

# **ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO**



## **DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y CONSTRUCCION**

### **CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

#### **Verificación del Diseño del Pavimento Rígido del Tramo Coaque – Pedernales de la Carretera San Vicente – Pedernales Corredor Arterial E-15**

**Previa la obtención del Título de:**

**INGENIERO CIVIL**

**ELABORADO POR:**

**DIEGO RUBEN BRAZALES HARO**

**SANGOLQUÍ, ENERO DE 2012**

# PAVIMENTOS

## 1.- DEFINICIÓN

Estructura simple o compuesta que tiene una superficie regularmente alisada destinada a la circulación de personas, animales y/o vehículos.

Su estructura se halla formada por diferentes capas de materiales tales como: Capa de Rodadura, Base, Sub-base, Sub-Rasante, colocada sobre un terreno de fundación resistente a las cargas, a los agentes climatológicos y a los efectos abrasivos del tránsito.

### 1.1.- Material Resistente

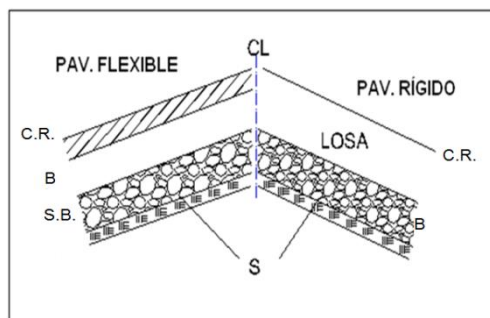
Material inerte, resistente a los esfuerzos que se producen en la estructura, generalmente constituido por piedra o constitutivos de ella (piedra partida, arena o polvo de piedra).

### 1.2.- Material Ligante

Material de liga, que relaciona entre sí a los elementos resistentes proporcionándoles la necesaria extensión.

Casi siempre es un constitutivo del suelo, como la arcilla, o un aglutinante por reacción química, como la cal o el CEMENTO; o en su defecto, un material bituminoso. Se le denomina material aglutinante.

## 2.- ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO



**Figura 1:** Esquema de tipos de pavimentos, (Fuente del Artículo del Ing. Samuel Mora Q., FIC UNI, ASOCEM).

## **LEYENDA:**

C.R = Capa de Rodadura

Losa = Hormigón de Cemento Portland.

B = Base

S.B = Sub - Base

S = Sub - Rasante

## **3.- TIPOS DE PAVIMENTOS**

A. Pavimentos Flexible (PA)

B. Pavimentos Rígidos (PCH)

C. Pavimentos Adoquinados

D. Otros que van a depender del material, de sus características estructurales y el proceso de construcción.

## **4.- PAVIMENTO RÍGIDO.**

### **4.1.- GENERALIDADES**

Además de cumplir con resistir los esfuerzos normales y tangenciales transmitidos por los neumáticos y su constitución estructural, bien construida (Gran Resistencia a la Flexo-Tracción, a la Fatiga y elevado Modulo de Elasticidad), debe tener el espesor suficiente que permita introducir en los casos más desfavorables solo depresiones débiles a nivel del suelo del terreno de fundación y cada nivel estructural apto para resistir los esfuerzos a los que está sometido. Debe cumplir con satisfacer también las *características principales* del Pavimento de Concreto Hidráulico (**PCH**):

- Estar previstas para un **período de servicio largo** y,
- Prever un **bajo mantenimiento**.

### **4.2.- FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PERFORMANCE DE LOS PAVIMENTOS**

- Tráfico

- Clima
- Geometría del Proyecto (Diseño Vial)
- Posición de la estructura
- Construcción y Mantenimiento

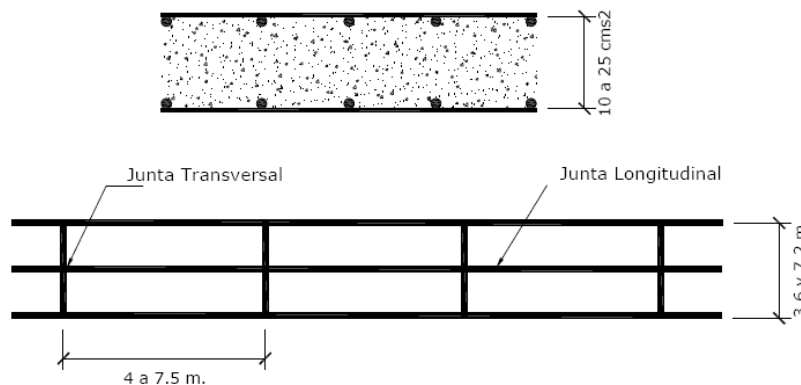
#### 4.3.- TIPOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS \*

(Fuente de Artículo del Ing. Samuel Mora Q., FIC UNI, ASOCEM)

##### *Pavimentos de Concreto Hidráulico Simple (PCH S)*

El concreto asume y resiste las tensiones producidas por el tránsito y las variaciones de temperatura y humedad

a) **Sin elementos de Transferencia de Carga.-** Aplicación: Tráfico Ligero, clima templado y se apoya sobre la sub-rasante, en condiciones severas requiere del Cimiento granular y/o tratado, para aumentar la capacidad de soporte y mejorar la transmisión de carga.

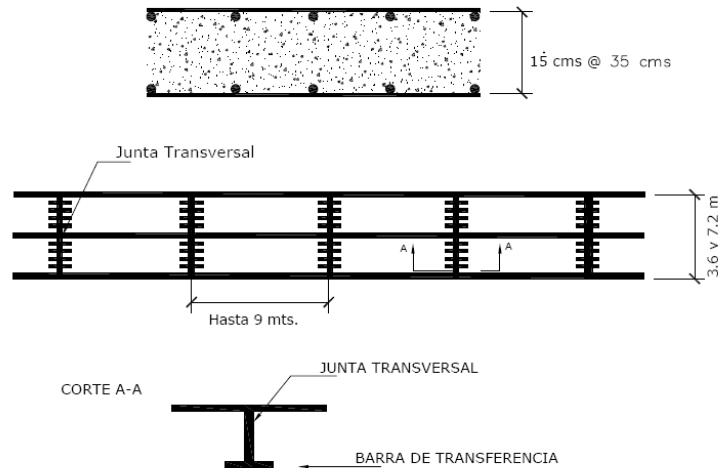


**Figura 2:** Detalle Método constructivo de Juntas para PCH S Sin elementos de Transferencia de Carga, (Fuente del Artículo del Ing. Samuel Mora Q., FIC UNI, ASOCEM).

b) **Con elementos de Transferencia de Carga o Pasadores.-** Pequeñas barras de acero, que se colocan en la sección transversal, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando las

condiciones de deformación en las juntas, evitando los desplazamientos verticales diferenciales (escalonamiento).

Aplicación: Tráfico mayor de 500 Ejes Eq. De 18000lbs .



**Figura 3:** Detalle Método constructivo de refuerzo en juntas para PCH S con elementos de Transferencia de Carga o Pasadores, (Fuente del Artículo del Ing. Samuel Mora Q., FIC UNI, ASOCEM).

## 4.4.- DISEÑO DE JUNTAS

### 4.4.1.- INTRODUCCIÓN

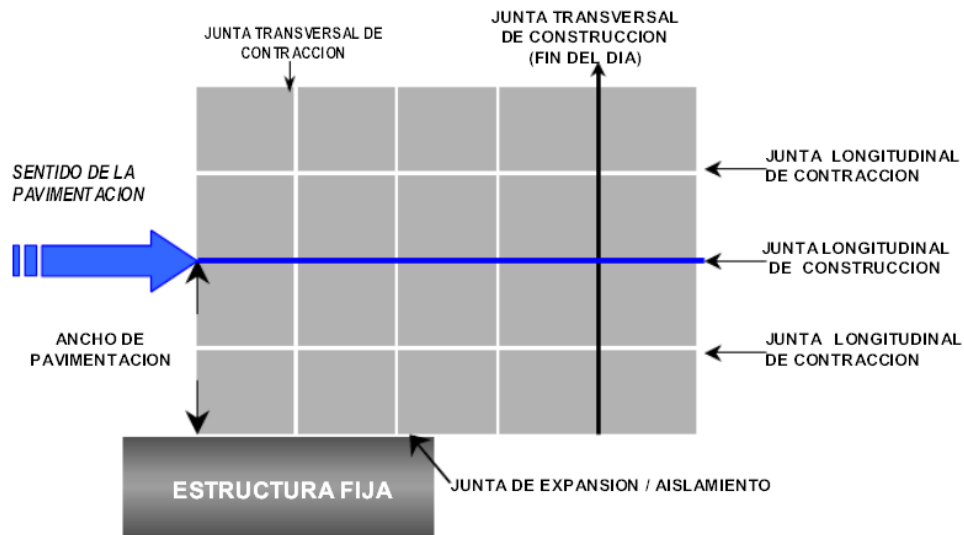
Las juntas se crean para evitar que las grietas inducidas por secado, temperatura y cambios en los contenidos de agua se presenten de manera desordenada, sin patrones geométricos.

El espesor del pavimento no es lo único sujeto a diseño. También es necesario definir la longitud y ancho de todas y cada una de las losas que se van a construir.

La experiencia ha demostrado que las fisuras de contracción se presentan con espaciamientos irregulares, entre 12 m y 25 m, dependiendo de las condiciones de curado, de las características del concreto y del soporte de las losas, de las condiciones ambientales, etc.

Cuando el concreto se endurece, queda sometido a la acción de los agentes climáticos que obligan a las losas de concreto a tomar posiciones cóncavas y convexas, que a su vez le inducen a las losas esfuerzos de tracción en la cara inferior y en la superior respectivamente.

#### 4.4.2.- TIPOS DE JUNTAS



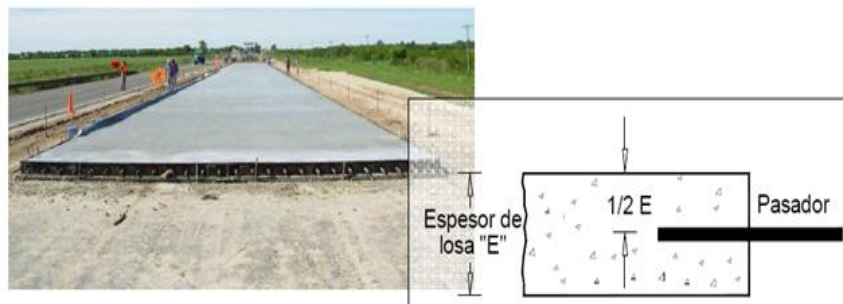
**Figura 4:** Tipos de Juntas (Fuente de la Scribd “Pavimentos - Diseño y Construcción de Juntas”)

#### JUNTAS TRANSVERSALES DE CONSTRUCCION

Son las ejecutadas al final de cada día de labores, o aquellas realizadas por necesidades de proyecto en instalaciones o estructuras existentes. Ejemplo: caminos de pendientes para dar gálibo en puentes, así como en aproches de puentes.



**Fotografía 1:** Junta Transversal de Construcción Carretera Cumbe – Oña



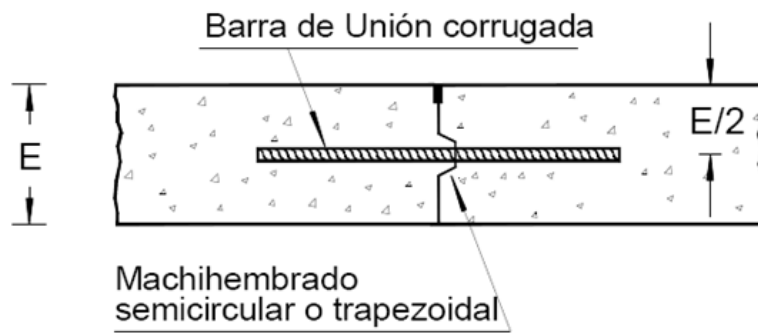
**Figura 5:** Esquema de Juntas Transversales de Construcción, (Fuente del un artículo escrito por el Ing. Diego H Calo sobre Diseño de Pavimentos Rígidos del Instituto de Cemento Portland Argentino), la fotografía es de una vía de la Ciudad de Córdoba, Argentina)

### JUNTAS LONGITUDINALES DE CONSTRUCCION

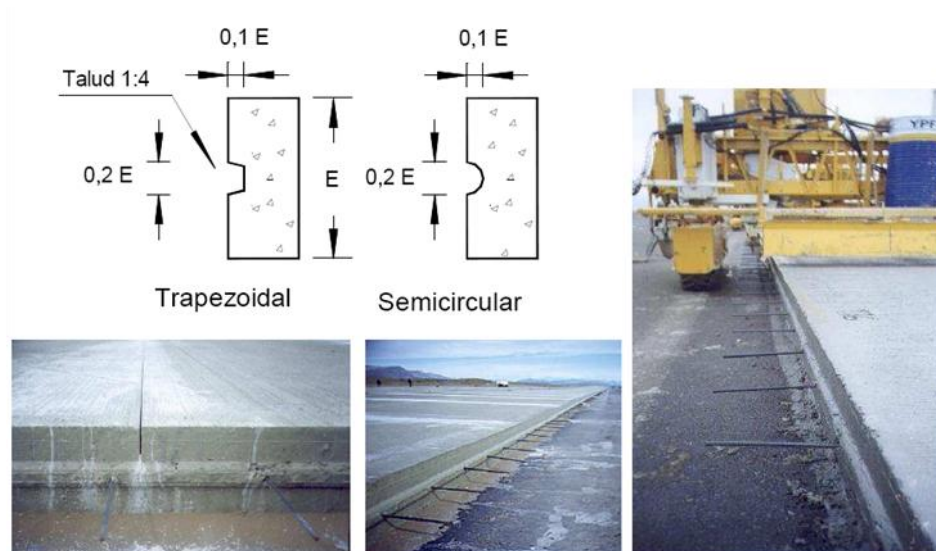
Son aquellas juntas existentes entre dos carriles construidos en diferentes etapas, estas juntas se emplean para controlar las fisuras longitudinales debido a esfuerzos adicionales en las losas



**Fotografía 2:** Junta Longitudinal de Construcción Carretera Cumbe – Oña







**Figura 6:** Esquema de Juntas Longitudinales de Construcción (Fuente del un artículo escrito por el Ing. Diego H Calo sobre Diseño de Pavimentos Rígidos del Instituto de Cemento Portland Argentino)

## SEPARACIÓN DE JUNTAS

Está dada por las dimensiones de ellas ó lo que se conoce como “espaciamiento de juntas”.

- A menor N° de juntas, menor riesgo de deterioro, y mayor, comodidad del pavimento.
- A menor distancia de juntas, menor variación de apertura, y menor, transferencia de cargas.
- A menor distancia de juntas, menor tensiones por gradiente térmico.

Por las experiencias realizadas, se demuestra que el espaciamiento de juntas más conveniente, sea del orden de los 5 metros, resultando las siguientes probabilidades:

- A menor espaciamiento, mayor costo del pavimento.
- A mayor espaciamiento, mayor riesgo de fisuración no controlada.

### **Profundidad de la ranura**

Debe estar comprendida entre  $1/3$  y  $1/4$  del espesor de la losa.

### **Pasadores**

Si la cimentación de la estructura del pavimento no es estabilizada con cemento, el riesgo de la presencia del fenómeno del bombeo está dada, por lo que; se recomienda, siempre, el uso de pasadores de acero no corrugado, con las siguientes características:

- Longitud = 45 cm
- Espaciamiento = 30 cm
- Diámetro  $f = 3.0$  cm (espesor de losa  $> 25$  cm)
- Diámetro  $f = 2.5$  cm (espesor de losa  $\leq 25$  cm)
- Disposición:  $1/2$  del espesor de la losa (a la mitad)

### **Barras de unión**

Si las juntas de retracción-flexión y/o de construcción son atravesadas por las cargas, se recomienda, en estos casos, que la junta quede cerrada (coser la junta) con barras de unión de acero no corrugado, con las siguientes características:

- Longitud = 75 cm
- Espaciamiento = 100 cm
- Diámetro  $f = 1.2$  cm
- Disposición:  $1/2$  del espesor de la losa (a la mitad)

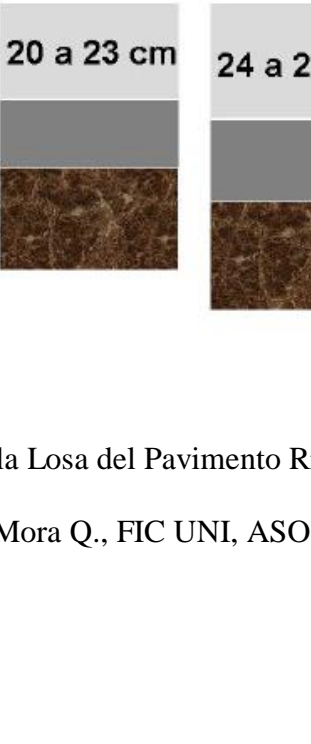
## 4.5.- CALCULO DEL ESPESOR DE LA LOSA PARA PAVIMENTOS DE HORMIGON HIDRAULICO

- Métodos
- PCA
- AASHTO 1993
- AASHTO 1998
- AASHTO 2002 (Evalúa Costos)

Se diseña para prevenir agrietamiento de la losa

El Espesor de la Losa – El Método AASHTO 1998(2002)

<u>Nivel de Tránsito</u> Camiones / Día	<u>Bajo</u> 400	<u>Mediano</u> 1500	<u>Alto</u> 3000
Losa	20 a 23 cm	24 a 26 cm	27 a 30 cm
Firme (Base)			
Cimiento (Sub base)			



**Figura 7:** Calculo de espesores del la Losa del Pavimento Rígido (Fuente del Artículo del Ing. Samuel Mora Q., FIC UNI, ASOCEM).

## 4.6.- VERIFICACIÓN DEL DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS

**RÍGIDOS.** (Fuente del Código de Prácticas para el diseño de pavimento de cemento de hormigón recubierto-Centro de Investigación de Carreteras de Bruselas).

El método utilizado para el cálculo de verificaciones es el C.R.R. – R 57/85

### 4.6.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA

La carga representativa viene caracterizada por:

- ✓ La fuerza vertical  $F= 0.0635\text{MN}$
- ✓ El radio de la superficie de contacto  $a= 0.16\text{m}$

Para calcular los efectos de cargas correspondientes a otros pesos de ejes se puede consultar en la tabla siguiente:

**Tabla 1:** Características de las Cargas Vehiculares (Fuente del Código de Prácticas para el diseño de pavimento de cemento de hormigón recubierto-Centro de Investigación de Carreteras de Bruselas).

PESO DEL EJE (TON)	FUERZA F (MN)	RADIO a (m)
4	0,0195	0,1
6	0,0293	0,12
8	0,0391	0,13
10	0,0488	0,14
12	0,0586	0,15
13	0,0635	0,16
14	0,0684	0,165
16	0,0781	0,17
18	0,0878	0,18

La presión de inflado:

El radio del área de contacto se determina de la siguiente manera:

$$a = \sqrt{\frac{\text{CARGA DE LA RUEDA SIMPLE EQUIVALENTE}}{3.14 * \text{PRESION DE INFLADO}}} \quad (1)$$

#### 4.6.2.- CARACTERÍSTICA DE LA ESTRUCTURA

La estructura de un pavimento rígido, está caracterizado por los siguientes parámetros:

##### Rigidez en flexión de la estructura

$$D = \sum D_i \cdot C_i \quad (2)$$

En donde:

**Di:** La rigidez de flexión de las capas constituyentes de la estructura

**Ci:** Factores correctores en donde su valor depende del valor del coeficiente de Poisson del material constituyente

Hormigón Hidráulico  $C_i = 1.0$

Hormigón Pobre Capa de mezcla asfáltica  $C_i = 1.08$

Material Granular  $C_i = 1.25$

##### Radio de rigidez relativa de la estructura

$$l = \sqrt[3]{2(1 - \mu_s^2) \frac{D}{E_s}} \quad (3)$$

**En donde:**

**Es** = Modulo de Elasticidad del suelo Mpa.

**μ<sub>s</sub>**= Coeficiente de Poisson del suelo.

**Factor de distribución del momento de flexión**

$$\beta = D_i / D \quad (4)$$

$$D_i = E_1 \cdot h^3 / 12(1 - U_1^2) \quad (5)$$

**En donde:**

**E1** = Modulo de Elasticidad MPa

**h1** = Espesor de la losa (m)

**u1** = Coeficiente de Poisson

#### 4.6.3.- EXPRESIÓN DE LOS ESFUERZOS DE FLEXIÓN

##### Acción de una sola carga

La expresión del esfuerzo de flexión  $\sigma$ (MPa) que solicita a la losa, bajo la acción de una sola carga de intensidad F(MN), situada en el borde, en el centro y en la esquina de la losa.

##### - Carga en el borde de la losa

$$\sigma = \frac{0.529F}{h1^2} * Jc(1 + 0.54\mu1)\beta1 \left\{ \log \left[ 12(1 - \mu1^2) \left( \frac{l}{b} \right)^4 - 0.71 \right] \right\} \quad (6)$$

##### - Carga en el centro de la losa

$$\sigma = \frac{0.529F}{h1^2} * Jc(1 + \mu1)\beta1 \left\{ \log \left[ 12(1 + \mu1^2) \left( \frac{l}{b} \right)^4 \right] \right\} \quad (7)$$

##### - Carga en la esquina de la losa

$$\sigma = \frac{4.2F}{h1^2} * Jc * \beta1 \left[ 1 - \frac{\sqrt{\frac{a}{l}}}{0.925 + 0.22 * \frac{a}{l}} \right] \quad (8)$$

**En donde:**

$$b = \sqrt{1.6a^2 + h1^2} - 0.675h1 \quad (9)$$

Cuando  $a1 \leq 1.274h1$

**b** = cuando  $a \geq 1.274h1$

**h1** = Espesor de la losa

**$\mu1$**  = Coeficiente de poisson = 0.2

**Jc** = Coeficiente de impacto que puede tener los siguientes valores

**Jc** = 1.3 En autopistas industriales que presentan riesgo de sobrecarga

**Jc** = 1.2 En vías arteriales y colectores que no presentan riesgo de sobrecarga

**Jc** = 1.1 En vías locales

**Jc** = 1.0 En los otros casos

### Acción del gradiente térmico

A continuación se indican las expresiones del esfuerzo de flexión  $\sigma_t$  (MPa) resultante de la acción de un gradiente de temperatura  $t$  ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ), sobre la losa, estas expresiones corresponden a puntos bien determinados de la losa como son:

#### En el borde

$$\sigma_t = \frac{1}{2} * E_o * \alpha t * h_l * C_x \quad (10)$$

#### En la junta

$$\sigma_t = \frac{1}{2} * E_o * \alpha t * h_l * C_y \quad (11)$$

#### Centro

$$\sigma_t = \frac{1}{2} * E_o * \alpha t * h_l * \frac{C_x * \mu l * C_y}{1 - \mu l^2} \quad (12)$$

### 4.6.4.- ESFUERZOS DE ORIGEN TÉRMICO – VALORES $C_x$ Y $C_y$

**Tabla 2:** Cuadro de Esfuerzos de Origen Térmico – Valores  $C_x$  y  $C_y$

$\omega$	$C_x$ ( $C_y$ )	$\omega$	$C_x$ ( $C_y$ )	$\omega$	$C_x$ ( $C_y$ )	$\omega$	$C_x$ ( $C_y$ )	$\omega$	$C_x$ ( $C_y$ )
0,2	0,000	2,6	0,109	5,0	0,714	7,4	1,052	9,8	1,079
0,4	0,000	2,8	0,142	5,2	0,761	7,6	1,062	10,0	1,076
0,6	0,000	3,0	0,181	5,4	0,805	7,8	1,070	10,2	1,073
0,8	0,001	3,2	0,225	5,6	0,845	8,0	1,076	10,4	1,069
1,0	0,003	3,4	0,274	5,8	0,882	8,2	1,080	10,6	1,066
1,2	0,005	3,6	0,326	6,0	0,914	8,4	1,083	10,8	1,062
1,4	0,010	3,8	0,381	6,2	0,943	8,6	1,085	11,0	1,058
1,6	0,017	4,0	0,438	6,4	0,969	8,8	1,086	11,2	1,054
1,8	0,027	4,2	0,496	6,6	0,981	9,0	1,086	11,4	1,050
2,0	0,040	4,4	0,553	6,8	1,010	9,2	1,085	11,6	1,046
2,2	0,058	4,6	0,609	7,0	1,027	9,4	1,084	11,8	1,042
2,4	0,081	4,8	0,663	7,2	1,040	9,6	1,082	12,0	1,039

Los factores de carga  $C_x$  y  $C_y$  se determinan en la tabla o en la figura, el valor del parámetro  $w$ , se lo calcula de la siguiente manera.

$$\omega = \frac{l}{l * B1} \quad (13)$$

$$\omega = \frac{B}{l * B1} \quad (14)$$

En dónde:

**E0** = es el modulo de elasticidad del hormigón de cemento que corresponde a los tiempos de carga de larga duración MPa.

**$\alpha t$**  = coeficiente de dilatación lineal del hormigón en regla general

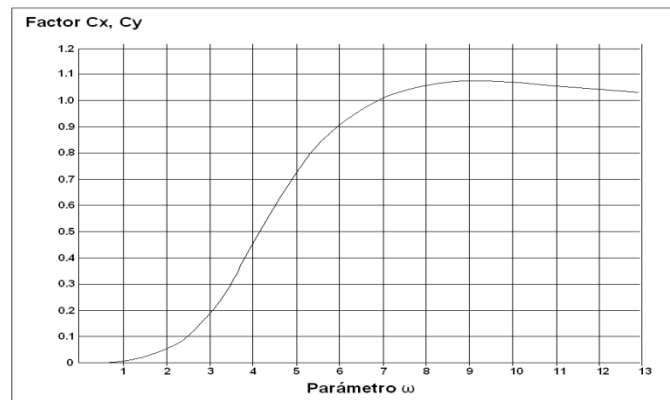
$$\alpha t = 10 \cdot 10^{-6} (1/^\circ\text{C}) \quad (15)$$

$h_1$  y  $l$  son respectivamente el espesor de la losa y el radio de rigidez relativo de la estructura en m.

$\beta_1$  = es el factor de distribución del momento de flexión.

$L$  = es la longitud de la losa (m)

$B$  = es el ancho de la losa (m)



**Figura 8:** Factores ( $C_x$ ,  $C_y$ ) vs Parámetro ( $\omega$ ) (Fuente del Código de Prácticas para el diseño de pavimento de cemento de hormigón recubierto-Centro de Investigación de Carreteras de Bruselas).



Los esfuerzos debidos a la acción de un gradiente térmico, no son necesarios de calcular cuando:

- ✓ El largo de las losas de un revestimiento discontinuo son inferiores a 6 m
- ✓ En el caso de un pavimento de hormigón armado
- ✓ La figura representa la función

$$e = 1 - \frac{2(\sinh.\frac{\lambda}{2}.\cos.\frac{\lambda}{2} + \cosh.\frac{\lambda}{2}.\sen.\frac{\lambda}{2})}{\senh\lambda + \sen\lambda} \quad (23) ; \quad \lambda = \frac{\omega}{\sqrt[2]{Z}} \quad (16)$$

### **Determinación de la deformación a nivel del suelo.**

La flecha vertical al nivel del suelo resultante de la acción de una carga vertical.

$$\omega = K. \frac{F.l^2}{D} \quad (17)$$

F = Intensidad de la fuerza MN

l = Radio de Rigidez relativa de la estructura (m)

D = Rigidez en flexión de la estructura (MNm)

El valor del coeficiente K dependen de las condiciones de carga

- ✓ En el borde K1= 0.397
- ✓ Junto a un dispositivo de transferencia de carga K1= 0.265
- ✓ Fisura de un hormigón armado continuo K1=0.221
- ✓ En el centro K1= 0.125

La flecha Vertical al nivel del suelo resultante de la acción de cargas no circulares de gran dimensión, se puede calcular con la ayuda de los ábacos de Pickett y Ray, establecido para los casos siguientes:

- ✓ Flecha vertical en el borde de la losa
- ✓ Flecha vertical en la parte central de la losa

El procedimiento es análogo al que se aplica para determinación de los esfuerzos de flexión, la flecha vertical entonces viene dada por la expresión siguiente:

$$\omega = \frac{0.0005ql}{D} \times \frac{K_1}{0.441}. \quad (18)$$

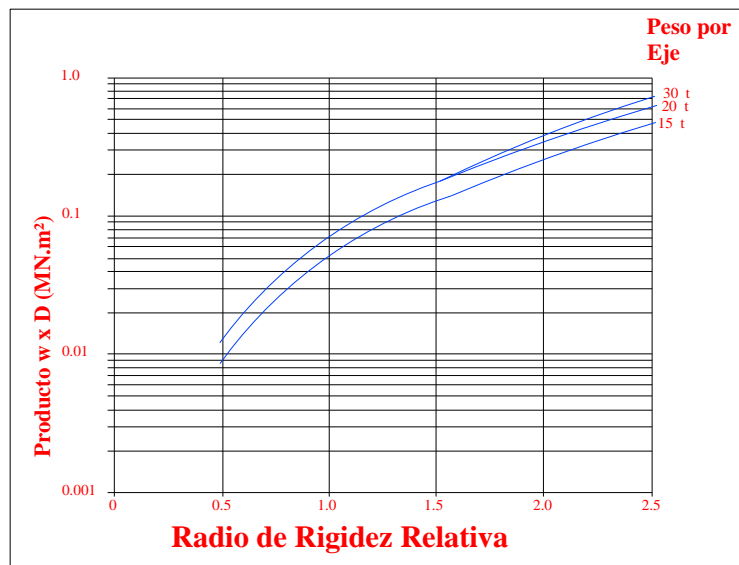
**En donde:**

q= presión de inflado (MPa)

l= radio de rigidez relativa (m)

D= rigidez en flexión de la estructura (MN x m)

En el caso de vehículos especiales destinados a transporte excepcional, el camino a seguirse se presenta en la figura siguiente.



**Figura 9:** Convoy de referencia para transportes excepcionales: producto (flecha vertical \* rigidez en flexión) (Fuente del Código de Prácticas para el diseño de pavimento de cemento de hormigón recubierto-Centro de Investigación de Carreteras de Bruselas).

La variación del producto  $\omega.D$  en función del radio de rigidez relativa, para las condiciones de carga relativas a los ejes del convoy de referencia (figura 9).

Para obtener el valor investigado de la flecha vertical  $\omega$  (m), se los puede despejar del producto dado por la rigidez en flexión  $D$  (MNm) de la estructura.

#### **4.6.5.- CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO**

Se adoptaron los siguientes criterios de dimensionamiento.

##### **Limitación del esfuerzo total de flexión**

El esfuerzo total de flexión  $\sigma_t$  (MPa) debe verificar la siguiente condición.

$$\sigma_T \leq \sigma_m \quad (19)$$

Donde:

$\sigma_m$  = es el esfuerzo máximo admisible

$\sigma_T$  = esfuerzo total de flexión.

##### **Teniendo en cuenta que:**

- ✓ En el caso de losas discontinuas de largo  $L$  superior o igual a 6m, el esfuerzo total será igual a:

$$\sigma_T \text{ (MPa)} = \sigma + \sigma_t \quad (20)$$

- ✓ En el caso de una losa armada continua o de losas de longitud  $L < 6m$ , el esfuerzo total será igual a:

$$\sigma_T \text{ (MPa)} = \sigma \quad (21)$$

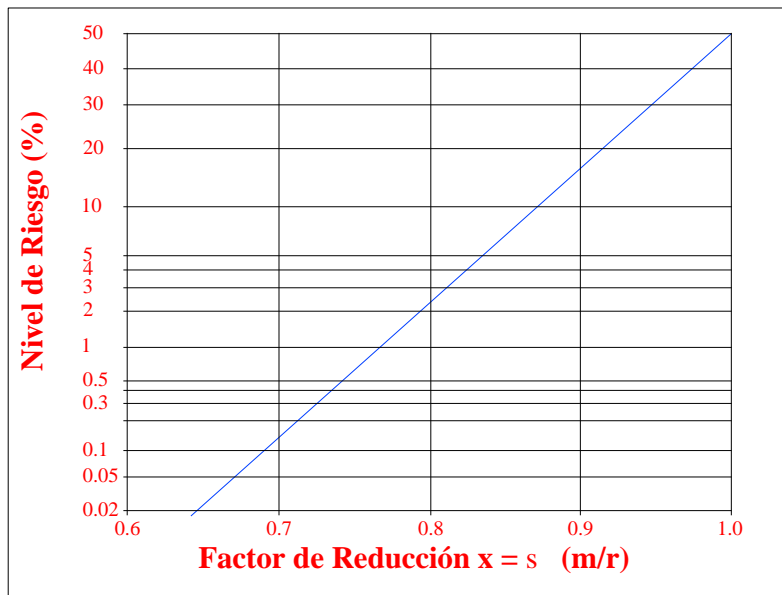
Para determinar el esfuerzo máximo admisible, se procederá como se indica a continuación

- ✓ Calcular el número acumulado de aplicaciones del esfuerzo total  $\sigma$  tal que:

$$\eta = 0.25 \text{ (Nc/1000) Caso de losas discontinuas con } L > 6m \quad (22)$$

$$\eta = 0.25 \text{ (Nc) Caso de losas discontinuas con } L < 6m \quad (23)$$

- ✓ Establecer el nivel de riesgo de rotura de la losa por fatiga en flexión alternada; en regla general el nivel de riesgo a tener en consideración para el cálculo de pavimentos de rigidez es de 2.5%.
- ✓ Determinar a partir de la figura el valor del factor de reducción X, que corresponderá el nivel de riesgo establecido; el valor del factor de reducción asociado al nivel de riesgo de 2.5% es igual a X = 0.8.



**Figura 10:** Riesgo de Ruptura de la Capa (Fuente del Código de Prácticas para el diseño de pavimento de cemento de hormigón recubierto-Centro de Investigación de Carreteras de Bruselas).

Para este nivel de riesgo, el esfuerzo máximo admisible se determina a partir de la relación siguiente:

$$\sigma_m = 0.8\pi(1 - 0.05 \log n) \quad \text{cuando } N_c \geq 10^4 \quad (24)$$

O también:

$$\sigma_m = 0.8\pi \quad \text{cuando } N_c < 10^4 \quad (25)$$

$\pi$  = resistencia media a la tracción por flexión

## Limitación de la deformación vertical

La flecha vertical  $\omega$  (m) debe verificar la condición siguiente:

$$\omega = (1+0.7\log 0.25N_c) \leq 0.01\text{m} \quad (26)$$

## 5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En cuanto al análisis del Modulo de Elasticidad se obtuvo valores superiores a los valores normados en las especificaciones generales del MTOP, principalmente en la base granular, por lo que el redimensionamiento de la losa de hormigón no tiene valores adecuados.
- En cuanto a los ensayos de Tracción de las vigas de hormigón se debe mencionar que estos resultados (ANEXO A) deben ser considerados según el numeral 8.7.5.2 de la Norma INEN 1855, misma que el hormigón deberá ser considerado adecuado si:

*“El promedio de las resistencias de los núcleos, ensayados según 8.7.3.2 literal b (ensayo de tracción por compresión diametral), resulte por lo menos igual al 60% del Módulo de Rotura especificado (MR) y ningún núcleo tenga una resistencia menor que el 54% de dicho Módulo”*

En el caso de considerar un MR especificado de 4.5Mpa, el promedio de estos resultados deberá ser superior a 2,7 MPa, y ninguno individual inferior a 2.43 MPa.

En base a los resultados obtenidos, ya que todos se ubicó por encima de lo que exige la Norma, se considera que el hormigón ensayado cumple con el Módulo de Rotura especificado de 4.5 MPa.

- Según los criterios de dimensionamiento que han sido verificados, la estructura propuesta no puede resistir la acción de la circulación presumible, por lo que

puede presentar un riesgo excesivo de fisuración, de la losa o del fenómeno de inestabilidad del suelo de cimentación.

- Si al momento de verificar los diseños no cumplen los condicionantes respectivos en el diseño de pavimentos rígidos, se debe realizar un recalcu de espesores de la losa, diseño de juntas, diseño del tráfico con el fin de obtener valores adecuados de dimensionamiento.
- En la verificación del diseño del pavimento rígido se ha notado que los valores de esfuerzos no cumplen con los condicionantes de esfuerzo total de flexión, por lo tanto el valor del espesor del pavimento no es el adecuado.

## **5.1.- RECOMENDACIONES**

- En cuanto a la limitación de la deformación vertical no existe ningún problema, puesto que si cumple la condición y los valores de dimensiones de la estructura del pavimento si son las adecuadas, por cuanto es necesario realizar una investigación profunda del diseño de la estructura del pavimento rígido.
- Se debe diseñar para ejes equivalentes de 16Ton y no para ejes de 8Ton para evitar subdimensionamientos o sobredimensionamientos.
- Se debe realizar un control de temperatura mediante mapeos a nivel nacional para realizar los diseños de los pavimentos rígidos con valores de temperatura exactos.
- En el cálculo de diseños de la estructura de los pavimentos rígidos se sugiere tomar en cuenta un Factor de Seguridad para Esfuerzos Admisibles y Esfuerzos calculados.