

REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO HIDRÁULICO
VÍAS EN EL PERÍMETRO URBANO DEL MUNICIPIO DE MONTERREY CASANARE.



ALCALDÍA MUNICIPAL DE MONTERREY

CONTRATO DE CONSULTORÍA

00388 DE 2022

OBJETO.

**REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO
HIDRÁULICO DE VÍAS EN EL PERÍMETRO URBANO DEL MUNICIPIO DE
MONTERREY CASANARE.**

**SECTOR 2.
BARRIO RIVERAS DE SAN ANDRÉS
BARRIO 15 DE SEPTIEMBRE
BARRIO PALMARES**

**CONTIENE
ESTUDIO DE GEOTECNIA**

MONTERREY – CASANARE 2023

TABLA DE CONTENIDO

8. COMPONENTE GEOTECNIA

- 8.1 Introducción
- 8.2 Objetivo
- 8.3 Localización
- 8.4 Relación de la información obtenida
 - 8.4.1 Exploración de la subrasante
- 8.5 Predimensionamiento de estructura de pavimento
 - 8.5.1 Material de soporte para la losa de concreto
- 8.6 Conclusiones y Recomendaciones

8. COMPONENTE GEOTECNIA

8.1 *Introducción*

Este acápite está ligado a los componentes descritos anteriormente tales como clima, topografía, estudios de suelos, estudio de geología en cuanto a geotecnia se busca determinar el comportamiento geotécnico de los materiales a nivel de subrasante analizando las condiciones de servicio bajo las cuales va a estar sometido el suelo de fundación de la vía, hallando la capacidad portante de suelo.

8.2 *Objetivo*

Determinar la capacidad portante o resistente del suelo a partir de CBR determinados durante el estudio de suelos, siendo este un parámetro fundamental para el diseño del pavimento además se indicarán las propiedades que deben cumplir los materiales a utilizar en dicha estructura.

8.3 *Localización*

En el capítulo 2 del presente documento, DIAGNOSTICO PRELIMINAR DEL PROYECTO, EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA, LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO se describe y se detalla la localización del proyecto.

8.4 *Relación de la información obtenida*

En el capítulo 6 denominado ESTUDIOS DE SUELOS Y ENSAYOS DE LABORATORIO y capítulo 7 ESTUDIO DE GEOLOGÍA, capítulo 10 ESTUDIO HIDROLÓGICO Y CLIMATOLOGÍA se consigna todo lo relacionado con estos componentes que complementan el estudio de geotecnia; sin embargo, en este acápite se hará énfasis en los estudios de suelos realizados en el área de estudio.

8.4.1 *Exploración de la subrasante*

Se realizó estudios de suelos en correspondencia con el Instituto Nacional de Vías INVIAS, empleando las normas I.N.V. E-101 — Investigación de suelos y rocas para propósitos de ingeniería, I.N.V. E-102 — Descripción e identificación de suelos (Procedimientos visual y manual), I.N.V. E-104 — Toma de muestras inalteradas de suelos en superficie, I.N.V. E-148 — CBR de los suelos compactados en laboratorio y sobre muestra inalterada, I.N.V. E-125 — Determinación del límite líquido de los suelos, I.N.V. E-126 — Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos

Para el sector en estudio se realizaron apiques con una profundidad de 1,50 mts en la tabla 8-1 e imagen 8-1 se observa su ubicación.

Tabla 8-1 Ubicación de apiques.

APIQUE	BARRIO	COORDENADAS GEOGRAFICAS	
		LATITUD	LONGITUD
1	PALMARES	4°51'54.71"N	72°54'6.90"O
2		4°51'56.18"N	72°54'6.11"O
3		4°51'57.53"N	72°54'4.65"O
4		4°51'57.80"N	72°54'1.80"O
5	15 SEPTIEMBRE	4°51'58.74"N	72°53'55.55"O
6		4°52'0.60"N	72°53'53.45"O
7		4°52'2.18"N	72°53'54.31"O
8		4°52'3.55"N	72°53'55.80"O
9	RIVERAS DE SAN ANDRES	4°52'7.73"N	72°53'47.65"O
10		4°52'9.64"N	72°53'44.98"O
11		4°52'12.63"N	72°53'46.75"O
12		4°52'15.46"N	72°53'48.36"O

Fuente. Estudio de suelos

Imagen 8-1 Ubicación apiques



Fuente. Estudio de suelos.

8.1.1.1 Perfil Estratigráfico

Se obtuvo la clasificación de los suelos encontrados por el “Sistema unificado de clasificación de suelos “SUCS” y “AASHTO”. En el capítulo 6 correspondiente a suelos se observa el registro de la perforación y los resultados de las pruebas “in situ”

El perfil de suelo encontrado en el área de estudio es el siguiente.

Tabla 8-2 Perfil estratigráfico Apiques 1 Barrio Palmares

Profundidad (m)promedio	Descripción del material	Clasificación	Clasificación
		SUCS	AASHTO
0,00 – 0,30	Arena limosa color gris con fragmentos redondeados entre 3/4" y 3"	SM	A-2-4
0,30 – 1,10	Limo arenoso color negro	ML	A-4
1,10 – 1,50	Arena limosa color negro con fragmentos redondeados entre 3/4" y 5"	SP-SM	A-4

Tabla 8-3 Perfil estratigráfico Apique 2, 3 y 4 Barrio Palmares

Profundidad (m)promedio	Descripción del material	Clasificación	Clasificación
		SUCS	AASHTO
0,00 – 0,20	Gravas redondeadas con tamaños entre 3/4" y 4" con matriz de arena grano medio color café	GW GP	A-1-a
0,20 – 1,50	Arena limosa color negro con fragmentos redondeados entre 3/4" y 6"	SM SP-SM	A-4 A-2-4

Tabla 8-4 Perfil estratigráfico Apique 5 y 6 Barrio 15 de Septiembre

Profundidad (m)	Descripción del material	Clasificación	Clasificación
		SUCS	AASHTO
0,00 – 0,15	Capa vegetal		
0,15 – 0,90	Arena limosa color gris y café	SM	A-2-4
0,90 – 1,50	Arena limosa color negro con fragmentos redondeados entre 3/4" y 5"	SP-SM	A-2-4

Tabla 8-5 Perfil estratigráfico Apique 7 y 8 Barrio 15 de Septiembre

Profundidad (m) promedio	Descripción del material	Clasificación	Clasificación
		SUCS	AASHTO
0,00 – 0,70	Arena limosa color café, gris con fragmentos redondeados entre 3/4" y 4"	SP-SM	A-1-b
0,70 – 1,20	Arena con presencia de limo color blanco.	SP-SM	A-2-4
1,20 – 1,50	Arena limosa color gris oscuro con fragmentos redondeados entre 3/4" y 6"	SP-SM	A-2-4

Tabla 8-6 Perfil estratigráfico Apique 9, 10, 12 Barrio Riveras de San Andres

Profundidad (m) promedio	Descripción del material	Clasificación	Clasificación
		SUCS	AASHTO
0,00 – 1,50	Mezclas. Arena limosa color gris con fragmentos redondeados entre 3/4" y 6".	SP-SM SM	A-1-b A-2-4

Tabla 8-6 Perfil estratigráfico Apique 11 Barrio Riveras de San Andrés

Profundidad (m)promedio	Descripción del material	Clasificación	Clasificación
		SUCS	AASHTO
0,00 – 0,20	Arena limosa color gris y café con fragmentos entre 3/4" y 5"	SP-SM	A-1-b
0,20 – 0,90	Arena limosa color gris oscuro con fragmentos redondeados entre 3/4" y 6"	SP-SM	A-2-4
0,90 – 1,50	Gravas redondeadas con tamaños entre 3/4" y 6" con matriz de arena limosa color café	GM	A-1-b

8.1.1.2 Nivel freático

De acuerdo al estudio de suelos no se encontró nivel freático en los apiques realizados.

8.1.1.3 Resultados de ensayo de laboratorio

Del estudio de suelos se compilaron los resultados en la tabla 8-7 que se presenta a continuación.

Tabla 8-7 Valores de CBR Sobre muestra inalterada

APIQUE	CLASIFICACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	DENSIDAD SECA g/cm ³	HUMEDAD	CBR INALTERADO
1	ML A-4	0,40	1,256	27,4	3,2
2	SM A-4	0,70	1,579	10,2	5,3
5	SM A-2-4	0,30	1,617	6,6	5,5
6	SM A-2-4	0,20	1,652	8,7	4,6
7	SP-SM A-2-4	0,70	1,681	7,9	6,2
8	SP-SM A-2-4	0,70	1,659	9,3	4,7
12	SM A-2-4	0,10	1,641	9,1	3,8

Fuente. Estudio de suelos.

Tabla 8-7 Valores de CBR de laboratorio

APIQUE	CLASIFICACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	DENSIDAD MÁXIMA SECA g/cm ³	HUMEDAD OPTIMA %	CBR 90%	CBR 95%
3	SP-SM A-2-4	0,20	1,770	16,2	2,8	6,5
4	SP-SM A-2-4	0,30	1,744	15,7	2,6	6,7
9	SP-SM A-2-4	0,20	1,753	12,8	4,2	23,0
10	SM A-2-4	0,20	1,749	11,8	3,6	18,4
11	SP-SM A-2-4	0,20	1,758	11,2	6,8	27,4

Fuente. Estudio de suelos.

8.1.1.4 CBR de diseño

Para establecer el CBR de diseño se usa el criterio del Instituto del Asfalto, para cada unidad de diseño. Utilizando un percentil de acuerdo al criterio del tránsito del Instituto y un nivel de confianza del 90%

Tabla 8-8 CBR segun estudio de suelos

COO RDENADAS		CBR*	A*	Percentil	#Apique
LATITUD	LONGITUD				
4°51'57.80"N	72°54'1.80"O	2,6	12	100%	4
4°51'57.53"N	72°54'4.65"O	2,8	11	92%	3
4°51'54.71"N	72°54'6.90"O	3,2	10	83%	1
4°52'9.64"N	72°53'44.98"O	3,6	9	75%	10
4°52'15.46"N	72°53'48.36"O	3,8	8	67%	12
4°52'7.73"N	72°53'47.65"O	4,2	7	58%	9
4°52'0.60"N	72°53'53.45"O	4,5	6	50%	6
4°52'3.55"N	72°53'55.80"O	4,9	5	42%	8
4°51'56.18"N	72°54'6.11"O	5,2	4	33%	2
4°51'58.74"N	72°53'55.55"O	5,4	3	25%	5
4°52'2.18"N	72°53'54.31"O	6,1	2	17%	7
4°52'12.63"N	72°53'46.75"O	6,8	1	8%	11
TOTAL CANTIDAD CBR		12			

A * Esta columna define los valores mayores o iguales en análisis

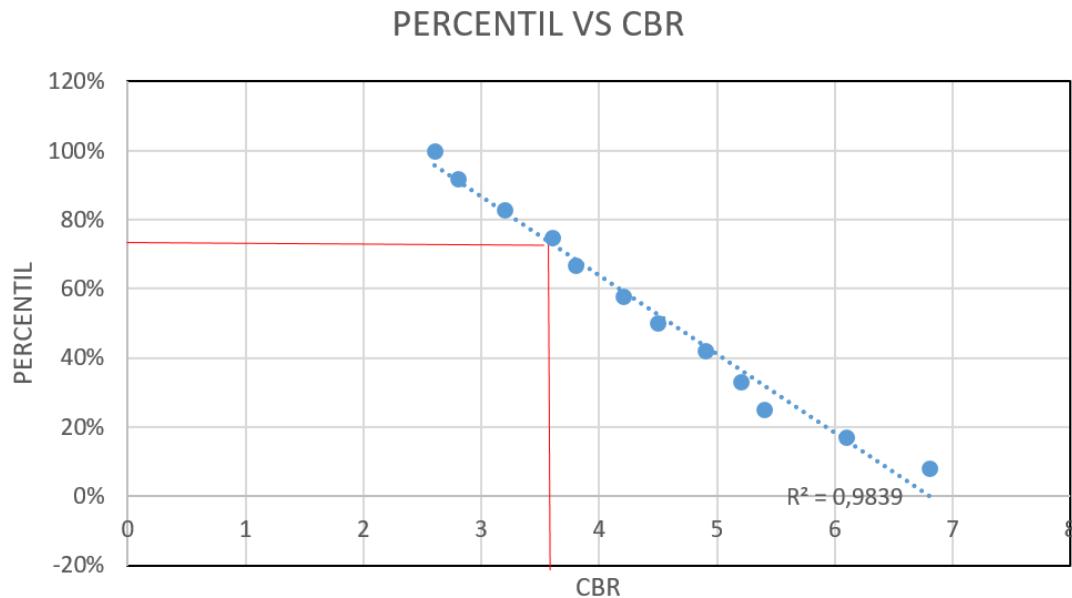
CBR* Columna de valores de CBR ordenados de menor a mayor

Tabla 8-9 Percentil de diseño

NIVEL DE TRAFICO (ESAL)	PERCENTIL DE DISEÑO
10 ⁴ o menos	60
ente 10 ⁴ y 10 ⁶	75
10 ⁶ o más	87.5

Fuente. Instituto del Asfalto

Grafica 8-1 Percentil Vs CBR



Fuente Propia

De acuerdo al capítulo 12 ESTUDIO DE TRANSITO del presente estudio, y al criterio del instituto del asfalto, se opta por tomar como percentil de diseño 75%

CBR DISEÑO =	3,7		
CBR DISEÑO (redondeado) =	3,5		

Tabla 8-10

CBR (%)	Redondear a
< 5	0.5
5 – 20	1
20 – 50	5
> 50	10

Fuente. Instituto del Asfalto

8.1.1.5 Categoría de la subrasante

El INVIAS con el propósito de establecer los tipos de estructura de pavimento más compatible con la capacidad portante de la subrasante ha definido las categorías que se indican en la tabla 8-10

Tabla 8-10 Categoría de la subrasante

CATEGORÍA	CBR (%)	COMPORTAMIENTO COMO SUBRASANTE
S1	$CBR \leq 3$	Malo
S2	$3 < CBR \leq 5$	Regular
S3	$5 < CBR \leq 10$	Bueno
S4	$CBR > 10$	Muy Bueno

Fuente. Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos con bajos Volúmenes de Transito del INVIAS

De igual manera el INVIAS en la tabla 8-11 clasifica la subrasante en función de su resistencia, y bajo el procedimiento establecido por el manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Transito, presenta la tabulación de varios espesores de pavimento rígido en función de la subrasante y el transito de diseño.

Para el caso en estudio se observa que el CBR de diseño de 3,5, se cataloga en S2 como un comportamiento regular y con un módulo resiliente que esta entre 200 – 500 kg/cm²

Tabla 8-11 Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia.

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

Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Transito (Tabla 3-1)

8.5 Predimencionamiento de estructura de pavimento

El Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Transito ofrece la alternativa de determinar la estructura de pavimento a utilizar.

Datos de entrada

- $S2 = 3.5$
- Transito $T_o = ESAL \leq 1 \times 10^6$ (dato tomado del estudio de transito)
- $Mr1 = 38 \text{ Kg/cm}^2$
- Dovelas = Si
- Bermas Si

Tabla 8-12 Categoría del transito

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T_o	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500.000 a 5'000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000.000 a 9'000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000.000 a 17'000.000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000.000 a 25'000.000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25'000.000 a 100'000.000

Fuente Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes.

Tabla 8-13 Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables

		Tránsito T0																			
		S1				S2				S3				S4				S5			
		D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B
SN	MR1		24	28	23	27	23	27	21	24	21	24	20	24	20	24	20	23	20	23	
	MR2		23	27	22	26	22	26	20	24	20	24	20	23	20	23	19	22	19	22	
	MR3		23	26	21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22	
	MR4		21	24	20	24	20	24	19	22	19	22	18	21	18	21	18	21	18	21	
BG	MR1		23	26	22	26	22	26	21	24	21	24	20	23	20	23	20	23	20	23	
	MR2		22	25	21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22	
	MR3		21	24	20	24	20	24	20	22	19	22	19	22	19	22	18	21	18	21	
	MR4		20	23	19	23	19	23	20	21	18	21	18	21	18	21	17	20	18	20	
BEC	MR1		20	23	19	22	19	22	18	21	18	21	18	20	18	20	17	20	17	20	
	MR2		19	22	19	21	19	21	17	20	17	20	17	20	17	20	17	19	17	19	
	MR3		18	21	18	21	18	21	17	19	17	19	16	19	17	19	16	19	17	19	
	MR4		18	20	17	20	18	20	16	19	17	19	16	18	17	18	15	18	17	18	

Fuente Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes.

Como se observa se podría inducir inicialmente que la estructura de pavimento podría estar constituida por:

Base granular = 15 cms de espesor.

Módulo de rotura del concreto (M_r) = 3.8 Mpa

Losa de concreto = 22 cms de espesor

Con presencia de dovelas y bermas

Sin embargo, se aconseja modelar la estructura de pavimento por método de la American Association of State Highway And Transportation Officials –AASHTO y por el método Portland Cement Association -PCA de tal manera que sea posible estimar los esfuerzos, deflexiones, fatiga y erosión a los cuales va a estar sometida la estructura de pavimento además el método AASHTO contempla también las variables climatológicas y de drenaje del sector.

De acuerdo a lo anterior y al Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos con Bajos Volúmenes de Tránsito del INVIAS, aconseja mejorar la subrasante con CBR inferior al 3%, en tal sentido para el caso en estudio se podría prescindir de mejoramiento de la subrasante, teniendo como capa de soporte sub-base granular en correspondencia con el artículo 320-22 AFIRMADOS, SUBBASES Y BASES de las especificaciones generales de construcción del INVIAS.

8.5.1 Material de soporte para la losa de concreto

8.1.1.6 Clases de subbase granular

Se definen tres clases de subbase granular, en función de la calidad de los agregados (clases A, B y C), como se indica en el numeral 320.2.2. Así mismo, se debe definir el Tipo de granulometría que se va a emplear.

Tabla 8-14 Uso típico de las diferentes clases de subbase granular

Clase de subbase granular	Nivel de tránsito
Clase A	NT3
Clase B	NT2
Clase C	NT1

Fuente Especificaciones Generales de Construcción de Carretera INVIAS (tabla 320-1)

De acuerdo al tránsito se determina que es NT1 por lo tanto se aconseja utilizar una sub-base tipo C.

8.1.1.7 Requisitos de calidad para los agregados

Los agregados para la construcción de la subbase granular deben satisfacer los requisitos de calidad indicados en la Tabla 8-15 Además, se deben ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 8-16

Tabla 8-15 Requisitos de los agregados para subbases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Subbase granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30	35	-
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	25	25	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%).	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo.	E-148	40	30	30

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos sulfatos indicados.

Fuente Especificaciones Generales de Construcción de Carretera INVIAS (tabla 320-2)

Tabla 8-16 Franjas granulométricas del material de subbase granular

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)								
	50,0	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
Pasa tamiz (%)									
SBG-50 (Nota)	100	70 – 95	60 – 90	45 – 75	40 – 70	25 – 55	15 – 40	6 – 25	2 – 15
SBG-38 (Nota)	-	100	75 – 95	55 – 85	45 – 75	30 – 60	20 – 45	8 – 30	2 – 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Fuente Especificaciones Generales de Construcción de Carretera INVIAS (tabla 320-3)

8.6 Conclusiones y Recomendaciones

- En correspondencia con los estudios de suelos realizados el CBR de diseño se cataloga en **S2** como un comportamiento bueno como subrasante, y con un módulo resiliente que esta entre 200 – 500 kg/cm2.
- se podría inducir inicialmente que la estructura de pavimento podría estar constituida por:

Base granular = 15 cms de espesor.

Módulo de rotura del concreto (Mr) = 3.8 Mpa

Losa de concreto = 22 cms de espesor

Con presencia de dovelas y bermas.

Sin embargo, se aconseja modelar la estructura de pavimento por método de la American Association of State Highway And Transportation Officials –AASHTO y por el método Portland Cement Association -PCA de tal manera que sea posible estimar los esfuerzos, deflexiones, fatiga y erosión a los cuales va a estar sometida la estructura de pavimento contemplando también las variables climatológicas y de drenaje del sector

- Firma: g u / a d s

Carrera 13 N°19A-17 Los Esteros
Monterrey - Casanare
310 579 6495
amcivconstruding@gmail.com