

DISEÑO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PARA EL PROYECTO: “CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO Y REPOSICIÓN DE REDES DE ACUEDUCTO EN LA MALLA VIAL DE LOS BARRIOS LA COSECHA, SAN JUDAS TADEO, DIVINO NIÑO Y NUEVO MILENIO, MUNICIPIO DE RIOHACHA, DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA”.

DISEÑO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

PROYECTO:

"CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO Y REPOSICIÓN DE REDES DE ACUEDUCTO EN LA MALLA VIAL DE LOS BARRIOS LA COSECHA, SAN JUDAS TADEO, DIVINO NIÑO Y NUEVO MILENIO, MUNICIPIO DE RIOHACHA, DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA".

SEPTIEMBRE DE 2025

TABLA DE CONTENIDO

1. LOCALIZACIÓN 4

2. CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA 5

2.1 CARACTERISTICAS DEL SITIO 5

3. LOCALIZACIÓN TRABAJOS DE CAMPO 7

5. CAPACIDAD DE SOPORTE – CBR 9

5.1 RESULTADO CBR DE CAMPO 11

5.2 CATEGORÍAS DE SUBRASANTE 12

6. CARGA DE TRANSITO 16

5.3 METODO PCA 19

5.4 ANALISIS POR FATIGA 20

5.5 ANÁLISIS POR EROSIÓN 24

5.6 RESULTADOS 27

6. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES 28

ANEXOS 31

1. LOCALIZACIÓN

El proyecto se desea realizar al norte de Colombia, en la NORTE del departamento de La Guajira, específicamente en el área urbana del municipio de Riohacha.

Figura 1. Localización especifica del Proyecto.



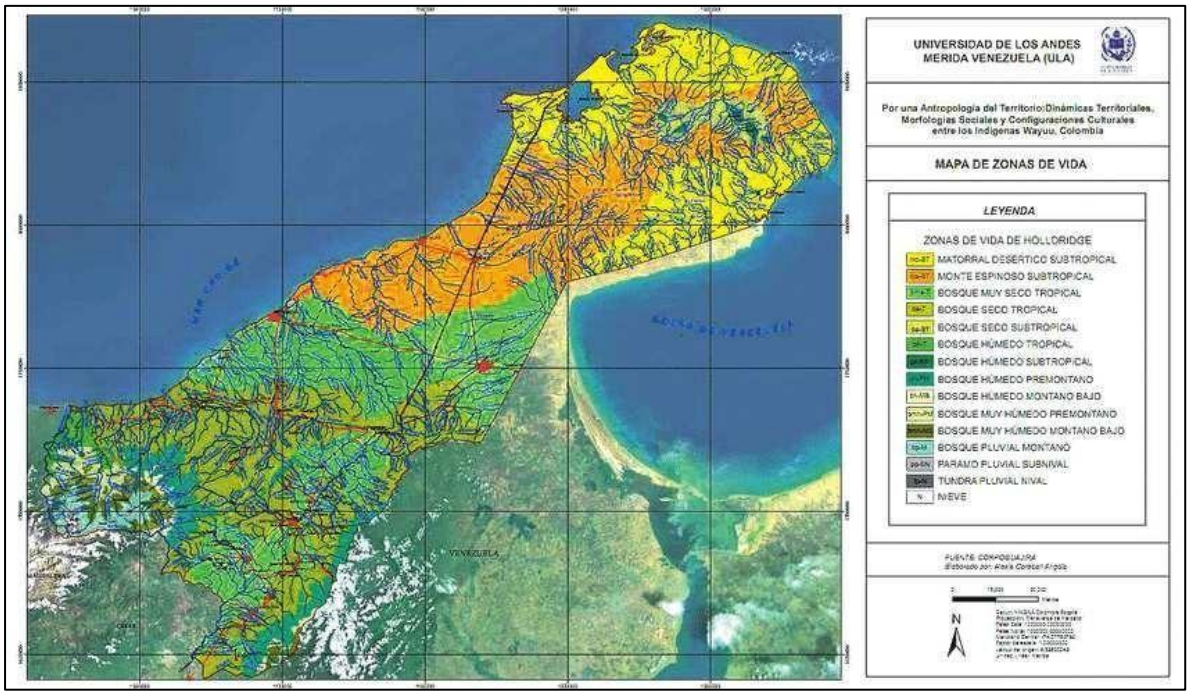
Fuente: Google earth

Zona a intervenir

2. CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA

2.1 CARACTERISTICAS DEL SITIO

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Riohacha en el departamento de La Guajira. La zona se caracteriza por presentar condiciones climáticas y geográficas particulares que influyen en el comportamiento del terreno y en la planificación del proyecto de infraestructura.



PRECIPITACIÓN

La zona presenta un régimen de lluvias estacional, caracterizado por una temporada seca y una temporada de lluvias. La precipitación media anual oscila entre 800 mm y 1200 mm, concentrándose principalmente en los meses de abril a noviembre, con picos en los meses de mayor pluviosidad, que son septiembre y octubre. La variabilidad interanual de las lluvias puede influir en la estabilidad de los suelos, especialmente en zonas de pendientes pronunciadas.

TEMPERATURA

La región presenta un clima cálido, con temperaturas promedio anuales que varían entre los 24°C y los 30°C, siendo más altas durante los meses de enero a abril, donde pueden superar los 35°C. La amplitud térmica diaria es moderada, y durante las noches las temperaturas pueden descender a los 18°C en las zonas más elevadas.

HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa promedio en la región fluctúa entre el 65% y el 80% a lo largo del año, siendo más alta durante la temporada de lluvias y disminuyendo en los meses secos. Este factor es crucial para el comportamiento de los suelos en términos de capacidad de carga y expansión, especialmente en suelos arcillosos que tienden a retener más humedad.

NUBOSIDAD

La nubosidad en la región es moderada, especialmente durante los meses de invierno, donde se observa un cielo mayormente nublado. Durante la temporada seca, los días despejados son más frecuentes, lo que aumenta la exposición solar y el calor superficial en los suelos. La nubosidad anual promedio se estima en alrededor de un 40%, con mayores concentraciones de nubes en los meses lluviosos.

BRILLO SOLAR

La región recibe un brillo solar promedio de 6 a 7 horas diarias, dependiendo de la estación del año. Durante la temporada seca, el brillo solar es más intenso, lo que incrementa la evaporación superficial. Esto puede afectar la humedad superficial del suelo, haciéndolo más susceptible a la erosión.

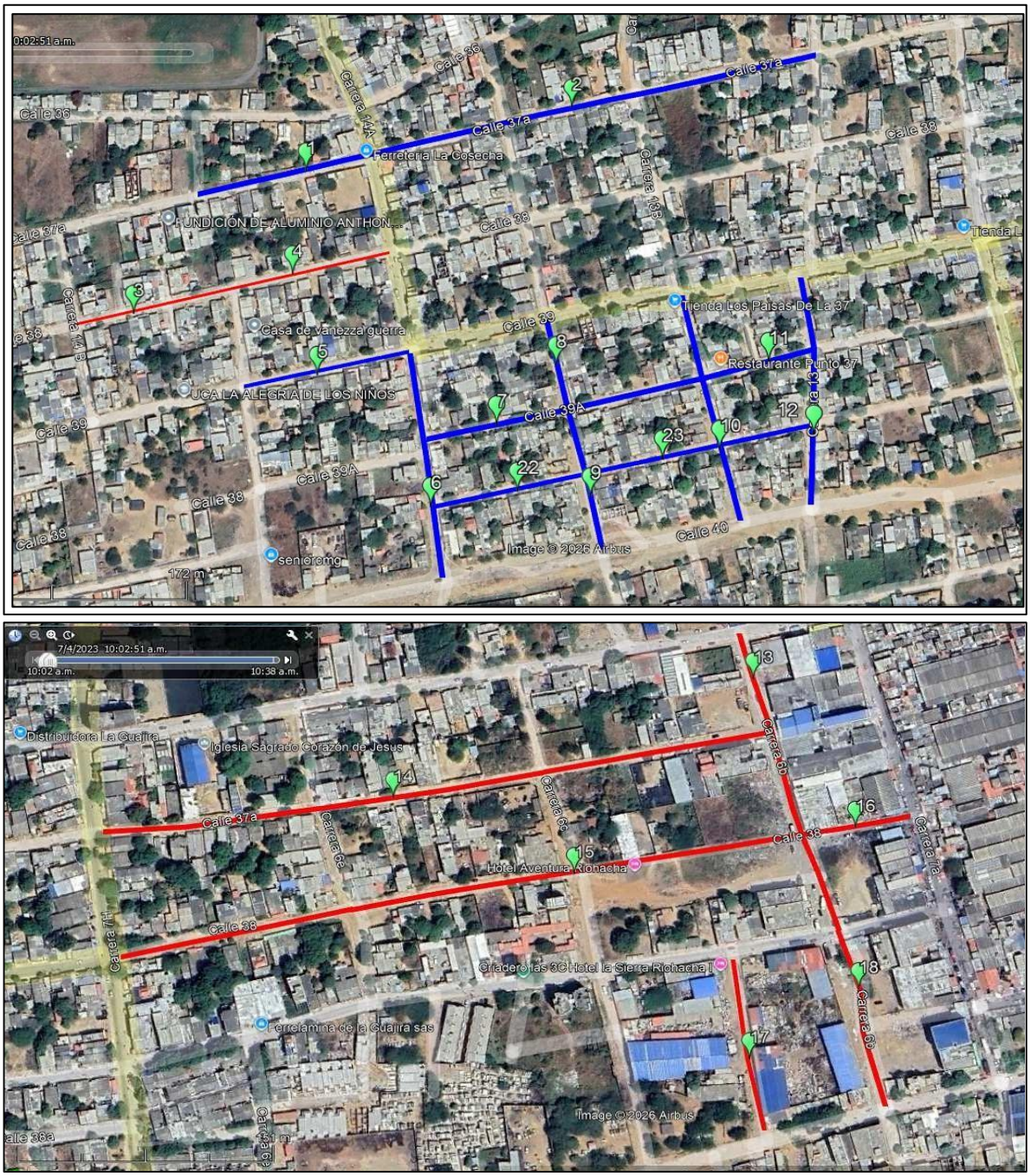
3. LOCALIZACIÓN TRABAJOS DE CAMPO

LOCALIZACION CBR DE CAMPO TRAMOS VIALES A INTERVENIR

CBR	COORDENADAS
1	11°31'30.82"N 72°54'58.63"O
2	11°31'32.29"N 72°54'52.77"O
3	11°31'27.56"N 72°55'2.30"O
4	11°31'28.45"N 72°54'58.86"O
5	11°31'26.18"N 72°54'58.26"O
6	11°31'23.30"N 72°54'55.77"O
7	11°31'25.08"N 72°54'54.38"O
8	11°31'26.39"N 72°54'53.11"O
9	11°31'23.51"N 72°54'52.38"O
10	11°31'24.54"N 72°54'49.62"O
11	11°31'26.48"N 72°54'48.54"O
12	11°31'24.88"N 72°54'47.60"O
13	11°31'42.47"N 72°54'0.52"O
14	11°31'39.97"N 72°54'7.64"O
15	11°31'38.38"N 72°54'4.06"O
16	11°31'39.35"N 72°53'58.50"O
17	11°31'34.50"N 72°54'0.60"O
18	11°31'35.97"N 72°53'58.45"O
19	11°30'50.52"N 72°54'39.74"O
20	11°30'52.19"N 72°54'32.08"O
21	11°30'53.53"N 72°54'24.99"O
22	11°31'23.63"N 72°54'53.93"O
23	11°31'24.33"N 72°54'50.84"O

Fuente: Autor.

Figura 2. Localización Exploración geotécnica – CBR DE CAMPO.



Fuente: Google Earth editado por el autor.

5. CAPACIDAD DE SOPORTE – CBR

Según (Sarmiento Escalante & Buitrago Melo, 2018) citados por (Varela, 2007) la finalidad del ensayo es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para sub-rasante, sub-base y base de pavimentos. El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material chancado.

El número C.B.R. se obtiene como la relación de la carga unitaria necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón dentro de la muestra

compactada de suelo con respecto a la carga unitaria patrón (piedra picada) requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturada, en ecuación, esto se expresa:

$$C.B.R = \frac{Carga\ unitaria\ de\ ensayo}{\text{Carga unitaria patrón}} * 100$$

El ensayo de C.B.R. se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y subrasantes bajo el pavimento de carreteras y aeropistas, la siguiente tabla da una clasificación típica:

Clasificación de la subrasante por CBR

CLASE O TIPO DE SUBRASANTE	CBR %
S1	<2
S2	2-5
S3	5-10
S4	10-20

Fuente: Manual de bajos volúmenes de tránsito, INVIAS.

5.1 RESULTADO CBR DE CAMPO

El número CBR establece una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo y la resistencia a la misma que presenta el tipo común de piedra triturada. Estas resistencias y penetraciones estándar se muestran a continuación:

Valores de Carga Unitaria Patrón

Penetración		Tiempo	Carga Unitaria Patrón	
(plg)	(mm)		(lbs./pulg.^{2})	(Kg/cm^2)
0.025	0.63	0′30′′		
0.050	1.27	1′00′′		
0.075	1.90	1′30′′		
0.100	2.54	2′00′′	1000	70
0.150	3.81	3′00′′		
0.200	5.08	4′00′′	1500	105
0.250	6.35	5′00′′		
0.3	7.62	6′00′′	1900	133
0.4*	10.16	8′00′′	2300	161
0.5*	12.70	10′00′′	2600	182

Fuente. Autor.

*Estas lecturas se hacen si se desea definir la forma de la curva, pero no son indispensables.

En forma de ecuación esto es:

$$\%\,CBR = \frac{CARGA\ UNITARIA\ DE\ PRUEBA}{CARGA\ UNITARIA\ PATRÓN}\ x\ 100$$

Si una muestra requiere una carga de 550 lbs./pulg^2 para obtener 0.1” de penetración, su capacidad portante será:

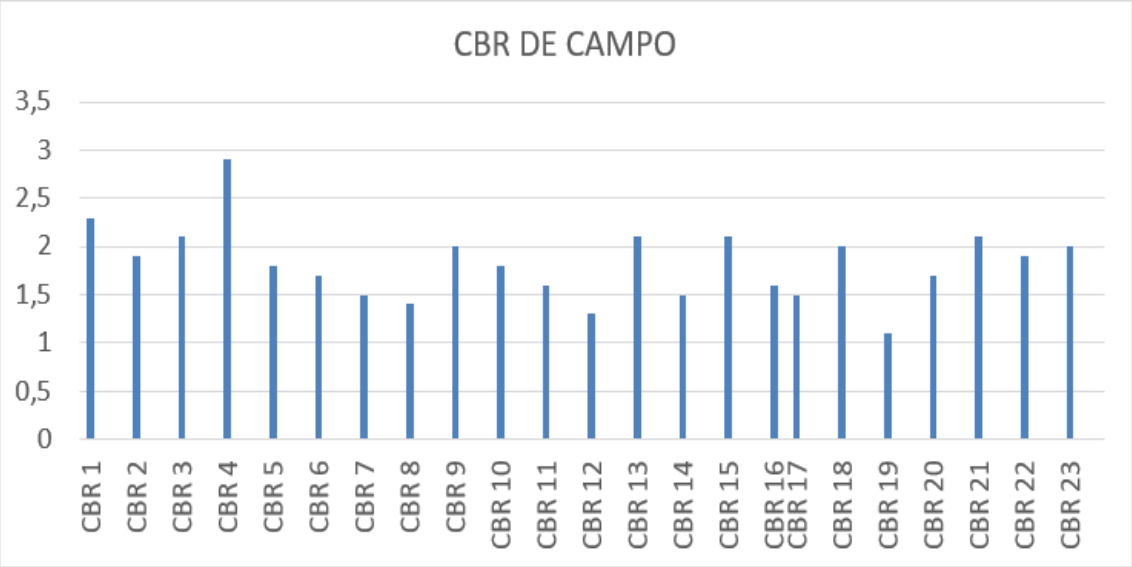
$$\% CBR = \frac{550 \text{ lbs./pulg}^2}{1000 \text{ lbs./pulg}^2} \; x\, 100$$

$$\% CBR = 55$$

De acuerdo a los ensayos de campo se obtuvo los siguientes resultados:

Cbr de campo	**Resultado (%)**
CBR 1	2.30
CBR 2	1.90
CBR 3	2.10
CBR 4	2.90
CBR 5	1.80
CBR 6	1.70
CBR 7	1.50
CBR 8	1.40
CBR 9	2.0
CBR 10	1.80
CBR 11	1.60
CBR 12	1.30
CBR 13	2.10
CBR 14	1.50
CBR 15	2.10
CBR 16	1.60

CBR 17	1.50
CBR 18	2.0
CBR 19	1.10
CBR 20	1.70
CBR 21	2.10
CBR 22	1.90
CBR 23	2.0



De acuerdo a los resultados de los ensayos de CBR de campo se determina el CBR de diseño:

CBR de DISEÑO	1.80

Tomando como referencia la literatura se define:

Tabla 9. Clasificación de subrasante.

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

Fuente: Manual de bajos volúmenes de tránsito, INVIAS.

El material presente en el tramo vial posee una clasificación **MALO**.

5.2 CATEGORÍAS DE SUBRASANTE

Con el resultado del CBR, se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y sub-rasantes bajo el pavimento de carreteras, la siguiente tabla se muestra una clasificación típica:

Categorías De Subrasante y clasificación de suelos para infraestructura de Pavimentos
Según el valor de CBR.

Uso	Clasificación cualitativa del suelo	CBR (%)
S0 : Subrasante	muy pobre	< 3
S1 : Subrasante	pobre	3 - 5
S2 : Subrasante	regular	6 - 10
S3 : Subrasante	buena	11 - 19
S4 : Subrasante	muy buena	> 20
Sub-base	buena	30 - 60
Base	buena	60 - 80
Base	excelente	80 - 100

Fuente: Ing. Assis A., 1988

Los valores del Índice CBR oscilan entre 0 y 100. Cuanto mayor es su valor, mejor es la capacidad portante del suelo. Valores por debajo de 6, deben descartarse. La capa de pavimento debe estar ubicada seguidamente de una capa de 15 cm de espesor de **SUB BASE GRANULAR** que cumpla la especificación articulo 320 norma INVIAS y un **MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE 20 CM**. Por lo tanto, se define una subrasante S0.

6. CARGA DE TRANSITO

Una vez observado el tráfico que circula por las vías en estudio se encontró una cantidad considerable de posibles automotores que ocuparan la vía en construcción, por lo tanto, asumimos un porcentaje de tráfico atraído y generado de 7% y 2,5% respectivamente y un TPD de 73, teniendo en cuenta un periodo de diseño de 20 años.

Esta evaluación de las condiciones del tráfico, para el caso del sector en estudio son vías terciarias o de bajo volúmenes de tránsito. El transito atraído que puede circular sobre las losas proyectadas está representado por el de los habitantes asentados en la zona, regida principalmente por vehículos de carga liviana como automóviles, camperos, motocicletas y bicicletas.

Cabe la pena resaltar que el método de la PCA, utilizado como parte de la base para formulación del Manual de Diseño, considera que las magnitudes de las cargas por eje se deben afectar por un factor de seguridad. Para este caso aplica el considerado en vías residenciales y otras con bajo volumen de tránsito, FSC = 1,0. Por lo anterior no se ve modificado el valor del TPD proyectado.

TRANSITO TOTAL

El cálculo de tránsito proyectado para el siguiente año corresponde a 24 vehículos/día, compuesto en un 68.4 por autos, 0.0% y 31.6% camiones.

Transito promedio diario para el año 2025

	año	autos	buses	busetas	camiones						TPD TOTAL
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5	
TPD	2025	17	0	0	8	0	0	0	0	0	24
Composición		68.4%	%	%	%	%	%	%	%	%	

Fuente: autor.

Con las variables definidas anteriormente se calcula el transito proyectado a un año determinado que luego se ajusta con los factores de distribución direccional (FD) y factor de distribución por Carril (FC).

Pronostico del tránsito promedio diario (TPD) futuro													
N° AÑOS PERIODO DE DISEÑO (N)	AÑO	AUTOS		BUSES		CAMIONES							TPD
		tasa	TPD	tasa	TPD	TASA	C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5	TOTAL
	2024		13		0		6	0	0	0	0	0	19
1	2025	6.0%	17	6.0%	0	6.0%	8	0	0	0	0	0	24
2	2026	6.0%	18	6.0%	0	6.0%	8	0	0	0	0	0	26
3	2027	6.0%	19	6.0%	0	6.0%	9	0	0	0	0	0	27
4	2028	6.0%	20	6.0%	0	6.0%	9	0	0	0	0	0	29
5	2029	6.0%	21	6.0%	0	6.0%	10	0	0	0	0	0	31
6	2030	6.0%	22	6.0%	0	6.0%	10	0	0	0	0	0	32
7	2031	6.0%	24	6.0%	0	6.0%	11	0	0	0	0	0	34
8	2032	6.0%	25	6.0%	0	6.0%	12	0	0	0	0	0	36
9	2033	6.0%	26	6.0%	0	6.0%	12	0	0	0	0	0	39
10	2034	6.0%	28	6.0%	0	6.0%	13	0	0	0	0	0	41
11	2035	6.0%	30	6.0%	0	6.0%	14	0	0	0	0	0	43
12	2036	6.0%	31	6.0%	0	6.0%	15	0	0	0	0	0	46
13	2037	6.0%	33	6.0%	0	6.0%	15	0	0	0	0	0	49
14	2038	6.0%	35	6.0%	0	6.0%	16	0	0	0	0	0	52
15	2039	6.0%	37	6.0%	0	6.0%	17	0	0	0	0	0	55
16	2040	6.0%	40	6.0%	0	6.0%	18	0	0	0	0	0	58
17	2041	6.0%	42	6.0%	0	6.0%	19	0	0	0	0	0	62
18	2042	6.0%	45	6.0%	0	6.0%	21	0	0	0	0	0	65
19	2043	6.0%	47	6.0%	0	6.0%	22	0	0	0	0	0	69
20	2044	6.0%	50	6.0%	0	6.0%	23	0	0	0	0	0	73

Fuente: Autor.

Factor de distribución de carril: 1

Factor de distribución por sentido: 0.55

N° AÑOS PERIODO DE DISEÑO (N)	AÑO	BUSES		CAMINONES												TOTAL
				C2P		C2G		C3		C4		C5		>C5		EJES EQUIVALENTES
		FD	1.00	FD	1.14	FD	3.44	FD	3.76	FD	3.42	FD	4.4	FD	4.72	
		TPD	EJES	TPD	EJES	TPD	EJES	TPD	EJES	TPD	EJES	TPD	EJES	TPD	EJES	
1	2025	0	0	8	1751	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1751
2	2026	0	0	8	1856	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1856
3	2027	0	0	9	1967	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1967
4	2028	0	0	9	2085	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2085
5	2029	0	0	10	2210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2210
6	2030	0	0	10	2343	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2343
7	2031	0	0	11	2483	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2483
8	2032	0	0	12	2632	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2632
9	2033	0	0	12	2790	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2790
10	2034	0	0	13	2958	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2958
11	2035	0	0	14	3135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3135
12	2036	0	0	15	3323	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3323
13	2037	0	0	15	3523	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3523
14	2038	0	0	16	3734	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3734
15	2039	0	0	17	3958	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3958
16	2040	0	0	18	4196	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4196
17	2041	0	0	19	4447	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4447
18	2042	0	0	21	4714	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4714
19	2043	0	0	22	4997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4997
20	2044	0	0	23	5297	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5297
TOTAL EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS EN EL CARRIL DE DISEÑ (PERIODO 20 AÑOS)																64402
NIVEL DE CONFIANZA DEL 90%																73645
																7.5E+04

Fuente: autor.

Niveles de transito

Nivel de transito	Numero de ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño (millones)
NT1	Menor que 0.5
NT2	Entre 0.5 y 5.0
NT3	Mayor que 5.0

Fuente: Normas y especificaciones INVIAS 2012. Articulo 100: especificaciones generales de construcción de carreteras

Para el diseño de pavimentos el nivel de tránsito corresponde a **NT1**

Resumen evaluación de la variable de tránsito para diseño de pavimentos

Espectro De Cargas						
Ejes Sencillos					Ejes Tandem	Ejes Tridem
3 Ton	3.5 Ton	6 Ton	8.2 Ton	11 Ton	22 Ton	24 Ton
56.493	0	56.493	0	0	0	0

MEMORIA DE DISEÑO ESTRUCTURAL

5.3 METODO PCA

Para calles residenciales y otras vías que vayan a soportar bajos volúmenes de tránsito de camiones se exige, que el Fsc sea igual o mayor a 1.0.

Los parámetros a tener en cuenta para un análisis de distribución de cargas por eje:

- ✓ Ancho de la vía: 6.0 metros
- ✓ CBR de diseño: 1.80 %
- ✓ Módulo de reacción combinado de 41.581 Mpa/m.

- ✓ Resistencia a la flexo-tracción: 4.2 Mpa a los 28 días. Esta resistencia se considera en el procedimiento de diseño por el criterio de fatiga, el cual controla el agrietamiento del pavimento bajo la acción repetida de las cargas de los vehículos.
- ✓ Fsc igual a 1.0.

- ✓ Transferencia de carga y confinamiento lateral: con dovelas y bordillos (efecto berma).

- ✓ Periodo de diseño: 20 años.

5.4 ANALISIS POR FATIGA

La cantidad admisible de repeticiones de carga está en función de la relación: entre el esfuerzo a flexión que está actuando en la losa de concreto y la resiste de esta a la flexión, dada por la siguiente ecuación:

$$Relacion\ de\ esfuerzos = \frac{Esfuerzo\ equivalente}{Modulo\ de\ rotura\ (Sc)}$$

Por lo tanto, considerando un espesor de losa de 180 mm de espesor y junto al módulo de reacción combinado se procede a hallar el esfuerzo equivalente para cada eje.

Esfuerzo equivalente en el pavimento con berma de concreto para el eje sencillo.

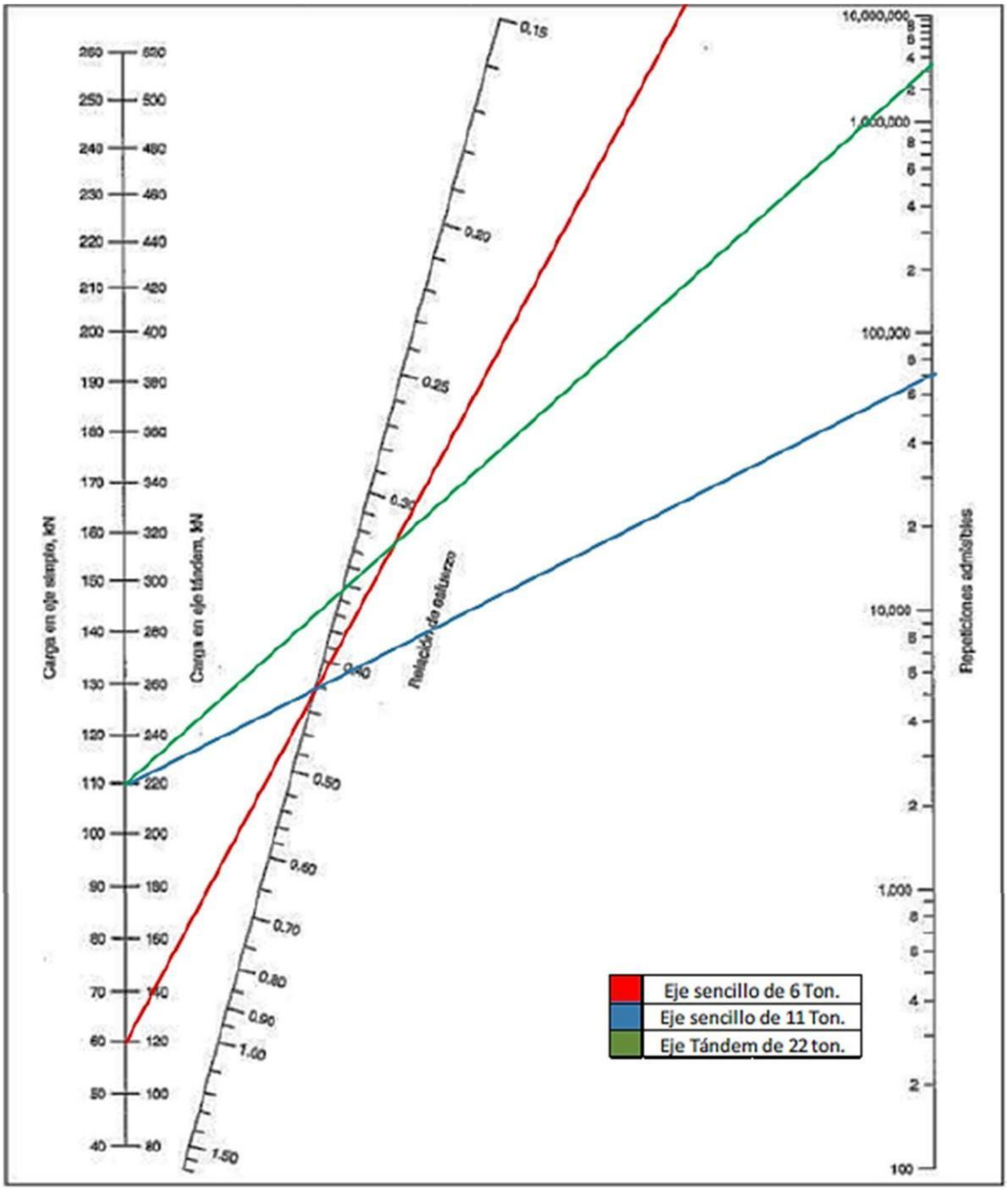
EJE SENCILLO						
ESPESOR DE LA LOSA (mm)	K DEL CONJUNTO SUBRASANTE/SUBBASE					
	20	40	60	80	140	180
100	4,18	3,65	3,37	3,19	2,85	2,72
110	3,68	3,23	2,99	2,83	2,55	2,43
120	3,28	2,88	2,67	2,54	2,29	2,19
130	2,95	2,60	2,41	2,29	2,07	1,99
140	2,68	2,36	2,19	2,08	2,89	1,81
150	2,44	2,16	2,00	1,90	1,73	1,66
160	2,24	1,97	1,84	1,75	1,59	1,53
170	2,06	1,82	1,70	1,62	1,48	1,42
180	1,91	1,69	1,57	1,50	1,37	1,32
190	1,77	1,57	1,46	1,40	1,28	1,23
200	1,65	1,46	1,37	1,30	1,19	1,15
210	1,55	1,37	1,28	1,22	1,12	1,08
220	1,45	1,29	1,20	1,15	1,05	1,01
230	1,37	1,21	1,13	1,08	0,99	0,96
240	1,29	1,15	1,07	1,02	0,94	0,90
250	1,22	1,08	1,01	0,97	0,89	0,86
260	1,16	1,03	0,98	0,92	0,84	0,81
270	1,10	0,98	0,91	0,87	0,80	0,77
280	1,06	0,93	0,87	0,93	0,76	0,74
290	1,00	0,89	0,83	0,79	0,73	0,70
300	0,95	0,85	0,79	0,76	0,70	0,67
310	0,91	0,81	0,76	0,72	0,67	0,64
320	0,87	0,78	0,73	0,69	0,64	0,62
330	0,84	0,74	0,70	0,67	0,61	0,59
340	0,80	0,71	0,67	0,64	0,59	0,57
350	0,77	0,69	0,64	0,61	0,57	0,55

Esfuerzo equivalente en el pavimento con berma de concreto para el eje Tándem.

EJE TÁNDEM						
ESPESOR DE LA LOSA (mm)	K DEL CONJUNTO SUBRASANTE/SUBBASE					
	20	40	60	80	140	180
100	3,48	3,10	2,94	2,85	2,74	2,72
110	3,07	2,71	2,56	2,47	2,35	2,32
120	2,75	2,41	2,26	2,17	2,05	2,02
130	2,49	2,17	2,02	1,94	1,82	1,78
140	2,27	1,97	1,83	1,75	1,63	1,59
150	2,08	1,80	1,67	1,59	1,48	1,44
160	1,93	1,66	1,53	1,46	1,35	1,31
170	1,79	1,54	1,42	1,35	1,24	1,20
180	1,67	1,43	1,32	1,25	1,15	1,11
190	1,57	1,34	1,23	1,17	1,07	1,03
200	1,48	1,26	1,16	1,10	1,00	0,96
210	1,40	1,19	1,09	1,03	0,93	0,90
220	1,32	1,12	1,03	0,97	0,88	0,85
230	1,26	1,07	0,98	0,92	0,83	0,80
240	1,20	1,01	0,93	0,87	0,79	0,76
250	1,14	0,97	0,88	0,83	0,75	0,72
260	1,09	0,92	0,84	0,79	0,71	0,68
270	1,04	0,88	0,81	0,76	0,68	0,65
280	1,00	0,85	0,77	0,73	0,65	0,62
290	0,96	0,81	0,74	0,70	0,62	0,60
300	0,93	0,78	0,71	0,67	0,60	0,57
310	0,89	0,75	0,69	0,64	0,58	0,55
320	0,86	0,73	0,66	0,62	0,55	0,53
330	0,83	0,70	0,64	0,60	0,53	0,51
340	0,80	0,68	0,62	0,58	0,52	0,49
350	0,78	0,66	0,60	0,56	0,50	0,47

Fuente: METODO PAVIMENTO PCA 1986.

Análisis de fatiga: Repeticiones admisibles en función de la relación de esfuerzos en pavimentos con y sin berma de concreto.



Fuente: METODO PAVIMENTO PCA 1986.

5.5 ANÁLISIS POR EROSIÓN

Una causa frecuente del deterioro de pavimentos de concreto es el bombeo, que consiste en la expulsión del material granular bajo la losa, generando pérdida de soporte de esta. La erosión ocurre debido a la acción combinada de la carga y la presencia de agua en el material de soporte, que genera la expulsión del material por las esquinas y juntas de las losas, generando vacíos que inducen escalonamiento y fisuración del pavimento, por lo tanto, es necesario realizar un análisis por erosión.

Factor de erosión en pavimentos con dovelas y con berma de concreto para el eje sencillo.

EJE SENCILLO						
ESPESOR DE LA LOSA (mm)	K DEL CONJUNTO SUBRASANTE/SUBBASE					
	20	40	60	80	140	180
100	3,27	3,24	3,22	3,21	3,17	3,15
110	3,16	3,12	3,10	3,09	3,06	3,09
120	3,05	3,01	2,99	2,98	2,94	2,92
130	2,96	2,92	2,89	2,88	2,84	2,82
140	2,87	2,82	2,80	2,78	2,75	2,73
150	2,79	2,74	2,72	2,70	2,67	2,65
160	2,71	2,66	2,64	2,62	2,59	2,57
170	2,64	2,59	2,57	2,55	2,51	2,49
180	2,57	2,52	2,50	2,48	2,44	2,42
190	2,51	2,46	2,43	2,41	2,38	2,36
200	2,45	2,40	2,37	2,35	2,31	2,30
210	2,39	2,34	2,31	2,29	2,26	2,24
220	2,34	2,29	2,26	2,24	2,20	2,18
230	2,29	2,23	2,21	2,19	2,15	2,13
240	2,24	2,18	2,16	2,13	2,10	2,08
250	2,19	2,14	2,11	2,09	2,05	2,03
260	2,15	2,09	2,06	2,04	2,00	1,98
270	2,10	2,05	2,02	2,00	1,96	1,94
280	2,06	2,01	1,98	1,95	1,91	1,89
290	2,02	1,97	1,93	1,91	1,87	1,85
300	1,98	1,93	1,90	1,87	1,83	1,81
310	1,95	1,89	1,86	1,84	1,79	1,77
320	1,91	1,85	1,82	1,80	1,76	1,74
330	1,87	1,82	1,78	1,76	1,72	1,70
340	1,84	1,78	1,75	1,73	1,69	1,67
350	1,82	1,75	1,72	1,69	1,65	1,63

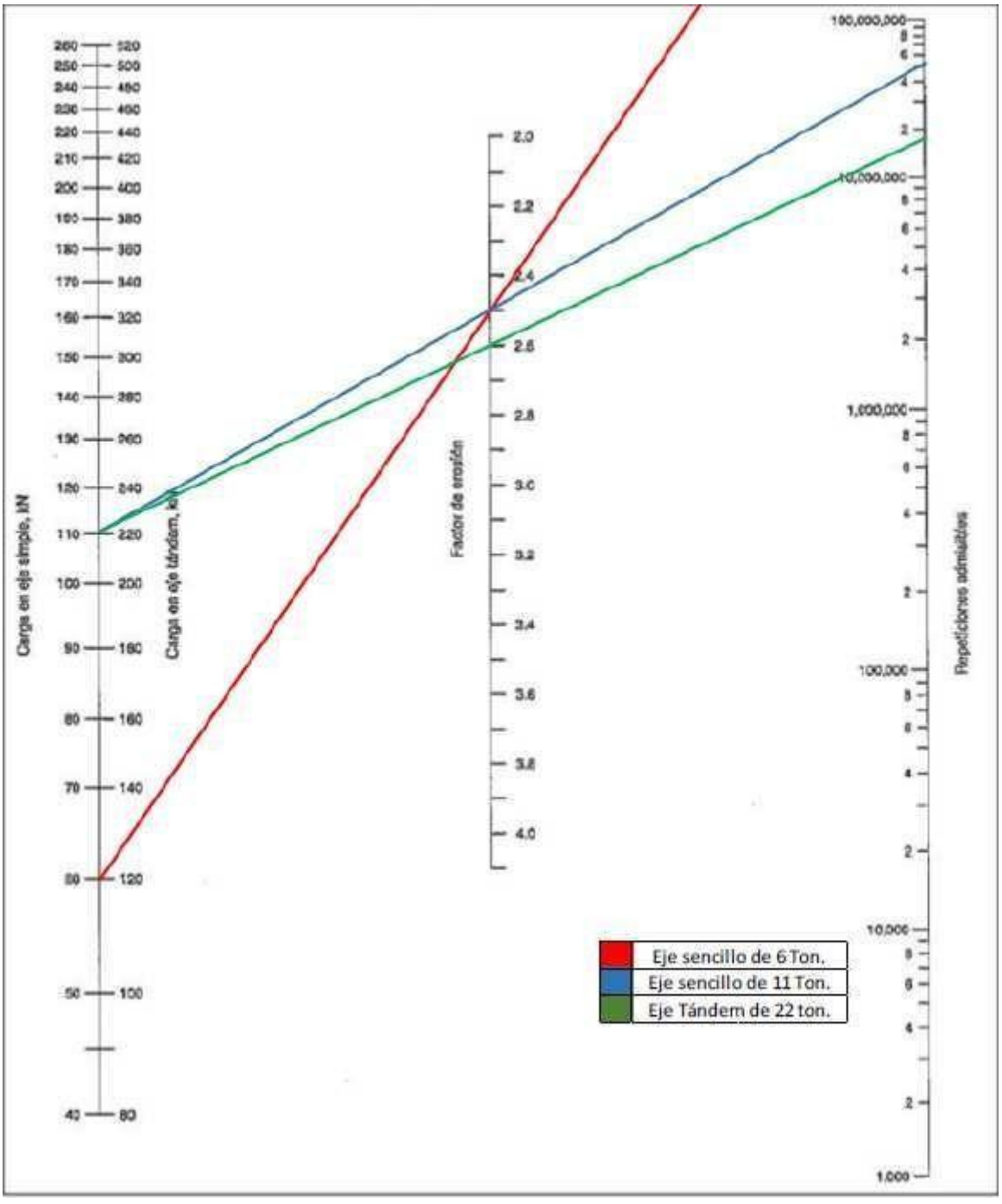
Fuente: METODO PAVIMENTO PCA 1986.

Factor de erosión en pavimentos con dovelas y con berma de concreto para el eje Tándem.

EJE TÁNDEM						
ESPESOR DE LA LOSA (mm)	K DEL CONJUNTO SUBRASANTE/SUBBASE					
	20	40	60	80	140	180
100	3,25	3,17	3,14	3,12	3,11	3,11
110	3,16	3,07	3,03	3,00	2,98	2,97
120	3,08	2,98	2,93	2,90	2,86	2,84
130	3,01	2,90	2,85	2,81	2,76	2,74
140	2,94	2,83	2,77	2,74	2,67	2,65
150	2,88	2,77	2,71	2,67	2,60	2,57
160	2,82	2,71	2,65	2,60	2,53	2,50
170	2,77	2,65	2,59	2,55	2,46	2,43
180	2,72	2,60	2,54	2,49	2,41	2,37
190	2,67	2,56	2,49	2,44	2,35	2,32
200	2,63	2,51	2,44	2,40	2,31	2,27
210	2,58	2,47	2,40	2,35	2,26	2,22
220	2,54	2,43	2,36	2,31	2,22	2,18
230	2,50	2,39	2,32	2,27	2,18	2,13
240	2,46	2,35	2,28	2,23	2,14	2,10
250	2,43	2,31	2,24	2,20	2,10	2,06
260	2,39	2,28	2,21	2,16	2,07	2,02
270	2,35	2,24	2,18	2,13	2,03	1,99
280	2,32	2,21	2,14	2,10	2,00	1,96
290	2,29	2,18	2,11	2,06	1,97	1,93
300	2,26	2,15	2,08	2,03	1,94	1,90
310	2,23	2,12	2,05	2,00	1,91	1,87
320	2,20	2,09	2,03	1,98	1,88	1,84
330	2,17	2,06	2,00	1,95	1,86	1,81
340	2,15	2,04	1,97	1,92	1,83	1,79
350	2,12	2,01	1,96	1,90	1,80	1,76

Fuente: METODO PAVIMENTO PCA 1986.

Análisis de erosión con berma de concreto. Repeticiones admisibles en función del factor de erosión en pavimentos con berma de concreto.



Fuente: METODO PAVIMENTO PCA 1986.

5.6 RESULTADOS.

Análisis por método PCA.

		Espesor Losa (mm)	180		
		Mr (Mpa)	4		
		Análisis por fatiga		Análisis por erosión	
Eje sencillo	Esfuerzo equivalente		1.680514	Factor por erosión	2.518419
	Relación de esfuerzos		0.4201285		
Carga por eje KN	Repeticiones esperadas	Repeticiones admisibles	Porcentaje de fatiga	Repeticiones admisibles	Porcentaje de daño
30	3627	ilimitado	-	ilimitado	-
60	19642	ilimitado	-	ilimitado	-
110	6673	70000	9.53%	50000000	0.01%
Tándem	Esfuerzo equivalente		1.4213045	Factor por erosión	2.595257
	Relación de esfuerzos		0.355326125		
Carga por eje KN	Repeticiones esperadas	Repeticiones admisibles	Porcentaje de fatiga	Repeticiones admisibles	Porcentaje de daño
22	3627	3000000	0.12%	18000000	0.02%
		Total	9.65%	Total	0.03%

Fuente: Elaboración propia.

En este tipo de alternativa el pavimento estará compuesto 2 carriles de 3.0 m de ancho, la cual acorde a su conformación permitirá la circulación de vehículos en un sentido por carril. el espesor tipo de losa estará definido en **0.20 metros de concreto** de mr **4.2 Mpa** y un material de soporte de **0.15 metros** tipo **sub base granular** que cumpla la normatividad art. 320 invias y un **mejoramiento de la subrasante de 20 cm.**

	Pavimento 20 cm (4.2 MPa)
	Sub base 15 cm
	Mejoramiento 20 cm con material tipo terraplén

Fuente: Autor.

6. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

- **EN ESTE TIPO DE ALTERNATIVA EL PAVIMENTO ESTARÁ COMPUESTO POR EL ESPESOR TIPO DE LOSA ESTARÁ DEFINIDO EN 0,20 METROS DE CONCRETO DE MR 4.2 MPa Y MATERIAL DE SOPORTE TIPO SUB BASE GRANULAR CON UN ESPESOR DE 0.15 METROS QUE CUMPLA CON LA NORMATIVIDAD ART. 320 NORMA INVIAS Y UN MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE 20 CM CON MATERIAL TIPO TERRAPLEN.**

- Todos los materiales que se usen para la construcción de la infraestructura vial, deberán cumplir como mínimo los requisitos de calidad establecidos en las especificaciones generales para la construcción de carreteras del INVIAS, versión vigente al momento de la intervención y se debe realizar los controles allí exigidos, con la frecuencia normalizada a emplear.

- Para garantizar una superficie de acabado homogénea, debe existir control topográfico durante todo el proceso de colocación de capa, ya que, si lo anterior no se cumple, es condición para que se genere acumulación de humedad, que finaliza infiltrándose.

- Se recomienda considerar la variable clima (estado del tiempo atmosférico) para el proceso constructivo, teniendo en cuenta el régimen de lluvias que se presenta en la zona. Cuando se presente lluvias se debe cubrir el concreto a fin que no se presente el lavado de la superficie que posteriormente comprometa la durabilidad del concreto.

- La estructura de pavimento cumple con el análisis de erosión y de fatiga, se mantuvo un criterio conservador, evidenciándose en los porcentajes de daño por erosión y por fatiga, debido a la incertidumbre presentados por el método debido a que solo es una aproximación a la realidad.
- Se recomienda medir las condiciones del concreto realizando ensayos a la flexión, es decir tomando viguetas, con el fin de determinar el módulo de rotura.

- El pavimento se debe colocar en funcionamiento luego de obtener el módulo de rotura especificado, como tampoco se permitirá el paso de cargas sobredimensionadas que produzcan la rotura de las losas de concreto.

A partir del análisis de las condiciones geotécnicas del terreno y los resultados obtenidos en el diseño estructural del pavimento para el mejoramiento de vías en el sur del departamento de La Guajira, se presentan las siguientes conclusiones:

Características de la estructura de pavimento: El diseño adoptado corresponde a un pavimento rígido con un espesor de **20 cm de concreto**, soportado por una **base granular de 15 cm de material tipo subbase**. Esta configuración fue determinada en función de las condiciones del suelo de cimentación y los requerimientos estructurales de la vía.

Capacidad del suelo de cimentación: El **CBR de diseño obtenido fue del 1.80%**, lo que indica una capacidad de soporte baja a moderada, característica de suelos con presencia de material fino y baja resistencia mecánica. Este factor condicionó la selección del espesor de la base y del pavimento, garantizando un adecuado desempeño estructural de la vía.

Desempeño estructural: La combinación de un pavimento rígido con una base granular permite distribuir de manera eficiente las cargas vehiculares, reduciendo esfuerzos sobre la subrasante y minimizando asentamientos diferenciales. Esto es fundamental para garantizar la durabilidad y funcionalidad de la vía en el mediano y largo plazo.

Consideraciones constructivas: Para asegurar la estabilidad y rendimiento de la estructura de pavimento, se recomienda:

Adecuado control de compactación en la subrasante y en la base granular, garantizando el cumplimiento de los valores especificados en el diseño.

Diseño y ejecución de un sistema de drenaje eficiente que evite la acumulación de humedad en la subrasante, factor crítico en suelos con CBR bajo.

Uso de juntas de dilatación y contracción en el pavimento rígido, para prevenir fisuración prematura y mejorar la vida útil de la estructura.

Viabilidad del diseño: La estructura diseñada cumple con los requisitos técnicos y normativos para garantizar un desempeño adecuado frente a las cargas vehiculares esperadas. Su implementación contribuirá significativamente a la mejora de la infraestructura vial en la zona, optimizando la conectividad y reduciendo costos de mantenimiento a largo plazo.

- En conclusión, el diseño estructural del pavimento propuesto responde de manera eficiente a las condiciones del suelo y a las exigencias de la vía, asegurando estabilidad, resistencia y durabilidad en el tiempo.



LUIS ALEJANDRO OSIO CHURIO
Ing. Civil
M.P. 54202-403949 NTS

ANEXOS

ANEXO CBR DE CAMPO



DISEÑO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA MALLA VIAL DEL MUNICIPIO DE RIOHACHA EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA".



REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2025-3923737

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que LUIS ALEJANDRO OSIO CHURIO, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1065821145, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 54202-403949 desde el 19 de Octubre de 2018, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 1496.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los veintidos (22) días del mes de Septiembre del año dos mil veinticinco (2025).



Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

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

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA – COPNIA
Calle 78 Nº 9 - 57 - Teléfono: 322 0191 - Bogotá D.C.
e-mail: contactenos@copnia.gov.co
www.copnia.gov.co