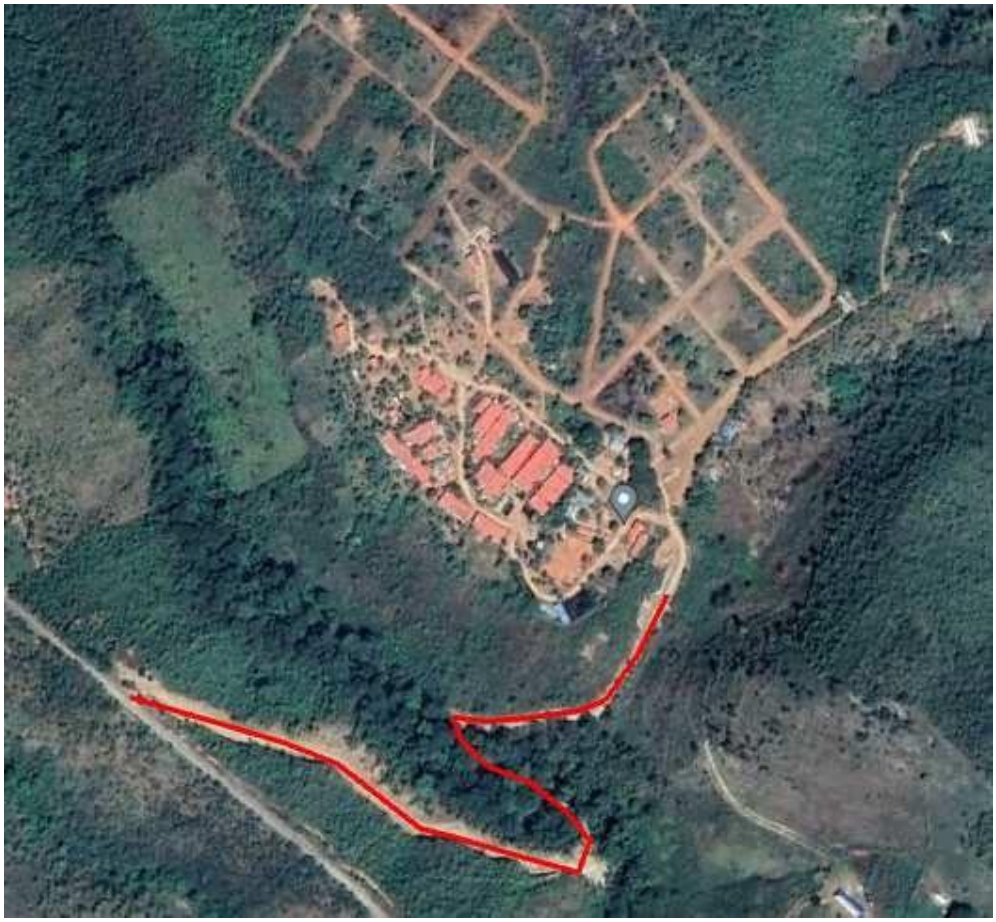
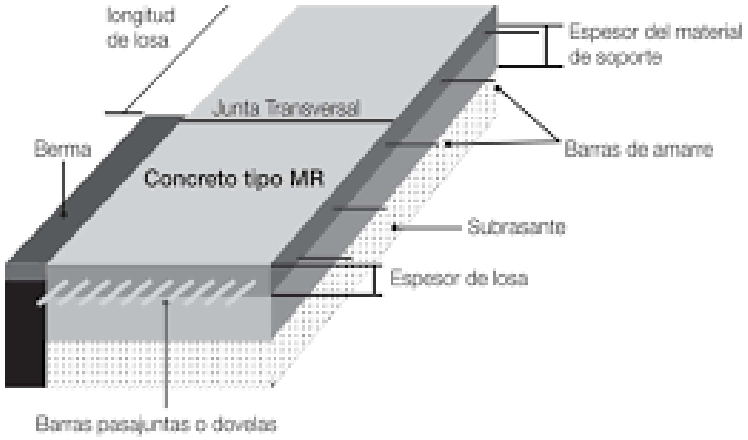




DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA DE ACCESO A LA VEREDA TIERRA GRATA EN EL MUNICIPIO DE MANAURE, CESAR.

JULIO DE 2025

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 3
2. LOCALIZACION DEL PROYECTO 4
3. RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE 5
3.1 CONSIDERACIONES CLIMATOLOGICAS 5
3.2 TEMPERATURA 6
3.3 RELIEVE 8
4 PROGRAMA DE ENSAYOS DE LABORATORIO 9
5. DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO 11
5.1. DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO Y MÓDULO DE REACCIÓN ... 11
5.2. TRANSITO 17
5.3 METODO PCA 18
5.4 ANALISIS POR FATIGA 19
5.5 ANÁLISIS POR EROSIÓN 22
5.6 RESULTADOS 25
5.7 DISEÑO DE JUNTAS 26
6. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES 30
MATRICULA PROFESIONAL CONSULTOR 34
BIBLIOGRAFIA 36
ANEXO 1. ENSAYO CBR DE CAMPO 37

1. INTRODUCCIÓN

En la ingeniería civil, el pavimento es una estructura formada por distintas capas de materiales que permiten soportar las cargas vehiculares y/o de otros tipos. Además de resistir el tráfico también cumple otras funciones como la de proveer una superficie de rodadura uniforme, impermeable, antideslizante y resistente a los agentes del medio ambiente.

Con el fin de generar desarrollo en la región, se proyectan la construcción de vías y para dicha construcción es fundamental realizar y desarrollar una estructura de pavimentos que cumpla con los parámetros establecidos por los entes nacionales e internacionales que poseen estándares para dicho diseño.

Indudablemente la pavimentación de las vías es uno de los componentes claves en los proyectos urbanísticos y por ello que merecen gran atención. La estructura de pavimento a diseñar deberá garantizar las condiciones de servicialidad, seguridad y comodidad para los usuarios de la vía, durante su periodo de diseño.

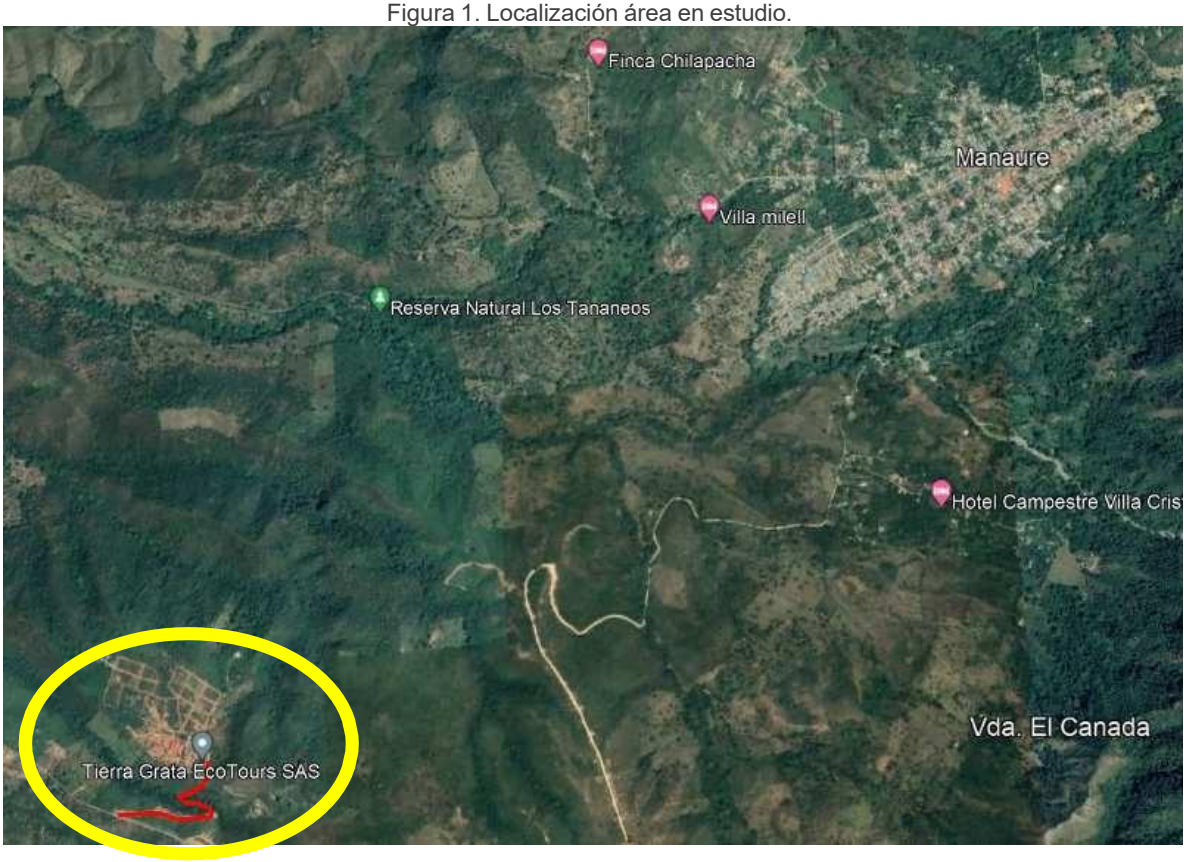
El resultado final del presente estudio se soporta en los trabajos de campo y el análisis de diferentes componentes que son el pilar para evaluar y tomar la mejor alternativa para la estructura de pavimento que será fundamental para el tránsito de los diferentes automotores, este análisis se encuentra descrito en memorias de diseño y anexos del presente informe.

De acuerdo a lo anterior el presente informe expondrá las características técnicas conducentes del **DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA DE ACCESO A LA VEREDA TIERRA GRATA EN EL MUNICIPIO DE MANAURE, CESAR.**

2. LOCALIZACION DEL PROYECTO

El proyecto se desea realizar al norte de Colombia, al suroeste del departamento del Cesar, en el municipio de Manaure, vereda TIERRA GRATA.

Figura 1. Localización área en estudio.



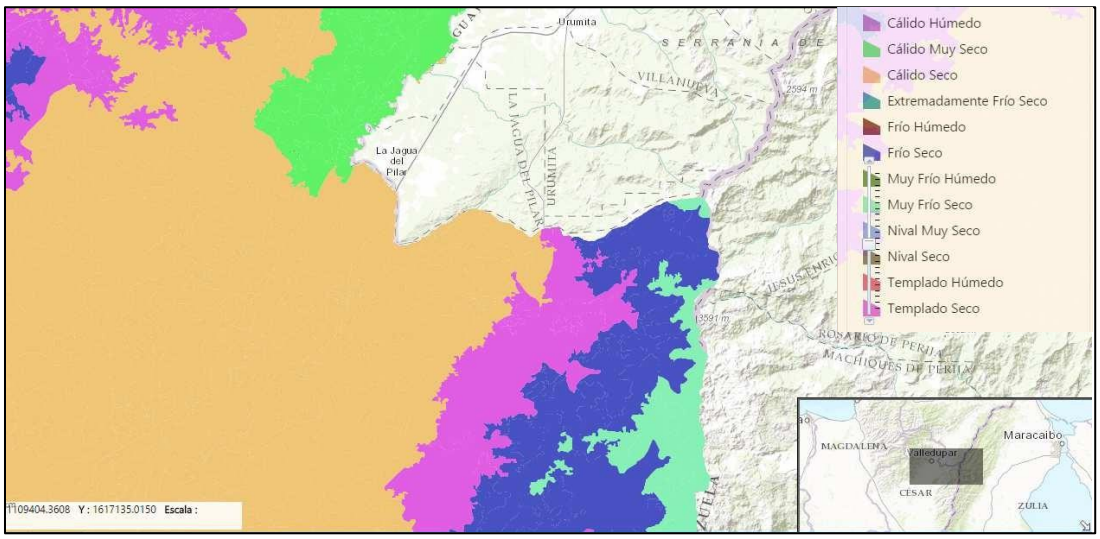
Fuente: Mapa de Carreteras INVIAS

3. RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE

3.1 CONSIDERACIONES CLIMATOLOGICAS

En promedio la variedad de la altura del municipio de Manaure se encuentra comprendida entre 500 metros hasta 2600 metros, presenta su mayor altura en el Cerro el Avión con una altitud de aproximada de 3.750 metros sobre el nivel del mar. Este municipio posee climas variados los cuales cuentan con temperatura promedio anual de 21º C, se presenta variedad climatológica que va desde zonas con clima cálido semiárido, cálido semi-húmedo, templado semi-húmedo y frío húmedo además alcanzan temperaturas elevadas de 29º C en la parte baja del municipio y en las partes altas encontramos temperaturas que se encuentran por debajo de los 18º C.

Figura 1. Climatología de la zona.



Fuente: Sistema de Información Geográfica (SIG) CORPOCESAR.

3.2 TEMPERATURA

La temperatura media corresponde al promedio de las temperaturas observadas en el curso de un intervalo de tiempo determinado (hora, día, mes, año, década, etc.), en tanto que las temperaturas extremas corresponden al valor más alto (máximo) y más bajo (mínimo), presentados en el transcurso de tal intervalo. Las temperaturas del aire en la región Caribe del país presentan un régimen bimodal a lo largo del año; los primeros meses de cada semestre se caracterizan por ser los que presentan las temperaturas más altas.

En el área de estudio no existen estaciones climatológicas ordinarias, la más cercana es la estación San José de Oriente localizada al noroeste del Departamento del Cesar y muy cerca al área de estudio, presentando climatología muy parecida en la figura No. 4 se aprecia la temperatura media mensual entre 1984 a 1997, siendo los meses de junio y julio, los que presentan las temperaturas más altas, que oscilan entre los 25,5 °C a 24,9 °C.

Figura 2. Temperatura del municipio de Manaure



Fuente: Corporación Autónoma Regional Del Cesar " CORPOCESAR"

Figura 2. Número de días con lluvias total anual.

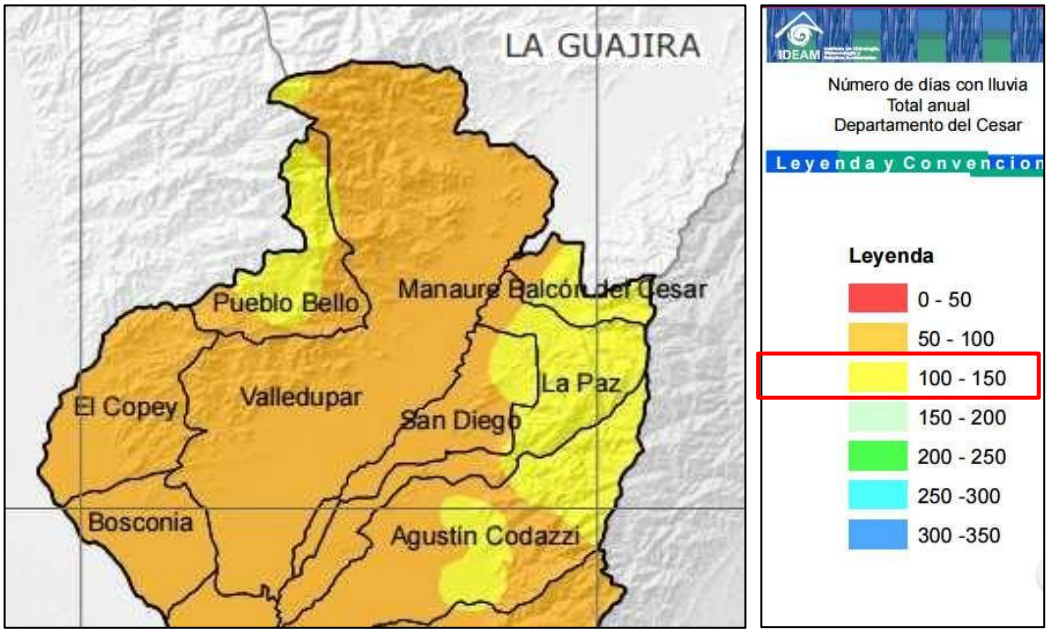
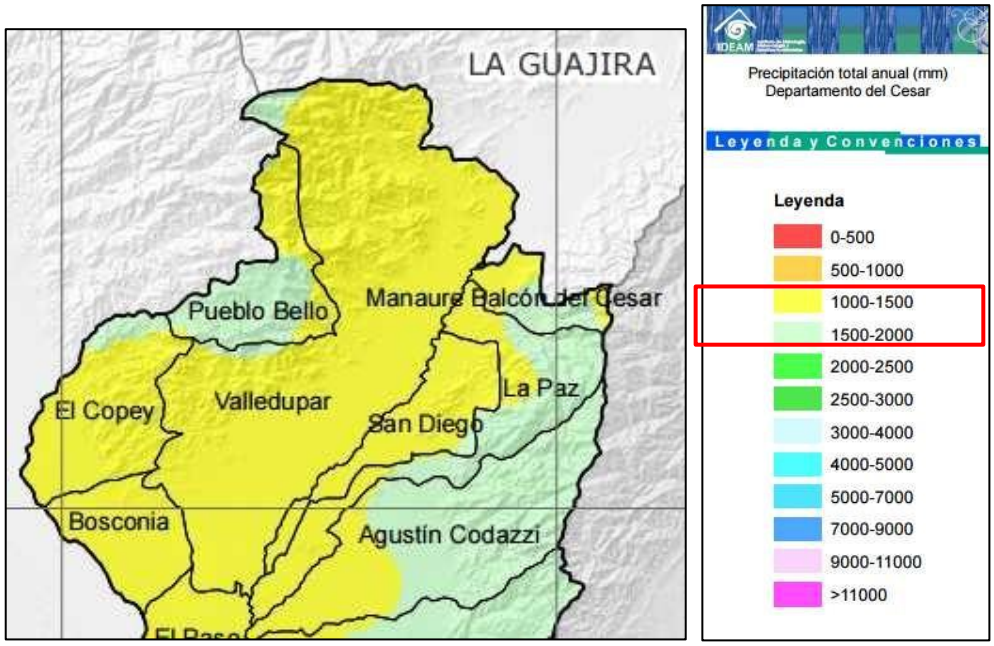


Figura 3. Precipitación total anual (mm) Departamento del Cesar.

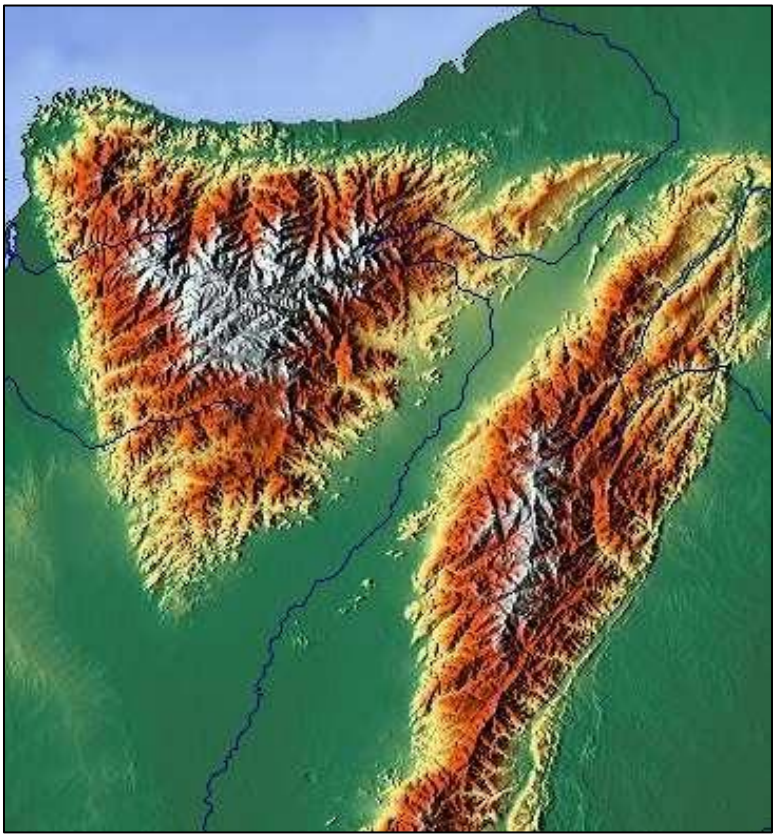


Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.

3.3 RELIEVE

El tipo de relieve es calificado de moderadamente escarpado a escarpado, pendiente superior al 50% y es allí donde ocurren los mayores fenómenos de erosión en grado moderado a severo, además es común encontrar pedregosidad en estos suelos.

Figura 4. Relieve municipio de Manaure - Cesar.



Fuente: Google Maps.

4 PROGRAMA DE ENSAYOS DE LABORATORIO

De acuerdo a la información recopilada en campo, las muestras tomadas en campo se llevaron al laboratorio para su clasificación por medio de la granulometría y límites de Atterberg, se determinó la humedad y comportamiento físico-mecánico a partir de dichos ensayos.

Con base en estos resultados se realizó la caracterización geotécnica de los suelos, la cual servirá de base para los análisis de la estructura de pavimento para los tramos viales a intervenir, siguiendo las recomendaciones realizadas por el especialista.

Los ensayos de laboratorio realizados en el área del Proyecto se encuentran relacionados a continuación:

- Humedad Natural
- Límites de Atterberg
- Clasificación SUCS
- Relación De Soporte Del Suelo (CBR)

A continuación, se muestra la localización de los CBR de campo:

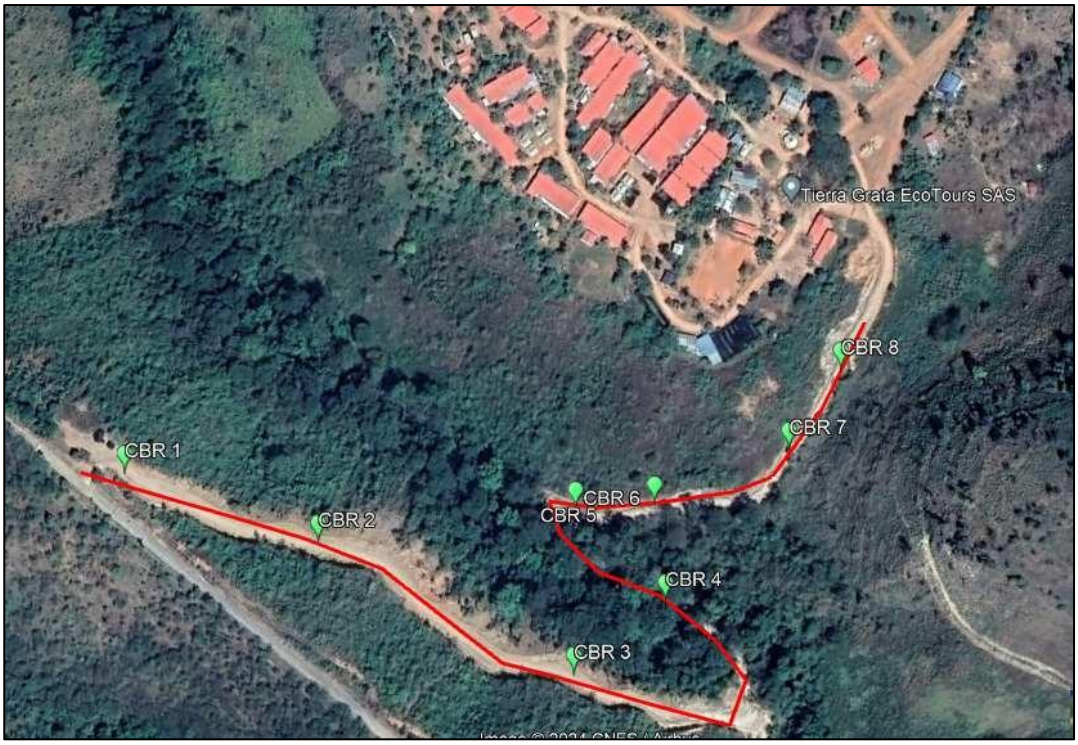
Los ensayos de CBR de campo se realizaron a una profundidad máxima de 1.50 metros.

LOCALIZACION CBR DE CAMPO

CBR	COORDENADAS
1	10°21'57.63"N 73° 4'2.24"O
2	10°21'57.42"N 73° 3'58.02"O
3	10°21'56.39"N 73° 3'52.10"O
4	10°21'58.35"N 73° 3'50.70"O
5	10°21'59.63"N 73° 3'53.09"O
6	10°22'0.23"N 73° 3'51.54"O
7	10°22'2.10"N 73° 3'49.25"O
8	10°22'3.93"N 73° 3'48.77"O

Fuente: Autor.

Figura 3. Localización Exploración geotécnica – CBR DE CAMPO.



Fuente: Autor.

Los ensayos visuales y manuales se han complementado con los ensayos de laboratorio consistente en la determinación de las propiedades índices. Los resultados de las pruebas de laboratorio se incluyen en el anexo de este informe.

5. DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO

5.1. DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO Y MÓDULO DE REACCIÓN.

LABORATORIOS DE GEOTECNIA

Se realizó un análisis detallado de ingeniería con el fin de estudiar los resultados de los materiales obtenidos en el laboratorio y establecer los parámetros más adecuados con el fin de garantizar la estabilidad de la estructura durante su vida de diseño.

Los valores de resistencia de la Sub-rasante se determinaron por medio de ensayos de CBR de laboratorio, sus resultados aparecen en la siguiente tabla.

DETERMINACION DEL CBR DE DISEÑO
ANÁLISIS POR PERCENTILES CBR

Con el fin de adoptar el valor del CBR representativo de la subrasante de la Unidad definitiva de diseño, se calculará el CBR definitivo de la unidad por medio de un análisis por el percentil 75%.

Para la unidad de diseño se tuvieron en cuenta los valores de los CBR que correspondan a la familia que se presenten en mayor proporción, que corresponde al ML. Se ordenan de menor a mayor y se establece el número y el porcentaje de valores iguales o mayores que cada uno, como se muestra en la tabla.

Luego se graficaron los valores de CBR contra el percentil 75%, que corresponde al rango de tránsito de diseño y se determinó el valor de CBR, que da como resultado un valor de 42,1.

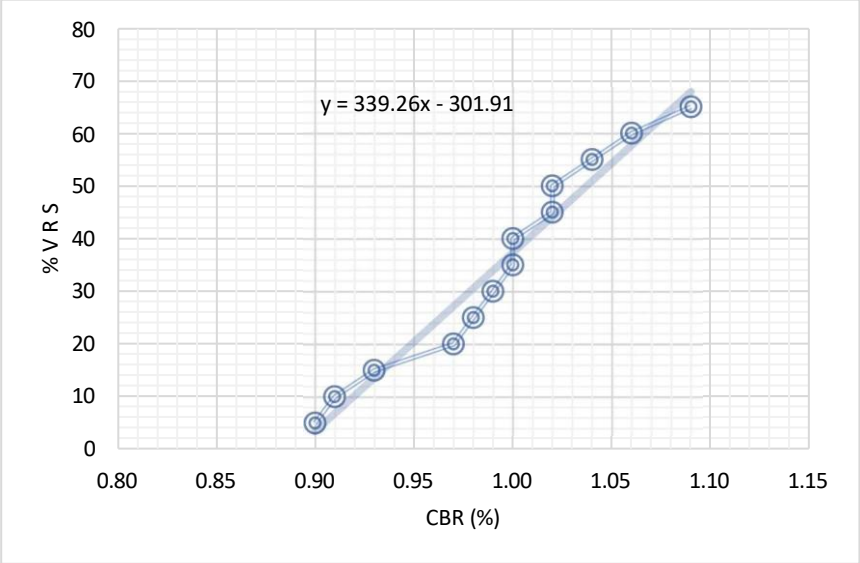
CBR de campo	Resultado (%)
CBR 1	38.4
CBR 2	51.6
CBR 3	43.9
CBR 4	51.6
CBR 5	42.6
CBR 6	35.2
CBR 7	39.7

CBR 8	34.1
Promedio	42.1

Fuente: Elaboración propia.

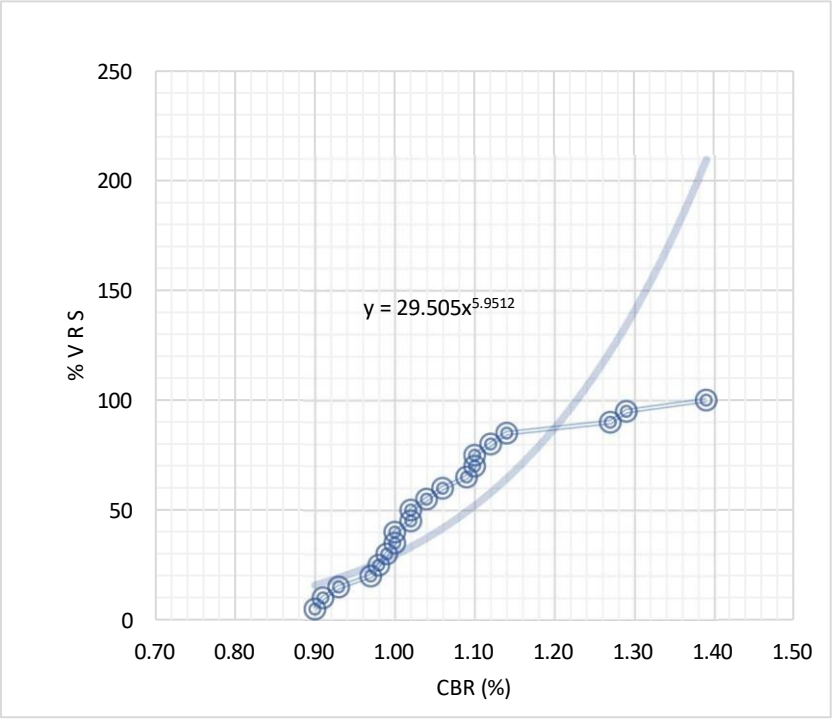
A continuación, se presentan los gráficos de CBR de acuerdo con los datos de los ensayos representativos del proyecto. Se puede evidenciar que la función exponencial es la que mejor se ajusta al gráfico, demostrado en el valor R2.

Análisis por método percentil CBR, función lineal.



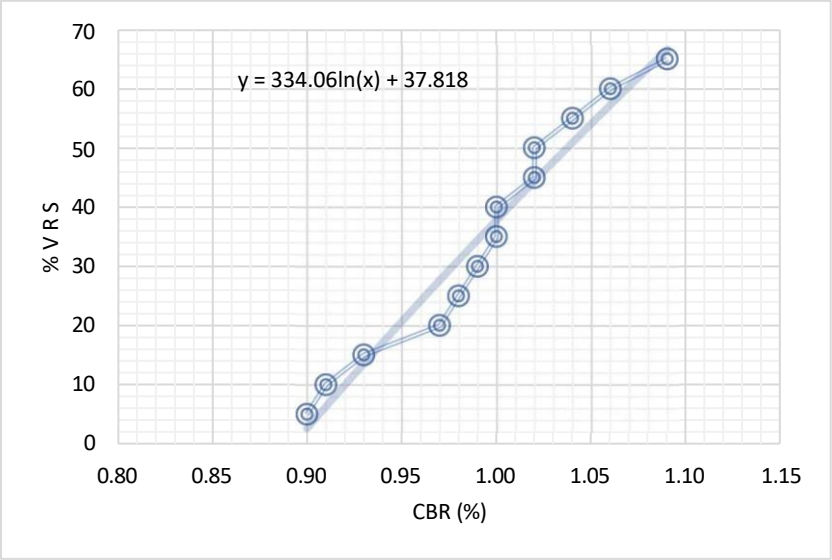
Fuente: Elaboración propia.

Grafica 2. Análisis por método percentil CBR, función potencial.



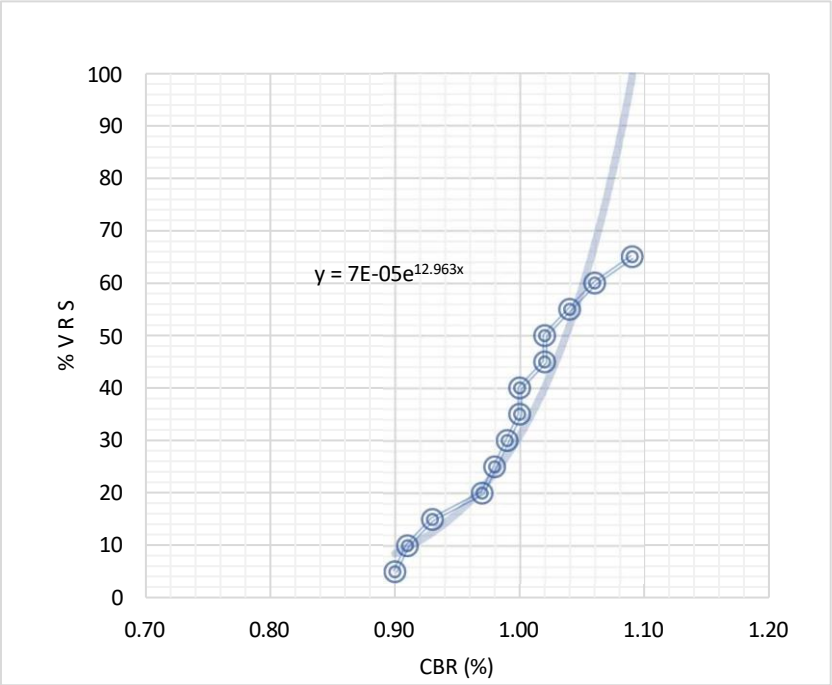
Fuente: Elaboración propia.

Análisis por método percentil CBR, función Logarítmica.



Fuente: Elaboración propia.

Análisis por método percentil CBR, función exponencial.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el análisis estadístico, se obtiene que según la clasificación de los CBR contemplados en el manual, y con la información del CBR de diseño establecido, se pueda decir que en las vías del proyecto predomina la sub-rasante S1.

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.

De acuerdo a la determinación de los CBR, se calcula el módulo resiliente de la unidad definitiva, el cual puede ser estimado por una correlación general que describe la relación entre el CBR, propuesta por la AASHTO que se indica a continuación.

$$Mr = 2555 * CBR^{0.64} \left(\frac{lb}{pulg^2}\right)$$

$$Mr = 2555 * (\ 42.1^{0.64})$$

$$Mr = 27985.40\ \frac{lb}{pulg^2} = 192.95\ \ Mpa$$

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.

Datos procesados – Formula Ivanov.

CBR SUBRASANTE (%)	42.1
Mr SUBRASANTE(kg/cm^2)	385.11
CBR MEJORAMIENTO (%)	15
Mr MEJORAMIENTO (kg/cm^2)	1016.454346
a	15
n	1.550990254

Fuente: Elaboración propia.%

Resultados – Formula Ivanov.

h1 (cm)	Mr SUBRASANTE	1-2/π*(1-1/n^3,5)	tan-1(n*h1/2a)	Mr EQUIVALENTE (kg/cm2)	Mr (PSI)	CBR (%)
5	339.285	0.499610998	0.252961003	388.3682167	5523.87766	3.336
10	339.285	0.499610998	0.477152369	445.4848028	6336.264	4.133
15	339.285	0.499610998	0.659619328	506.0585877	7197.82311	5.045
20	339.285	0.499610998	0.802109297	566.1764731	8052.89783	6.012
25	339.285	0.499610998	0.91229942	623.4513029	8867.53492	6.989

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, para una capa de 15 cm con CBR mínimo de 15% se obtiene un CBR combinado de 5.045% con un k para la subrasante de 3.870 Kg/cm^3 igual a 38.219 Mpa/m de acuerdo a la correlación con el CBR.

Posteriormente se procede a hallar el módulo de reacción para una subbase de 15 cm de espesor.

Valores de k para capa granular y estabilizada.

K subrasante		Valores de *K*							
		Capa granular no tratada							
		10 cm		15 cm		22.5 cm		30 cm	
MPa/m	pci	MPa/m	pci	MPa/m	Pci	MPa/m	pci	MPa/m	pci
20	73	23	85	26	96	32	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430
K subrasante		Capa estabilizada con cementante hidráulico							
MPa/m	pci	10 cm		15 cm		20 cm		25 cm	
20	73	60	220	80	300	105	400	135	500
40	147	100	370	130	500	185	680	230	850
60	220	140	520	190	700	245	900	-	-

Fuente: Pavimentos, materiales, construcción y diseño, Hugo Alexander Rondón.

Por lo tanto, se obtiene un k para la subbase de 46.952 Mpa/m aproximadamente 47 Mpa/m igual a 4.76 kg/cm^3.

Por medio de la siguiente expresión matemática se calcula el k combinado, teniendo como resultado un valor de 4.21 kg/cm^3 igual a 41.581 Mpa/m.

$$K_C = K_0 * \left[1 + \left(\frac{h}{38}\right)^2 * \left(\frac{k_1}{k_0}\right)^{\frac{2}{3}}\right]^{\frac{1}{2}}$$

5.2. 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 136, 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.

Resultados del espectro de carga.

EJES SENCILLOS					EJES TÁNDEM	EJES TRÍDEM
3 Ton	3,5 Ton	6 Ton	8,2 Ton	11 Ton	22 Ton	24 Ton
3,627	0	19,642	0	6,673	9,342	0

Fuente: Elaboración propia.

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
- ✓ Categoría de tránsito: 43,029 de ejes equivalentes de 8.2 ton. Se toman los anteriores factores de tránsito, los cuales inciden en el diseño del pavimento rígido, estos factores son las repeticiones y la magnitud de las cargas por eje, que se esperan durante el periodo de diseño (espectro de carga).
- ✓ CBR de diseño: 41.2%
- ✓ Módulo de reacción combinado de 41.581 Mpa/m.
- ✓ Resistencia a la flexo-tracción: 4.0 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.

Las deformaciones que sufre un pavimento de concreto bajo las cargas del tránsito producen tanto esfuerzos de compresión como de tensión. Sin embargo, la relación entre los primeros y la resistencia a la compresión del concreto es demasiado baja, como para afectar el diseño del espesor de la losa. La relación entre segundos y la resistencia a la flexión es mucho mayor, como resultado de ellos los esfuerzos y la resistencia a la flexión, son los factores que se deberán considerar en el diseño del pavimento.

- ✓ 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.

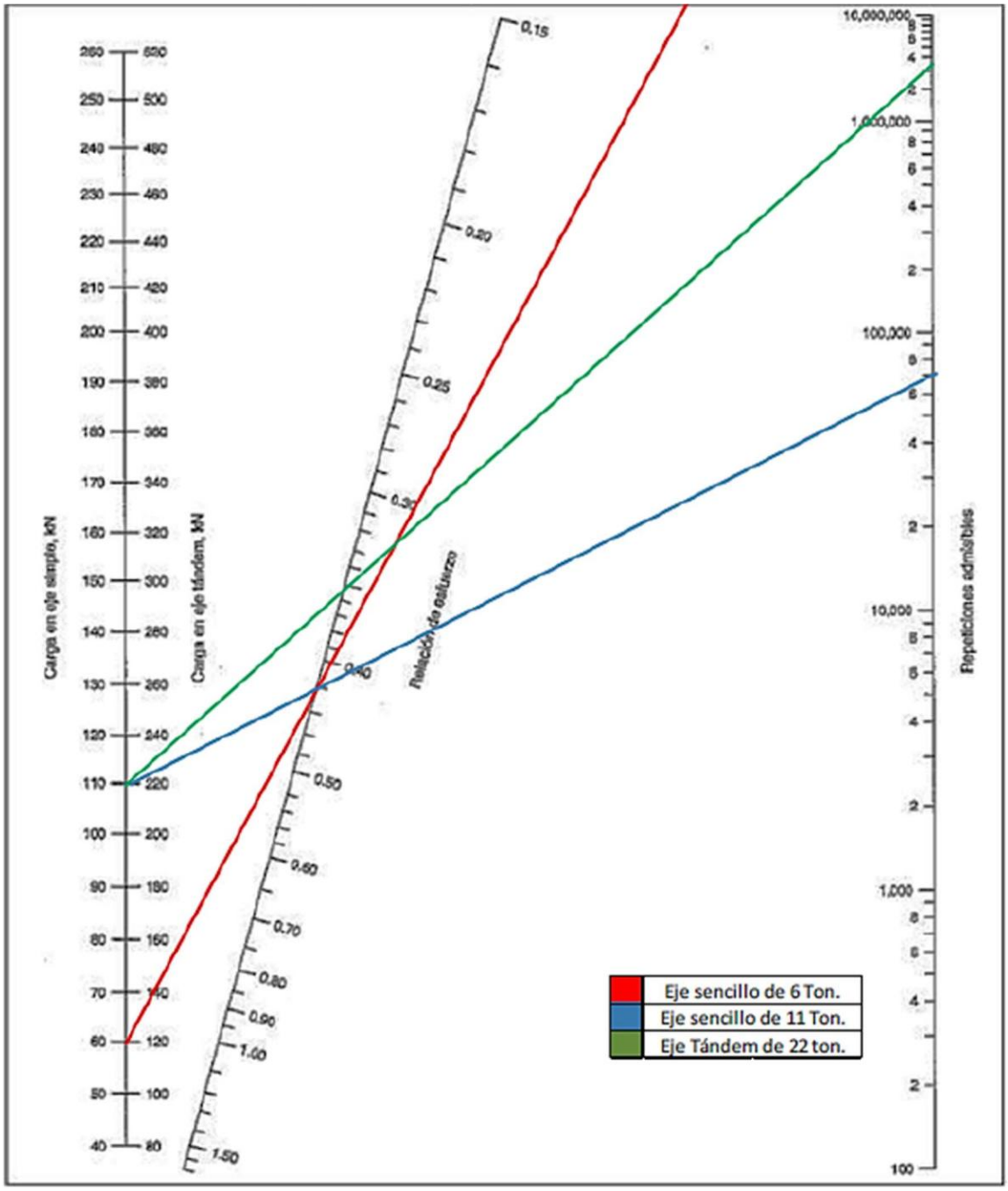
EJE SENCILLO						
ESPESOR DE LA LOSA (mm)	K DEL CONJUNTO SUBRASANTE/SUBBASE					
	20	40	60	80	140	180
100	4,18	3,65	3,37	3,19	2,85	2,72
110	3,68	3,23	2,99	2,83	2,55	2,43
120	3,28	2,88	2,67	2,54	2,29	2,19
130	2,95	2,60	2,41	2,29	2,07	1,99
140	2,68	2,36	2,19	2,08	2,89	1,81
150	2,44	2,16	2,00	1,90	1,73	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	0,96	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

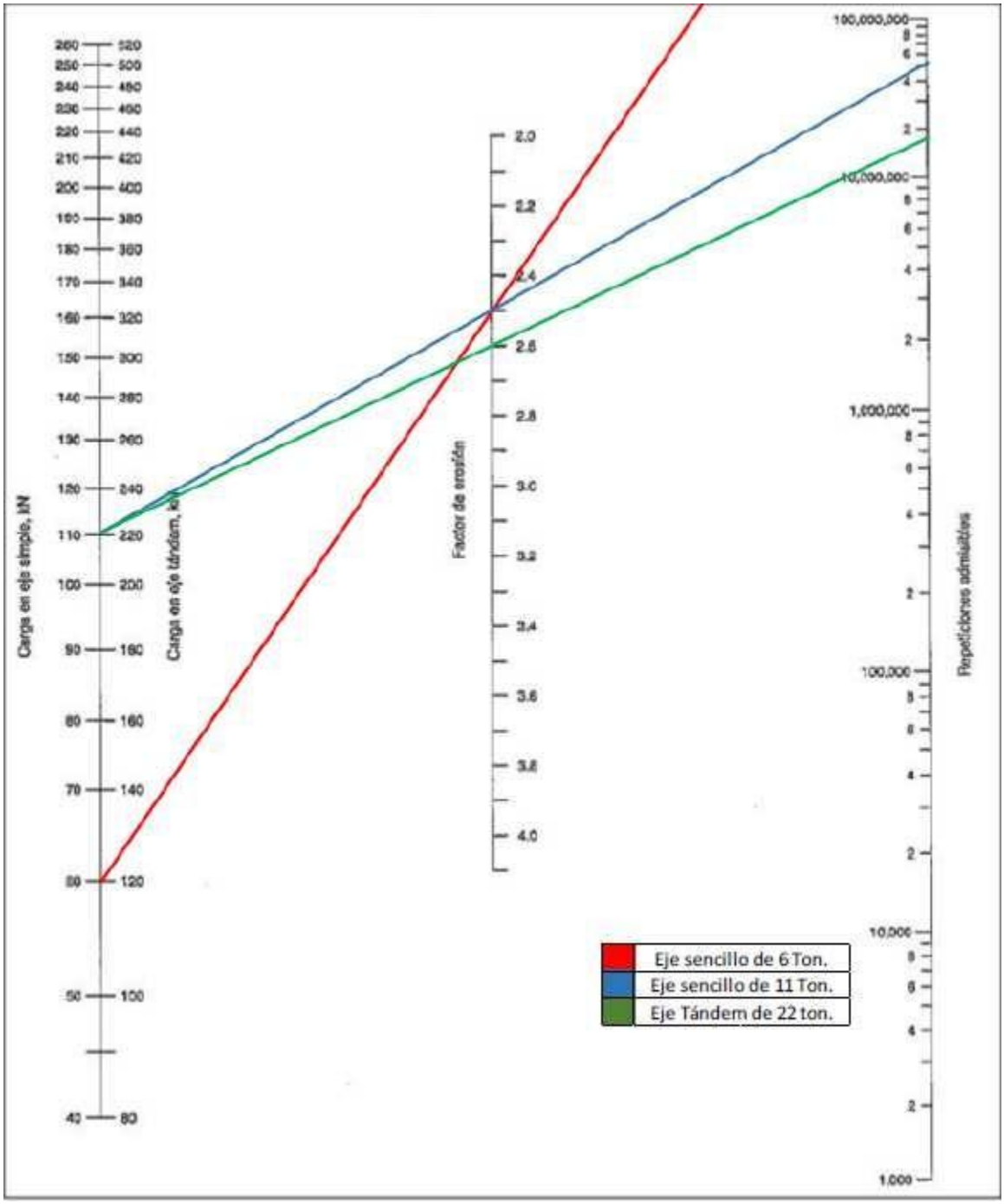
Fuente: METODO PAVIMENTO PCA 1986.

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)	200		
		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 POR UN ESPESOR TIPO DE LOSA ESTARÁ DEFINIDO EN 0.20 METROS DE CONCRETO DE MR 4.2 Y UN MATERIAL DE SOPORTE DE 0.15 METROS TIPO SUB BASE GRANULAR QUE CUMPLA LA NORMATIVIDAD ART. 320 INVIAS.

El refuerzo de dicha losa, se efectuará con barras corrugadas con límite de fluencia (fy) de 60000 PSI. Dicho acero, deben cumplir con el Artículo INV 640 -22 y lo que sea aplicable del Artículo 640-22. Para el refuerzo longitudinal se empleará acero de diámetro de ½", separados entre sí cada 1,20 m, para los pasadores se empleará barras de acero de 7/8" cada 0.30 m.

5.7 DISEÑO DE JUNTAS

CONTROL DE ESFUERZOS EN EL CONCRETO HIDRÁULICO POR EFECTOS DE ALABEO.

Estos esfuerzos en el concreto se producen por los cambios térmicos que sufren las losas de hormigón durante el día y/o las noches, y a través del espesor de la losa.

Este tipo de solicitaciones son más críticas en la dirección más larga de las placas y se deben controlar tanto en el borde, como en el centro. Como recomendación válida, se debe garantizar que la longitud de la losa (L) para controlar el fenómeno de alabeo con apoyo granular, debe ser:

$$L \leq 24 * H\ losa$$

$$L \leq 1.25 * b$$

El control de las dimensiones de la losa debe ser exigente en la etapa constructiva para evitar las muy comunes fisuras. De acuerdo a lo anterior, aunque por alabeo se permitan losas de mayor longitud, el que debe primar es el de retracción, las longitudes para las alternativas son:

-Pavimento en losa de concreta longitud no mayor a 3.5 m.

JUNTAS TRANSVERSALES

Las juntas transversales o juntas de contracción tienen como función principal controlar la fisuración natural del pavimento, provocada por los esfuerzos que se generan en la losa de concreto por la retracción de fraguado de hormigón y por las acciones climática: temperatura y humedad. Se plantea la modulación con losas de largo de 3.5 m y ancho de 3 m obteniendo una relación cercana al de una losa cuadrada (1:1), debido a que presentan mejor comportamiento ante esfuerzos de alabeo. La separación de juntas trasversales cumple con la recomendación del espaciamiento máximo de las juntas en función del espesor de la losa.

PASADORES DE TRANSFERENCIA DE CARGA

Con el fin de incrementar la transferencia de carga, reducir la deflexión y los esfuerzos en la losa e incrementar la vida útil del pavimento, se establece el uso de pasadores de transferencia de carga (o dovelas) en las juntas transversales, las cuales son barras de acero lisas, colocadas a una altura igual a la mitad del espesor de la losa.

En la siguiente tabla se presenta la recomendación mínima presentada en el manual del INVIAS, en cuanto a separación y longitud de los pasadores en función del espesor de la losa.

Recomendación para selección de pasadores según manual INVIAS.

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

Manual de Diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, INVIAS.

En resumen, los pasadores de transferencia de carga para la estructura Tipo dependen del espesor y serán barras de acero lisas con límite de fluencia mínimo (fy min.) de 280 Mpa (280 kg/cm^2), con diámetro de 1" (25 mm), separados cada 300 mm, con una longitud de 350 mm para el caso de losas de espesor de 200 mm.

Las barras deberán estar libres de cualquier imperfección o deformación que restrinja su deslizamiento libre dentro del concreto, por lo cual, se recomienda que estén engrasados en toda su longitud.

Para la construcción de las juntas se debe realizar cortando el concreto, luego transcurrido dos horas de haber desarrollado las labores de enrasado, nivelado y rayado, pero antes de pasadas 12 horas, el corte se debe realizar con equipos de aserrado dotados de discos adiamantados. El material sellante debe ser un material adherente al concreto, resistente a la infiltración de agua a la penetración de partículas sólidas entre las caras de las juntas. Además, debe ser un material resistente a la fatiga, a la cizalladura, a la tracción, al envejecimiento y los ataques químicos.

BARRAS DE ANCLAJE. Las barras de anclaje se diseñan para resistir la fuerza de tracción generada por la fricción entre losa y su apoyo y para mantener la trabazón de agregados en las juntas longitudinales. El diseño de las barras de anclaje varía con el espesor de la losa y la distancia a la junta más cercana al borde libre.

Debido a que el espesor de la losa para las estructuras diseñadas es de 200 mm, se recomienda colocar barras de anclaje con las siguientes características: barras de acero corrugadas con límite de fluencia mínimo Fy min. De 280 Mpa (2800 kg/cm2), diámetro 1/2" /12,7 mm), longitud de 850 mm y separación entre barras de 1.20 m de acuerdo al ancho de carril proyectado.

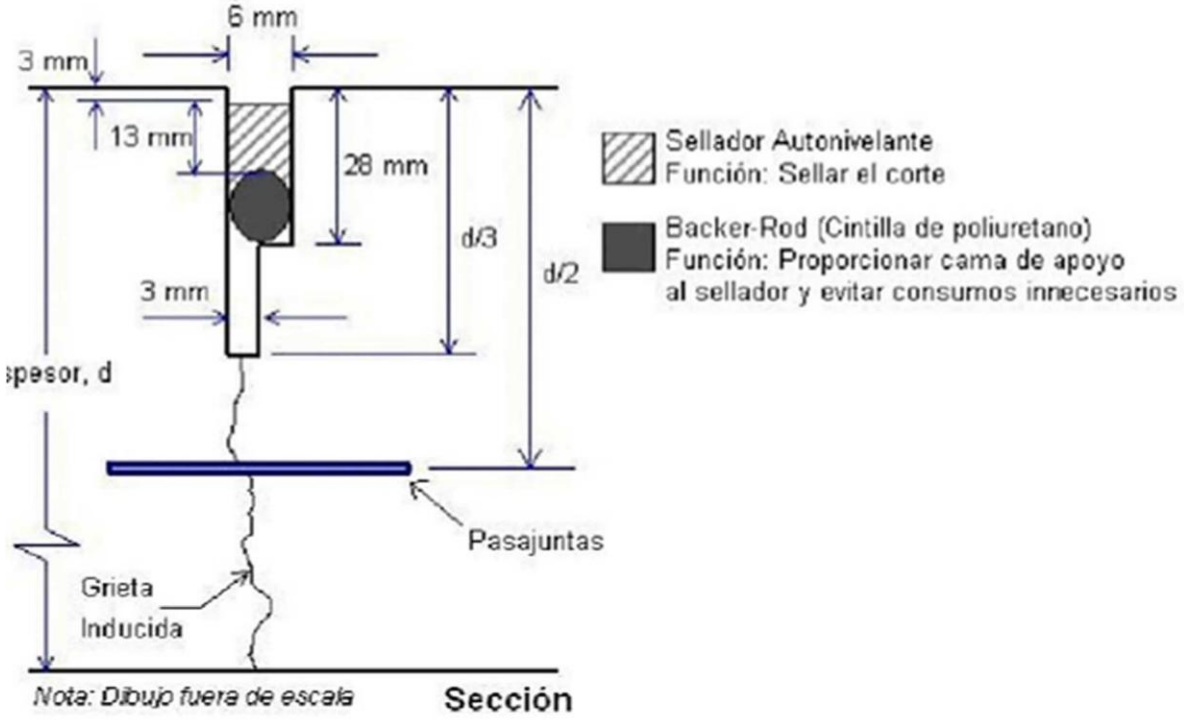
Las barras están situadas a la mitad del espesor de la losa de concreto, por lo cual, se recomienda que estas barras estén separadas 500 mm de la junta transversal más próxima, con el fin de que no interfieran con las dovelas durante el movimiento de las juntas.

Recomendación para separación de pasadores según manual INVIAS.

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	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

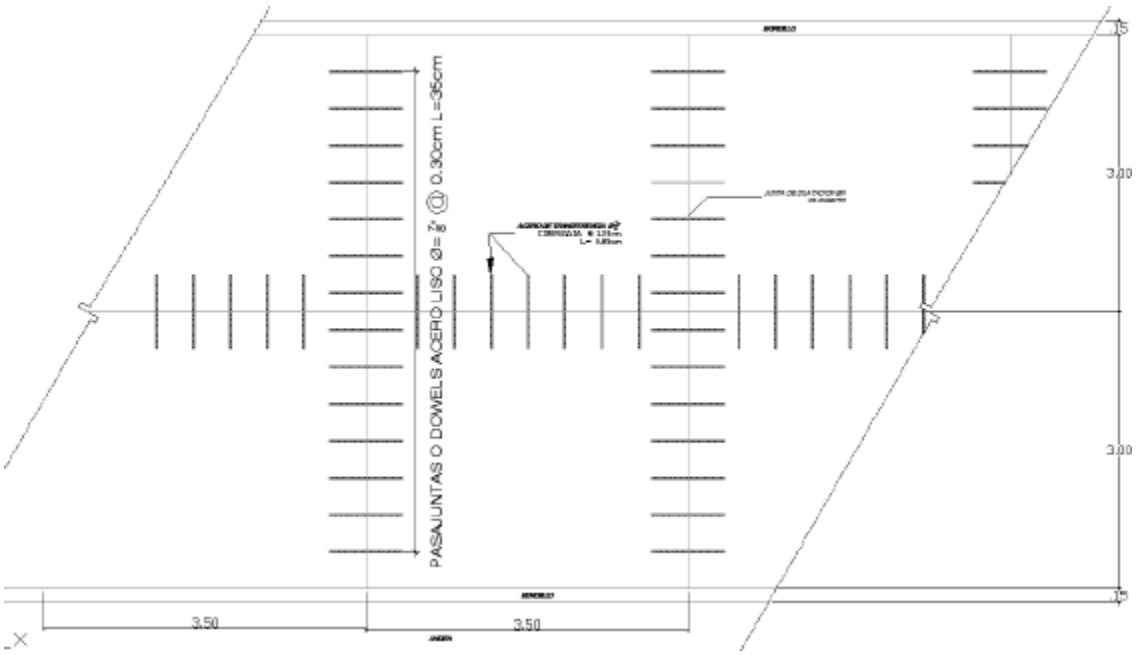
Fuente: Manual de Diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, INVIAS.

Detalle de junta de contracción transversal y longitudinal



Fuente: Pavimentos, materiales, construcción y diseño, Hugo Alexander Rondón.

Croquis esquemático junta de construcción (x = 3.5 m y y = 3 m)



REFUERZOS DE LOSAS DE FORMA IRREGULAR

En losas de geometría irregular, que no cumplan relación de esbeltez, que se ubiquen espacialmente en elementos viales especiales como intersecciones o retornos, o por la presencia de estructuras hidráulicas se debe instalar una malla de refuerzo bidireccional, compuesta por barras de acero de ½" de diámetro espaciadas cada 0.25 metros en ambos sentidos. Esta deberá quedar a 0.08 metros de la superficie de la losa y se debe garantizar que no interfiera con los pasadores ni con las barras de amarre.

6. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

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

- 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

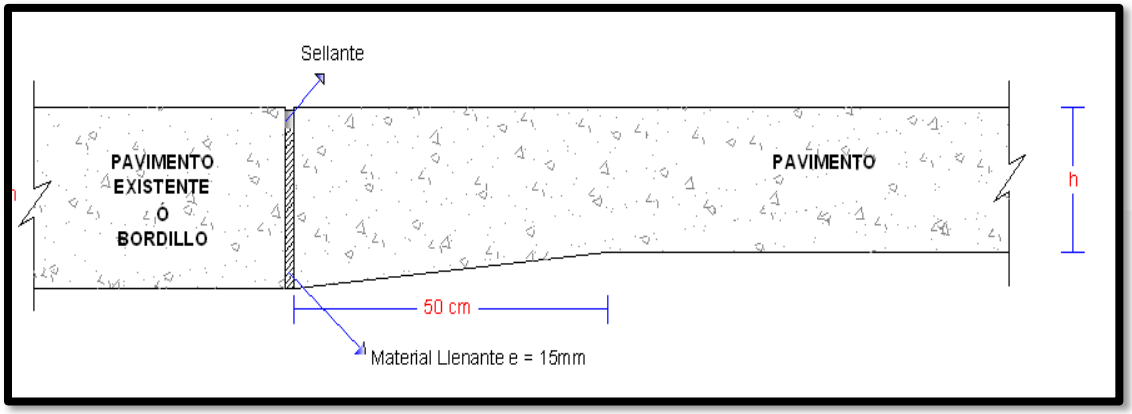
anterior no se cumple, es condición para que se genere acumulación de humedad, que finaliza infiltrándose.

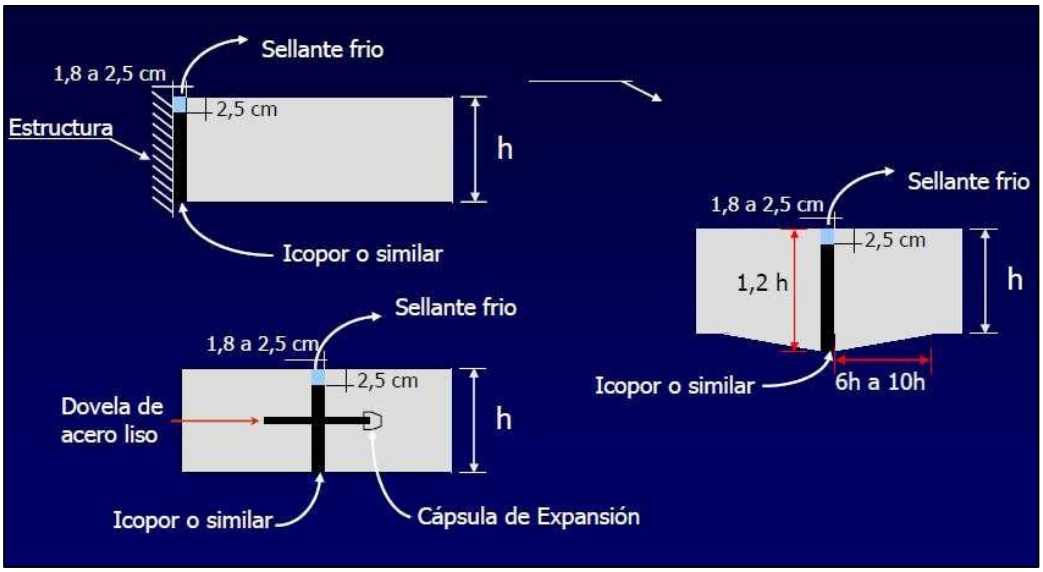
- Se recomienda considerar la variable clima (estado del tiempo atmosférico) para el proceso constructivo, teniendo en cuenta el régimen de lluvias que se presenta en la zona. Cuando se presente lluvias se debe cubrir el concreto a fin que no se presente el lavado de la superficie que posteriormente 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 deben construir juntas de expansión en los sitios requeridos para aislar las losas de estructuras fijas. Los bordes que estarán en contacto con muros y bordillos no requieren formaleta, en este caso ella se reemplaza por una lámina de material compresible de 15 mm de espesor y con una profundidad superior al de la losa.

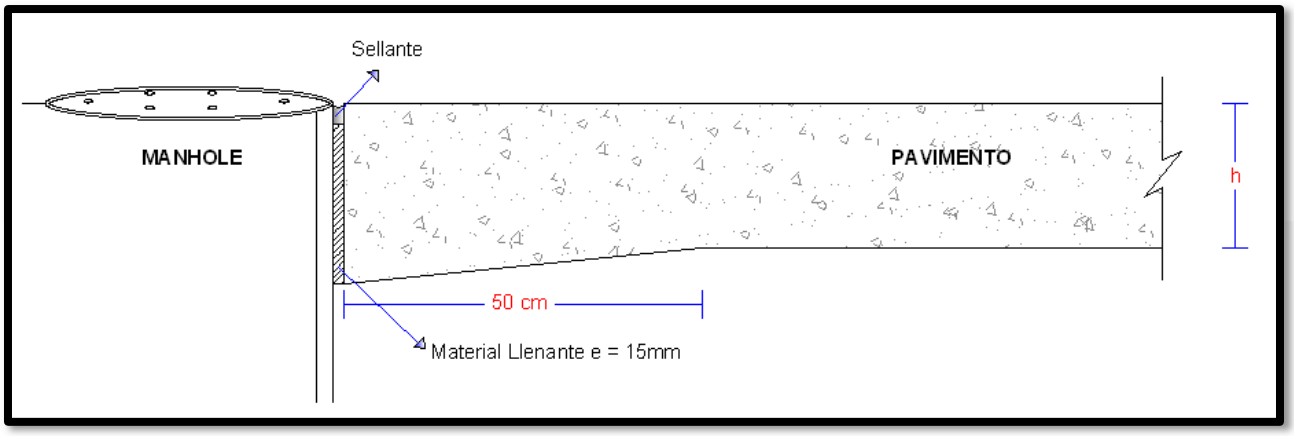
Figura 4. Juntas de expansión recomendadas en losas





- Alrededor de las tapas de cámaras de inspección deben colocarse juntas de expansión tales como las indicadas en la siguiente Figura.

Figura 5. Juntas de expansión recomendadas en tapas de cámaras



- Con el fin de que la junta transversal coincida con la tapa de una cámara de inspección o con un sumidero puede modificarse la longitud sin permitir una relación Largo/Ancho de la Losa superior a 1.25.

- En lo posible se deben evitar las juntas de construcción imprevistas, retirando el concreto si es del caso, cuando quede a menos de 3 metros de la última junta transversal de contracción realizada.

- 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 en concreto rígido 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.



CARLOS ANDRES BAEZ BAEZ
Ing. Civil - Esp Geotecnia Vial y Pavimentos
M.P. 15202147445 BYC

MATRICULA PROFESIONAL CONSULTOR


REPUBLICA DE COLOMBIA
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA
COPNIA
MATRICULA PROFESIONAL No.
15202147445BYC
INGENIERO CIVIL
DE FECHA 25/10/2007
CARLOS ANDRES
BAEZ BAEZ
C.C. 74187852
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
PRESIDENTE DEL CONSEJO

República de Colombia

R VNIVE&5IPAP *SANTO* TOMÓS

z/utori #ą par cl *h§inistcrim* §c ż4ucąción Nacional
Tc»icr›do en Cucnta ąuc

Carlos Andrés Báez

c C .x° y«1ea5-d• $«grr›<›ss

Aprobó los estudios programados y cumplió con las exigencias legales y reglamentarias, le confiere el Título de

Especialista en Geotecnia avimentos

En constancia se firma y sella en Tunja
a los 2 d del diciembre de 2016
2024

El Rector General

El Rector Seccional

El Decano

El Secretario Seccional

Registro Interno No. 794.293.02-17-2016
Libro 16T Folio 20

BIBLIOGRAFIA

El informe se ha desarrollado siguiendo las normas:

- I.N.V E- 101-22 INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARAPROPÓSITOS DE INGENIERIA.

- I.N.V E- 148-22 RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN ELLABORATORIO.

Textos Bibliográficos

- Higuera Sandoval Carlos Hernando, Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos de carreteras, Colombia: U.p.t.c.2010.

- Sánchez Sabogal Fernando. Pavimentos, INVIAS, Colombia, 1980

- Pavimentos, materiales, construcción y diseño, HUGO ALEXANDER RONDON QUINTANA.

ANEXO 1. ENSAYO CBR DE CAMPO