DISEÑO ESTRUCTURAL PAVIMENTO

AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA MALLA VIAL EN DIFERENTES SECTORES DEL BARRIO MANANTIAL DEL DISTRITO DE RIOHACHA, LA GUAJIRA

AGOSTO

VERSION No.2

2025



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the license. Advertencia.

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.

SinDerivadas — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional.

Contenido

1. INTRODUCCION 9

2. GENERALIDADES 10

3. OBJETIVOS 11

3.1 Objetivo General 11

3.2 Objetivos Específicos 11

4. DESCRIPCION DEL PROYECTO 12

4.1 Área de influencia directa 12

5. MARCO TEORICO 14

5.1 Método de diseño de espesores de pavimento rígido de la PCA 14

5.2 Consideraciones Basicas del metodo de diseño de Pavimentos Rigidos Pca 1984 15

5.2.1 Análisis de Fatiga 17

5.2.2 Análisis de Erosión 18

6. PARÁMETROS DE DISEÑO 21

6.1 Resistencia De La Capa De Apoyo De La Losa de Concreto (K) 22

6.2 Transito 29

6.2.1 Intensidad 30

6.2.2 Frecuencia 30

6.2.3 Periodo de diseño 31

6.2.4 Modulo de rotura (MR) 31

7. HERRAMIENTA DE SOFTWARE PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS BS-PCA 1984 32

8. DISEÑO DE ESTRUCTURAL 34

9. DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE JUNTAS 37

9.1 Modulación de las juntas 37

10. ACERO DE REFUERZO 40

10.1 Varillas de anclaje (Corrugadas) 40

10.2 Varillas de transferencia de carga (lisas) 41

10.2.1 Chequeo optimización Varillas de transferencia de carga (lisas).....42

11. DISEÑOS DE JUNTAS ESPECIALES.....50

11.1 Refuerzo de losas Casos especiales 51

12. CONCLUSIONES 55

13. RECOMENDACIONES 56

13.1 Mantenimiento rutinario.....56

13.2 Mantenimiento Periódico 57

14. BIBLIOGRAFIA.....59

15. ANEXOS 60

Contenido Tablas

Tabla 1 Apique del proyecto del Estudio de Suelos 23

Tabla 2 Clasificación de suelos para Infraestructura de Pavimentos Manual Bajo Volumen de Transito -INVIAS 23

Tabla 3 Calculo de K Subrasante para un CBR 36.7 % ; K= 109.37 MPa/m 27

Tabla 4 Modulo Kcombinado para un K_Subrasante MPa/m ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 5 Modulo de Rotura.....31

Tabla 6 Variables de Diseño Pavimento Rígido 33

Tabla 7 Resultados y Reporte BS-PCA 35

Tabla 8 Parámetros de Dimensionamiento PCA.....38

Tabla 9 Chequeo relación de Esbeltez para los distintos anchos de calzada 39

Tabla 10 Recomendaciones para Barras de Anclaje 40

Tabla 11 Recomendaciones para Barras de Anclaje lisas 41

Tabla 12 Profundidades Recomendadas para la Instalación del Cordón de Respaldo (Junta Poco Profunda) 49

Contenido Figuras

Figura 1 Municipio de Riohacha, Departamento de La Guajira 12

Figura 2 Localización General Área del Proyecto La Guajira 13

Figura 3 Influencia del alabeo losa de concreto 15

Figura 4 Distribución de Carga em Pavimentos Flexible (A) y Pavimento Rígido (B) 16

Figura 5 Esquema Análisis de Fatiga 17

Figura 6 Método de diseño de Análisis de Fatiga 18

Figura 7 Esquema Análisis de Erosión 19

Figura 8 Ecuaciones de Westergaard 20

Figura 9 Ubicación de la exploración en los tramos del proyecto del Estudio de Suelos –Tramo 1 .22

Figura 10 Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR (5.8 %) y K (42.63 MPa/m), Apique 1 al 14, y 19 al 30; 36 al 38 del Estudio de Suelos 26

Figura 11 Correlación CBR y K NOCIONES SOBRE MÉTODOS DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS VOLUMEN II, página 245.....27

Figura 12 Requisitos de los materiales para terraplenes INV 220-22 28

Figura 13 Parámetro de Transito Intensidad 30

Figura 14 Parámetro de Transito Frecuencia 31

Figura 15 Software BS-PCA.....32

Figura 16 Datos BS-PCA Diseño Pavimento Rígido 34

Figura 17 Diseño Estructural Pavimento Concreto Rígido 36

Figura 18 Sección Transversal Tipo Ancho = 6.0 mts 38

Figura 19 Recomendaciones para Barras de Anclaje lisas 42

Figura 20 Recomendaciones para Barras de Anclaje lisas 43

Figura 21 Vista en Planta Modulación de Losa de Pavimento 44

Figura 22 Detalles de Corte Modulación de Losa de Pavimento 44

Figura 23 Esquema Diseño Estructural Pavimento Concreto Rígido 3D 45

Figura 24 Detalle Bordillo 45

Figura 25 Diseño Detalle Canastillas 46

Figura 26 Esquema de Canastilla en 3D 47

Figura 27 Disposición de Canastilla en la Obra 47

Figura 28 Esquema de Corte de la junta de Pavimento 48

Figura 29 Diseño adecuado de Juntas 48

Figura 30 Detalle en Junta pozo de Inspección Rectangular 50

Figura 31 Junta de expansión para pozo de inspección circular 51

Figura 32. Clases de juntas en pavimentos de concreto 52

Figura 33 Detalle del Refuerzo en losas 53

Figura 34 Losas que requieren ser reforzadas 53

Figura 35 Detalle típico andenes en esquinas para cumplir con el mecanismo de integración con personas con movilidad reducida 54

TÍTULO DEL DOCUMENTO								
REFERENCIA	DISEÑO ESTRUCTURAL-V.0.docx							
REVISIÓN Y APROBACIÓN								
	CARGO	**NOMBRE**	**FIRMA**	**REVISIÓN No**				**FECHA DE REVISIÓN**
				0	**1**	**2**	**3**	
GRUPO DE TRABAJO	DIRECTOR DE CONSULTORÍA	Ing. MIGUEL GARCIA ROMANI		X				07/04/2025
	DIRECTOR DE CONSULTORÍA	Ing. MIGUEL GARCIA ROMANI			x			10/08/2025
APROBACIÓN								
VERSIONES Y MODIFICACIONES								
VERSIÓN No	**SOLICITUD DE LA MODIFICACIÓN**	**CAPÍTULO MODIFICADO**	**DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN**					
0								
1								
2								
3								

1. INTRODUCCION

EL presente documento contiene el diseño estructural del proyecto denominado "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA MALLA VIAL EN DIFERENTES SECTORES DEL BARRIO MANANTIAL DEL DISTRITO DE RIOHACHA, LA GUAJIRA", ubicado en el Distrito de Riohacha, Departamento de la Guajira. Esta consultoría, se propone establecer, si el espesor propuesto 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 Pórtland Cement Association versión de 1984 (PCA 1984), la Universidad del Cauca dentro de su programa de Maestría en Ingeniería Terrestres del Instituto de Postrado 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 proyecto denominado “AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA MALLA VIAL EN DIFERENTES SECTORES DEL BARRIO MANANTIAL DEL DISTRITO DE RIOHACHA, 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 de la calles y carreras DEL DISTRITO DE RIOHACHA, LA GUAJIRA (Ver Plano de Localización).

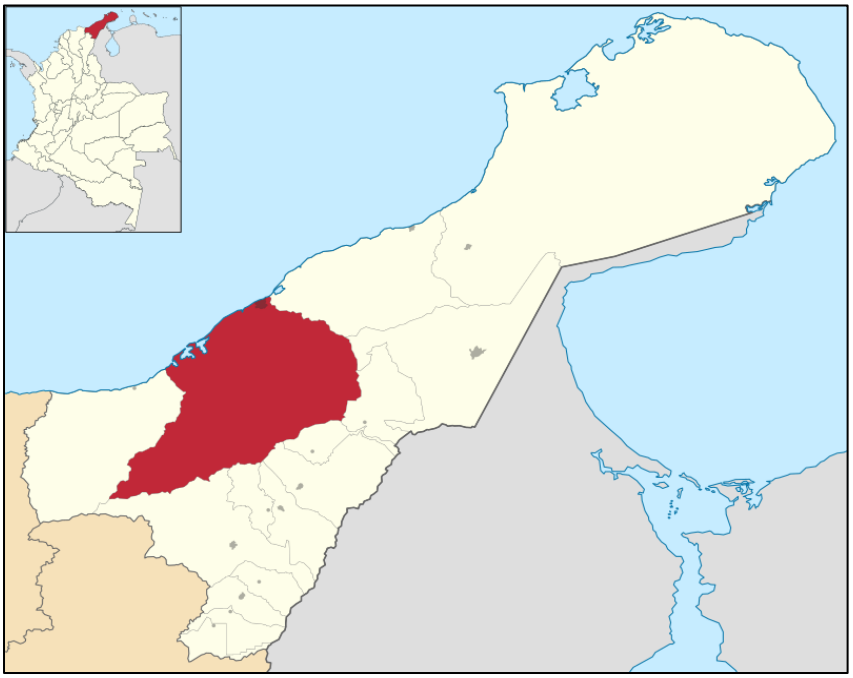


Figura 1 Municipio de Riohacha, Departamento de La Guajira

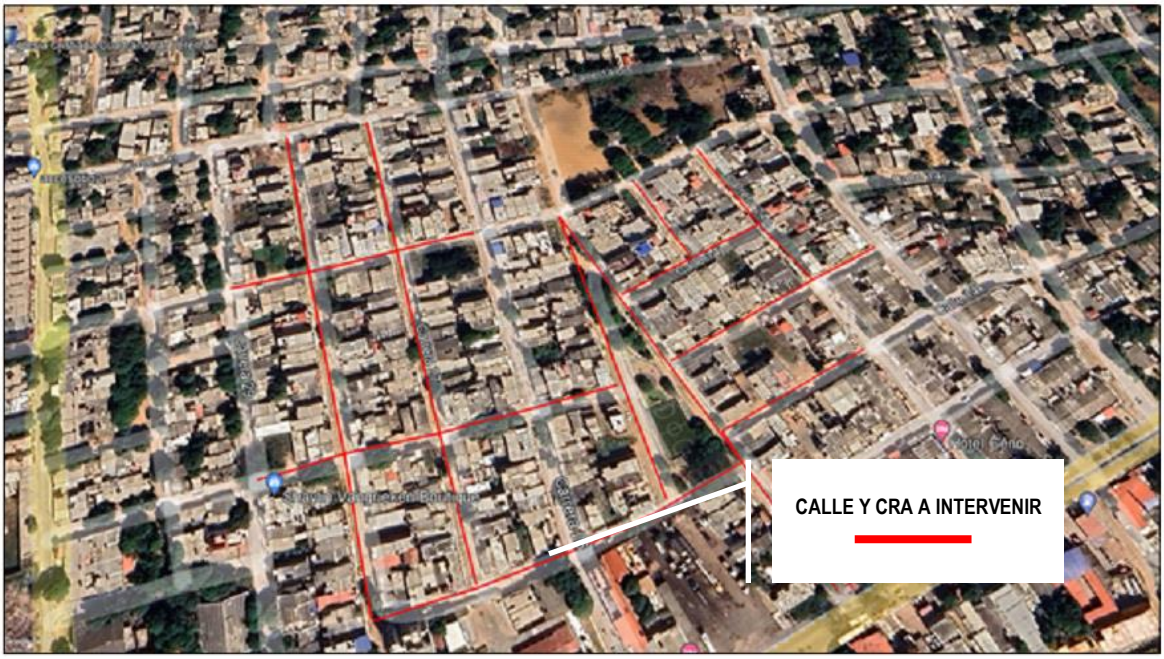


Figura 2 Localización General Área del Proyecto La Guajira

SUBT	BARRIO MANANTIAL		
1	CALLE 14 K ENTRE CRA 26 Y CRA 28	ML	83.43
2	CALLE 14K ENTRE CRA 26 Y CRA 25	ML	82.07
3	CALLE 14J ENTRE CRA 29 Y CRA 25A	ML	171.68
4	CALLE 14I ENTRE CRA 26 Y CRA 26	ML	126.88
5	CALLE 14K ENTRE CRA 25 Y CRA 24A	ML	83.79
6	CALLE 14J ENTRE CRA 25 Y CRA 24	ML	125.48
7	CALLE 14I BIS ENTRE CRA 25 Y CRA 24A	ML	83.95
8	CRA 28 ENTRE CALLE 14K Y CALLE 14J	ML	84.03
9	CRA 28 ENTRE CALLE 14J Y CALLE 14I	ML	103.81
10	CRA 28 ENTRE CALLE 14I Y CALLE 14H	ML	92.44
11	CRA 27 ENTRE CALLE 14K Y CALLE 14 J	ML	69.51
12	CRA 27 ENTRE CALLE 14J Y CALLE 14 I	ML	103.49
13	CRA 27 ENTRE CALLE 14I Y CALLE 14 H	ML	91.04
14	CRA 25A ENTRE CALLE 14K Y CALLE 14 I BIS	ML	143.62
15	CRA 25 ENTRE CALLE 15 Y CALLE 14I	ML	237.32
16	CRA 24B ENTRE CALLE 14I BIS Y CALLE 14I	ML	54.47
17	CRA 24A ENTRE CALLE 14J Y CALLE 14I	ML	98.7
			1835.7

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 "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA MALLA VIAL EN DIFERENTES SECTORES DEL BARRIO MANANTIAL DEL DISTRITO DE RIOHACHA, 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.

El Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto, Bajo Volúmenes de Transito. INVIAS se construyó con base en los métodos de diseño más conocidos en el país como son el de la Portland Cement Association -PCA- versión 1984 y el de la American Association of State Highway And Transportation Officials -AASHTO- versión 1993.

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.

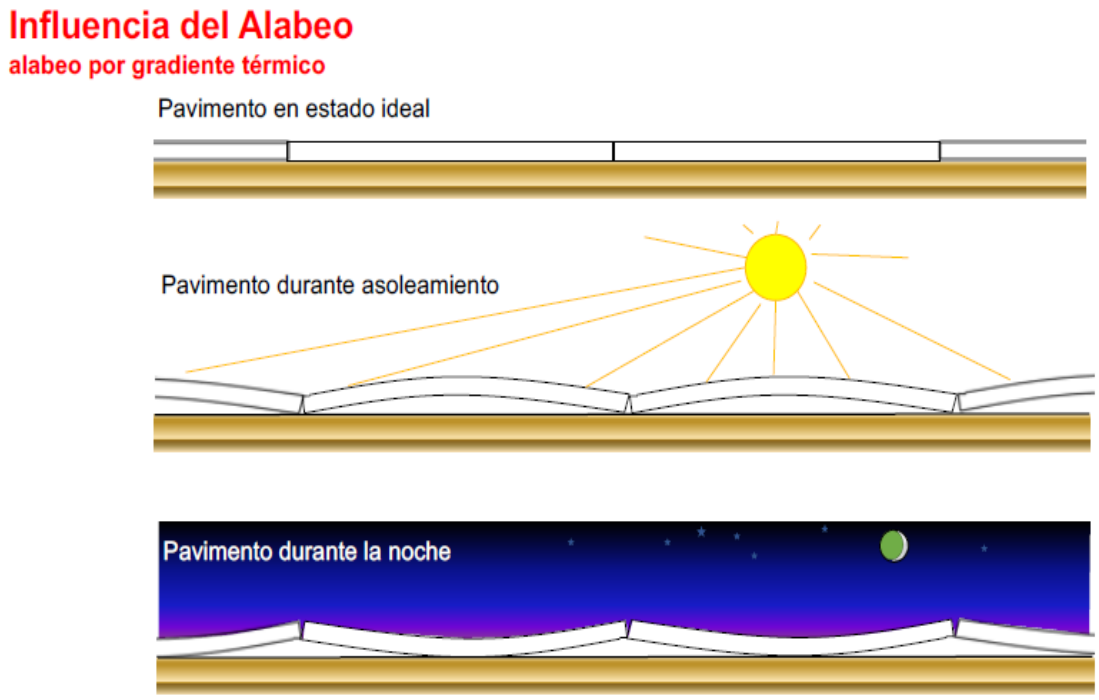
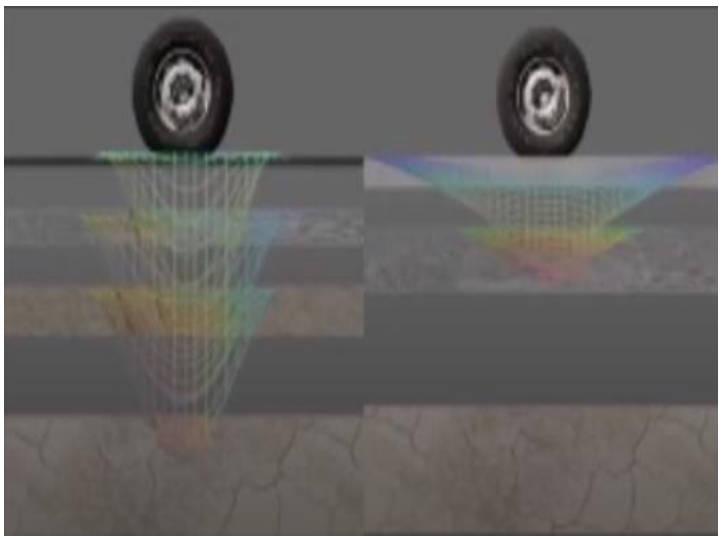


Figura 3 Influencia del alabeo losa de concreto

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



A B

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.

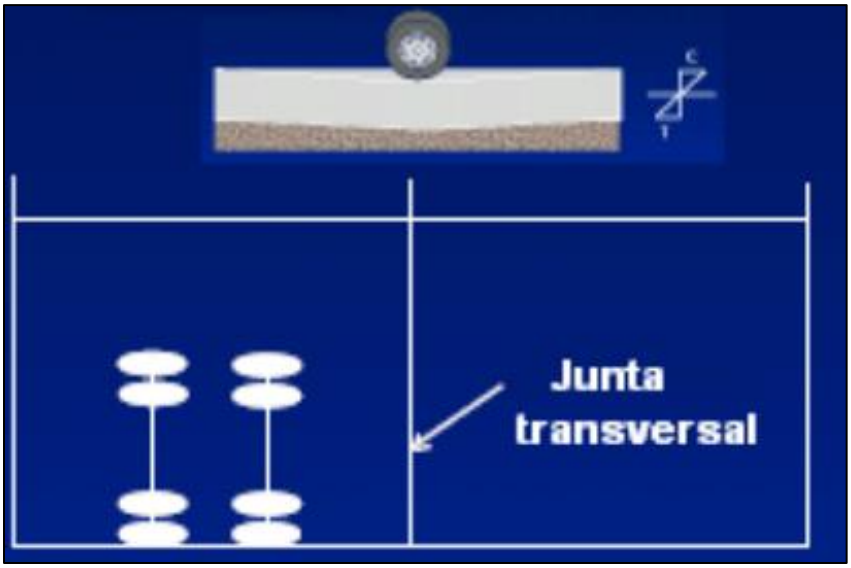


Figura 5 Esquema Análisis de Fatiga

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

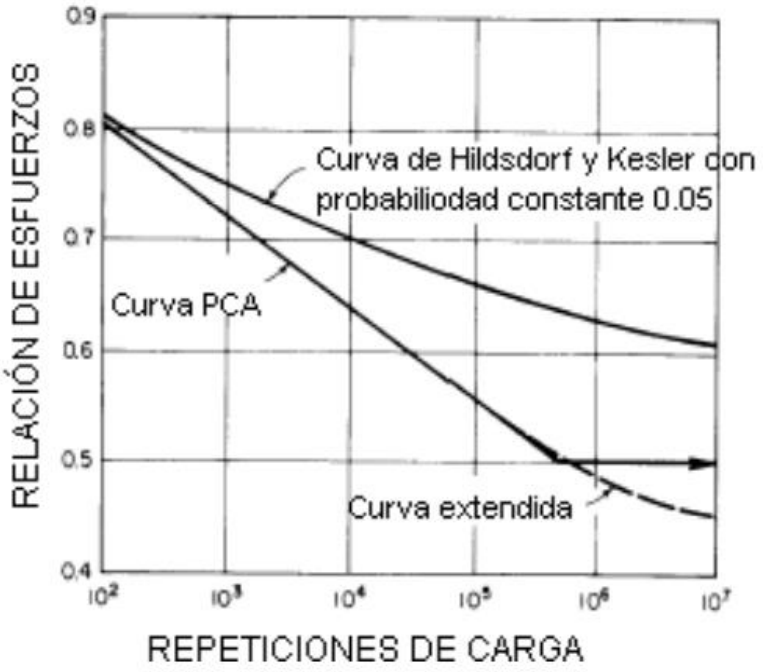


Figura 6 Método de diseño de Análisis de Fatiga

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.

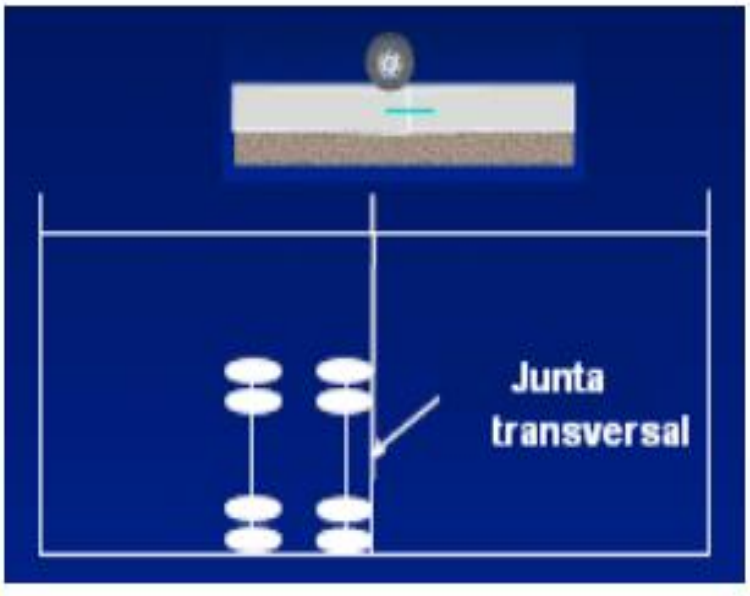


Figura 7 Esquema Análisis de Erosión

Westergaard propuso las ecuaciones que se indican a continuación para determinar los esfuerzos en las losas cuando se cargan en la esquina (c), en el centro (c), y en el borde de la losa (b).

$$\sigma_c = \frac{3p}{h^2}\left[1 - \left(\frac{a_l}{l}\right)^{0,6}\right] \qquad \text{Ec 1}$$

$$\sigma_c = \frac{0,316\,p}{h^2}\left[4\log_{10}\left(\frac{l}{b}\right) + 1,069\right] \qquad \text{Ec 2}$$

$$\sigma_c = \frac{0,316\,p}{h^2}\left[4\log_{10}\left(\frac{l}{b}\right) + 0,359\right] \qquad \text{Ec 3}$$

En donde:

p	Carga aplicada	
h	Espesor de la losa	
a	Radio de aplicación	Ec 4
b	$\sqrt{1,6a^2 + h^2} - 0,675\,h$	
i	Radio relativo de rigidez	

$$i = \sqrt[4]{\frac{Eh^2}{12(\quad - \mu^2)k}} \qquad \text{Ec 5}$$

E	Módulo de elasticidad
μ	Módulo de Poisson
k	Módulo de reacción de la subrasante

Figura 8 Ecuaciones de Westergaard

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 súbase previstos en el método.

- Transito: 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 (Mr), 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)

El principal parámetro geotécnico usado para el diseño de la estructura de pavimento, consiste en la determinación del CBR de acuerdo a los diferentes valores obtenidos de CBR, se determina de acuerdo al tránsito que se espera del pavimento.

Se realiza una evaluación de todo el tramo a intervenir, de acuerdo a los resultados obtenidos, y al tipo de suelo, se unifican ciertos tramos del proyecto, en la Tabla 1, se presentan los tramos o apiques unificados, para la elección del CBR, en la figura 9, se presenta el CBR de campo para los sondeos 1 al 8, correspondientes a un suelo homogéneo de tipo arena fina limosa amarilla, no plástica (SM)

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 2.

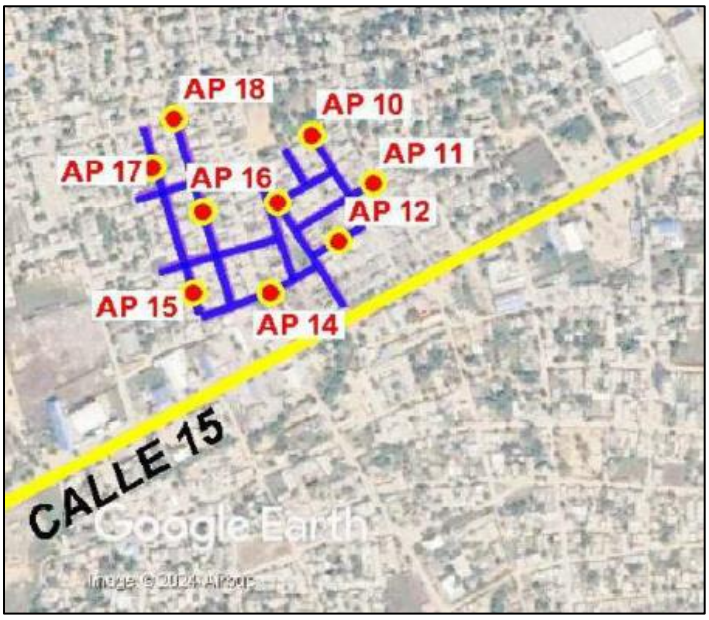


Figura 9 Ubicación de la exploración en los tramos del proyecto del Estudio de Suelos –Tramo 1

(Ver Estudio de suelos)

APIQUES	TIPO DE SUELO	CBR CAMPO (%)	CBR DE LABORATORIO (%)
1 al 32	SM	10.0	**5.3**

Tabla 3. Resumen de CBR de campo y de laboratorio para cada tramo.

Tabla 1 Apique del proyecto del Estudio de Suelos

(Ver Estudio de suelos)

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

Mr=100*CBR

Tabla 2 Clasificación de suelos para Infraestructura de Pavimentos Manual Bajo Volumen de Transito - INVIAS

El subsuelo del lugar esta conformado por un tipo de suelo que se evidencia a lo largo de los tramos viales, el cual esta compuesto por por partículas gruesas con finos determinándolo como arena limosa el cual es afectado por las fuertes aguas de escorrentía que circulan sobre la via.

Las propiedades físicas y mecánicas del terreno se consideran buenas como material de subrasante para el proyecto a desarrollar.

6.1.1 Relleno seleccionado tipo afirmado

Se contempla utilizar relleno seleccionado (Afirmado) cuya función es mejorar la capacidad de soporte de la subrasante ademas obtener un perfil longitudinal aceptable realizando pequeñas correcciones tendientes a mejorar curvas verticales cóncavas demasiado pronunciadas.

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 ello se harían rellenos en tramos con material seleccionado o con el material

de afirmado.

Para el presente proyecto se selecciona el valor de CBR de acuerdo al estudios de suelos y geotécnico del proyecto.

Se evalua la capacidad de soporte de la subrasante para obtener y analizar el aporte estructural del afirmado, el cual debe cumplir con especificaciones 311-22 INVIAS.

6.1.1.1 Diseño de mejoramiento por IVANOV

Se realizará un mejoramiento de la subrasante con material seleccionado tipo INVIAS de esta manera consiguiendo un suelo con una mayor capacidad de soporte.

Teniendo en cuenta las exigencias en términos de granulometría y de dimensionamiento para capas mejoradas con material granular (que establecen que el tamaño máximo de las partículas estará controlado por el valor menor que se obtenga al comparar los dos tercios (2/3) del espesor de la capa compactada o 30 cm).
El valor típico para el CBR de la capa de mejoramiento utilizado para el diseño corresponde a 10%". (Ortega, 2014, p.12)

$$E_{eq} = \frac{E_{SR}}{1 - \frac{2}{\pi}\left[1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right]\tan^{-1}\left[n \times \frac{h_{rajón}}{2a}\right]}$$

Tabla 3 Formula de IVANOV

Donde :
Eeq : módulo elástico equivalente del sistema
ESR : módulo elástico de la subrasante

EMEJ : módulo elástico del material de mejoramiento

hMEJ : espesor del mejoramiento, cm

a : radio del área de carga, cm

n : parámetro adimensional determinado con la expresión

CBR-SR	5.3
CBR-Mejoramiento	10
ESR	530
Emejoramiento	672.89
hmejoramiento	15
a	15
n	1.10019
Eeq.	583.03
CBReq.	5.83

Tabla 4 Calculo CBReq Mejoramiento Subrasante -Formula Ivanov

De acuerdo a los resultados con un espesor de mejoramiento con relleno seleccionado tipo afirmado mínimo de 0.15 m para diseño inicial y un CBReq = 5.83 % con el fin de poder aumentar el valor de la capacidad de soporte del suelo de la estructura del pavimento.

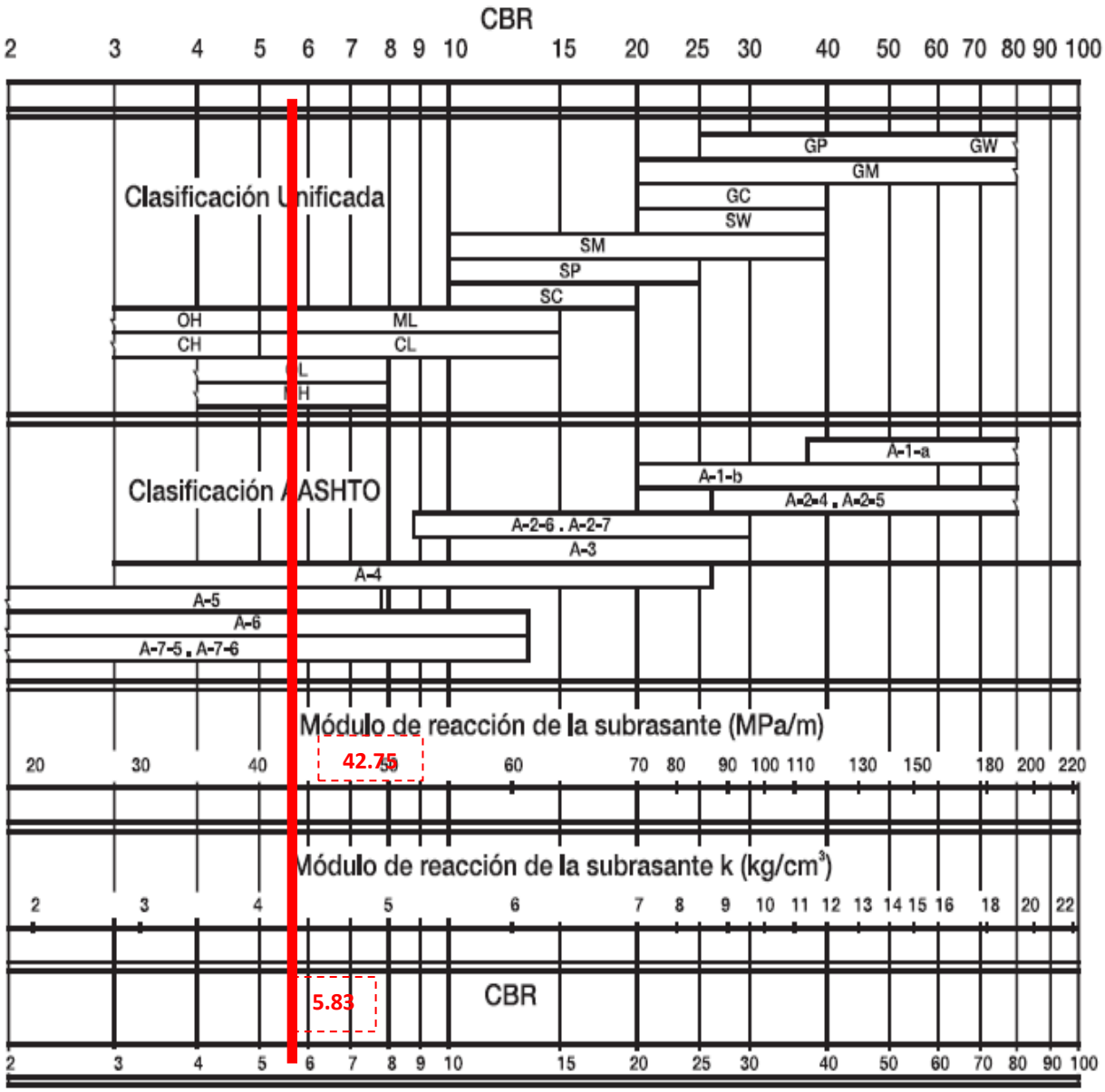


Figura 10 Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR (5.8 3%) y K (42.75 MPa/m)

Para el módulo de reacción de la subrasante, se utilizó la correlación establecida por el ingeniero Carlos Hernando Higueras 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 (Mpa/m) = 46+9.08*(Log(CBR))4.34 y para valores de CBR < 10%, la correlación es ***K (Mpa/m) = Log(CBR)*52.5+2.55***

Para valores de CBR < 10%:

$$K = 2.55 + 52.5 \log (CBR)$$

Para valores de CBR e≥ 10%:

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

Donde:

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

CBR: Capacidad de soporte de la subrasante (%)

Figura 11 Correlación CBR y K NOCIONES SOBRE MÉTODOS DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS VOLUMEN II, página 245

DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO K:

K: módulo de reacción de la subrasante, coeficiente de balasto o módulo de Westergaard

CBR de Subrasante	CBR	5.83
$K = 2.55 + 52.5 \log(CBR)$; para $CBR \leq 10\%$		
$K = 46 + 9.08[\log(CBR)]^{4.34}$; para $CBR > 10\%$		

K	42.75	MPa/m

K subrasante	Valores de K			
	Capa granular no tratada			
	10 cm	15 cm	22.5 cm	30 cm
Mpa/m	Mpa/m	Mpa/m	Mpa/m	Mpa/m
20	23	26	32	38
40	45	49	57	66
60	64	66	76	90
80	87	90	100	117
K subrasante	Capa estabilizada con cementante hidráulico			
	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm
Mpa/m	Mpa/m	Mpa/m	Mpa/m	Mpa/m
20	60	80	105	135
40	100	130	185	230
60	140	190	245	-

Apoyo de la Losa	Capa Granular

Espesor de la Capa	15.00 cm

Nuevo K	51.34	MPa/m

Tabla 5 Calculo de K Subrasante para un CBR 5. % ; K= 51.34 MPa/m

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.

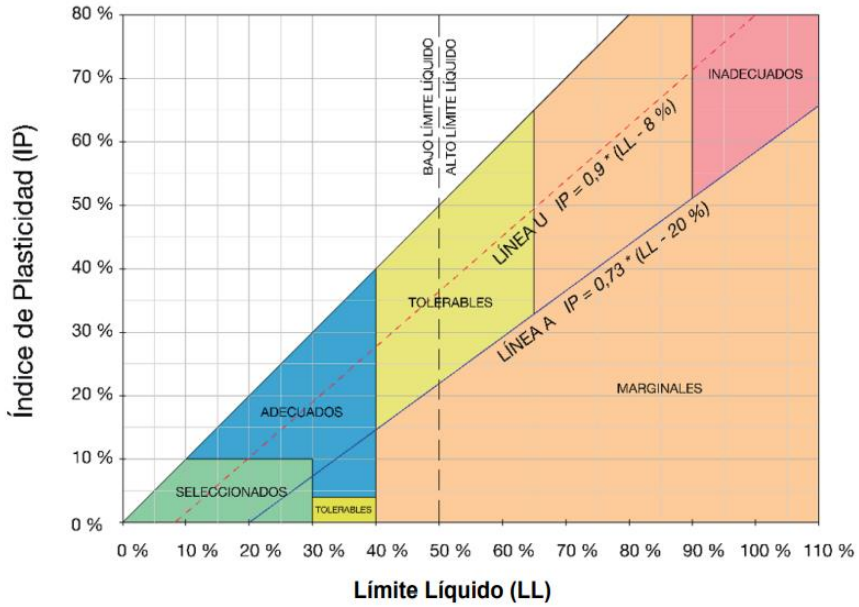


Figura 12 Requisitos de los materiales para terraplenes INV 220-22

— 1. Criterios de clasificación de materiales según Plasticidad

Fuente: Realizada con base en Dirección General de Carreteras (2002), en Pliego de Prescripciones Técnicas Generales Para Obras de Carretera y Puentes (PG-3)

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 320-22.

Con los K de las Subrasante K = 42.75 Mpa/m obtenemos un K Subbase/Subrasante de 51.34 MPa/m superior al K de la subrsante, lo cual es lógico al obtener un CBR < o igual al 10%.

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.

6.2 Transito

Una de las variables más trascendentales en el diseño de pavimentos rígidos es la solicitación 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 solicitación 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 13 Parámetro de Transito Intensidad

6.2.2 Frecuencia

En la mayoría de los métodos de diseño para pavimentos, la solicitación 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.

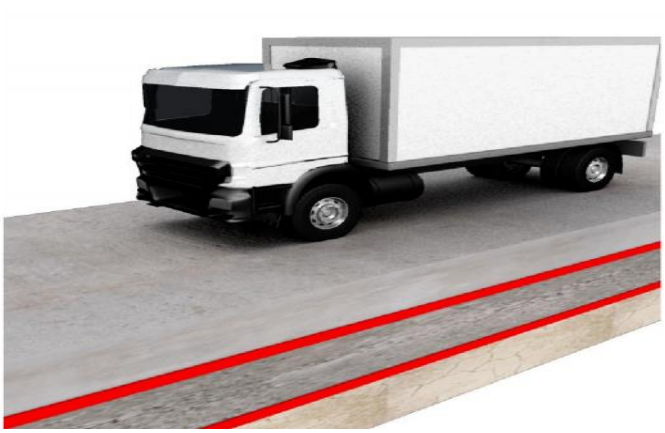


Figura 14 Parámetro de Transito Frecuencia

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 Mpa

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

Tabla 6 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 Pórtland Cement Association versión de 1984 (PCA1984), la Universidad del Cauca dentro de su programa de Maestría en Ingeniería Terrestres del Instituto de Postrado 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.

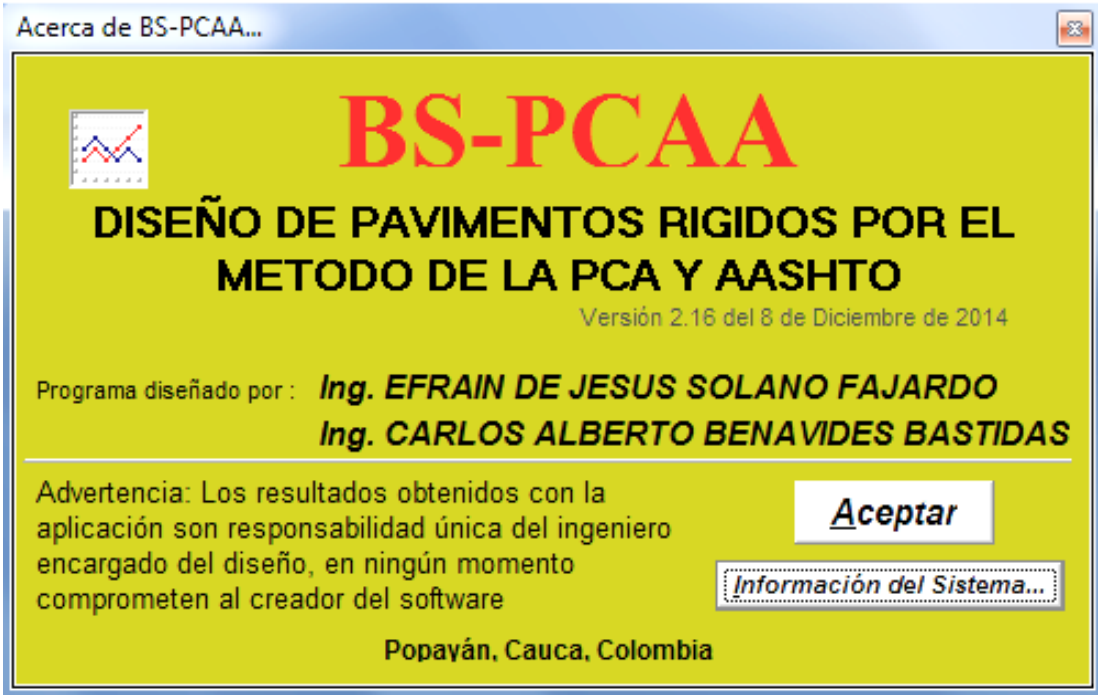


Figura 15 Software BS-PCA

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 1.41 E+05 = *N´80KNcarrildediseño(normal)=N80KNcarrildediseño(normal), acumulado x* $(10^{0.05Zr})$ con Kc = 51.34 Mpa/m , 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 $K_{combinado}$ de apoyo (Mpa/m)	51.34
Espesor de diseño losa de concreto (mm)	200
F.S.C :	1.1

Tabla 7 Variables de Diseño Pavimento Rígido

Figura 16 Datos BS-PCA Diseño Pavimento Rígido



8. 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 72.07%, 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 0.61 % 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.

DISENO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Software : BS-PCA
Datos :

Resistencia K del Apoyo : 51.34 Mpa/m
Espesor Losa : 200 mm
Modulo de Rotura : 3.8 Mpa
Bermas : NO
Pasadores : SI
Factor de Seguridad Cargas : 1.1
Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

Carga Tn	Carga FS kN	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga %	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion %
EJES SIMPLES						
Esfuerzo Equivalente: 1.7	Factor Esfuerzo: 0.4543			Factor Erosion: 2.8243		
2.50	26.95	67,730	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	43.12	20,524	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	64.68	17,104	Inf	0.00	476,530,430	0.00
7.00	75.46	0	Inf	0.00	50,039,933	0.00
6.00	64.68	88,255	Inf	0.00	476,530,430	0.02
10.00	107.80	16,419	23,095	71.09	3,242,269	0.51
EJES TANDEM						
Esfuerzo Equivalente: 1.5	Factor Esfuerzo: 0.3919			Factor Erosion: 2.9530		
21.00	226.38	0	135,922	0.00	980,911	0.00
22.00	237.16	684	69,720	0.98	748,707	0.09
EJES TRIDEM						
Esfuerzo Equivalente: 1.1	Factor Esfuerzo: 0.2953			Factor Erosion: 3.0560		
24.00	258.72	0	Inf	0.00	2,558,690	0.00
				-------		-------
			Total :	72.07		0.62

<100% OK

Tabla 8 Resultados y Reporte BS-PCA

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 Kcombinado 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 "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA MALLA VIAL EN DIFERENTES SECTORES DEL BARRIO MANANTIAL DEL DISTRITO DE RIOHACHA, LA GUAJIRA" es el siguiente:

CAPA	ESPESOR (cm)
LOSA DE CONCRETO 3000 PSI	20
SUBBASE GRANULAR TIPO C	15
RELLENO SELECCIONADO Hpromedio	Hpromedio 15 cm
SUBRASANTE	CBR < 10%

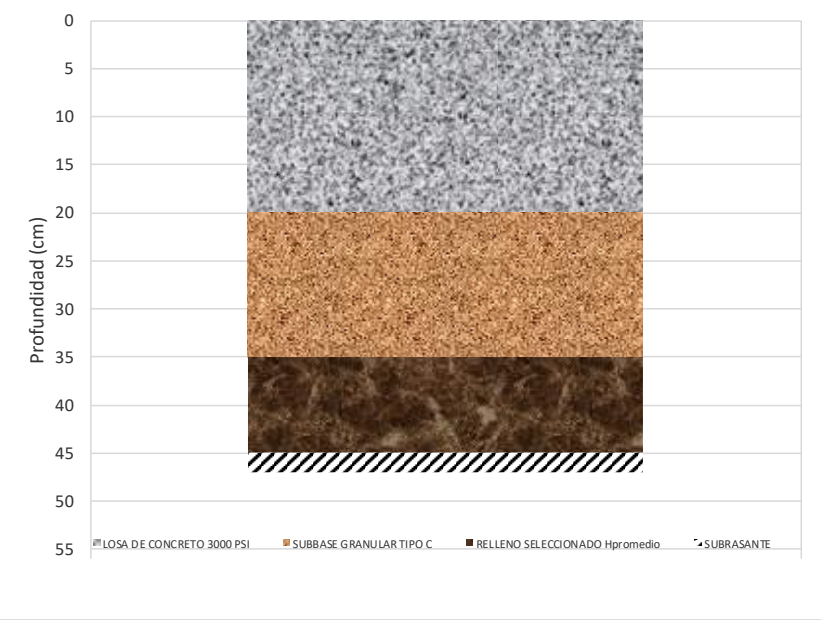


Figura 17 Diseño Estructural Pavimento Concreto Rígido

9. DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE JUNTAS

9.1 Modulación 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 Distrito de Riohacha se cuenta con anchos de vía de 7m, 6.3m y 6.3 m.

Vías con tránsito de vehículos ligeros con un bajo TPD. En la zona rural son de una calzada de al menos 6,0 m. y en la zona urbana también en una calzada de por lo menos 7,0 m. (Tomado del P.O.T del Municipio de Riohacha, La Guajira)

Con el fin de reducir las tensiones por contracción 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 lógicos, deben tenerse en cuenta dos criterios fundamentales para la modulación 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 relación 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 relación largo/ancho no debería exceder de 1.4, obteniendo una esbeltez a 1, para tener un mejor comportamiento estructural.

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

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

Tabla 9 Parámetros de Dimensionamiento PCA

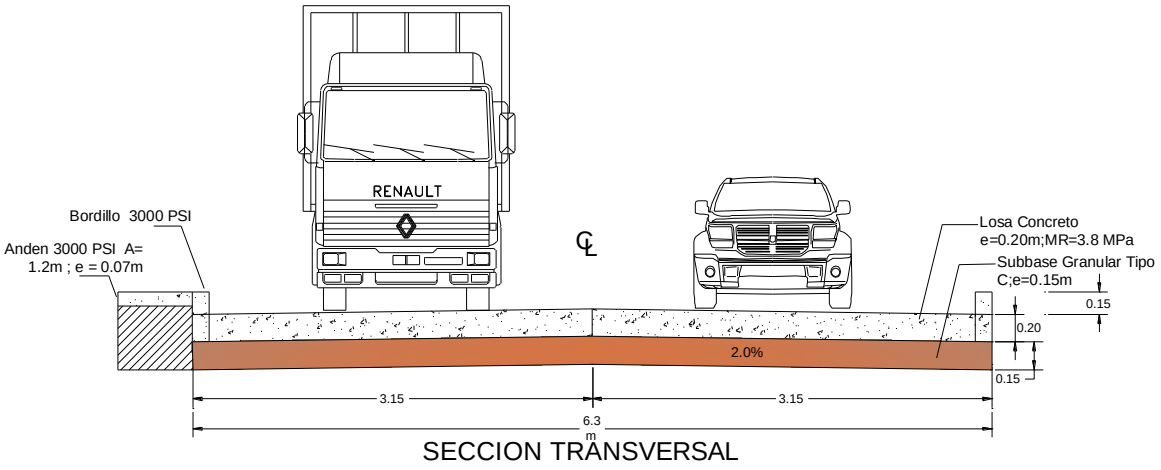


Figura 18 Sección Transversal Tipo Ancho = 6.3 mts

RECOMENDACIONES RELACION LARGO/ESPESOR			
FUENTE	**RECOMENDACIÓN**		
PCA	**Longitud Losa/ Espesor Losa**	**< 25 (mismas unidades)**	**OBSERVACION**
L=3.0 m ; E=0.20 m	15.00	15	15 < 25 Ok

RECOMENDACIONES RELACION LARGO/ANCHO			
FUENTE	**RECOMENDACIÓN**		
PCA	**Longitud Losa/ Ancho**	**L / A < 1.4**	**OBSERVACION**
L=3.0 m ; a=3.0 m	1.00	1.4	1.0 < 1.4

Tabla 10 Chequeo relación de Esbeltez para los distintos anchos de calzada

10. ACERO DE REFUERZO

En las losas que conforman un pavimento se dan esfuerzos como consecuencia del paso de los vehículos y de los movimientos de contracción y dilatación del concreto y a las diferencias en la temperatura, o en la humedad, entre la cara superficial y la de soporte de la losa, estos esfuerzos se controlan con el diseño de las juntas.

10.1 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 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

Tabla 11 Recomendaciones para Barras de Anclaje

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 (fy=60000 psi).

10.2 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

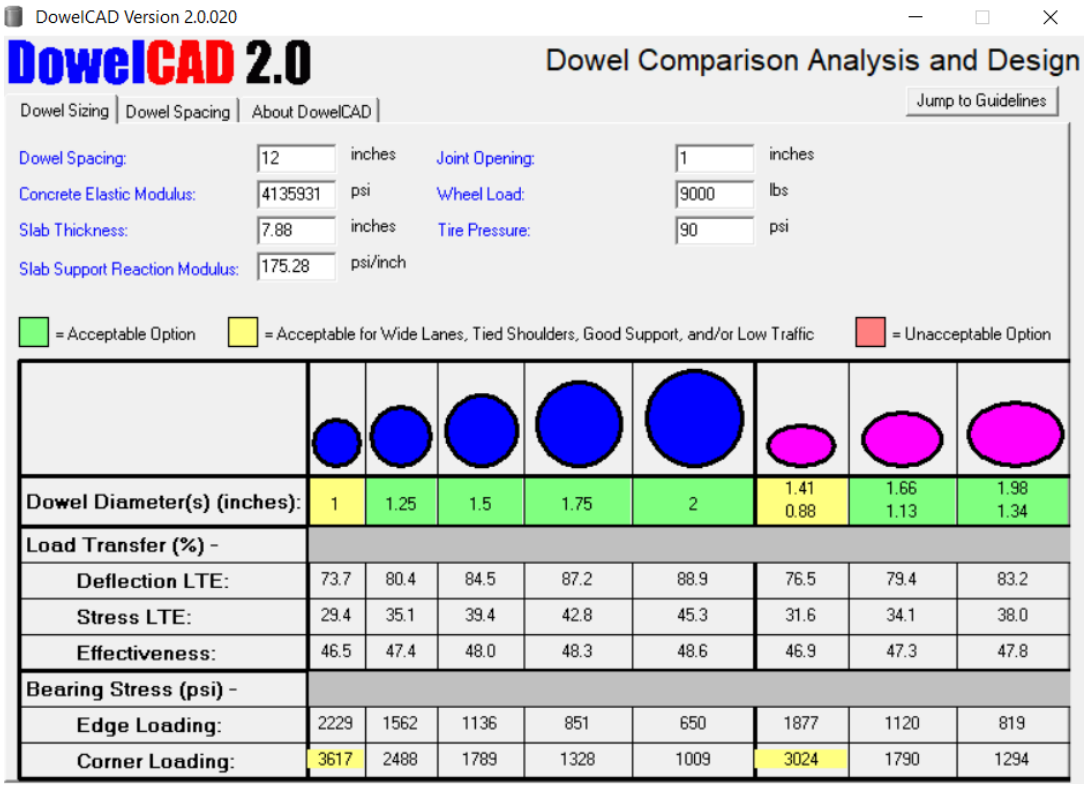
Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 – 200	25	1	350	300
210 – 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Tabla 12 Recomendaciones para Barras de Anclaje lisas

10.2.1 Chequeo optimización Varillas de transferencia de carga (lisas)

DowelCAD se creó para ayudar en la optimización del diseño de la barra de clavija y, al usarlo, un ingeniero de pavimentos puede determinar las respuestas de las juntas a diferentes tamaños de clavija o investigar el impacto de varias configuraciones alternativas de la barra de clavija.

El software DowelCAD consta de dos módulos que funcionan de forma independiente entre sí. El primero ayuda al ingeniero de pavimentos a determinar varias respuestas de las juntas a los diferentes tamaños de clavijas. El segundo módulo ayuda al usuario a evaluar el impacto del espaciado de los pasadores.



Dowel Diameter(s) (inches):	1	1.25	1.5	1.75	2	1.41 0.88	1.66 1.13	1.98 1.34
Load Transfer (%) -								
Deflection LTE:	73.7	80.4	84.5	87.2	88.9	76.5	79.4	83.2
Stress LTE:	29.4	35.1	39.4	42.8	45.3	31.6	34.1	38.0
Effectiveness:	46.5	47.4	48.0	48.3	48.6	46.9	47.3	47.8
Bearing Stress (psi) -								
Edge Loading:	2229	1562	1136	851	650	1877	1120	819
Corner Loading:	3617	2488	1789	1328	1009	3024	1790	1294

Figura 19 Recomendaciones para Barras de Anclaje lisas

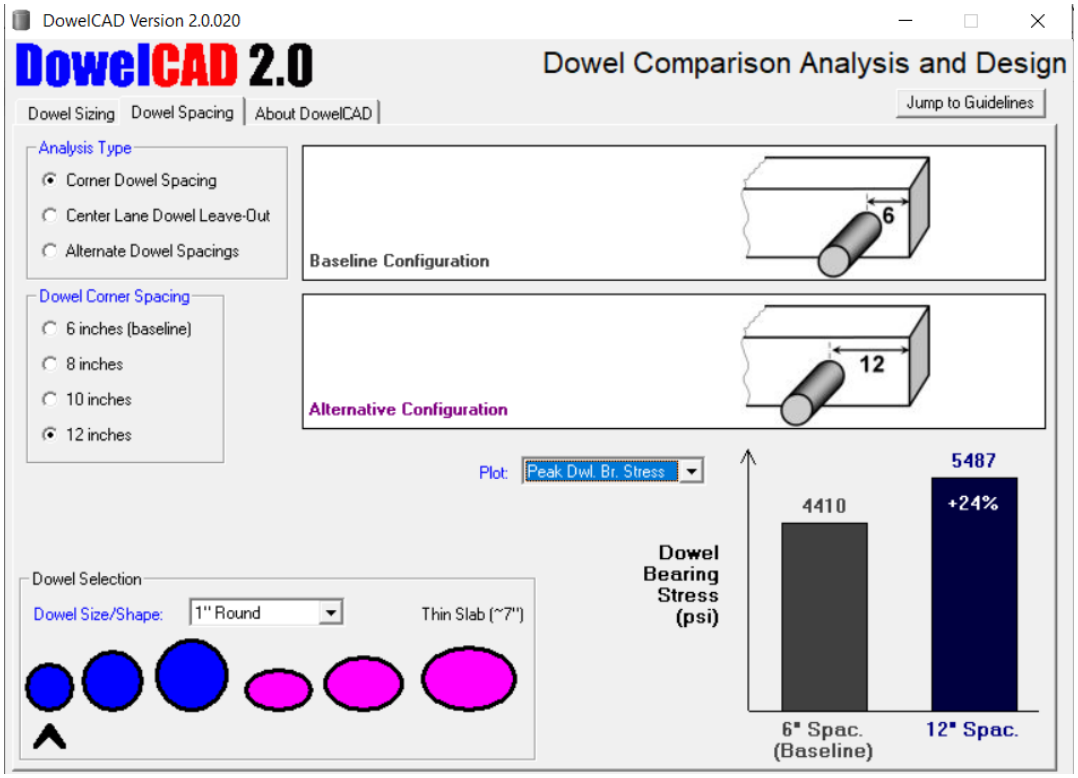


Figura 20 Recomendaciones para Barras de Anclaje lisas

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.

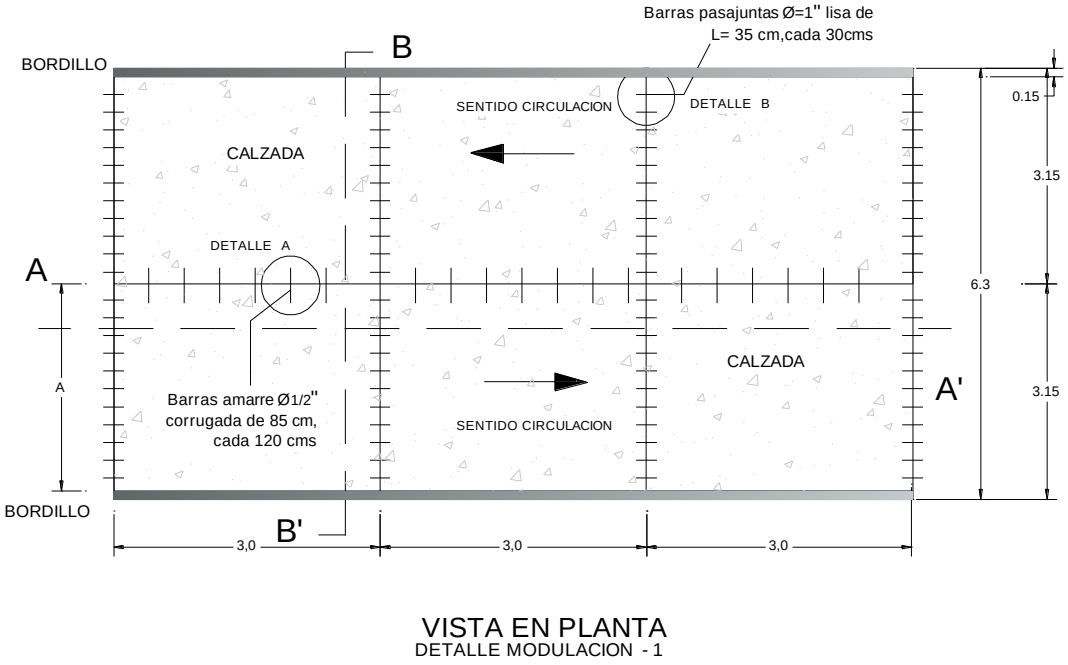


Figura 21 Vista en Planta Modulación de Losa de Pavimento

Unidades en metros (m)

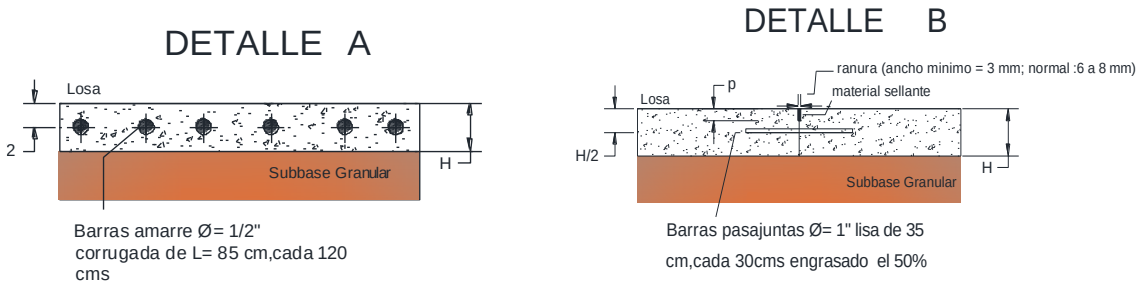


Figura 22 Detalles de Corte Modulación de Losa de Pavimento

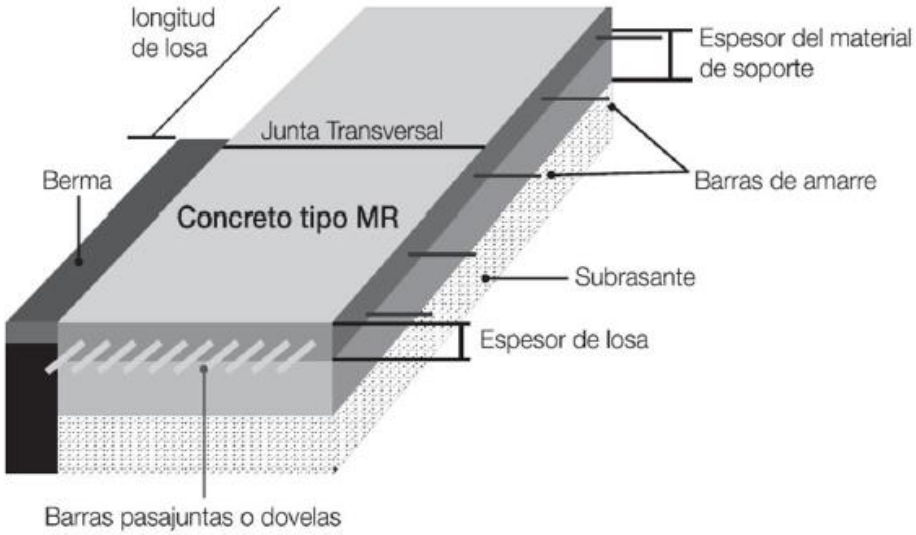


Figura 23 Esquema Diseño Estructural Pavimento Concreto Rígido 3D

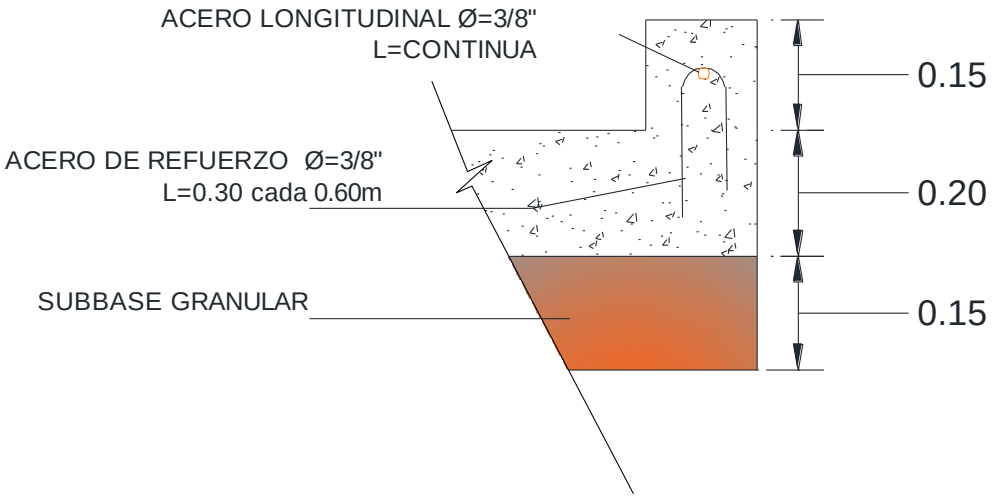


Figura 24 Detalle Bordillo

Unidades en metros (m)

Las pasajuntas podrán ser instaladas en la posición indicada en el proyecto por medios de la instalación de canastas metálicas de sujeción.

Las canastas de sujeción las cuales deberán asegurar las pasajuntas en la posición correcta como se indica a continuación durante la fundida y acabado del concreto, más no deberán impedir el movimiento longitudinal de la misma.

El ancho de canastilla deberá ser ajustado a la sección del carril del pavimento. Así se garantiza una adecuada colocación de las dovelas se recomienda el uso de canastillas pasajuntas y el ancho de canastilla deberá ser ajustado a la sección del carril del pavimento. Ver la siguiente figura:

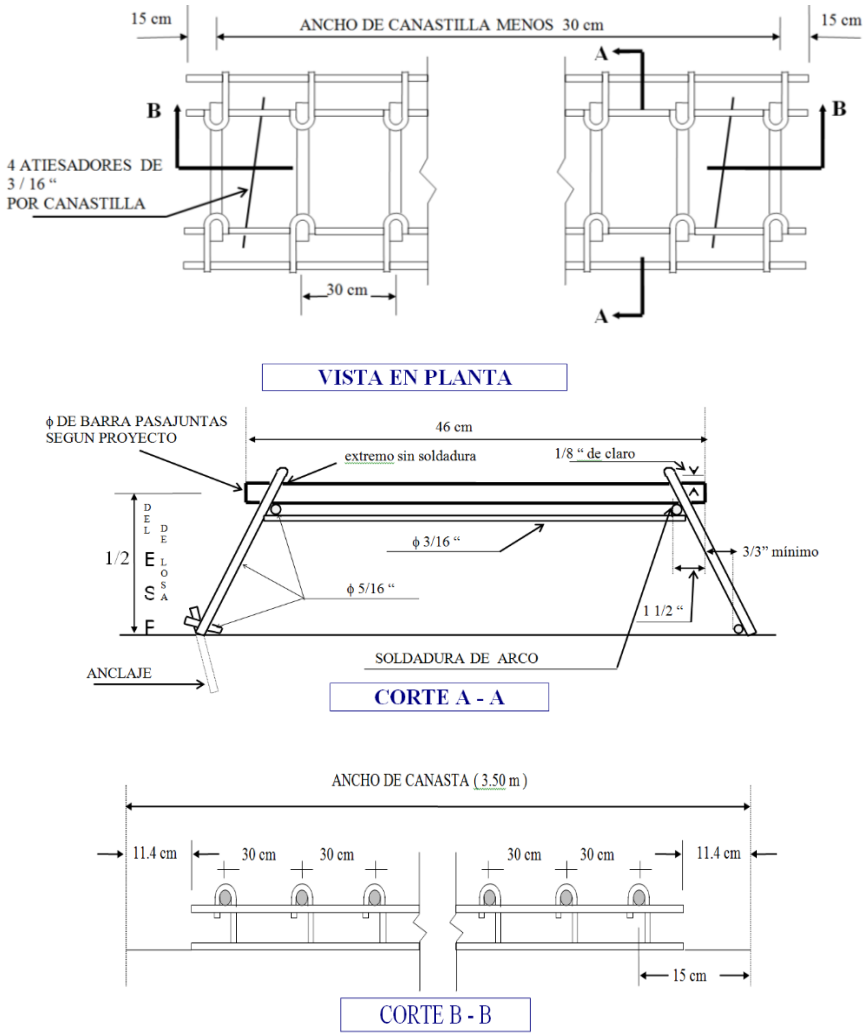


Figura 25 Diseño Detalle Canastillas

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.

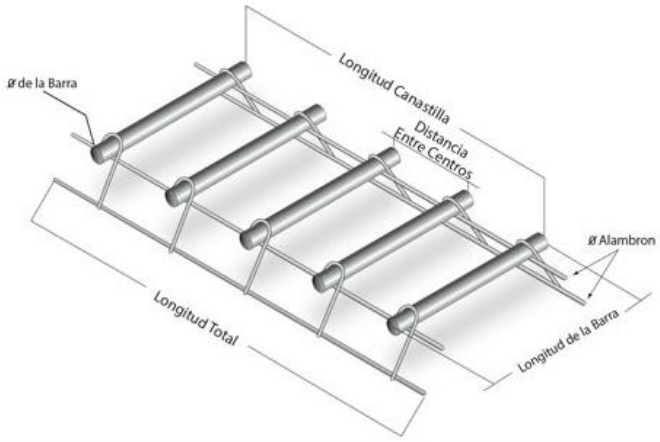


Figura 26 Esquema de Canastilla en 3D

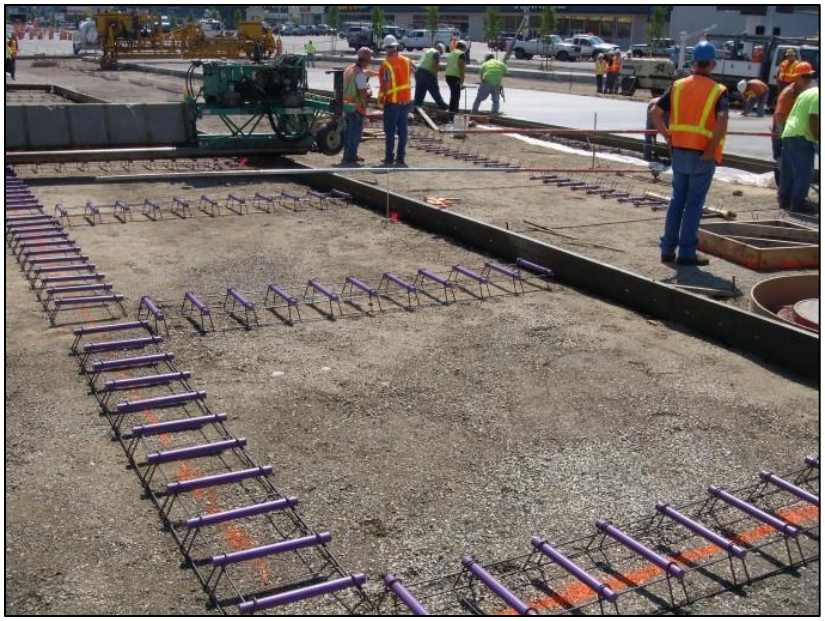


Figura 27 Disposición de Canastilla en la Obra

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, pude 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.

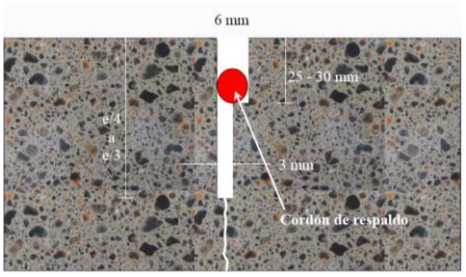


Figura 28 Esquema de Corte de la junta de Pavimento

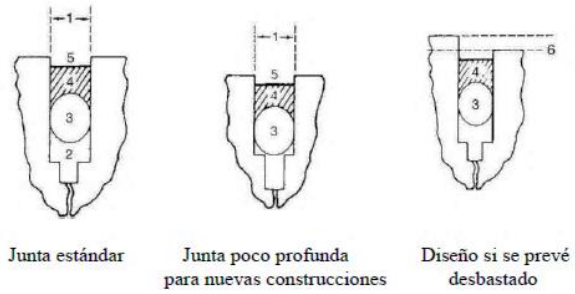


Figura 29 Diseño adecuado de Juntas

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	1¼	
Profundidad Total de la Junta	1 - 1⅛	1⅛ - 1¼	1¼ - 1⅜	1⅜ - 1¾	2¼ - 2⅜	
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	

[1]En 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 13 Profundidades Recomendadas para la Instalación del Cordón de Respaldo (Junta Poco Profunda)

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

11. DISEÑOS DE JUNTAS 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 remodular 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 ½" de diámetro a cada 30 cm, bordeando el pozo de inspección se instala un aros de acero corrugado A60 de ¾" 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.

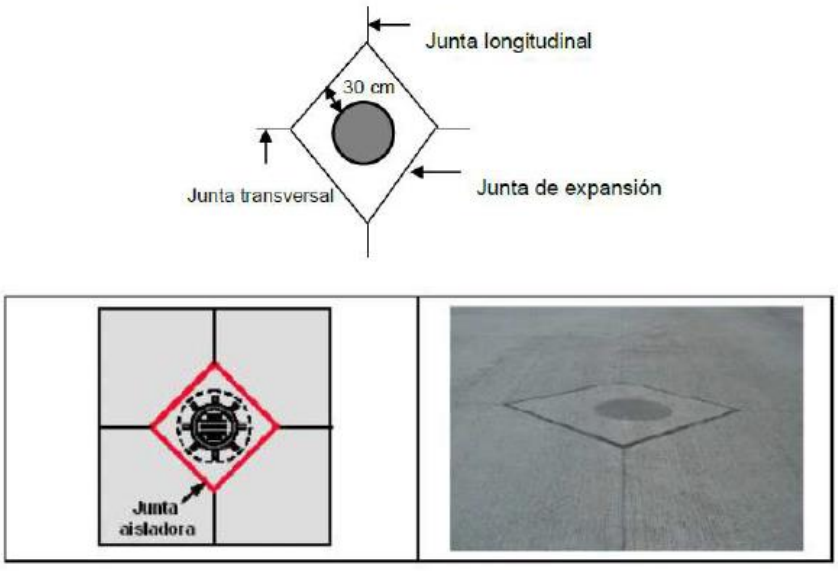


Figura 30 Detalle en Junta pozo de Inspección Rectangular

- 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.

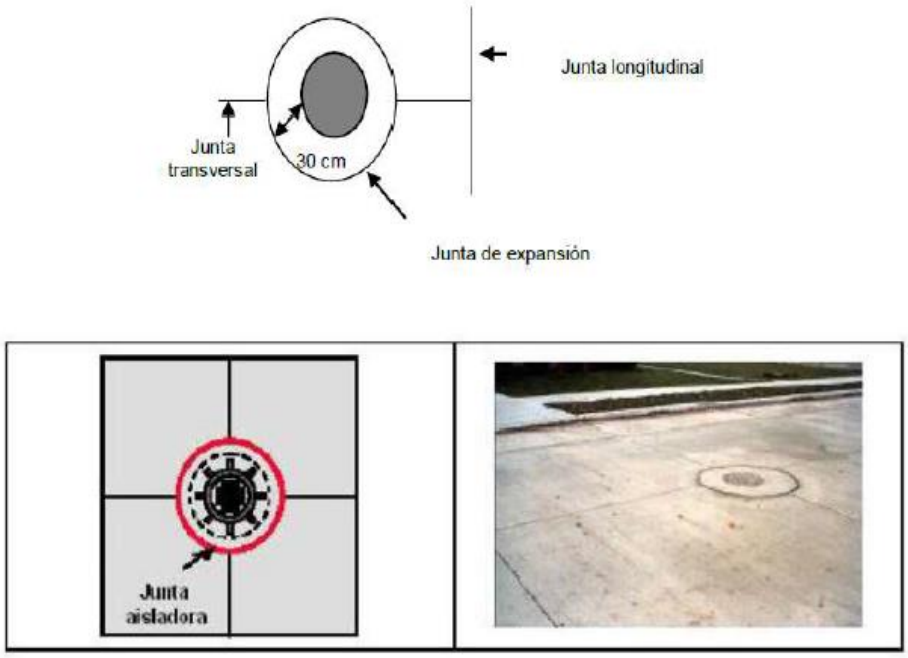


Figura 31 Junta de expansión para pozo de inspección circular

11.1 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.

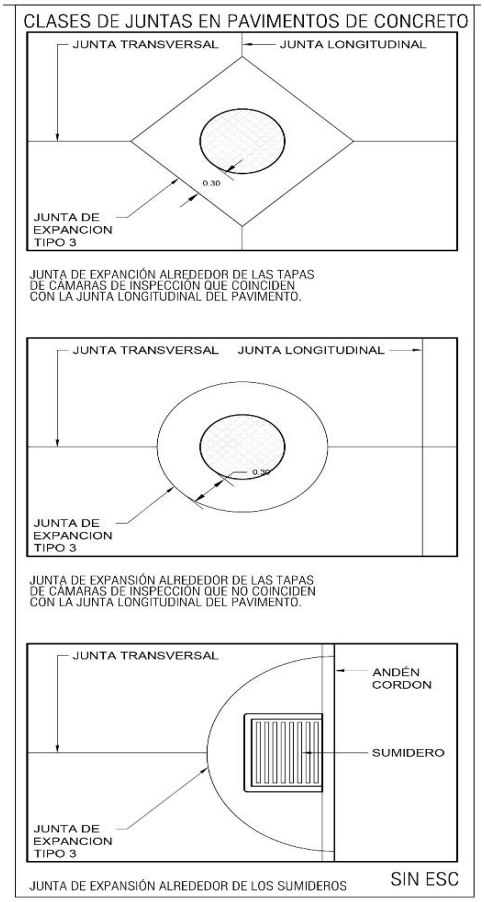


Figura 32. Clases de juntas en pavimentos de concreto

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 Φ½" con límite fluencia fy = 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:

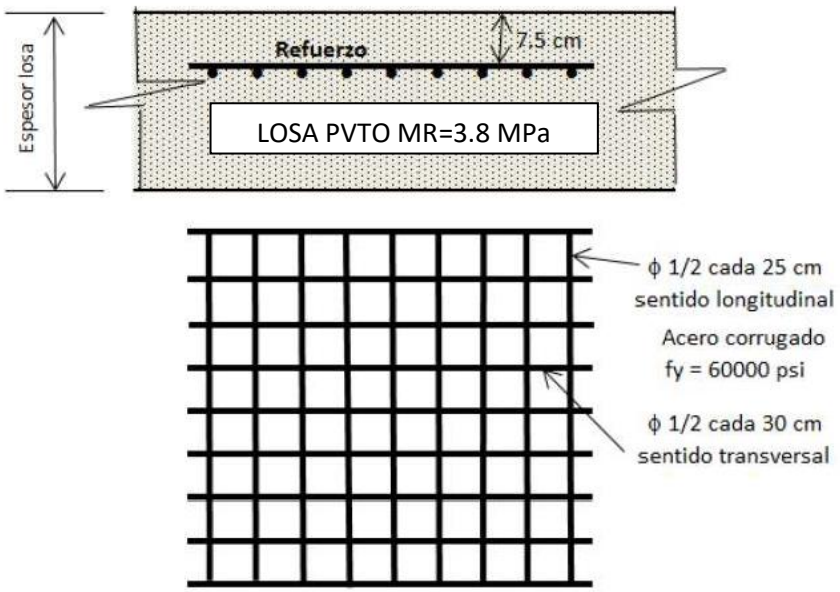


Figura 33 Detalle del Refuerzo en losas

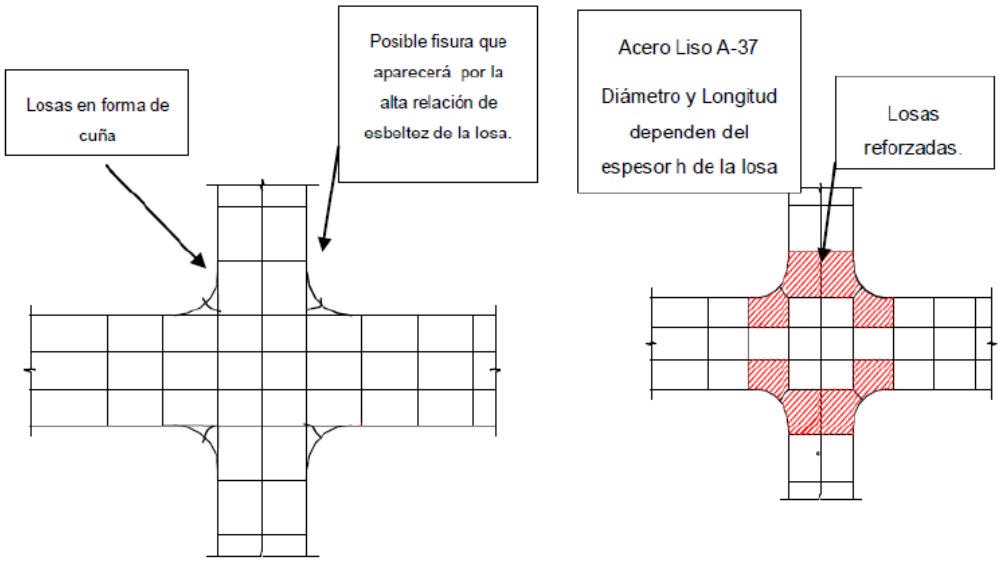


Figura 34 Losas que requieren ser reforzadas

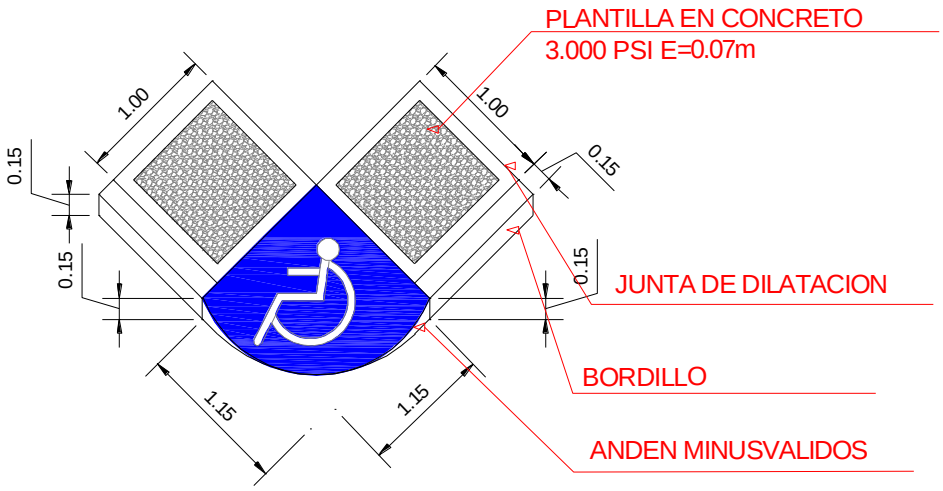


Figura 35 Detalle típico andenes en esquinas para cumplir con el mecanismo de integración con personas con movilidad reducida

Ver Capitulo 6. Normas y criterios para facilitar la accesibilidad a las personas con movilidad reducida del Diseño Geométrico del presente proyecto

12. CONCLUSIONES

De acuerdo a los análisis anteriormente expuestos se concluye:

El ancho de calzada disponible es de 6.3 mt, para todo el tramo vial. 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. 320-22 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 1.2 metro de ancho y espesor de 7 cm, y será en concreto rígido de 3000 psi, debido a la topografía y ancho disponible de la via.

El concreto debe tener un Módulo de Rotura mínimo de 3.8 kg/cm2 (3.8 Mpa) y deberá cumplir con las condiciones establecidas por el Art. 500-22 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 2022, en especial a los Articulos 220- 22,311-22 y 320-2.

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 comprensión de concreto solicitadas.

Los pavimentos de concreto ofrecen una alta resistencia al desgaste, no se ahuellan 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



AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA MALLA VIAL EN DIFERENTES SECTORES DEL BARRIO MANANTIAL DEL DISTRITO DE RIOHACHA, LA GUAJIRA



AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA MALLA VIAL EN DIFERENTES SECTORES DEL BARRIO MANANTIAL DEL DISTRITO DE RIOHACHA, LA GUAJIRA

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2025-3445100

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que MIGUEL ALFONSO GARCIA ROMANI, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 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 ocho (08) días del mes de Marzo del año dos mil veinticinco (2025).

Rubén Darío Ochoa Arbeláez

Firma del titular (*)

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

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

Riohacha, La Guajira, 25 de abril del 2025

Señores
DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA
ENTIDAD TERRITORIAL

Asunto: Memorial De Responsabilidad Profesional Y Cesión del DISEÑO DE PAVIMENTO.

En mi calidad de Ingeniero Civil, con T.P. No. 0820280868 ATL certifico que he realizado el Diseño de la Estructura del Pavimento del proyecto denominado: **"AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA MALLA VIAL EN DIFERENTES SECTORES DEL BARRIO MANANTIAL DEL DISTRITO DE RIOHACHA, LA GUAJIRA"**, a desarrollarse en el Distrito de Riohacha, Departamento de La Guajira, así mismo hago constar que el Diseño de Pavimento se realizó ajustándose a las normas técnicas que rigen la materia, específicamente los requisitos técnicos del Manual de Diseño de Pavimentos del INVIAS y las Normas Técnicas Colombianas (NTC).

Aunado a lo anterior, me permito **CEDER** al **DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA**, de manera voluntaria y libre de presión alguna, los derechos que me corresponden del Diseño de la Estructura del Pavimento del antes citado proyecto, por ello, me permito anexar a esta certificación los siguientes documentos:

Para los fines pertinentes, anexo los siguientes documentos:

- Informe de Diseño de Pavimento y Plano Estructural de Pavimento Rígido, debidamente firmados.
- Copia de mi Tarjeta o Matrícula Profesional y certificado de vigencia.
- Copia de mi Cédula de Ciudadanía.

Atentamente,

MIGUEL GARCIA ROMANI
CC 8.779.465 DE SOLEDAD (ATL)
M.P No. 0820280868 ATL.