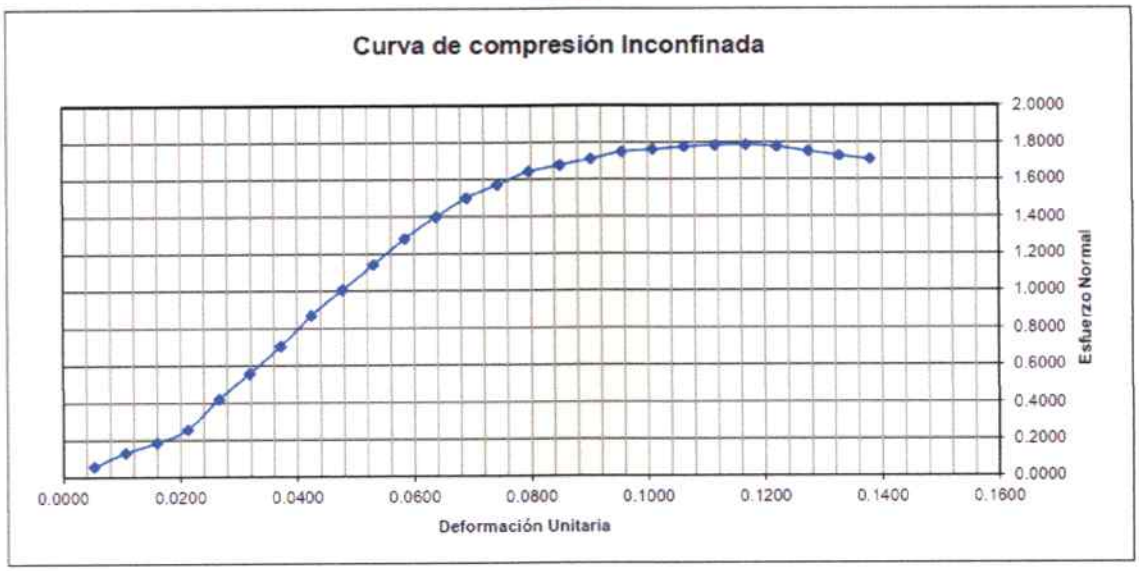
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S29 Carrera 19 entre Calles 18 y 19	0.00 0.70	0.70 1.20	Lleno Arcilloso, Amarillo naranja apagado [10YR 7/4]

Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S29	Carrera 19 entre Calles 18 y 19	1.00	1.7875	1.934	1.580	11,69%

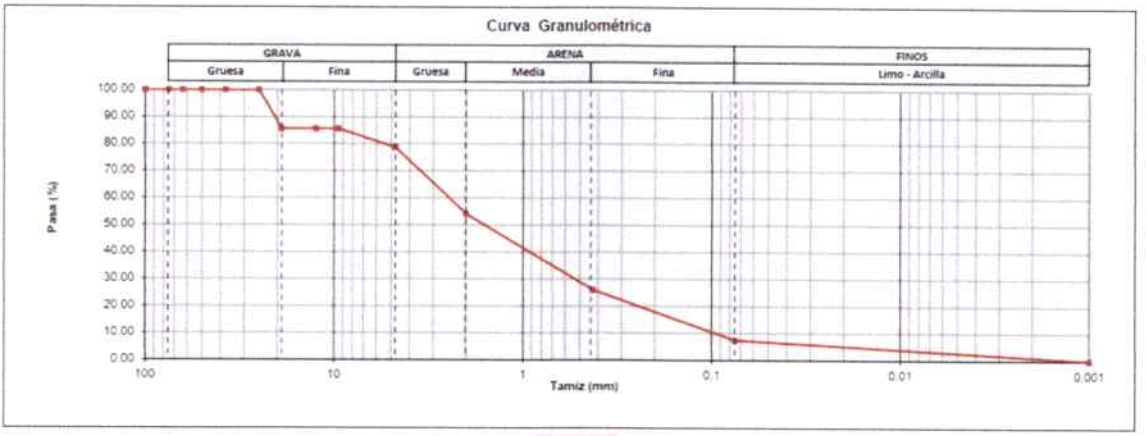


Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S29	Carrera 19 entre Calles 18 y 19	24.23	14.64	9.59	21.40	71.23	7.38	SW – SC

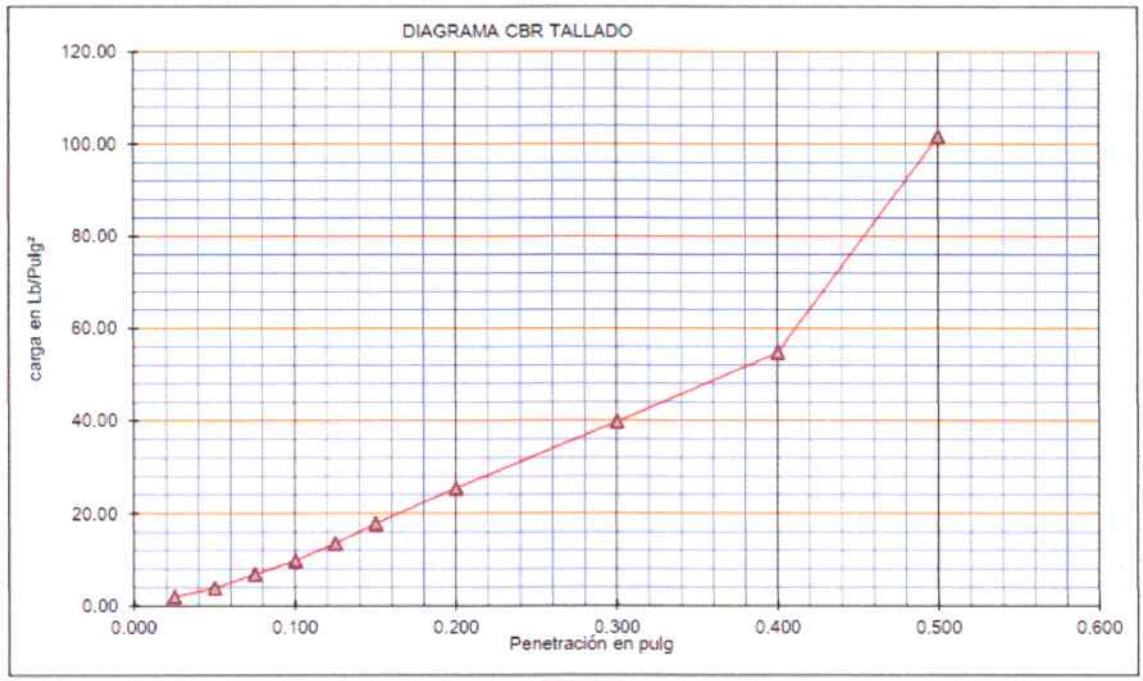


Gráfica 2. Curva Granulométrica
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S29	Carrera 19 entre Calles 18 y 19	0.80	0.97%	1.70%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



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

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

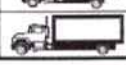
4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

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	

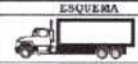
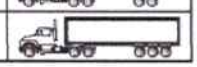
TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C3 Y C4	CAMION C2	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
> C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

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	2	0	9	0	0	0	0	0	11
7:30-8:00	0	0	10	0	0	0	0	0	10
8:00-8:30	2	0	16	0	0	0	0	0	18
8:30-9:00	0	0	12	0	0	0	0	0	12
9:00-9:30	1	0	14	0	0	0	0	0	15
9:30-10:00	1	0	10	0	0	0	0	0	11
10:00-10:30	2	0	18	0	0	0	0	0	20
10:30-11:00	3	0	13	0	0	0	0	0	16
11:00-11:30	1	0	25	0	0	0	0	0	26
11:30-12:00	3	0	29	0	0	0	0	0	32
12:00-12:30	0	1	13	0	0	0	0	0	14
12:30-13:00	0	0	15	0	0	0	0	0	15
13:00-13:30	1	0	6	0	0	0	0	0	7
13:30-14:00	1	0	12	0	0	0	0	0	13
14:00-14:30	0	0	28	0	0	0	0	0	28
14:30-15:00	0	0	27	0	0	0	0	0	27
15:00-15:30	0	0	14	0	0	0	0	0	14
15:30-16:00	1	0	23	0	0	0	0	0	24
16:00-16:30	0	0	7	0	0	0	0	0	7
16:30-17:00	1	0	12	0	0	0	0	0	13
17:00-17:30	0	0	9	0	0	0	0	0	9
17:30-18:00	0	0	6	0	0	0	0	0	6
TOTAL	19	1	328	0	0	0	0	0	348
COMPOSICION VEHICULAR	5,46%	0,29%	94,25%	0,00%	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	5	0	0	0	0	0	6
7:30-8:00	0	0	12	0	0	0	0	0	12
8:00-8:30	2	0	23	0	0	0	0	0	25
8:30-9:00	1	0	8	0	0	0	0	0	9
9:00-9:30	2	0	9	1	0	0	0	0	12
9:30-10:00	0	0	13	0	0	0	0	0	13
10:00-10:30	2	1	19	0	0	0	0	0	22
10:30-11:00	0	0	9	0	0	0	0	0	9
11:00-11:30	0	0	25	0	0	0	0	0	25
11:30-12:00	3	0	23	0	0	0	0	0	26
12:00-12:30	0	0	22	0	0	0	0	0	22
12:30-13:00	0	0	14	0	0	0	0	0	14
13:00-13:30	2	0	7	0	0	0	0	0	9
13:30-14:00	1	0	5	0	0	0	0	0	6
14:00-14:30	0	0	25	0	0	0	0	0	25
14:30-15:00	0	0	24	0	0	0	0	0	24
15:00-15:30	1	0	15	0	0	0	0	0	16
15:30-16:00	0	0	26	0	0	0	0	0	26
16:00-16:30	1	0	9	0	0	0	0	0	10
16:30-17:00	1	0	14	0	0	0	0	0	15
17:00-17:30	1	0	4	0	0	0	0	0	5
17:30-18:00	0	0	8	0	0	0	0	0	8
TOTAL	18	1	319	1	0	0	0	0	339
COMPOSICION VEHICULAR	5,31%	0,29%	94,10%	0,29%	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	1	0	9	0	0	0	0	0	10
7:30-8:00	2	0	17	0	0	0	0	0	19
8:00-8:30	1	0	16	0	0	0	0	0	17
8:30-9:00	1	0	34	0	0	0	0	0	35
9:00-9:30	0	0	14	0	0	0	0	0	14
9:30-10:00	0	0	10	0	0	0	0	0	10
10:00-10:30	0	0	23	0	0	0	0	0	23
10:30-11:00	2	0	13	1	0	0	0	0	16
11:00-11:30	1	0	25	0	0	0	0	0	26
11:30-12:00	2	0	29	0	0	0	0	0	31
12:00-12:30	1	0	13	0	0	0	0	0	14
12:30-13:00	1	0	15	0	0	0	0	0	16
13:00-13:30	0	0	34	0	0	0	0	0	34
13:30-14:00	0	0	12	0	0	0	0	0	12
14:00-14:30	0	0	13	0	0	0	0	0	13
14:30-15:00	1	0	27	0	0	0	0	0	28
15:00-15:30	1	0	14	0	0	0	0	0	15
15:30-16:00	0	0	23	0	0	0	0	0	23
16:00-16:30	0	0	7	0	0	0	0	0	7
16:30-17:00	1	0	12	0	0	0	0	0	13
17:00-17:30	2	0	9	0	0	0	0	0	11
17:30-18:00	0	0	6	0	0	0	0	0	6
TOTAL	17	0	375	1	0	0	0	0	393
COMPOSICION VEHICULAR	4,33%	0,00%	95,42%	0,25%	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	1	0	16	0	0	0	0	0	17
7:30-8:00	1	0	20	0	0	0	0	0	21
8:00-8:30	1	0	24	0	0	0	0	0	25
8:30-9:00	1	0	16	0	0	0	0	0	17
9:00-9:30	0	0	11	0	0	0	0	0	11
9:30-10:00	0	0	9	0	0	0	0	0	9
10:00-10:30	0	0	14	0	0	0	0	0	14
10:30-11:00	2	0	17	1	0	0	0	0	20
11:00-11:30	1	0	9	0	0	0	0	0	10
11:30-12:00	0	0	9	0	0	0	0	0	9
12:00-12:30	1	0	11	0	0	0	0	0	12
12:30-13:00	1	0	21	0	0	0	0	0	22
13:00-13:30	0	0	22	0	0	0	0	0	22
13:30-14:00	1	0	22	0	0	0	0	0	23
14:00-14:30	1	0	14	0	0	0	0	0	15
14:30-15:00	1	0	18	0	0	0	0	0	19
15:00-15:30	0	0	24	0	0	0	0	0	24
15:30-16:00	2	0	11	0	0	0	0	0	13
16:00-16:30	0	0	11	0	0	0	0	0	11
16:30-17:00	1	0	22	0	0	0	0	0	23
17:00-17:30	2	0	23	0	0	0	0	0	25
17:30-18:00	0	0	17	0	0	0	0	0	17
TOTAL	17	0	361	1	0	0	0	0	379
COMPOSICION VEHICULAR	4,49%	0,00%	95,25%	0,26%	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.

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

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	50,00%
C2P	1	50,00%
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:

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

$$NESE80KNañobase = 365 * 2 * [0.50 * 1 + 0.50 * 1.01] * 1$$

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.

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	2,00
NESE80KNañobase	734,00
NESEacumulado	20018
NESE 90	23197
NESEdiseño	34610

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: **34610**

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**
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**

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

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (1.70%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **14.65Mpa/m – 53.47 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:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 1.70\ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{14.65}\ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

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:

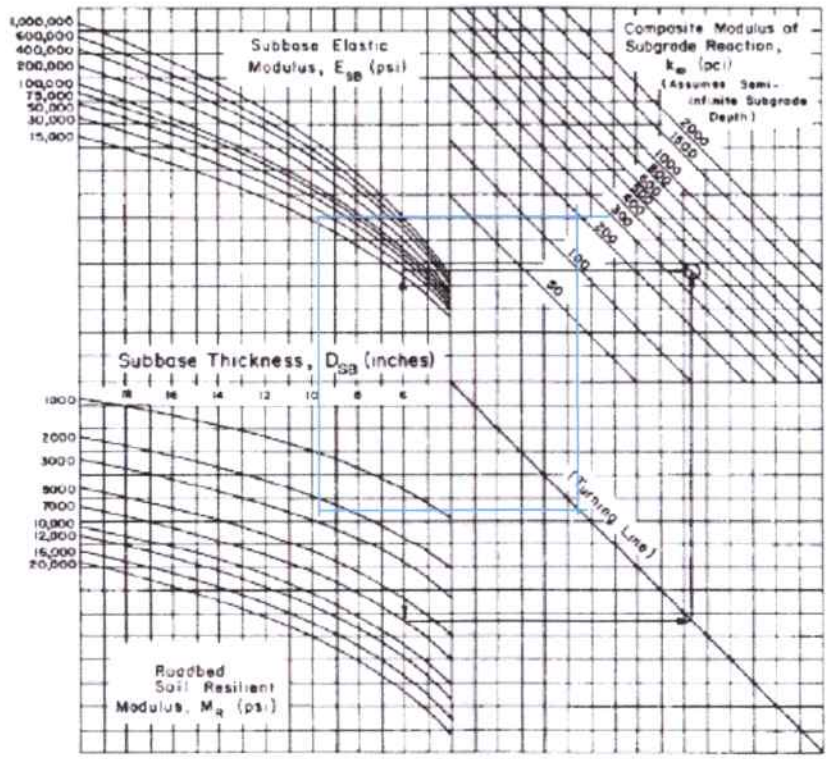
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 2.1\% = 170 \frac{kg}{cm^2} = 2418\ psi$$

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 (1.70%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **14.65Mpa/m – 53.47 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 (2418 psi)

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

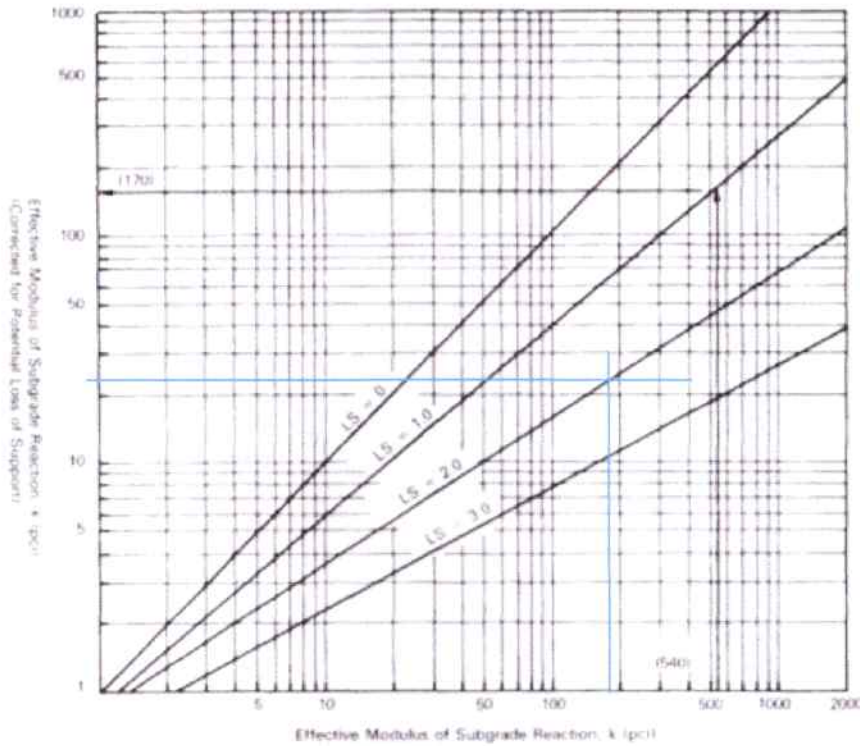


Gráfica 4. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

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 **24.0 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	34610	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)	53,47	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)	24	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(34610) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510}{24}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 4,71" =11,96cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 4.71", equivalentes a 11,96cm, 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=1.70%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 1.70 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{14.65} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

- 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

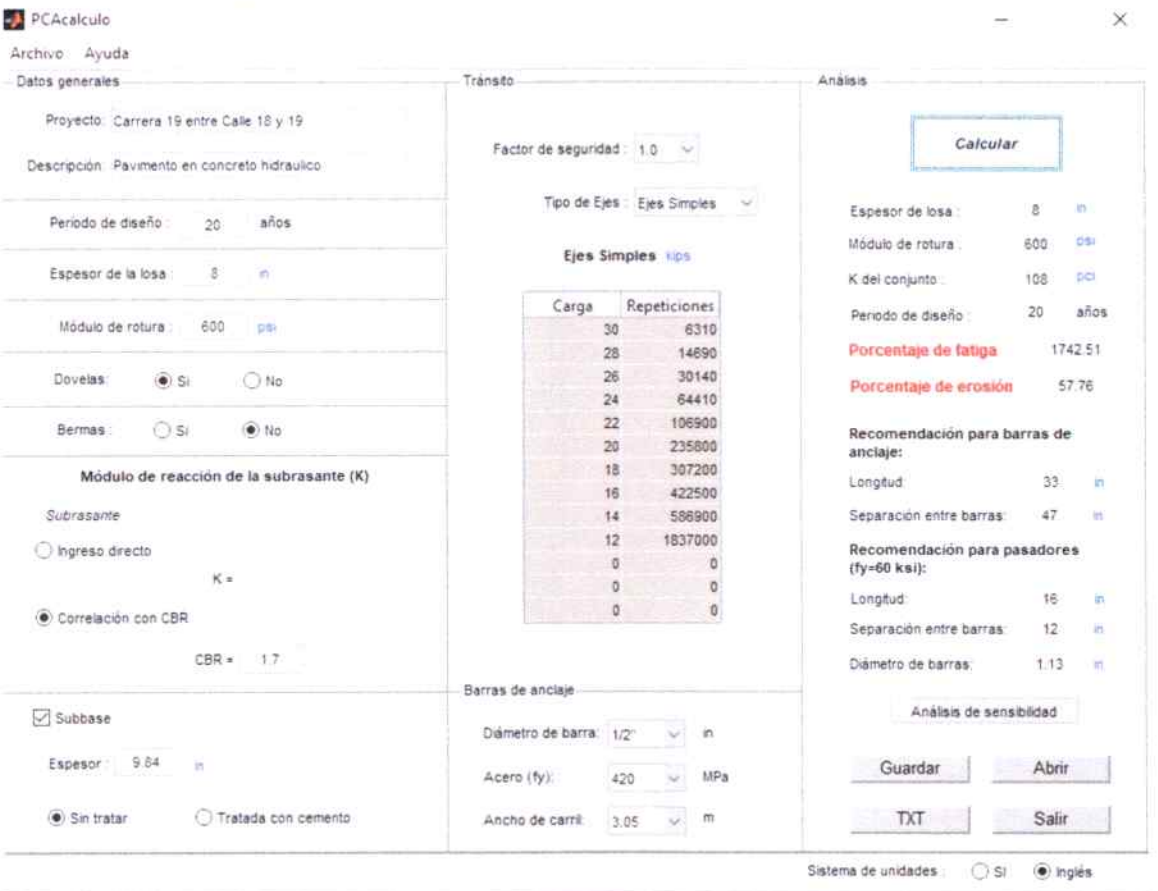


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO- CARRERA 19 ENTRE CALLES 18 y 19

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
- Se recomienda instalar geotextil tejido T2400 para mejorar la capacidad del terreno y evitar afectaciones de la estructura a instalar
- Mejoramiento del terreno con capa de afirmado con espesor de 200mm, por recomendación del 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	0,80	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	19	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 600 PSI: 160 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 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.

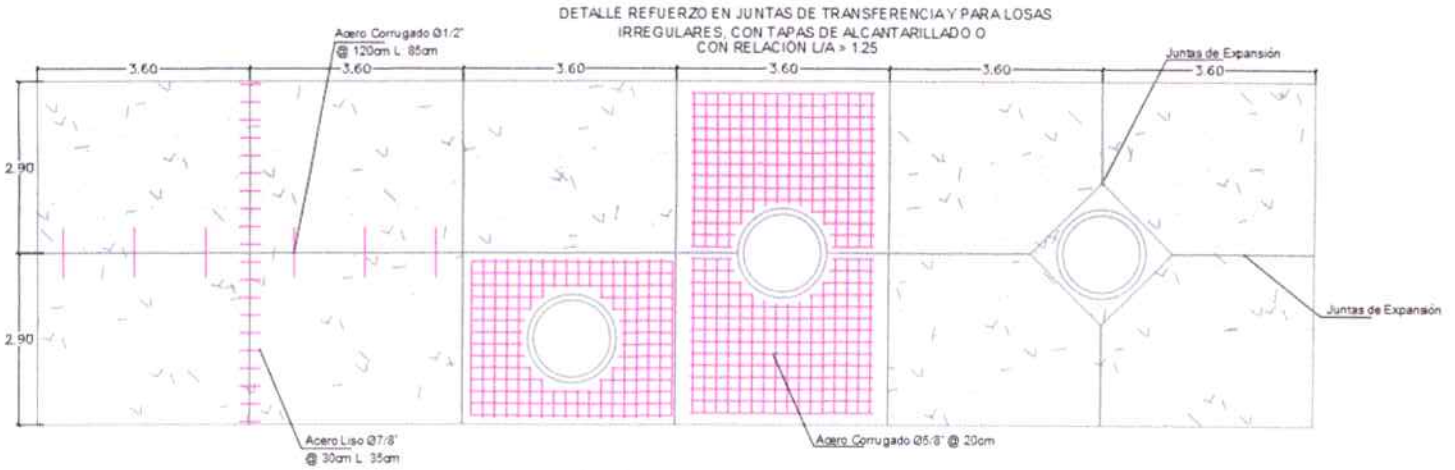


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





1528

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 5.80 m, se realizarán carriles de 2.90 m y el largo de las losas de 3.60 m.

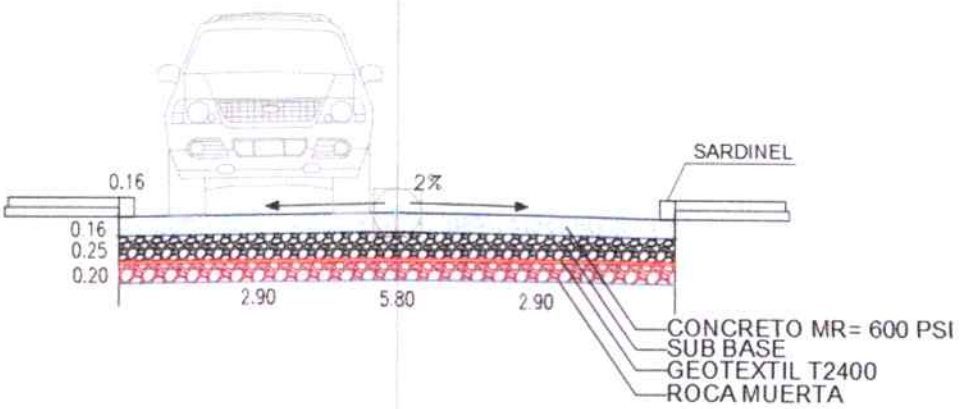


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

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

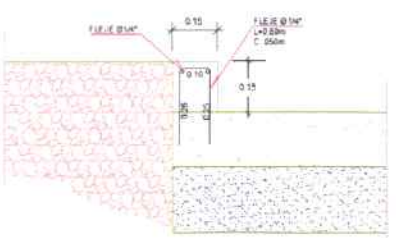


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia





CARRERA 9 ENTRE CALLES 12 Y 13 – B. LAS LAJAS

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 Carrera 9 entre Calles 12 y 13 – Barrio Las Lajas.



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 9 entre calles 12 y 13, del barrio Las Lajas 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 9 entre calles 12 y 13 del barrio Las Lajas, 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 85.00 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 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-oriente del Municipio, en el barrio Las Lajas, con nomenclatura Carrera 9 entre calles 12 y 13.
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 5.60m, longitud de 84.10m, con superficie de rodadura en concreto hidráulico en deficientes condiciones.

Carrera 9 entre calles 12 y 13– B/ Las Lajas

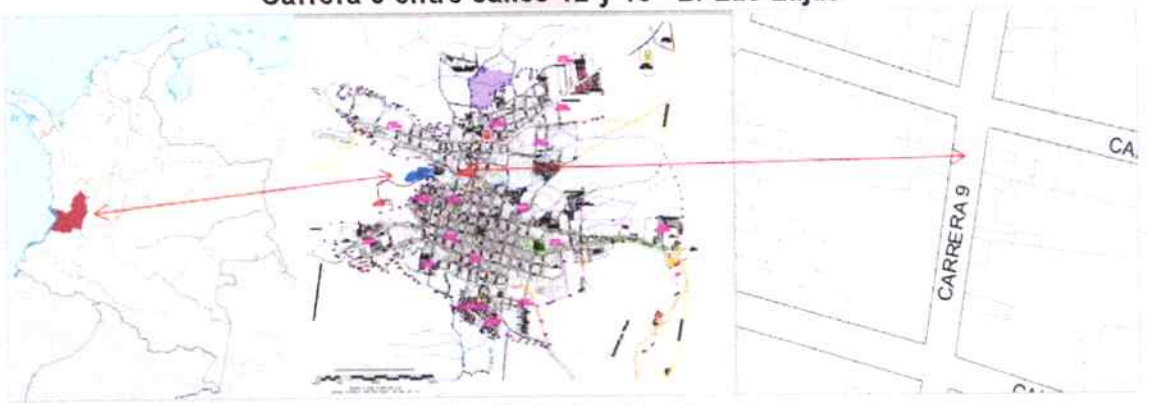


Figura 1. Localización de Zona Por Intervenir.
Fuente: Mapa 58 - PBOT La Unión Valle.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

3. EXPLORACION DE SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO.

Para la exploración del subsuelo se efectuó varios apiques, 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

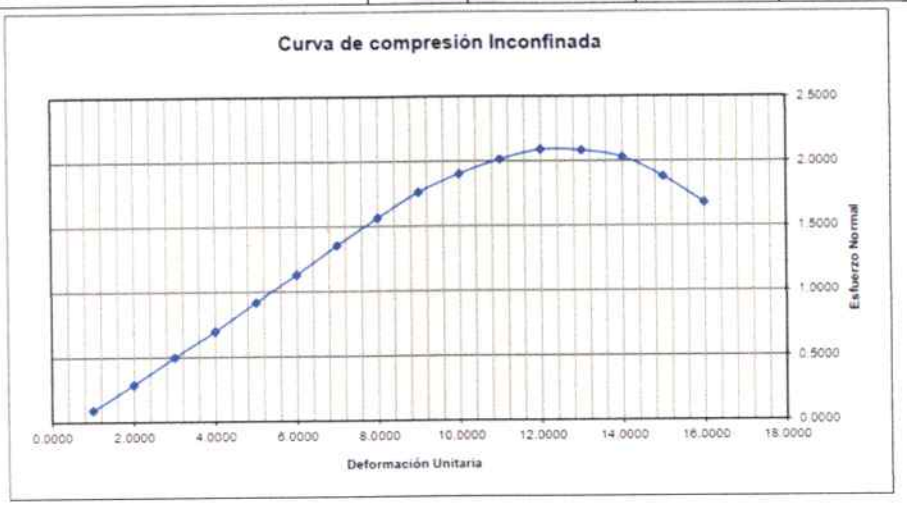
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S8 Carrera 9 entre Calles 12 y 13	0.00 0.10 0.50	0.10 0.50 1.20	Placa Limo vegetal Arenoso, Amarillo grisaceo [25YR 7/2]
S9 Carrera 9 entre Calles 12 y 13	0.00 0.10 0.50	0.10 0.50 1.20	Placa Limo vegetal Limo - arenoso, Amarillo grisaceo [25YR 7/2]

Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S8	Carrera 9 entre Calles 12 y 13	1.00	2.0881	1.964	1.615	6,37%
S9	Carrera 9 entre Calles 12 y 13	1.00	2.3225	1.919	1.590	6.88%



Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada S8
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

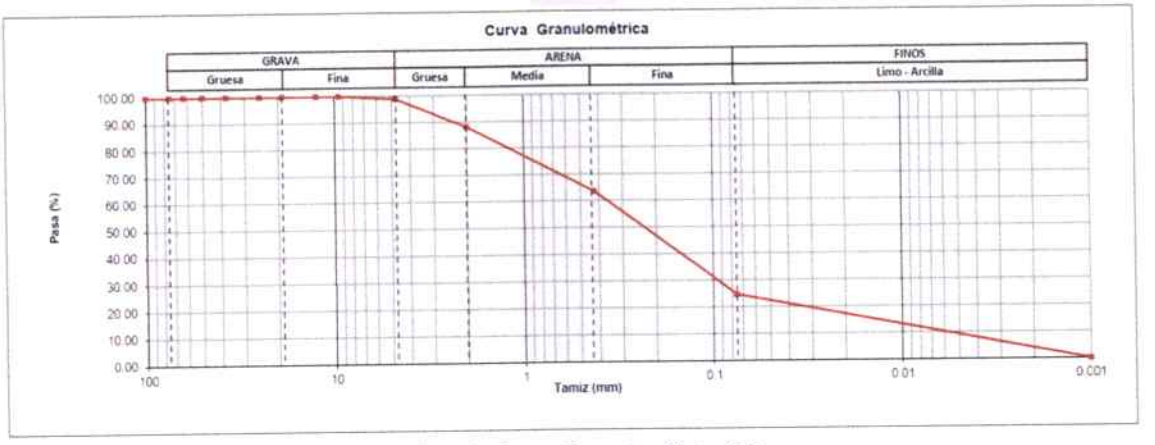
INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 2. Curva de Compresión Inconfinada S9
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

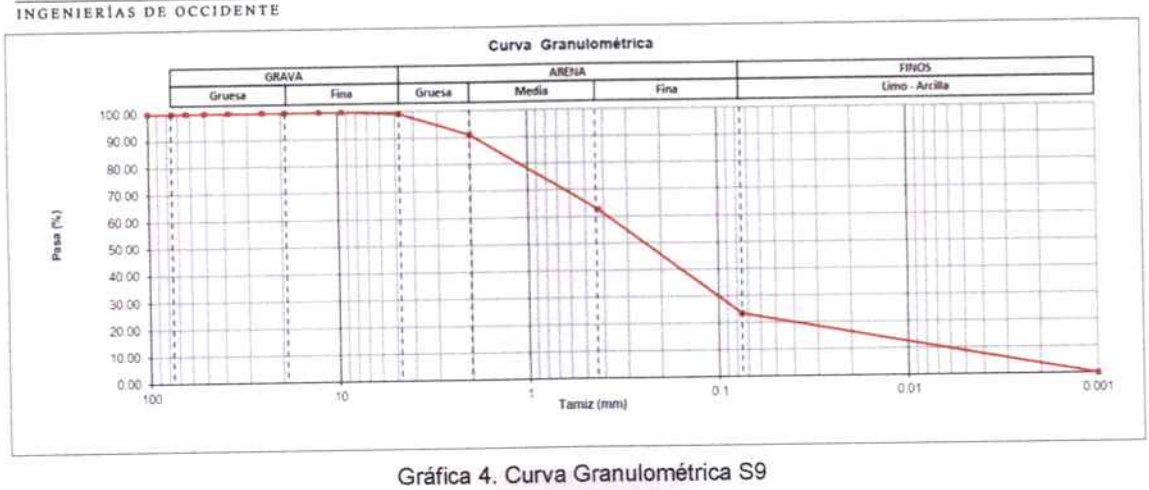
Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S8	Carrera 9 entre Calles 12 y 13	32.36	21.10	11.26	1.18	74.13	24.68	SC
S9	Carrera 9 entre Calles 12 y 13	30.46	23.09	7.36	0.90	76.67	23.44	SC - SM



Gráfica 3. Curva Granulométrica S8
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

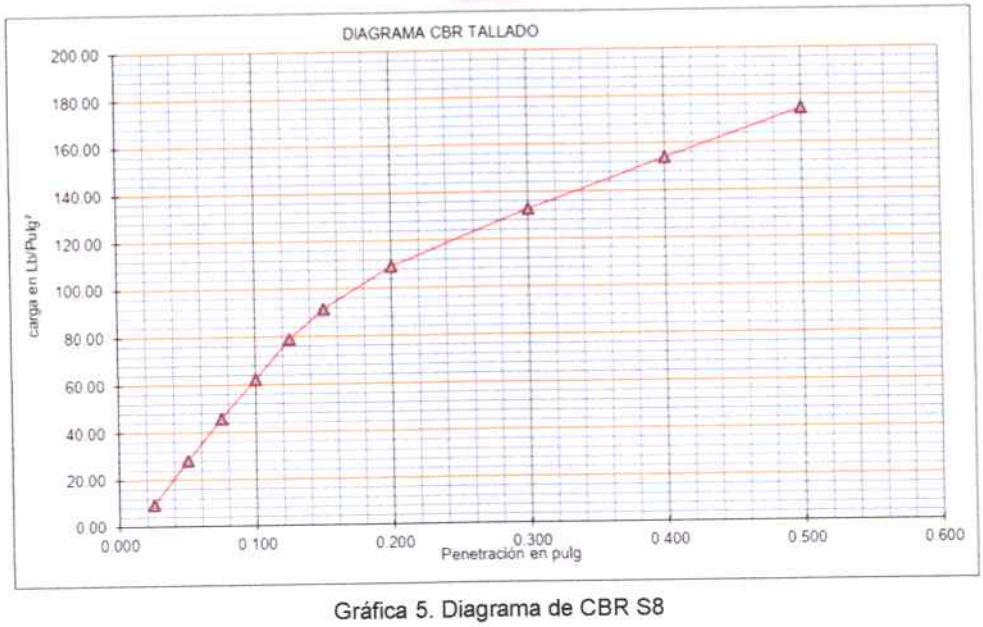
INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 4. Curva Granulométrica S9
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

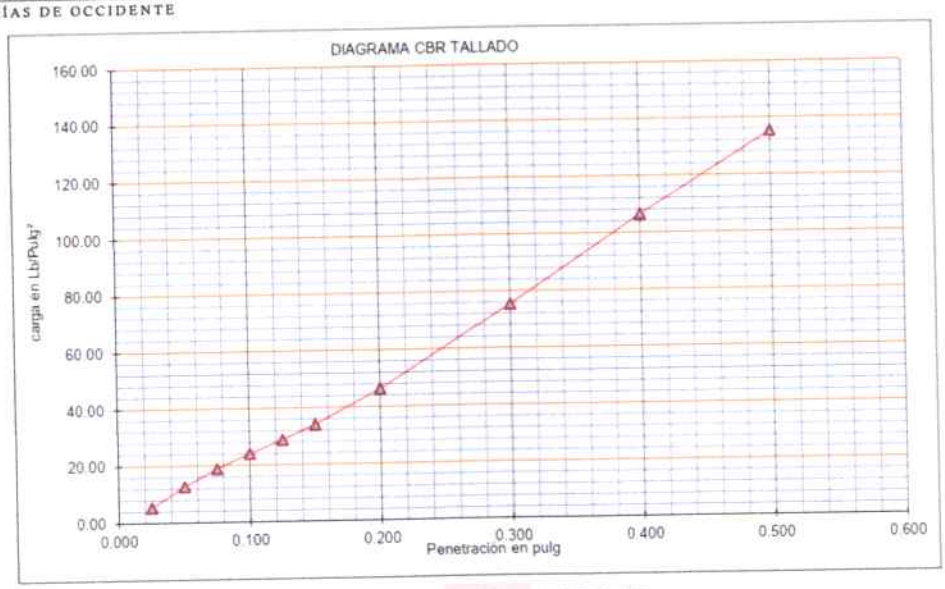
Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S8	Carrera 9 entre Calles 12 y 13	0.50	6.22%	7.27%
S9	Carrera 9 entre Calles 12 y 13	0.50	2.40%	3.09%



Gráfica 5. Diagrama de CBR S8
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 6. Diagrama de CBR S9
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

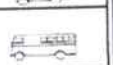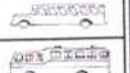
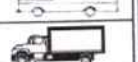
4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

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 25, 26, 27 y 28 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	

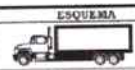
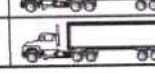
TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C3 Y C4	CAMION C3	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
> C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

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

1541

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 1. Aforo vehicular 25/02/22

25 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	1	23	0	1	0	0	0	29
7:30-8:00	15	0	35	1	1	0	0	0	52
8:00-8:30	23	2	47	3	3	0	0	0	78
8:30-9:00	32	0	70	1	2	0	0	0	105
9:00-9:30	30	1	75	8	0	0	0	0	114
9:30-10:00	41	0	60	1	0	0	0	0	102
10:00-10:30	12	0	40	0	0	0	0	0	52
10:30-11:00	17	0	30	0	1	0	0	0	48
11:00-11:30	26	0	51	0	0	0	0	0	77
11:30-12:00	59	0	47	4	2	0	0	0	112
12:00-12:30	30	0	61	3	0	0	0	0	94
12:30-13:00	36	0	73	0	0	0	0	0	109
13:00-13:30	17	0	39	6	0	0	0	0	62
13:30-14:00	12	2	60	1	0	0	0	0	75
14:00-14:30	42	0	57	0	0	0	0	0	99
14:30-15:00	33	0	67	0	0	0	0	0	100
15:00-15:30	22	0	60	0	0	0	0	0	82
15:30-16:00	20	0	38	7	2	1	0	0	68
16:00-16:30	12	0	34	1	0	0	0	0	47
16:30-17:00	16	0	40	0	0	0	0	0	56
17:00-17:30	21	0	46	0	0	0	0	0	67
17:30-18:00	17	0	26	0	0	0	0	0	43
TOTAL	537	6	1079	36	12	1	0	0	1671
COMPOSICION VEHICULAR	32,14%	0,36%	64,57%	2,15%	0,72%	0,06%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 2. Aforo vehicular 26/02/22

26 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	33	0	1	0	0	0	40
7:30-8:00	10	0	38	0	0	0	0	0	48
8:00-8:30	13	0	41	0	1	0	0	0	55
8:30-9:00	17	0	46	1	0	0	0	0	64
9:00-9:30	23	0	52	1	2	0	0	0	78
9:30-10:00	25	2	48	1	1	0	0	0	77
10:00-10:30	28	1	59	4	0	0	0	0	92
10:30-11:00	31	1	61	0	0	0	0	0	93
11:00-11:30	35	0	67	1	1	0	0	0	104
11:30-12:00	37	0	71	1	0	0	0	0	109
12:00-12:30	41	0	65	0	1	0	0	0	107
12:30-13:00	38	1	58	0	2	0	0	0	99
13:00-13:30	25	0	62	1	0	0	0	0	88
13:30-14:00	28	0	57	2	0	0	0	0	87
14:00-14:30	36	0	51	1	1	0	0	0	89
14:30-15:00	58	1	49	0	0	0	0	0	108
15:00-15:30	48	0	47	1	1	0	0	0	97
15:30-16:00	35	2	35	0	0	0	0	0	72
16:00-16:30	23	0	29	1	1	0	0	0	54
16:30-17:00	17	1	19	0	1	0	0	0	38
17:00-17:30	9	0	15	1	0	0	0	0	25
17:30-18:00	15	0	22	0	0	0	0	0	37
TOTAL	598	9	1025	16	13	0	0	0	1661
COMPOSICION VEHICULAR	36,00%	0,54%	61,71%	0,96%	0,78%	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 27/02/22

27 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	29	0	1	0	0	0	39
7:30-8:00	12	0	33	0	0	0	0	0	45
8:00-8:30	22	1	39	0	1	0	0	0	63
8:30-9:00	23	0	45	1	0	0	0	0	69
9:00-9:30	31	2	36	1	2	0	0	0	72
9:30-10:00	34	1	41	1	1	0	0	0	78
10:00-10:30	36	0	46	2	0	1	0	0	85
10:30-11:00	48	0	51	0	0	0	0	0	99
11:00-11:30	46	0	48	0	0	0	0	0	94
11:30-12:00	39	2	55	1	0	0	0	0	97
12:00-12:30	42	1	59	0	0	0	0	0	102
12:30-13:00	47	1	61	1	0	0	0	0	110
13:00-13:30	51	0	57	0	1	1	0	0	110
13:30-14:00	48	0	62	1	1	0	0	0	112
14:00-14:30	33	0	69	0	2	0	0	0	104
14:30-15:00	29	0	55	0	0	0	0	0	84
15:00-15:30	25	1	53	2	0	0	0	0	81
15:30-16:00	22	0	48	1	0	0	0	0	71
16:00-16:30	19	0	42	2	1	0	0	0	64
16:30-17:00	25	0	39	1	1	0	0	0	66
17:00-17:30	18	1	41	0	1	0	0	0	61
17:30-18:00	15	0	32	0	0	0	0	0	47
TOTAL	673	11	1041	14	12	2	0	0	1753
COMPOSICION VEHICULAR	38,39%	0,63%	59,38%	0,80%	0,68%	0,11%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 4. Aforo Vehicular 28/02/22

28 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	19	1	54	0	1	0	0	0	75
7:30-8:00	44	0	34	0	0	0	0	0	78
8:00-8:30	20	1	51	0	1	0	0	0	73
8:30-9:00	34	0	58	1	0	0	0	0	93
9:00-9:30	27	2	60	1	2	0	0	0	92
9:30-10:00	31	1	59	1	1	0	0	0	93
10:00-10:30	32	0	22	2	0	1	0	0	57
10:30-11:00	20	0	38	0	0	0	0	0	58
11:00-11:30	28	0	22	0	0	0	0	0	50
11:30-12:00	35	2	43	1	0	0	0	0	81
12:00-12:30	26	1	60	0	0	0	0	0	87
12:30-13:00	39	1	32	1	0	0	0	0	73
13:00-13:30	41	1	63	0	1	1	0	0	107
13:30-14:00	46	2	52	1	1	0	0	0	102
14:00-14:30	34	1	42	0	2	0	0	0	79
14:30-15:00	38	0	35	0	0	0	0	0	73
15:00-15:30	41	0	26	2	0	0	0	0	69
15:30-16:00	47	2	61	1	0	0	0	0	111
16:00-16:30	20	1	24	2	1	0	0	0	48
16:30-17:00	20	0	27	1	1	0	0	0	49
17:00-17:30	28	1	49	0	1	0	0	0	79
17:30-18:00	42	0	38	0	0	0	0	0	80
TOTAL	712	17	950	14	12	2	0	0	1707
COMPOSICION VEHICULAR	41,71%	1,00%	55,65%	0,82%	0,70%	0,12%	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

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.

$$TPDC = \frac{55 + 38 + 39 + 45 * 4}{7} = 45\ vehículos\ comerciales$$

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.

FACTORES DE DAÑO		
TIPO DE VEHICULO	VACIO	CARGADO
Auto	-	-
Bus	-	1
C2P	0,01	1,01
C2G	0,08	2,72
C3-4	0,24	3,72
C5	0,25	4,88
>C6	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	14	29,79%
C2P	18	38,30%
C2G	13	27,66%
C3-4	2	4,26%
C5	0	0,00%
>C6	0	0,00%

Fuente: Propia.

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

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

$$NESE80KNañobase = 365 * 45 * [0.2979 * 1 + 0.383 * 1.01 + 0.2766 * 2.72 + 0.0426 * 3.72] * 1$$

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	45,00
NESE80KNañobase	26204,00
NESEacumulado	714621
NESE 90	828087
NESEdiseño	1235506

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.

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

En donde:

a. W18: Número de ejes sencillos de 18 Kips (80KN) a lo largo del periodo de diseño: **1235506**

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**

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

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

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

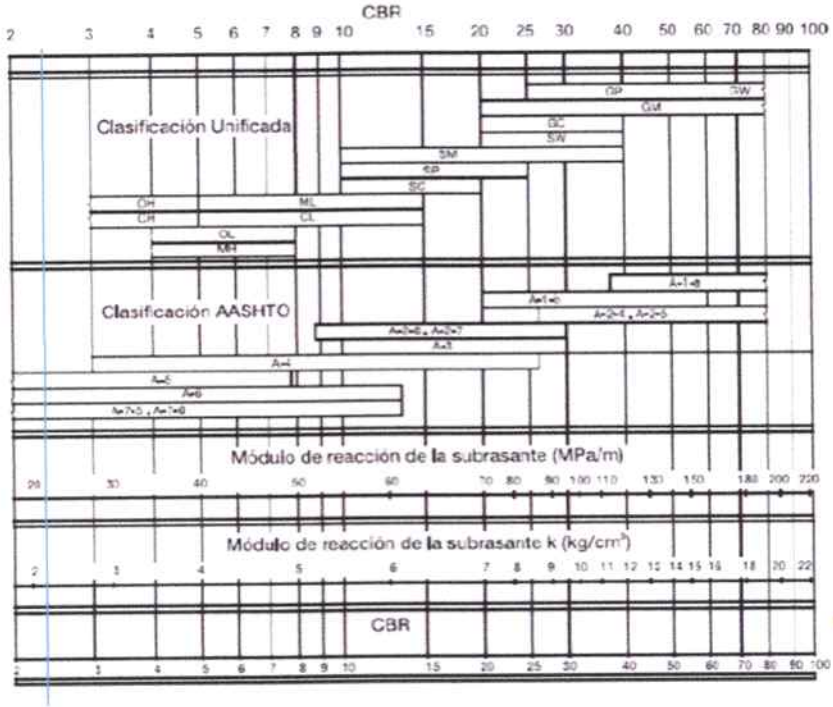
Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi): **4536510,74 psi**

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

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

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

k. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (2.40%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **22.51Mpa/m – 82.16 pci**



Gráfica 7. 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:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 2.40 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{22.51} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

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:

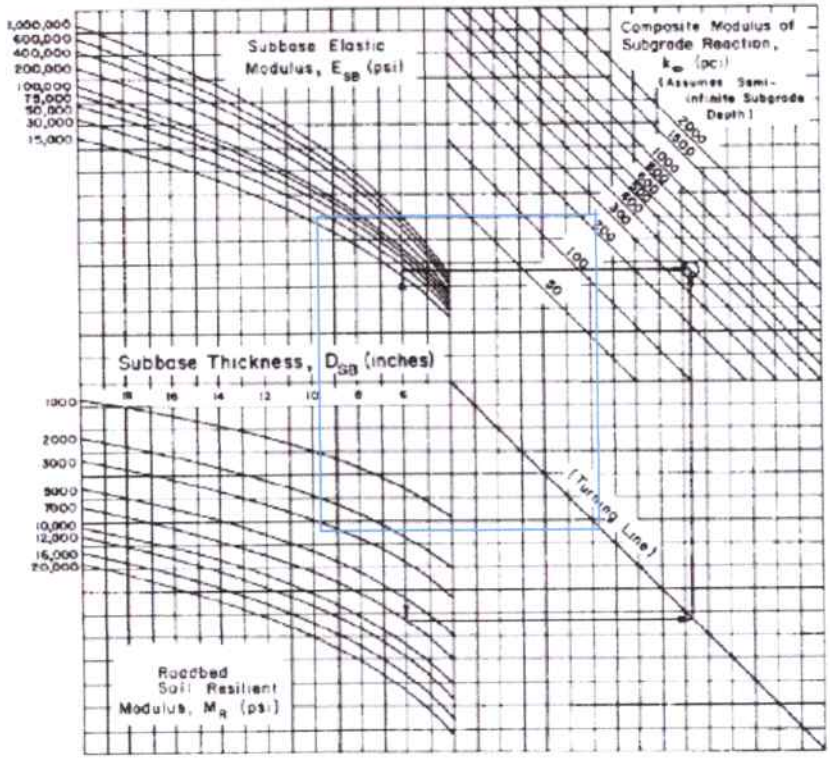
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 2.40\% = 240 \frac{kg}{cm^2} = 3414\ psi$$

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 (2.4%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **22.51Mpa/m – 82.16 pci**
La sub-base granular tendrá 250 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 (3414 psi)

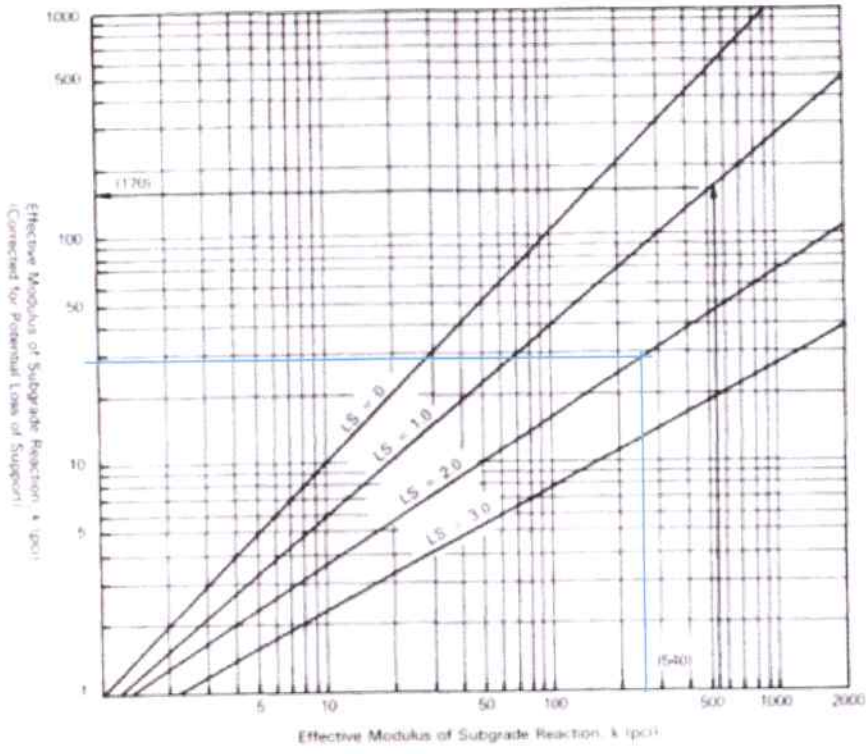


Gráfica 8. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

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 **260 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 **29 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	1235506	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)	82,16	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

$$\log(1235506) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510}{29}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 8.03" =20.40cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 8.03", equivalentes a 20.40cm, sin embargo, por practicidad en obra, se recomienda el uso de un espesor de 210 mm. por lo cual se recomienda utilizar este espesor.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

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=2.40%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 2.40 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{22.51} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

- 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

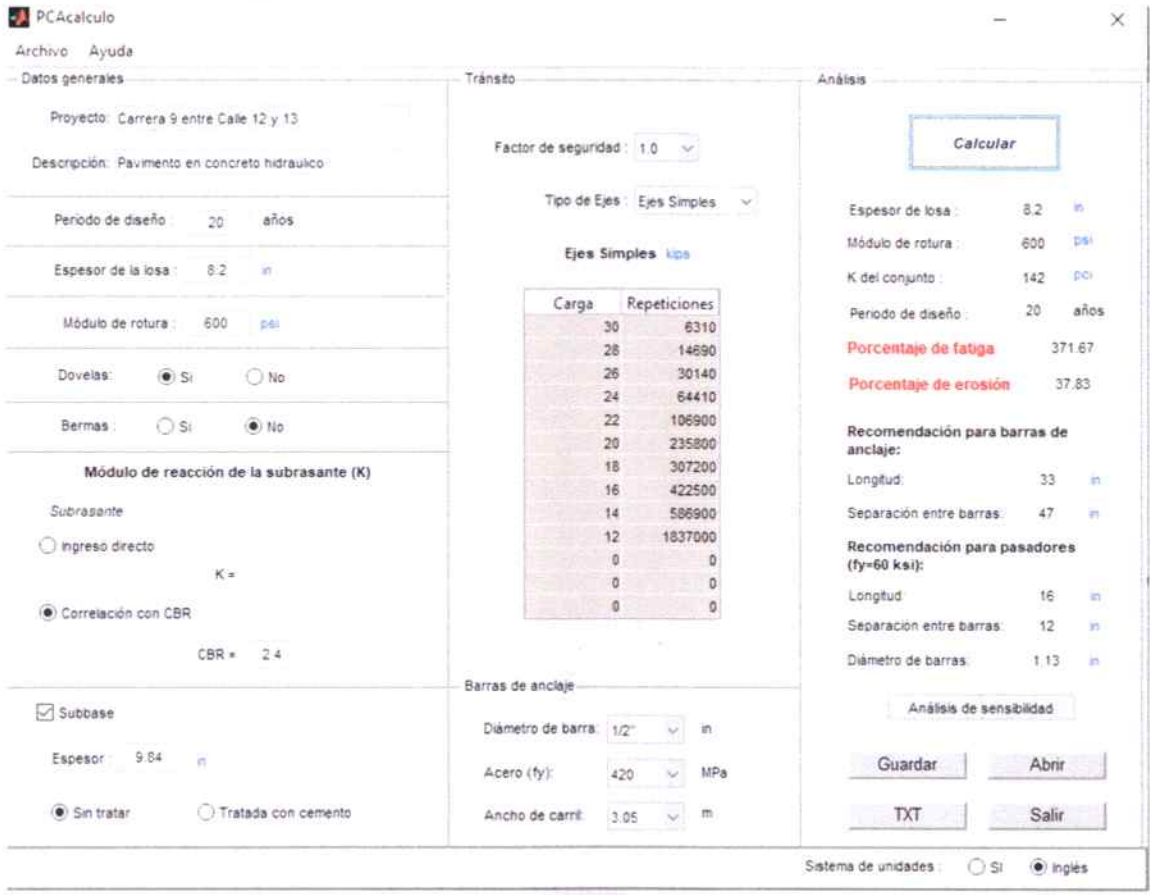


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.3. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO –CARRERA 9 ENTRE CALLE 12 Y 13, BARRIO LAS LAJAS

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

- Losa de concreto hidráulico: 210 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.
- Mejoramiento del terreno con capa de afirmado con espesor de 200mm por recomendación del especialista en Geotecnia.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.4. 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	0,65	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 600 PSI: 210 mm de espesor
- Sub-base: 250 mm de espesor
- Geotextil T2400 a lo largo y ancho de la vía.
- Mejoramiento del terreno con capa de afirmado con espesor de 200mm
- Junta longitudinal, Varillas corrugadas de Φ ½, longitud de 85 cm y separadas cada 120 cm.
- Junta transversal, Acero liso de Φ1 1/8" con longitud de 0.40m 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.

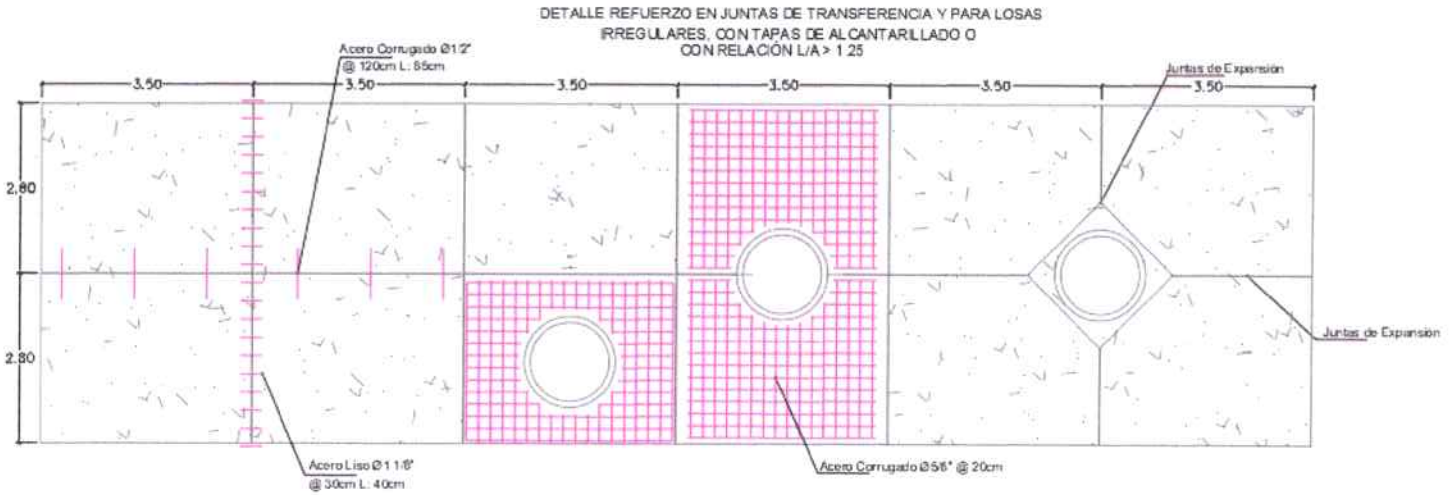


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





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 5.60 m, se realizarán carriles de 2.80 m y el largo de las losas de 3.50 m.

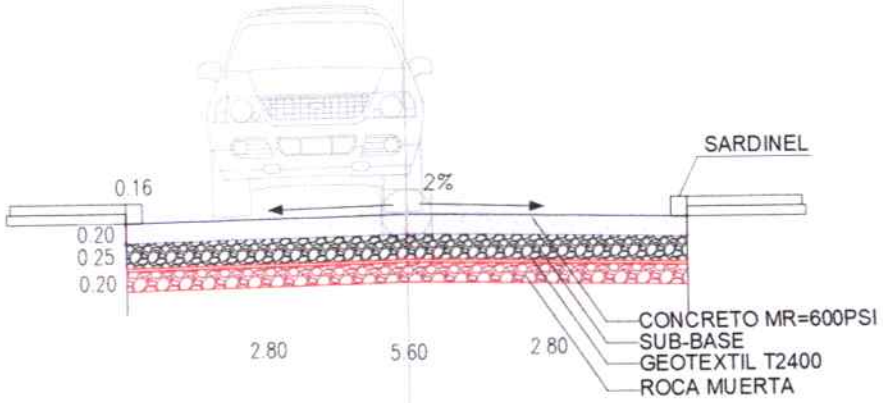


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

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:

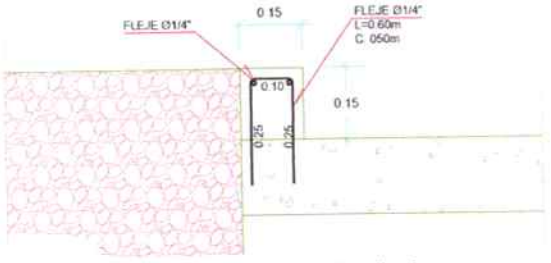


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia





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

1560

CARRERA 8 ENTRE CALLES 12 Y 14, BARRIO LAS LAJAS

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

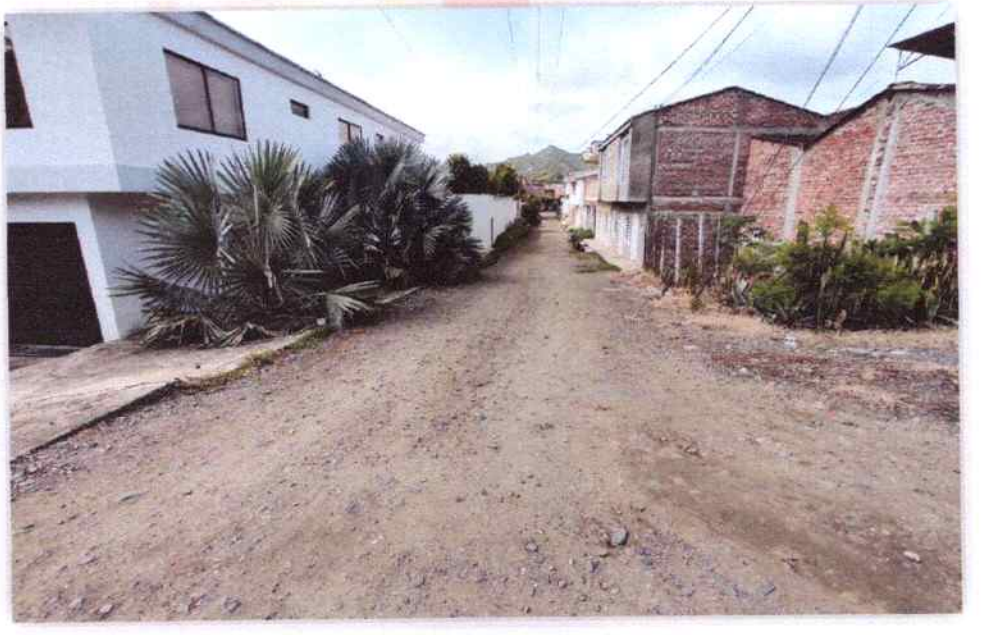
CONTRATO CON-001-2022

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 Carrera 8 entre Calles 12 y 14 – Barrio Las Lajas.



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 8 entre Calles 12 y 14, del barrio Las Lajas 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 Carrera 8 entre Calles 12 y 14 del barrio Las Lajas, 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 182 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 Las Lajas, con nomenclatura Carrera 8 entre Calles 12 y 14.

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 4.40 m, longitud de 181.2 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

CARRERA 8 ENTRE CALLES 12 Y 14– B/ LAS LAJAS

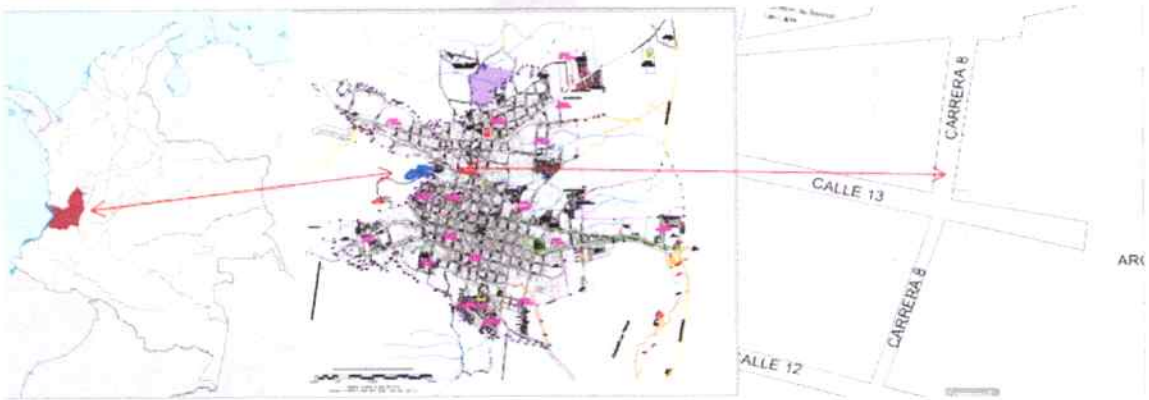


Figura 1. Localización de Zona Por Intervenir.
Fuente: Mapa 58 - PBOT La Unión Valle.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

3. EXPLORACION DE SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO.

Para la exploración del subsuelo se efectuaron cuatro apiques, alcanzando profundidades de 1.20 y 1.50 metros, 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	
S4 Carrera 8 entre Calles 12 y 14	0.00 1.00	1.00 1.50	Lleno, Marrón [25YR 4/4] Arcillo - arenoso, Amarillento [25YR 7/6]
S5 Carrera 8 entre Calles 12 y 14	0.00 1.00	1.00 1.50	Lleno Arcillo - arenoso, Amarillento [25YR 7/6]
S6 Carrera 8 entre Calles 12 y 14	0.00 0.05 0.50 0.80	0.05 0.50 0.80 1.20	Escombros Lleno, Amarillo pálido [25YR 8/3] Arcillo - arenoso, Gris claro [10YR 8/1] Arenoso, Gris claro [25YR 8/1]
S7 Carrera 8 entre Calles 12 y 14	0.00 0.05 0.50	0.05 0.50 1.20	Escombros Limo vegetal Arenoso, Amarillo grisaceo [25YR 7/2]

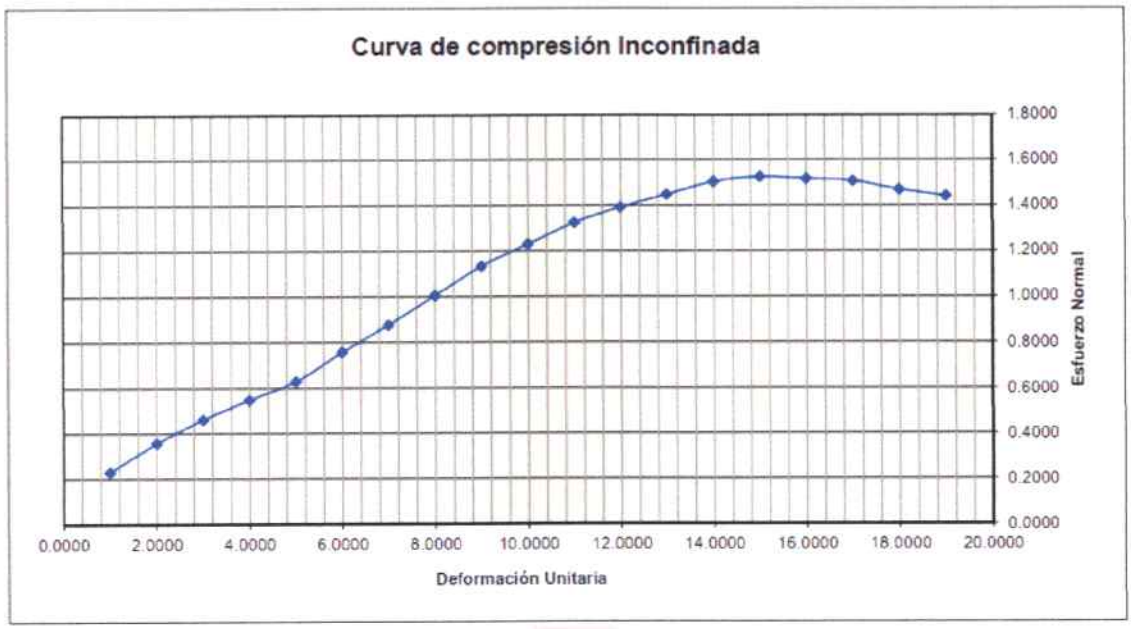
Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S4	Carrera 8 entre Calles 12 y 14	0.50	1.5266	2.000	1.711	7,99%
S5	Carrera 8 entre Calles 12 y 14	1.00	2.6217	1.936	1.627	5.86%
S6	Carrera 8 entre Calles 12 y 14	1.00	3.0324	1.919	1.591	12.77%
S7	Carrera 8 entre Calles 12 y 14	1.00	1.7637	1.7637	1.594	15.95%

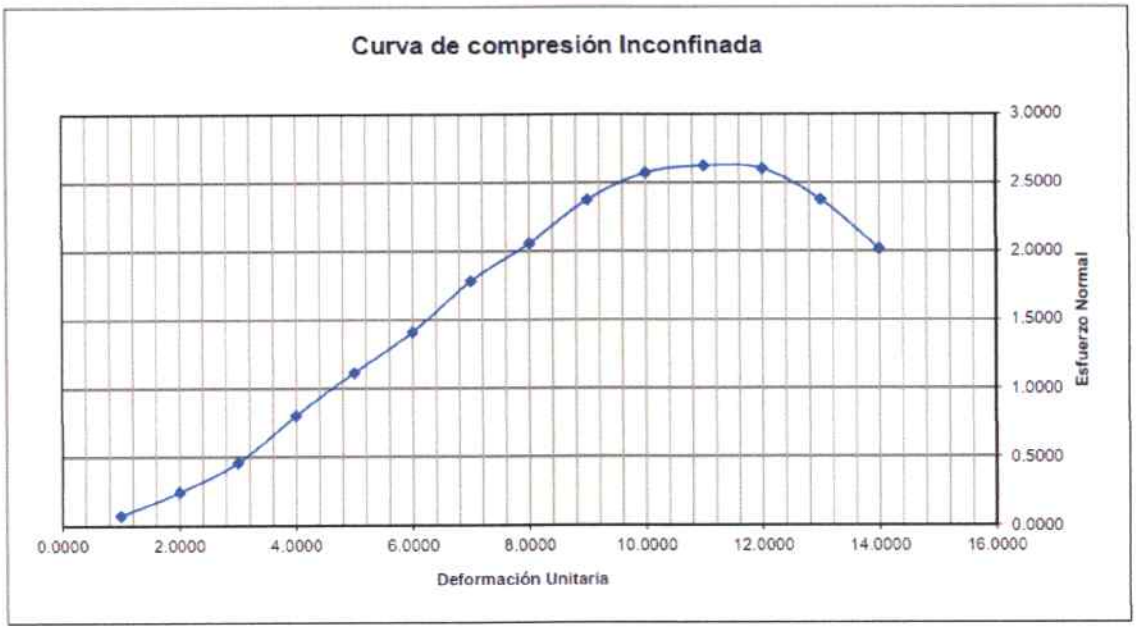




INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

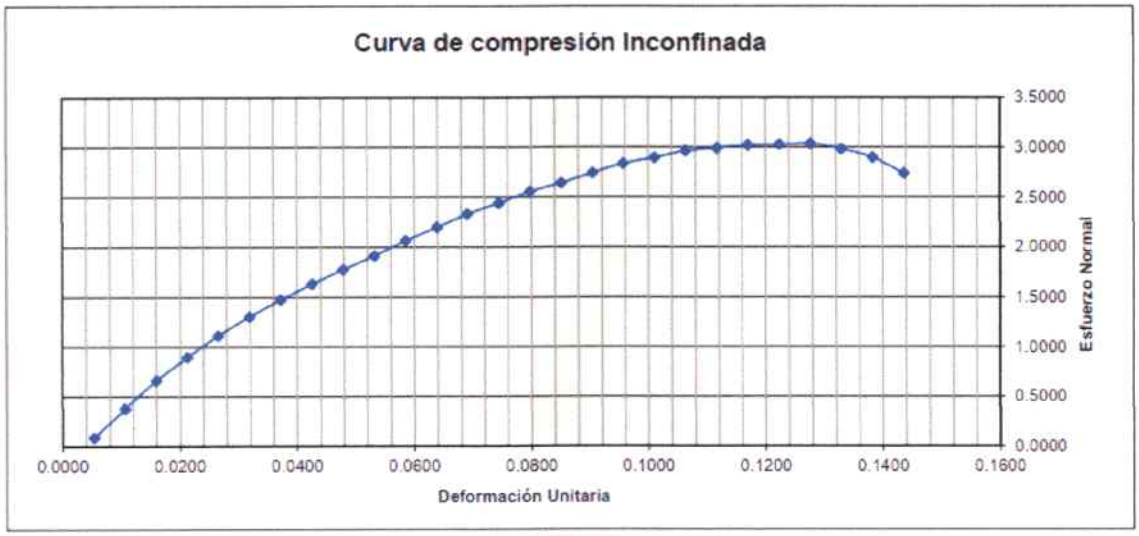


Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada S4
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

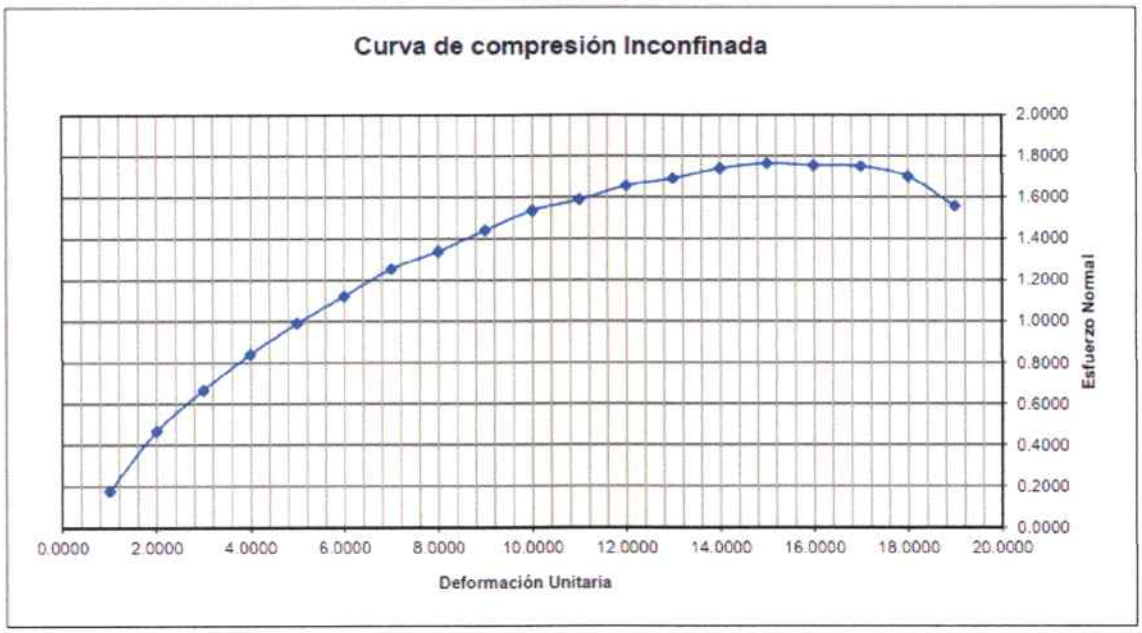


Gráfica 2. Curva de Compresión Inconfinada S5
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 3. Curva de Compresión Inconfinada S6
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

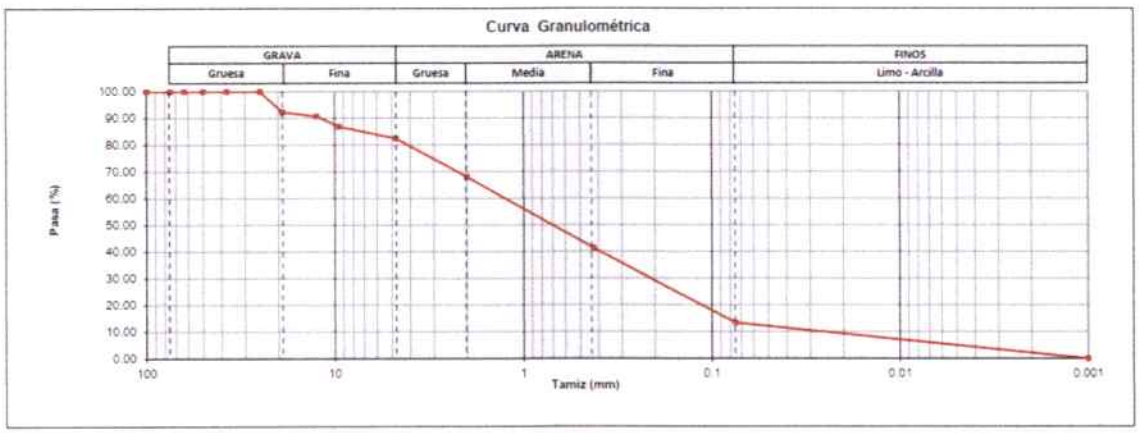


Gráfica 4. Curva de Compresión Inconfinada S7
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

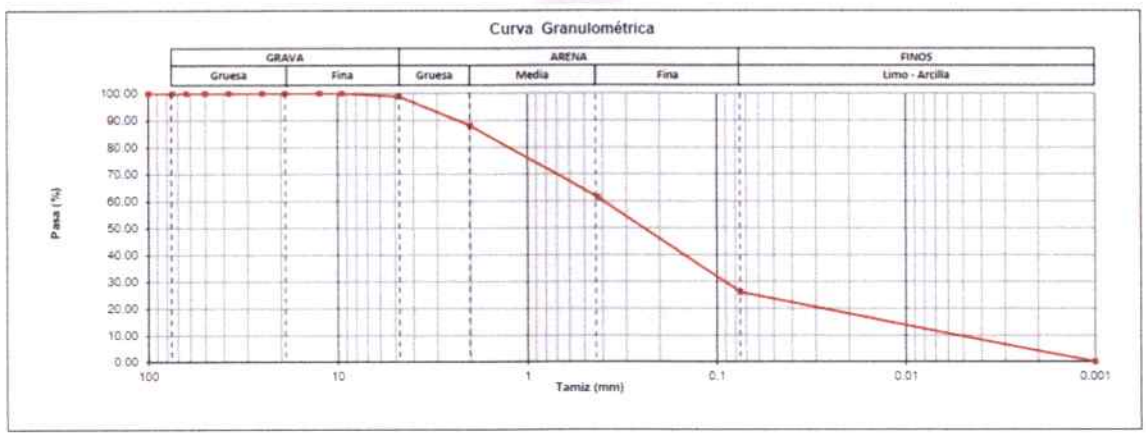
INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S4	Carrera 8 entre Calles 12 y 14	24.73	20.46	4.26	17.65	69.06	13.29	SC – SM
S5	Carrera 8 entre Calles 12 y 14	30.83	21.05	9.78	1.25	72.68	26.08	SC
S6	Carrera 8 entre Calles 12 y 14	29.22	19.29	9.93	2.08	72.71	25.21	SC
S7	Carrera 8 entre Calles 12 y 14	31.86	22.98	8.88	0.88	72.31	26.80	SC

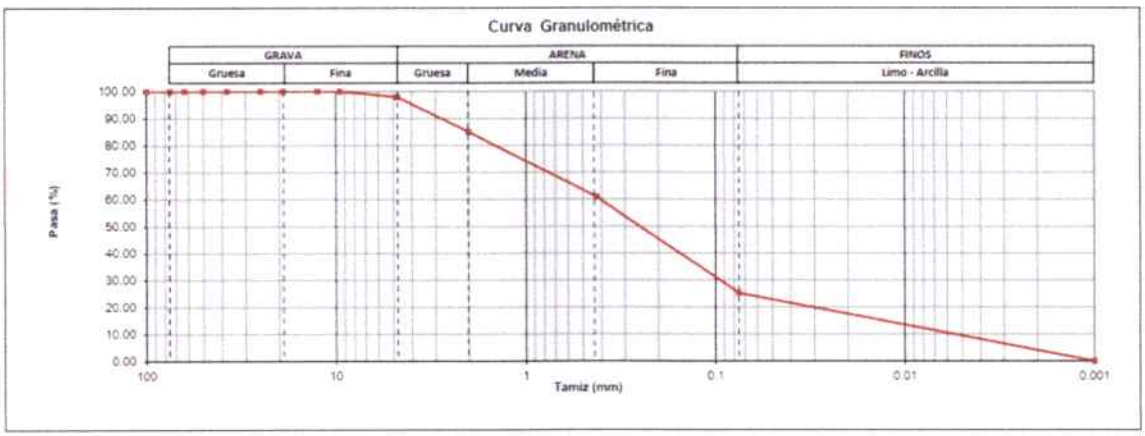


Gráfica 5. Curva Granulométrica S4
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

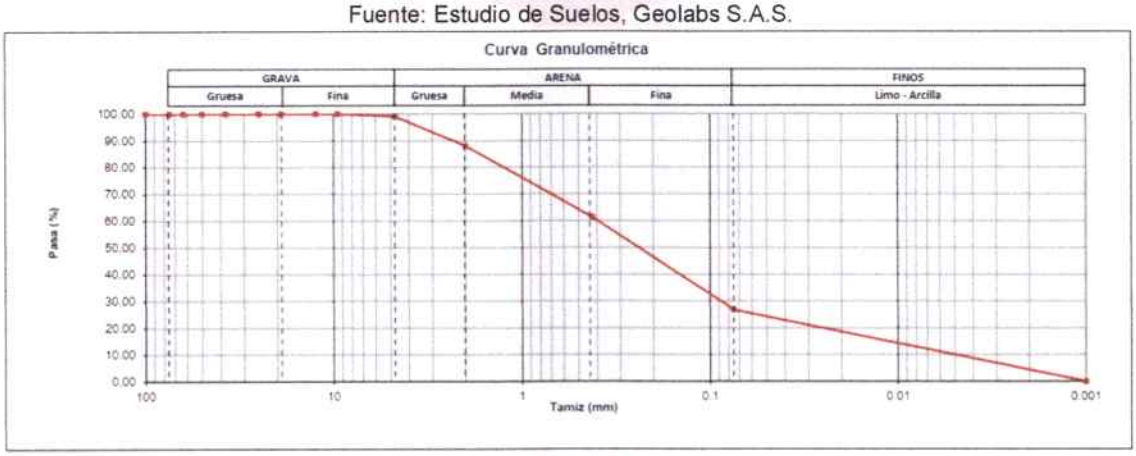


Gráfica 6. Curva Granulométrica S5
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 7. Curva Granulométrica S6
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

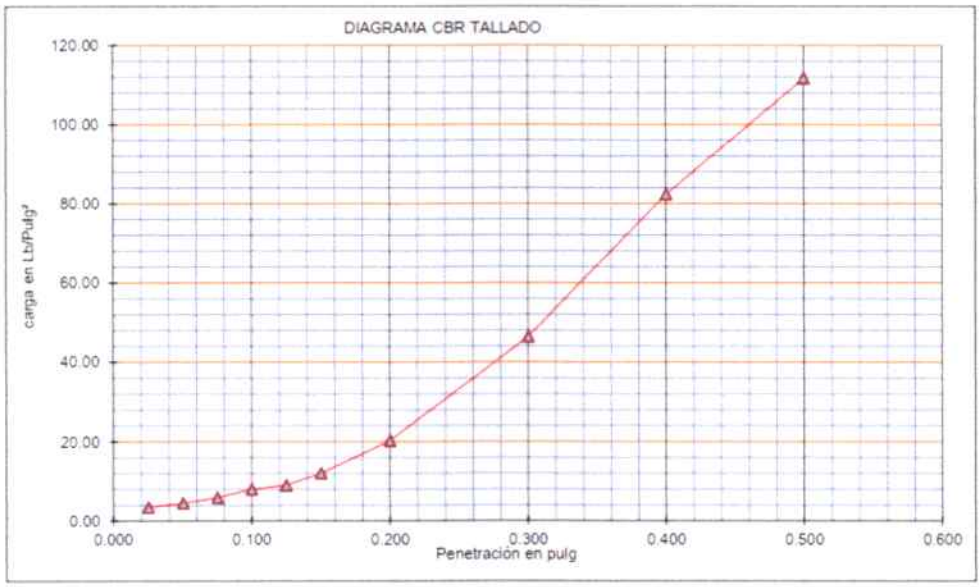


Gráfica 8. Curva Granulométrica S7
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

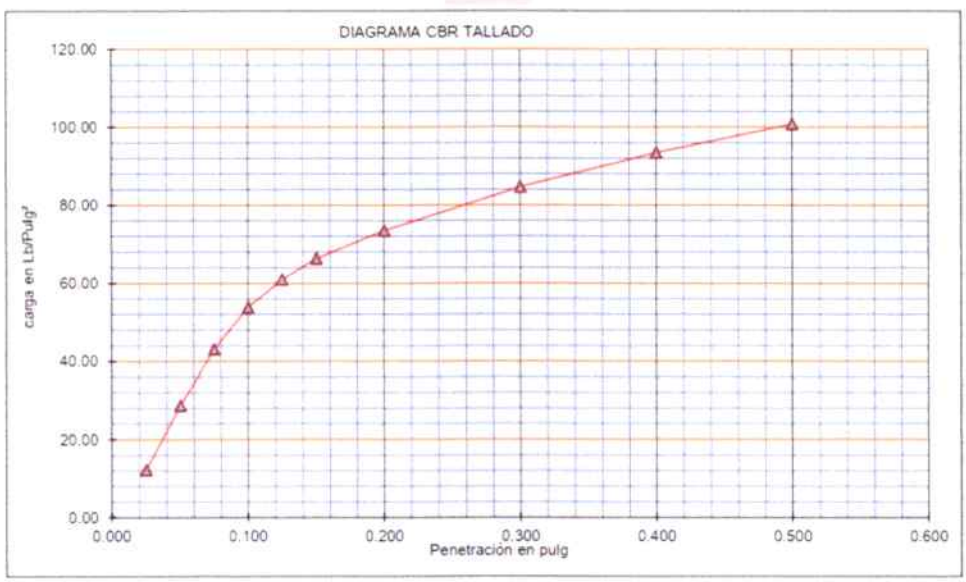
Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S4	Carrera 8 entre Calles 12 y 14	0.50	0.80%	1.35%
S5	Carrera 8 entre Calles 12 y 14	0.50	5.38%	4.90%
S6	Carrera 8 entre Calles 12 y 14	0.50	5.98%	5.55%
S7	Carrera 8 entre Calles 12 y 14	0.50	0.82%	1.85%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

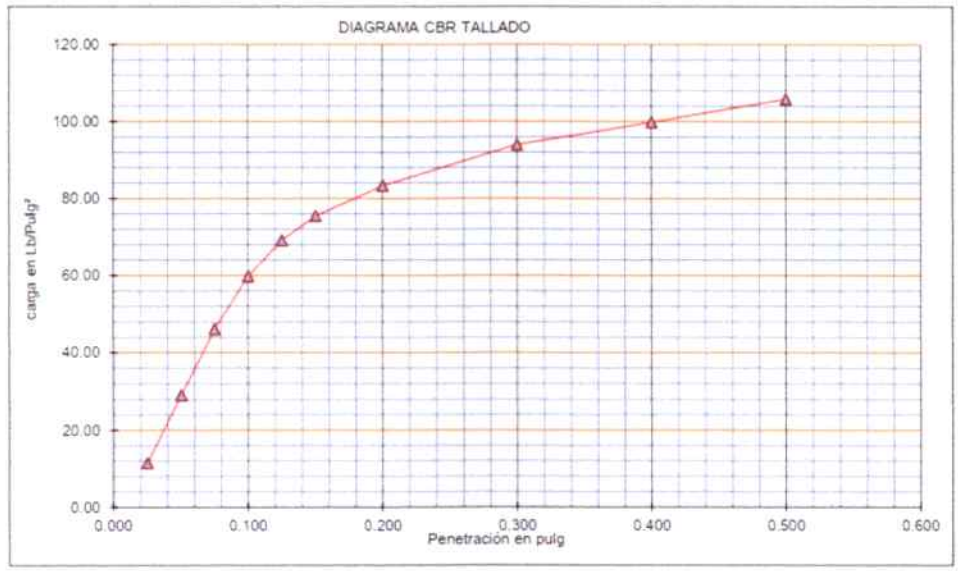


Gráfica 9. Diagrama de CBR S4
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

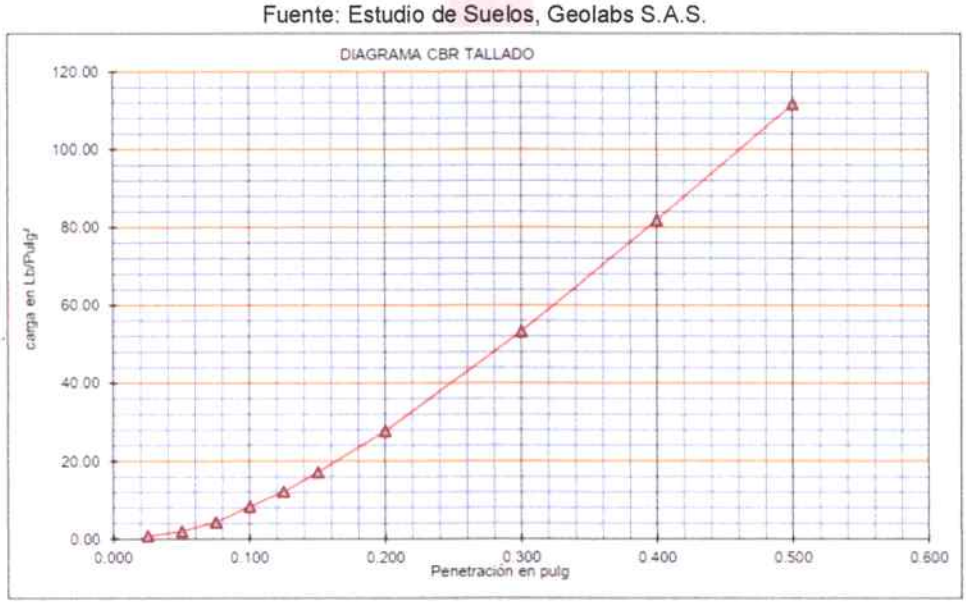


Gráfica 10. Diagrama de CBR S5
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 11. Diagrama de CBR S6
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.



Gráfica 12. Diagrama de CBR S7
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 25, 26, 27 y 28 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 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 25/02/22

25 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	0	10	0	0	0	0	0	14
7:30-8:00	2	0	6	2	0	0	0	0	10
8:00-8:30	11	1	15	3	0	0	0	0	30
8:30-9:00	1	0	5	2	0	0	0	0	8
9:00-9:30	3	0	7	1	0	0	0	0	11
9:30-10:00	1	0	2	0	0	0	0	0	3
10:00-10:30	1	0	0	0	0	0	0	0	1
10:30-11:00	0	0	4	1	0	0	0	0	5
11:00-11:30	2	0	3	0	0	0	0	0	5
11:30-12:00	0	0	4	2	0	0	0	0	6
12:00-12:30	2	1	10	1	0	0	0	0	14
12:30-13:00	0	0	13	0	0	0	0	0	13
13:00-13:30	5	0	3	0	0	0	0	0	8
13:30-14:00	1	0	7	0	0	0	0	0	8
14:00-14:30	4	0	9	0	0	0	0	0	13
14:30-15:00	0	0	4	0	0	0	0	0	4
15:00-15:30	0	0	4	1	0	0	0	0	5
15:30-16:00	1	0	2	1	0	0	0	0	4
16:00-16:30	0	0	8	0	0	0	0	0	8
16:30-17:00	2	0	1	0	0	0	0	0	3
17:00-17:30	0	0	3	2	0	0	0	0	5
17:30-18:00	3	0	6	0	0	0	0	0	9
TOTAL	43	2	126	16	0	0	0	0	187
COMPOSICION VEHICULAR	22.99%	1.07%	67.38%	8.56%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%

Tabla 2. Aforo vehicular 26/02/22

26 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	12	1	0	0	0	0	18
7:30-8:00	6	0	7	0	0	0	0	0	13
8:00-8:30	3	0	9	2	0	0	0	0	14
8:30-9:00	2	0	6	0	0	0	0	0	8
9:00-9:30	1	0	5	2	0	0	0	0	8
9:30-10:00	1	0	3	1	0	0	0	0	5
10:00-10:30	5	0	2	2	0	0	0	0	9
10:30-11:00	7	0	2	0	0	0	0	0	9
11:00-11:30	4	0	4	1	0	0	0	0	9
11:30-12:00	3	0	7	0	0	0	0	0	10
12:00-12:30	1	0	2	1	0	0	0	0	4
12:30-13:00	1	0	2	0	0	0	0	0	3
13:00-13:30	2	0	1	0	0	0	0	0	3
13:30-14:00	3	0	1	0	0	0	0	0	4
14:00-14:30	5	0	3	0	0	0	0	0	8
14:30-15:00	3	0	2	0	0	0	0	0	5
15:00-15:30	4	1	3	0	0	0	0	0	8
15:30-16:00	2	0	1	2	0	0	0	0	5
16:00-16:30	3	0	1	1	0	0	0	0	5
16:30-17:00	2	0	2	0	0	0	0	0	4
17:00-17:30	1	0	5	0	0	0	0	0	6
17:30-18:00	1	0	2	0	0	0	0	0	3
TOTAL	65	1	82	13	0	0	0	0	161
COMPOSICION VEHICULAR	40.37%	0.62%	50.93%	8.07%	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 27/02/22

27 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	0	9	0	0	0	0	0	13
7:30-8:00	3	0	6	0	0	0	0	0	9
8:00-8:30	2	0	5	0	0	0	0	0	7
8:30-9:00	2	0	7	2	0	0	0	0	11
9:00-9:30	1	0	4	2	0	0	0	0	7
9:30-10:00	1	0	2	1	0	0	0	0	4
10:00-10:30	6	0	1	1	0	0	0	0	8
10:30-11:00	4	0	2	2	0	0	0	0	8
11:00-11:30	3	0	4	0	0	0	0	0	7
11:30-12:00	2	0	3	0	0	0	0	0	5
12:00-12:30	2	0	2	0	0	0	0	0	4
12:30-13:00	1	0	2	1	0	0	0	0	4
13:00-13:30	0	0	1	2	0	0	0	0	3
13:30-14:00	1	0	2	1	0	0	0	0	4
14:00-14:30	0	0	4	2	0	0	0	0	6
14:30-15:00	1	0	5	0	0	0	0	0	6
15:00-15:30	1	0	3	0	0	0	0	0	4
15:30-16:00	2	0	2	2	0	0	0	0	6
16:00-16:30	1	0	7	1	0	0	0	0	9
16:30-17:00	2	0	4	0	0	0	0	0	6
17:00-17:30	1	0	2	0	0	0	0	0	3
17:30-18:00	2	0	5	0	0	0	0	0	7
TOTAL	42	0	82	17	0	0	0	0	141
COMPOSICION VEHICULAR	29.79%	0.00%	58.16%	12.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%

Tabla 4. Aforo Vehicular 28/02/22

28 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	0	9	0	0	0	0	0	13
7:30-8:00	3	0	6	0	0	0	0	0	9
8:00-8:30	2	0	5	0	0	0	0	0	7
8:30-9:00	2	0	7	2	0	0	0	0	11
9:00-9:30	1	0	4	2	0	0	0	0	7
9:30-10:00	2	0	2	1	0	0	0	0	5
10:00-10:30	2	0	1	1	0	0	0	0	4
10:30-11:00	1	0	2	2	0	0	0	0	5
11:00-11:30	2	1	4	0	0	0	0	0	7
11:30-12:00	2	0	3	0	0	0	0	0	5
12:00-12:30	2	0	2	0	0	0	0	0	4
12:30-13:00	1	0	9	1	0	0	0	0	11
13:00-13:30	2	0	5	2	0	0	0	0	9
13:30-14:00	1	0	8	1	0	0	0	0	10
14:00-14:30	1	0	2	2	0	0	0	0	5
14:30-15:00	1	0	6	0	0	0	0	0	7
15:00-15:30	1	0	7	0	0	0	0	0	8
15:30-16:00	2	0	3	2	0	0	0	0	7
16:00-16:30	0	0	7	1	0	0	0	0	8
16:30-17:00	0	0	4	0	0	0	0	0	4
17:00-17:30	1	0	2	0	0	0	0	0	3
17:30-18:00	2	0	5	0	0	0	0	0	7
TOTAL	35	1	103	17	0	0	0	0	156
COMPOSICION VEHICULAR	22.44%	0.64%	66.03%	10.90%	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.

$$TPDC = \frac{18 + 14 + 17 + 18 * 4}{7} = 18\ vehículos\ comerciales$$

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	1	5.56%
C2P	17	94.44%
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:

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

$$NESE80KNañobase = 365 * 18 * [0.0556 * 1 + 0.9444 * 1.01] * 1$$

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.

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	18,00
NESE80KNañobase	6633,00
NESEacumulado	180892
NESE 90	209614
NESEdiseño	312745

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: **312745**

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**

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

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (1.35%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **9.39Mpa/m – 34.28 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:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 1.35\ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{9.39}\ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

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:

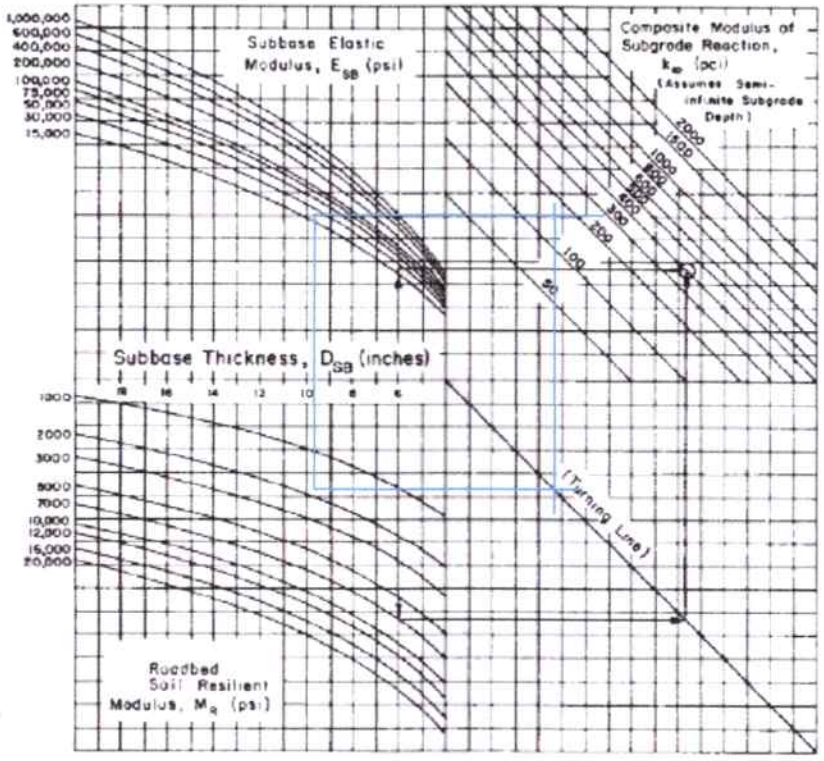
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 1.35\% = 135 \frac{kg}{cm^2} = 1920\ psi$$

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 (1.35%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **9.39Mpa/m – 34.28 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 (1920 psi)

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

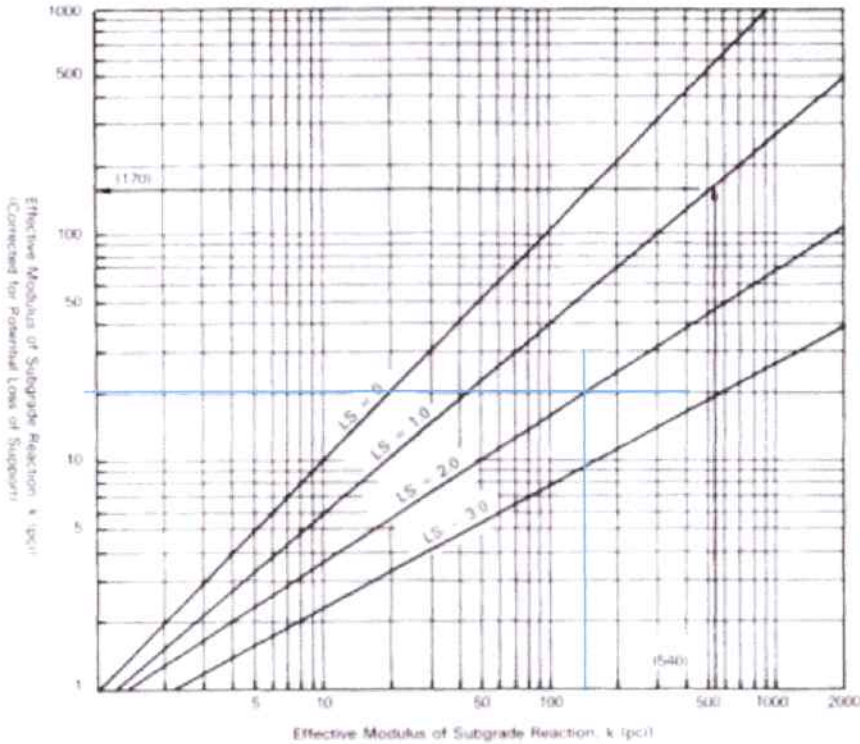


Gráfica 13. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

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 **150 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 14. 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 **20.0 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	312745	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)	34.28	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)	20	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17,160.00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(312745) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510}{20}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 6,71" =17.04cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 6.71", equivalentes a 17,04cm, sin embargo por practicidad en obra, se recomienda el uso de un espesor de 170 mm.

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=1.35%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 1.72 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{9.39} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

- 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

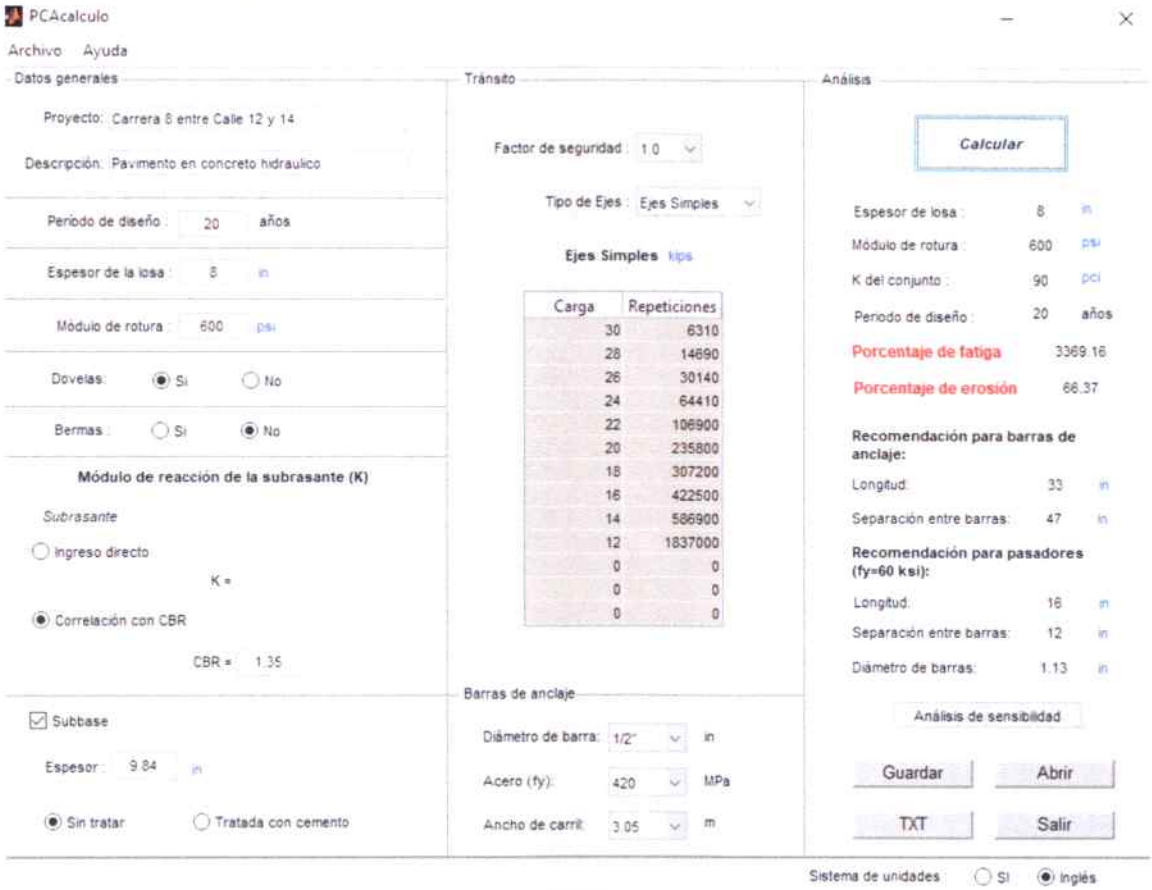


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO- CARRERA 8 ENTRE CALLES 12 Y 14

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: 170 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
- Mejoramiento del terreno con capa de afirmado con espesor de 200mm, de acuerdo a recomendaciones del especialista en Geotecnia

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

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 2. 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 600 PSI: 170 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.

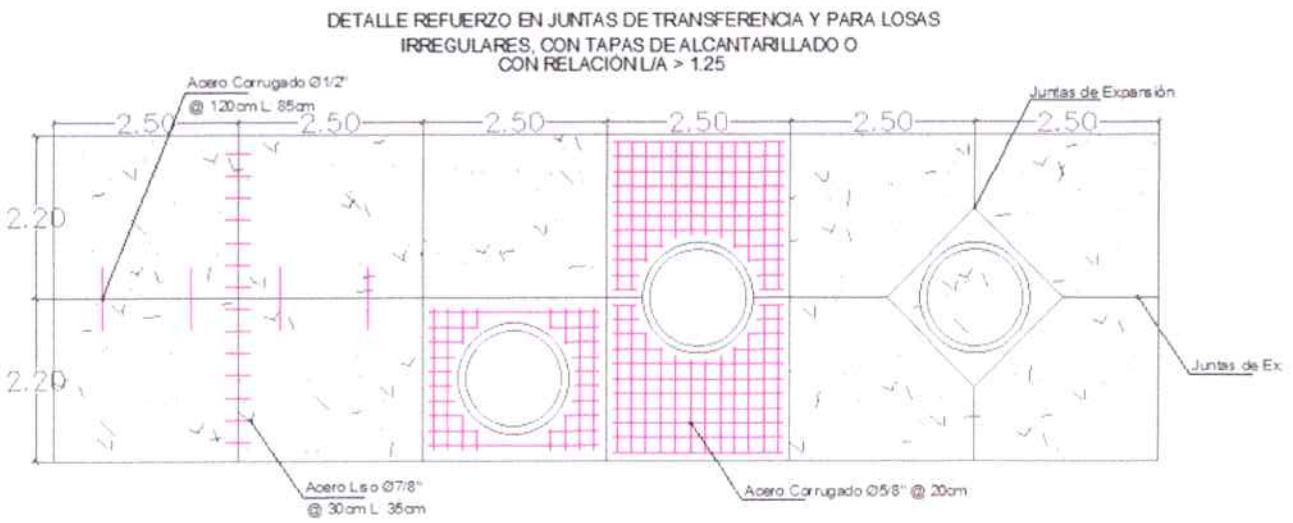


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





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 4.40 m, se realizarán carriles de 2.20 m y el largo de las losas de 2.50 m.

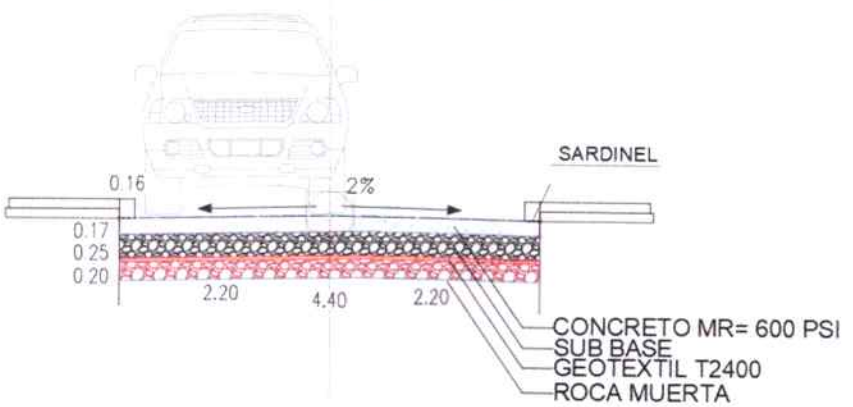


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

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:

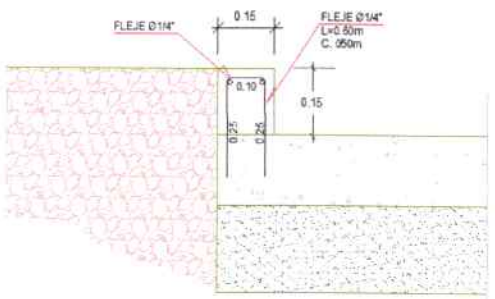


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia

1591

CALLE 15 ENTRE CARRERAS 8 Y 9, BARRIO LAS LAJAS

1592

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 Calle 15 entre Carreras 8 y 9 – Barrio Las Lajas.



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 15 entre Carreras 8 y 9, del barrio Las Lajas 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 15 entre Carreras 8 y 9 del barrio Las Lajas, 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 25.00 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 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 Sureste del Municipio, en el barrio Las Lajas, con nomenclatura Calle 15 entre Carreras 8 y 9.
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 4.40 m, longitud de 25.00 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

CALLE 15 ENTRE CARRERAS 8 Y 9- B/ LAS LAJAS



Figura 1. Localización de Zona Por 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 1.50 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.

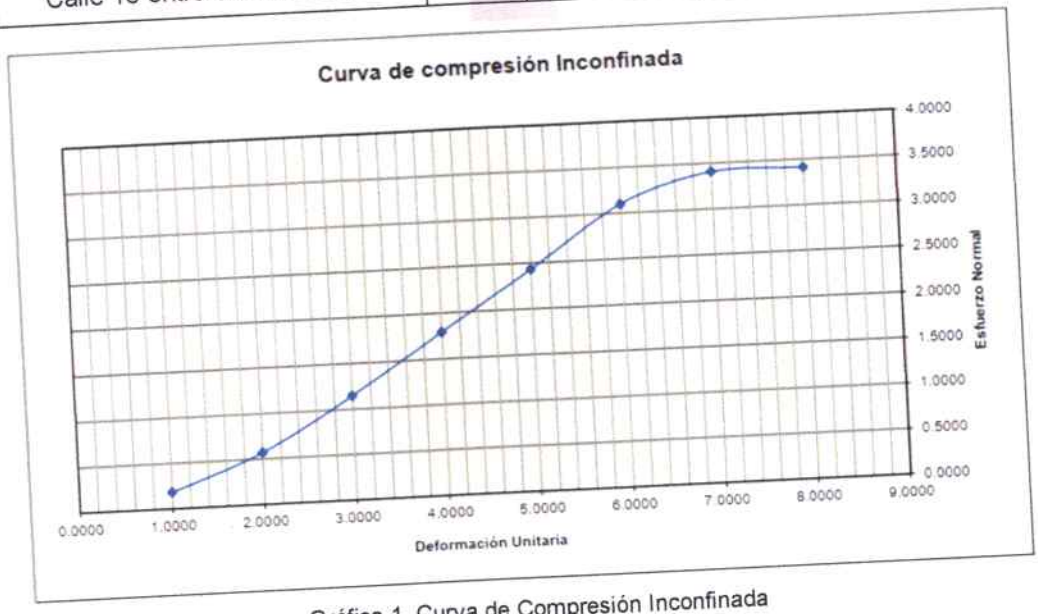
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S3 Calle 15 entre Carreras 8 y 9	0.00 1.00	1.00 1.20	Afirmado Arcillo - arenoso, Gris claro [25YR 8/1]

Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S3	Calle 15 entre Carreras 8 y 9	1.00	3.4097	1.706	1.546	4,27%

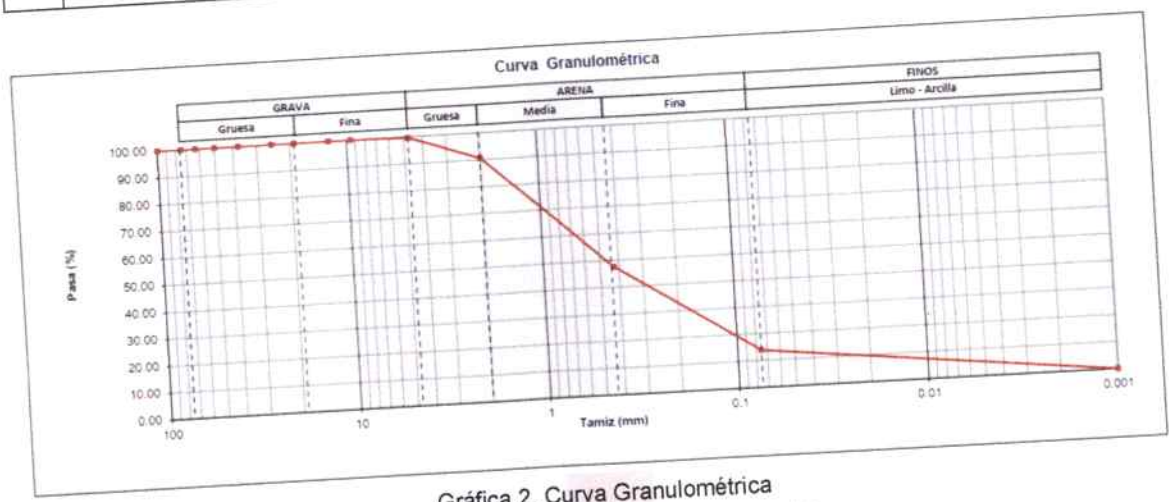


Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S3	Calle 15 entre Carreras 8 y 9	24.72	19.21	5.51	0.34	85.84	13.82	SC – SM

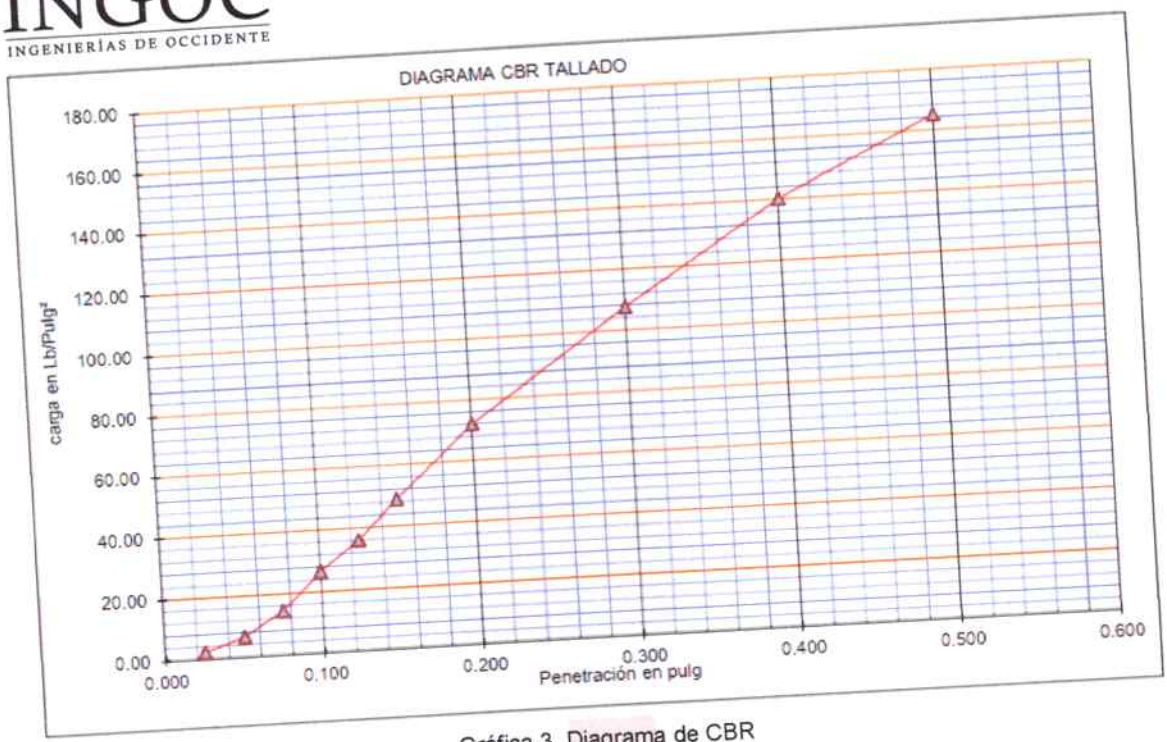


Gráfica 2. Curva Granulométrica
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S3	Calle 15 entre Carreras 8 y 9	1.00	2.65%	4.80%

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 25, 26, 27 y 28 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

1600

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 1. Aforo vehicular 25/02/22

25 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	7	0	9	0	0	0	0	0	16
7:30-8:00	10	0	14	1	0	0	0	0	25
8:00-8:30	14	0	21	0	0	0	0	0	35
8:30-9:00	21	0	17	0	0	0	0	0	38
9:00-9:30	23	0	15	0	0	0	0	0	38
9:30-10:00	31	0	11	1	0	0	0	0	43
10:00-10:30	27	0	21	1	0	0	0	0	49
10:30-11:00	25	0	24	1	0	0	0	0	50
11:00-11:30	19	0	31	0	0	0	0	0	50
11:30-12:00	21	0	25	0	0	0	0	0	46
12:00-12:30	26	0	29	0	0	0	0	0	55
12:30-13:00	18	0	31	0	0	0	0	0	49
13:00-13:30	22	0	27	1	0	0	0	0	50
13:30-14:00	26	0	37	2	0	0	0	0	65
14:00-14:30	31	0	41	0	0	0	0	0	72
14:30-15:00	35	0	39	0	0	0	0	0	74
15:00-15:30	41	0	36	0	0	0	0	0	77
15:30-16:00	39	0	29	1	0	0	0	0	69
16:00-16:30	35	0	27	1	0	0	0	0	63
16:30-17:00	29	0	22	0	0	0	0	0	51
17:00-17:30	27	0	18	0	0	0	0	0	45
17:30-18:00	15	0	21	0	0	0	0	0	36
TOTAL	542	0	545	9	0	0	0	0	1096
COMPOSICION VEHICULAR	49,45%	0,00%	49,73%	0,82%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 2. Aforo vehicular 26/02/22

26 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	13	1	0	0	0	0	23
7:30-8:00	13	0	22	1	0	0	0	0	36
8:00-8:30	15	0	31	0	1	0	0	0	47
8:30-9:00	11	0	35	0	0	0	0	0	46
9:00-9:30	8	0	41	0	0	0	0	0	49
9:30-10:00	13	0	29	1	0	0	0	0	43
10:00-10:30	18	0	26	1	0	0	0	0	45
10:30-11:00	21	0	22	0	0	0	0	0	43
11:00-11:30	33	0	36	0	0	0	0	0	69
11:30-12:00	36	0	41	0	0	0	0	0	77
12:00-12:30	38	0	35	0	0	0	0	0	73
12:30-13:00	27	0	47	0	0	0	0	0	74
13:00-13:30	23	0	39	2	0	0	0	0	64
13:30-14:00	19	0	29	0	0	0	0	0	48
14:00-14:30	17	0	25	0	0	0	0	0	42
14:30-15:00	25	0	31	0	0	0	0	0	56
15:00-15:30	35	0	35	0	0	0	0	0	70
15:30-16:00	42	0	29	0	0	0	0	0	71
16:00-16:30	34	0	26	1	0	0	0	0	61
16:30-17:00	26	0	31	0	0	0	0	0	57
17:00-17:30	23	0	27	0	0	0	0	0	50
17:30-18:00	19	0	22	0	0	0	0	0	41
TOTAL	505	0	672	7	1	0	0	0	1185
COMPOSICION VEHICULAR	42,62%	0,00%	56,71%	0,59%	0,08%	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 27/02/22

27 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	7	0	10	0	0	0	0	0	17
7:30-8:00	3	0	14	0	0	0	0	0	17
8:00-8:30	5	0	15	2	0	0	0	0	22
8:30-9:00	11	0	21	1	0	0	0	0	33
9:00-9:30	15	0	17	0	0	0	0	0	32
9:30-10:00	6	0	19	0	0	0	0	0	25
10:00-10:30	7	0	11	0	0	0	0	0	18
10:30-11:00	15	0	24	1	0	0	0	0	40
11:00-11:30	12	0	30	2	0	0	0	0	44
11:30-12:00	10	0	41	0	0	0	0	0	51
12:00-12:30	22	0	33	0	0	0	0	0	55
12:30-13:00	10	0	27	2	0	0	0	0	39
13:00-13:30	5	0	12	0	0	0	0	0	17
13:30-14:00	22	0	40	0	0	0	0	0	62
14:00-14:30	20	0	37	0	0	0	0	0	57
14:30-15:00	28	0	40	3	0	0	0	0	71
15:00-15:30	45	0	37	0	0	0	0	0	82
15:30-16:00	23	0	40	0	0	0	0	0	63
16:00-16:30	11	0	50	3	1	0	0	0	65
16:30-17:00	6	0	20	0	0	0	0	0	26
17:00-17:30	12	0	35	0	0	0	0	0	47
17:30-18:00	9	0	26	0	0	0	0	0	35
TOTAL	304	0	599	14	1	0	0	0	918
COMPOSICION VEHICULAR	33,12%	0,00%	65,25%	1,53%	0,11%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 4. Aforo Vehicular 28/02/22

28 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	7	0	40	0	0	0	0	0	47
7:30-8:00	3	0	44	0	0	0	0	0	47
8:00-8:30	9	0	13	2	0	0	0	0	24
8:30-9:00	4	0	48	1	0	0	0	0	53
9:00-9:30	15	0	23	0	0	0	0	0	38
9:30-10:00	6	0	47	0	0	0	0	0	53
10:00-10:30	7	0	34	0	0	0	0	0	41
10:30-11:00	15	0	34	1	0	0	0	0	50
11:00-11:30	25	0	22	2	0	0	0	0	49
11:30-12:00	10	0	18	0	0	0	0	0	28
12:00-12:30	22	0	49	0	0	0	0	0	71
12:30-13:00	10	0	17	2	0	0	0	0	29
13:00-13:30	23	0	12	0	0	0	0	0	35
13:30-14:00	45	0	37	0	0	0	0	0	82
14:00-14:30	21	0	43	0	0	0	0	0	64
14:30-15:00	28	0	31	3	0	0	0	0	62
15:00-15:30	45	0	29	0	0	0	0	0	74
15:30-16:00	23	0	30	0	0	0	0	0	53
16:00-16:30	11	0	37	3	1	0	0	0	52
16:30-17:00	6	0	36	0	0	0	0	0	42
17:00-17:30	12	0	11	0	0	0	0	0	23
17:30-18:00	9	0	23	0	0	0	0	0	32
TOTAL	356	0	678	14	1	0	0	0	1049
COMPOSICION VEHICULAR	33,94%	0,00%	64,63%	1,33%	0,10%	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.

$$TPDC = \frac{9 \mp 8 + 15 + 15 * 4}{7} = 14\ vehículos\ comerciales$$

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	0	0,00%
C2P	13	92,86%
C2G	1	7,14%
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:

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

$$NESE80KNañobase = 365 * 14 * [0.9286 * 1.01 + 0.0714 * 2.72] * 1$$

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	14,00
NESE80KNañobase	5786,00
NESEacumulado	157793
NESE 90	182847
NESEdiseño	272808

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: **272808**

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 dia
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.

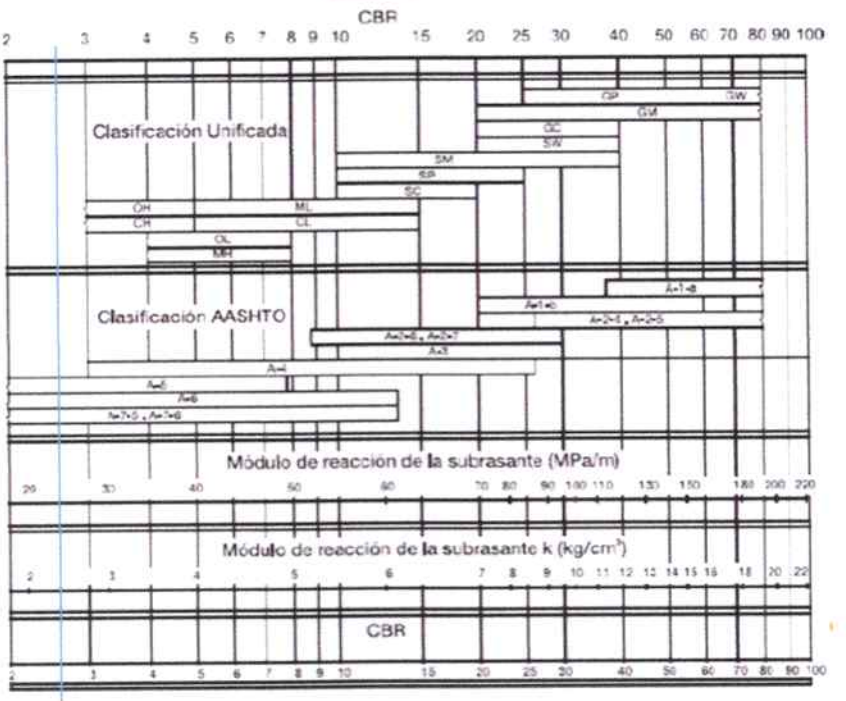
k. Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi): **4536510.74 psi**

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

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

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

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (2.65%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **24.77Mpa/m – 90.41 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:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 2.65 = \mathbf{24.77} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

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:

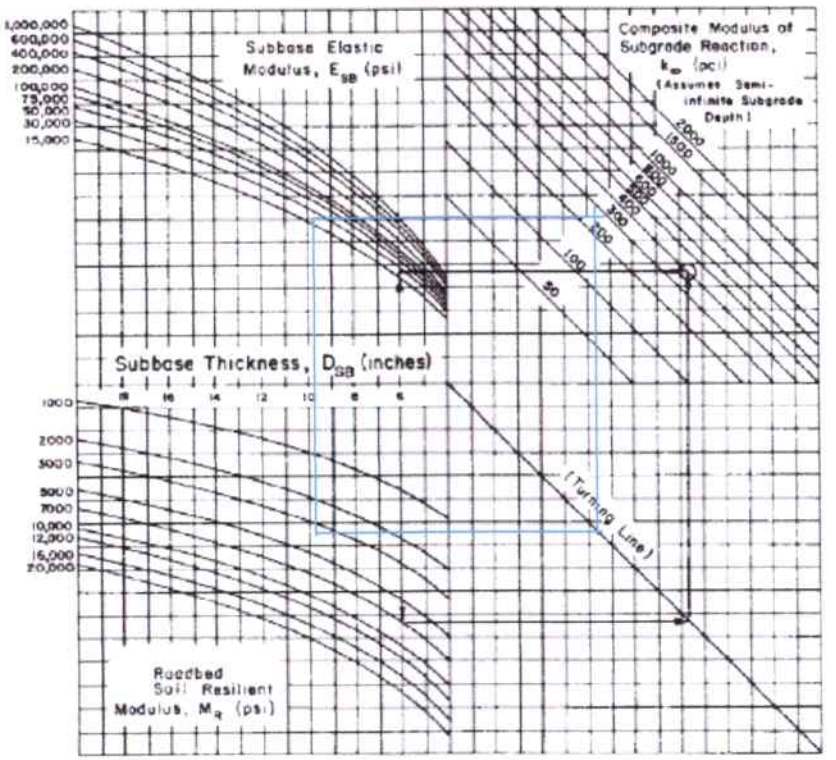
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 2.65\% = 265 \frac{kg}{cm^2} = 3769\ psi$$

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 (2.65%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **24.77Mpa/m – 90.41 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 (3769 psi)

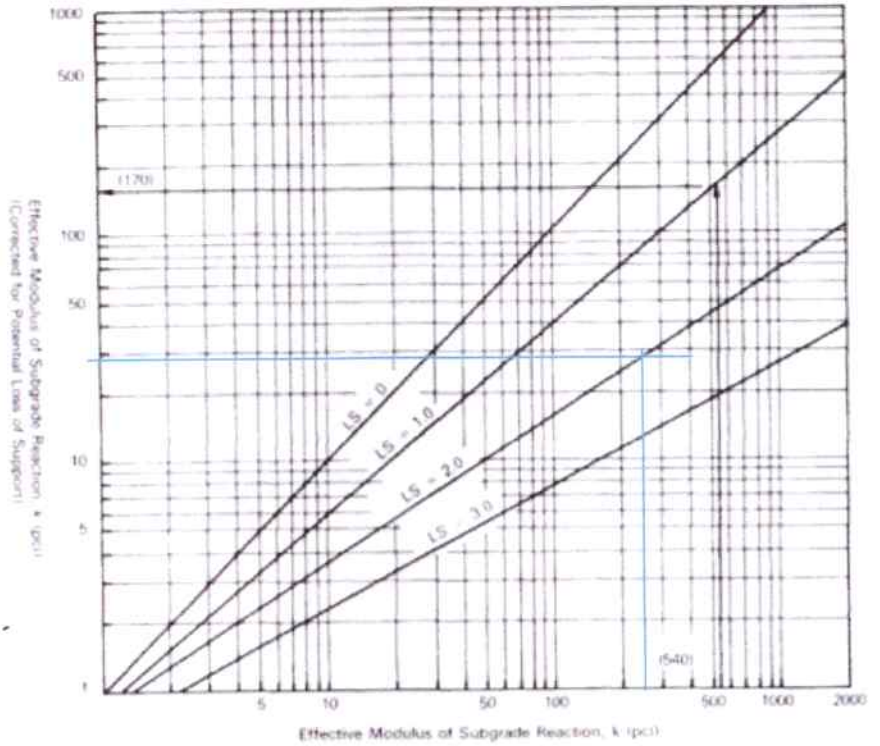


Gráfica 5. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se encuentra que el módulo de reacción conjunta de la sub-rasante con una sub-base granular de 25 mm de espesor (9.84 pulgadas aproximadamente) es igual a **260 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 **28.0 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	272808	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)	90,41	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)	28	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(272808) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510}{28}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 6,27" =15,92cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 6.12", equivalentes a 15,54cm, 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=2.65%

  $$K = 2.55 + 52.5 * \log 2.65 = \mathbf{24.77}\ {}^{Mpa}/_{m}$$

- 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 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

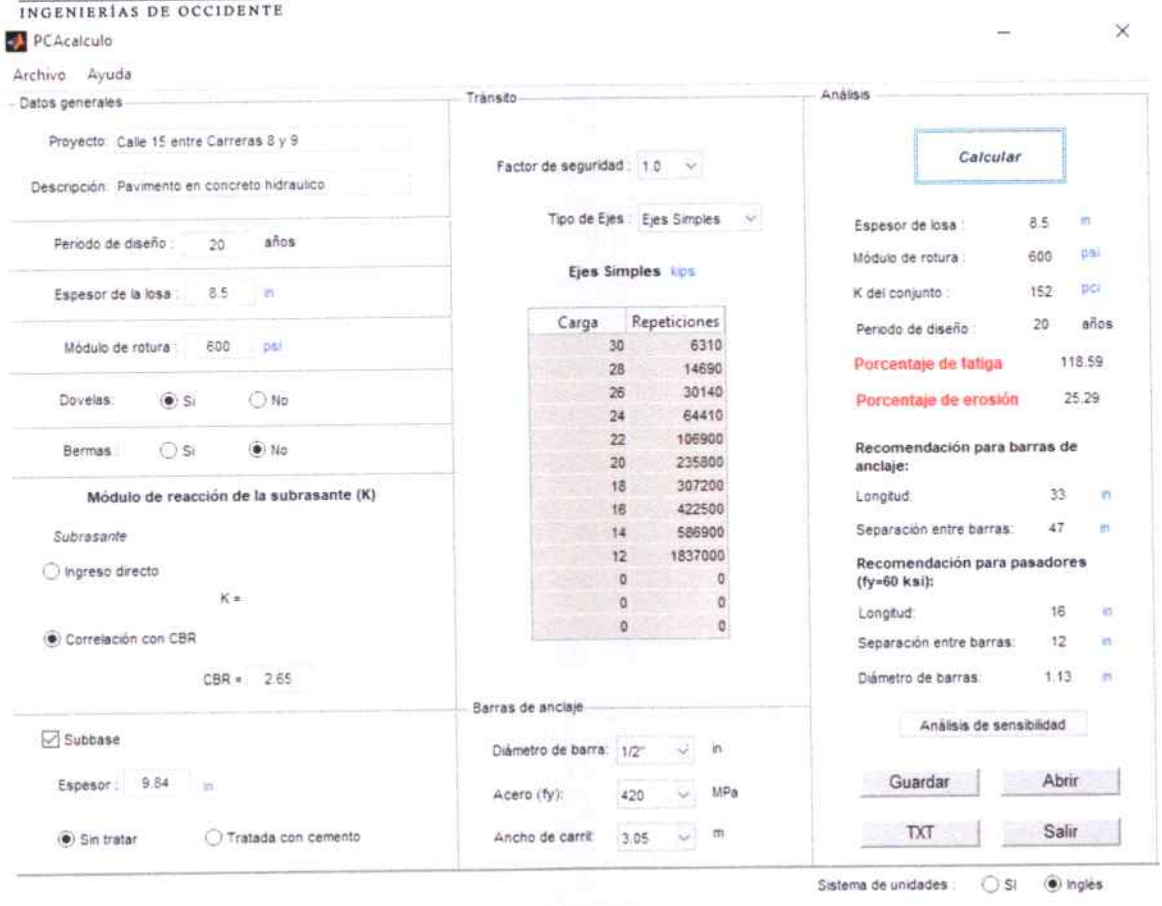


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DE LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO – CALLE 15 ENTRE CARRERAS 8 Y 9, BARRIO LAS LAJAS.

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.
- Se recomienda instalar geotextil tejido T2400 para mejorar la capacidad del terreno y evitar afectaciones de la estructura a instalar.
- Mejoramiento del terreno con capa de afirmado con espesor de 200mm, por recomendación del 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	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,65	0,55		1,20	1,15	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 600 kg/cm^2: 160 mm de espesor
- Sub base granular: 250 mm de espesor.
- Geotextil T2400 a lo largo y ancho de la vía.
- Roca Muerta: 250 mm de espesor
- 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.

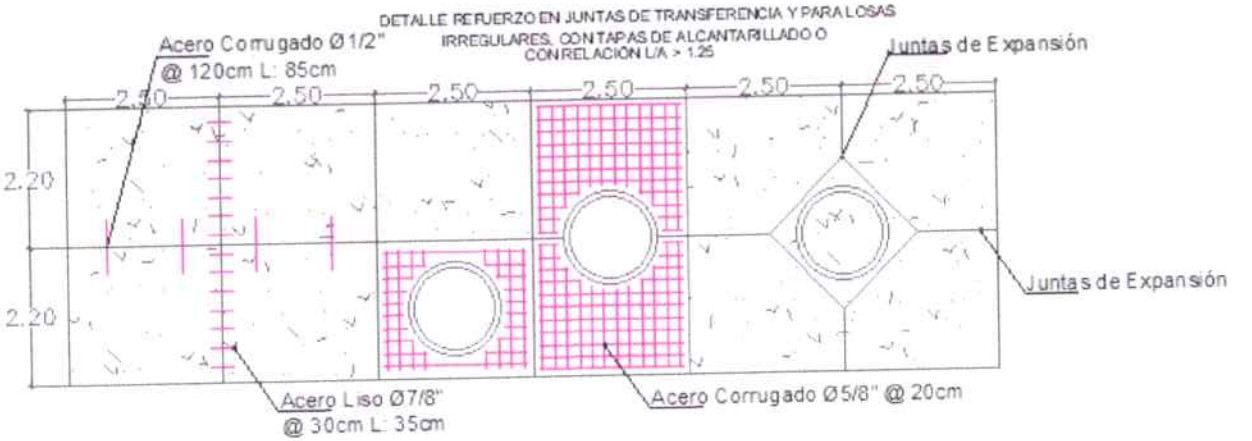


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





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 4.40 m, se realizarán carriles de 2.20 m y el largo de las losas de 2.50 m.

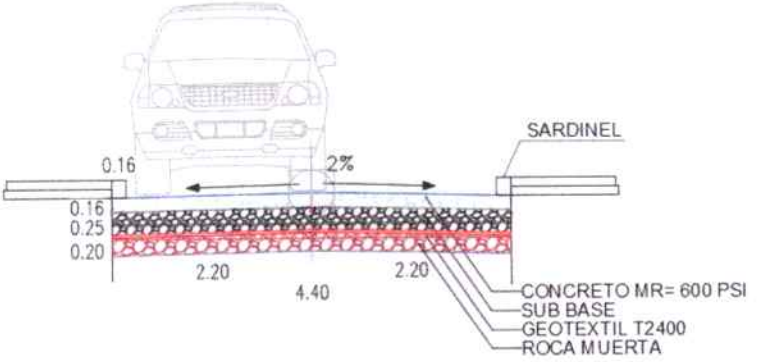


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

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

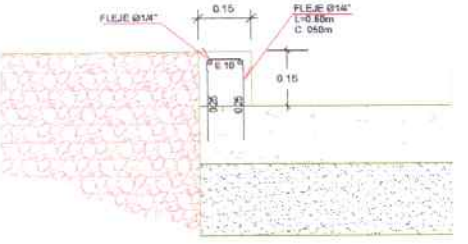


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia





1619

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 Calle 13ª entre Carreras 20 y 23 – Barrio La Cruz.



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 13ª entre Carreras 20 y 23, del barrio La Cruz 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 13ª entre Carreras 20 y 23del barrio La Cruz, 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 171.00 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 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 Occidental del Municipio, en el barrio La Cruz, con nomenclatura Calle 13ª entre Carreras 20 y 23.
Actualmente el tramo objeto del diseño se encuentra catalogado como vía Local, según el PBOT del Municipio, la capa de rodadura es de tipo concreto hidráulico, en deficientes condiciones y 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 171.00 m, con superficie de rodadura en concreto hidráulico en deficientes condiciones.

CALLE 13ª ENTRE CARRERAS 20 Y 23– B/ LA CRUZ

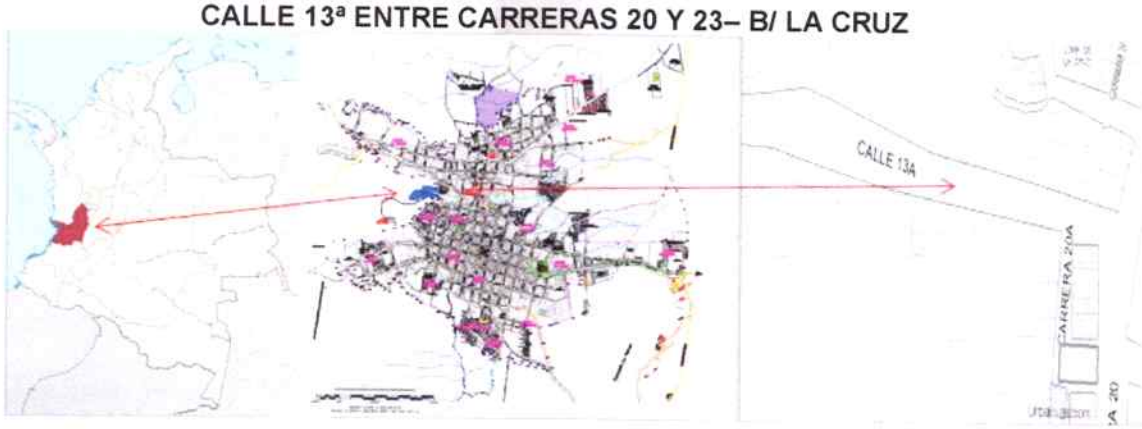


Figura 1. Localización de Zona Por Intervenir.
Fuente: Mapa 58 - PBOT La Unión Valle.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

3. EXPLORACION DE SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO.

Para la exploración del subsuelo se efectuaron tres apiques, 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.

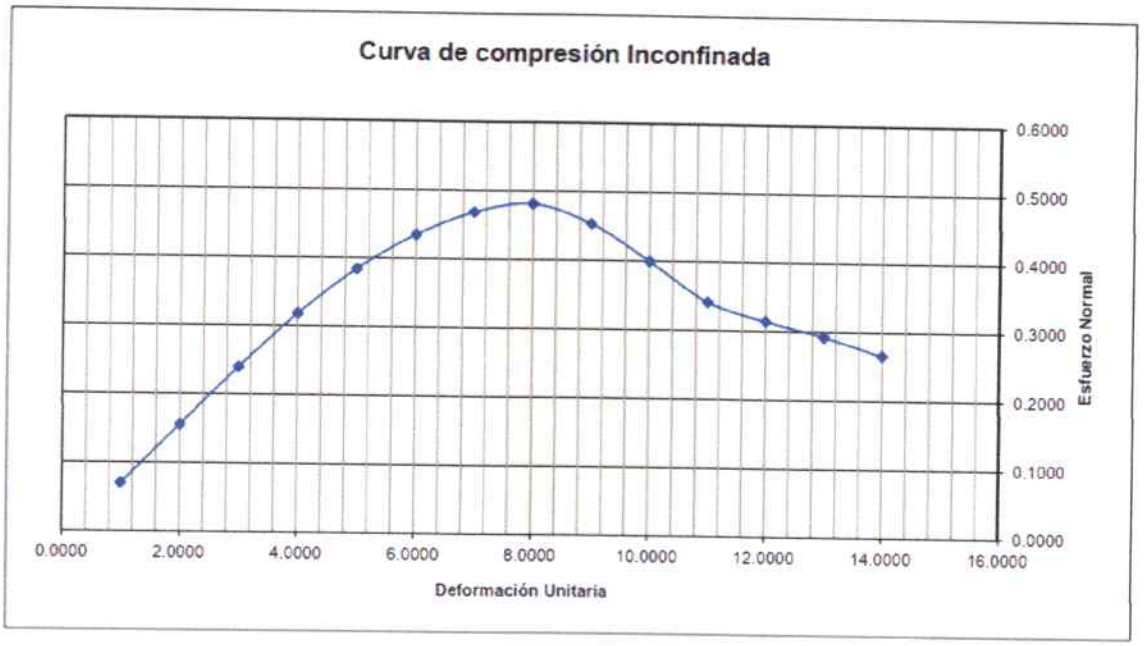
Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S17 Calle 13A entre Carreras 20 y 23	0.00 0.10 0.30	0.10 0.30 1.00	Placa Lleno, Amarillo grisaceo [25YR 7/2] Arcillo - arenoso, Amarillo grisaceo [25YR 7/2]
S18 Calle 13A entre Carreras 20 y 23	0.00 0.10 0.50	0.10 0.50 1.00	Placa Lleno, Amarillo grisaceo [25YR 7/2] Arenoso, Amarillo grisaceo [25YR 7/2]
S19 Calle 13A entre Carreras 20 y 23	0.00 0.10 0.60	0.10 0.60 1.00	Placa Lleno, Gris claro [25YR 7/1] Arcilloso, Amarillo grisaceo [25YR 7/2]

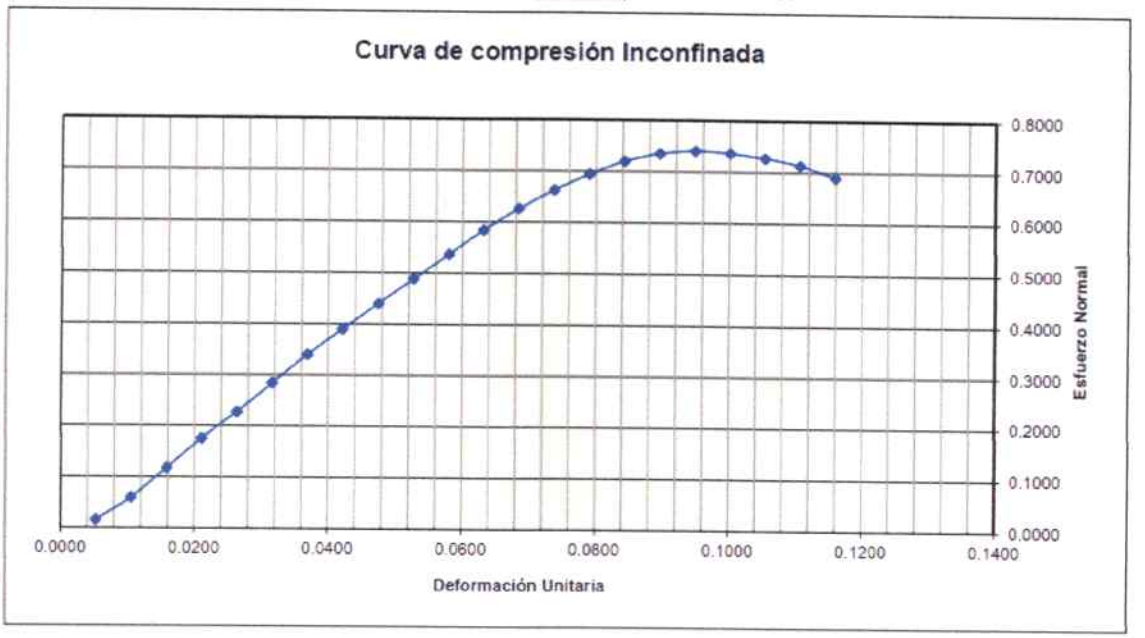
Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S17	Calle 13A entre Carreras 20 y 23	1.00	0.4815	2.016	1.728	4,23%
S18	Calle 13A entre Carreras 20 y 23	1.00	0.7408	2.024	1.754	9.48%
S19	Calle 13A entre Carreras 20 y 23	1.00	2.3187	2.001	1.675	12.16%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

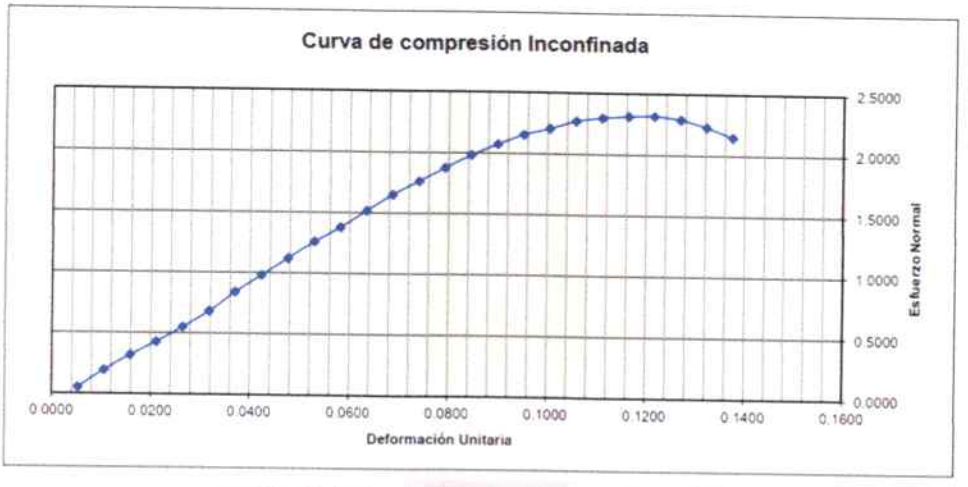


Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada S17
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.



Gráfica 2. Curva de Compresión Inconfinada S18
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

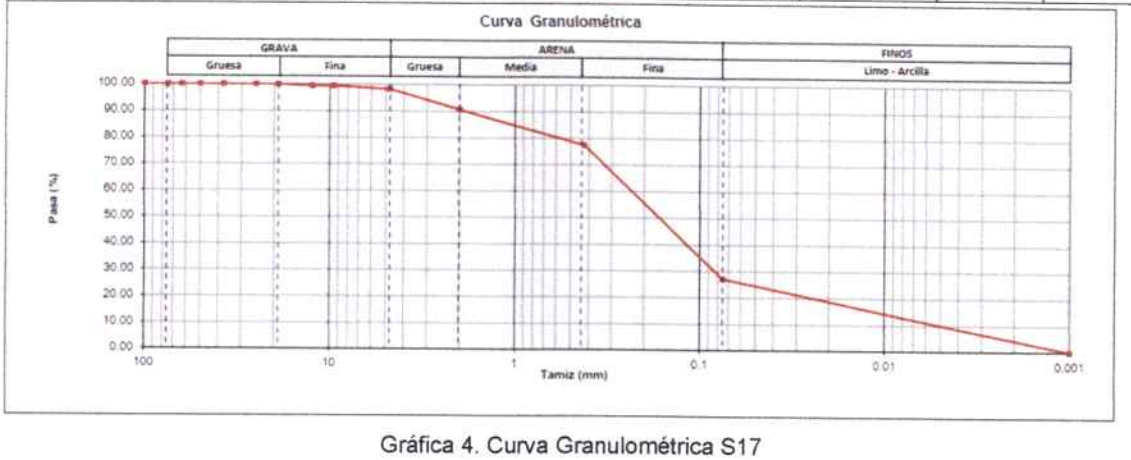
INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 3. Curva de Compresión Inconfinada S19
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

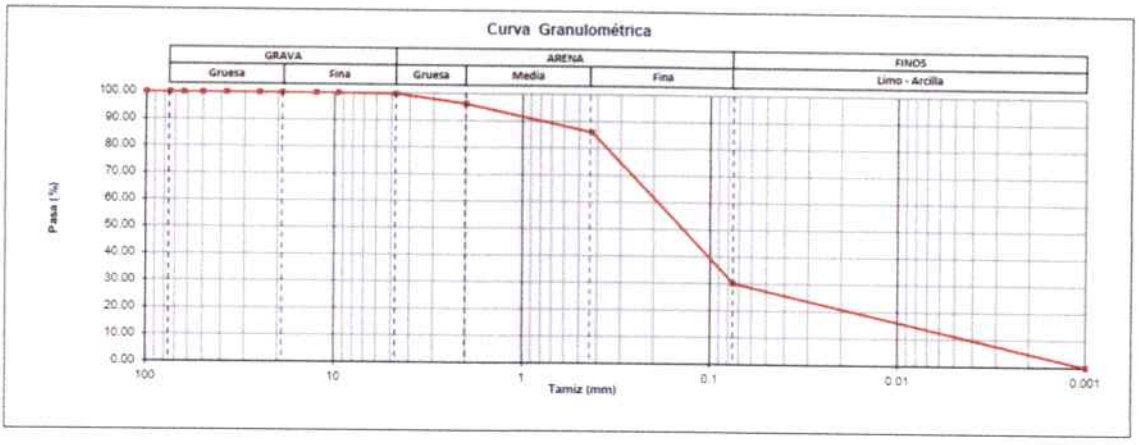
Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S16	Calle 13A entre Carreras 20 y 23				1.81	71.13	27.06	SP
S17	Calle 13A entre Carreras 20 y 23				0.31	69.56	30.13	SP
S18	Calle 13A entre Carreras 20 y 23	32.76	19.51	13.26	1.87	74.00	24.13	SC

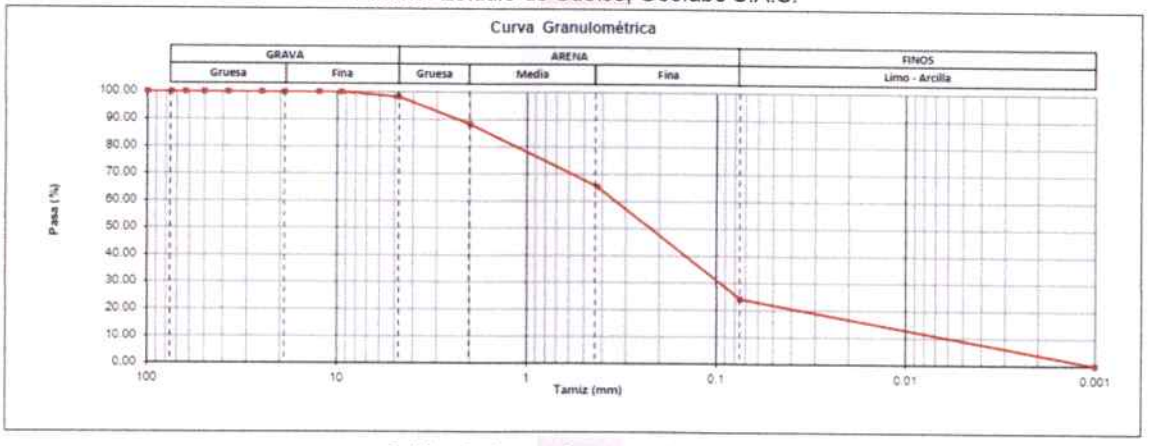


Gráfica 4. Curva Granulométrica S17
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 5. Curva Granulométrica S18
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

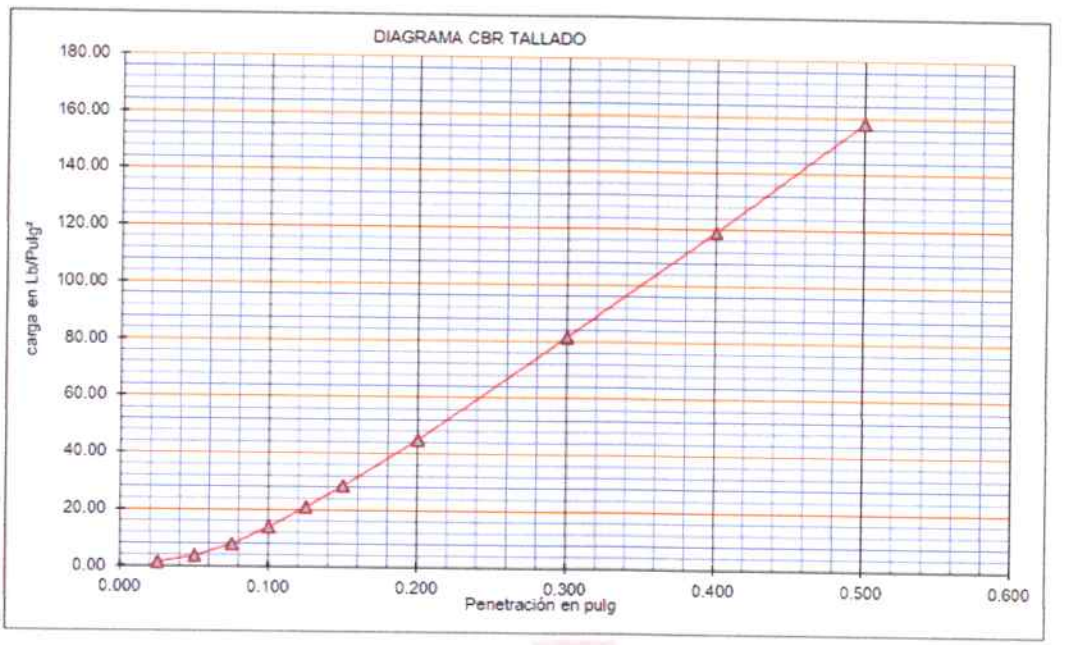


Gráfica 6. Curva Granulométrica S19
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

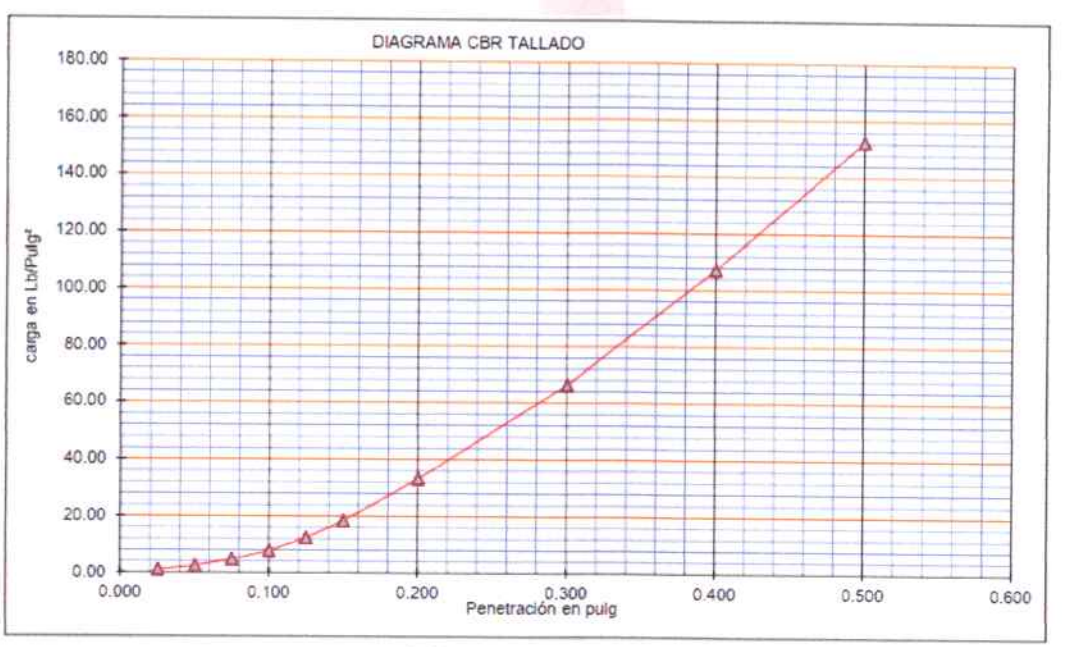
Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S17	Calle 13A entre Carreras 20 y 23	0.30	1.38%	2.99%
S18	Calle 13A entre Carreras 20 y 23	0.50	0.77%	2.21%
S19	Calle 13A entre Carreras 20 y 23	0.60	2.80%	3.82%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

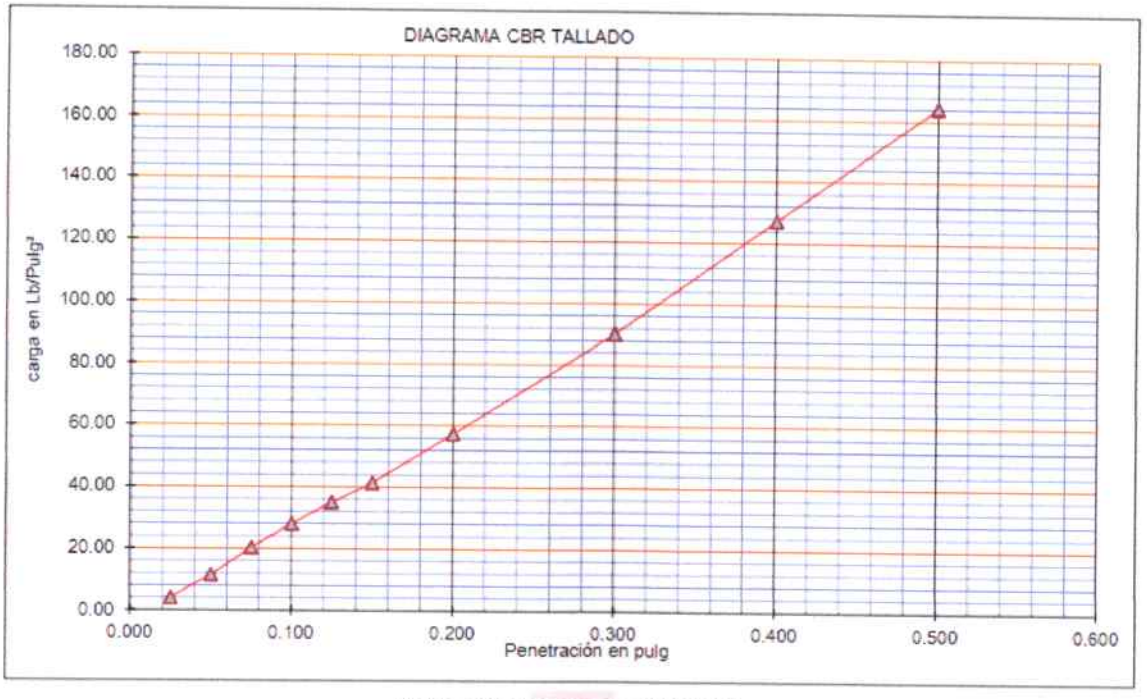


Gráfica 7. Diagrama de CBR S17
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.



Gráfica 8. Diagrama de CBR S18
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 9. Diagrama de CBR S19
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 25, 26, 27 y 28 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:

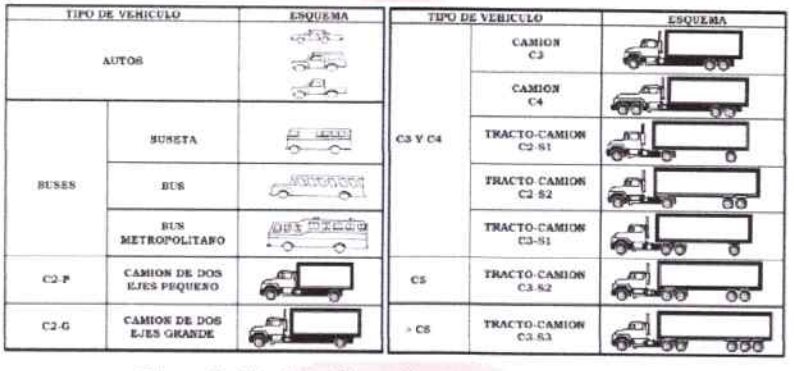


Figura 2. Clasificación vehicular según el INVIAS.
Fuente: Manual de diseño de pavimentos del INVIAS

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 1. Aforo vehicular 08/03/22

25 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	28	1	0	0	0	0	38
7:30-8:00	6	0	32	2	0	0	0	0	40
8:00-8:30	4	0	29	1	0	0	0	0	34
8:30-9:00	6	0	25	0	0	0	0	0	31
9:00-9:30	7	0	19	0	0	0	0	0	26
9:30-10:00	2	0	14	0	0	0	0	0	16
10:00-10:30	5	0	11	0	0	0	0	0	16
10:30-11:00	8	0	14	0	0	0	0	0	22
11:00-11:30	10	0	19	1	0	0	0	0	30
11:30-12:00	11	2	22	1	0	0	0	0	36
12:00-12:30	8	1	27	1	0	0	0	0	37
12:30-13:00	4	1	29	0	0	0	0	0	34
13:00-13:30	7	0	31	0	0	0	0	0	38
13:30-14:00	3	0	36	0	0	0	0	0	39
14:00-14:30	2	0	42	0	0	0	0	0	44
14:30-15:00	9	0	49	1	0	0	0	0	59
15:00-15:30	10	1	51	1	0	0	0	0	63
15:30-16:00	3	1	53	1	0	0	0	0	58
16:00-16:30	4	2	44	0	0	0	0	0	50
16:30-17:00	6	0	39	1	0	0	0	0	46
17:00-17:30	2	1	25	0	0	0	0	0	28
17:30-18:00	1	1	17	0	0	0	0	0	19
TOTAL	127	10	656	11	0	0	0	0	804
COMPOSICION VEHICULAR	15,80%	1,24%	81,59%	1,37%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 2. Aforo vehicular 09/03/22

26 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	30	0	0	0	0	0	35
7:30-8:00	2	0	45	0	0	0	0	0	47
8:00-8:30	4	1	37	2	0	0	0	0	44
8:30-9:00	0	1	26	0	0	0	0	0	27
9:00-9:30	4	0	17	1	0	0	0	0	22
9:30-10:00	1	1	22	0	0	0	0	0	24
10:00-10:30	2	0	40	0	0	0	0	0	42
10:30-11:00	1	1	32	0	0	0	0	0	34
11:00-11:30	7	0	21	1	0	0	0	0	29
11:30-12:00	6	0	40	0	0	0	0	0	46
12:00-12:30	8	0	33	0	0	0	0	0	41
12:30-13:00	7	0	22	0	0	0	0	0	29
13:00-13:30	1	1	12	0	0	0	0	0	14
13:30-14:00	1	1	13	0	0	0	0	0	15
14:00-14:30	5	0	30	2	0	0	0	0	37
14:30-15:00	8	1	25	1	0	0	0	0	35
15:00-15:30	10	0	30	0	0	0	0	0	40
15:30-16:00	6	1	32	0	0	0	0	0	39
16:00-16:30	7	0	25	0	0	0	0	0	32
16:30-17:00	15	0	28	5	0	0	0	0	48
17:00-17:30	9	1	59	1	0	0	0	0	70
17:30-18:00	4	0	36	1	0	0	0	0	41
TOTAL	113	9	655	14	0	0	0	0	791
COMPOSICION VEHICULAR	14,29%	1,14%	82,81%	1,77%	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 10/03/22

27 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	23	0	0	0	0	0	32
7:30-8:00	6	0	32	0	0	0	0	0	38
8:00-8:30	4	1	36	2	0	0	0	0	43
8:30-9:00	7	0	41	0	0	0	0	0	48
9:00-9:30	3	0	48	0	0	0	0	0	51
9:30-10:00	2	0	38	0	0	0	0	0	40
10:00-10:30	6	0	35	1	0	0	0	0	42
10:30-11:00	4	0	29	0	0	0	0	0	33
11:00-11:30	9	0	26	0	0	0	0	0	35
11:30-12:00	6	2	23	0	0	0	0	0	31
12:00-12:30	11	1	22	0	0	0	0	0	34
12:30-13:00	6	0	15	2	0	0	0	0	23
13:00-13:30	8	0	19	1	0	0	0	0	28
13:30-14:00	4	0	24	0	0	0	0	0	28
14:00-14:30	5	0	27	0	0	0	0	0	32
14:30-15:00	7	0	32	0	0	0	0	0	39
15:00-15:30	4	2	38	0	0	0	0	0	44
15:30-16:00	6	0	29	0	0	0	0	0	35
16:00-16:30	7	0	26	0	0	0	0	0	33
16:30-17:00	13	0	22	1	0	0	0	0	36
17:00-17:30	8	0	19	1	0	0	0	0	28
17:30-18:00	2	0	15	0	0	0	0	0	17
TOTAL	137	6	619	8	0	0	0	0	770
COMPOSICION VEHICULAR	17,79%	0,78%	80,39%	1,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 4. Aforo Vehicular 10/03/22

28 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	12	0	30	0	0	0	0	0	42
7:30-8:00	10	0	20	0	0	0	0	0	30
8:00-8:30	8	0	34	2	0	0	0	0	44
8:30-9:00	8	0	35	0	0	0	0	0	43
9:00-9:30	8	0	32	0	0	0	0	0	40
9:30-10:00	7	0	33	0	0	0	0	0	40
10:00-10:30	13	0	11	1	0	0	0	0	25
10:30-11:00	9	1	11	0	0	0	0	0	21
11:00-11:30	15	2	35	0	0	0	0	0	52
11:30-12:00	12	2	26	0	0	0	0	0	40
12:00-12:30	13	1	21	0	0	0	0	0	35
12:30-13:00	7	2	20	2	0	0	0	0	31
13:00-13:30	15	0	49	1	0	0	0	0	65
13:30-14:00	11	0	35	0	0	0	0	0	46
14:00-14:30	14	0	43	0	0	0	0	0	57
14:30-15:00	11	0	36	0	0	0	0	0	47
15:00-15:30	10	0	33	0	0	0	0	0	43
15:30-16:00	6	0	28	0	0	0	0	0	34
16:00-16:30	14	0	18	0	0	0	0	0	32
16:30-17:00	11	0	34	1	0	0	0	0	46
17:00-17:30	7	0	16	1	0	0	0	0	24
17:30-18:00	11	0	21	0	0	0	0	0	32
TOTAL	232	8	621	8	0	0	0	0	869
COMPOSICION VEHICULAR	26,70%	0,92%	71,46%	0,92%	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.

$$TPDC = \frac{21 + 23 + 14 + 16 * 4}{7} = 18\ vehículos\ comerciales$$

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	9	47,37%
C2P	10	52,63%
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:

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

$$NESE80KNañobase = 365 * 18 * [0.4732 * 1 + 0.5263 * 1.01] * 1$$

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.

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	18,00
NESE80KNañobase	6605,00
NESEacumulado	180128
NESE 90	208729
NESEdiseño	311424

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: **311424**

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 3.10.
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 (1.38%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **9.89Mpa/m – 36.10 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:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 1.38 = \mathbf{9.89}\ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

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 utilizara 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:

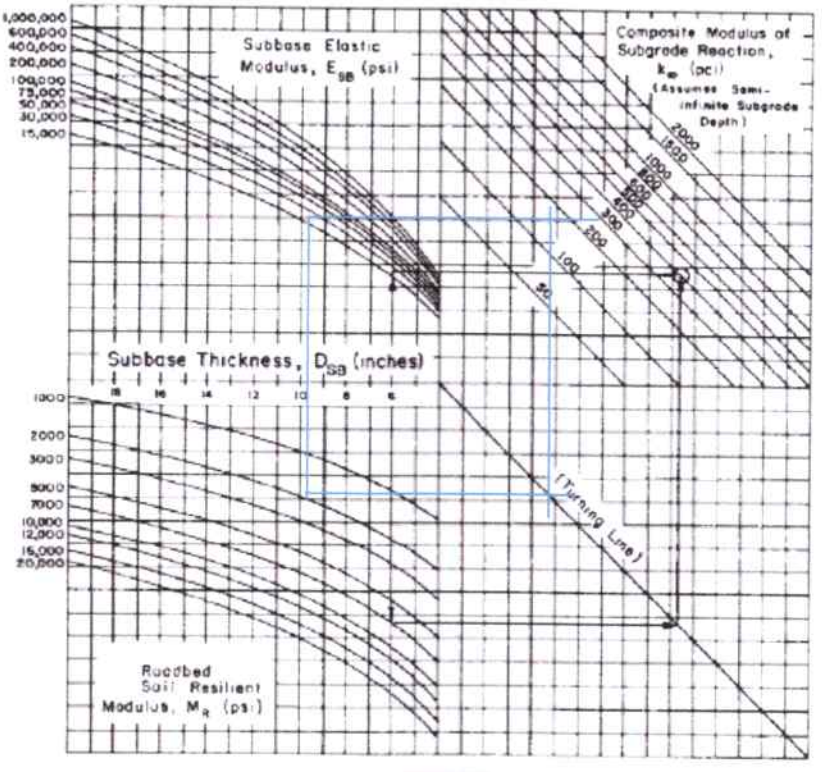
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 1.38\% = 138 \frac{kg}{cm^2} = 1963\ psi$$

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 (1.38%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **9.89Mpa/m – 36.10 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 (1963 psi)

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

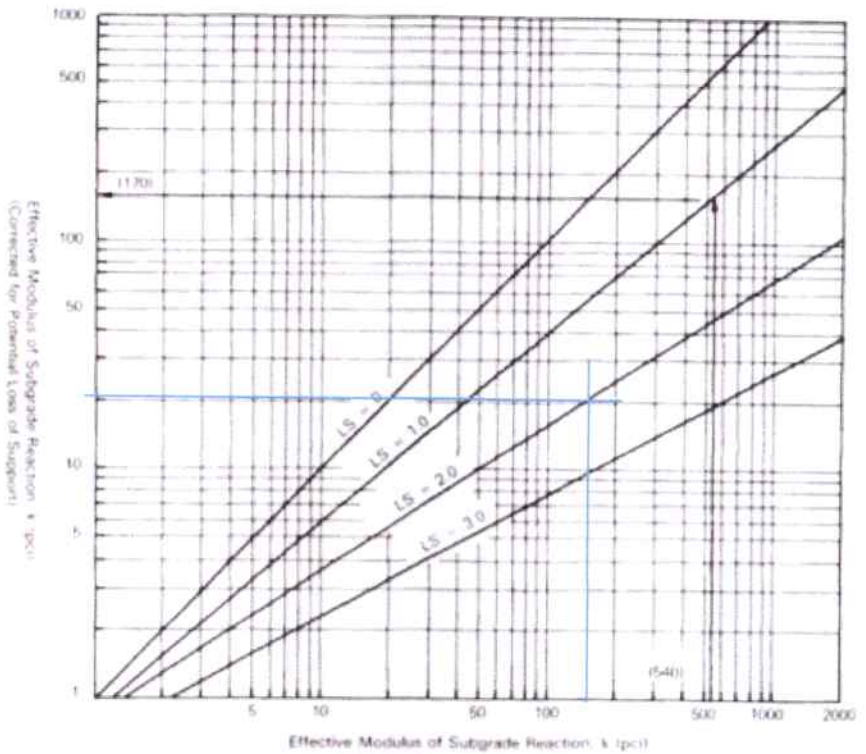


Gráfica 10. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

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 **170 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 11. 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 **21.0 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	311424	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)	36,10	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)	21	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(311424) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log 10\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^{7}}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log10\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510.74}{21}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 6,69" =17,00cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 6.69", equivalentes a 17.00cm.

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=1,38%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 1.38 = \mathbf{9.89}\ {}^{Mpa}/_{m}$$

- 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

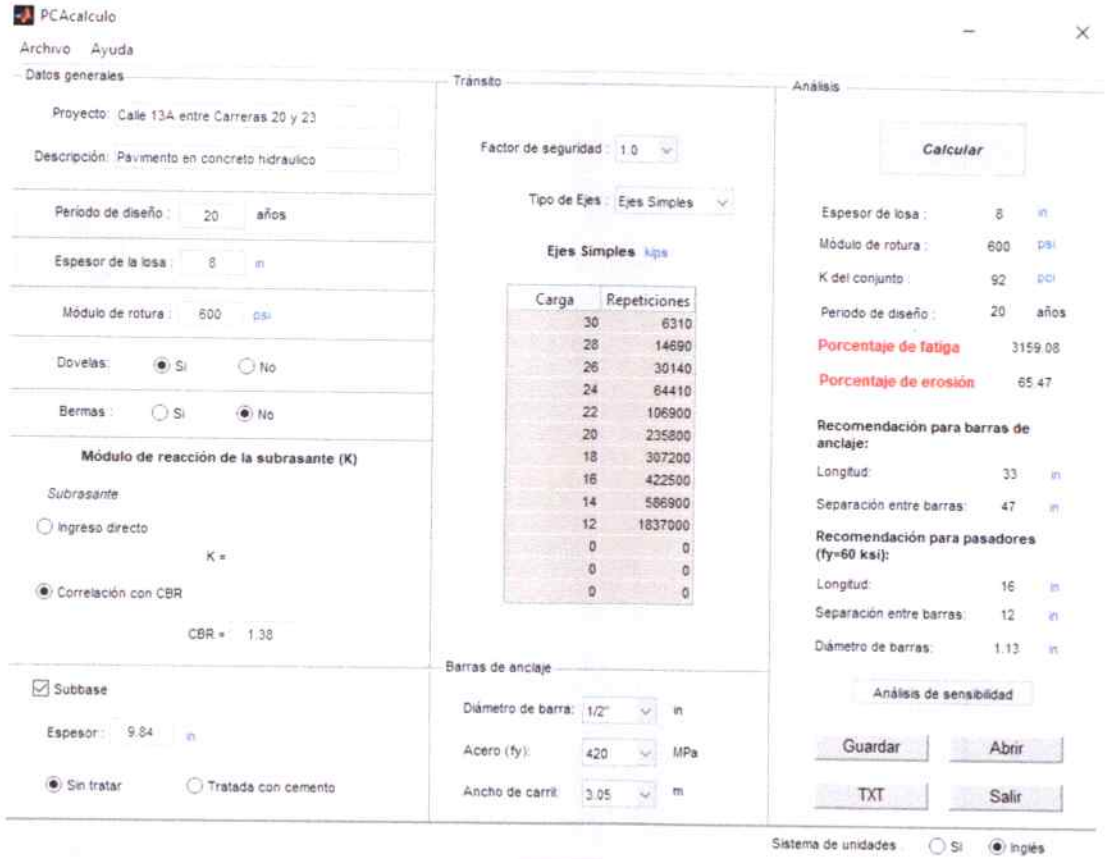


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO – CALLE 13A ENTRE CARRERAS 20 Y 23, BARRIO LA CRUZ

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: 170 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.
- Realizar la reposición de 200mm del terreno existente por afirmado, por recomendación del 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	0,80	0,70	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	0,40	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	1,15	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 - 160	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 600 PSI: 170 mm de espesor
- Sub-base: 250 mm de espesor
- Geotextil T2400
- Reposición en afirmado con espesor de 200mm
- 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.

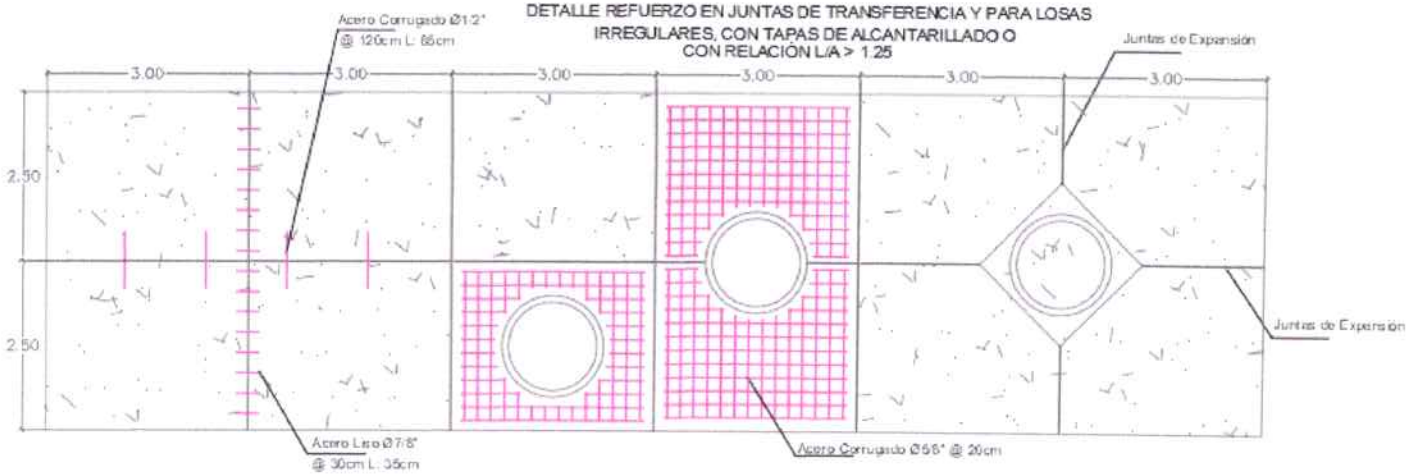


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





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 4.60 m, se realizarán carriles de 2.30 m y el largo de las losas de 2.80 m.

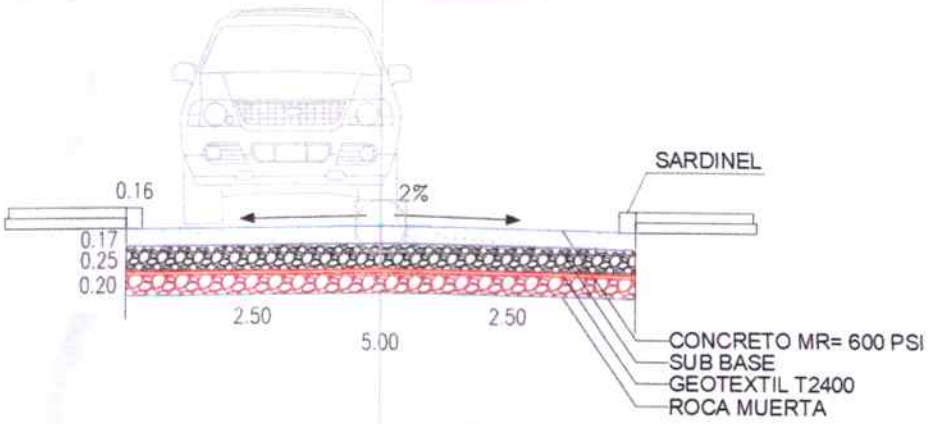


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

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:

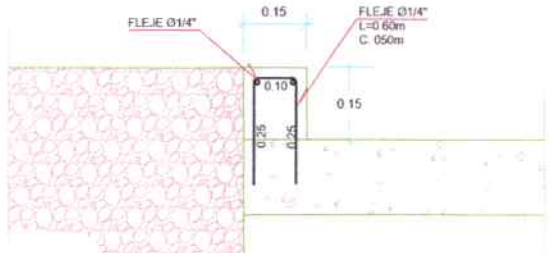


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia

1648

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

CONTRATO CON – 001 – 2022

CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN 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.

TOMO N° 4



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



CARRERA 12 ENTRE CALLES 18A Y 18B, BARRIO POPULAR

1650

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 Carerra 12 entre Calles 18ª y 18B – Barrio Popular.



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 12 entre Calles 18ª y 18B, 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.

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 12 entre Calles 18ª y 18B 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 104.00 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 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 oriente del Municipio, en el barrio Popular, con nomenclatura Carrera 12 entre Calles 18ª y 18B.

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 6.00 m, longitud de 103.00 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

CARRERA 12 ENTRE CALLES 18ª Y 18B – B/ POPULAR



Figura 1. Localización de Zona Por 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 realizadas y responsabilidad de la empresa Geolabs S.A.S.

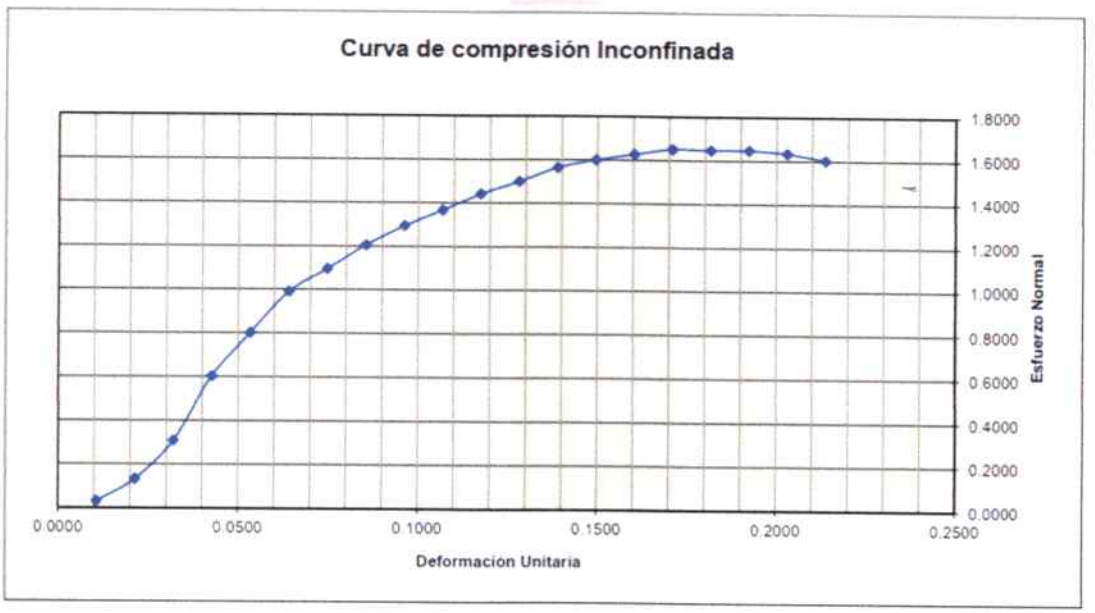
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S49 Carrera 12 entre Calles 18A y 18B	0.00	0.50	Afirmado
	0.50	1.00	[redacted] Arcilloso, [N 3/0]

Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S49	Carrera 12 entre Calles 18A y 18B	1.00	1.6503	1.811	1.352	17,09%

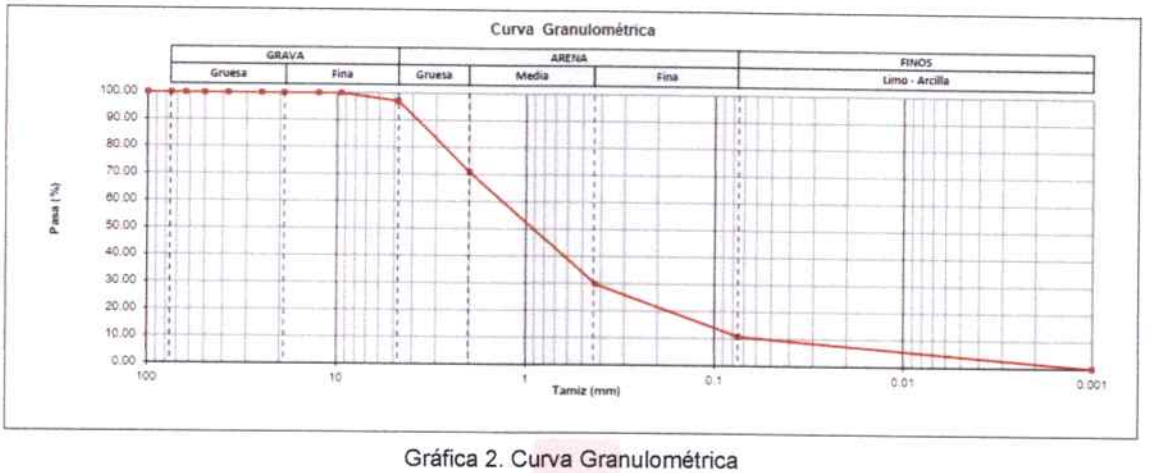


Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S49	Carrera 12 entre Calles 18A y 18B	56.57	32.68	23.89	2.94	86.28	10.78	SW – SM

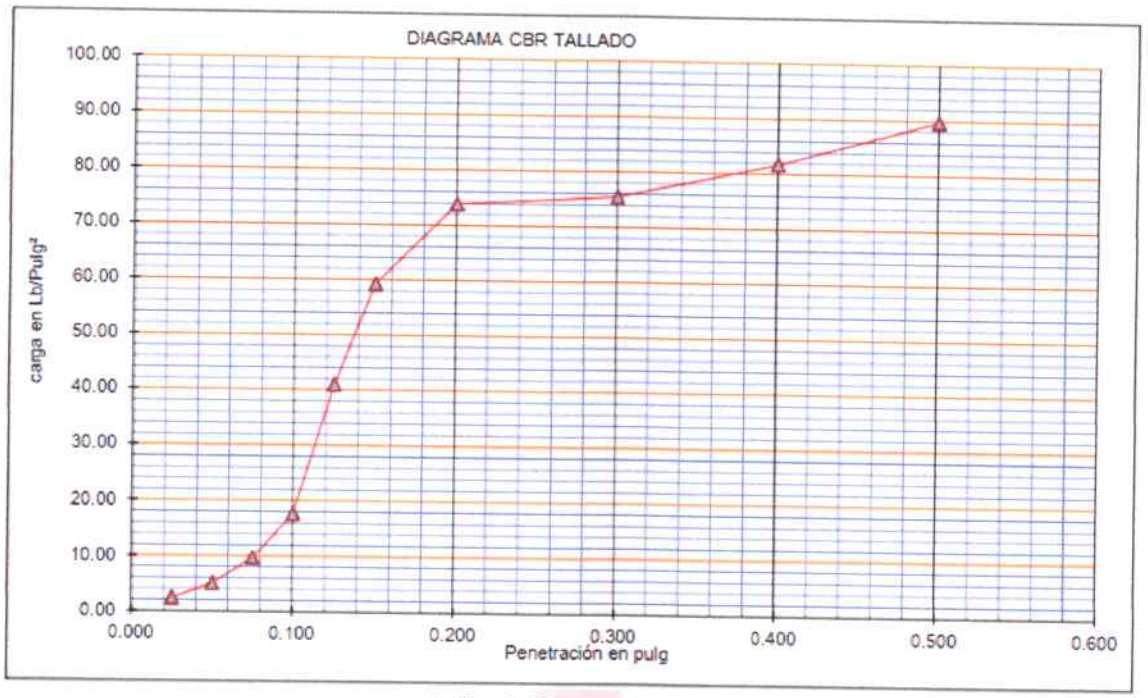


Gráfica 2. Curva Granulométrica
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S49	Carrera 12 entre Calles 18A y 18B	0.50	1.76%	4.93%

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 25, 26, 27 y 28 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 25/02/22

25 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	19	0	0	0	0	0	20
7:30-8:00	1	0	21	0	0	0	0	0	22
8:00-8:30	1	0	15	0	0	0	0	0	16
8:30-9:00	2	0	29	0	0	0	0	0	31
9:00-9:30	0	0	23	2	0	0	0	0	25
9:30-10:00	0	0	19	1	0	0	0	0	20
10:00-10:30	2	0	16	2	0	0	0	0	20
10:30-11:00	1	0	9	0	0	0	0	0	10
11:00-11:30	2	0	8	0	0	0	0	0	10
11:30-12:00	3	0	12	0	0	0	0	0	15
12:00-12:30	0	0	26	0	0	0	0	0	26
12:30-13:00	0	0	31	0	0	0	0	0	31
13:00-13:30	0	0	27	2	0	0	0	0	29
13:30-14:00	1	0	25	2	1	0	0	0	29
14:00-14:30	2	1	22	1	2	0	0	0	28
14:30-15:00	2	0	19	1	0	0	0	0	22
15:00-15:30	0	0	16	0	0	0	0	0	16
15:30-16:00	0	0	9	0	0	0	0	0	9
16:00-16:30	1	0	8	0	0	0	0	0	9
16:30-17:00	1	0	9	0	0	0	0	0	10
17:00-17:30	0	0	10	0	0	0	0	0	10
17:30-18:00	1	0	13	0	0	0	0	0	14
TOTAL	21	1	386	11	3	0	0	0	422
COMPOSICION VEHICULAR	4,98%	0,24%	91,47%	2,61%	0,71%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 2. Aforo vehicular 26/02/22

26 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	13	0	0	0	0	0	13
7:30-8:00	0	0	9	0	0	0	0	0	9
8:00-8:30	2	0	6	0	1	0	0	0	9
8:30-9:00	1	0	8	0	1	0	0	0	10
9:00-9:30	3	0	11	0	2	0	0	0	16
9:30-10:00	2	0	9	0	1	0	0	0	12
10:00-10:30	2	2	20	0	0	0	0	0	24
10:30-11:00	1	0	29	0	0	0	0	0	30
11:00-11:30	1	0	26	0	0	0	0	0	27
11:30-12:00	2	0	19	0	0	0	0	0	21
12:00-12:30	2	0	14	2	0	0	0	0	18
12:30-13:00	4	0	11	1	0	0	0	0	16
13:00-13:30	0	0	9	1	0	0	0	0	10
13:30-14:00	0	0	15	2	0	0	0	0	17
14:00-14:30	1	0	13	0	0	0	0	0	14
14:30-15:00	2	0	21	0	0	0	0	0	23
15:00-15:30	3	0	19	1	0	0	0	0	23
15:30-16:00	1	0	16	1	0	0	0	0	18
16:00-16:30	1	0	9	1	0	0	0	0	11
16:30-17:00	2	0	12	2	0	0	0	0	16
17:00-17:30	1	0	11	1	0	0	0	0	13
17:30-18:00	1	0	21	0	0	0	0	0	22
TOTAL	32	2	321	12	5	0	0	0	372
COMPOSICION VEHICULAR	8,60%	0,54%	86,29%	3,23%	1,34%	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 27/02/22

27 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	7	0	10	0	0	0	0	0	17
7:30-8:00	3	0	14	0	0	0	0	0	17
8:00-8:30	5	0	15	2	0	0	0	0	22
8:30-9:00	11	0	21	1	0	0	0	0	33
9:00-9:30	15	0	17	0	0	0	0	0	32
9:30-10:00	6	0	19	0	0	0	0	0	25
10:00-10:30	7	0	11	0	0	0	0	0	18
10:30-11:00	15	0	24	1	0	0	0	0	40
11:00-11:30	12	0	30	2	0	0	0	0	44
11:30-12:00	10	0	41	0	0	0	0	0	51
12:00-12:30	22	0	33	0	0	0	0	0	55
12:30-13:00	10	0	27	2	0	0	0	0	39
13:00-13:30	5	0	12	0	0	0	0	0	17
13:30-14:00	22	0	40	0	0	0	0	0	62
14:00-14:30	20	0	37	0	0	0	0	0	57
14:30-15:00	28	0	40	3	0	0	0	0	71
15:00-15:30	45	0	37	0	0	0	0	0	82
15:30-16:00	23	0	40	0	0	0	0	0	63
16:00-16:30	11	0	50	3	1	0	0	0	65
16:30-17:00	6	0	20	0	0	0	0	0	26
17:00-17:30	12	0	35	0	0	0	0	0	47
17:30-18:00	9	0	26	0	0	0	0	0	35
TOTAL	304	0	599	14	1	0	0	0	918
COMPOSICION VEHICULAR	33,12%	0,00%	65,25%	1,53%	0,11%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 4. Aforo Vehicular 28/02/22

28 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	7	0	40	0	0	0	0	0	47
7:30-8:00	3	0	44	0	0	0	0	0	47
8:00-8:30	9	0	13	2	0	0	0	0	24
8:30-9:00	4	0	48	1	0	0	0	0	53
9:00-9:30	15	0	23	0	0	0	0	0	38
9:30-10:00	6	0	47	0	0	0	0	0	53
10:00-10:30	7	0	34	0	0	0	0	0	41
10:30-11:00	15	0	34	1	0	0	0	0	50
11:00-11:30	25	0	22	2	0	0	0	0	49
11:30-12:00	10	0	18	0	0	0	0	0	28
12:00-12:30	22	0	49	0	0	0	0	0	71
12:30-13:00	10	0	17	2	0	0	0	0	29
13:00-13:30	23	0	12	0	0	0	0	0	35
13:30-14:00	45	0	37	0	0	0	0	0	82
14:00-14:30	21	0	43	0	0	0	0	0	64
14:30-15:00	28	0	31	3	0	0	0	0	62
15:00-15:30	45	0	29	0	0	0	0	0	74
15:30-16:00	23	0	30	0	0	0	0	0	53
16:00-16:30	11	0	37	3	1	0	0	0	52
16:30-17:00	6	0	36	0	0	0	0	0	42
17:00-17:30	12	0	11	0	0	0	0	0	23
17:30-18:00	9	0	23	0	0	0	0	0	32
TOTAL	356	0	678	14	1	0	0	0	1049
COMPOSICION VEHICULAR	33,94%	0,00%	64,63%	1,33%	0,10%	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.

$$TPDC = \frac{15 + 19 + 23 + 26 * 4}{7} = 23\ vehículos\ comerciales$$

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	5	20,00%
C2P	14	56,00%
C2G	6	24,00%
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:

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

$$NESE80KNañobase = 365 * 23 * [0.20 * 1 + 0.56 * 1.01 + 0.24 * 2.72] * 1$$

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.





1662

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	23,00
NESE80KNañobase	11908,00
NESEacumulado	324749
NESE 90	376312
NESEdiseño	561458

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: **561458**

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**
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 3.20.

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 (1.76%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **15.44Mpa/m – 56.36 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:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 1.76 = \mathbf{15.44}\ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

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.

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:

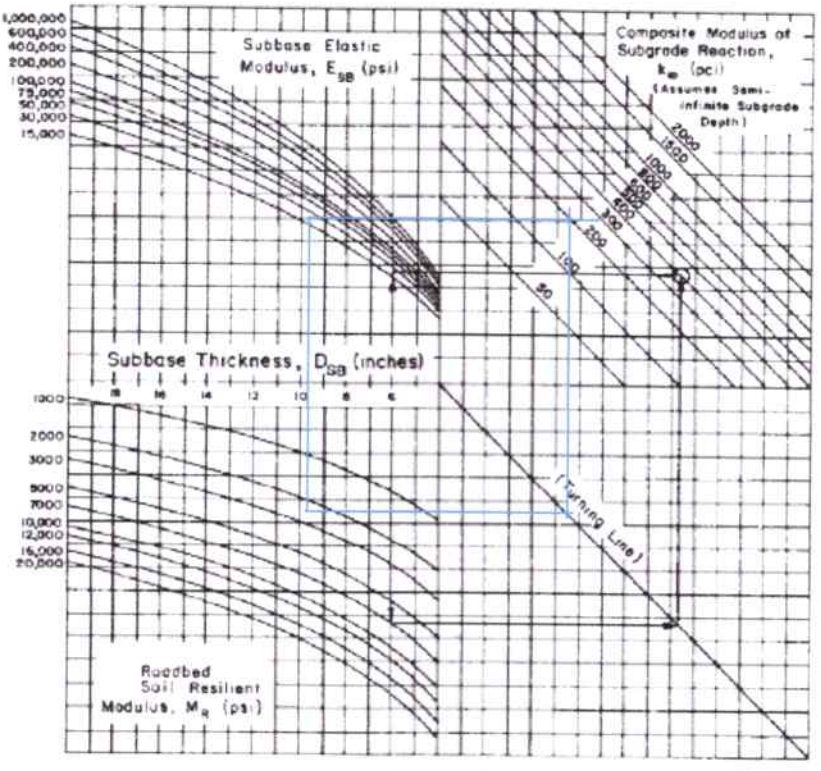
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 1.76\% = 176 \frac{kg}{cm^2} = \mathbf{2503\ psi}$$

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 (1.76%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **15.44Mpa/m – 56.36 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 (2503 psi)

1667

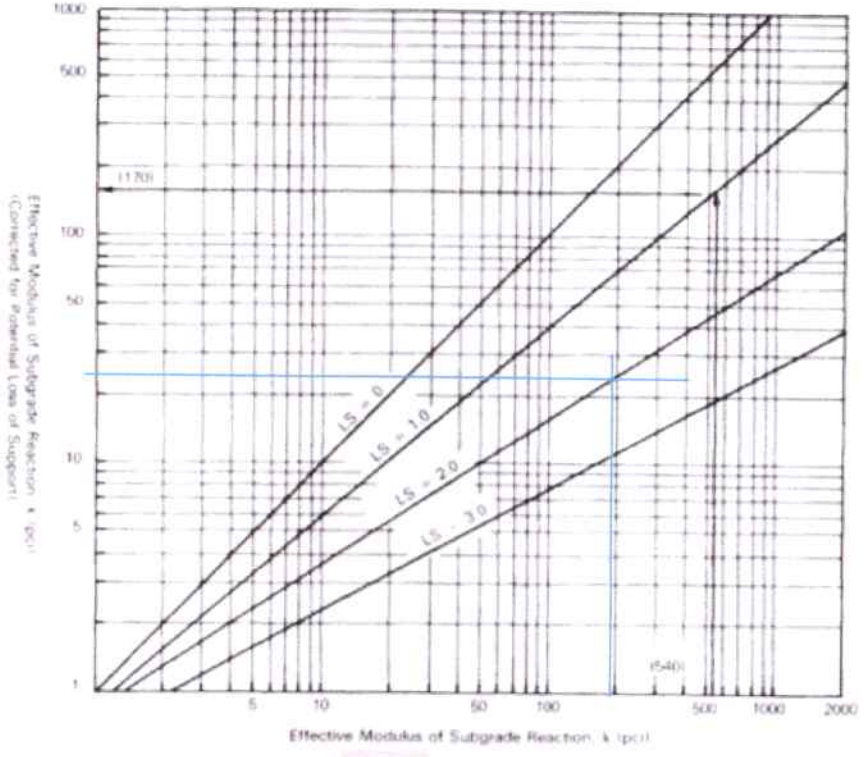


Gráfica 4. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

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 **25.0 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:

1669

Tabla 10. Resumen de variables

DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
NESE diseño	561458	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)	56,36	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)	25	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(672637) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510}{25}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 7,14" =18,14cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 7.14", equivalentes a 18,14cm, sin embargo, por practicidad en obra, se recomienda el uso de un espesor de 190 mm.

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=1,76%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 1.76 = \mathbf{15.44}\ {}^{Mpa}/_{m}$$

- 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

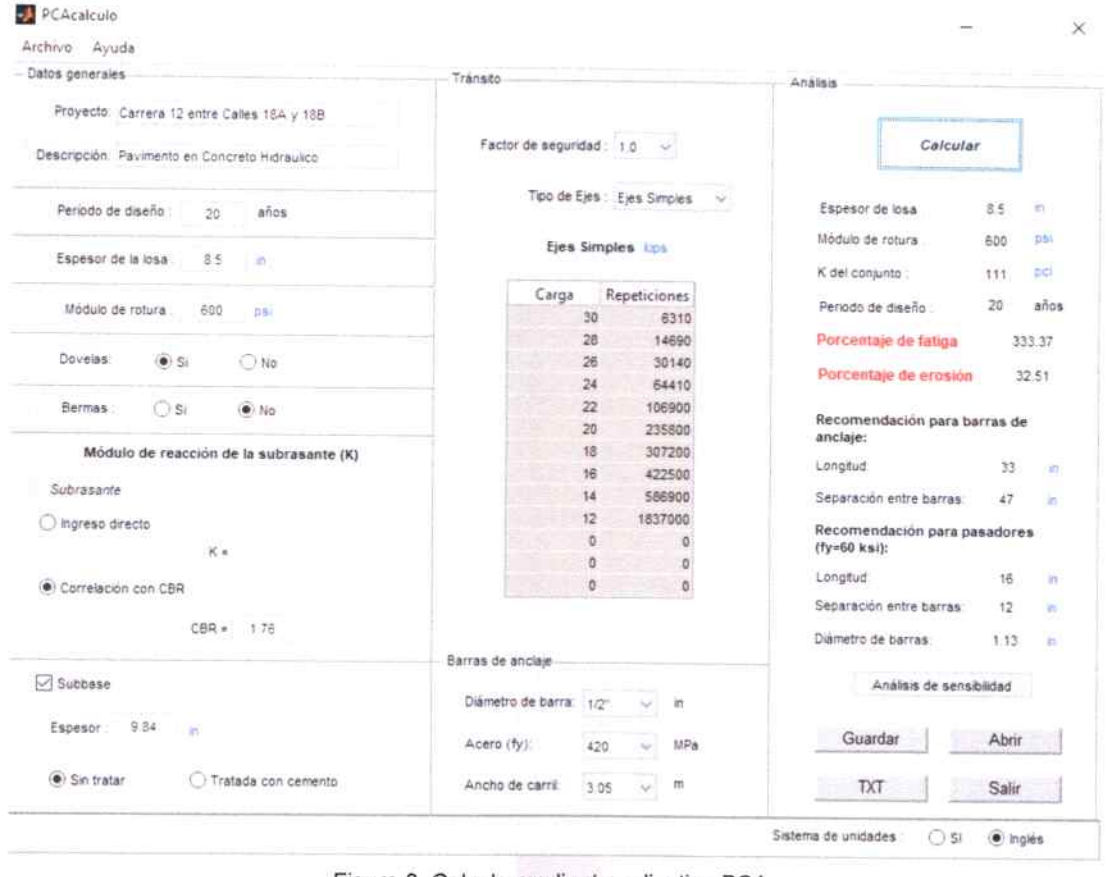


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO – CARRERA 12 ENTRE CALLES 18A Y 18B, BARRIO POPULAR

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: 190 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.
- Realizar la reposición de 200mm del terreno existente por afirmado, por recomendación del 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	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,40	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	0,75	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 600 PSI: 190 mm de espesor
- Sub-base: 250 mm de espesor
- Geotextil T2400
- Reposición en afirmado con espesor de 200 mm
- 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.

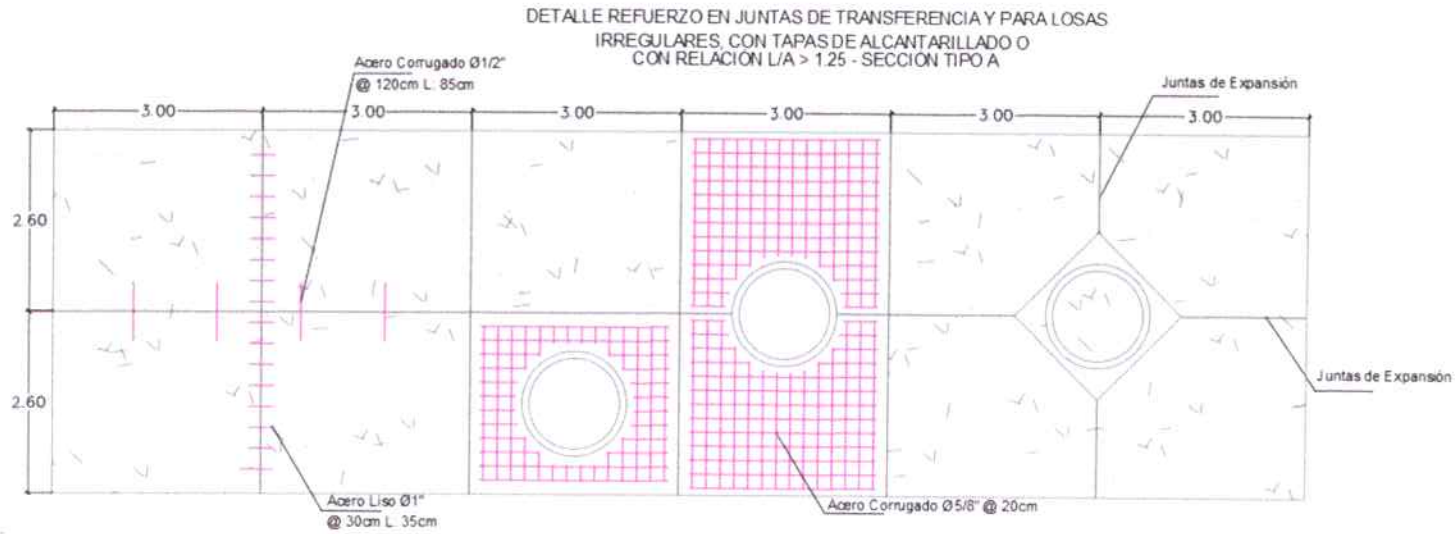


Figura 4. Detalle de refuerzo, seccion tipo A.
Fuente: Propia.





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

DETALLE REFUERZO EN JUNTAS DE TRANSFERENCIA Y PARA LOSAS IRREGULARES, CON TAPAS DE ALCANTARILLADO O CON RELACIÓN L/A > 1.25 - SECCIÓN TIPO B Y C

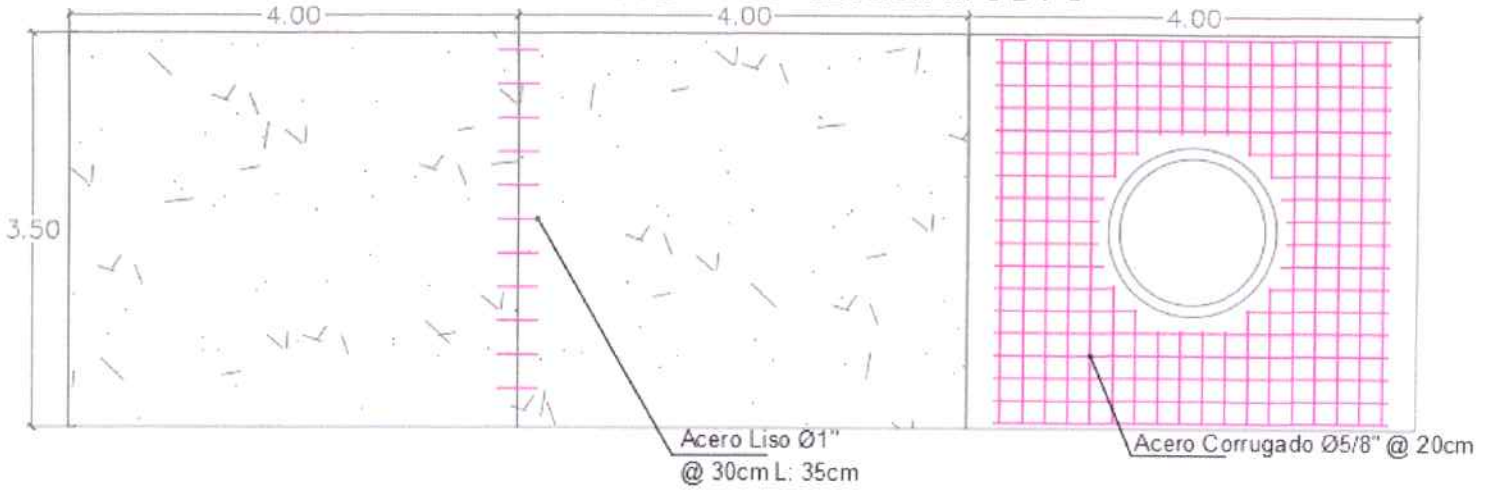


Figura 5. Detalle de refuerzo, seccion tipo B y C.
Fuente: Propia.





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

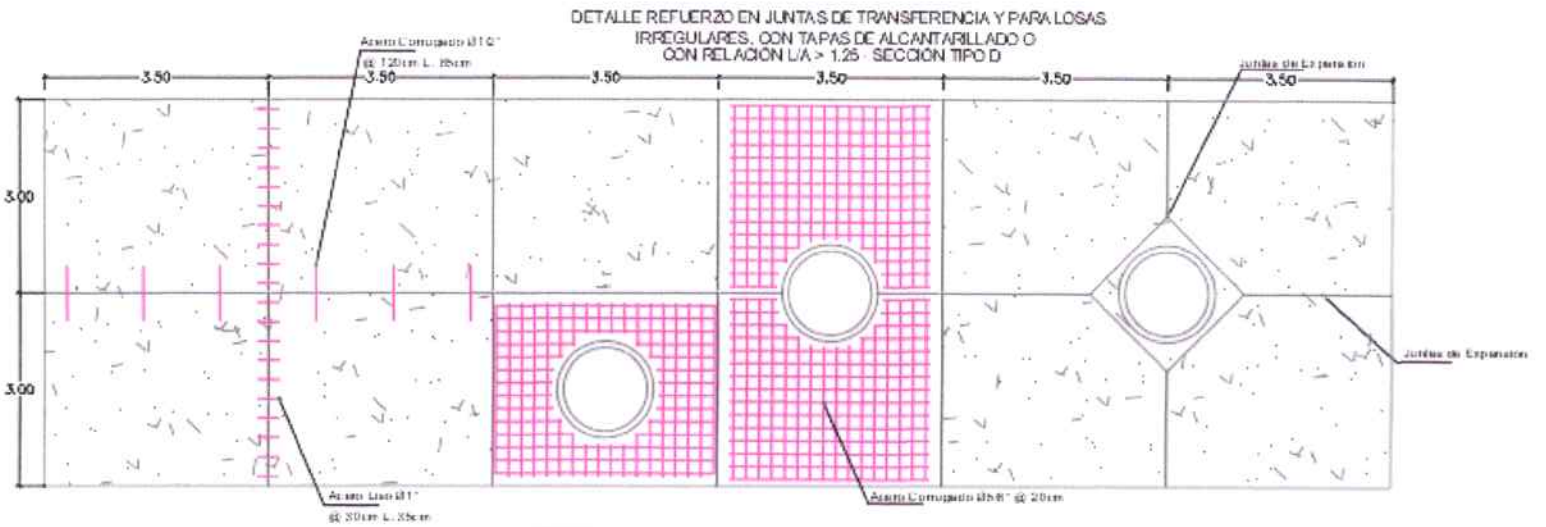


Figura 6. Detalle de refuerzo, seccion tipo D.
Fuente: Propia.





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, el diseño de la vía, plantea la construcción de cuatro secciones viales distintas, debido a los anchos de calzada existentes, por lo cual se estable la Sección Tipo A con ancho de calzada de 5.20 m, se realizarán carriles de 2.60 m y el largo de las losas de 3.00 m, Sección Tipo B y C cuentan con un único carril de 3.50 m y el largo de las losas de 4.00 m y finalmente la Sección Tipo D con ancho de calzada de 6.00 m, se realizarán carriles de 3.00 m y el largo de las losas de 3.50 m

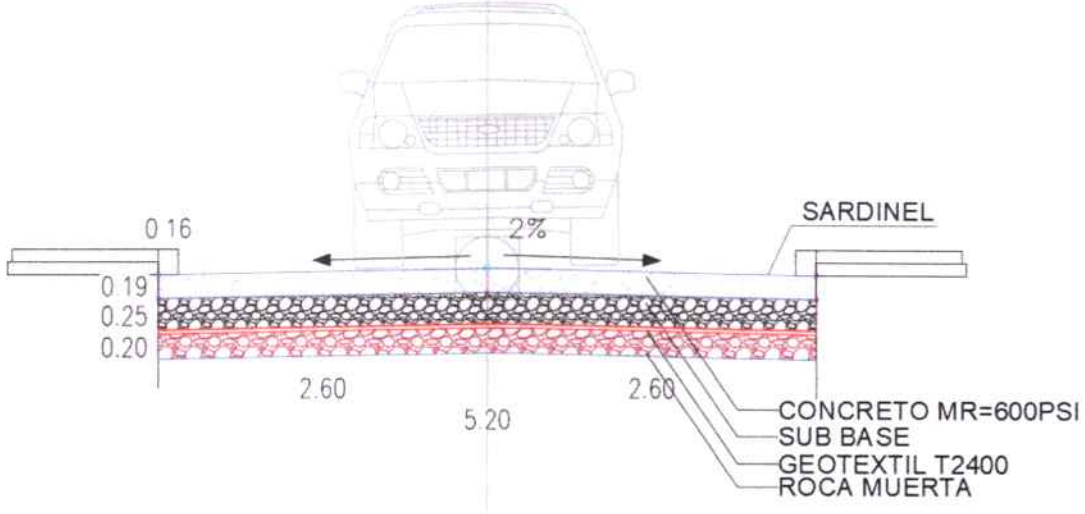


Figura 7. Sección Transversal Tipo A
Fuente: Propia.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

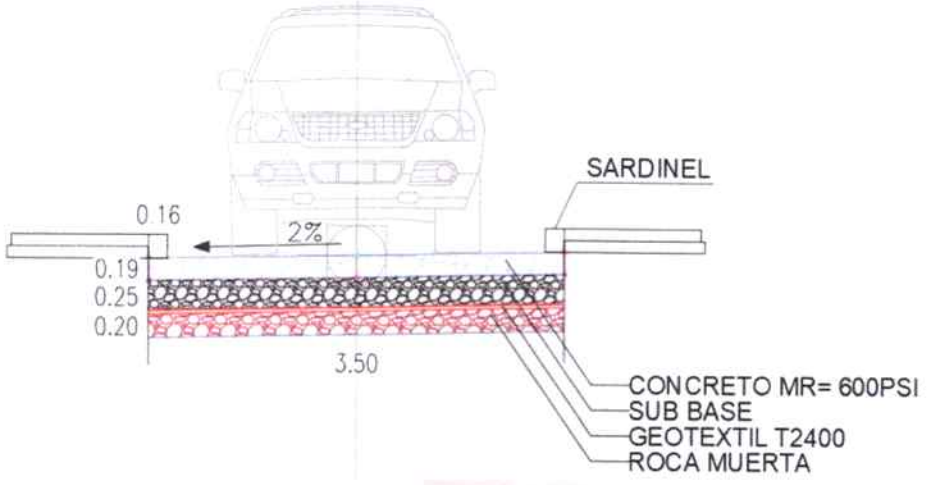


Figura 8. Sección Transversal Tipo B
Fuente: Propia.

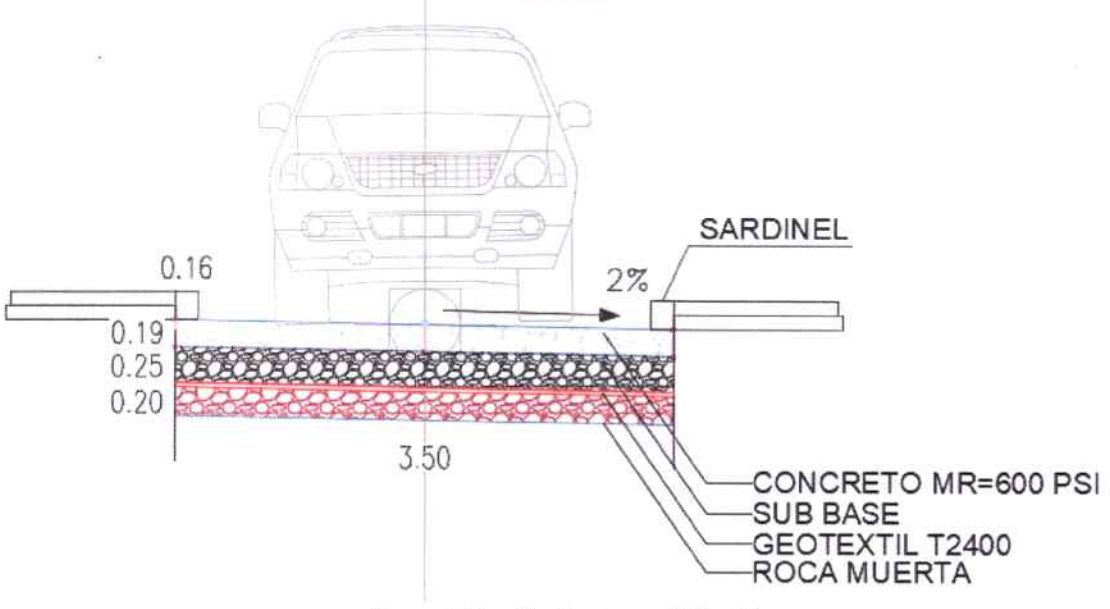


Figura 9. Sección Transversal Tipo C
Fuente: Propia.

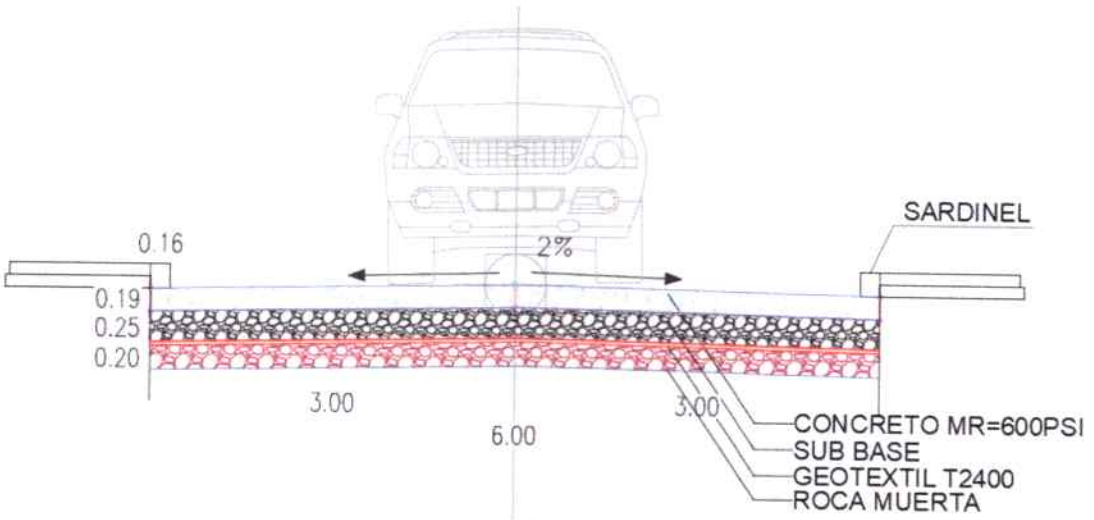


Figura 10. Sección Transversal Tipo D
Fuente: Propia.

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:

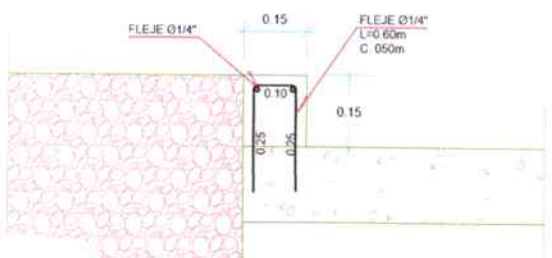


Figura 11. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia

CALLE 8A ENTRE CARRERAS 12B Y TRANSVERSAL 13, BARRIO LA CIUDADELA GRAJALES

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 Calle 8ª entre Carreras 12B y Transversal 13– Barrio La Ciudadela Grajales.



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 8ª entre Carreras 12B y Transversal 13 , del barrio la Ciudadela Grajales 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 8ª entre Carreras 12B y Transversal 13 del barrio Ciudad Grajales, 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 45.00 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 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 Suroeste del Municipio, en el barrio Ciudad Grajales, con nomenclatura Calle 8ª entre Carreras 12B y Transversal 13.
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 5.0 m, longitud de 44.20 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

CALLE 8ª ENTRE CARRERAS 12B Y TRANSVERSAL 13 – B/ LA CIUDADELA GRAJALES



Figura 1. Localización de Zona Por 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 realizadas y responsabilidad de la empresa Geolabs S.A.S.

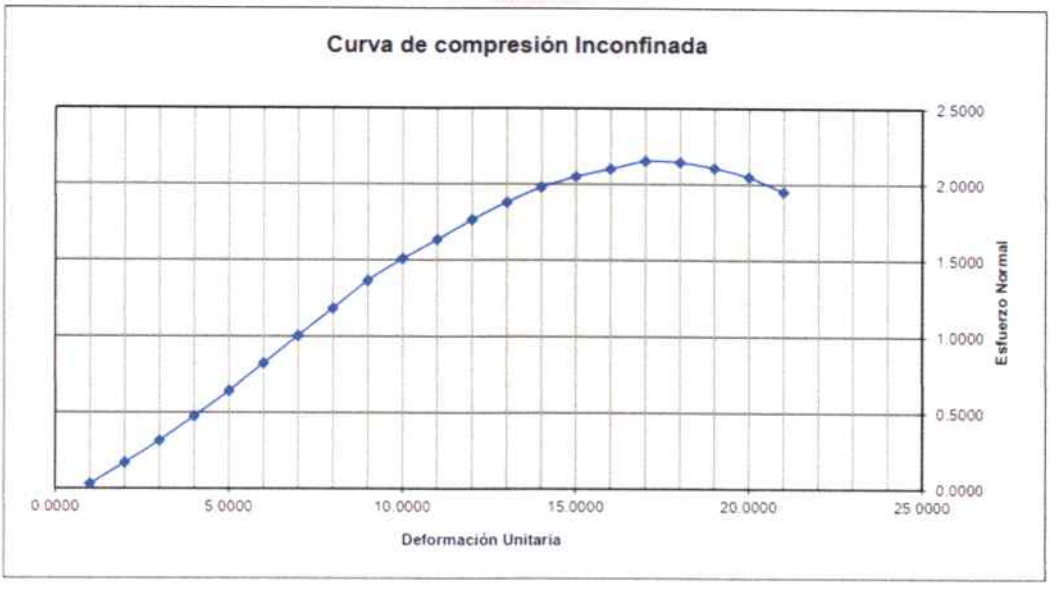
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S22 Calle 8A entre Carreras 12B y Transversal 13	0.00 0.30	0.30 1.00	Lleno Arcillo - arenoso, Amarillento [25YR 7/6]

Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S22	Calle 8A entre Carreras 12B y Transversal 13	1.00	2.1526	2.052	1.724	9,08%

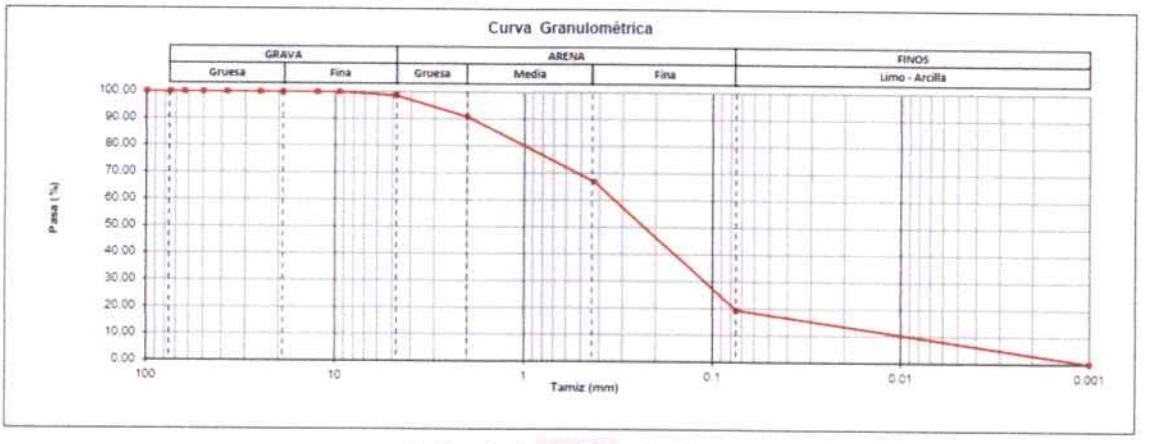


Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S22	Calle 8A entre Carreras 12B y Transversal 13	29.22	20.18	9.05	1.35	79.25	19.40	SC

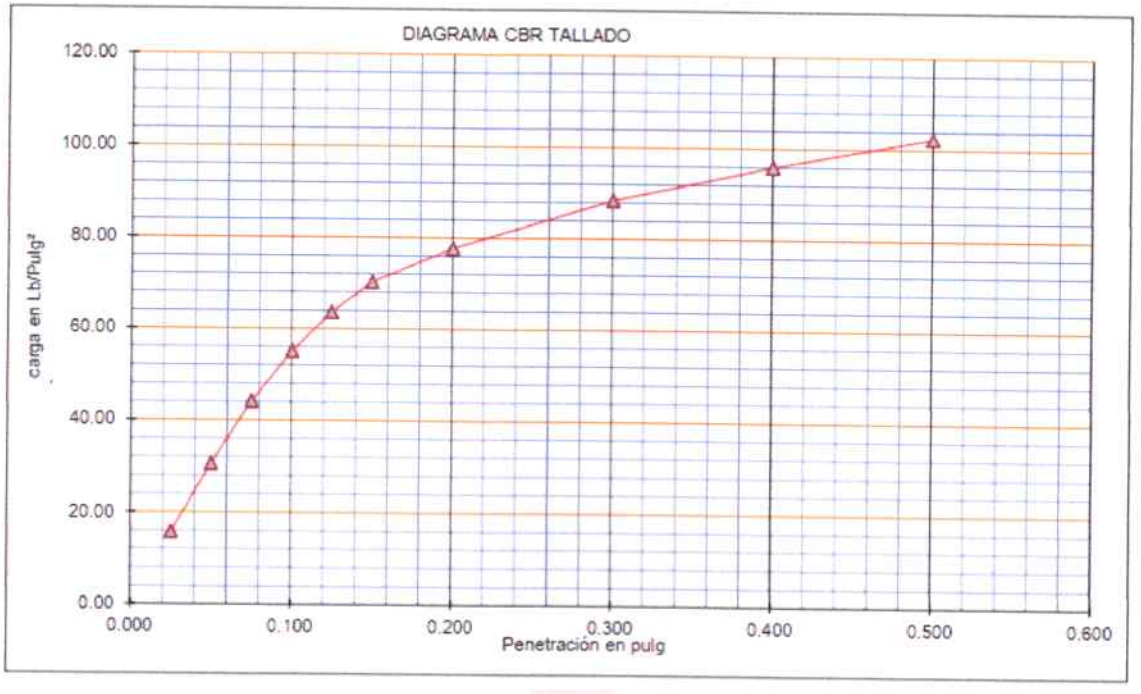


Gráfica 2. Curva Granulométrica
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S22	Calle 8A entre Carreras 12B y Transversal 13	0.30	5.50%	5.18%

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 25, 26, 27 y 28 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	

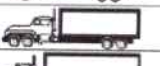
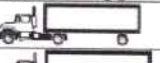
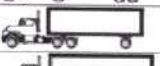
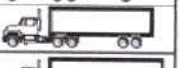
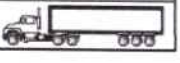
TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C3 Y C4	CAMION C3	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
> C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

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

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 1. Aforo vehicular 25/02/22

25 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	16	0	0	0	0	0	16
7:30-8:00	2	0	12	0	0	0	0	0	14
8:00-8:30	0	0	17	0	0	0	0	0	17
8:30-9:00	0	0	18	0	0	0	0	0	18
9:00-9:30	1	0	13	0	0	0	0	0	14
9:30-10:00	0	0	10	0	0	0	0	0	10
10:00-10:30	3	0	21	1	0	0	0	0	25
10:30-11:00	3	0	16	0	0	0	0	0	19
11:00-11:30	2	0	20	1	0	0	0	0	23
11:30-12:00	1	1	19	0	0	0	0	0	21
12:00-12:30	4	0	34	1	0	0	0	0	39
12:30-13:00	1	1	17	0	0	0	0	0	19
13:00-13:30	0	0	22	0	0	0	0	0	22
13:30-14:00	0	0	16	0	0	0	0	0	16
14:00-14:30	2	0	14	0	1	0	0	0	17
14:30-15:00	4	1	27	1	0	0	0	0	33
15:00-15:30	2	0	29	0	1	0	0	0	32
15:30-16:00	0	0	30	0	0	0	0	0	30
16:00-16:30	2	0	27	0	2	0	0	0	31
16:30-17:00	1	0	28	1	0	0	0	0	30
17:00-17:30	4	0	31	0	1	0	0	0	36
17:30-18:00	3	0	38	0	0	0	0	0	41
TOTAL	35	3	475	5	5	0	0	0	523
COMPOSICION VEHICULAR	6,69%	0,57%	90,82%	0,96%	0,96%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 2. Aforo vehicular 26/02/22

26 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	12	0	0	0	0	0	12
7:30-8:00	0	0	9	0	0	0	0	0	9
8:00-8:30	0	0	6	0	0	0	0	0	6
8:30-9:00	2	0	8	0	0	0	0	0	10
9:00-9:30	1	0	10	0	0	0	0	0	11
9:30-10:00	2	0	12	0	0	0	0	0	14
10:00-10:30	1	0	5	1	0	0	0	0	7
10:30-11:00	0	0	7	0	0	0	0	0	7
11:00-11:30	0	0	9	1	0	0	0	0	10
11:30-12:00	0	1	11	0	0	0	0	0	12
12:00-12:30	2	0	14	1	0	0	0	0	17
12:30-13:00	1	0	20	0	0	0	0	0	21
13:00-13:30	2	0	9	0	0	0	0	0	11
13:30-14:00	3	0	11	0	0	0	0	0	14
14:00-14:30	0	0	6	0	1	0	0	0	7
14:30-15:00	1	0	8	1	0	0	0	0	10
15:00-15:30	0	0	12	0	1	0	0	0	13
15:30-16:00	1	1	15	0	0	0	0	0	17
16:00-16:30	2	0	21	0	2	0	0	0	25
16:30-17:00	1	0	26	1	0	0	0	0	28
17:00-17:30	3	0	31	0	1	0	0	0	35
17:30-18:00	1	0	22	0	0	0	0	0	23
TOTAL	23	2	284	5	5	0	0	0	319
COMPOSICION VEHICULAR	7,21%	0,63%	89,03%	1,57%	1,57%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 3. Aforo Vehicular 27/02/22

27 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	9	0	0	0	0	0	12
7:30-8:00	1	0	12	0	0	0	0	0	13
8:00-8:30	1	0	25	0	0	0	0	0	26
8:30-9:00	2	1	22	0	2	0	0	0	27
9:00-9:30	1	0	25	0	0	0	0	0	26
9:30-10:00	0	0	22	0	0	0	0	0	22
10:00-10:30	0	0	19	0	0	0	0	0	19
10:30-11:00	1	0	15	1	0	0	0	0	17
11:00-11:30	2	0	12	0	0	0	0	0	14
11:30-12:00	1	0	9	0	0	0	0	0	10
12:00-12:30	1	0	6	0	0	0	0	0	7
12:30-13:00	1	0	12	0	0	0	0	0	13
13:00-13:30	0	0	26	0	1	0	0	0	27
13:30-14:00	0	0	21	0	0	0	0	0	21
14:00-14:30	1	0	26	0	0	0	0	0	27
14:30-15:00	0	0	31	0	1	0	0	0	32
15:00-15:30	0	0	25	0	1	0	0	0	26
15:30-16:00	1	0	27	0	0	0	0	0	28
16:00-16:30	1	0	25	2	0	0	0	0	28
16:30-17:00	1	0	19	0	0	0	0	0	20
17:00-17:30	1	0	16	0	0	0	0	0	17
17:30-18:00	1	0	12	0	0	0	0	0	13
TOTAL	20	1	416	3	5	0	0	0	445
COMPOSICION VEHICULAR	4,49%	0,22%	93,48%	0,67%	1,12%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 4. Aforo Vehicular 28/02/22

28 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	14	0	0	0	0	0	14
7:30-8:00	1	0	19	0	0	0	0	0	20
8:00-8:30	2	0	25	0	0	0	0	0	27
8:30-9:00	1	1	14	0	2	0	0	0	18
9:00-9:30	2	0	21	0	0	0	0	0	23
9:30-10:00	1	0	19	0	0	0	0	0	20
10:00-10:30	0	0	17	0	0	0	0	0	17
10:30-11:00	1	0	19	1	0	0	0	0	21
11:00-11:30	2	0	27	0	0	0	0	0	29
11:30-12:00	1	0	27	0	0	0	0	0	28
12:00-12:30	1	0	16	0	0	0	0	0	17
12:30-13:00	1	0	24	0	0	0	0	0	25
13:00-13:30	0	0	16	0	1	0	0	0	17
13:30-14:00	0	0	13	0	0	0	0	0	13
14:00-14:30	2	0	13	0	0	0	0	0	15
14:30-15:00	1	0	12	0	1	0	0	0	14
15:00-15:30	1	0	13	0	1	0	0	0	15
15:30-16:00	1	0	12	0	0	0	0	0	13
16:00-16:30	1	0	17	2	0	0	0	0	20
16:30-17:00	1	0	16	0	0	0	0	0	17
17:00-17:30	1	0	20	0	0	0	0	0	21
17:30-18:00	1	0	25	0	0	0	0	0	26
TOTAL	22	1	399	3	5	0	0	0	430
COMPOSICION VEHICULAR	5,12%	0,23%	92,79%	0,70%	1,16%	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.

$$TPDC = \frac{13 + 12 + 9 + 9 * 4}{7} = 10\ vehículos\ comerciales$$

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.

FACTORES DE DAÑO		
TIPO DE VEHICULO	VACIO	CARGADO
Auto	-	-
Bus	-	1
C2P	0,01	1,01
C2G	0,08	2,72
C3-4	0,24	3,72
C5	0,25	4,88
>C6	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.

1692

Tabla 6. Porcentajes de vehículos comerciales.

PARAMETROS DE DISEÑO		
TIPO DE VEHICULO	**CANTIDAD**	**PORCENTAJE**
Bus	2	18,18%
C2P	4	36,36%
C2G	5	45,45%
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:

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

$$NESE80KNañobase = 365 * 10 * [0.1818 * 1 + 0.3636 * 1.01 + 0.4545 * 2.72] * 1$$

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.

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	10,00
NESE80KNañobase	6517,00
NESEacumulado	177729
NESE 90	205949
NESEdiseño	307276

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: **307276**

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**
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

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

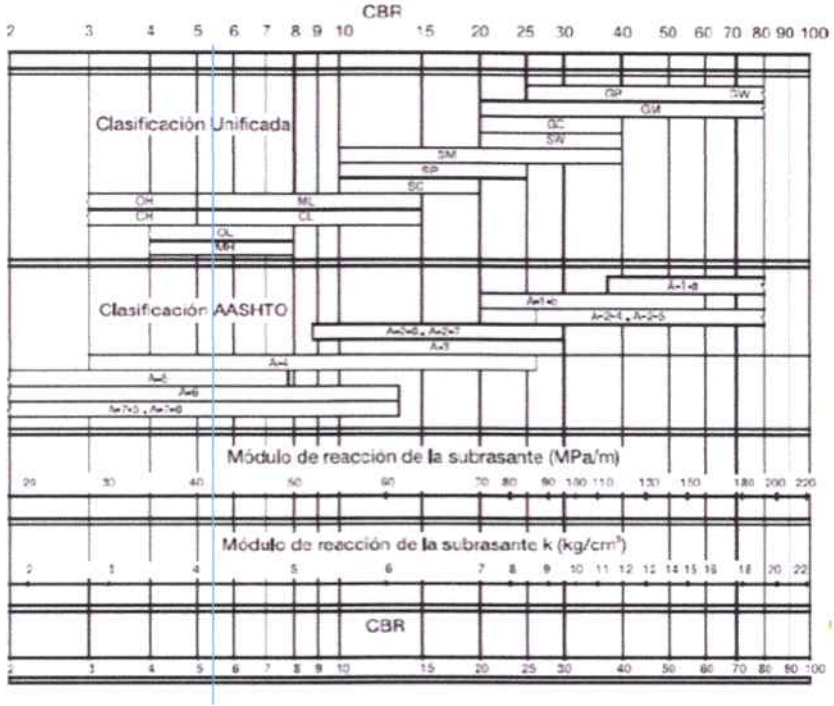
k. Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi): **4536510,74 psi**

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

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

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

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (5.50%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **41.42Mpa/m – 151.18 pci**



Gráfica 4. 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:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 5.50 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{41.42} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

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:

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

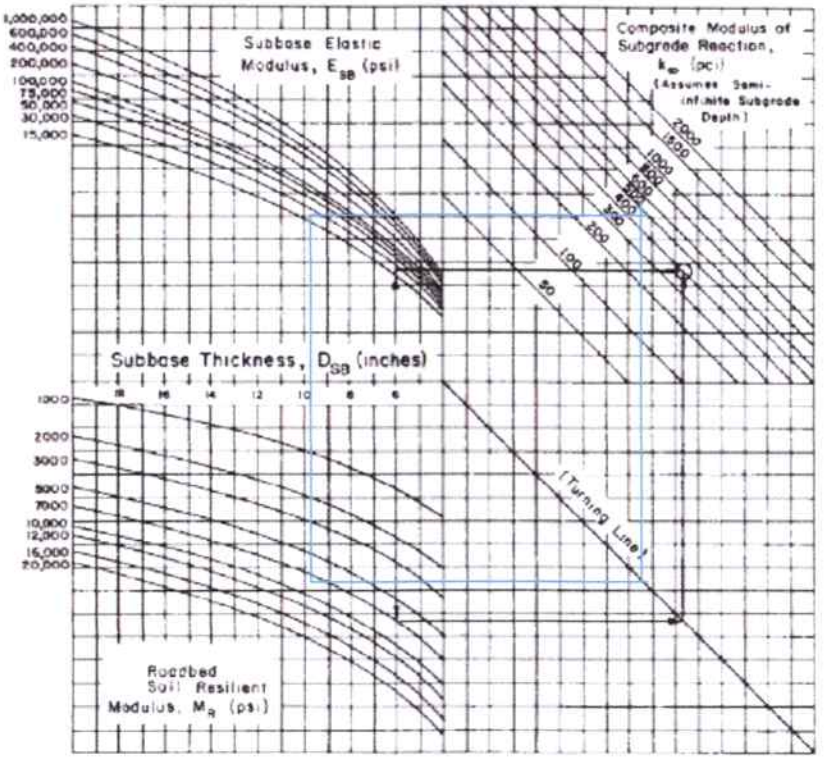
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 5.50\% = 550 \frac{kg}{cm^2} = 7823\ psi$$

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 (5.50%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **41.42Mpa/m – 151.18 pci**

La sub-base granular tendrá 250 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.

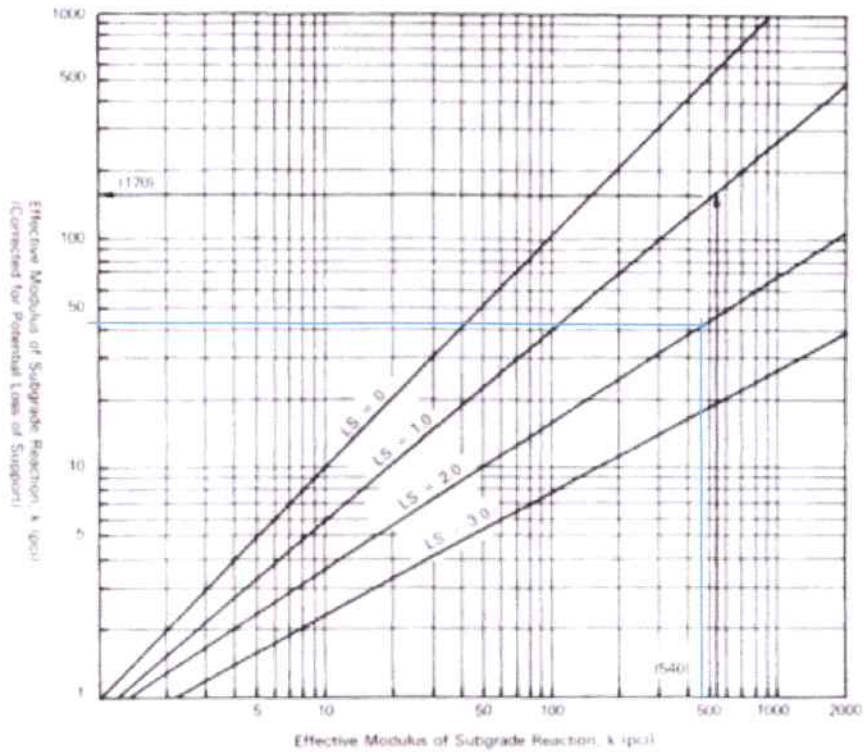
AASHTO propone la Ilustración 2 para estimar el módulo de reacción compuesto de la sub-rasante basándonos en el espesor de la sub-base (9.84 pulgadas aproximadamente) y su módulo de elasticidad (17160 psi) y en el módulo resiliente de la sub-rasante (7823 psi)



Gráfica 5. 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 250 mm de espesor (9.84 pulgadas aproximadamente) es igual a **460 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 **43 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:

Tabla 10. Resumen de variables

DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
NESE diseño	307276	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)	151,18	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)	43	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(307276) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510}{43}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 6,30" =16.00cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 6.30", equivalentes a 16,00cm.

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=5.50%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 5.50 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{41.42} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

- 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

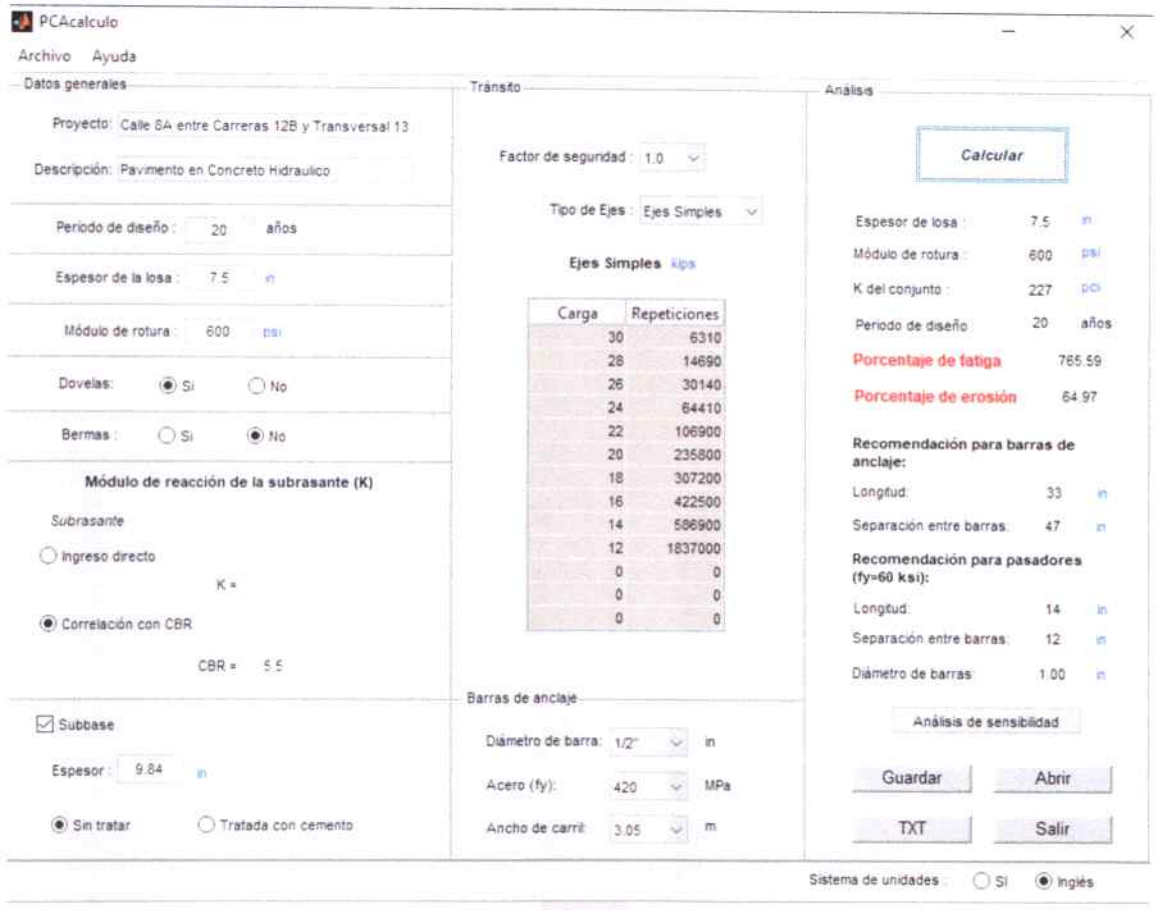


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DE LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO.

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.
- 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	0,40	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	0,75	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 600PSI: 160 mm de espesor
- Roca Muerta Mejorada: 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.

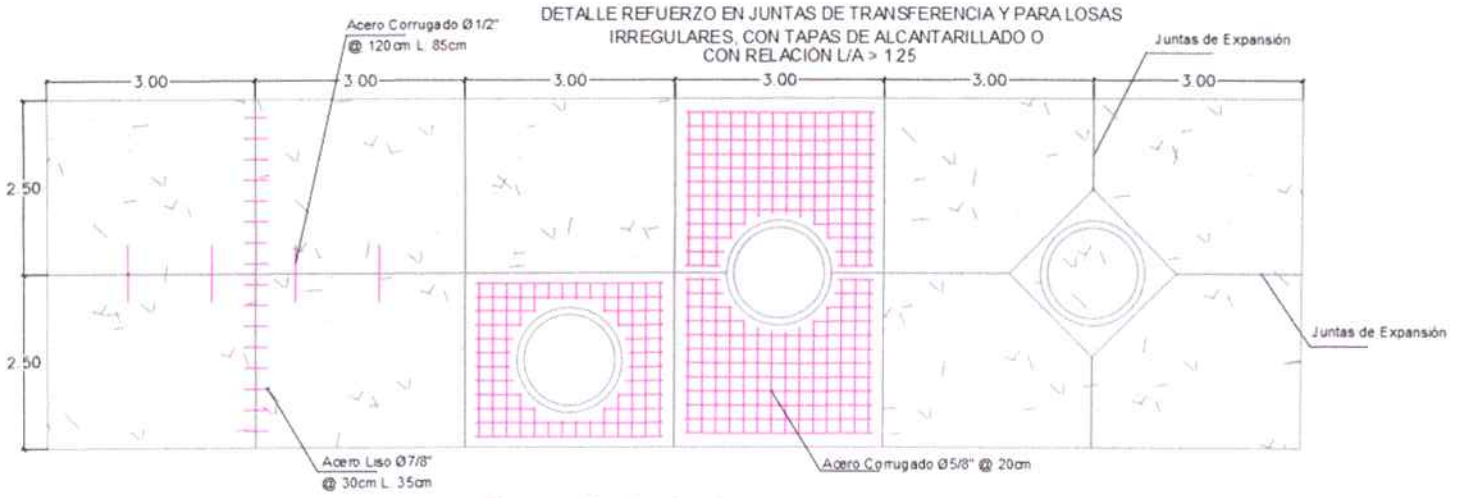


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





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.

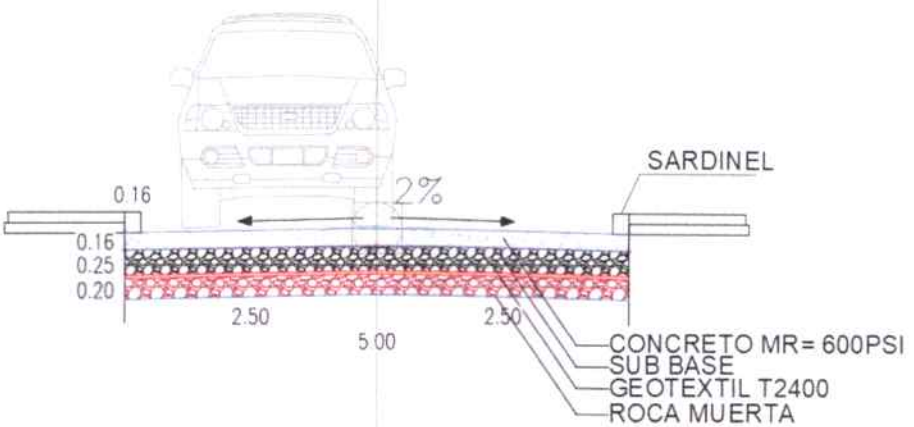


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

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:

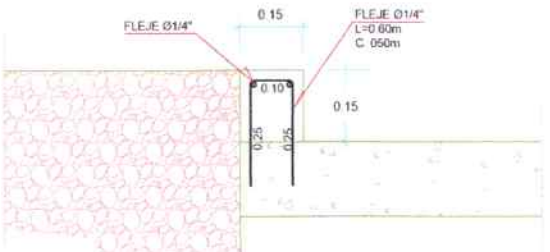


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia