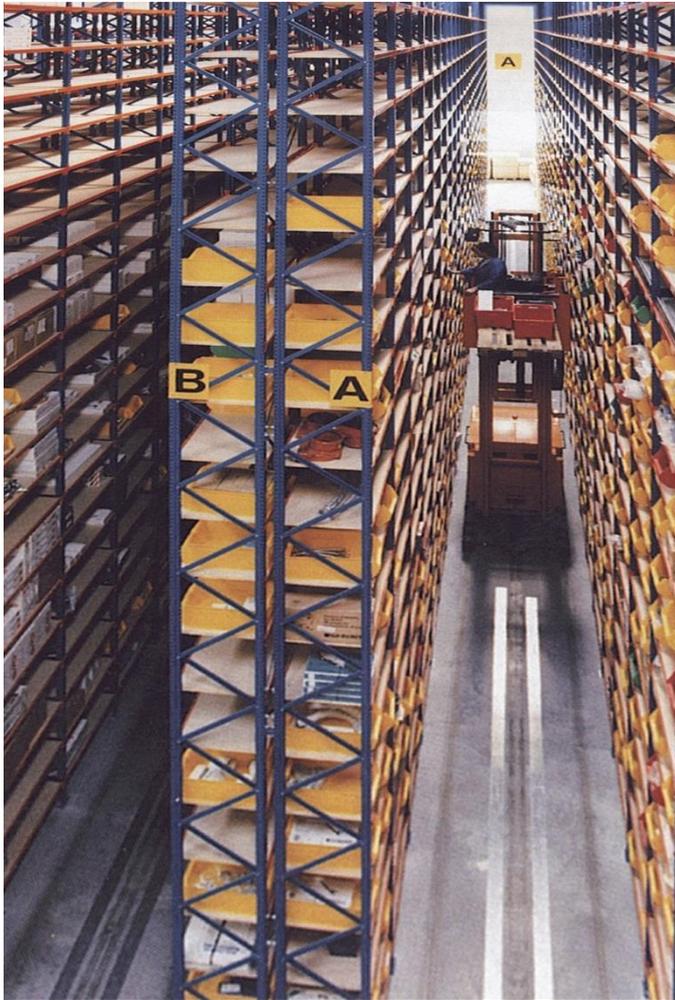


Zaragoza, 18 de mayo de 2016



Jornada técnica

PAVIMENTOS INDUSTRIALES DE HORMIGÓN



DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE JUNTAS EN LOS PAVIMENTOS INDUSTRIALES DE HORMIGÓN

*Sergio Carrascón Ortiz
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
IECA Tecnología. Director Zona Noreste y
Canarias*



DIMENSIONAMIENTO

INTRODUCCION

- Consideraciones realizadas en el manual IECA

TENSIONES Y DEFORMACIONES

- Estudio de las tensiones y deformaciones producidas por las cargas

CARGAS

- Tipología de cargas

TENSIONES DE COMBADO

- Debidas a gradientes de temperatura y humedad

DIMENSIONAMIENTO

- Limitación de tensiones en hormigón y área efectiva de contacto de la carga
- Cálculo mediante ábacos

CONDICIONES PARA EL ANALISIS

- Sobre explanada o base (NO SOBRE FORJADOS)
- De hormigón en masa o sin armadura estructural (NO LOSAS ARMADAS)
- Sometido a cargas:
 - Ruedas de vehículos
 - Cargas estáticas concentradas (estanterías)
 - Cargas uniformemente distribuidas (mercancías apiladas)
- Tensiones provocadas por otros factores:
 - Gradientes térmicos y de humedad
 - Rozamiento con la superficie de apoyo

INTRODUCCION

- Consideraciones realizadas en el manual IECA

TENSIONES Y DEFORMACIONES

- Estudio de las tensiones y deformaciones producidas por las cargas

CARGAS

- Tipología de cargas

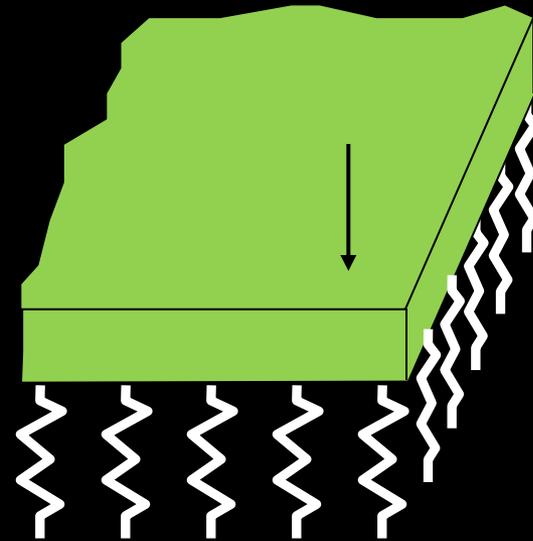
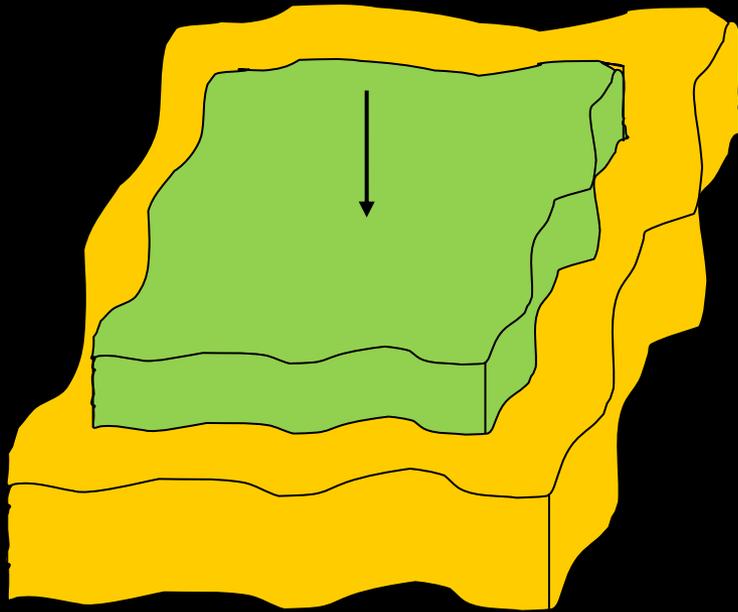
TENSIONES DE COMBADO

- Debidas a gradientes de temperatura y humedad

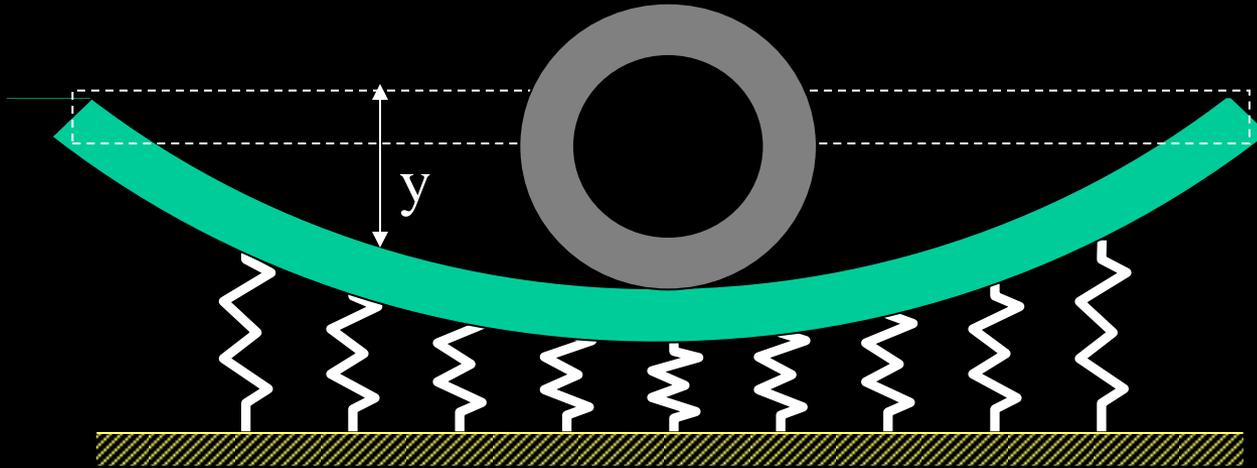
DIMENSIONAMIENTO

- Limitación de tensiones en hormigón y área efectiva de contacto de la carga
- Cálculo mediante ábacos

TENSIONES Y DEFORMACIONES

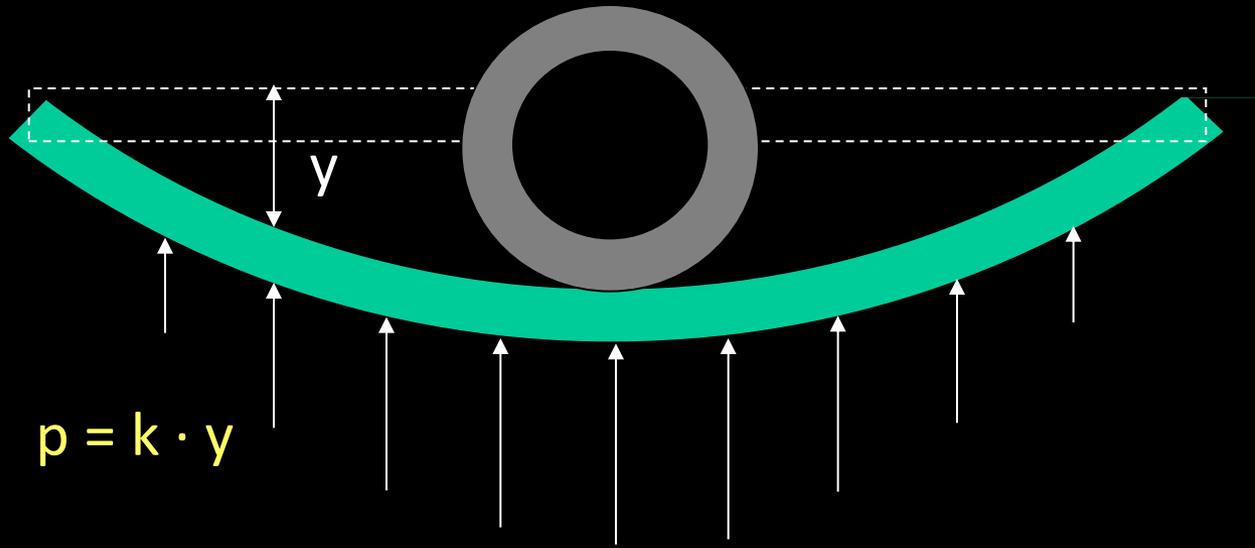


HIPOTESIS DE WINKLER



El apoyo de las losas se asimila a un conjunto de resortes

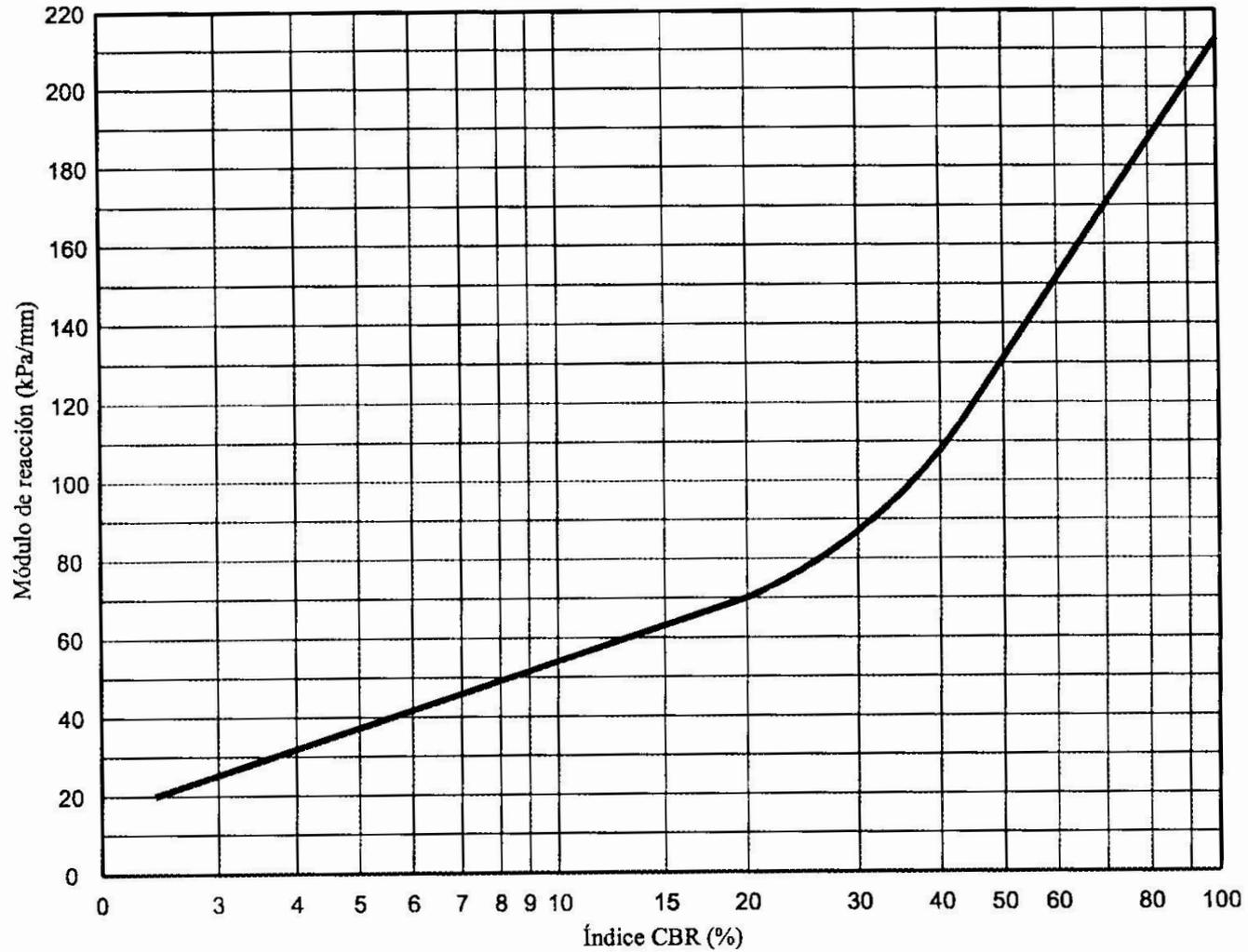
HIPOTESIS DE WINKLER



En cualquier punto, la reacción de la explanada es proporcional a la deflexión

k : módulo de reacción o de balasto

TENSIONES Y DEFORMACIONES

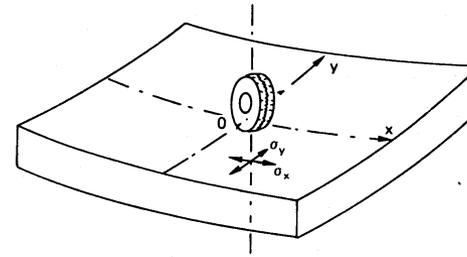


TENSIONES Y DEFORMACIONES

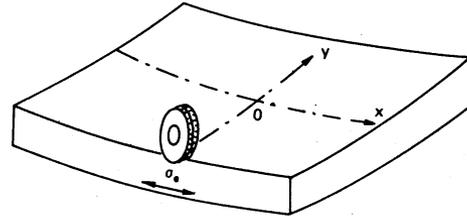


UIUC ARCHIVES - LOW-RES PROOF

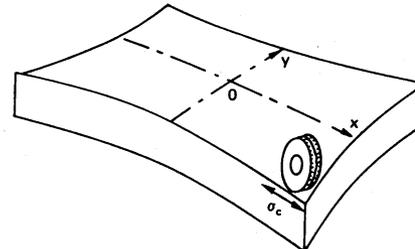
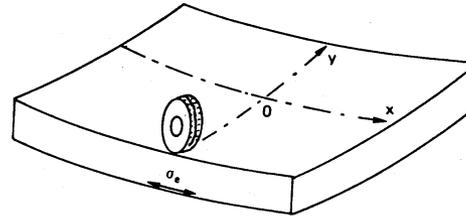
H.M. Westergaard



INTERIOR

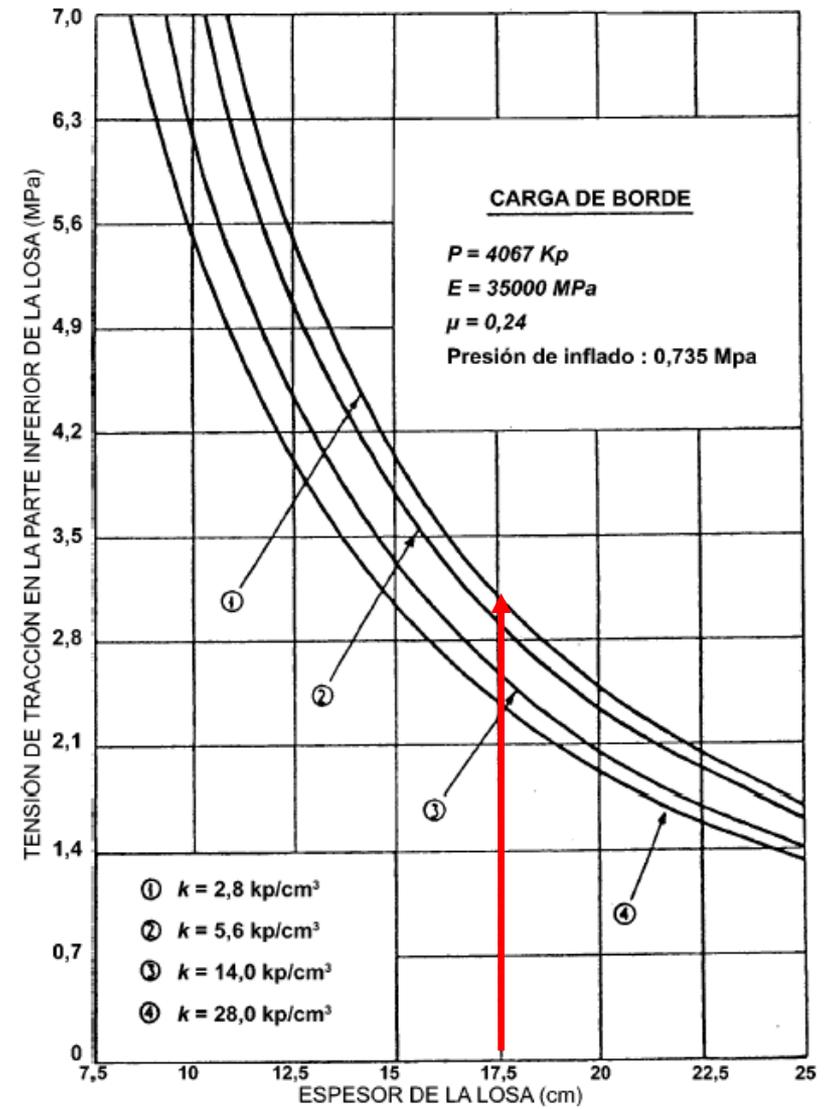
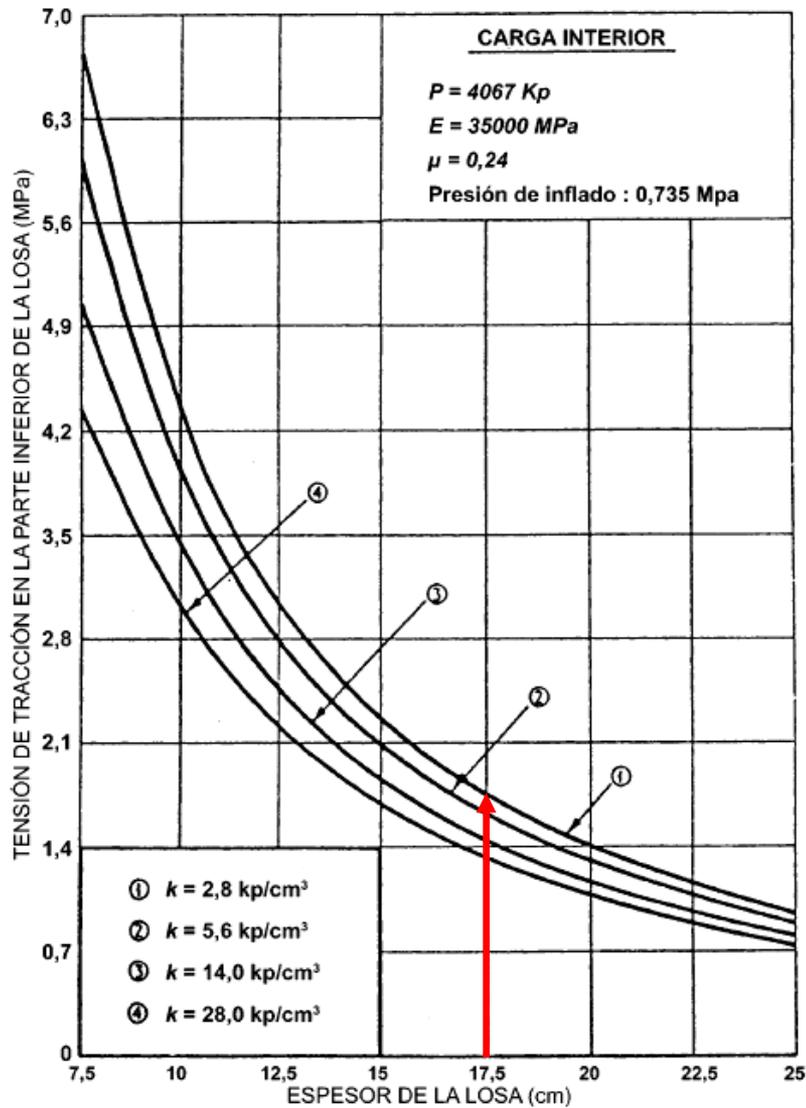


BORDE

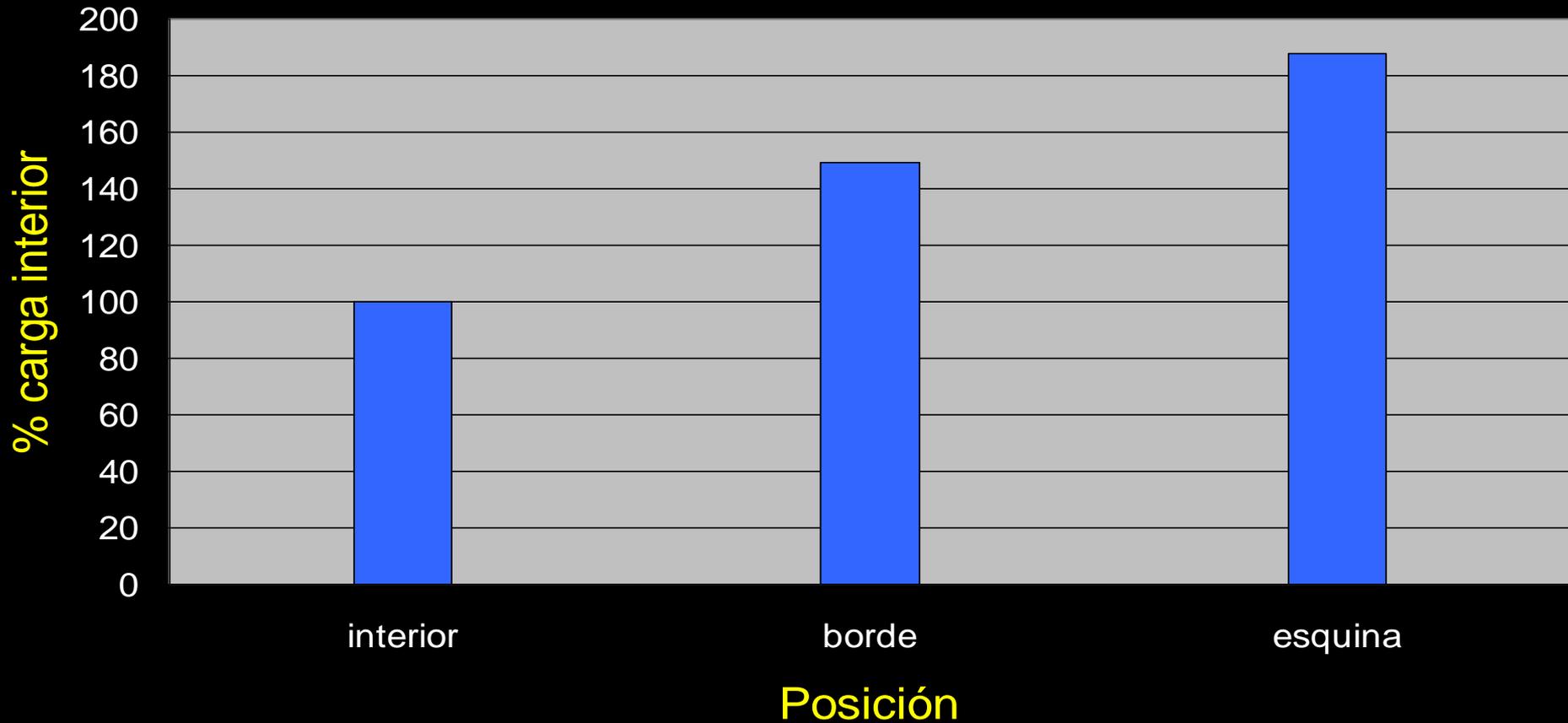


ESQUINA

TENSIONES Y DEFORMACIONES



VARIACIÓN DE LAS TENSIONES CON LA POSICIÓN DE LA CARGA



INTRODUCCION

- Consideraciones realizadas en el manual IECA

TENSIONES Y DEFORMACIONES

- Estudio de las tensiones y deformaciones producidas por las cargas

CARGAS

- Tipología de cargas

TENSIONES DE COMBADO

- Debidas a gradientes de temperatura y humedad

DIMENSIONAMIENTO

- Limitación de tensiones en hormigón y área efectiva de contacto de la carga
- Cálculo mediante ábacos

CARGAS

■ *DINAMICAS*

- Carga por eje
- Número de repeticiones de carga
- Área de contacto de las ruedas o la presión de inflado
- Distancia entre ejes y entre ruedas gemelas



CARGAS

■ *PUNTUALES O CONCENTRADAS*

- Carga máxima por pilar
- Area de contacto con la solera
- Distancia entre pilares



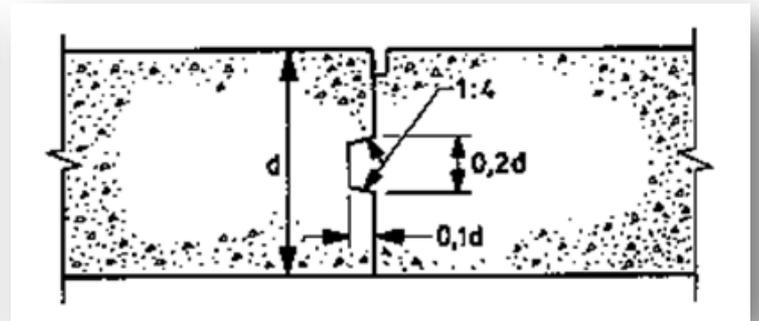
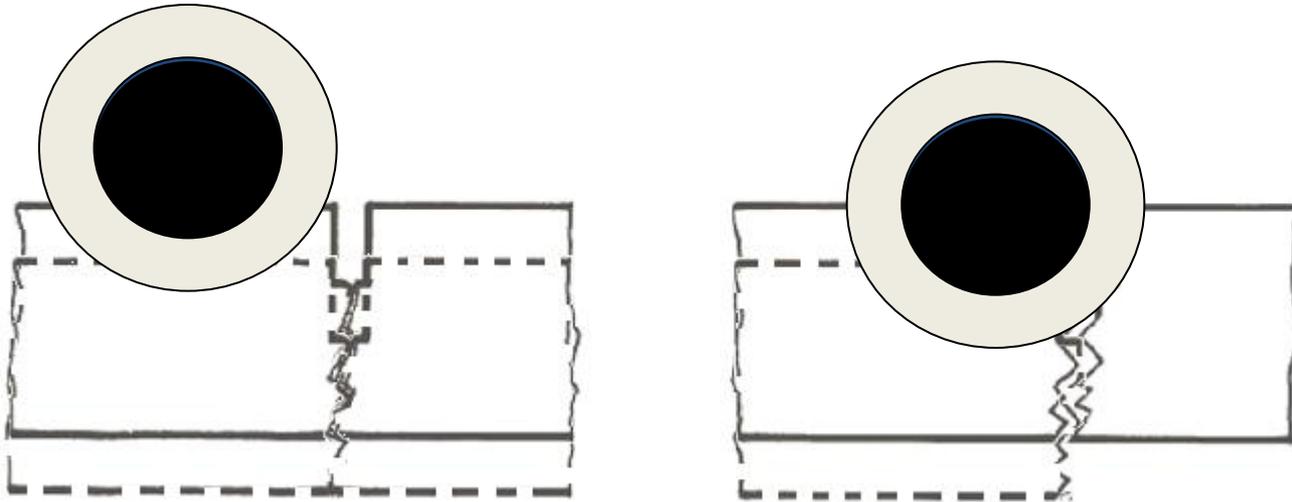
CARGAS

■ *DISTRIBUIDAS*

- Magnitud de la carga
- Anchura de pasillos entre zonas de apilamiento
- Anchura de las áreas cargadas
- Existencia de juntas en la zona de pasillos



CARGAS



INTRODUCCION

- Consideraciones realizadas en el manual IECA

TENSIONES Y DEFORMACIONES

- Estudio de las tensiones y deformaciones producidas por las cargas

CARGAS

- Tipología de cargas

TENSIONES DE COMBADO

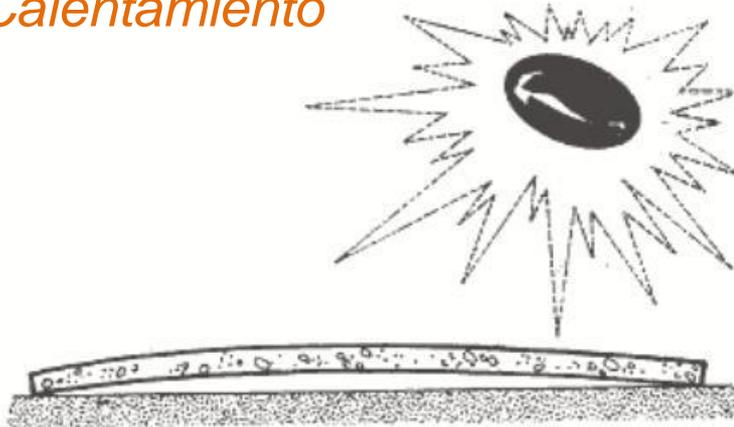
- Debidas a gradientes de temperatura y humedad

DIMENSIONAMIENTO

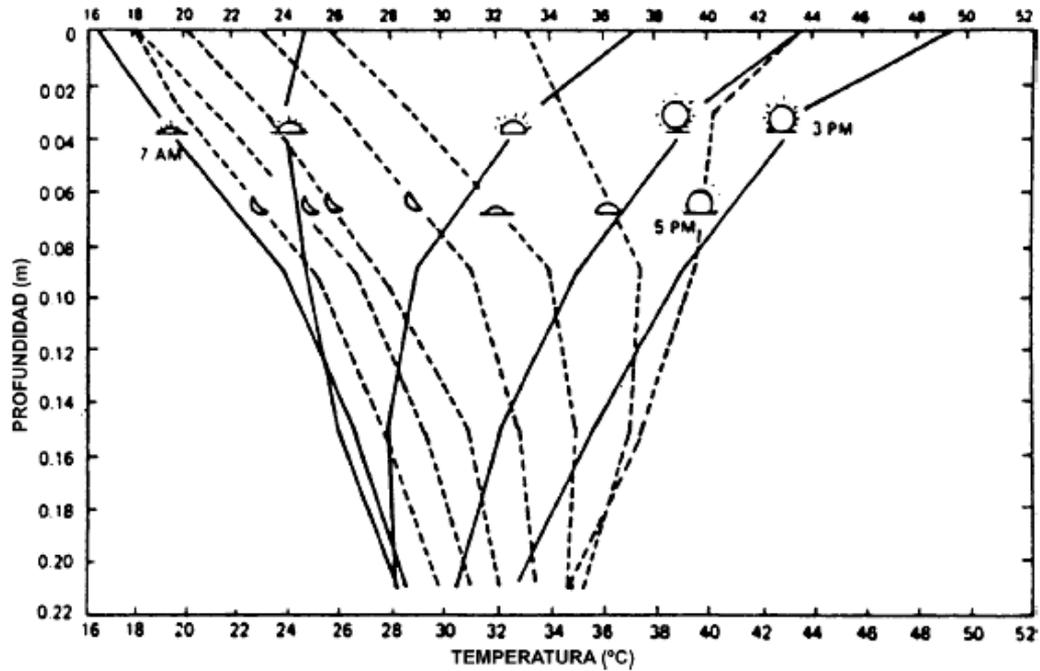
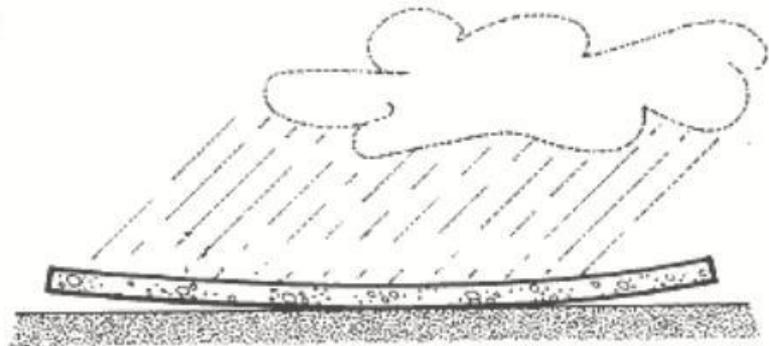
- Limitación de tensiones en hormigón y área efectiva de contacto de la carga
- Cálculo mediante ábacos

GRADIENTES TERMICOS

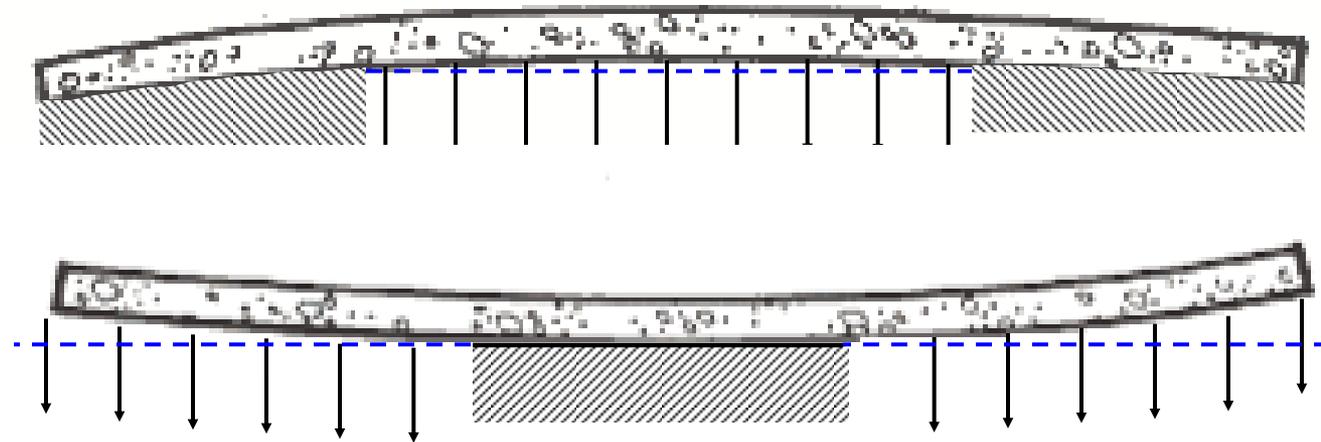
Calentamiento



Enfriamiento

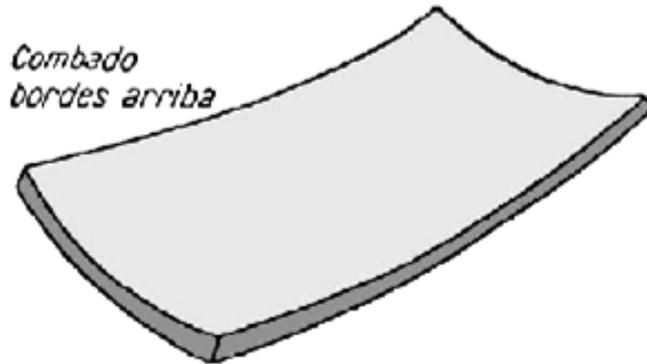


GRADIENTES TERMICOS



- TENSIONES DE COMBADO
 - Despegue de las losas respecto a la base, coartado por el peso propio
- TENSIONES POR GRADIENTES NO LINEALES
- AUMENTO DE LAS TENSIONES PROVOCADAS POR LAS CARGAS EN LAS ZONAS SIN APOYO

GRADIENTES DE HUMEDAD



- IMPORTANTE EN SOLERAS INDUSTRIALES BAJO CUBIERTA
 - Hormigones con elevada relación agua/cemento
 - Evaporación del exceso de agua únicamente en la parte superior
 - Losas en “teja” (combado de bordes hacia arriba)

TENSIONES DE COMBADO

- EL AUMENTO DE LA LONGITUD DE LAS LOSAS SE TRADUCE EN UN INCREMENTO MUY IMPORTANTE DE LAS TENSIONES DE COMBADO
- LAS TENSIONES DE COMBADO PUEDEN SER DEL MISMO ORDEN O MAYORES QUE LAS PROVOCADAS POR LAS CARGAS
- LONGITUD CRITICA:
 - 20 a 25 veces el espesor de la losa

SEPARACION ENTRE JUNTAS

- IR A LOSAS CORTAS, especialmente...
 - En zonas con variaciones importantes de temperatura entre el día y la noche
 - Con juntas sin pasadores
- IR A LOSAS CUADRADAS
 - Longitud/ancho $< 1,5$
- MAYOR SEPARACION DE JUNTAS...
 - Mayor combado
 - Peor transmisión de cargas entre juntas

INTRODUCCION

- Consideraciones realizadas en el manual IECA

TENSIONES Y DEFORMACIONES

- Estudio de las tensiones y deformaciones producidas por las cargas

CARGAS

- Tipología de cargas

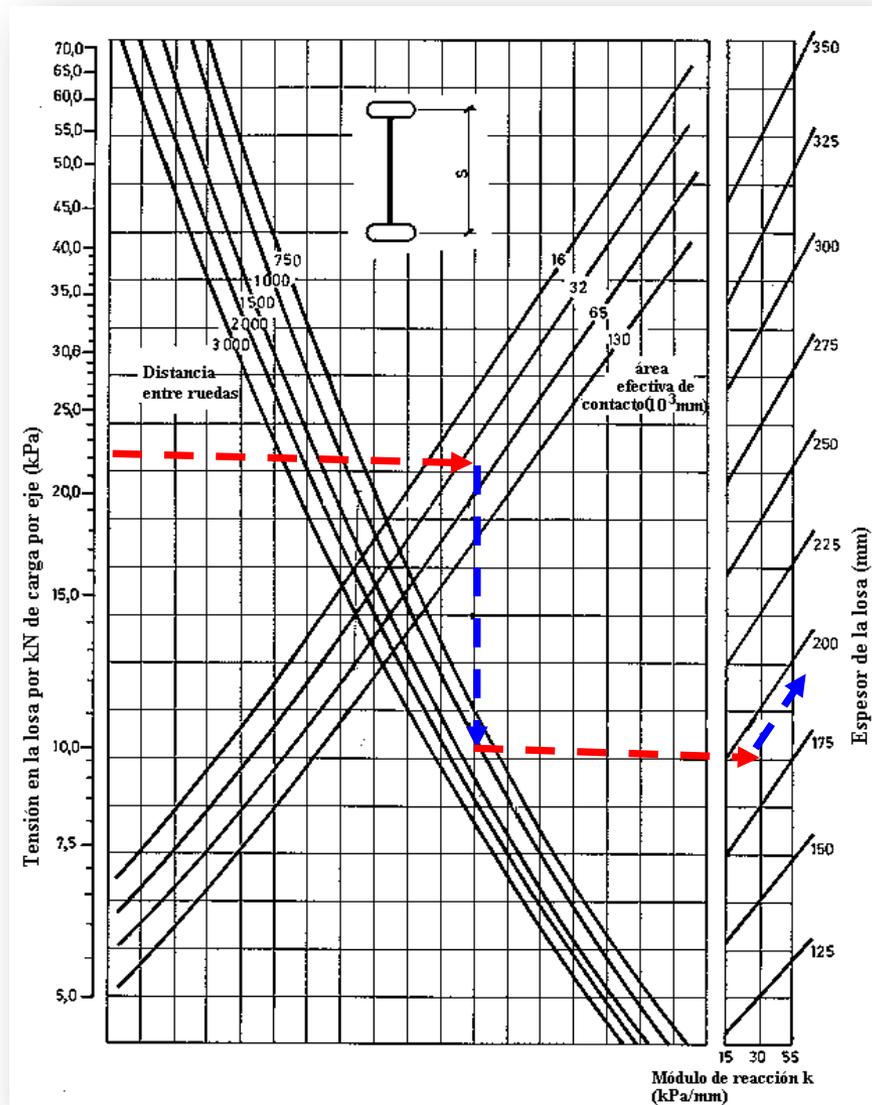
TENSIONES DE COMBADO

- Debidas a gradientes de temperatura y humedad

DIMENSIONAMIENTO

- Limitación de tensiones en hormigón y área efectiva de contacto de la carga
- Cálculo mediante ábacos

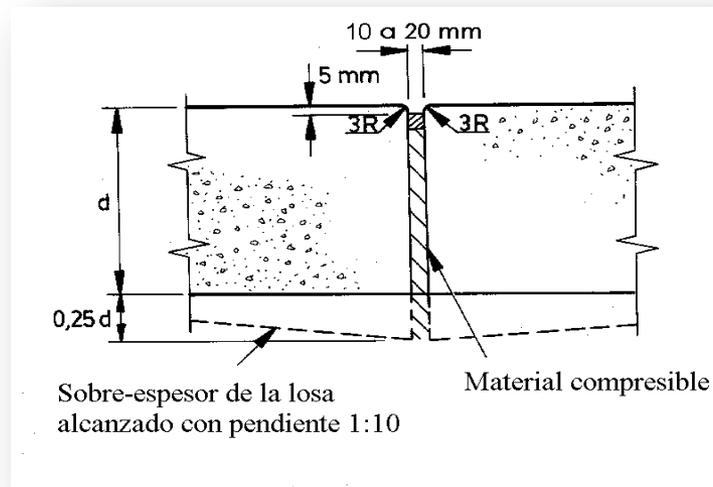
DIMENSIONAMIENTO



DIMENSIONAMIENTO

■ *DIMENSIONAMIENTO CON CARGAS DINAMICAS*

- Basado en el análisis teórico de Westergaard
- Existe una adecuada transferencia de cargas (pasadores, juntas machihembradas, encaje de los áridos)
- Si el nivel de transferencia es deficiente o no existe, los bordes de las losas que formen dicha junta deberán tener un sobreespesor del 25%



DIMENSIONAMIENTO

■ *DIMENSIONAMIENTO CON CARGAS PUNTUALES*

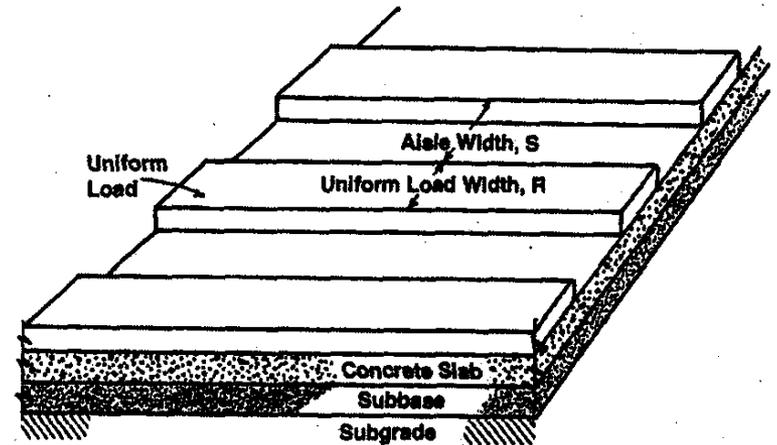
- Basado en el análisis teórico de Westergaard
- Las cargas son interiores . Si éstas están cerca de los bordes libres o en proximidades de juntas que no tengan una adecuada transferencia de cargas, habrá que aumentar el espesor dado que las tensiones son mayores



DIMENSIONAMIENTO

■ *DIMENSIONAMIENTO CON CARGAS DISTRIBUIDAS*

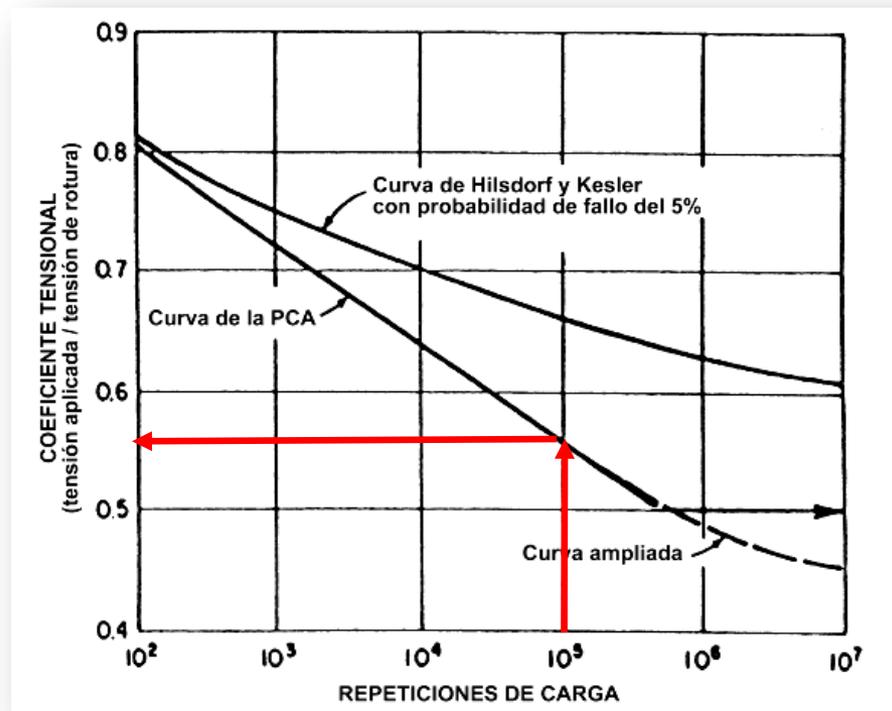
- Anchura cargada a ambos lados de los pasillos de 7,6 m



DIMENSIONAMIENTO

■ LIMITACION DE TENSIONES EN EL HORMIGON

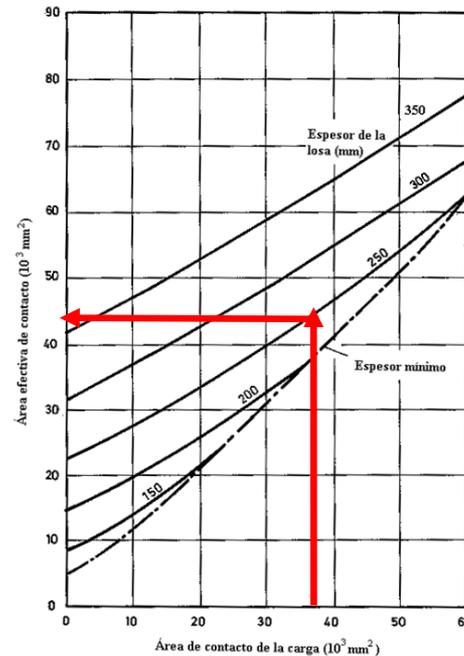
- Para evitar roturas por fatiga, la tensión provocada por el eje de proyecto no debe superar un cierto porcentaje de la resistencia a flexotracción del hormigón.
- Este porcentaje depende del número de aplicaciones del eje



DIMENSIONAMIENTO

■ AREA EFECTIVA DE CONTACTO

- La teoría utilizada sobreestima las tensiones originadas por cargas aplicadas en superficies de contacto pequeñas
- Para superficies $< 6000 \text{ mm}^2$ (radio 140 mm) suponer la carga aplicada en una huella de contacto mayor
- El factor de corrección aumenta con el espesor de la losa



**MANUAL DE
PAVIMENTOS
INDUSTRIALES**



DISEÑO DE JUNTAS



1. Fenómenos que favorecen la fisuración del pavimento

Retracción



- ✓ **Desecación**
- ✓ **Variaciones de temperatura en la masa durante el fraguado**
- ✓ **Descensos de la temperatura ambiente en la primera noche tras el extendido**

La tendencia a retraer es impedida por el rozamiento existente entre el pavimento y la capa sobre la que se asienta.

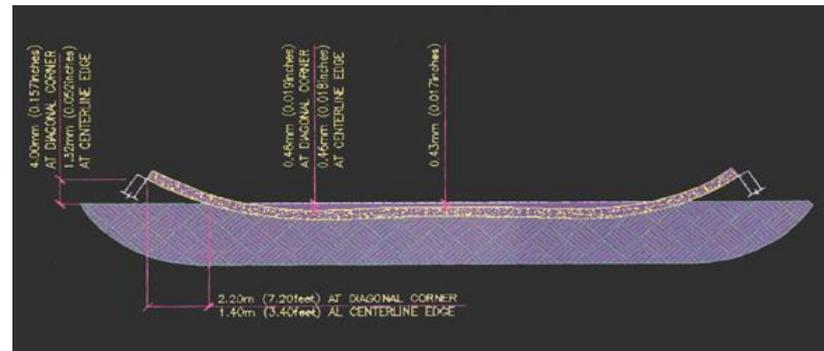
Se generan tracciones en el hormigón, tanto mayores cuanto mayor es la distancia entre los bordes de la losa hormigonada.

Fenómenos que favorecen la fisuración del pavimento

Alabeo



- ✓ **Gradientes de temperatura entre superficie y fondo de la losa**
- ✓ **Gradiente de humedad por elevada a/c**
- ✓ **El alabeo alcanza su máximo valor con losas de longitud comprendida entre 50 y 60 veces su espesor (10-15 metros)**



Fenómenos que favorecen la fisuración del pavimento

Expansión



- ✓ **Aumento de temperatura**
- ✓ **Aumento del contenido de humedad**
- ✓ **Depende de la naturaleza del árido**

Este fenómeno no da lugar a problemas, ya que los movimientos quedan absorbidos por juntas de alabeo y por juntas de aislamiento.

Las juntas deben estar adecuadamente selladas para evitar la entrada de elementos duros que provocan el astillado de los labios de la junta

Todos estos factores agravan la fisuración al crecer las dimensiones en planta de la losa

Fenómenos que favorecen la fisuración del pavimento



2. Control de la fisuración del pavimento

Causas de la fisuración



- ✓ **Las cargas de tráfico (magnitud y frecuencia)**
- ✓ **La retracción y el alabeo**
- ✓ **La combinación de ambas**

Todas ellas producen tensiones de tracción que rebasan su la capacidad resistente del hormigón a tracción

Fisuración aleatoria



- ✓ **Aparecen en lugares no deseados**
- ✓ **Dirección variable y tortuosa**
 - ✓ ***Deterioro importante de bordes***
 - ✓ ***Conservación difícil y costosa***
 - ✓ ***Efecto antiestético***
- ✓ **Separación excesiva**
 - ✓ ***Abertura también excesiva***
 - ✓ ***Mala transmisión de cargas***

Sistemas de control



- ✓ **Juntas en emplazamientos adecuados**
- ✓ **Armadura de control de fisuración**
 - ✓ ***Mantiene cerradas las fisuras***
- ✓ **Empleo de hormigones con fibras**
 - ✓ ***Mantienen cosidas las fisuras***
 - ✓ ***Incrementan la resistencia a tracción y a fatiga***
- ✓ **Postesado del pavimento**
 - ✓ ***Disminuye las tracciones***





3. Tipos de juntas

Funciones y tipología

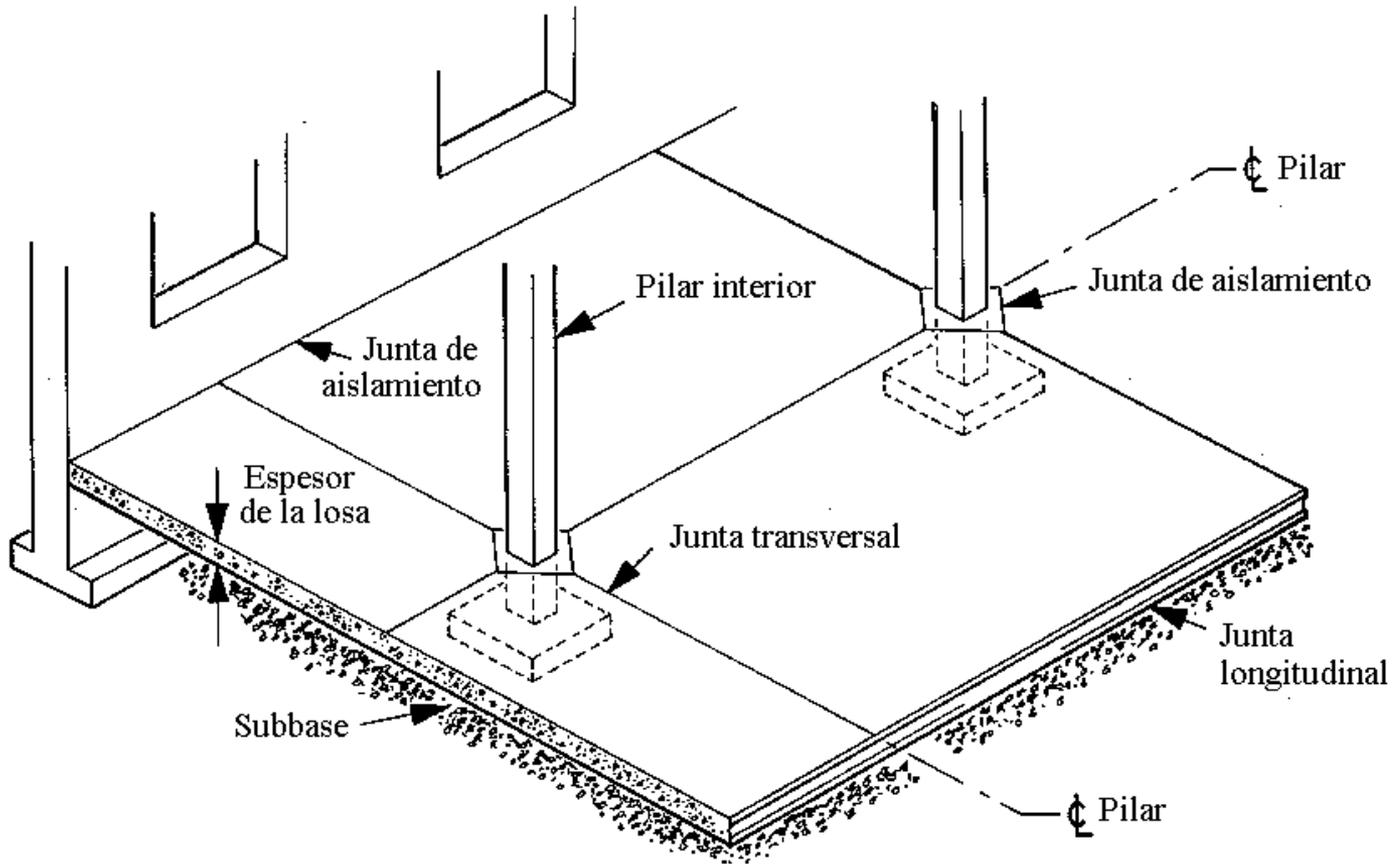


- ✓ **Acomodar movimientos del pavimento**
- ✓ **Aislar el pavimento de elementos fijos**
- ✓ **Garantizar la continuidad en interrupción de hormigonado**

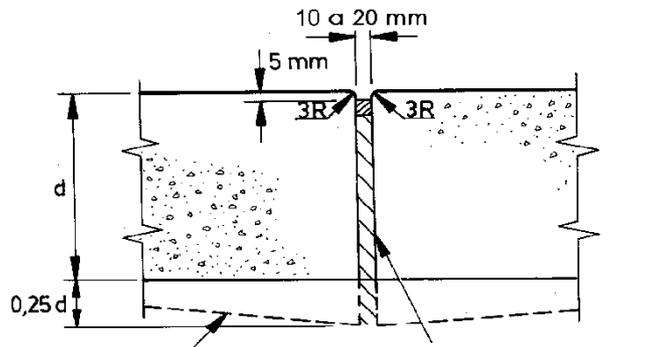


- ✓ **Juntas de contracción**
- ✓ **Juntas de aislamiento**
- ✓ **Juntas de dilatación**
- ✓ **Juntas de construcción**

Funciones y tipología



Juntas de aislamiento



Sobre-espesor de la losa alcanzado con pendiente 1:10

Material compresible

- ✓ Para separar el pavimento de elementos fijos
- ✓ En cerramientos
 - ✓ *Empleo de material compresible (10 a 20 mm) de porexpán*
- ✓ En juntas sometidas a cargas
 - ✓ *Aumentar el espesor del pavimento en un 25% (pendiente 1:10)*

Juntas de aislamiento

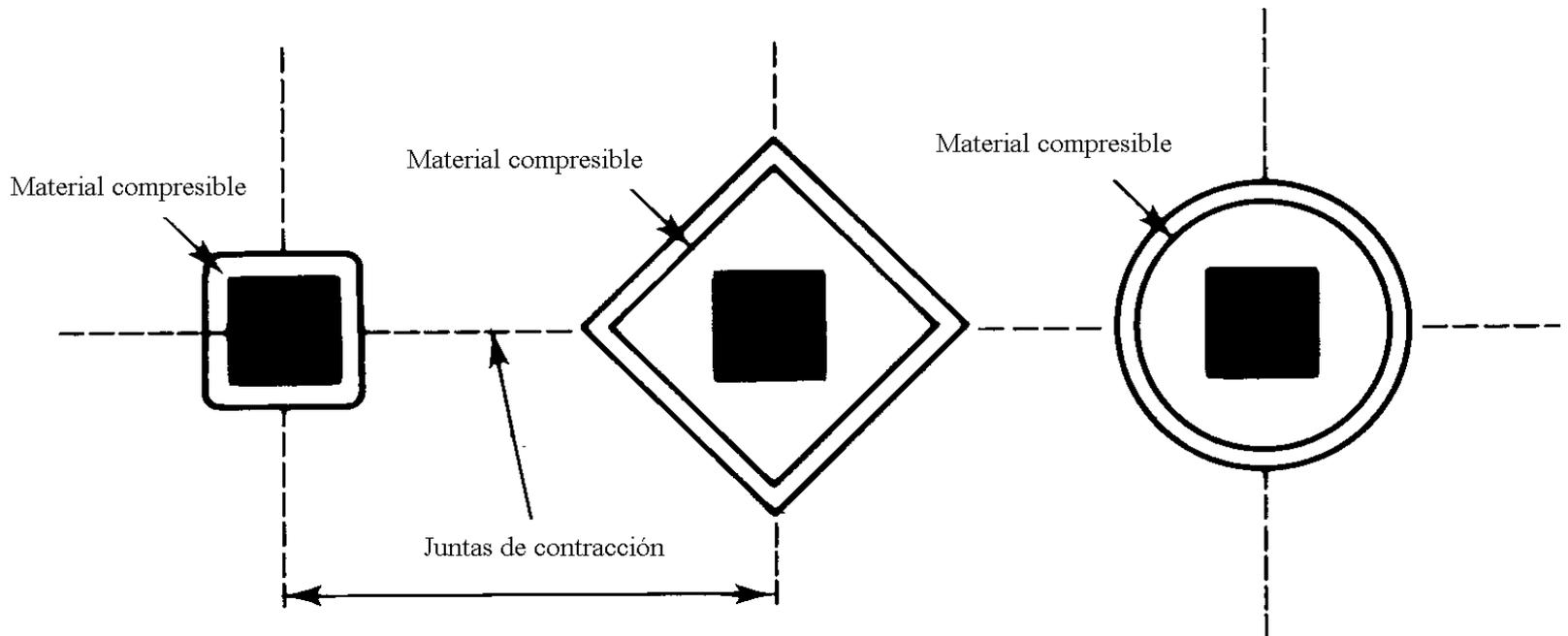


✓ En pilares

- ✓ *Envolver la base del pilar con material compresible (25 mm)*
- ✓ *Disponer juntas en rombo o en círculo (evitar formación de esquinas)*

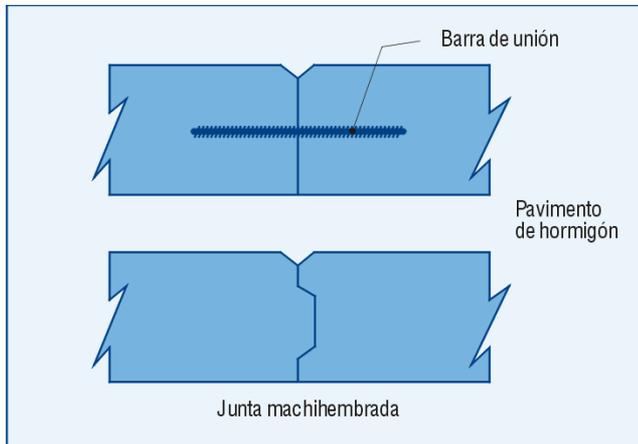


Juntas de aislamiento



Nota: En el caso de la solución en rombo o círculo, la distancia mínima desde el pilar al borde de la junta de dilatación debe ser superior a 100 mm.

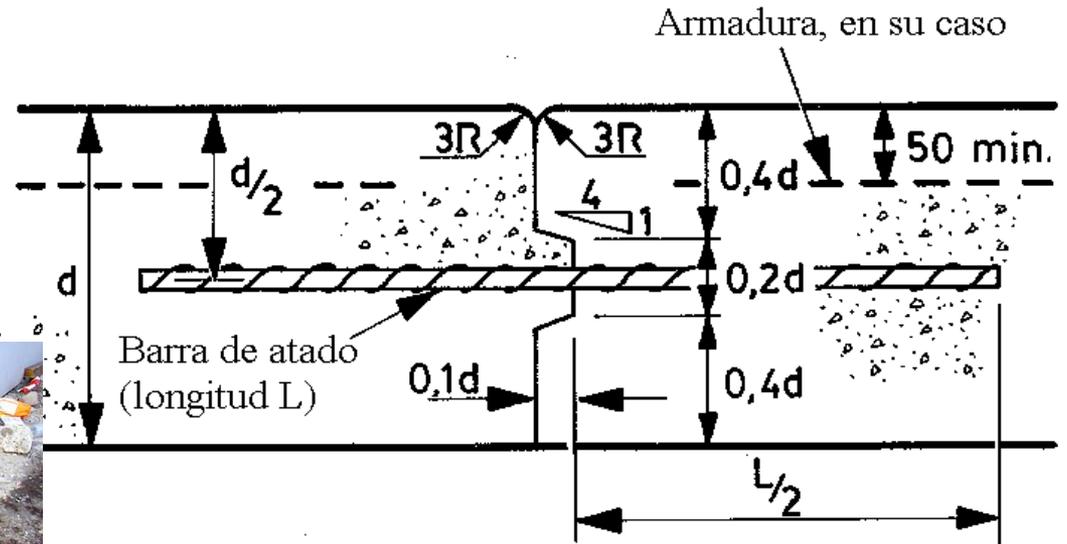
Juntas de construcción



- ✓ **Transversales**
 - ✓ *Por paradas de hormigonado*
- ✓ **Longitudinales**
 - ✓ *Construcción por bandas*
- ✓ **Hacerlas coincidir con juntas de contracción o dilatación**
- ✓ **Caras planas o con machihembrado**



Juntas de construcción



Juntas de construcción



- ✓ **Medidas para mejorar la calidad**
 - ✓ ***Encofrados con ángulos a escuadra***
 - ✓ ***Compactar adecuadamente el hormigón***
 - ✓ ***Realizar un acabado cuidadoso***
 - ✓ ***Enrasar correctamente los hormigones a ambos lados de la junta***

Juntas de construcción



- ✓ **Interrupciones imprevistas de hormigonado**
 - ✓ ***Retirar hormigón hasta coincidir con junta de contracción***
 - ✓ ***Retirar hormigón hasta tercio central de la losa y disponer barras de atado (complementadas con machihembrado)***

Juntas de contracción



- ✓ **Permitir movimiento horizontal libre de las losas**
 - ✓ ***Reducir tracciones por acortamientos (retracción, variaciones térmicas...) coartados por el rozamiento con la capa de apoyo***
 - ✓ ***Reducir tensiones de combado por gradientes térmicos y de humedad***
 - ✓ ***Disminuir efecto combinado de cargas y gradientes (levantamiento de la losa respecto al apoyo)***

Distancia entre juntas: factores



- ✓ **Condiciones de retracción del hormigón**
- ✓ **Espesor del pavimento**
- ✓ **Rozamiento losa / capa de apoyo**
- ✓ **Distancia entre pilares**
- ✓ **Gradientes de temperatura en pavimentos exteriores**



Distancia entre juntas

- ✓ **Separaciones recomendables**

- ✓ ***Pavimentos interiores: 4 a 6 m (25 a 30 veces el espesor de la losa)***

- ✓ ***Pavimentos exteriores: < 4 m si las variaciones de temperatura entre noche y día son importantes***

- ✓ **Separaciones mayores**

- ✓ ***Pavimentos armados (con juntas, continuos, postesados)***

- ✓ ***Hormigones con fibras de acero***

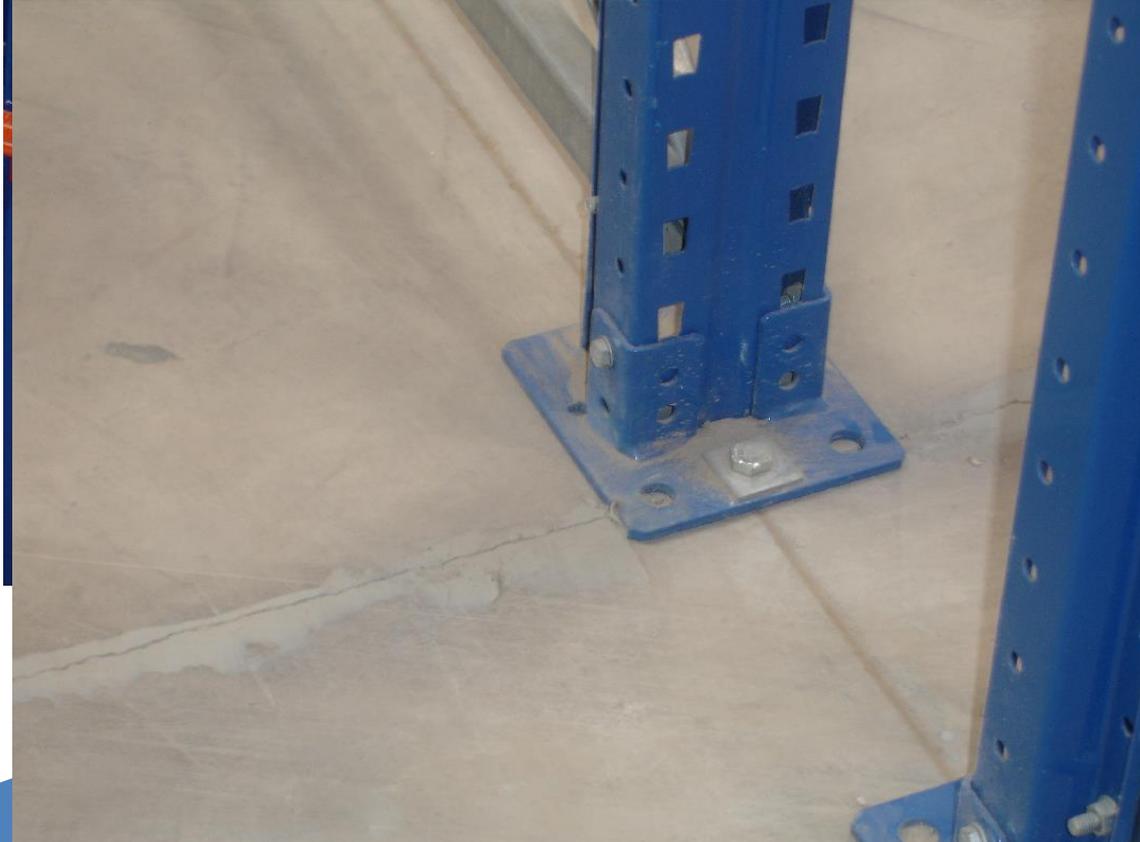
- ✓ ***Aditivos especiales (baja retracción) o cementos expansivos***

Disposición de juntas



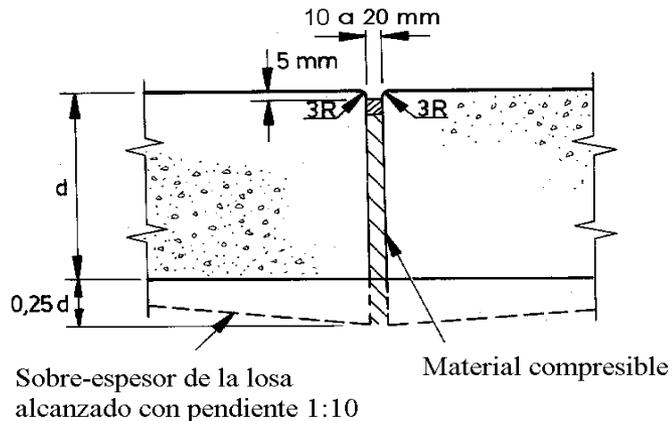
Tipos de juntas

Disposición de juntas



Tipos de juntas

Juntas de dilatación



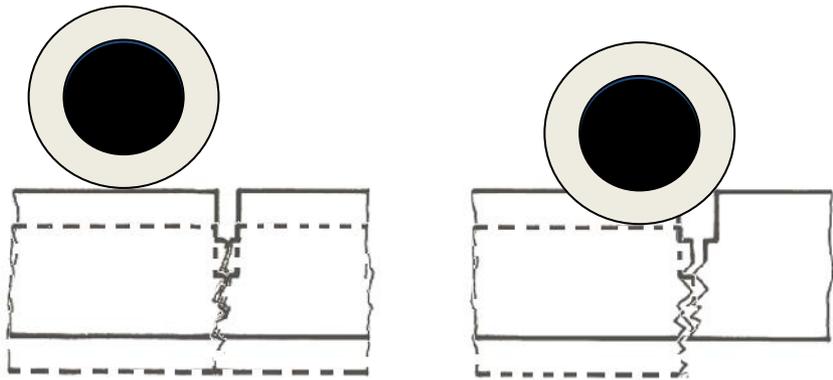
- ✓ Para absorber expansiones por aumento de la temperatura
- ✓ Cada vez menos utilizadas (dilatación absorbida por la retracción de la losa)
- ✓ Ejecución similar a juntas de aislamiento
- ✓ En zonas de tráfico pesado (a evitar)
 - ✓ Empleo de pasadores
 - ✓ Aumento de espesor



4. Transferencia de carga en las juntas

Objetivo

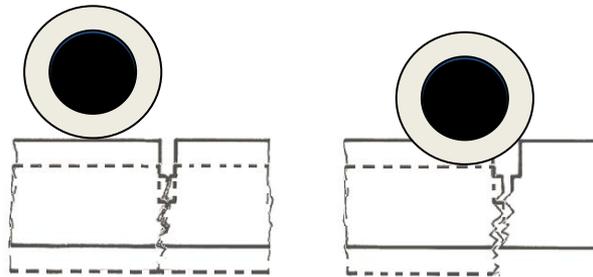
- ✓ Que las losas a ambos lados de la junta trabajen lo más conjuntamente posible
- ✓ Las juntas de aislamiento nunca deben transmitir cargas



Transferencia de carga en las juntas

Beneficios

- ✓ **Disminución de tensiones en las losas**
- ✓ **Evitar deflexiones diferenciales, con choque de las ruedas que provocan:**
 - ✓ **Desportillados**
 - ✓ **Asientos diferenciales y escalonamientos**
 - ✓ **Incrementos de carga por impacto**

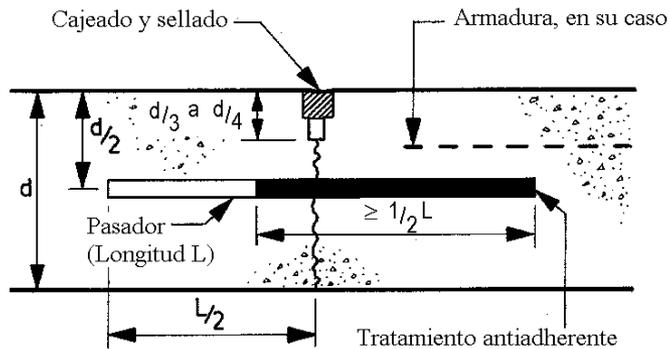


Transferencia de carga en las juntas

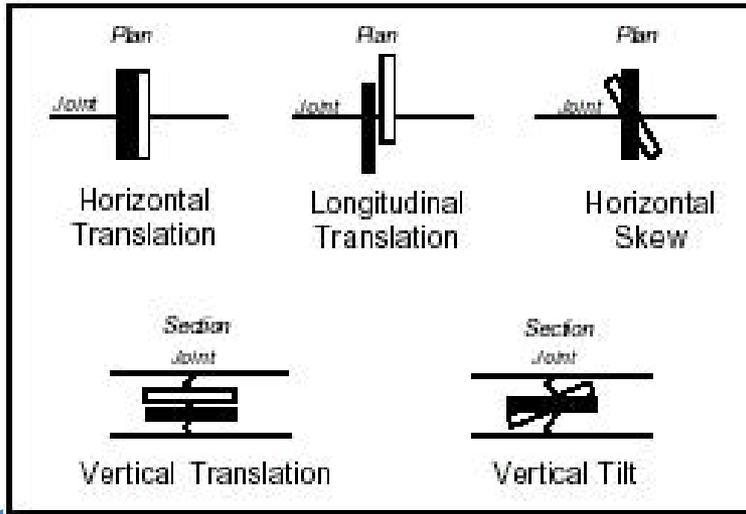
Sistemas

- ✓ **Pasadores**
- ✓ **Machihembrado (ranura y lengüeta)**
- ✓ **Encaje entre áridos (abertura de junta < 1 mm)**
- ✓ **Otros dispositivos para mantener cosidas las juntas:**
 - ✓ **Barras de atado**
 - ✓ **Armaduras pasantes (pavimentos armados con juntas o continuos)**

Pasadores

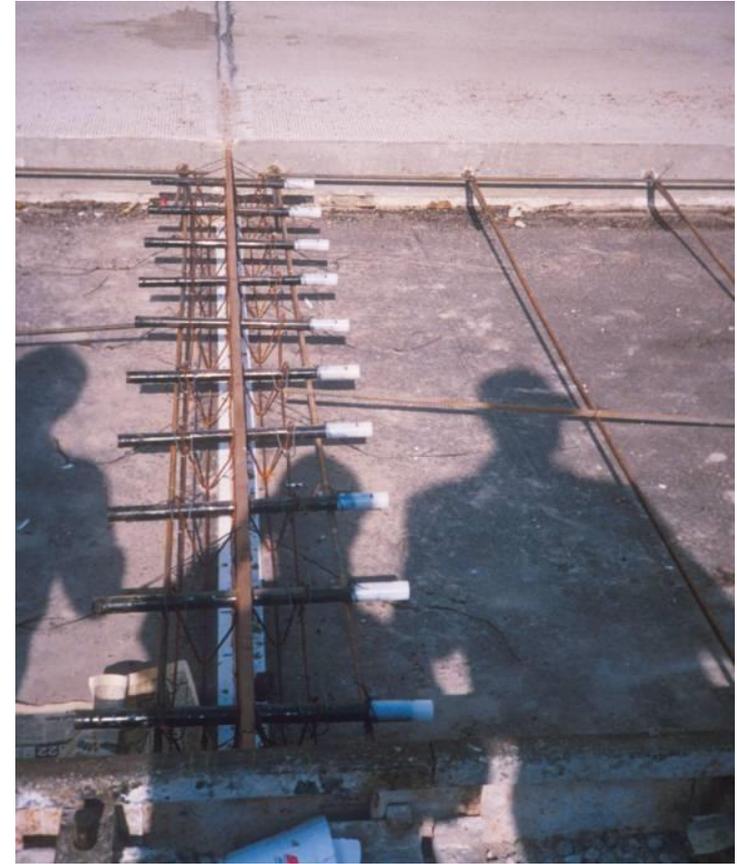


- ✓ **Barras de acero liso conectando losas en las juntas**
- ✓ **En general, circulares**
- ✓ **El método más eficaz para una adecuada transmisión de cargas**
- ✓ **Deben permitir movimientos horizontales**
- ✓ **No adherentes (funda plástica, pintura, etc. al menos en 50% de la longitud)**
- ✓ **Correctamente alineados (paralelismo)**



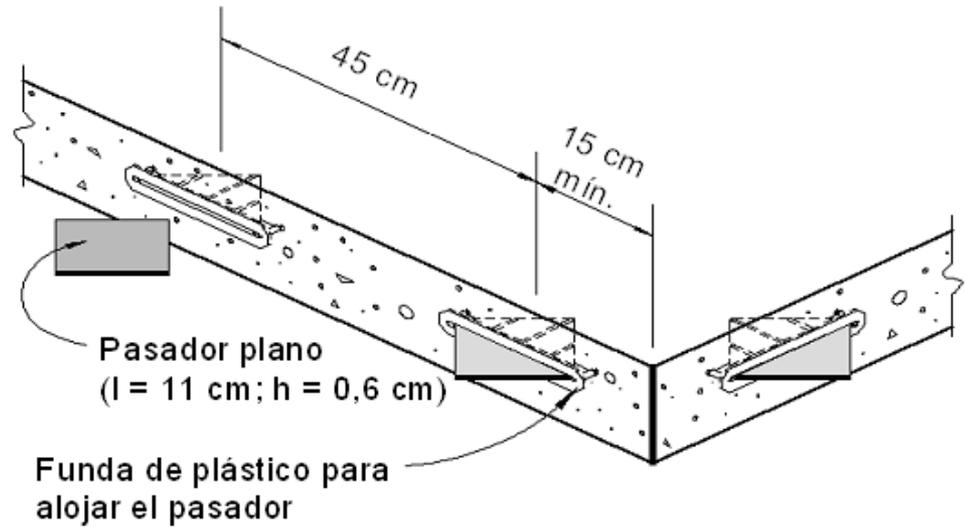
Transferencia de carga en las juntas

Pasadores



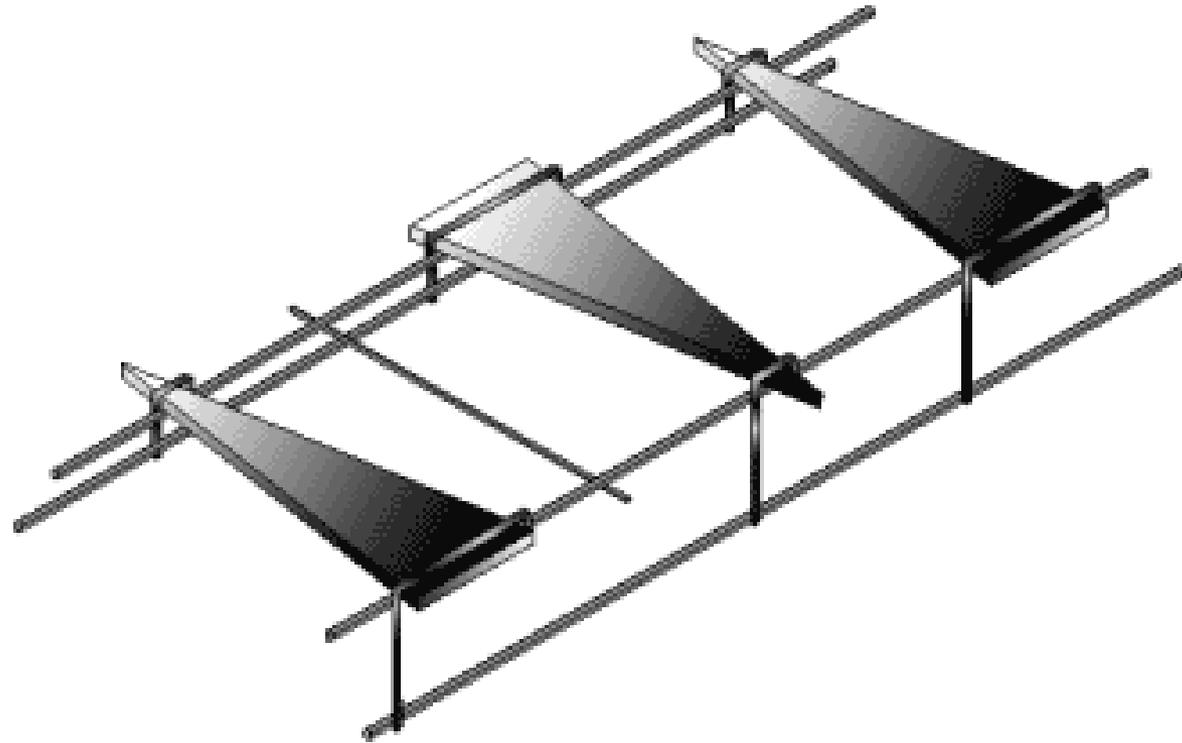
Transferencia de carga en las juntas

Pasadores



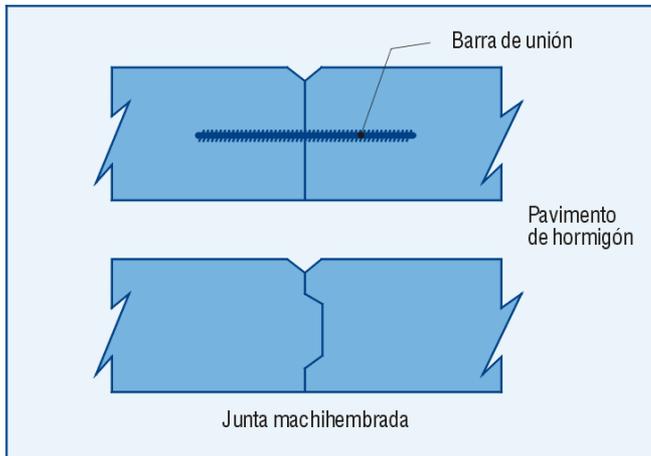
Transferencia de carga en las juntas

Pasadores



Transferencia de carga en las juntas

Barras de unión o de atado



- ✓ **Barras corrugadas que pasan a través de las juntas**
- ✓ **Para mantener cerradas las juntas**
 - ✓ **Transversales de construcción (no coincidentes con juntas de contracción)**
 - ✓ **Longitudinales de construcción (caras lisas si no hay machihembrado)**

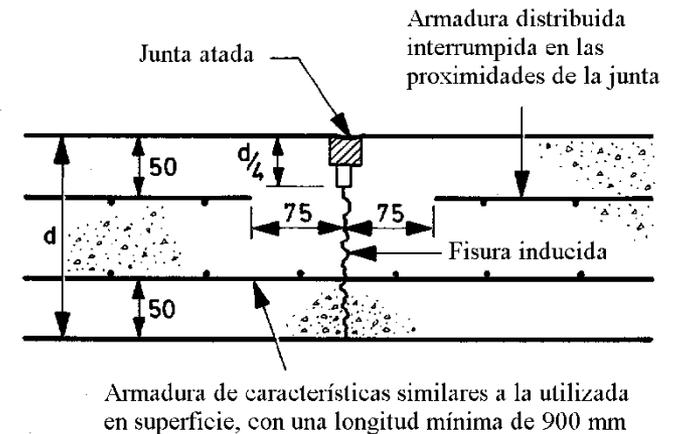
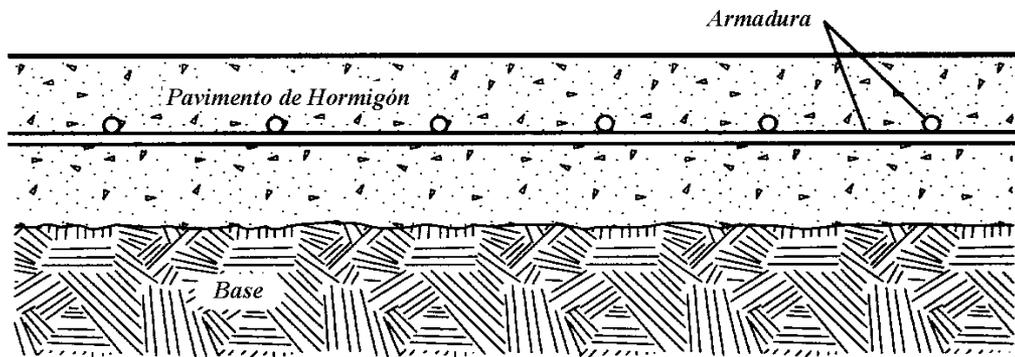
Transferencia de carga en las juntas

Barras de unión o de atado

- ✓ **No para resistir esfuerzos de flexión, sino de tracción**
- ✓ **Se busca adherencia**
- ✓ **En comparación con pasadores...**
 - ✓ **Barras corrugadas**
 - ✓ **Mayor longitud (800 mm)**
 - ✓ **Menor diámetro (12 mm)**
 - ✓ **Mayor separación (1 m)**
- ✓ **No deben coartar excesivamente el movimiento**

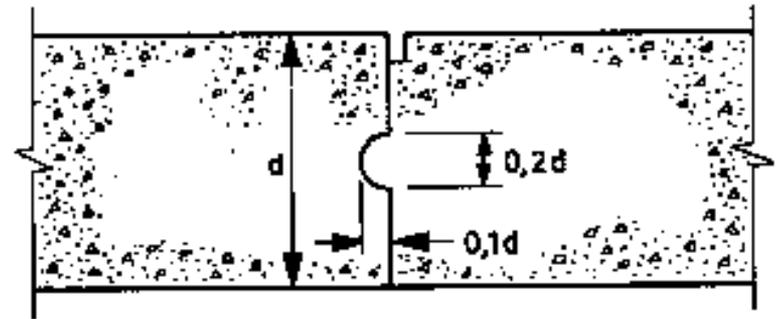
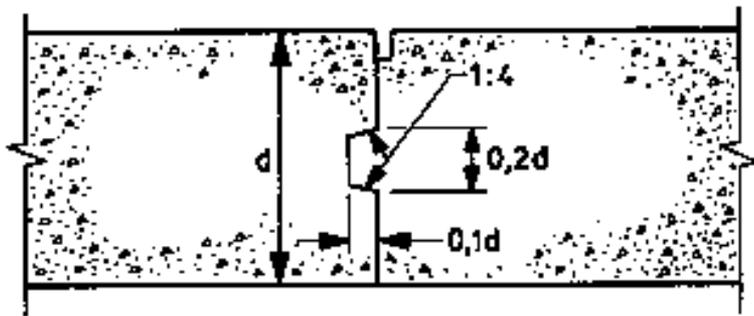
Armaduras pasantes

- ✓ Mantener cerradas las juntas, para conseguir una buena transmisión de cargas por encaje de áridos
- ✓ Pavimentos armados continuos sin juntas
- ✓ Pavimentos armados con juntas (fisuras entre juntas)



Machihembrado

- ✓ Solamente realizable en juntas encofradas
 - ✓ Encofrados con listones adosados
 - ✓ Encofrados perdidos (junta Omega)
 - ✓ Ejecución en fresco en junta longitudinal con pavimentadora de encofrados deslizantes
- ✓ No recomendables en juntas con cargas elevadas



Transferencia de carga en las juntas

Engranaje de áridos

- ✓ **Solamente en juntas serradas**
- ✓ **Eficaz con aberturas $< 0,5$ mm**
- ✓ **Inexistente con aberturas > 1 mm**
- ✓ **Ir a separaciones no muy grandes entre juntas**





5. Productos de sellado

Características

- ✓ **Mejoran la funcionalidad y durabilidad de los pavimentos**
- ✓ **Evitan la entrada de partículas incompresibles**
- ✓ **Protegen las capas inferiores de la entrada de agua**
- ✓ **Facilitan las tareas de limpieza y mejoran el aspecto**
- ✓ **Todas las juntas deben sellarse**



Tipología de productos

✓ **Productos aplicados en caliente (en desuso)**

- ✓ **No pueden aplicarse en juntas estrechas**
- ✓ **Su vida de servicio suele ser corta (3-10 años)**
- ✓ **Tienen una acomodación al movimiento de la junta limitada al 5% de su ancho**
- ✓ **No evitan el desconchamiento de los bordes de las juntas bajo tráfico de ruedas rígidas**
- ✓ **Son atacados por algunos disolventes**
- ✓ **Algunas pinturas no pueden aplicarse sobre ellos**

Tipología de productos

✓ **Productos elastoméricos**

- ✓ **Se emplean en juntas de contracción, dilatación y aislamiento (donde se esperan movimientos)**
- ✓ **Endurecen por acción química o simple secado (siliconas)**
- ✓ **Se pueden acomodar al movimiento de la junta has 20-25% del ancho**
- ✓ **Vida en servicio de más de 20 años**
- ✓ **Altamente resistentes al ataque químico (algunos)**
- ✓ **Pueden ser pintados (algunos)**

Tipología de productos

✓ **Perfiles preformados**

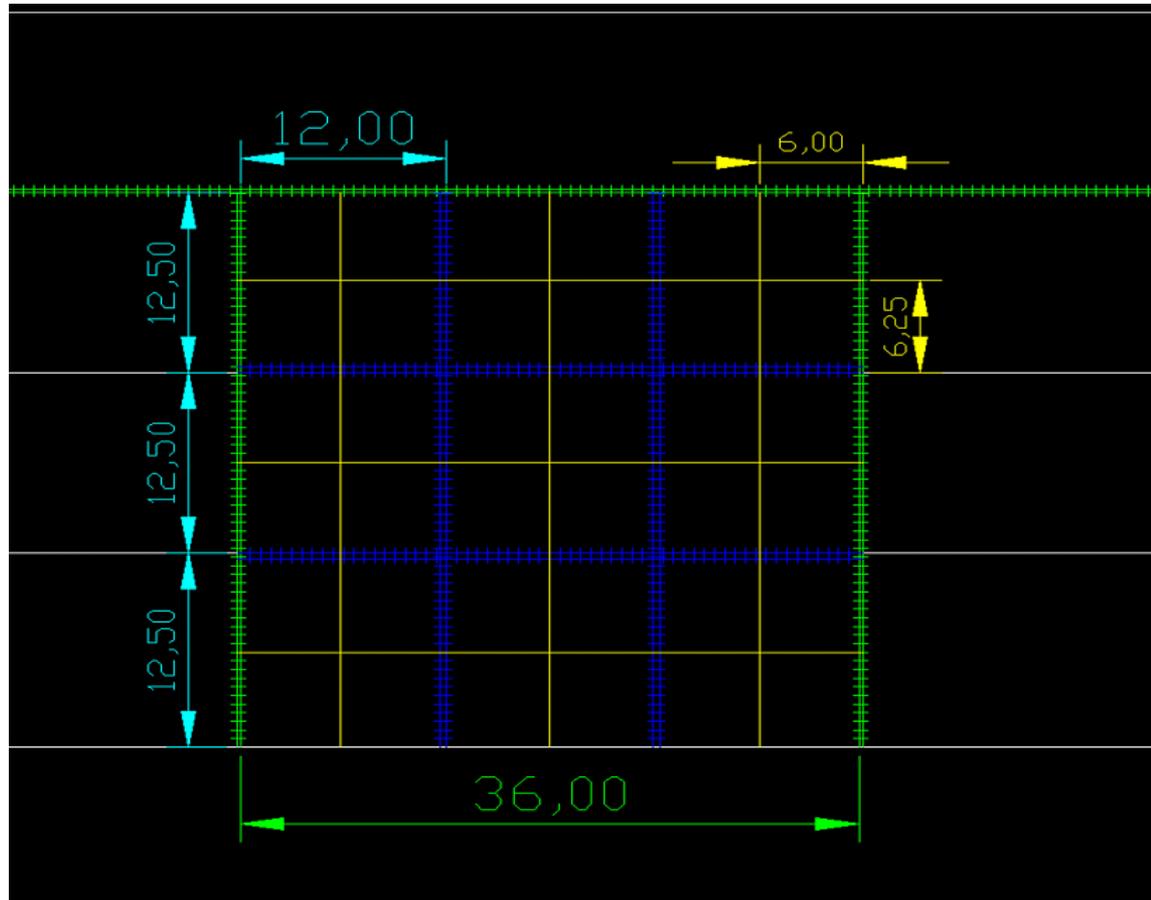
- ✓ **El perfil siempre se encuentra a compresión**
- ✓ **El ancho del perfil estará en proporción de la longitud de la losa y de las variaciones de temperatura**



a) Perfil de 5 celdas sin instalar

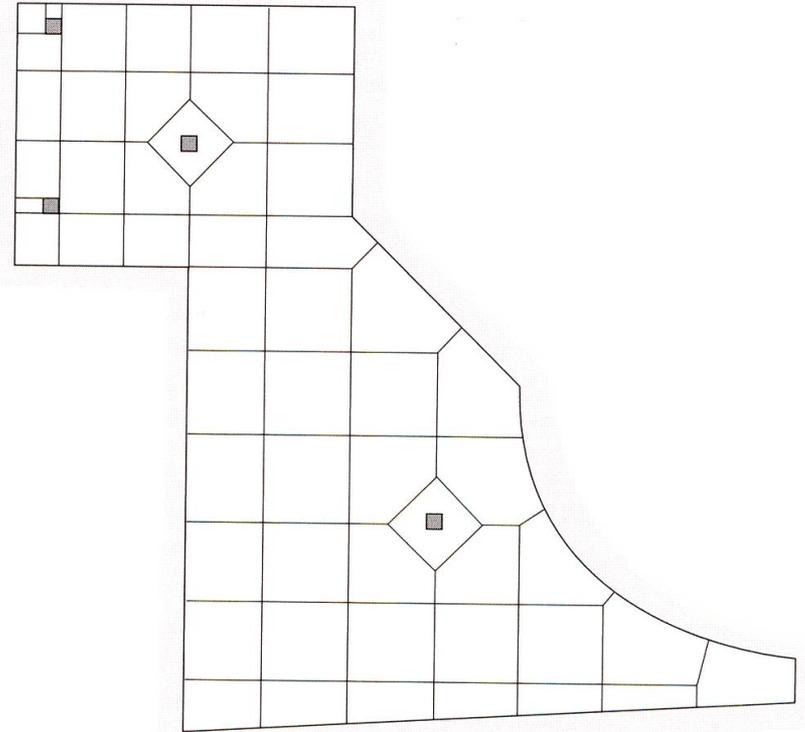
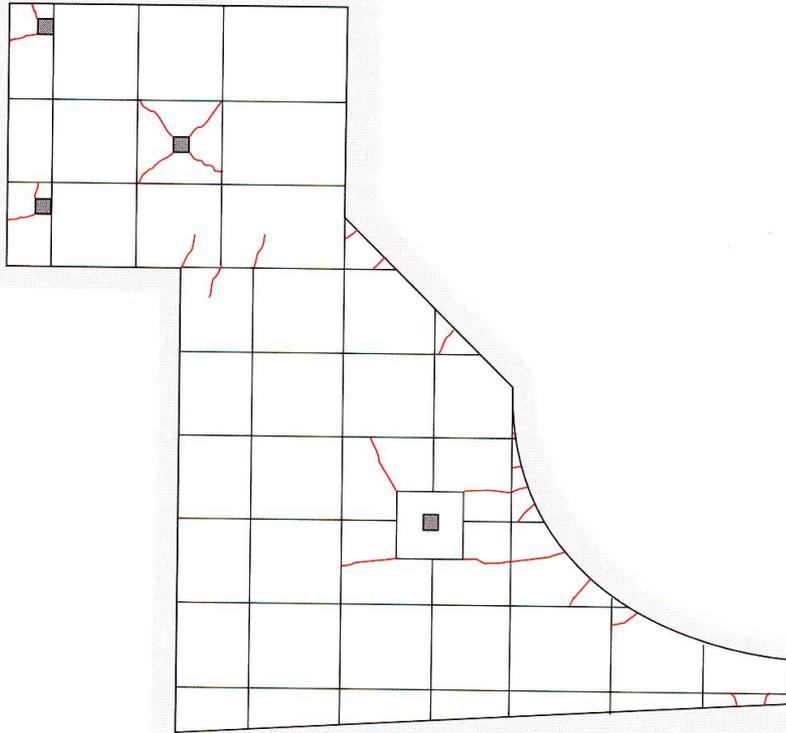


b) Perfil instalado



6. Recomendaciones para la disposición de juntas en planta

Disposición de juntas



Recomendaciones para la disposición de juntas en planta

***MUCHAS
GRACIAS POR SU
ATENCIÓN!***

