



75° Aniversario

1940 - 2015

JUNTAS EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

Ing. Diego H. Calo

Coordinador Departamento Técnico de Pavimentos



Dirección Nacional de Vialidad – 5° Distrito – Salta

12 y 13 de Agosto de 2015.



DISPOSICIÓN DE JUNTAS

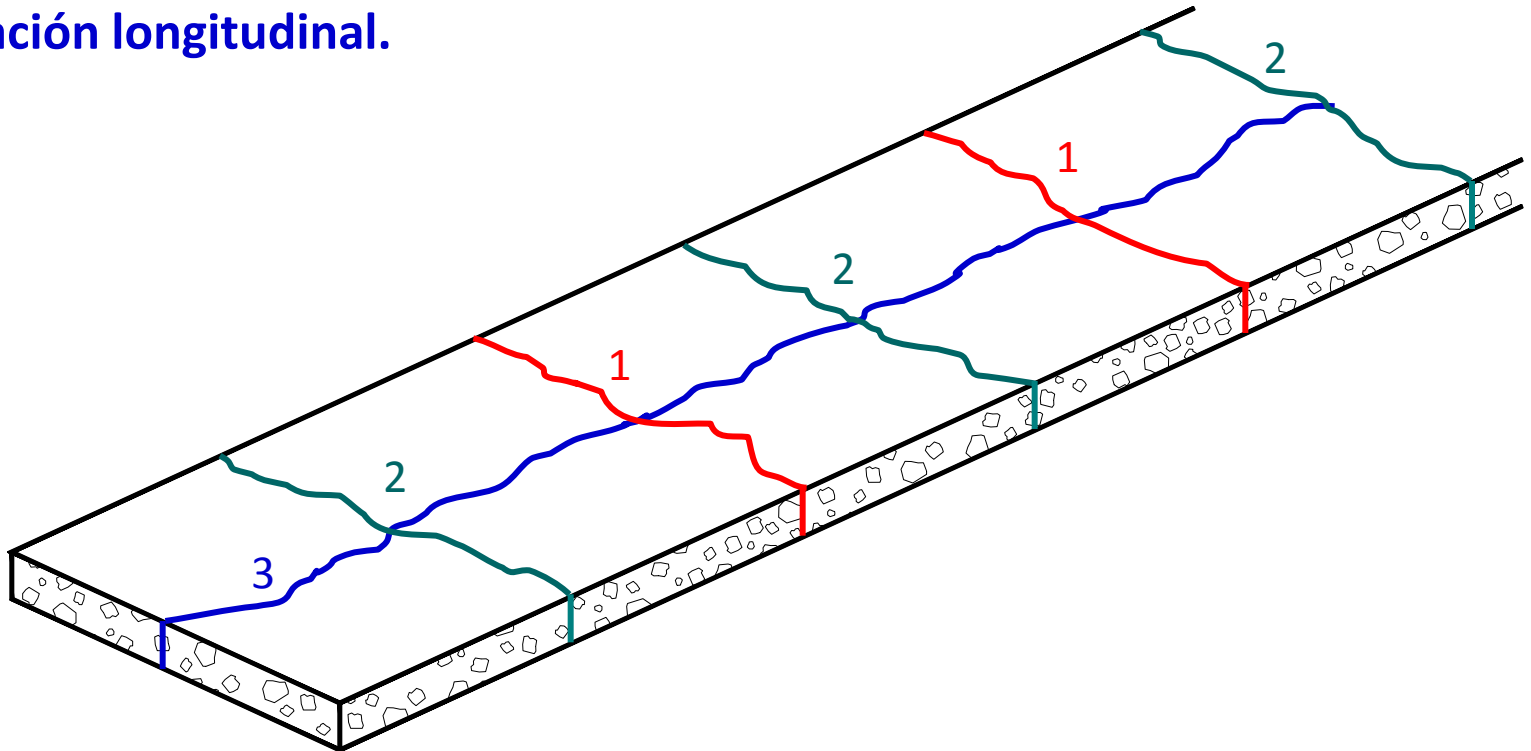
El objetivo es “copiar” el patrón de fisuración que naturalmente desarrolla el pavimento en servicio mediante un adecuado diseño y ejecución de juntas transversales y longitudinales, e incorporar en las mismas mecanismos apropiados para la transferencia de cargas.

Un adecuado diseño de las juntas permitirá:

- ⇒ Prevenir la formación de fisuras transversales y longitudinales.
- ⇒ Proveer transferencia de carga adecuada.
- ⇒ Prevenir la infiltración de agua y de materiales incompresibles a la estructura del pavimento.
- ⇒ Permitir el movimiento de las losas contra estructuras fijas e intersecciones

DESARROLLO NATURAL DE FISURAS

1. Fisuración inicial (transversal)
2. Fisuración intermedia (transversal).
3. Fisuración longitudinal.



TIPOS DE JUNTAS

❖ JUNTAS TRANSVERSALES

- ⇒ **Contracción:** Controlan la formación de fisuras
- ⇒ **Construcción:** Juntas de fin de jornada o por imposibilidad de continuar con el hormigonado.
- ⇒ **Aislación / Dilatación:** permite movimientos relativos con estructuras fijas u otros pavimentos.

❖ JUNTAS LONGITUDINALES

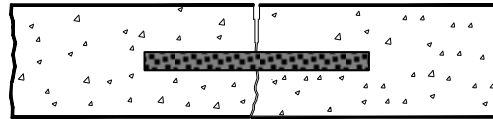
- ⇒ **Contracción: o articulación:** Controlan la formación de fisuras
- ⇒ **Construcción o ensamblada:** Pavimentación por fajas.

TIPOS DE JUNTAS

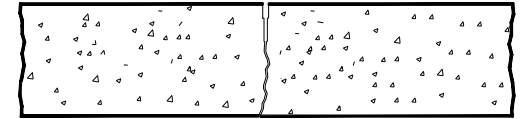
(FUERA DE ESCALA)

Junta Transversal de
Contracción con
Pasadores y sin Pasadores

A1

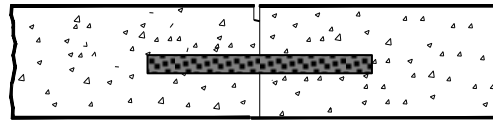


A2

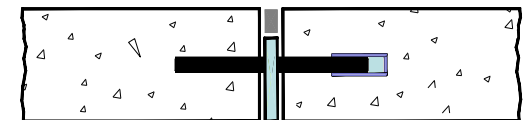


Junta Transversal de
Construcción y de dilatación

B

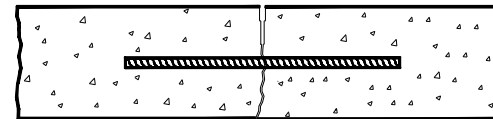


E



Junta Longitudinal de
Contracción o de articulación
con y sin Barras de Unión.

C1

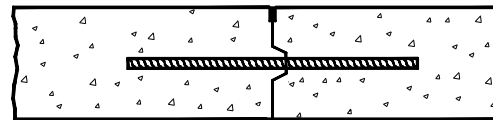


C2



Junta Longitudinal de
Construcción o ensamblada
con y sin Barras de Unión.

D1

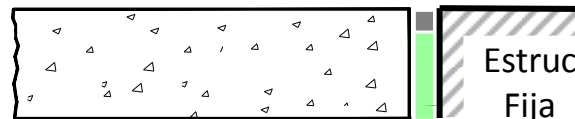


D2



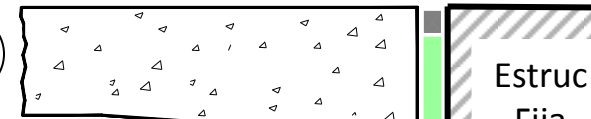
Junta de aislación sin
Sobre-espesor y con
Sobre-espesor.

F1



Estruc
Fija

F2



Estruc
Fija

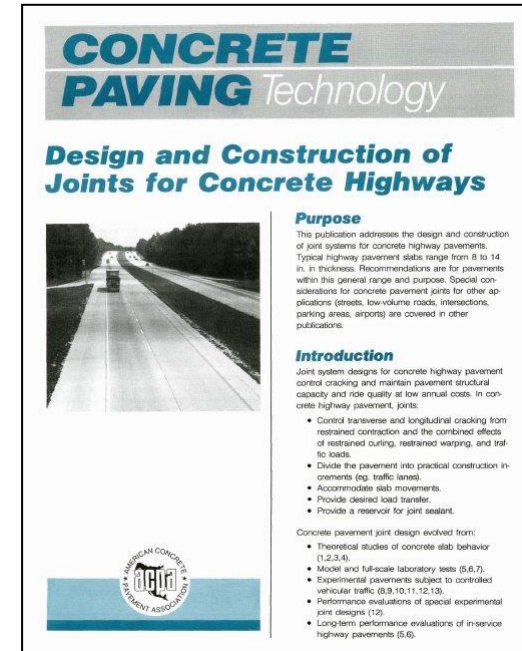
SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS

Separaciones Recomendadas

- Sep. Máxima recomendada: 6,0 m.
- Bases Cementadas: 21 x E
- Bases Granulares: 24 x E

Otras Consideraciones

- Relación largo/ancho $< 1,5$
(Recomendado $\leq 1,25$).
- Otros factores que influyen:
Coef. Dilatación Térmica del Hº,
Rigidez de la base, Condiciones
Climáticas, etc.



Siempre resulta una buena práctica para el diseño de juntas observar en la zona de implantación de la obra la existencia de vías de similares características a la que se está proyectando, y analizar las separaciones entre juntas empleadas, así como su comportamiento en servicio. De esta manera se tiene en consideración la influencia del clima, de los agregados empleados y de las condiciones de servicio.



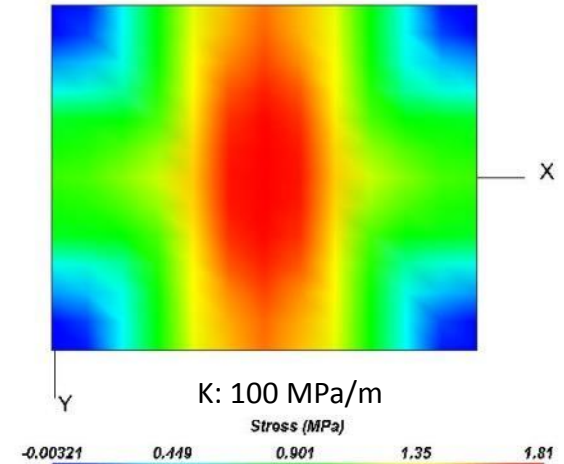
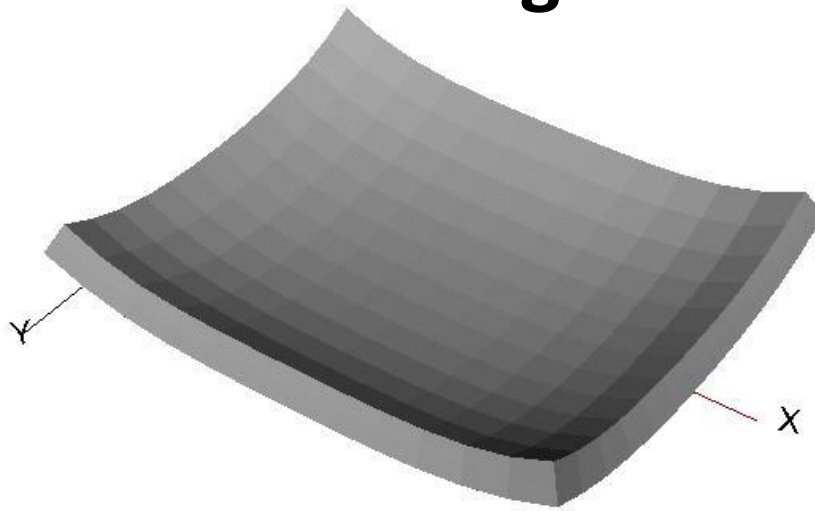
Es **FUNDAMENTAL** observar el comportamiento de pavimentos similares construidos en la zona.



Para incorporar las **LECCIONES APRENDIDAS** a los nuevos diseños

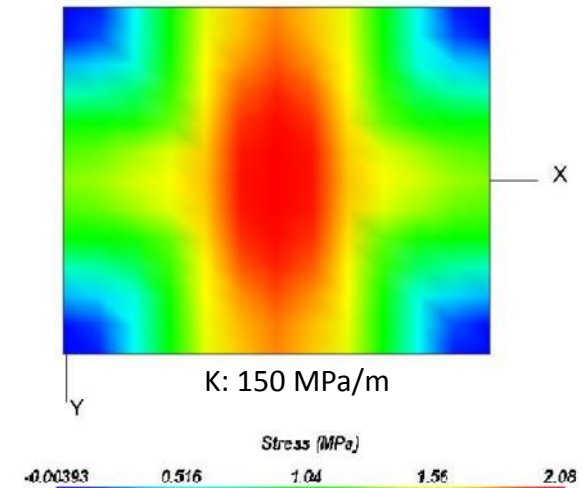
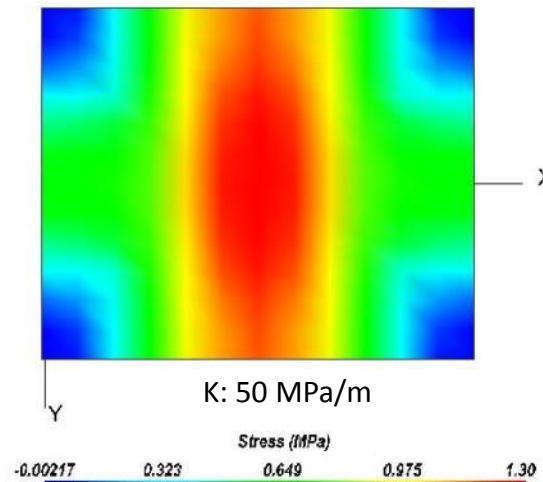
Comportamiento frente a cargas Ambientales

Influencia de la Rigidez de Apoyo



Datos:

- Espesor: 25 cm.
- Largo: 4,50 m.
- Ancho: 3,65 m.
- ΔT : 10°C.
- E: 35 GPa.
- CET: $1,10 \cdot 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$



Comportamiento frente a cargas Ambientales

Influencia del Tipo de Agregado

El tipo de agregado empleado tiene un efecto muy significativo en el comportamiento del pavimento en servicio. Esto se debe a la influencia del agregado en el módulo de elasticidad y en el coeficiente de expansión térmica del hormigón.

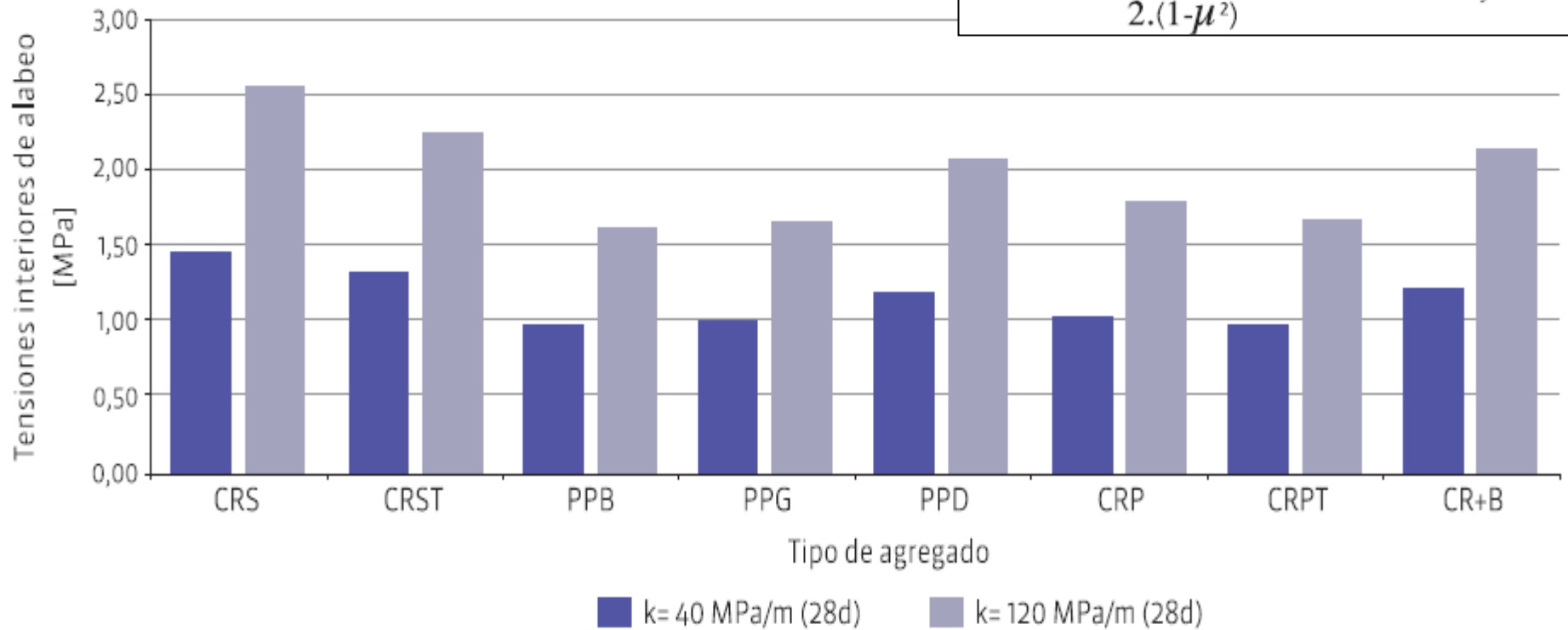
Ejemplo: Se considera una losa de 25 cm de espesor con una separación entre juntas transversales de 4,5 m y un ancho de losa de 3,65 m y se la somete a un gradiente lineal de temperatura de 10 °C.

Agregado Grueso	E [GPa]	CET [10 ⁻⁶ 1/°C]
Canto Rodado Silíceo (CRS)	43,7	12,3
CRS triturado (CRST)	38,1	11,7
Piedra Partida Granítica (PPG)	34,2	9,3
Piedra Partida Basáltica (PPB)	36,5	8,8
Piedra Partida Dolomítica (PPD)	41,1	10,4
Canto Rodado Patagonia (CRP)	41,6	8,9
CRP Triturado (CRPT)	36,7	9,0
CRS + Basalto (CR + B)	41,0	10,7

Comportamiento frente a cargas Ambientales

Influencia del Tipo de Agregado

$$\sigma_x = \frac{E \cdot CET \cdot \Delta T}{2 \cdot (1 - \mu^2)} \cdot (C_x + \mu C_y)$$



Comportamiento frente a cargas Ambientales

Influencia del Tipo de Agregado

El empleo del Canto Rodado Silíceo como agregado para un pavimento de hormigón, por contar con un alto coeficiente de expansión térmica y un elevado módulo de elasticidad, involucra un significativo incremento de las tensiones de alabeo.



Dada la influencia negativa de los agregados con alto coeficiente de expansión térmica en el desempeño tanto a largo plazo como a edad temprana, para vías donde se prevé la circulación de elevado tránsito pesado, se sugiere evitar el empleo de agregados gruesos compuestos totalmente por Cantos Rodado Silíceo, limitando su participación en la composición del agregado grueso a un máximo del 50 %.

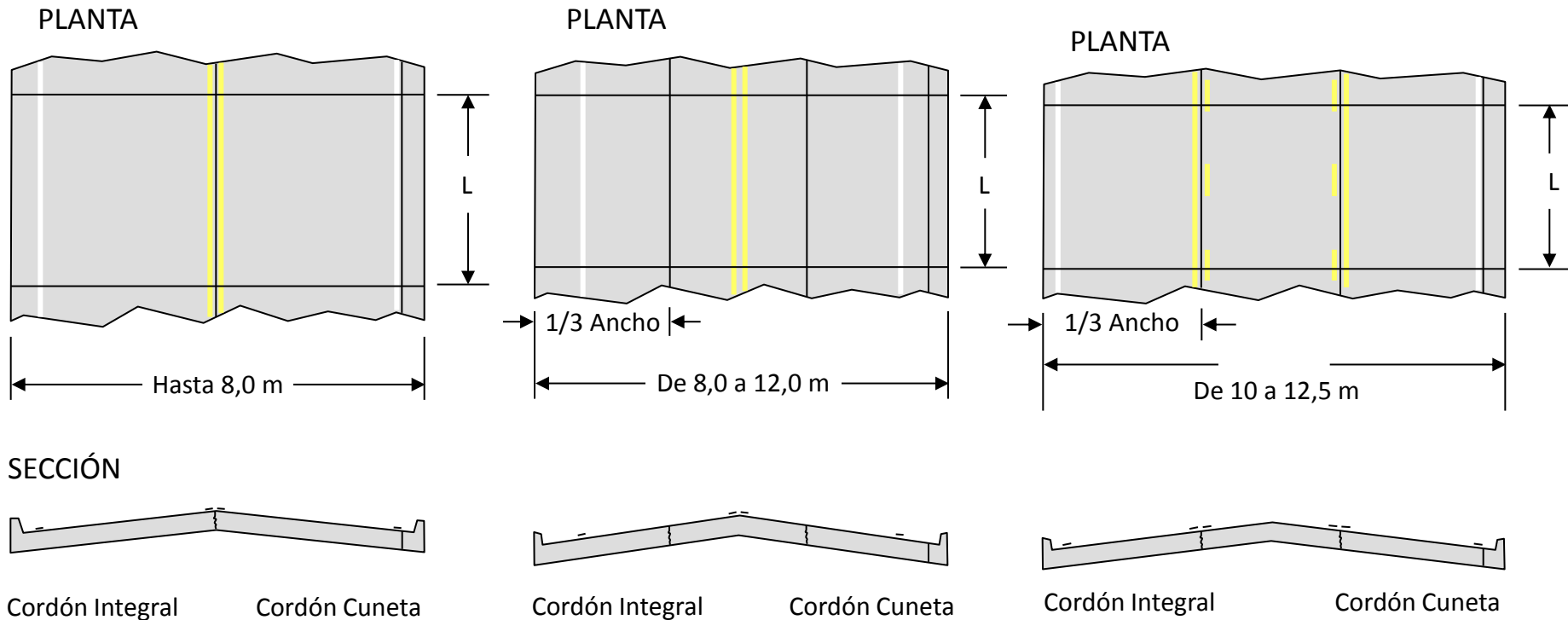
En vías urbanas, donde la circulación de vehículos pesados es poco frecuente, podría emplearse Canto Rodado Silíceo como único árido grueso en la mezcla de hormigón, aunque resulta conveniente extremar los recaudos durante la ejecución, a fin de resguardar al pavimento de los abruptos cambios de temperatura.

SECCIONES TÍPICAS

(FUERA DE ESCALA)

2 Carriles

3 Carriles



Nota: El ancho de losa nunca debe superar la máxima separación entre juntas transversales recomendada

En la medida de lo posible deben evitarse colocar juntas longitudinales en las zonas de huellas donde el tránsito se encuentra canalizado.



La ubicación de todas las juntas deben ser fijadas por el proyecto! (Si no lo están el constructor va a ubicarlas según su conveniencia).

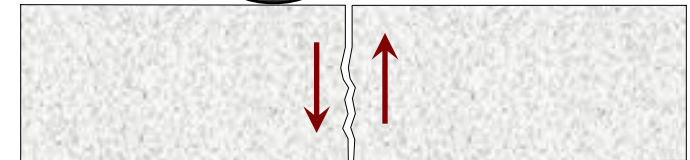
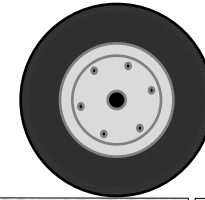
TRANSFERENCIA DE CARGA POR TRABAZÓN ENTRE AGREGADOS

Interacción de corte entre partículas de agregados de las caras de la junta por debajo del aserrado primario.

Resulta aceptable para vías de bajo tránsito pesado (80 a 120 VP/d)

El grado de transferencia de carga se encuentra afectado por:

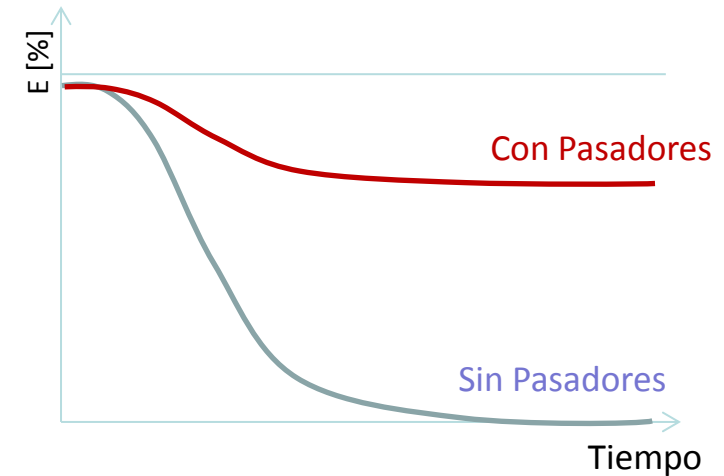
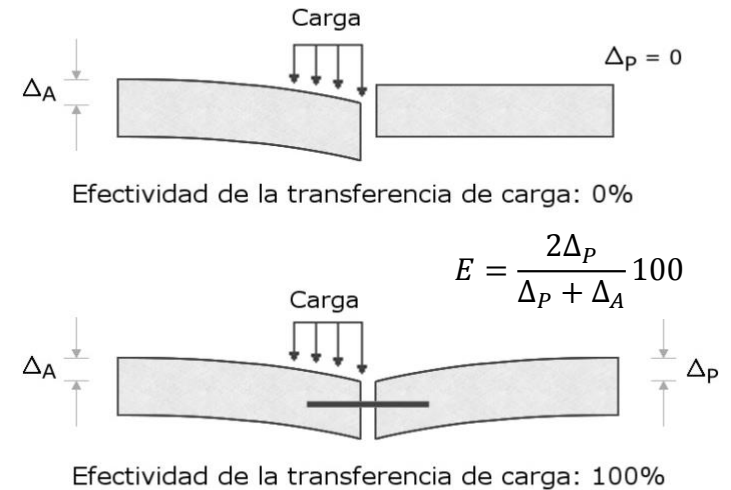
- Espesor de losa.
- Separación entre juntas (abertura de juntas)
- Empleo de agregados triturados.
- Agregados con $TM > 25$ mm.
- Subbases Rígidas.
- Condiciones de soporte en bordes.



Trabazón entre agregados por debajo del aserrado primario

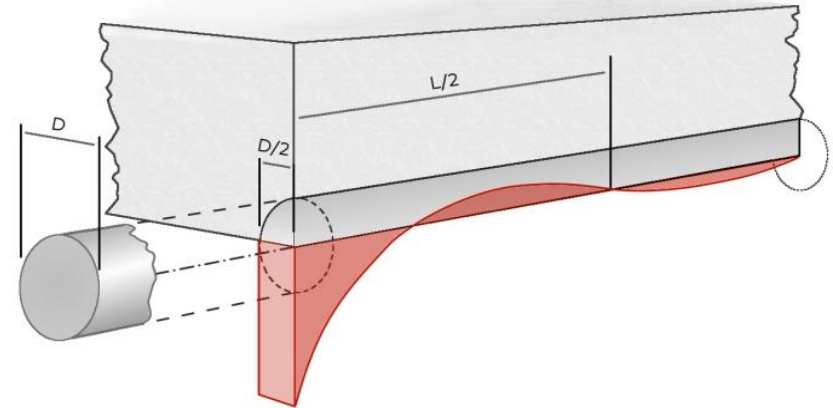


TRANSFERENCIA DE CARGA POR TRABAZÓN ENTRE AGREGADOS



TRANSFERENCIA DE CARGA - PASADORES

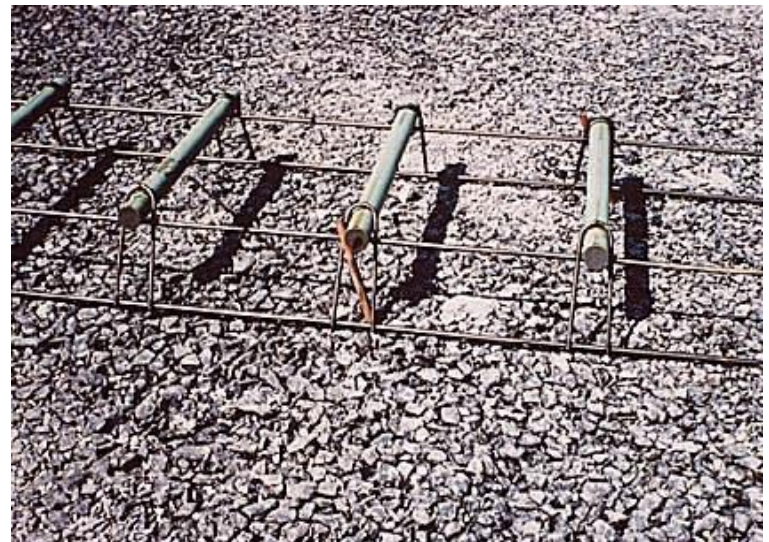
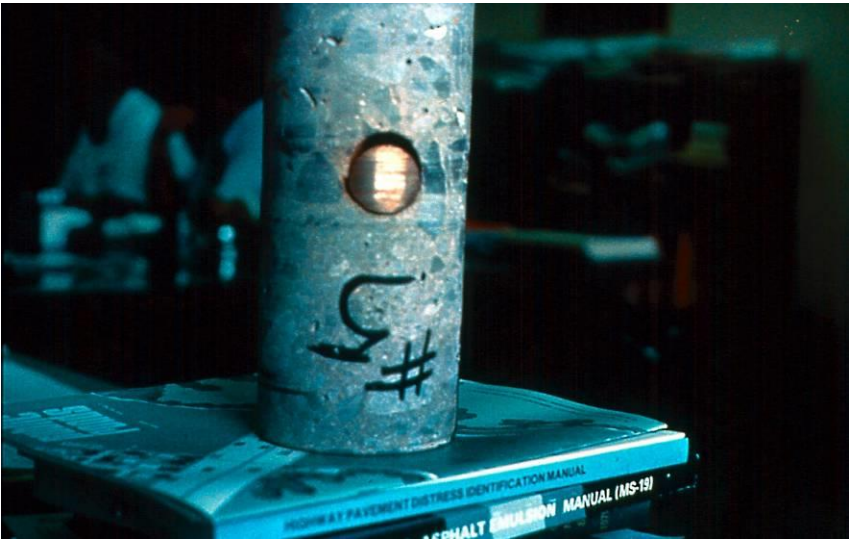
Deben emplearse en vías de Tránsito Pesado (donde no es suficiente la transferencia de carga por trabazón).



Características:

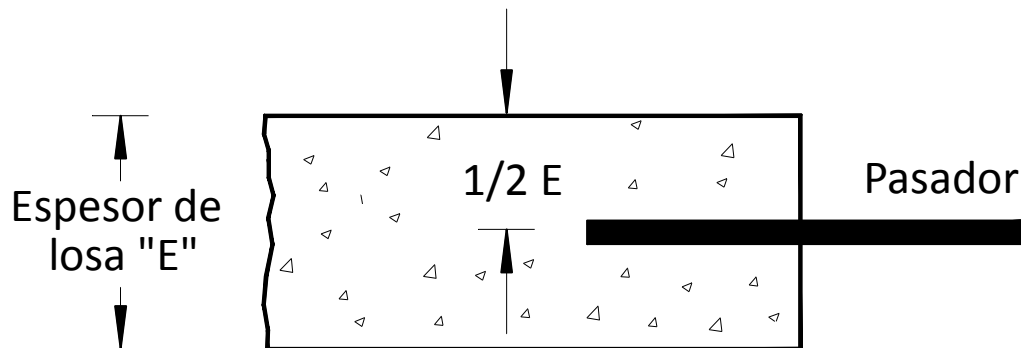
Tipo de acero	Tipo I (AL-220)
Superficie	Lisa, libre de óxido y pintados íntegramente con aceite o desencofrante
Longitud	45 cm.
Diámetro	25 mm para $E \leq 20$ cm / 32 mm para $20 < E \leq 25$ cm / 38 mm para $E > 25$ cm
Separación	30 cm. de centro a centro y 15 cm. de centro a borde
Ubicación	Paralelo al eje de calzada, Mitad del espesor de losa y Mitad a cada lado de la junta transversal

TRANSFERENCIA DE CARGA - PASADORES



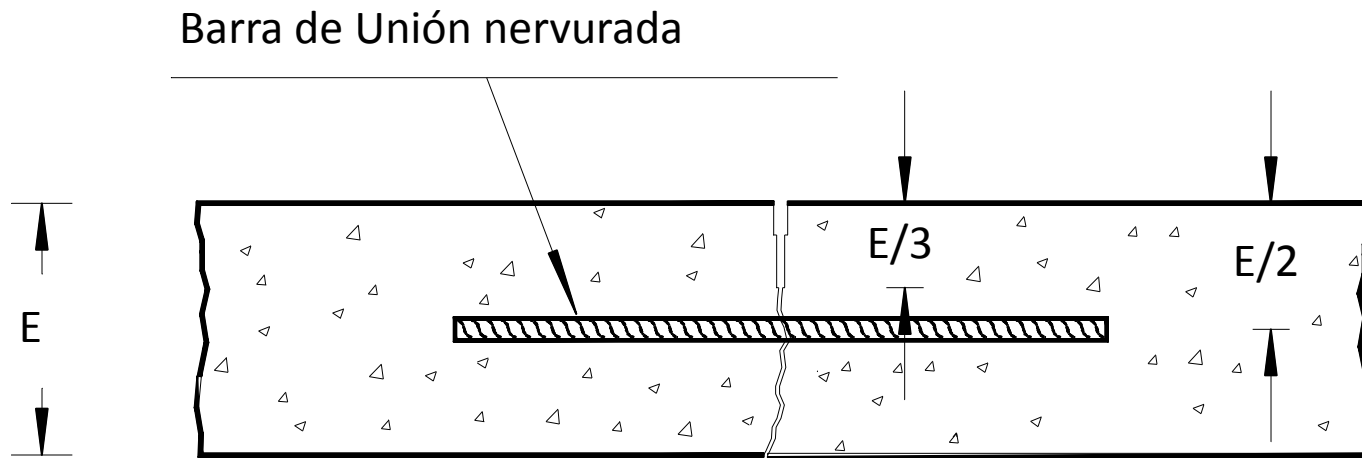
TRANSVERSALES DE CONSTRUCCIÓN

- ⇒ Se efectúan al final de la jornada de trabajo o en interrupciones programadas (puentes, estructuras fijas, intersecciones) o por imposibilidad de continuar con el hormigonado.
- ⇒ La transferencia de carga se efectúa a través del pasador.
- ⇒ Principales fuentes de rugosidad. Minimizar su empleo. Intensificar los controles con la regla de 3 m.

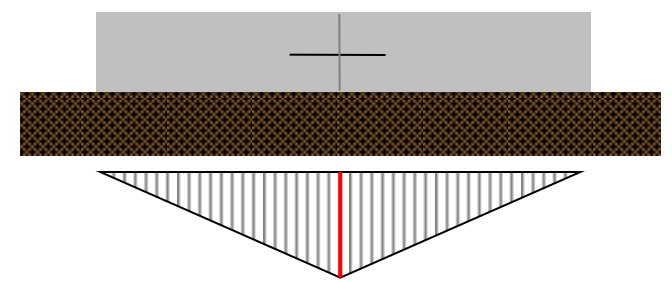
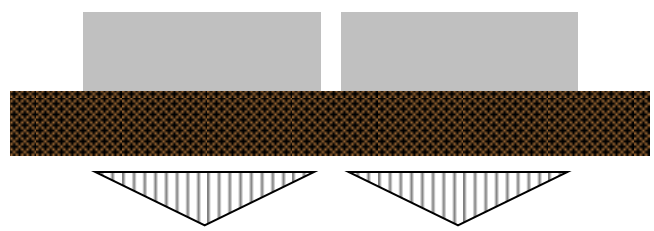


LONGITUDINALES DE CONTRACCIÓN O DE ARTICULACIÓN²⁰

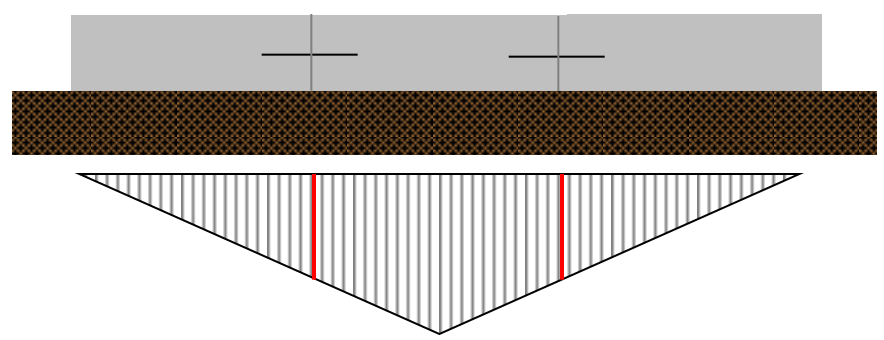
- ⇒ Se construyen para controlar la fisuración longitudinal.
- ⇒ Se ejecutan (por aserrado) cuando se pavimentan 2 o más trochas simultáneamente.
- ⇒ La transferencia de carga se efectúa por trabazón entre agregados.
- ⇒ Se recomienda ubicarlas junto a las líneas demarcatorias de división de carriles (evitar las zonas de huellas).
- ⇒ No colocar barras de unión a menos de 40 cm. de las juntas transversales.



LONGITUDINALES DE CONTRACCIÓN O DE ARTICULACIÓN



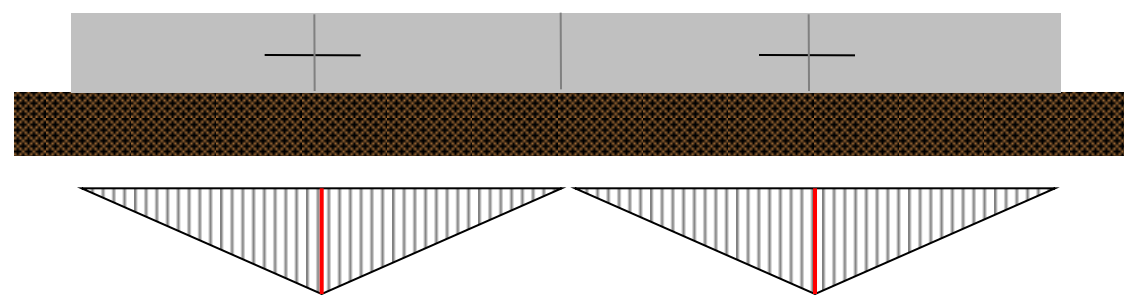
3 losas vinculadas



4 losas

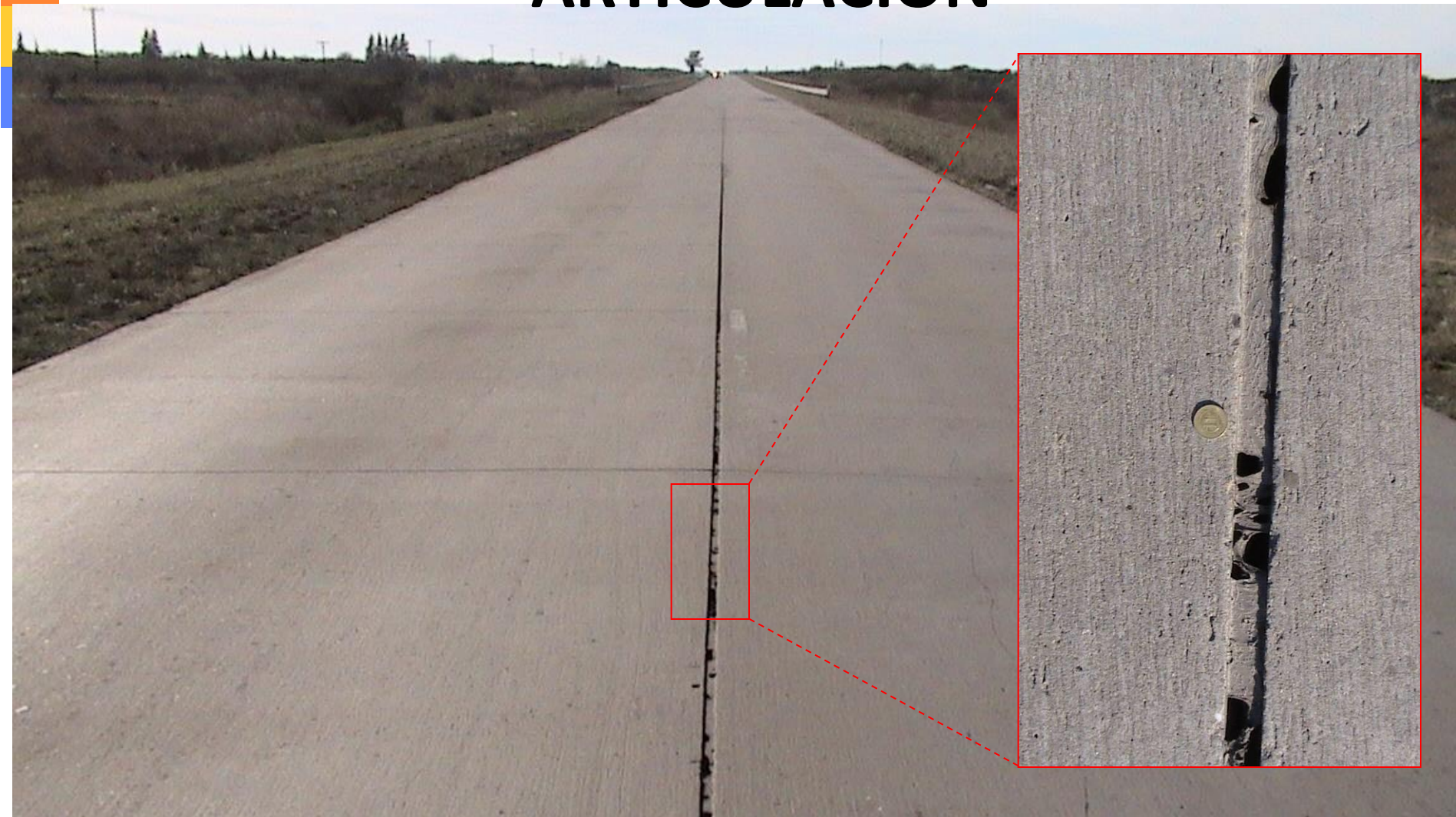
Alt1: Vinculación de juntas extremas

Alt2: Vinculación total (duplicar la cuantía en la junta central)



NUNCA VINCULAR 5 LOSAS O MÁS

LONGITUDINALES DE CONTRACCIÓN O DE ARTICULACIÓN 22



LONGITUDINALES DE CONTRACCIÓN O DE ARTICULACIÓN

Dimensionamiento de barras de unión

$$A_{BU} = \frac{\gamma \cdot E \cdot L \cdot \mu \cdot S}{f_a}$$

Siendo:

A_{BU} : Sección mínima de acero de las barras de unión por cada losa de pavimento.

γ : Peso unitario del hormigón.

E: Espesor de la losa.

L: Distancia al borde libre más cercano.

μ : Coeficiente de fricción entre la losa y el apoyo (ver Tabla 3-2).

f_a : Tensión admisible del acero.

S: Separación entre juntas transversales.

LONGITUDINALES DE CONTRACCIÓN O DE ARTICULACIÓN

Verificación de la Longitud de Anclaje

$$l = 2 \cdot \frac{A_{BU} \cdot f_a}{p \cdot f_{ah}}$$

Siendo:

l : Longitud de la barra de unión.

A_{BU} : Área de la barra de unión.

f_a : Tensión admisible del acero.

f_{ah} : Tensión admisible de adherencia acero - hormigón.

p : Perímetro de la barra de unión.

Tabla 3-2: Coeficientes de fricción recomendados. [AASHTO. 1993]

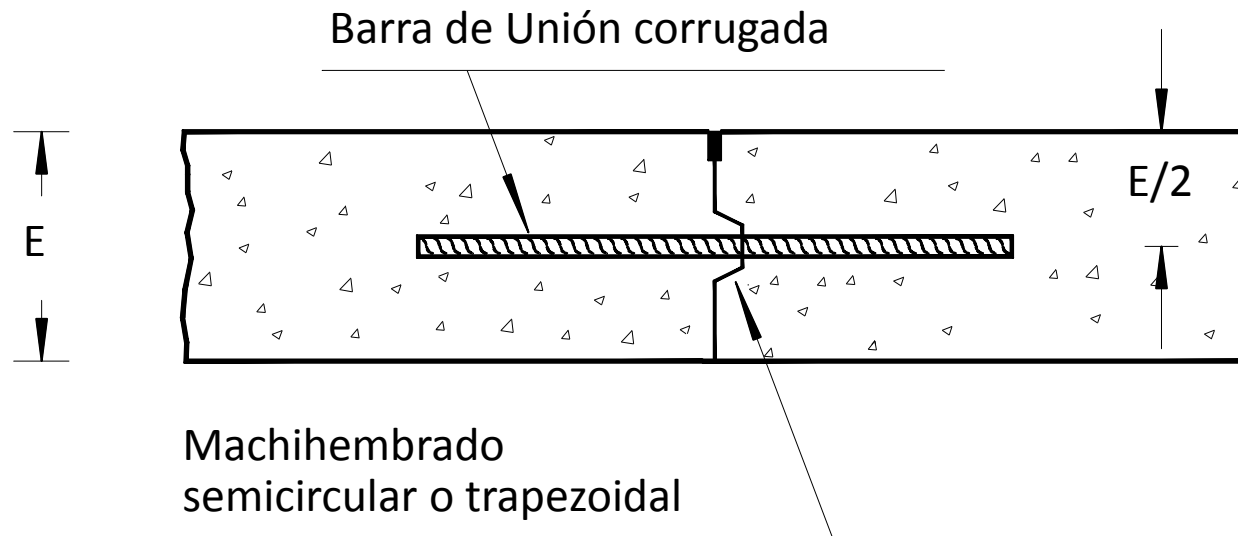
Tipo de material en el apoyo de la calzada	Coefficiente de Fricción, μ
Tratamiento superficial	2,2
Estabilizado con cal/cemento/asfalto	1,8
Material granular	1,5
Subrasante Natural	0,9

Tabla 3-3: Largo mínimo de las barras de unión.

Diámetro de la barra [mm]	Sección [cm ²]	Perímetro [cm]	Largo mínimo de la barra de unión [cm]
10	0,79	3,14	60
12	1,13	3,77	72
16	2,01	5,02	96
20	3,14	6,28	120

LONGITUDINALES DE CONSTRUCCIÓN O ENSAMBLADA

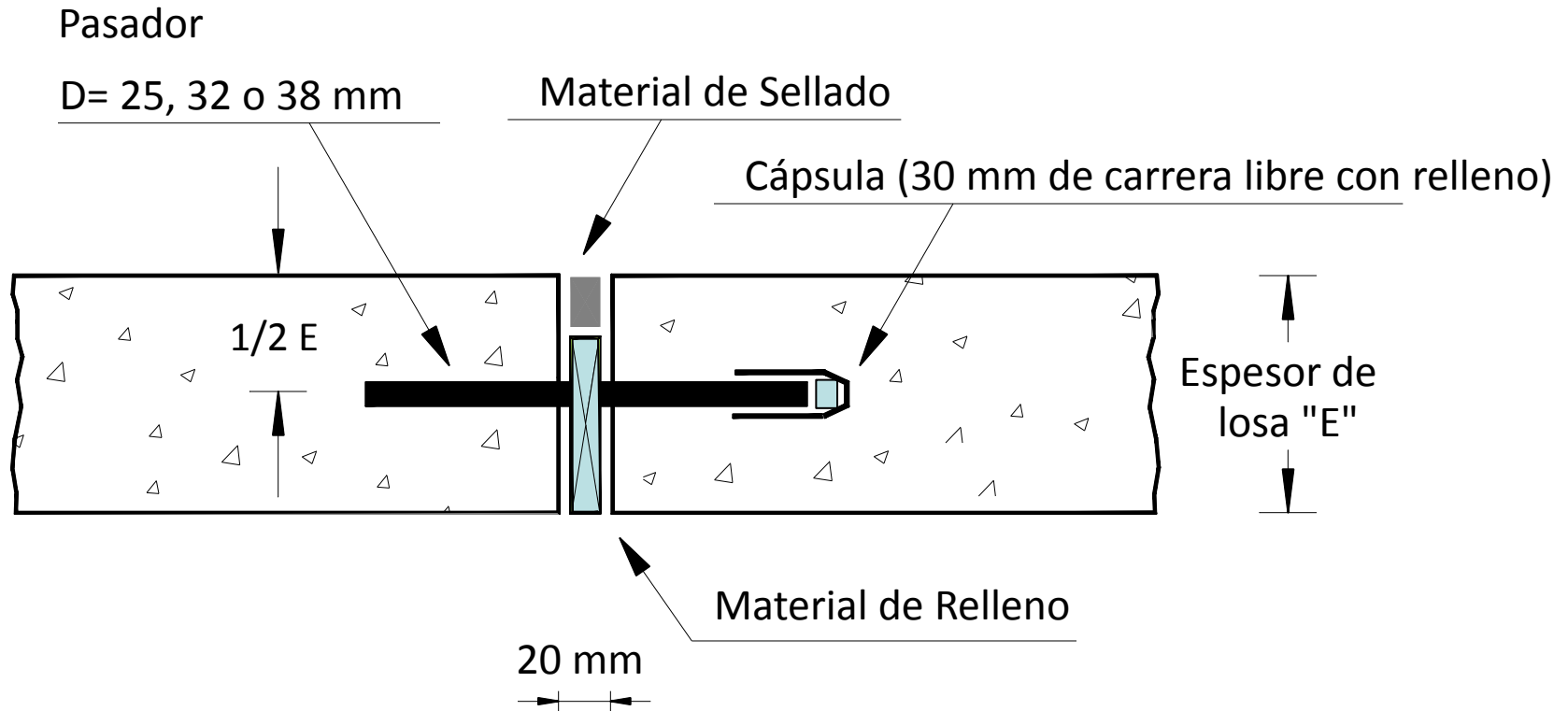
- ⇒ Se ejecutan cuando la calzada es construida por fajas.
- ⇒ En caso de posibles ampliaciones, dejar los bordes con machimbre.
- ⇒ No ejecutar el aserrado primario.
- ⇒ Prestar especial atención a las condiciones de terminación de los bordes.



JUNTAS DE DILATACIÓN

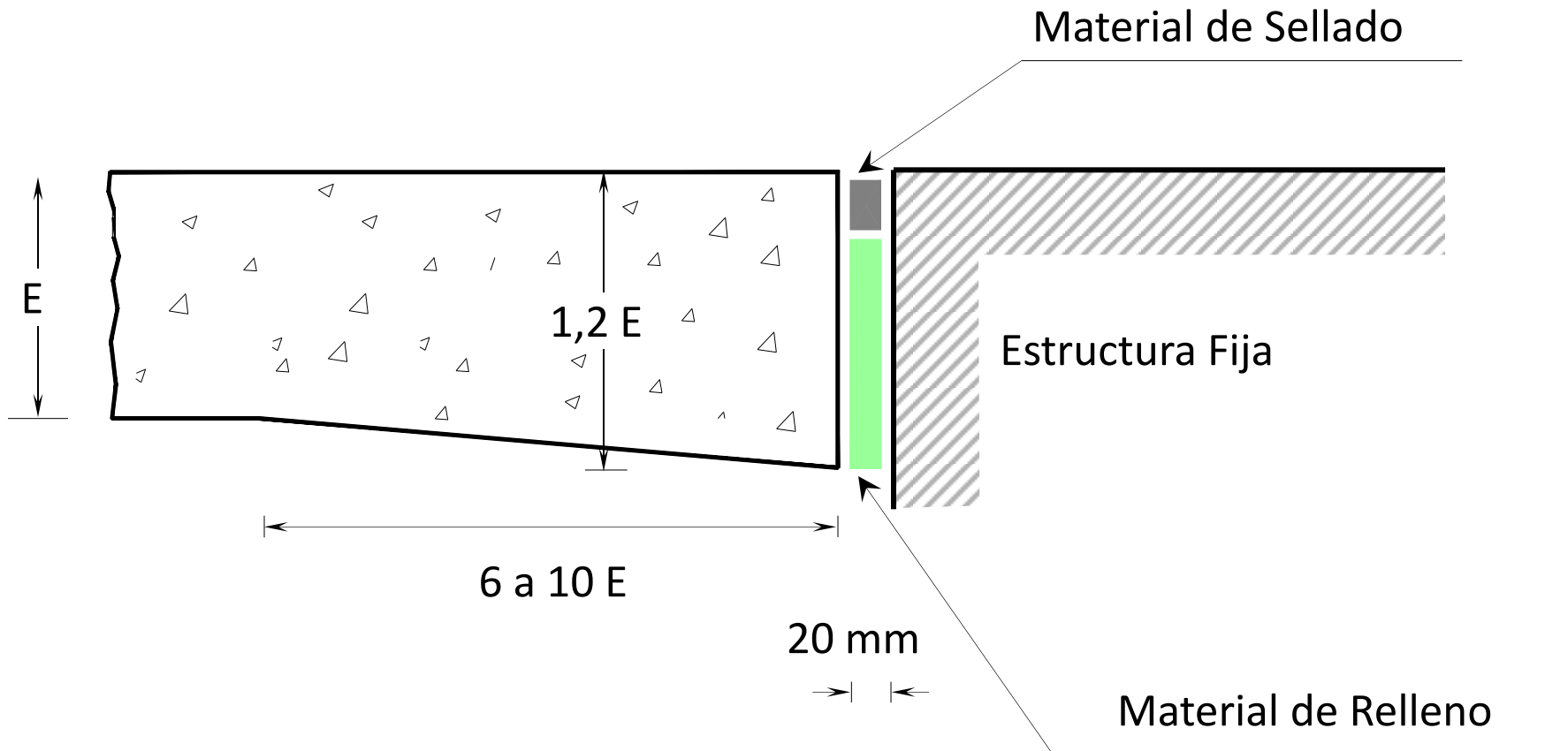
- ⇒ Aíslan el pavimento de otra estructura, tal como otra zona pavimentada o una estructura fija.
- ⇒ Ayudan a disminuir tensiones de compresión que se desarrollan en intersecciones en T y asimétricas.
- ⇒ Su ancho debe ser de 12 a 25 mm, ya que mayores dimensiones pueden causar movimientos excesivos en las juntas cercanas.
- ⇒ La transferencia de carga se efectúa a través del pasador, sino debe realizarse sobre espesor de hormigón.
- ⇒ En pavimentos sin pasadores las 3 o 4 juntas próximas a la de dilatación deben ejecutarse con pasadores.

JUNTAS DE DILATACIÓN



JUNTAS DE AISLACIÓN

En intersecciones asimétricas o en T y contra algunas estructuras fijas no deben colocarse pasadores, de modo de permitir movimientos horizontales diferenciales.



Ejemplo para la determinación de la separación de juntas

Se plantea a continuación, el análisis de la separación entre juntas de un pavimento de hormigón de las siguientes características:

- Ancho de calzada: 7,3 m
- Espesor de calzada: 0,25 m.
- Tipo de base: Cementada.
- Módulo de reacción combinado $k_c = 110 \text{ MPa/m}$.
- Hormigón Clase: H-30.
- Agregados disponibles: Canto Rodado Silíceo (CRS) y Piedra Partida Basáltica (PPB).

Se considera además que en el sitio de implantación no existen antecedentes de aplicación de pavimentos de hormigón simple en vías de similares características, que brinden orientación respecto a la separación entre juntas a emplear en el proyecto.

Ejemplo para la determinación de la separación de juntas

Análisis

Separaciones Máximas

- Separación máxima por tipo de base: $21 \times 0,25 \text{ m} = 5,25 \text{ m}$.
- Relación de Esbeltez máxima: 1,25

Juntas Longitudinales

- Siendo el ancho de calzada de 7,30 m. se adopta la ejecución de una única junta longitudinal central
- Separación entre juntas longitudinales: **3,65 m** < 5,25 m → VERIFICA!

Ejemplo para la determinación de la separación de juntas

Juntas Transversales

- Máxima separación por Tipo de Base: 5,25 m.
- Máxima separación por relación de esbeltez (L/A): 1,25 x 3,65 m (separación entre juntas longitudinales): **4,5 m.**

Influencia del Tipo de Agregado

- Como en la zona se encuentran disponibles 2 tipos de agregados distintos, la piedra basáltica y el Canto Rodado Silíceo, se debe analizar su influencia en el diseño de juntas.
- Considerando la limitación impuesta al empleo de Canto Rodado Silíceo en este manual, para el diseño de las juntas se considerará que el agregado grueso de la mezcla se encuentra conformado por:
 1. 100% Piedra partida Basáltica (PPB).
 2. 50% Canto Rodado Silíceo + 50% Piedra Basáltica (CRS + PPB).

Ejemplo para la determinación de la separación de juntas

Luego, considerando:

- $k_{\text{combinado}} = 110 \text{ Mpa/m}$
- $\Delta T: 10^\circ\text{C}$
- Y las propiedades del hormigón con los agregados propuestos (ver Tabla)

<i>Propiedad</i>	<i>CRS</i>	<i>PPB</i>	<i>CRS+PPB</i>
E 28 d [GPa]	43,7	36,5	41,0
CET 28d [$10^{-6} 1/^\circ\text{C}$]	12,3	8,8	10,7

Determino las tensiones interiores de alabeo para ambas alternativas de agregado, mediante la fórmula de Bradbury:

$$\sigma_x = \frac{E \cdot CET \cdot \Delta T}{2 \cdot (1 - \mu^2)} \cdot (C_x + \mu C_y)$$

Resultando para Basalto

$$\sigma_x = \frac{36500 \text{MPa} \cdot 8,8 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C} \cdot 10^\circ\text{C}}{2 \cdot (1 - 0,2^2)} \cdot (0,84 + 0,2 \cdot 0,57)$$

$$\sigma_x = 1,594 \text{MPa}$$

Para Combinación CRS + PPB

$$\sigma_x = \frac{41000 \text{MPa} \cdot 10,7 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C} \cdot 10^\circ\text{C}}{2 \cdot (1 - 0,2^2)} \cdot (0,80 + 0,2 \cdot 0,54)$$

$$\sigma_x = 2,078 \text{MPa}$$

Ejemplo para la determinación de la separación de juntas

Entonces, con el fin de controlar la generación de elevadas tensiones de alabeo, podemos reducir la separación entre juntas transversales:

- Adoptando entonces una separación de 3,80 m, resulta

$$\sigma_x = \frac{41000\text{MPa} \cdot 10,7 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C} \cdot 10^{\circ}\text{C}}{2 \cdot (1 - 0,2^2)} \cdot (0,59 + 0,2 \cdot 0,54) \quad \sigma_x = 1,586 \text{MPa}$$

En función del análisis detallado, se ha alcanzado el siguiente diseño:

- Juntas longitudinales: Se preverá la ejecución una única junta longitudinal central, conformando losas con un ancho de 3,65 m.
- Juntas transversales: En función del tipo de agregado grueso a emplear para la conformación del hormigón, se preverá una separación entre juntas transversales de:
 - i. 4,50 m si se emplea 100 % de Piedra Partida Basáltica como árido grueso o;
 - ii. 3,80 m para el caso que se utilice la combinación 50% CRS + 50% PPB

Ejemplo de Cálculo de las Armaduras a Disponer

Ejemplo (Idem para Separación de Juntas):

- Ancho de calzada: 7,3 m
- Espesor de calzada: 0,25 m.
- Tipo de base: Cementada.

Pasadores

- Se adopta un diámetro comercial según la relación $D \geq \text{Espesor} / 8$ (31.2 mm)
- Deberán verificar entonces los siguientes lineamientos mínimos:
 - Acero: Tipo I ADN 220
 - Diámetro: 32 mm
 - Largo: 45 cm

Ejemplo de Cálculo de las Armaduras a Disponer

Barras de Unión

- Considerando un coeficiente de fricción de 1,8 correspondiente a base cementada se determina la sección de acero requerida por losa:

$$A_{BU} = \frac{2400 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,25 m \cdot 3,65 m \cdot 1,8 \cdot 4,5 m}{2400 kg/cm^2}$$

$$A_{BU} = 7,39 cm^2$$

- En función del diámetro de barra seleccionado se determinará la disposición.
- Se buscará una separación uniforme teniendo en cuenta que debe respetarse una separación mínima de 40 cm entre las barras extremas y las juntas transversales.

Diámetro de la Barra de Unión	10mm	12mm	16mm
Cantidad por losa	10	7	4
Separación adoptada entre barras	0,41 m.	0,62 m	1,12 m
Distancia entre barras extremas y las juntas transversales	0,40 m	0,40 m	0,56 m
Longitud de la barra de unión	0,6 m	0,72 m	0,96 m



¿Preguntas?

ING. DIEGO H. CALO
COORDINADOR
DEPARTAMENTO TÉCNICO DE PAVIMENTOS
diego.calo@icpa.org.ar