

DISEÑO ESTRUCTURAL PAVIMENTO

MEJORAMIENTO VÍAL EN PAVIMENTO
RIGIDO DE LOS BARRIO NUEVA
ESPERANZA Y FONSECA SIOSI DEL
MUNICIPIO DE MAICAO DEPARTAMENTO
LA GUAJIRA

ABRIL
2024

Contenido

1. INTRODUCCION	7
2. GENERALIDADES.....	8
3. OBJETIVOS	9
3.1 Objetivo General	9
3.2 Objetivos Específicos	9
4. DESCRIPCION DEL PROYECTO	10
4.1 Área de influencia directa	10
5. MARCO TEORICO	11
5.1 Método de diseño de espesores de pavimento rígido de la PCA	12
5.2 Consideraciones Basicas del metodo de diseño de Pavimentos Rigidos Pca 1984	12
5.2.1 Análisis de Fatiga	14
5.2.2 Análisis de Erosión.....	16
6. PARÁMETROS DE DISEÑO	17
6.1 Resistencia De La Capa De Apoyo De La Losa de Concreto (K)	18
6.2 Transito	23
6.2.1 Intensidad	23
6.2.2 Frecuencia	24
6.2.3 Periodo de diseño	25
6.2.4 Modulo de rotura (MR)	25
7. HERRAMIENTA DE SOFTWARE PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS BS-PCA 1984	25
8. DETERMINACIÓN DEL ESPECTRO DE CARGAS PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS	27
9. DISEÑO DE ESTRUCTURAL	29
10. DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS LOSAS DE CONCRETO	32
10.1 Modulación de las juntas	32
11. DISEÑO DE JUNTAS.....	34
11.1 Varillas de anclaje (Corrugadas)	34

11.2 Varillas de transferencia de carga (lisas)	35
11.3 Diseños especiales.....	41
11.4 Refuerzo de losas Casos especiales	43
12. CONCLUSIONES	46
13. RECOMENDACIONES	47
13.1 Mantenimiento rutinario.....	47
13.2 Mantenimiento Periódico	48
14. BIBLIOGRAFIA.....	50
15. ANEXOS	51

Contenido Tablas

Tabla 1 Clasificación de suelos para Infraestructura de Pavimentos Manual Bajo Volumen de Transito -INVIAS	19
Tabla 2 Localización Geográfica de los Apiques	19
Tabla 3 Calculo de K Subrasante para un CBR estimado.....	20
Tabla 4 Modulo Kcombinado para un K Subrasante 40.14 MPa/m	23
Tabla 5 Modulo de Rotura.....	25
Tabla 6 Variables de Diseño Pavimento Rígido	27
Tabla 7 Calculo Espectro de Carga Aforo # 1	28
Tabla 8 Calculo Espectro de Carga Aforo # 2	28
Tabla 9 Resultados y Reporte BS-PCA	30
Tabla 10 Parámetros de Dimensionamiento PCA.....	32
Tabla 11 Chequeo relación de Esbeltez para los distintos anchos de calzada	33
Tabla 12 Recomendaciones para Barras de Anclaje	34
Tabla 13 Recomendaciones para Barras de Anclaje lisas	35

Tabla 14 Profundidades Recomendadas para la Instalación del Cordón de Respaldo (Junta Poco Profunda)	41
--	----

Contenido Figuras

Figura 1 Municipio de Maicao, Departamento de La Guajira	10
Figura 2 Localización General Área del Proyecto La Guajira	11
Figura 3 Influencia del alabeo losa de concreto	13
Figura 4 Distribución de Carga em Pavimentos Flexible (A) y Pavimento Rígido (B)	14
Figura 5 Esquema Análisis de Fatiga.....	15
Figura 6 Método de diseño de Análisis de Fatiga	16
Figura 7 Esquema Análisis de Erosión	17
Figura 8 Puntos de Apique Tramo Barrio Nueva Esperanza y Fonseca Siosi, Municipio de Maicao, La Guajira.....	19
Figura 9 Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR (7.7%), Apique 1 al 12	20
Figura 10 Correlación CBR y K NOCIONES SOBRE MÉTODOS DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS VOLUMEN II, página 245.....	21
Figura 11 Requisitos de los materiales para terraplenes INV 220-13	22
Figura 12 Parámetro de Transito Intensidad	24
Figura 13 Parámetro de Transito Frecuencia	25
Figura 14 Software BS-PCA.....	26
Figura 15 Pantallazo Software PCA Espectro de Carga Punto Aforo 1.....	29
Figura 16 Pantallazo Software PCA Espectro de Carga Punto Aforo 1.....	29
Figura 17 Diseño Estructural Pavimento Concreto Rígido	31
Figura 18 Sección Transversal del proyecto.....	33
Figura 19 Vista en Planta Modulación de Losa de Pavimento	36
Figura 20 Detalles de Corte Modulación de Losa de Pavimento	36
Figura 21 Esquema Diseño Estructural Pavimento Concreto Rígido 3D	37

Figura 22 Detalle Bordillo	37
Figura 23 Diseño Detalle Canastillas.....	38
Figura 24 Esquema de Canastilla en 3D	39
Figura 25 Disposición de Canastilla en la Obra	39
Figura 26 Esquema de Corte de la junta de Pavimento	40
Figura 27 Diseño adecuado de Juntas	40
Figura 28 Detalle en Junta pozo de Inspección Rectangular.....	42
Figura 29 Junta de expansión para pozo de inspección circular	43
Figura 30. Clases de juntas en pavimentos de concreto.....	44
Figura 31 Detalle del Refuerzo en losas.....	45
Figura 32 Losas que requieren ser reforzadas	45

TÍTULO DEL DOCUMENTO										
REFERENCIA	DISEÑO ESTRUCTURAL-V.0.docx									
REVISIÓN Y APROBACIÓN										
GRUPO DE TRABAJO	CARGO	NOMBRE	FIRMA	REVISIÓN No				FECHA DE REVISIÓN		
				0	1	2	3			
	DIRECTOR DE CONSULTORÍA	Ing. MIGUEL GARCIA ROMANI		x						
APROBACIÓN										
VERSIONES Y MODIFICACIONES										
VERSIÓN No	SOLICITUD DE LA MODIFICACIÓN	CAPÍTULO MODIFICADO	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN							
0			INFORME ORIGINAL							
1										
2										
3										

1. INTRODUCCION

EL presente documento contiene el Diseño Estructural para el proyecto denominado *“MEJORAMIENTO VÍAL EN PAVIMENTO RIGIDO DE LOS BARRIOS NUEVA ESPERANZA Y FONSECA SIOSI DEL MUNICIPIO DE MAICAO. DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA”* ubicado en el Departamento de la Guajira. Esta consultoría, se propone establecer, si el espesor propuesto de 0.20 metros en la sección típica, es suficiente para las características geotécnicas existente de los tramos a intervenir y a las proyecciones de repeticiones esperadas de acuerdo a un periodo de diseño de 20 años, factores estos que inciden fundamentalmente en estos tipos de análisis.

Para cumplir con los objetivos de esta consultoría, se cuenta con la siguiente información existente, relacionada con el conteo de tránsito, estudio de suelos y levantamiento topográfico

Con base en la información anterior, se procede al diseño de la estructura del pavimento se realiza teniendo en cuenta la metodología de diseño PCA .

2. GENERALIDADES

Teniendo en cuenta el auge que se ha dado en los últimos años en la construcción y diseño de pavimentos rígidos en vías urbanas y de la red vial nacional, y también considerando la amplia utilización a nivel nacional del método de diseño de pavimentos rígidos de la Portland Cement Association versión de 1984 (PCA 1984), la Universidad del Cauca dentro de su programa de Maestría en Ingeniería Terrestres del Instituto de Postgrado en Ingeniería Civil consideró conveniente desarrollar un Software que permita dimensionar los espesores de la estructura de pavimentos rígido y a la vez permita sensibilizar la incidencia de los diferentes parámetros en el dimensionamiento del pavimento.

El programa llamado BSPCA realizado en Visual Basic requiere la introducción de los diferentes parámetros y efectuando los análisis de fatiga y erosión permite obtener el dimensionamiento de la estructura de pavimento. Una vez realizado el dimensionamiento permite realizar un análisis de sensibilidad para evaluar la incidencia de la variación de los respectivos parámetros en el análisis de los dos criterios de diseño fatiga y erosión es contemplado por el método.

Esta herramienta se considera de gran utilidad para los ingenieros de pavimentos debido a que facilita la actividad de diseño y permite fácilmente evaluar los cambios que se pueden presentar dentro del proceso constructivo cuando alguna de las variables difiera de las consideraciones inicialmente planteadas en el diseño

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Diseñar un pavimento rígido para el “MEJORAMIENTO VÍAL EN PAVIMENTO RIGIDO DE LOS BARRIOS NUEVA ESPERANZA Y FONSECA SIOSI DEL MUNICIPIO DE MAICAO DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA”.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características de la zona y determinar los parámetros de diseño de acuerdo a las metodologías a aplicar.
- Diseñar la estructura de pavimento por la metodología por la metodología PCA-84.
- Analizar diferentes alternativas y seleccionar la que se ajuste a las características de la zona de estudio.

4. DESCRIPCION DEL PROYECTO

4.1 Área de influencia directa

El área a intervenir según el proyecto consiste en la ejecución de las obras relacionadas con la construcción pavimento en concreto rígido EN CALLES Y CARRERAS DE LA MALLA VIAL DEL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE MAICAO, DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA. (Ver Plano de Localización).



Figura 1 Municipio de Maicao, Departamento de La Guajira

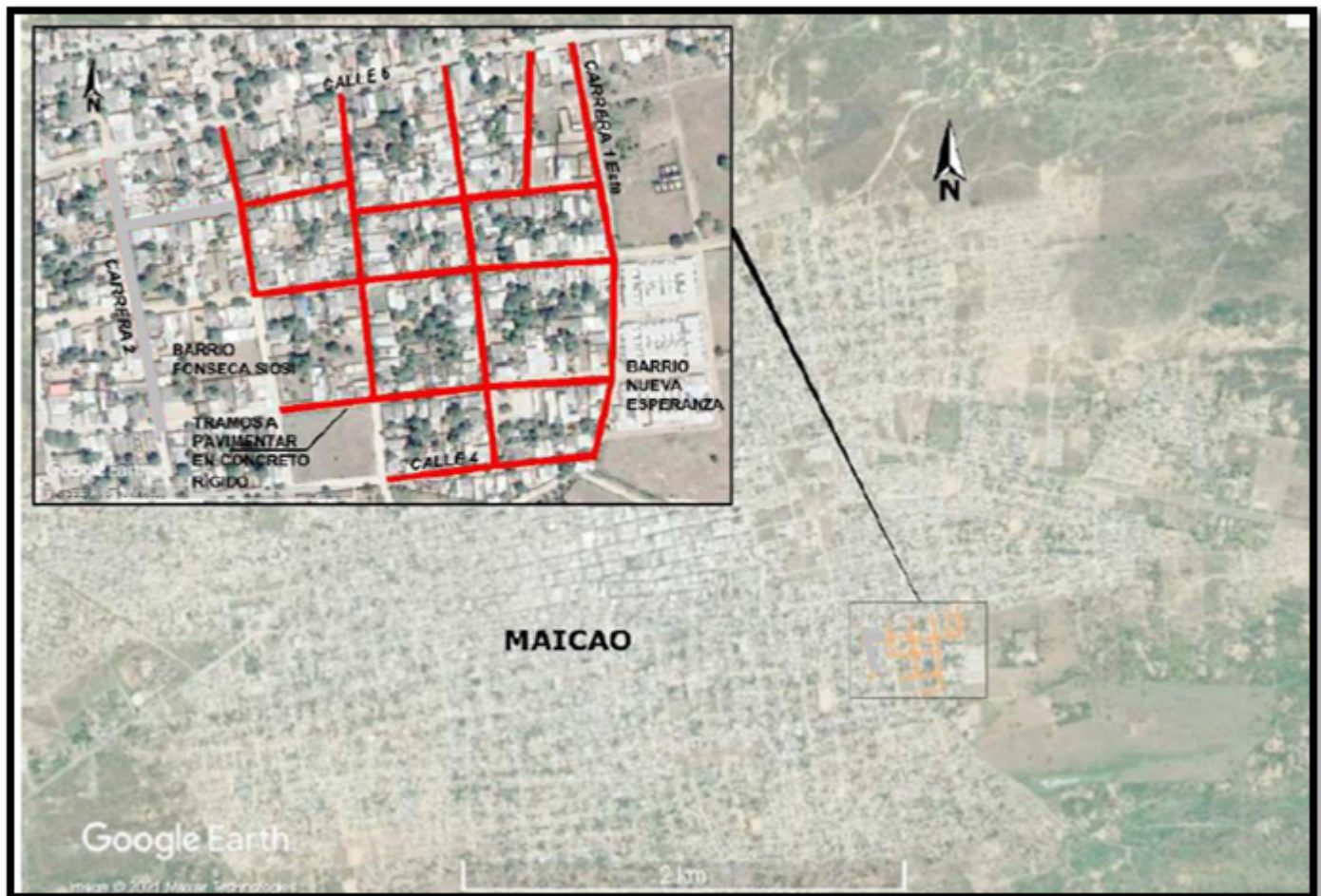


Figura 2 Localización General Área del Proyecto La Guajira

5. MARCO TEORICO

En el presente capítulo se abordan los aspectos que se consideran más relevantes sobre el método de diseño de la PCA (Portland Cement Association) de pavimento rígido utilizados para el proyecto denominado MEJORAMIENTO VÍAL EN PAVIMENTO RIGIDO EN LOS BARRIOS NUEVA ESPERANZA Y FONSECA SIOSI DEL MUNICIPIO DE MAICAO. DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA. El método para el diseño de pavimento que se aborda han sido desarrollado con base en conocimientos mecanísticos-empíricos (método de la PCA edición 1984). Cabe indicar que se ha utilizado el empirismo, debido a la falta o incerteza de conocimientos sobre el comportamiento de los diferentes elementos y/o materiales que conforman una estructura de pavimento rígido. Se presenta una reseña histórica del método de la PCA y una introducción a los criterios de fatiga y erosión utilizados en el método, así como los factores de diseño y un flujo grama de diseño.

5.1 Método de diseño de espesores de pavimento rígido de la PCA

El método de diseño de la Portland Cement Association, es exclusivamente un método de diseño desarrollado para pavimentos de concreto hidráulico. Los aspectos indicados en éste apartado se basan principalmente en lo indicado en el manual de diseño de la PCA (Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements) edición 1984.

5.2 Consideraciones Basicas del metodo de diseño de Pavimentos Rigidos Pca 1984

Las primeras ecuaciones desarrolladas para los diseños de pavimento rígido se dan en el año 1920 y 1926, elaboradas por el profesor Westergaard, posterior a esto, la Portland Cement Association (PCA) en 1933 publicó el procedimiento para el diseño de espesores de concreto, utilizando como fundamento de diseño los conceptos de tráfico, fatiga; que en 1984 actualizó y es la versión que se aplica hasta estos días.⁴ Este método de diseño se considera un método Empírico- Mecanicista basado en respuestas de pavimentos matemáticamente calculadas ya que está basado en las teorías de Westergaard, Pickett y Ray, y se complementa con base en elementos finitos con los que se estudió el comportamiento de una losa de concreto de espesor variable y dimensiones establecidas. A esta losa se le aplicaron cargas en el centro, bordes y esquinas, considerando diferentes condiciones de apoyo y soporte. Los resultados permitían seleccionar un espesor basado en consideraciones de daño acumulado por fatiga.

Influencia del Alabeo

alabeo por gradiente térmico

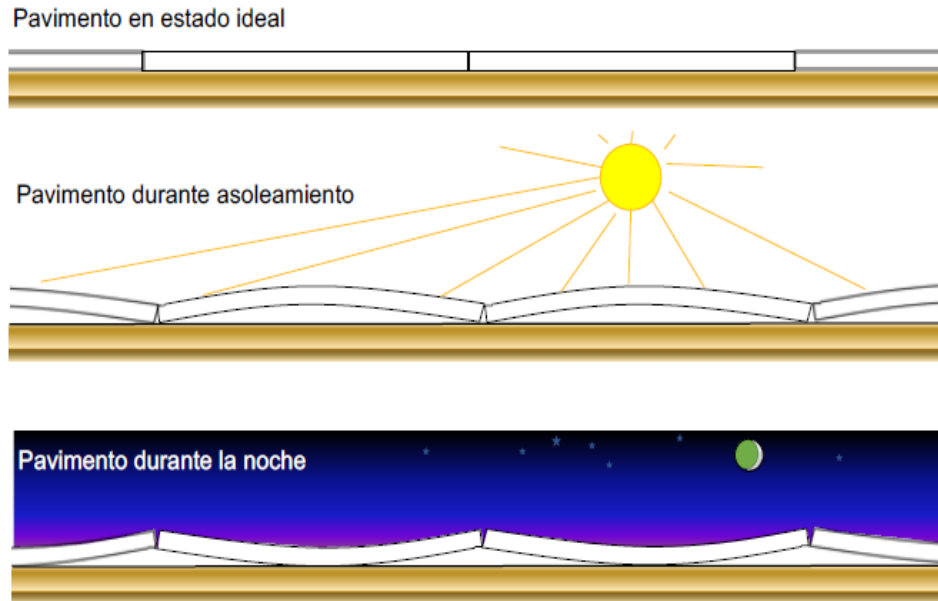


Figura 3 Influencia del alabeo losa de concreto

Fuente : E.Becker 2009 Conferencia sobre Conceptos de Funcionamiento y Durabilidad de Hormigon

Dentro de las principales consideraciones del modelo está controlar especialmente la fatiga (para prevenir el agrietamiento debido a las cargas) y la erosión (para limitar la deflexión en los bordes y esquinas de la losa). El propósito de este método es obtener el espesor mínimo de una losa de hormigón que permita soportar las cargas que recibirá durante el período de diseño. Es necesario garantizar el buen funcionamiento del pavimento aunque la inversión inicial sea alta, ya que si se coloca un espesor menor al requerido se tendrán costos a largo plazo que aumentarán la inversión del mismo; por tanto, una correcta ingeniería requiere que los diseños de espesores balanceen apropiadamente el costo inicial y los costos de mantenimiento. Los criterios de diseño de espesores de este método están basados en la experiencia del comportamiento general de pavimentos. Si se dispone de experiencia del comportamiento específico regional o local en condiciones más favorables o adversas, los criterios de diseño pueden ser apropiadamente modificados. Estas condiciones particulares pueden ser de clima, suelos, drenaje e innovaciones futuras en los diseños

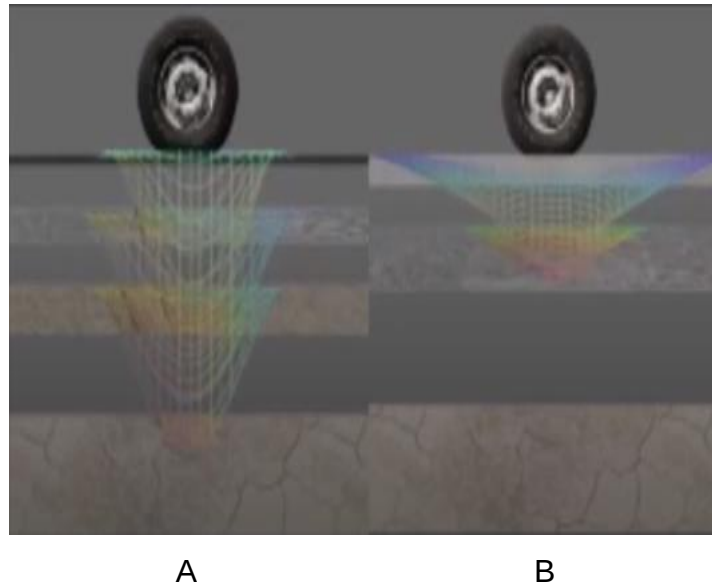


Figura 4 Distribución de Carga em Pavimentos Flexible (A) y Pavimento Rígido (B)

Las principales consideraciones del método de diseño PCA 84 son las siguientes:

1. Grado de transferencia de cargas proporcionado en las juntas transversales.
2. Consideración de bermas de concreto adyacentes a las losas.
3. Posibilidad de utilizar subbases de concreto pobre, granulares, y estabilizadas.
4. Planteamiento de dos criterios de análisis: fatiga y erosión.

El método básicamente establece los siguientes criterios de análisis:

5.2.1 Análisis de Fatiga

Para proteger al pavimento contra la acción de los esfuerzos producidos por la acción repetida de las cargas.

Reconoce que el pavimento puede fallar por fatiga del concreto. Se basa en el cálculo de esfuerzos por cargas en el borde de las losas, a medio camino entre juntas transversales.

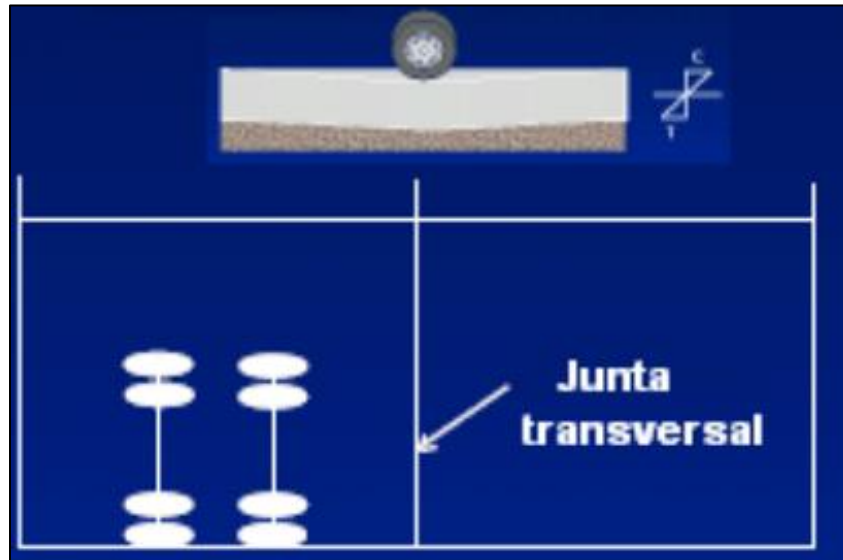


Figura 5 Esquema Análisis de Fatiga

Las principales características son :

- Los esfuerzos debidos al alabeo no son considerados en el diseño .
- La magnitud de los esfuerzos críticos se reduce si las bermas se anclan al pavimento.
- El análisis de fatiga controla los diseños de pavimentos delgados para bajo tránsito, independientemente del tipo de transferencia de carga en las juntas transversales
- Se considera que la resistencia a fatiga no consumida por una carga queda disponible para ser consumida por las repeticiones de otras cargas (Ley de Miner).

La resistencia a la fatiga se basa en la relación de esfuerzos:

Esfuerzo producido por la carga por eje / Módulo de rotura del concreto

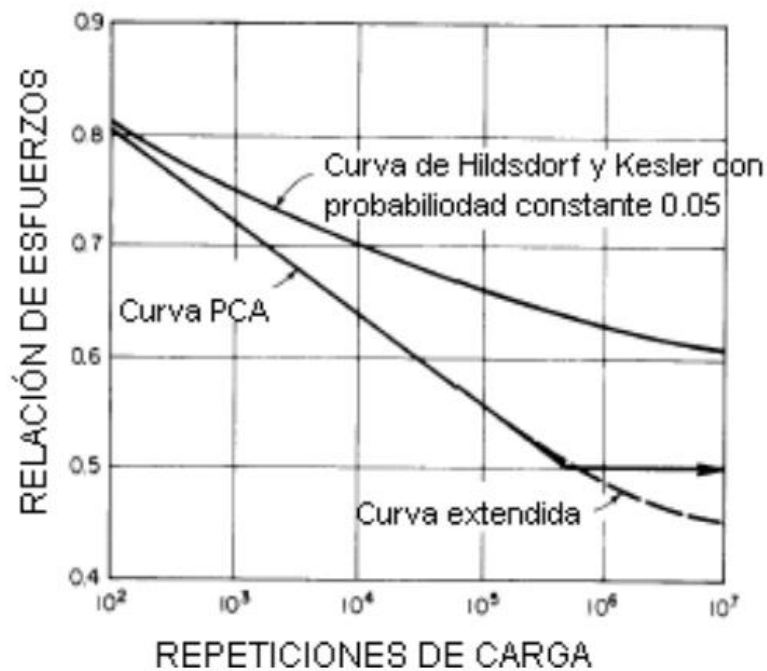


Figura 6 Método de diseño de Análisis de Fatiga

5.2.2 Análisis de Erosión

Para limitar los efectos de la deflexión del pavimento en los bordes de las losas, juntas, esquinas y controlar así la erosión de la fundación y de los materiales de las bermas, o sea controlar el bombeo, desnivel entre losas y deterioro de las bermas aspectos que son independientes de la fatiga.

Considera que el pavimento falla por bombeo, por erosión del soporte y por escalonamiento de las juntas

La deflexión más crítica ocurre en la esquina de la losa, cuando la carga está situada en la junta, en cercanías de la esquina.

La deflexión en la esquina de la losa se reduce si la berma está anclada al pavimento o si la losa es lo suficientemente ancha como para que las llantas circulen lejos del borde de la losa.

El análisis de erosión controla el diseño de los espesores de los pavimentos para tránsito medio y pesado cuando la transferencia de carga es por trabazón de

agregados y controla el diseño para tránsito pesado cuando la transferencia es por varillas.

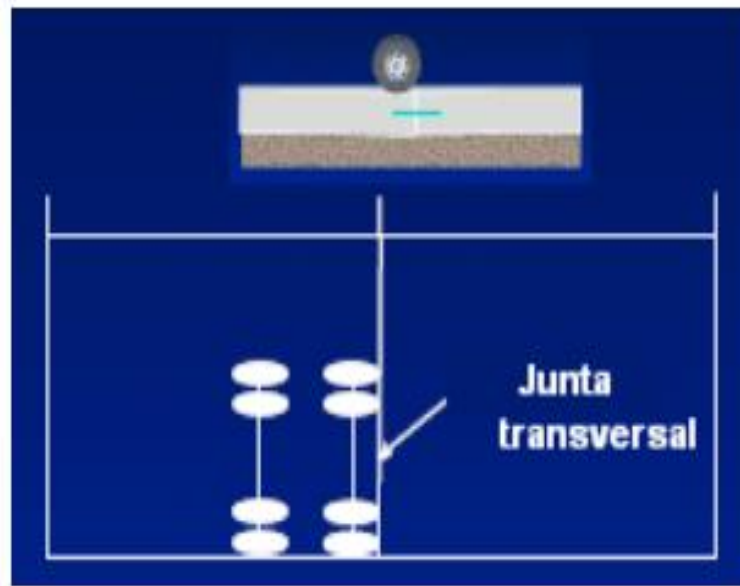


Figura 7 Esquema Análisis de Erosión

6. PARÁMETROS DE DISEÑO

Los principales parámetros que considera el método para el diseño son los siguientes:

- Resistencia De La Capa De Apoyo De La Losa de Concreto (K). El método establece como parámetro de resistencia el valor del módulo de reacción de la capa subrasante cuando la losa va apoyada directamente sobre ella o adopta el valor del módulo de reacción del conjunto Subbase/Subrasante cuando se usan los diferentes tipos de subbase previstos en el método.
- Tránsito: La variable se cuantifica estableciendo el espectro de cargas y el número de repeticiones de cada rango de cargas que se espera en el carril de diseño durante el periodo de diseño. Se plantea también un factor de seguridad de cargas para amplificar la magnitud de la carga representativa de cada rango.

- Periodo De Diseño (T). Normalmente estas estructuras se diseñan para periodos mayores de 20 años. Este parámetro se considera en la estimación de la variable tránsito.
- Resistencia Del Concreto. Con respecto a la resistencia del concreto se evalúa mediante el módulo de reacción (M_r), el cual se recomienda que esté en un rango entre 38 y 50 Kg/cm²
- Tipo De Juntas y Bermas. Con el fin de realizar los análisis de fatiga y erosión el método contempla dentro de sus análisis la incidencia de la protección lateral de las losa de concreto y el tipo de transmisión de cargas en las juntas.

6.1 Resistencia De La Capa De Apoyo De La Losa de Concreto (K)

Esta fue adelantada mediante la ejecución de apiques exploratorios, de acuerdo a la norma INV-E-123, E-125 y E -126, siguiendo las indicaciones de la Tabla 1.

La empresa JG Laboratorio de suelos, realiza el estudio de suelos con el siguiente alcance: Realizar el trabajo de campo, para este estudio a detalle de los suelos, se realizaron once (12) Apiques con profundidades del orden de 1,50 metros de profundidad cada uno, aunque en cierto sitios con conglomerados presente las profundidades alcanzadas son del orden de 1.0 metro. para cada apique se determina la resistencia del suelo por medio del CBR de los suelos encontrados. Se establecen los parámetros de la rasante, para el diseño de la estructura del pavimento, a través de los ensayos de laboratorio, como clasificación de los suelos (U.S.C), límites de consistencia, ensayos granulométricos, humedad natural, peso unitario, cohesión, ángulo de fricción interna, compresibilidad y expansión, CBR.

CLASE DE SUELO	CBR (%)	COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE	MODULO RESILIENTE Mr (Kg/cm2)
S1	$CBR \leq 3$	Malo	<300
S2	$3 \leq CBR \leq 5$	Regular	300-500
S3	$5 < CBR \leq 100$	Bueno	500-1000
S4	$CBR > 10$	Muy Bueno	>1000

$$Mr=100*CBR$$

Tabla 1 Clasificación de suelos para Infraestructura de Pavimentos Manual Bajo Volumen de Transito - INVIAS

APIQUE	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
1	1201822.195	1750050.44
2	1201797.139	1750151.15
3	1201765.841	1750271.15
4	1201887.258	1750240.07
5	1201988.957	1750240.67
6	1202016.476	1750079.06
7	1202130.57	1750026.3
8	1202097.731	1750199.57
9	1202059.033	1750378.5
10	1202204.417	1750283.48
11	1202173.121	1750405.02
12	1202239.655	1750121.411

Tabla 2 Localización Geográfica de los Apiques

Tomado del J.G. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS CONTROL DE CALIDAD DE OBRAS CIVILES

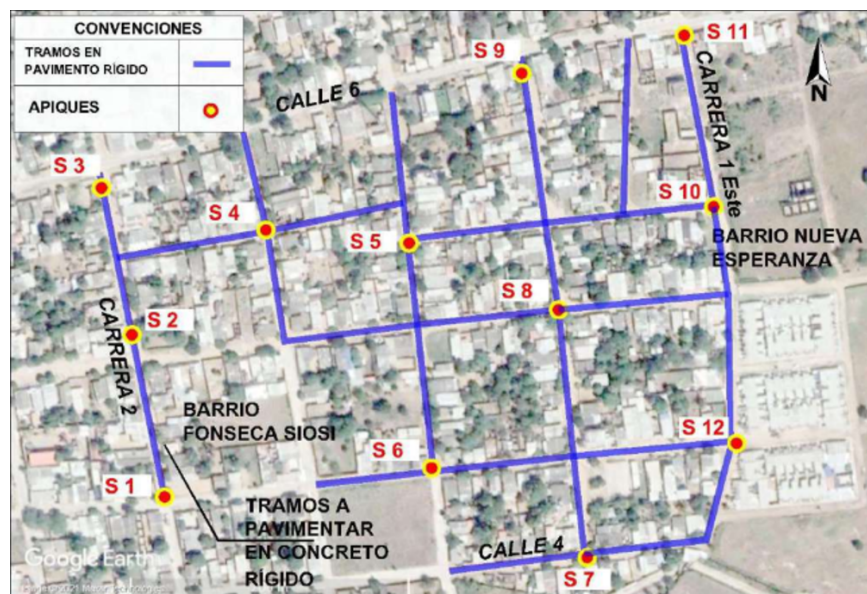


Figura 8 Puntos de Apique Tramo Barrio Nueva Esperanza y Fonseca Siosi, Municipio de Maicao, La Guajira

CBR < 10 %

APIQUES	TIPO DE SUELO	CBR % de Diseño	K (Mpa/m) = (Log(CBR)*52,5+2,55)
1 AL 12	SM	7.7	48.74

Tabla 3 Calculo de K Subrasante para un CBR estimado

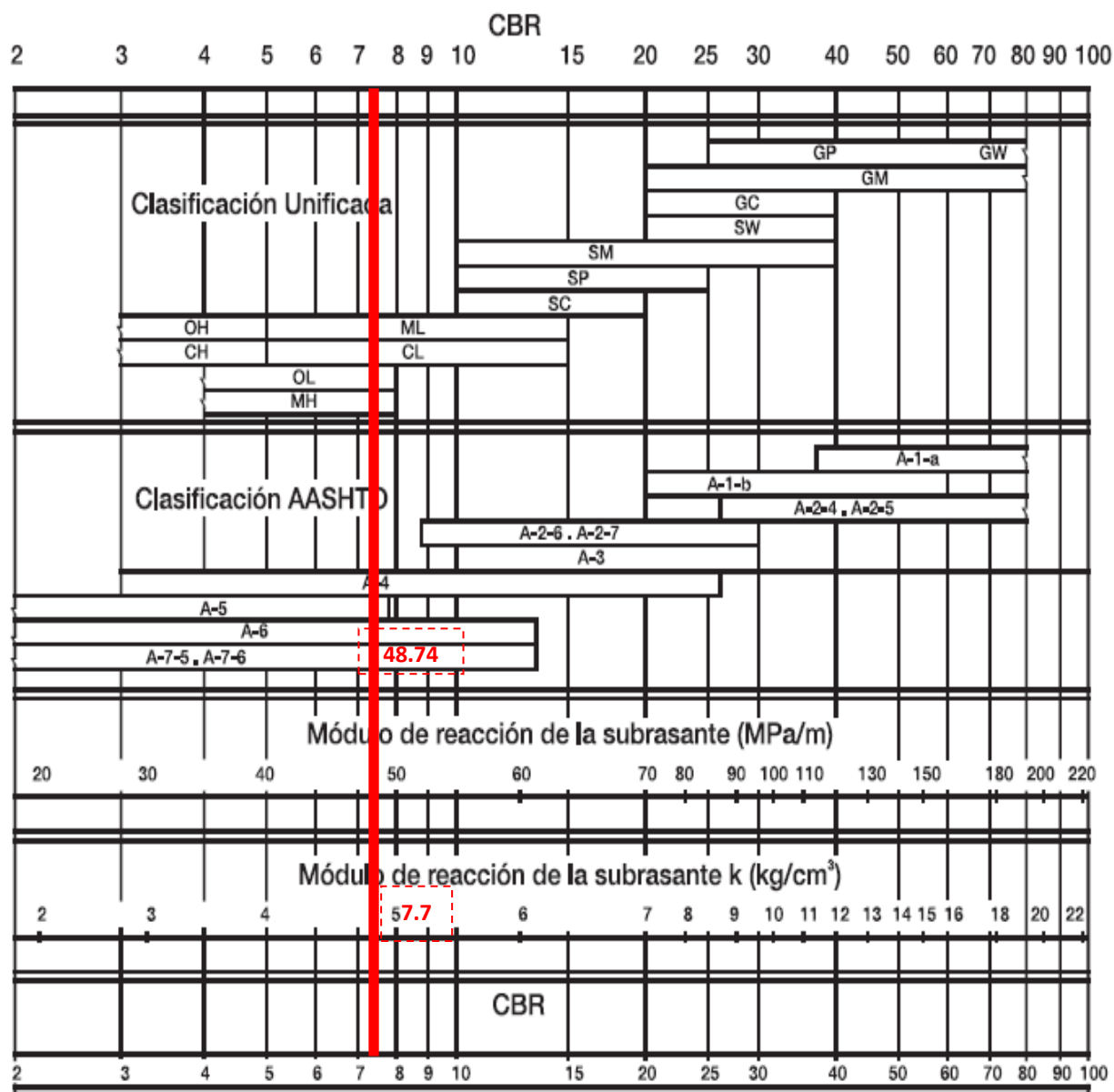


Figura 9 Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR (7.7%), Apique 1 al 12

Para el módulo de reacción de la subrasante, se utilizó la correlación establecida por el ingeniero Carlos Hernando Higuera en su libro *NOCIONES SOBRE MÉTODOS DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS VOLUMEN II*, pagina 245 en la que expresa, para valores mayores e iguales de CBR del 10%, $K \text{ (Mpa/m)} = 46 + 9.08 \cdot (\text{Log}(\text{CBR}))^{4.34}$ y para valores de CBR < 10%, la correlación es **$K \text{ (Mpa/m)} = \text{Log}(\text{CBR}) \cdot 52.5 + 2.55$**

Para valores de CBR < 10%:

$$K = 2.55 + 52.5 \log (\text{CBR})$$

Para valores de CBR $\geq$ 10%:

$$K = 46 + 9.08 [\log (\text{CBR})]^{4.34}$$

Donde:

K: Módulo de reacción de la subrasante (MPa/m)

CBR: Capacidad de soporte de la subrasante (%)

Figura 10 Correlación CBR y K NOCIONES SOBRE MÉTODOS DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS VOLUMEN II, página 245

Todos los materiales que se empleen en la construcción de terraplenes o relleno deberán provenir de las excavaciones de la explanación, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas; deberán estar libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales. Su empleo deberá ser autorizado por el Interventor, quien de ninguna manera permitirá la construcción de terraplenes con materiales de características expansivas o colapsables. Para nuestro caso Suelo seleccionado se tendrá que :

- 1- Carecerán de elementos de tamaño superior a ocho centímetros (8 cm) y su cernido por el tamiz 0,080 UNE será inferior al veinticinco por ciento (25 %) en peso.
- 2- Simultáneamente, su límite líquido será menor que treinta ($LL < 30$) y su índice de plasticidad menor que diez ($IP < 10$).
- 3- El índice C.B.R. será superior a diez (10) y no presentará hinchamiento en dicho ensayo.
- 4- Estarán exentos de materia orgánica.

Tabla 220 - 1. Requisitos de los materiales para terraplenes

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUELOS SELECCIONADOS	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
Partes del terraplén a las que se aplican		Todas	Todas	Cimiento y Núcleo
Tamaño máximo, mm	E-123	75	100	150
Porcentaje que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10) en masa, máximo	E-123	80	80	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200) en masa, máximo	E-123	25	35	35
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	0	1.0	1.0
Límite líquido, máximo (%)	E-125	30	40	40
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-126	10	15	-
CBR de laboratorio, mínimo (%) (Nota 1)	E-148	10	5	3
Expansión en prueba CBR, máximo (%)	E-148	0.0	2.0	2.0
Índice de colapso, máximo (%) (Nota 2)	E-157	2.0	2.0	2.0
Contenido de sales Solubles, máximo (%)	E-158	0.2	0.2	-

Nota 1. Los valores de C.B.R. indicados en la Tabla 220 - 1 están asociados al grado de compactación mínimo especificado (numeral 220.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.

Figura 11 Requisitos de los materiales para terraplenes INV 220-13

La colocación de una subbase para prevenir el bombeo (granular o estabilizada) y para brindar un apoyo más uniforme a las losas, se traduce en un incremento del módulo de reacción del soporte (k), el cual se aprovecha en el diseño del espesor de las losas. Se toma inicialmente una Subbase granular de 15 cms la cual debe cumplir con ciertas características que se estipulan en las normas o especificaciones; para el caso en concreto, en Colombia, el Instituto Nacional de Vías las regula mediante sus especificaciones técnicas INVIAS 320-13.

Con los K de las Subrasante $K = 48.74$ Mpa/m, obtenemos un K Subbase/Subrasante de MPa/m.

MÓDULO DE REACCIÓN DEL SOPORTE (K) COMBINADO

Resistencia K de la Subrasante: Mpa/m

Espesor Subbase: cm

Tipo de Subbase:

K Combinado: **55.58 Mpa/m**

SUBBASE GRANULAR		H subbase (cm)			
		10	15	23	30
k Subrasante (Mpa/m)	20	23	26	32	38
	41	45	49	57	66
	61	64	66	76	90
	81	87	90	100	117

SUBBASE ESTABILIZADA CON CEMENTO		H subbase (cm)			
		10	15	23	30
k Subrasante (Mpa/m)	20	60	80	105	135
	41	100	129	184	229
	61	139	189	244	319

CBR	3	4	5	8	10	20
k (pci)	100	120	140	175	200	250
k (Mpa/m)	27	33	38	47	54	68
k (Tn/m ³)	2,768	3,322	3,875	4,844	5,536	6,920

Tabla 4 Modulo Kcombinado para un K Subrasante 40.14 MPa/m

6.2 Transito

Una de las variables más trascendentales en el diseño de pavimentos rígidos es la sollicitación en cuanto a la frecuencia e intensidad de las cargas que transitan por las vías. Es por esto que se debe realizar una medición con la mayor precisión posible, pues el estimado o cálculo del tránsito de la vía afectará el comportamiento final de la estructura.

El fin último de la construcción de pavimentos es prestar un servicio eficiente a quienes solicitan su estructura, dicha sollicitación puede ser resultar variable y compleja en términos de su frecuencia y su intensidad. Por tal razón, de la precisión con la que se determine esta variable, dependerá en gran parte el desempeño final de la estructura.

6.2.1 Intensidad

Teniendo en cuenta que las leyes que rigen el comportamiento del concreto son descritas exponencialmente, es válido suponer que un aumento en la intensidad de la carga podría disminuir drásticamente la vida útil del pavimento.



Figura 12 Parámetro de Transito Intensidad

6.2.2 Frecuencia

En la mayoría de los métodos de diseño para pavimentos, la solicitud es dimensionada por un numero de repeticiones de carga.

En los rangos apropiados de carga y disposición de la misma, la vida útil del pavimento está dada en función de la frecuencia con la cual se solicita la estructura.

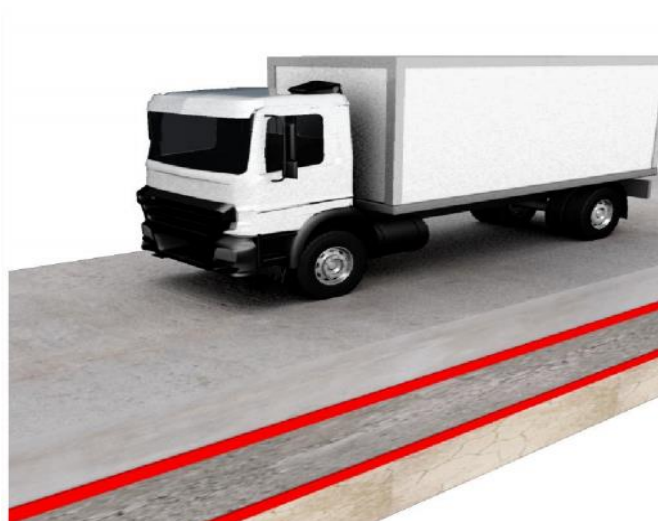


Figura 13 Parámetro de Transito Frecuencia

6.2.3 Periodo de diseño

Los pavimentos se diseñan para que duren un determinado número de años dependiendo del tipo escogido y de algunas condiciones económicas. Por las características funcionales de los pavimentos de concreto, se recomienda que el período de diseño sea igual o superior a los 20 años. Por su parte la vida útil es el número de años en que el pavimento está en condiciones de permitir la circulación de los vehículos en unas condiciones buenas de operación. En este manual se considera un periodo de diseño de 20 años para todos los análisis estructurales, el cual bajo premisas teóricas debe coincidir como mínimo con la vida útil del pavimento, en el caso que exista una buena certeza en el análisis de las variables de diseño y su respectiva proyección.

6.2.4 Modulo de rotura (MR)

La resistencia mecánica que se especifica para los pavimentos de concreto debe ser la de tracción por flexión (MR), Donde $MR = 3.8 \text{ Mpa}$

CALIDAD DEL CONCRETO	Numeros de Camiones por día			
	> 300	150 - 300	25 -150	< 25
A Flexion (MPa)	4,5	4,2	4	3,8

Tabla 5 Modulo de Rotura

7. HERRAMIENTA DE SOFTWARE PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS BS-PCA 1984

Teniendo en cuenta el auge que se ha dado en los últimos años en la construcción y diseño de pavimentos rígidos en vías urbanas y de la red vial nacional, y también considerando la amplia utilización a nivel nacional del método de diseño de pavimentos rígidos de la Portland Cement Association versión de 1984 (PCA1984), la Universidad del Cauca dentro de su programa de Maestría en Ingeniería Terrestres del Instituto de Postgrado en Ingeniería Civil consideró conveniente desarrollar un Software que permita dimensionar los espesores de la estructura de pavimentos rígido y a la vez permita sensibilizar la incidencia de los diferentes

parámetros en el dimensionamiento del pavimento.

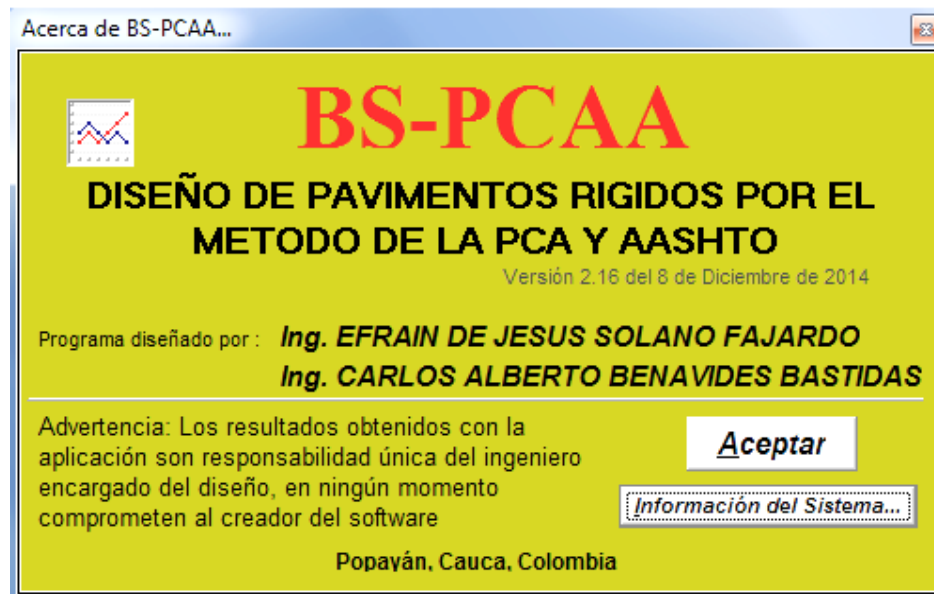


Figura 14 Software BS-PCA

El programa llamado BSPCA realizado en Visual Basic requiere la introducción de los diferentes parámetros y efectuando los análisis de fatiga y erosión permite obtener el dimensionamiento de la estructura de pavimento. Una vez realizado el dimensionamiento permite realizar un análisis de sensibilidad para evaluar la incidencia de la variación de los respectivos parámetros en el análisis de los dos criterios de diseño fatiga y erosión es contemplado por el método. Esta herramienta se considera de gran utilidad para los ingenieros de pavimentos debido a que facilita la actividad de diseño y permite fácilmente evaluar los cambios que se pueden presentar dentro del proceso constructivo cuando alguna de las variables difiera de las consideraciones inicialmente planteadas en el diseño.

De acuerdo al estudio de Transito del presente Diseño tenemos que la variable de transito es $2.44E+05 = N'80KNcarril dediseño(normal)=N80KNcarril dediseño(normal)$, acumulado $\times (10^{0.05Z_r})$ con $K_c = 48.06 \text{ Mpa/m}$ (el más crítico) , y de acuerdo al Espectro de Cargas obtenemos los siguientes resultados:

VARIABLE	VALOR
Periodo de Diseño (Años)	20
Módulo de Rotura (Mpa) :	3.8
Espesor Subbase Granular (cm) :	15
Módulo de $K_{\text{combinado}}$ de apoyo (Mpa/m)	55.58
Espesor de diseño losa de concreto (mm)	200
F.S.C :	1

Tabla 6 Variables de Diseño Pavimento Rígido

8. DETERMINACIÓN DEL ESPECTRO DE CARGAS PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

Para el proyecto de diseño de pavimentos rígidos mediante el método del PCA, se realiza la separación por cada tipo de ejes, tomando como criterio la configuración de los vehículos y sus respectivos pesos máximos por eje definidos por el ministerio del transporte.

Los métodos más modernos para el dimensionamiento de pavimentos han abandonado el concepto de eje equivalente para adoptar la caracterización del tráfico mediante el denominado espectro de cargas.

Los datos requeridos para la definición del espectro de cargas son los mismos que se emplean en la caracterización del tráfico mediante el concepto de la carga de referencia, si bien no requieren transformación alguna, sino que se agrupan (para su empleo directo en el dimensionamiento) de acuerdo a la configuración de la carga (tipología de ejes) y a su peso.

El espectro de cargas indica la frecuencia con que se presentan las diferentes magnitudes de las cargas (agrupadas en rangos), para cada tipo de eje considerado (habitualmente distinguiendo eje simple, tándem y trídem), en un determinado período de tiempo. Es conveniente, además, por diversos motivos, que el espectro

de cargas se establezca de manera independiente para cada categoría de vehículo pesado

INFORMACION PARA CALCULO DE ESPECTRO DE CARGAS

NUMERO VEHICULOS ACUMULADOS	EJES SIMPLES RUEDA SIMPLE				SIMPLE RUEDA DOBLE		EJES TANDEM		TRIDEM
	2,5	4	6	7	6	10	21	22	24
626268									
34803		34803			34803				
123973	123973				123973				
85383			85383			85383			
43007			43007					43007	
0			0				0		
0				0			0		0
TOTAL	123973	34803	128390	0	158776	85383	0	43007	0
913.434									

Tabla 7 Calculo Espectro de Carga Aforo # 1

INFORMACION PARA CALCULO DE ESPECTRO DE CARGAS

NUMERO VEHICULOS ACUMULADOS	EJES SIMPLES RUEDA SIMPLE				SIMPLE RUEDA DOBLE		EJES TANDEM		TRIDEM
	2,5	4	6	7	6	10	21	22	24
654614									
44399		44399			44399				
141437	141437				141437				
86253			86253			86253			
62139			62139					62139	
0			0				0		
0				0			0		0
TOTAL	141437	44399	148393	0	185836	86253	0	62139	0
988.842									

Tabla 8 Calculo Espectro de Carga Aforo # 2

9. DISEÑO DE ESTRUCTURAL

El software BS-PCA facilita de manera rápida este proceso el cual después de asumir algunos espesores se llega a un óptimo. Ambos criterios de diseño deben ser menores al 100%, el total de daño por fatiga o consumo de esfuerzo es 78.97%, es decir la losa no fallara debido a las cargas que se sitúan en el borde del pavimento y en medio entre juntas transversales. El total de erosión es de 4.51% es decir no fallara por bombeo o erosión del soporte de apoyo y escalonamiento de juntas debido a las cargas que se sitúan en las esquinas de las losas, por tanto el mínimo espesor requerido es $D = 200$ mm, para un MR a 3.8 MPa.

BS-PCA - DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS PCA

Opciones Sensibilidad Terminar

Resistencia K del Apoyo: 55.58 Mpa/m

Espesor de la Losa: 200 mm

Módulo de Rotura Losa: 3.8 Mpa

☐ Con Bermas

☒ Con Pasadores

TRANSITO

Tn

Factor de Seguridad Carga: 1

Factor de Mayoración de Repeticiones: 1

Ejes Sencillos Ejes Tandem Ejes Tridem

Total Consumo Esfuerzo (%): 78.9737

Total Consumo Erosión (%): 4.5195

Calcular Imprimir Salir

Figura 15 Pantallazo Software PCA Espectro de Carga Punto Aforo 1

BS-PCA - DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS PCA

Opciones Sensibilidad Terminar

Resistencia K del Apoyo: 55.58 Mpa/m

Espesor de la Losa: 200 mm

Módulo de Rotura Losa: 3.8 Mpa

☐ Con Bermas

☒ Con Pasadores

TRANSITO

Tn

Factor de Seguridad Carga: 1

Factor de Mayoración de Repeticiones: 1

Ejes Sencillos Ejes Tandem Ejes Tridem

Total Consumo Esfuerzo (%): 84.1039

Total Consumo Erosión (%): 5.928

Calcular Imprimir Salir

Figura 16 Pantallazo Software PCA Espectro de Carga Punto Aforo 1

DISEÑO ESTRUCTURAL CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO

Ambos criterios de diseño deben ser menores al 100%, el total de daño por fatiga o consumo de esfuerzo es 84.10%, es decir la losa no fallara debido a las cargas que se sitúan en el borde del pavimento y en medio entre juntas transversales. El total de erosión es de 5.9% es decir no fallara por bombeo o erosión del soporte de apoyo y escalonamiento de juntas debido a las cargas que se sitúen en las esquinas de las losas, por tanto el mínimo espesor requerido es $D = 200$ mm, para un MR a 3.8 Mpa.

DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Software : BS-PCA

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 55.58 Mpa/m

Espesor Losa : 200 mm

Modulo de Rotura : 3.8 Mpa

Bermas : NO

Pasadores : SI

Factor de Seguridad Cargas : 1

Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

Carga	Carga	Repeticiones	Repeticiones	Consumo	Repeticiones	Consumo
Tn	FS	Esperadas	Admisib_Fatiga	Fatiga	Admisi_Erosion	Erosion
	kN			%		%

EJES SIMPLES

Esfuerzo Equivalente: 1,7 Factor Esfuerzo: 0,4470 Factor Erosion: 2,8222

2,50	24,50	141.437	Inf	0,00	Inf	0,00
4,00	39,20	44.399	Inf	0,00	Inf	0,00
6,00	58,80	148.393	Inf	0,00	Inf	0,00
7,00	68,60	0	Inf	0,00	167.740.725	0,00
6,00	58,80	185.836	Inf	0,00	Inf	0,00
10,00	98,00	86.253	123.703	69,73	6.163.945	1,40

EJES TANDEM

Esfuerzo Equivalente: 1,5 Factor Esfuerzo: 0,3830 Factor Erosion: 2,9466

21,00	205,80	0	1.226.501	0,00	1.813.165	0,00
22,00	215,60	62.139	432.175	14,38	1.372.120	4,53

EJES TRIDEM

Esfuerzo Equivalente: 1,1 Factor Esfuerzo: 0,2886 Factor Erosion: 3,0433

24,00	235,20	0	Inf	0,00	5.122.410	0,00
-------	--------	---	-----	------	-----------	------

Total :	84,10	5,93
---------	-------	------

<100% OK

Tabla 9 Resultados y Reporte BS-PCA

Se estudia en esta sección el efecto que tiene cada variable en la determinación del espesor de la losa a partir de los modelos determinados. Para tal fin, se varía cada parámetro por separado (K_c , MR , Espesor de losa y Factor de Mayoración), para identificar el efecto de una variable las demás variables se mantienen en su valor medio y únicamente la variable de interés incrementa desde su valor mínimo a su máximo.

Los consumos por fatiga y erosión en la modelación en BS-PCA son menores al 100%; al disminuir el espesor de la losa aumenta el consumo por fatiga, y al aumentar el $K_{combinado}$ de Subrasante/Subbase paulatinamente, este no representa ningún porcentaje significativos en los consumos por fatiga o erosión.

Por lo tanto, el diseño de la losa de pavimento rígido con las variables y condiciones expuestas anteriormente para el proyecto denominado “MEJORAMIENTO VIAL EN PAVIMENTO RIGIDO EN LOS BARRIOS NUEVA ESPERANZA Y FONSECA SIOSI DEL MUNICIPIO DE MAICAO. DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA” es el siguiente :

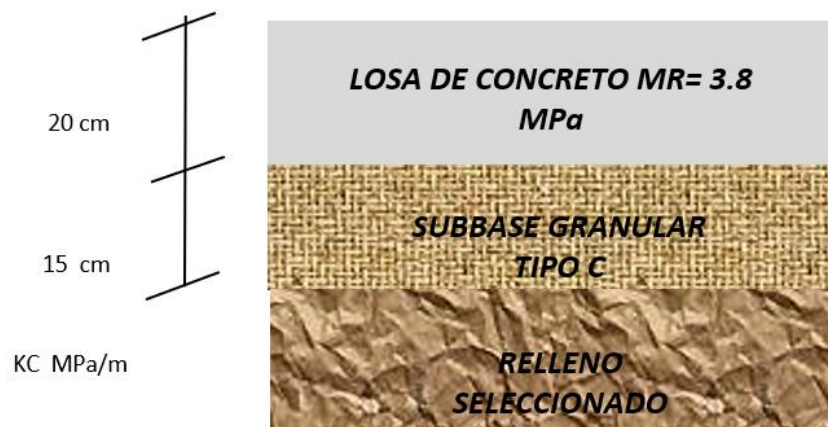


Figura 17 Diseño Estructural Pavimento Concreto Rígido

10. DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS LOSAS DE CONCRETO

10.1 Modulaci3n de las juntas

Para nuestro caso y de acuerdo a la topografía y Diseño Geométrico de los tramos en estudio y siguiendo los lineamientos del P.O.T del Municipio de Maicao se cuenta con anchos de vía de 7m.

Con el fin de reducir las tensiones por contracci3n y por temperatura de modo que no se produzcan fisuras aleatorias en el concreto, así como para mantener la capacidad estructural y la calidad del pavimento dividido en tramos l3gicos, deben tenerse en cuenta dos criterios fundamentales para la modulaci3n de las losas de pavimento:

La longitud de la losa (l) debe ser entre 20 a 25 veces el espesor (h), es decir, $20 \times h \leq L \leq 25 \times h$

La relaci3n de esbeltez largo (l) / ancho (a) debe estar comprendida entre el rango 1 a 1,4, es decir, $1 \leq l/a \leq 1,4$

Para determinar la longitud de la losa se debe tomar el menor de los criterios enunciados.

Se debe tener en cuenta que el concreto tiende siempre a tomar la forma cuadrada.

La relaci3n largo/ancho no debería exceder de 1.4, obteniendo una esbeltez a 1, para tener un mejor comportamiento estructural.

RECOMENDACIONES RELACION LARGO/ESPESOR		
FUENTE	RECOMENDACI3N	
PCA	Longitud Losa/ Espesor Losa	< 25 (mismas unidades)

RECOMENDACIONES LARGO/ANCHO		
FUENTE	RECOMENDACI3N	
PCA	Longitud Losa/ Ancho	L/A < 1,4

Tabla 10 Parámetros de Dimensionamiento PCA

DISEÑO ESTRUCTURAL CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO

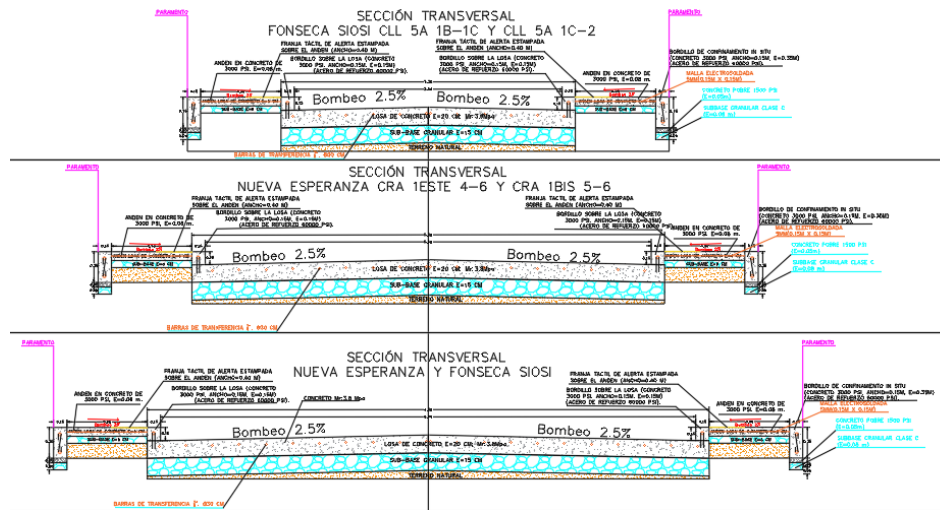


Figura 18 Sección Transversal del proyecto.

RECOMENDACIONES RELACION LARGO/ESPESOR			
FUENTE	RECOMENDACIÓN		
PCA	Longitud Losa/ Espesor Losa	< 25 (mismas unidades)	OBSERVACION
L=3.0 m ; E=0.20m	15,00	25	15 < 25 Ok

RECOMENDACIONES RELACION LARGO/ANCHO			
FUENTE	RECOMENDACIÓN		
PCA	Longitud Losa/ Ancho	L / A < 1.4	OBSERVACION
L=3.0 m ; a=3.5 m	0,86	1,4	0,86 < 1.4 Ok

Tabla 11 Chequeo relación de Esbeltez para los distintos anchos de calzada

11. DISEÑO DE JUNTAS

11.1 Varillas de anclaje (Corrugadas)

- Se colocan en las juntas longitudinales
- Mantienen dos losas unidas de manera que la junta no se abra y se asegure la transferencia de carga.
- Se diseñan para soportar únicamente esfuerzos de tensión
- La máxima tensión en las varillas de anclaje en una junta es igual a la fuerza requerida para soportar la fricción entre el pavimento y el soporte, en el espacio comprendido entre la junta y el borde del pavimento

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 $f_y= 187,5$ 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 $f_y= 280$ 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

Tabla 12 Recomendaciones para Barras de Anclaje

11.2 Varillas de transferencia de carga (lisas)

- Se colocan en las juntas transversales
- Transfieren carga de una losa a la siguiente previniendo el escalonamiento y el bombeo.

Se diseñan para transferir carga de una losa a la siguiente.

-Deben permitir que la junta se abra o se cierre, pero sosteniendo los extremos de la losa a la misma elevación.

-Su diseño debe permitir que ellas transmitan de 40% a 45% de la carga a la losa siguiente, cuando la carga se encuentre en la junta transversal y lejos del borde del pavimento.

-Puesto que el concreto es más débil que el acero, el tamaño y la separación entre las varillas están dominados por el esfuerzo de soporte entre la varilla y el concreto

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada		
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

Tabla 13 Recomendaciones para Barras de Anclaje lisas

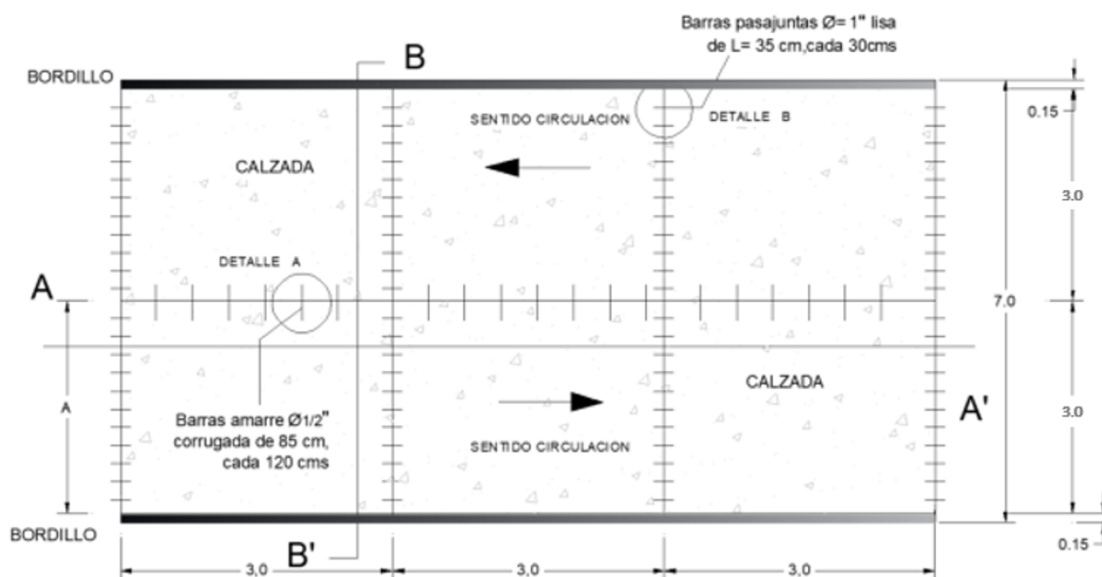


Figura 19 Vista en Planta Modulación de Losa de Pavimento

Unidades en metros (m)

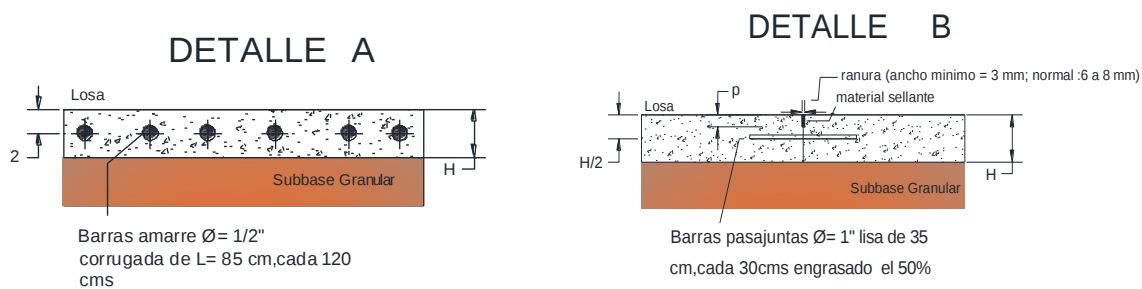


Figura 20 Detalles de Corte Modulación de Losa de Pavimento

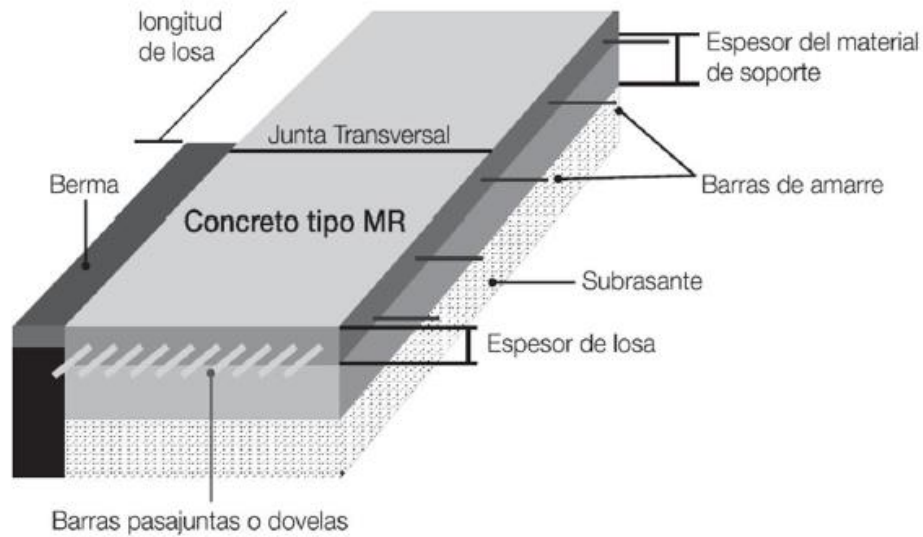


Figura 21 Esquema Diseño Estructural Pavimento Concreto Rígido 3D

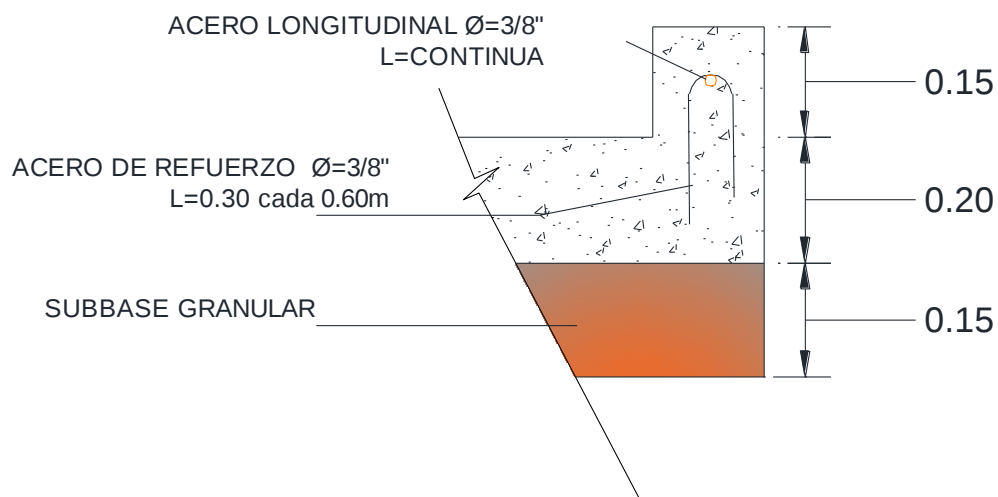


Figura 22 Detalle Bordillo

Unidades en metros (m)

Transferencia Mecánica de Carga. Aunque es preciso reconocer que los agregados ofrecen mediante su trabazón un grado de transferencia de carga; debido al tráfico de la vía en estudio es necesario implementar una transferencia de carga mecánica mediante la disposición de dovelas (barras de acero lisas y/o corrugadas insertadas en las juntas) que buscan transferir cargas sin restringir el movimiento horizontal.

Es necesario para la transferencia de carga en las juntas transversales, la colocación de pasadores de 1" con una longitud de 350 mm y separación entre centros de 300 mm. Para la transferencia de cargas y amarre en las juntas longitudinales se debe disponer de barras de acero corrugado de diámetro de ½" con una longitud de 80 cm, separadas entre centros cada 1.2 m ($f_y=60000$ psi).

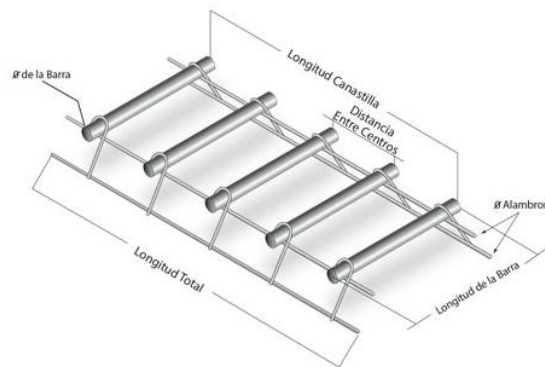


Figura 24 Esquema de Canastilla en 3D

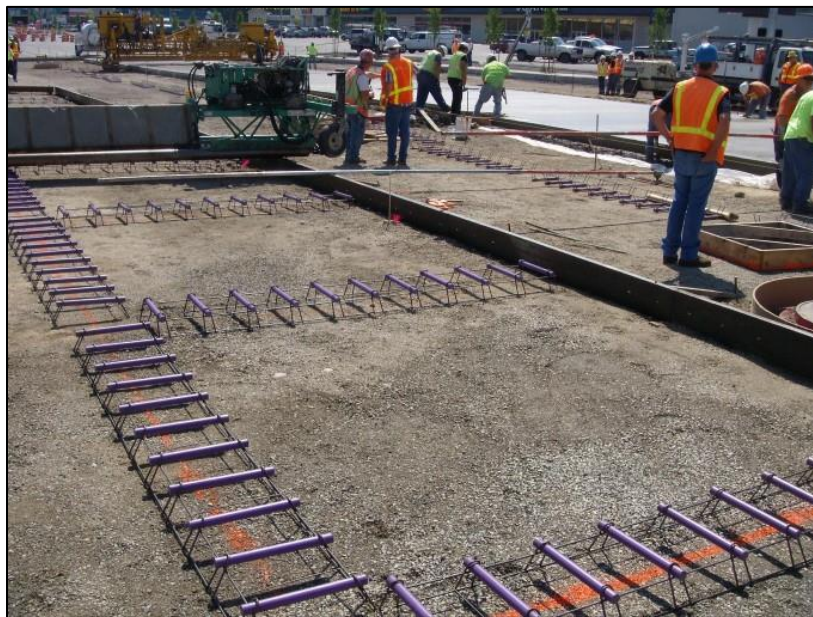


Figura 25 Disposición de Canastilla en la Obra

El corte de la junta se recomienda hacerlo una vez el concreto haya fraguado y tenga la suficiente resistencia para soportar el peso y el paso de los equipos de corte. Si el corte se hace muy pronto, puede generar descascaramientos y desviaciones en la dirección de la junta.

Dado que el fraguado y la adquisición de resistencia del concreto dependen de muchos factores como el diseño de la mezcla, el tipo de cemento, el uso o no de aditivos, la temperatura ambiente, entre otros, lo más recomendable es hacer pruebas para determinar el momento más adecuado.

El ancho de la junta es un factor que debe ser definido por el diseñador del pavimento. Es función del coeficiente de fricción entre la losa y la base, el diferencial de temperatura entre la parte inferior y la parte superior de la placa, las condiciones de humedad, el coeficiente de dilatación térmica del concreto, entre otros. Las prácticas generales de ingeniería sugieren anchos mínimos de junta de 6 mm y normalmente se hacen con base en este valor.

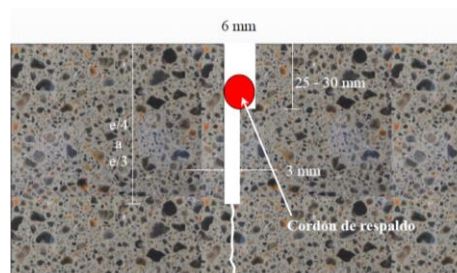


Figura 26 Esquema de Corte de la junta de Pavimento

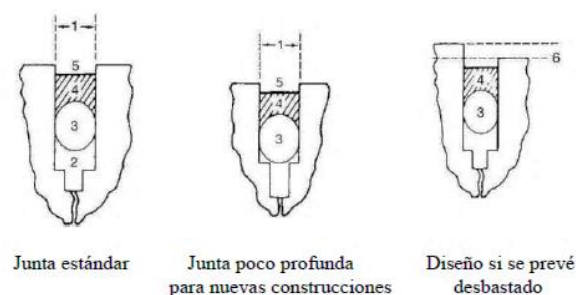


Figura 27 Diseño adecuado de Juntas

1. Ancho de la junta lo suficientemente amplio para adaptarse a los movimientos (para mayor información sobre el ancho de junta, ver el artículo de Spells y Klosowski, "Silicone Sealants for Use in Concrete Construction," Vol. 1, No.1,

American Concrete Institute, SP-70, 1981; J.B. Cook“Construction Sealants and Adhesives,” Wiley-Interscience, 1970; y J.M. Klosowski, “Sealants in Construction,” Marcel Dekker, 1989.).

2. Junta cortada con suficiente profundidad para colocar el cordón de respaldo, el sellador y un espacio para alojamiento de compuestos de sellado envejecidos. NOTA: Esto aplica solamente al resellado de juntas existentes; en construcciones nuevas no se necesita el espacio debajo del cordón de respaldo.

3. Ubicación correcta del cordón de respaldo para prevenir adhesión a tres lados.

4. Sellador instalado a una profundidad y ancho adecuados.

5. Sellador rehundido como mínimo entre 3/8 pulg y 1/2 pulg (9.53 mm a 12.7 mm) por debajo de la superficie de rodamiento.

6. La profundidad de la losa más baja determina el rehundido necesario si se prevé que posteriormente se hará un desbastado; una vez hecho el desbastado, el sellador deberá tener el rehundido adecuado por debajo de la superficie del pavimento.

Medidas en Pulgadas						
Ancho de Junta	1/4	3/8	1/2	3/4	1	>1
Rehundido por debajo de la Superficie	3/8	3/8	3/8 a 1/2"	3/8 a 1/2"	1/2"+	Contacte a Dow Corning
Espesor de Sellado	1/4	1/4	1/4	3/8	1/2	
Diámetro del Cordón de Respaldo	3/8	1/2	5/8	7/8	1 1/4	
Profundidad Total de la Junta	1 - 1 1/4	1 1/4 - 1 1/2	1 1/4 - 1 1/2	1 1/4 - 1 1/2	2 1/4 - 2 1/2	
Medidas en Milímetros						
Ancho de Junta	6	9	13	19	25	
Rehundido por debajo de la Superficie	9	9	9 a 13	9 a 13	13+	
Espesor de Sellado	6	6	6	9	13	
Diámetro del Cordón de Respaldo	9	13	16	22	32	
Profundidad Total de la Junta	25 - 29	29 - 32	32 - 35	41 - 45	57-60	

¹En aquellas superficies en que se prevee realizar un posterior desbastado, el sellador y el cordón de respaldo deberán instalarse de forma tal que, una vez ejecutado el desbastado, el sellador quede a aproximadamente 9 mm (3/8 de pulgada) por debajo de la superficie de rodamiento. Se deberá incluir un espacio adicional en el fondo de la junta que permita absorber las imperfecciones de las superficies y alojar los compuestos de sellado antiguo, particularmente cuando las tareas de rehabilitación se realicen en los meses de verano.

Tabla 14 Profundidades Recomendadas para la Instalación del Cordón de Respaldo (Junta Poco Profunda)

Fuente: Dow Corning® 890-SL Sellador de Silicona para Juntas

11.3 Diseños especiales

Cuando el proyecto presente estructuras hidráulicas tales como pozos de inspección, cajas de válvulas, control, etc., se debe ajustar la modulación de las losas manteniendo la relación de esbeltez, con el fin de que la junta transversal

coincida con dichas estructuras y así prevenir las fisuras que aparecerán por retracción del concreto.

Cuando se tienen varios pozos de inspección, se debe remodelar con el objeto que estos coincidan dentro de la misma losa, la cual debe de ser reforzada mediante una parrilla de acero corrugado A60 en ambas direcciones de $\frac{1}{2}$ " de diámetro a cada 30 cm, bordeando el pozo de inspección se instala un aros de acero corrugado A60 de $\frac{3}{4}$ " de diámetro y a 6 cm de la superficie de la rasante de pavimento.

A continuación, se esquematiza los diferentes tipos de Juntas para los pozos de Inspección

Cuando la junta de expansión para los pozos de inspección es rectangular. Alrededor de las tapas de los pozos coincide con la junta transversal y la junta longitudinal se construye como se describe. Ver la siguiente ilustración.

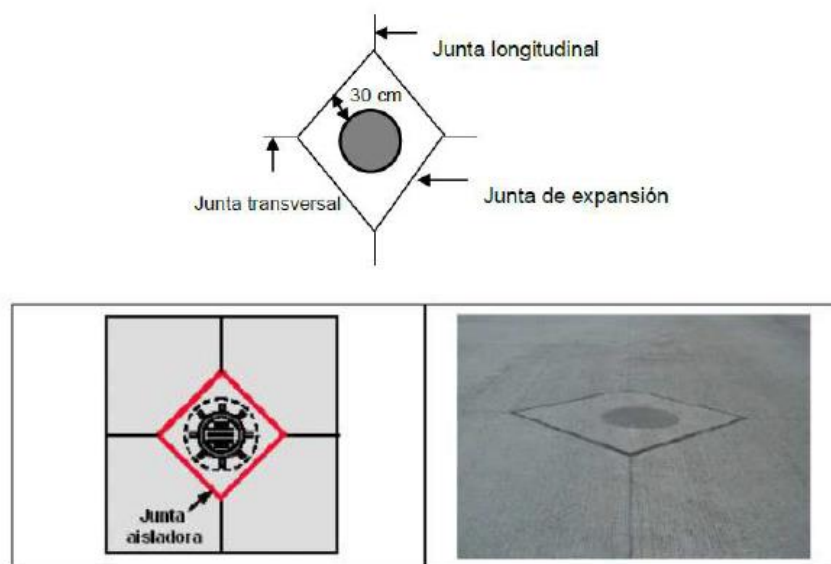


Figura 28 Detalle en Junta pozo de Inspección Rectangular

- Cuando la junta de expansión para los pozos de inspección circular. Alrededor de las tapas de los pozos no coincide con la junta longitudinal, se debe ajustar la modulación para que la junta transversal coincida con el eje del pozo. Para el caso en que el pozo de inspección coincida con la junta longitudinal, se ajusta la modulación, con el fin que la junta transversal coincida con el pozo.

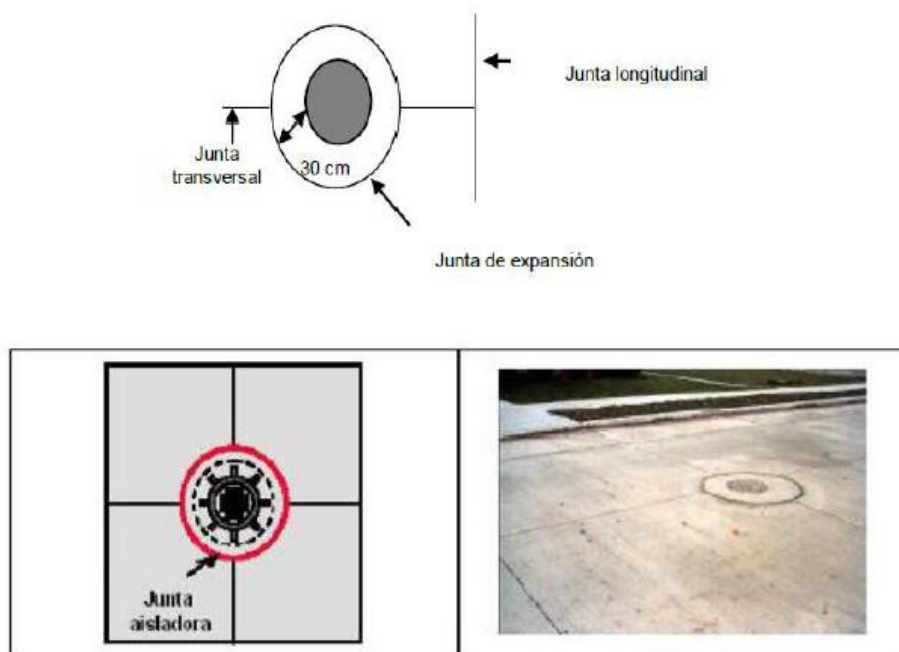


Figura 29 Junta de expansión para pozo de inspección circular

11.4 Refuerzo de losas Casos especiales

Se deben de reforzar las losas que tengan las siguientes características:

- Losas de forma irregular (no rectangular)
- Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos como pozos de alcantarillado o sumideros.
- Losas en las cuales no coinciden las juntas con las losas adyacentes.
- Losas cuyo refuerzo se encuentre previsto en los documentos del contrato.

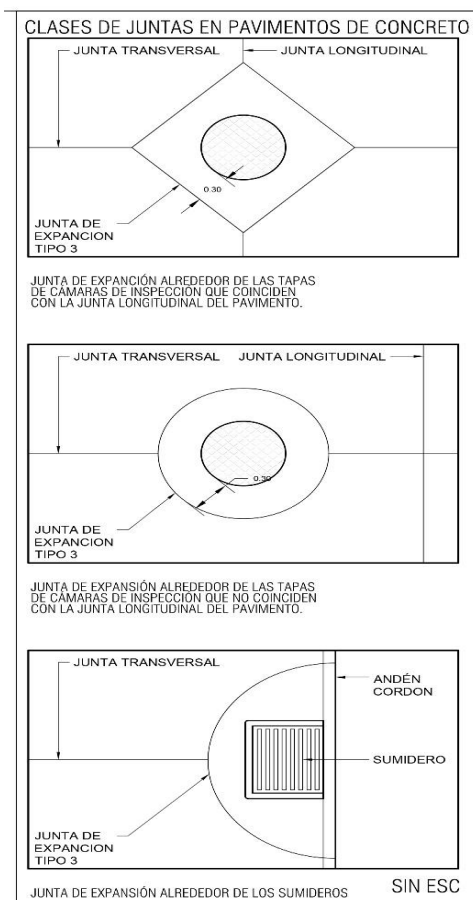


Figura 30. Clases de juntas en pavimentos de concreto

Fuente: CARLOS HERNANDO HIGUERA SANDOVAL. Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras – Volumen 2. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de ingeniería. Escuela de transporte y vías. 2015

El acero de refuerzo consistirá en una parrilla de barras corrugadas de $\Phi 1\frac{1}{2}$ " con límite fluencia $f_y = 60.000$ psi (420 MPa) dispuesto en ambos sentidos con la posición y distancia entre varillas, tal como se indica en el esquema mostrado a continuación:

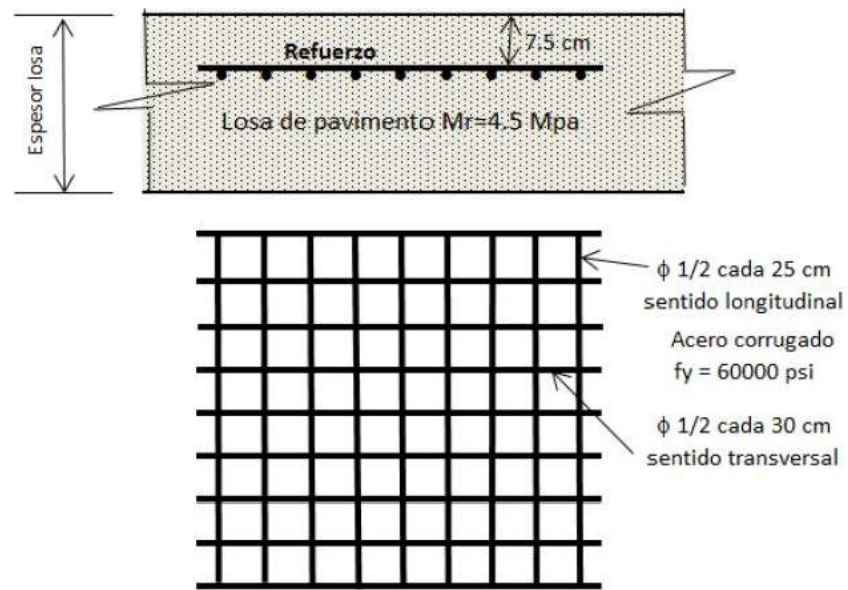


Figura 31 Detalle del Refuerzo en losas

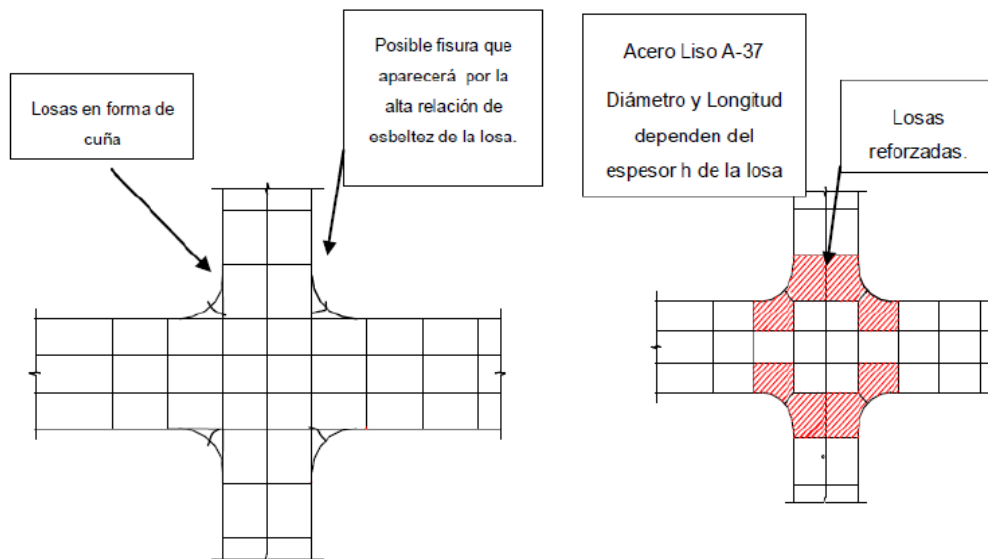


Figura 32 Losas que requieren ser reforzadas

12. CONCLUSIONES

De acuerdo a los análisis anteriormente expuestos se concluye:

El ancho de calzada es variable, de acuerdo al tramo a intervenir. Para los tramos tendrán pendientes de bombeo del 2% y de longitud de 3.0 m.

La placa de concreto rígido tendrá un espesor 20 cm de espesor, con juntas transversales y una junta longitudinal en el centro de la calzada de acuerdo al ancho de vía.

Se tendrá una capa de subbase granular de 15 cm de espesor cumpliendo con todas las características exigidas por las Especificaciones Generales de construcción de Carreteras Art. 320-12 INVIAS. Tendrá dovelas lisas de 1" de diámetro, con una longitud de 35 cm, separados entre sí, cada 30 cm. Las juntas longitudinales tendrán barras de anclaje de 1/2" con una longitud de 85 cm separadas entre sí cada 1.20 m.

Los bordillos serán en concreto rígido de 3000 psi de altura 15 cm chequeando por el estudio hidrológico e hidráulico del presente proyecto. De acuerdo a las modelaciones hidráulicas, se observa que las vías proyectadas cumplen con la capacidad hidráulica para transportar el caudal de escorrentía, teniendo como criterio de diseño que el tirante MINIMO sea de una altura de 0.15 m.

Para el andén se dispone de 0.9 metro de ancho sin incluir bordillos y espesor de 8 cm, y será en concreto rígido de 3000 psi, debido a la topografía y ancho disponible de la vía.

El concreto debe tener un Módulo de Rotura mínimo de 38 kg/cm² (3.8 Mpa) y deberá cumplir con las condiciones establecidas por el Art. 500-12 INVIAS.

Para efectos de drenaje y respetando los niveles de las viviendas y casas existentes, la pendiente longitudinal no debe ser inferior al 0.5%.

Para este efecto se debe colocar material de afirmado para compensar y garantizar está pendiente mínima.

13. RECOMENDACIONES

En el evento que en la subrasante, se detecten fallos localizados, estos deberán ser intervenidos hasta la profundidad necesaria que garantice un adecuado soporte a la estructura a colocar mediante el reemplazo de un material que cumpla los requisitos y procedimientos establecidos en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías, versión 2013, en especial a los Artículos 220- 13,311-13 y 320-13.

Se deberá, adelantar por parte del contratista, el diseño de mezcla de concreto hidráulico previa caracterización de los agregados, y siguiendo los lineamientos establecidos para tal fin por las normas de ensayos vigentes del Instituto Nacional de Vías.

El diseño de espesor de losa obtenido, tendrá vigencia, mientras no se presenten variaciones significativas a los parámetros de diseños establecidos, en especial a las condiciones de resistencia de la subrasante, así como a los valores de resistencia a la flexión y compresión de concreto solicitadas.

Los pavimentos de concreto ofrecen una alta resistencia al desgaste, no se ahuecan en ninguna dirección, y cuando las losas tienen menos de 5 m de longitud el efecto de la temperatura en los esfuerzos es despreciable.

Se hace indispensable que dentro de la operación del Pavimento no se sobrepasen los límites de las cargas de servicio, no exponiéndolo a cargas y niveles de tráfico superiores a los que se diseñó.

Por lo tanto, se recomienda realizar (02) tipos de mantenimientos, al saber:

13.1 Mantenimiento rutinario

Este mantenimiento comprenderá un conjunto de actividades que se realizan en la calzada y el entorno de la vía pavimentada, cuando menos una vez al año, para retrasar todo lo posible el proceso de degradación de las características funcionales o estructurales del pavimento, así como para corregir los impactos negativos del entorno que, sin suponer degradaciones de los elementos del pavimento, también impiden o dificultan la correcta realización de su función.

Las operaciones que se pueden considerar como de mantenimiento rutinario en un pavimento rígido son el sellado de grietas para minimizar la infiltración de agua y de materiales incompresibles, y la reparación en espesor parcial, para reparar deterioros de juntas, grietas, estallidos y algunas fallas superficiales. De acuerdo con las características y la magnitud de la intervención, esta última suele encajar mejor dentro de las operaciones de mantenimiento periódico. Por ello y por conveniencia en la descripción de las actividades, la reparación parcial se describe en este manual dentro de este segundo grupo.

Aunque el mantenimiento rutinario se debe realizar durante todo el periodo de vida del pavimento, constituye prácticamente la única actividad que se ejecuta durante su etapa inicial de servicio.

13.2 Mantenimiento Periódico

Las vías proyectadas en concreto rígido, requieren de menor mantenimiento e inversión en su vida útil que lo diseñados en concreto flexible o articulado.

Dentro de las actividades de mantenimiento periódico de los pavimentos rígidos existen múltiples aplicaciones, dependiendo de la patología y del estado del pavimento; así, mientras en algunos casos se pueden hacer reparaciones superficiales, en otros es necesario demoler parte de las losas y cuando el deterioro es más avanzado puede ser necesaria la reconstrucción de losas completas. Los tratamientos empleados con mayor frecuencia en la actualidad para el mantenimiento periódico de los pavimentos de concreto simple de carreteras son los siguientes:

- Remoción y reemplazo del material sellante de juntas, para minimizar la infiltración de agua y de materiales incompresibles
- Cosido cruzado, para reparar grietas longitudinales de gravedad baja y media
- Construcción de juntas de alivio de presión, para eliminar la posibilidad del estallido de losas en las juntas transversales de contracción.
- Cepillado (microfresado), para eliminar el escalonamiento
- Ranurado, para mejorar la resistencia al deslizamiento

- Colocación o recolocación de pasadores, para restaurar la transferencia de carga en juntas y grietas
- Estabilización y elevación de losas, para rellenar pequeños vacíos debajo de ellas
- Reparación en espesor parcial, para reparar deterioros de juntas, grietas, estallidos y algunas fallas superficiales
- Reparación en el espesor total de la losa, para reparar deterioros en juntas y grietas con alto grado de gravedad



Ing. MIGUEL GARCIA ROMANI
ESPECIALISTA EN VIAS Y TRANSPORTE
TP. # 0820280868 ATL.

14. BIBLIOGRAFIA

1. Método PCA-84 .Especialización de Vías y Transporte. Universidad del Norte. Barranquilla, Colombia (2013)
2. Software BSPCA-84. UNICAUCA, Popayán, Colombia. Versión 1.2 -2.16
3. Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto, Bajo Volúmenes de Transito. INVIAS
4. Manual de Mantenimiento de carreteras volumen 1- INVIAS 2016
5. Curso de Diseño de Pavimentos ARGOS -2019

15. ANEXOS

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Matrícula Profesional No.
08202-80868 ATL
Fecha de Expedición: **18/05/2000**

Nombre:
**MIGUEL ALFONSO
GARCIA ROMANI**
Identificación:
C.C. 8779465
Profesión:
INGENIERO CIVIL
Institución:
CORPORACION UNIVERSITARIA



MEJORAMIENTO VIAL EN PAVIMENTO RIGIDO DE LOS BARRIO NUEVA ESPERANZA Y FONSECA SIOSI DEL MUNICIPIO DE MAICAO DEPARTAMENTO

Este es un documento público expedido en virtud de la Ley 842 de 2003,
que autoriza a titular a ejercer como Ingeniero en el Territorio Nacional.


DIRECTOR GENERAL

En caso de extravío debe ser remitida al COPNIA. Calle 78 No. 9-57 primer piso
Línea Nacional: 01 8000 116590



**MEJORAMIENTO VÍAL EN PAVIMENTO
RÍGIDO DE LOS BARRIO NUEVA
ESPERANZA Y FONSECA SIOSI DEL
MUNICIPIO DE MAICAO DEPARTAMENTO**





Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2024-2984945

**CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA**

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que MIGUEL ALFONSO GARCIA ROMANI, identificado(a) con Cedula de Ciudadanía 8779465, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 08202-80868 desde el 18 de Mayo de 2000, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 1897.
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 dieciséis (16) días del mes de Septiembre del año dos mil veinticuatro (2024).

Rubén Darío 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_Microsites/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 N° 9 - 57 - Teléfono: 322 0191 - Bogotá D.C.
e-mail: contactenos@copnia.gov.co
www.copnia.gov.co

Riohacha, 16/09/2024

Señores

ALCALDIA DE MAICAO

Departamento de La Guajira

Asunto: Certificación de Diseño Estructural del Pavimento

Certifico que he realizado el DISEÑO ESTRUCTURAL del Proyecto **“MEJORAMIENTO VÍAL EN PAVIMENTO RIGIDO DE LOS BARRIOS NUEVA ESPERANZA Y FONSECA SIOSI DEL MUNICIPIO DE MAICAO, DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA.”**, a construirse en el Municipio de Maicao, Departamento de La Guajira, de acuerdo con los requisitos técnicos vigentes, establecidos en las Especificaciones Técnicas Generales de Construcción INVIAS 2013, Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto, Bajo Volúmenes de Transito. INVIAS cuyos resultados se encuentran consignados tanto en las memorias de diseño como en los planos de diseños de la estructura de Pavimento rígido, que anexo debidamente firmados.

Para los fines pertinentes, anexo copia de mi Tarjeta o Matrícula Profesional y certificado de vigencia de la misma y copia de la cédula de ciudadanía.



INGENIERO CIVIL

ESPECIALISTA EN VIAS Y TRANSPORTE

M.P. No. 08202-80868 ATL

C.C. No. 8.779.465