

Juntas em pavimentos industriais

Das juntas de esquartelamento aos sistemas de juntas susceptíveis de verificação através de dimensionamento



Juntas em pavimentos industriais

Tópicos principais

- Evolução histórica das juntas
- Desenvolvimento das juntas Sinus Slide®
- Desenvolvimento das juntas Cosinus Slide®
- O que tornou agora possível o dimensionamento
- Determinação da resistência do material (ensaios de laboratório / modelação)
- Acções sobre as juntas - distribuição e transferência de cargas

Juntas em pavimentos industriais

Tópicos principais

- **Evolução histórica das juntas**
- Desenvolvimento das juntas Sinus Slide®
- Desenvolvimento das juntas Cosinus Slide®
- O que tornou agora possível o dimensionamento
- Determinação da resistência do material (ensaios de laboratório / modelação)
- Acções sobre as juntas - distribuição e transferência de cargas

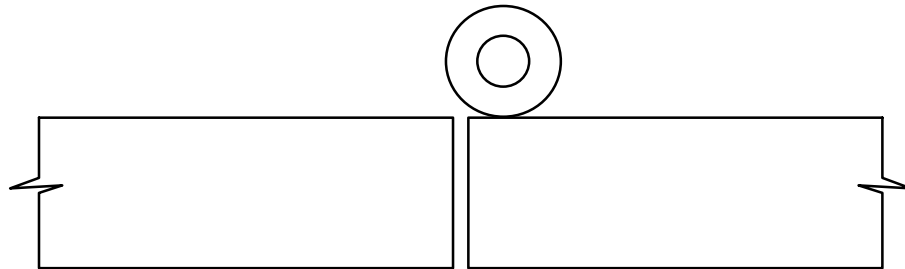
Evolução histórica das juntas

Alguns factos sobre juntas:

- As juntas raramente podem ser evitadas em estruturas de betão
- O fenómeno da retracção do betão tem de ser resolvido através da execução de juntas de construção
- Numa estrutura de betão cada junta representa um ponto de fraqueza, sendo uma potencial fonte de problemas
- As juntas são factores de limitação em termos construtivos
- As juntas requerem habitualmente uma manutenção intensiva durante o período de vida útil da obra

Evolução histórica das juntas

**Tecnologia dos pavimentos até 1980:
Tensões devidas à retracção compensadas por juntas de esquartelamento**



Evolução histórica das juntas

**Tecnologia dos pavimentos até 1980:
Tensões devidas à retracção compensadas por juntas de esquadrelamento**



Evolução histórica das juntas

**Tecnologia dos pavimentos até 1980:
Tensões devidas à retracção compensadas por juntas de esquadrelamento
Os problemas podem ser muito diversificados ...**



Evolução histórica das juntas

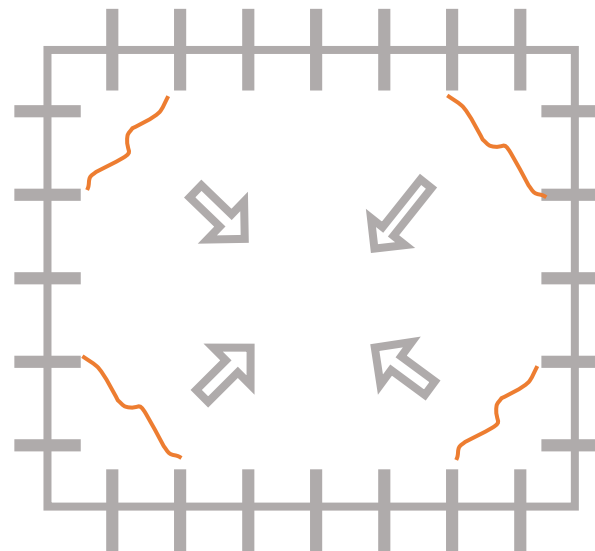
**Tecnologia dos pavimentos desde 1980:
Construção de pavimentos sem juntas de esquadrelamento
Redução dos problemas potenciais nas juntas em cerca de 80%**



Evolução histórica das juntas

**Tecnologia dos pavimentos desde 1980:
Construção de pavimentos sem juntas de esquadramento**

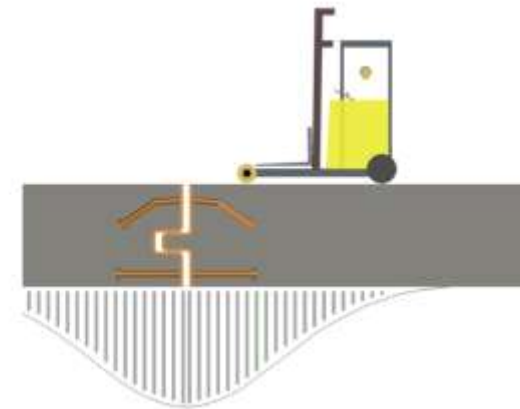
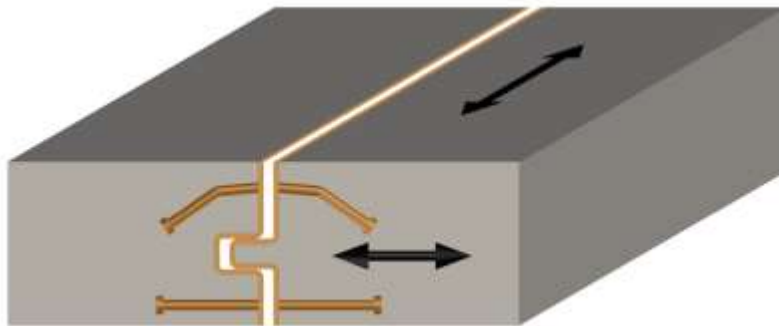
**Inicialmente através de sistemas de ferrolhos simples
Desvantagem: movimento impedido paralelamente às juntas**



Evolução histórica das juntas

**Tecnologia dos pavimentos desde 1980:
Construção de pavimentos sem juntas de esquadramento**

**Posteriormente com perfis “Delta” ou “Omega”
Vantagem: Movimento horizontal livre permite reduzir as tensões devidas à
retracção, com transmissão equilibrada das cargas**



Evolução histórica das juntas

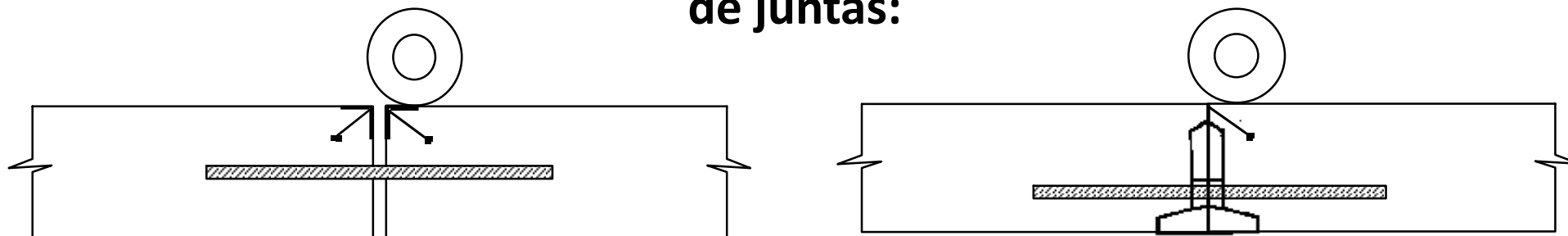
**Tecnologia dos pavimentos desde 1980:
Construção de pavimentos sem juntas de esquadramento**

**Posteriormente com perfis “Delta” ou “Omega”
Durabilidade? Estados Limites de Serviço?**



Evolução histórica das juntas

Entre 1985 e 2006 foram introduzidos no mercado diversos sistemas de juntas:



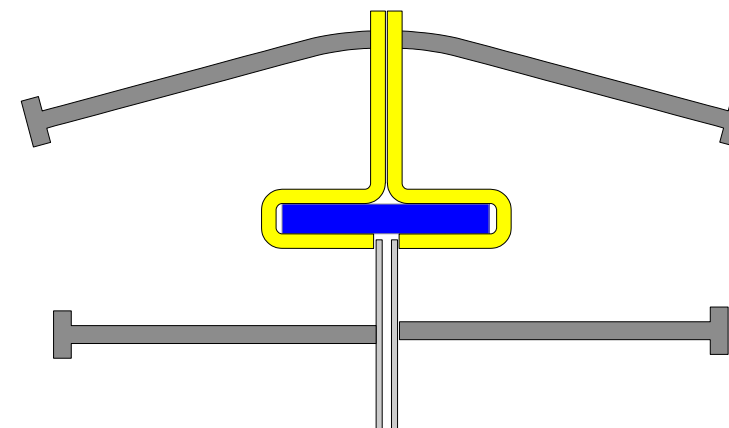
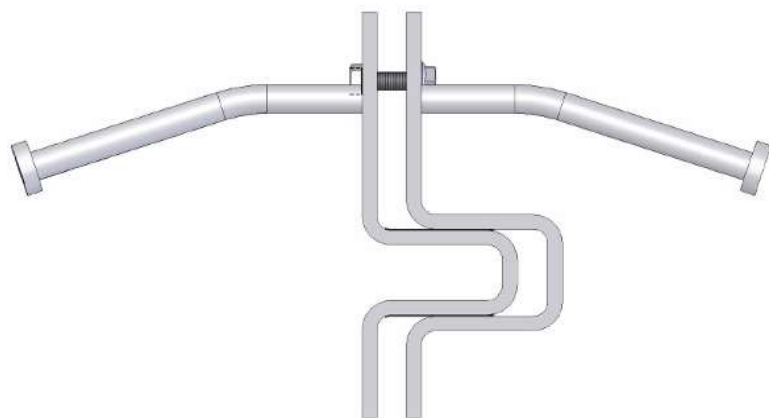
**Duplo canto
com ferrolhos**



Evolução histórica das juntas

Entre 1985 e 2006 foram introduzidos no mercado diversos sistemas de juntas:

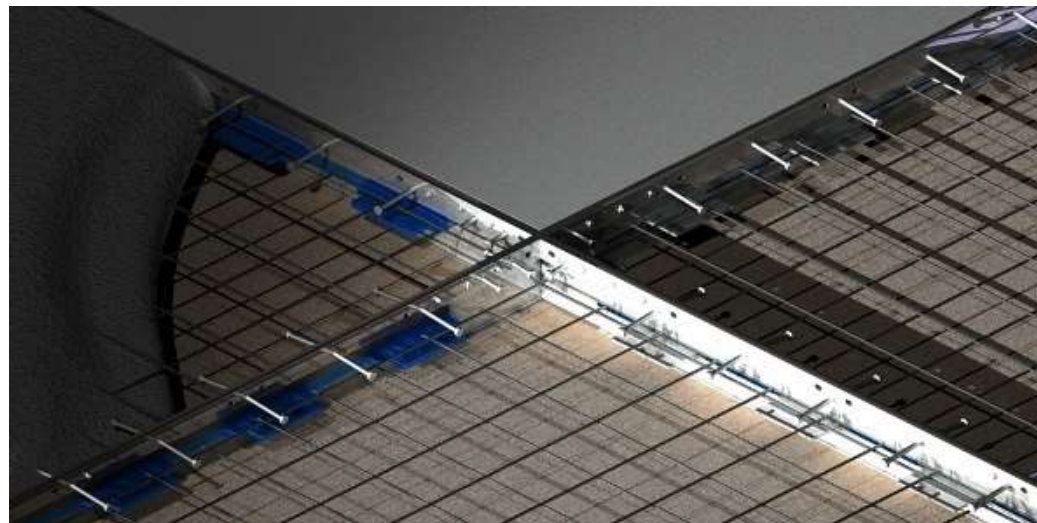
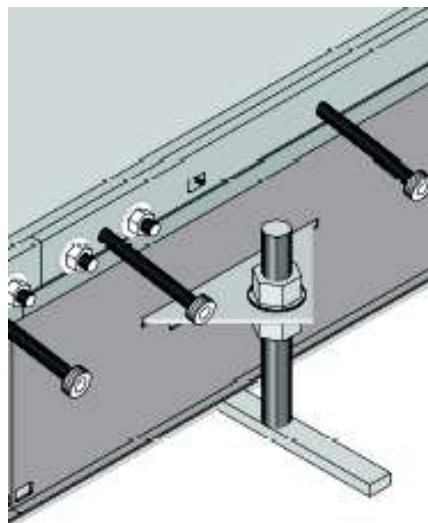
Juntas com um sistema contínuo de transferência de cargas



Evolução histórica das juntas

Entre 1985 e 2006 foram introduzidos no mercado diversos sistemas de juntas:

Juntas com um sistema descontínuo de transferência de cargas



Evolução histórica das juntas

Entre 1985 e 2006 foram introduzidos no mercado diversos sistemas de juntas:

**MAS TODAS APRESENTAM O MESMO PONTO FRACO:
A ABERTURA DA JUNTA!**



Evolução histórica das juntas

Entre 1985 e 2006 foram introduzidos no mercado diversos sistemas de juntas:

**MAS TODAS APRESENTAM O MESMO PONTO FRACO:
A ABERTURA DA JUNTA!**



Juntas em pavimentos industriais

Tópicos principais

- Evolução histórica das juntas
- **Desenvolvimento das juntas Sinus Slide®**
- Desenvolvimento das juntas Cosinus Slide®
- O que tornou agora possível o dimensionamento
- Determinação da resistência do material (ensaios de laboratório / modelação)
- Acções sobre as juntas - distribuição e transferência de cargas

Desenvolvimento das juntas Sinus Slide®

Ideia: eliminar o ponto fraco “ABERTURA DA JUNTA”:



Desenvolvimento das juntas Sinus Slide®

Ideia: eliminar o ponto fraco “ABERTURA DA JUNTA”:

As juntas Sinus Slide® permitem eliminar directamente os factores que causam os danos, sendo por isso consideradas como uma solução inovadora e revolucionária na tecnologia dos pavimentos industriais.

As juntas Sinus Slide® permitem a passagem de equipamentos sobre as mesmas sem impactos nem vibrações - como se a abertura das juntas do pavimento não existisse.

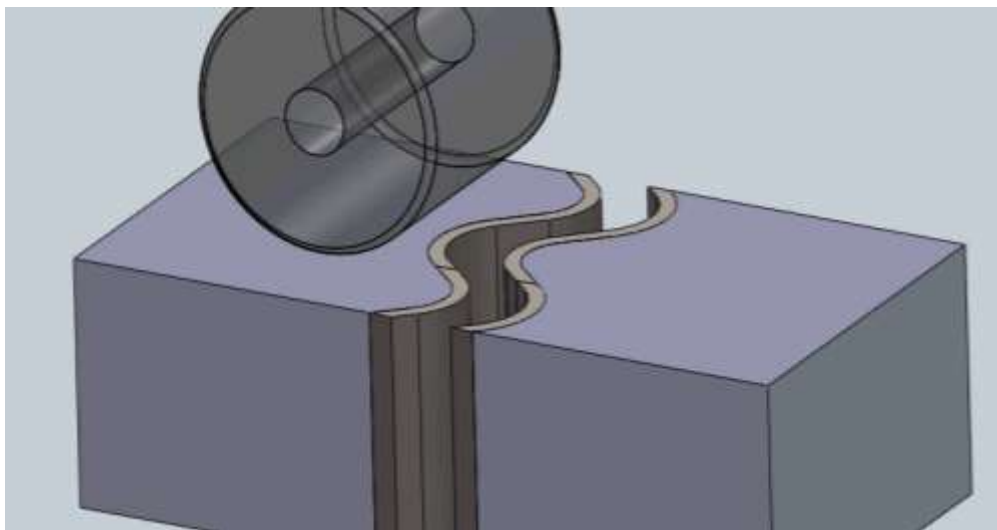
As juntas permanecem visíveis mas a percepção com que se fica do comportamento do pavimento, em fase de operação, é a de que este não tem quaisquer juntas.

Desenvolvimento das juntas Sinus Slide®

Ideia: eliminar o ponto fraco “ABERTURA DA JUNTA”:

Com as juntas Sinus Slide®, os rodados do empilhador mantêm-se permanentemente em contacto com o betão através dos bordos sinusoidais das juntas.

O contacto permanente entre os rodados e o betão cria uma passagem suave e silenciosa sobre as juntas, de tal forma que se fica com a sensação de que o pavimento não tem juntas.



Desenvolvimento das juntas Sinus Slide®

Ideia: eliminar o ponto fraco “ABERTURA DA JUNTA”:



Desenvolvimento das juntas Sinus Slide®

SITUAÇÃO INICIAL: VIBRAÇÕES DE CORPO INTEIRO

Problema: O trabalho com empilhadores expõe os seus operadores a vibrações de corpo inteiro.



Desenvolvimento das juntas Sinus Slide®

SITUAÇÃO INICIAL: VIBRAÇÕES DE CORPO INTEIRO

Problema: O trabalho com empilhadores expõe os seus operadores a vibrações de corpo inteiro.

Termos: legais: Directiva 2002/44/CE: na Europa foram estabelecidos limites para a exposição dos operadores.

Consequência: Os operadores dos empilhadores têm de sujeitar-se à realização de avaliações de riscos.

Solução: Uma acção simples ao nível da construção elimina os pontos críticos associados à circulação sobre as juntas dos pavimentos, reforçando também a segurança jurídica.

Desenvolvimento das juntas Sinus Slide®

SITUAÇÃO INICIAL: VIBRAÇÕES DE CORPO INTEIRO

Solução: Uma acção simples ao nível da construção elimina os pontos críticos associados à circulação sobre as juntas dos pavimentos, reforçando também a segurança jurídica.



Resultado: Um pavimento que transmite a sensação de não ter juntas

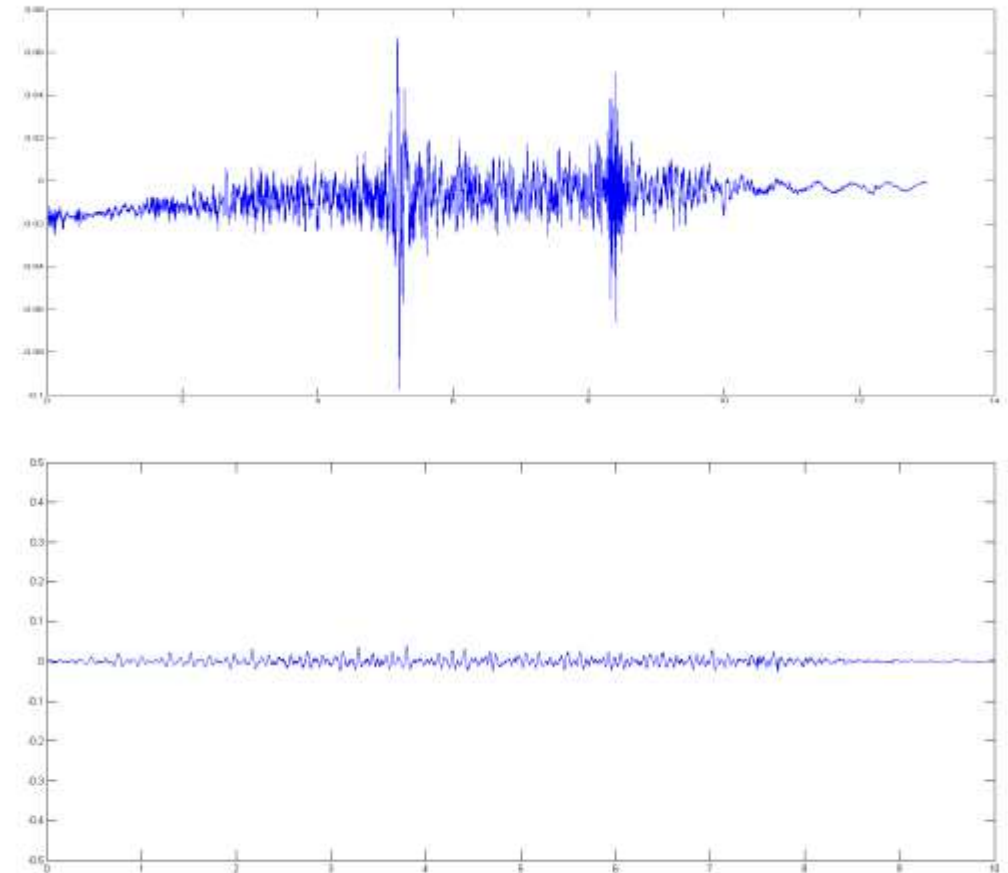
Desenvolvimento das juntas Sinus Slide®

Comprovado cientificamente:



Empilhador ao atravessar uma junta linear

Empilhador ao atravessar uma junta Sinus Slide®



Desenvolvimento das juntas Sinus Slide®

Vantagens ambientais e económicas do perfil sinusoidal:

Factos associados a desgaste /custos:

Facto 1: Em média, 66% dos danos sofridos pelos empilhadores estão associados a componentes eléctricos e aos rodados (fonte: InnoRad)

Facto 2: Os impactos e as vibrações são importantes causas para os danos eléctricos e para os danos nos rodados (fonte: InnoRad)

Facto 3: A circulação de equipamentos sobre as juntas dos pavimentos industriais representa, em média, mais de 140 passagens por dia (fonte: InnoRad)

Facto 4: A substituição de rodados danificados na Europa representa um custo anual de € 550 milhões, com cerca de 17.000 ton/ano de resíduos produzidos - O que se traduz num custo médio anual de € 755 por empilhador (fonte: Linde)

Desenvolvimento das juntas Sinus Slide®

Vantagens ambientais e económicas do perfil sinusoidal:

Ao utilizarem-se as juntas Sinus Slide®: redução de custos e de resíduos produzidos, afectando os pavimentos e os empilhadores.

Poupança de 25% a 50%, dependendo do tipo de empilhador, das aberturas das juntas, dos tempos de operação, da velocidade, etc.

Exemplo: Empresa logística com 50 empilhadores em operação

Custos médios anuais de substituição de rodados: € 755 x 50 = € 37.750

Poupança de 25% a 50%: cerca de 9.400 a 8.800 € / ano

Os custos do investimento são rapidamente recuperados.

Juntas em pavimentos industriais

Tópicos principais

- Evolução histórica das juntas
- Desenvolvimento das juntas Sinus Slide®
- **Desenvolvimento das juntas Cosinus Slide®**
- O que tornou agora possível o dimensionamento
- Determinação da resistência do material (ensaios de laboratório / modelação)
- Acções sobre as juntas - distribuição e transferência de cargas

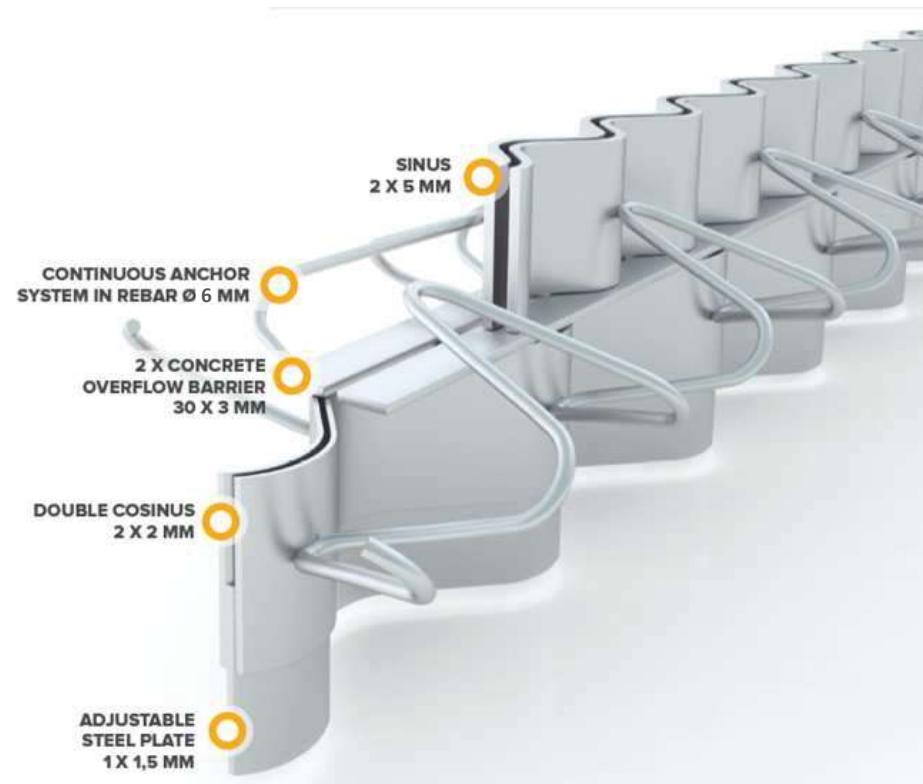
Desenvolvimento das juntas Cosinus Slide®

SITUAÇÃO INICIAL:

- Os sistemas existentes oferecem habitualmente uma capacidade de transmissão de cargas que pode classificar-se como sendo apenas moderada
- A capacidade de transmissão das cargas tem sido sempre conseguida através dum componente adicional (ferrolho)
- A transferência de cargas do perfil para o pavimento é habitualmente de carácter pontual
 - parcialmente, com ferrolhos simples ou de placa, aproximadamente a meio da laje
 - dependendo da abertura da juntas / diferentes mecanismos de rotura

Desenvolvimento das juntas Cosinus Slide[®]

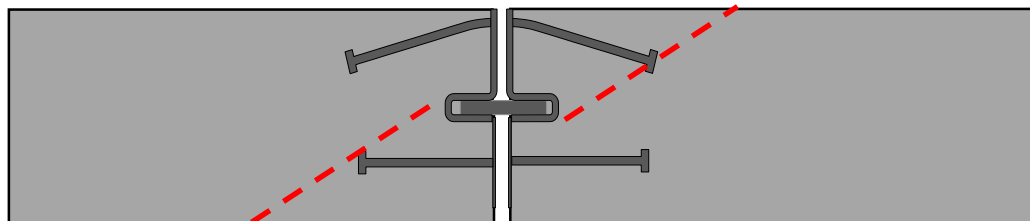
Tendo por objectivo resolver estes problemas desenvolveu-se a seguinte solução inovadora:



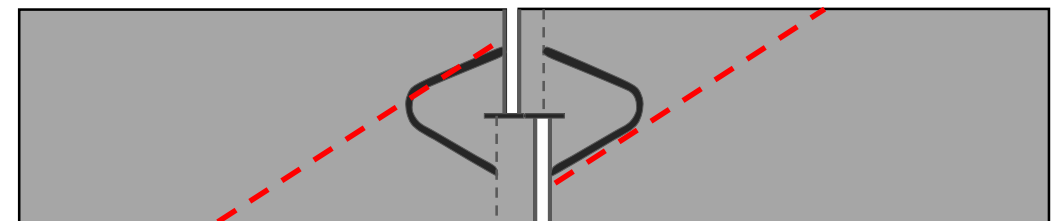
Desenvolvimento das juntas Cosinus Slide[®]

- Os sistemas existentes oferecem habitualmente uma capacidade de transmissão de cargas que pode classificar-se como sendo apenas moderada

Delta ou ferrolhos $\pm 0,5 \times h$



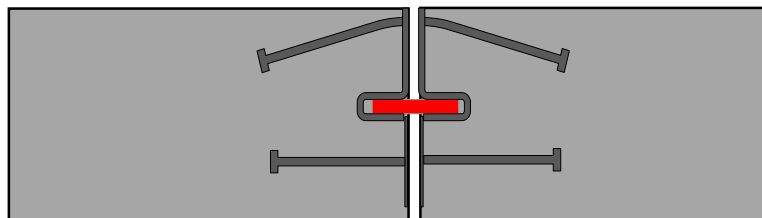
COSINUS $\pm 0,8 \times h$



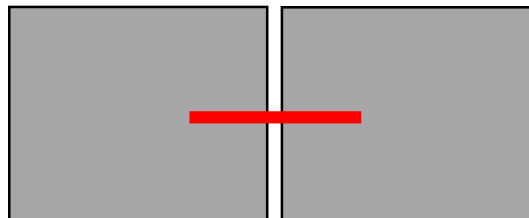
Desenvolvimento das juntas Cosinus Slide[®]

- A capacidade de transmissão das cargas tem sido sempre conseguida através da utilização de um componente adicional (ferrolho)

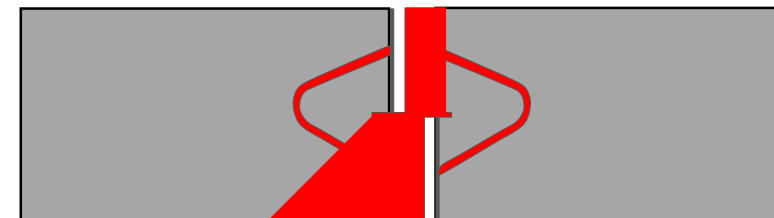
Delta



Ferrolhos ou placas



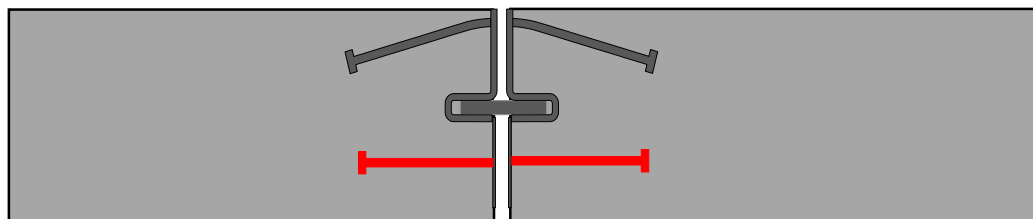
COSINUS



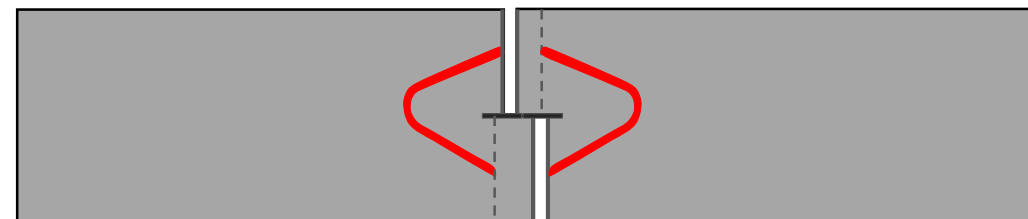
Desenvolvimento das juntas Cosinus Slide[®]

- A transferência de cargas do perfil para o pavimento é habitualmente de carácter pontual

Delta com pernos simples



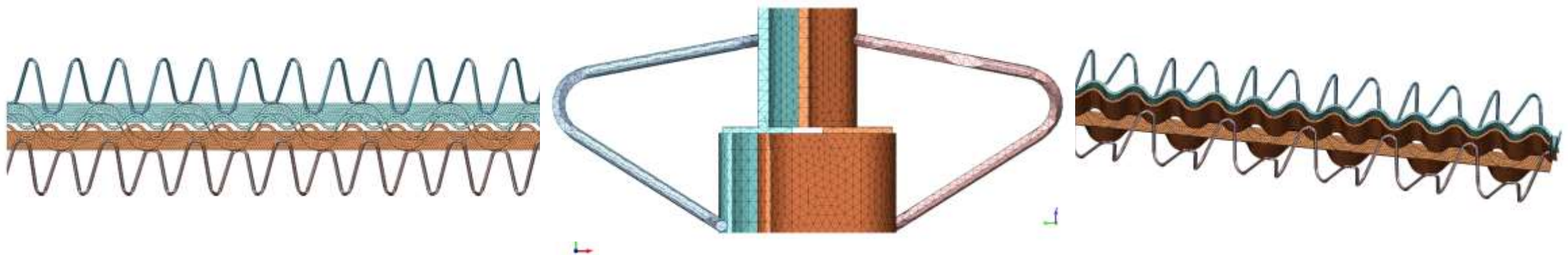
COSINUS com sistema de ancoragem contínuo



Desenvolvimento das juntas Cosinus Slide[®]

Graças à sua geometria única e ao sistema de transferência de cargas, é possível obter poupanças significativas em termos de materiais:

- Transportável manualmente
- Montagem e ajustamento mais simples
- Redução de custos entre 10% e 15%, em comparação com as juntas SINUS



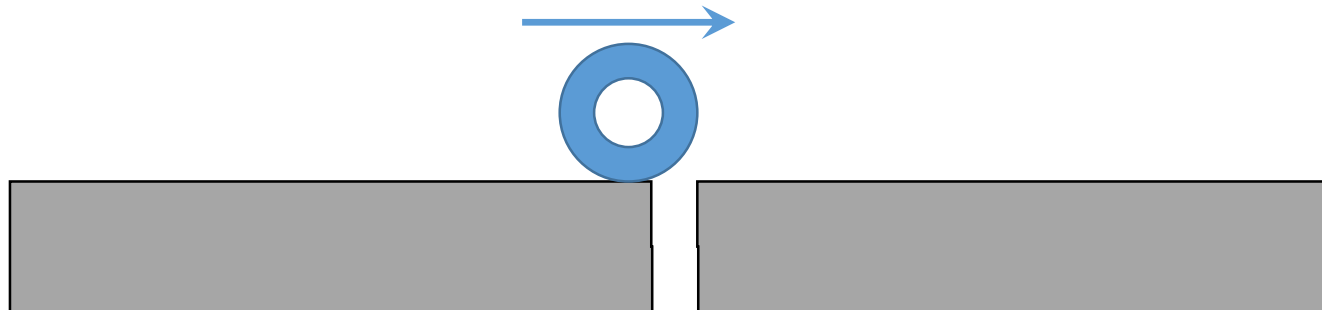
Juntas em pavimentos industriais

Tópicos principais

- Evolução histórica das juntas
- Desenvolvimento das juntas Sinus Slide®
- Desenvolvimento das juntas Cosinus Slide®
- **O que tornou agora possível o dimensionamento**
- Determinação da resistência do material (ensaios de laboratório / modelação)
- Acções sobre as juntas - distribuição e transferência de cargas

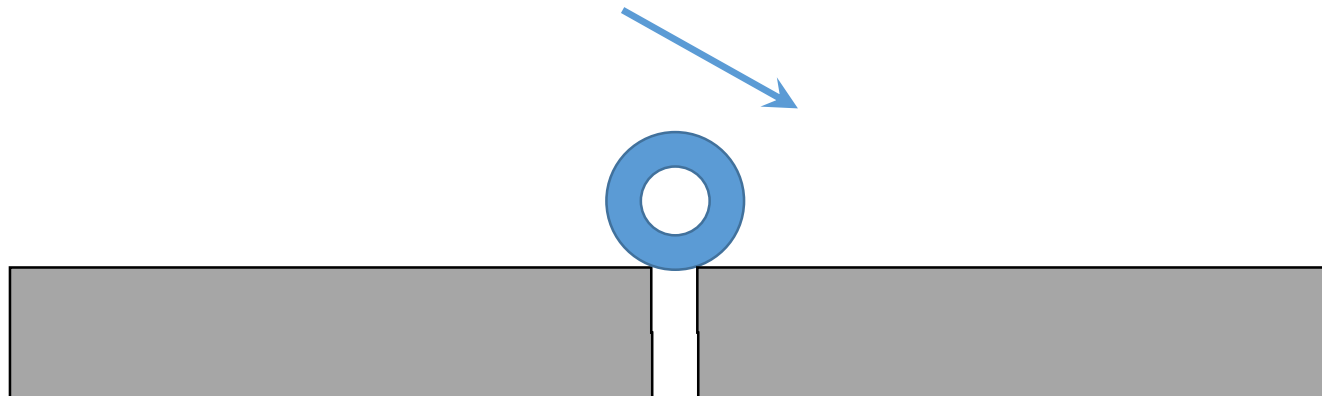
O que tornou agora possível o dimensionamento?

O que sucede quando uma carga dinâmica actua sobre o perfil duma junta linear?



O que tornou agora possível o dimensionamento?

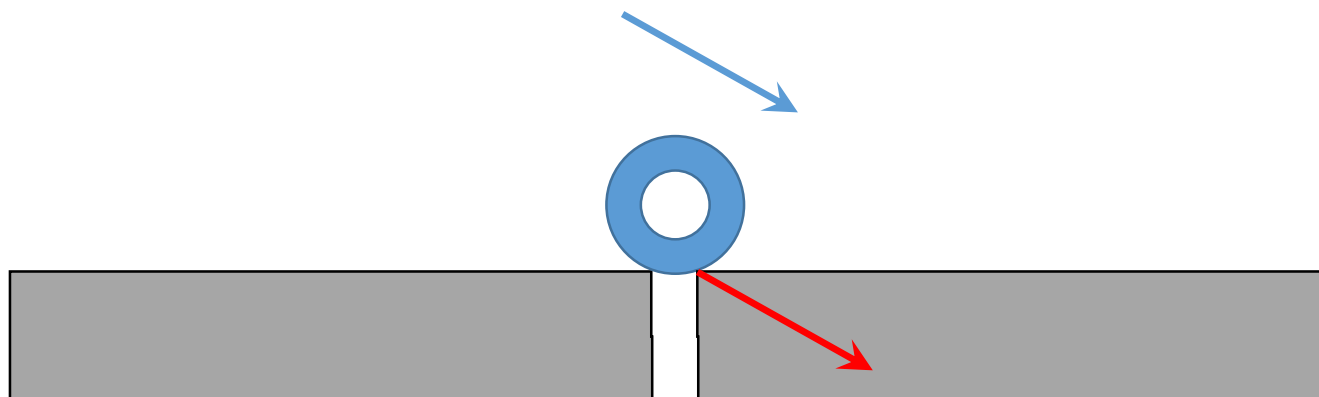
O que sucede quando uma carga dinâmica actua sobre o perfil duma junta linear?



O rodado “afunda-se” na abertura da junta

O que tornou agora possível o dimensionamento?

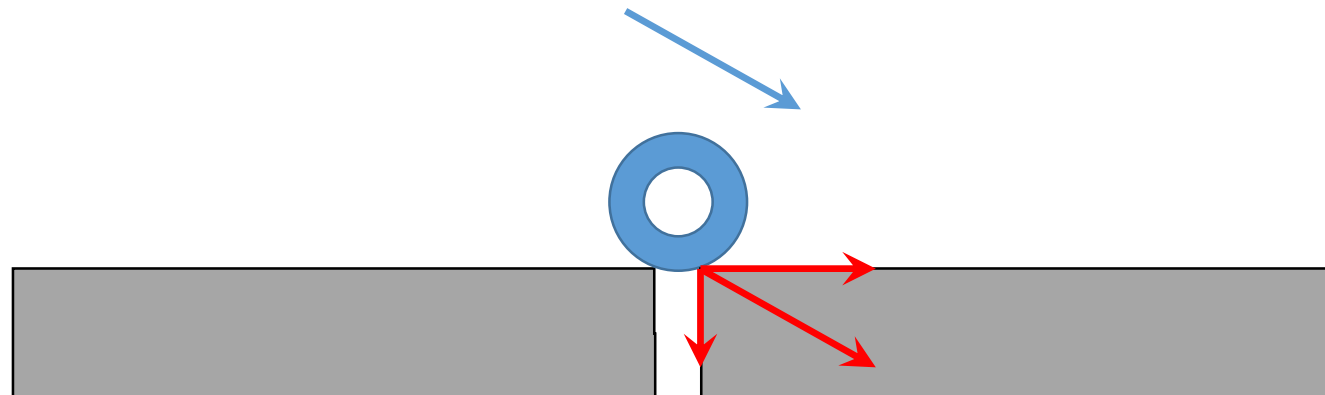
O que sucede quando uma carga dinâmica actua sobre o perfil duma junta linear?



Impacto da carga sobre o bordo da junta

O que tornou agora possível o dimensionamento?

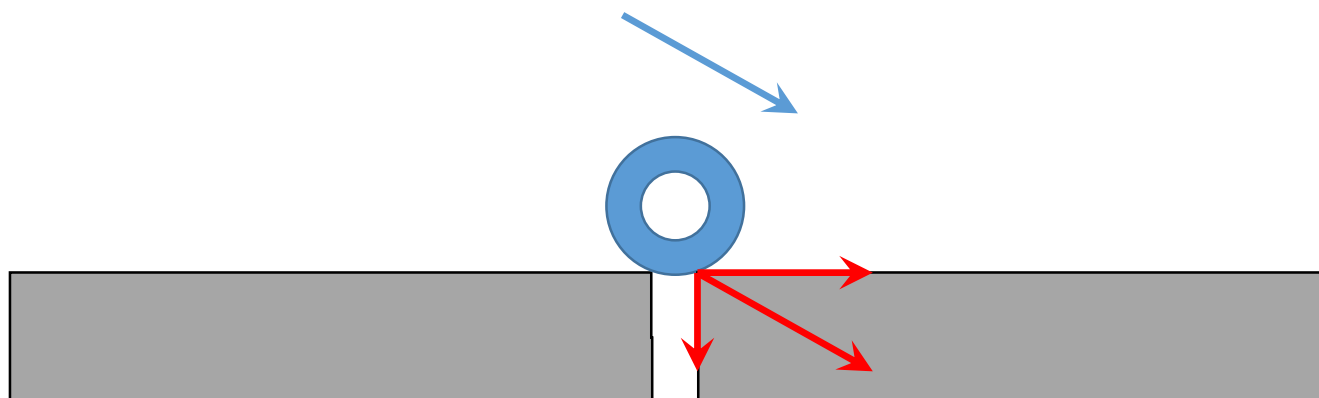
O que sucede quando uma carga dinâmica actua sobre o perfil duma junta linear?



Decomposição vertical e horizontal da carga em função da profundidade do “afundamento” do rodado

O que tornou agora possível o dimensionamento?

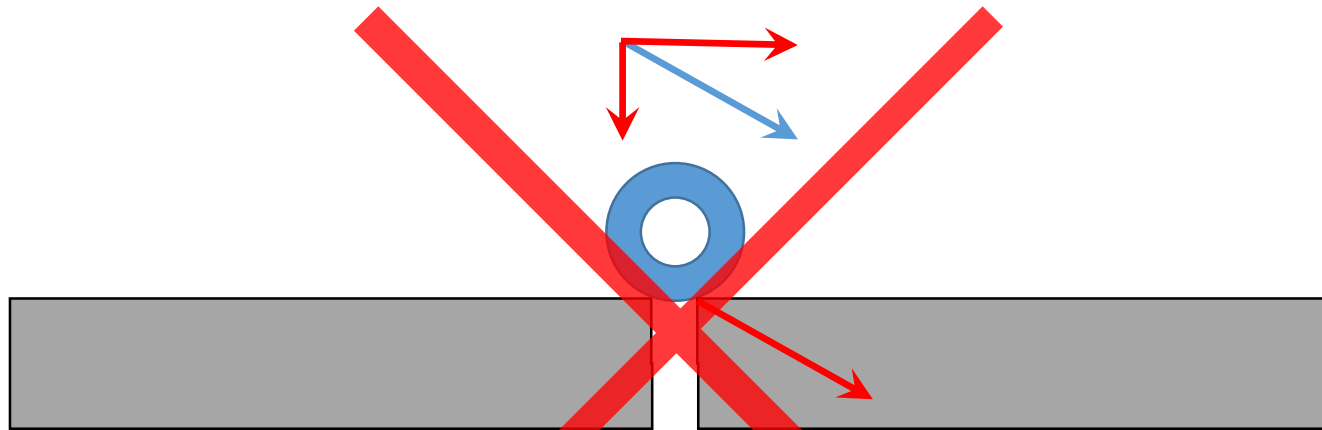
O que sucede quando uma carga dinâmica actua sobre o perfil duma junta linear?



Não é possível determinar correctamente a componente vertical nem a componente horizontal da carga, uma vez que existem demasiadas variáveis!

O que tornou agora possível o dimensionamento?

Devido à geometria sinusoidal do perfil da junta, o rodado mantém-se em permanente contacto com o pavimento, impedindo a ocorrência de impactos!



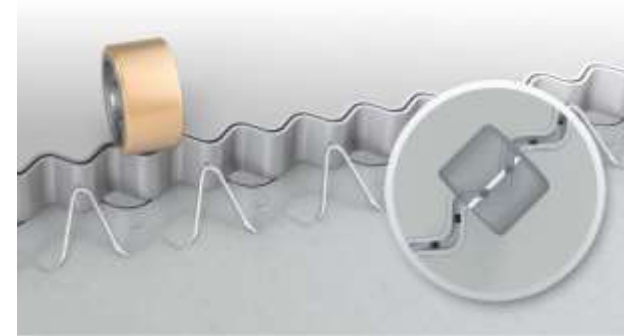
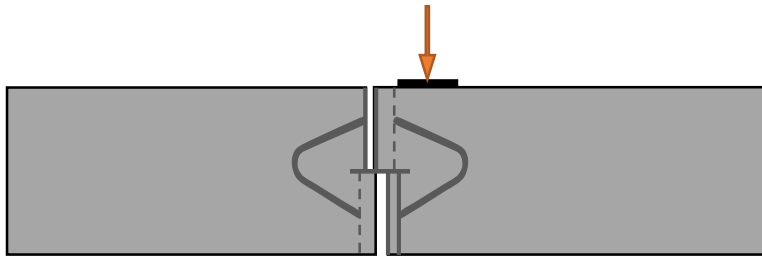
Não é possível determinar correctamente a componente vertical nem a componente horizontal da carga, uma vez que existem demasiadas variáveis!

Juntas em pavimentos industriais

Tópicos principais

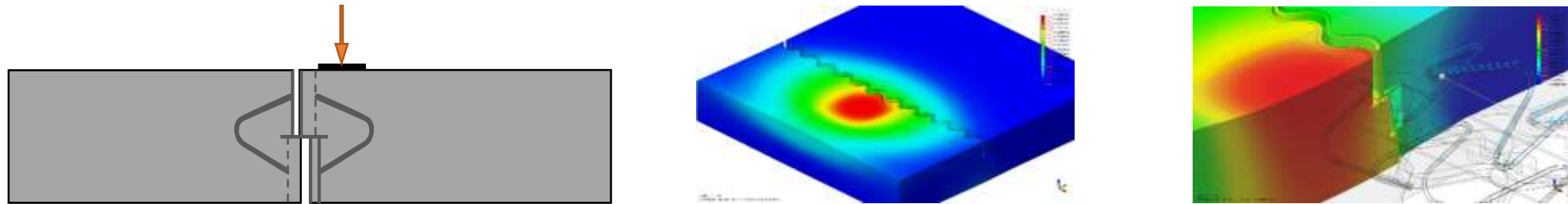
- Evolução histórica das juntas
- Desenvolvimento das juntas Sinus Slide®
- Desenvolvimento das juntas Cosinus Slide®
- O que tornou agora possível o dimensionamento
- **Determinação da resistência do material (ensaios de laboratório / modelação)**
- Acções sobre as juntas - distribuição e transferência de cargas

Determinação da resistência do material (ensaaios de laboratório / modelação)



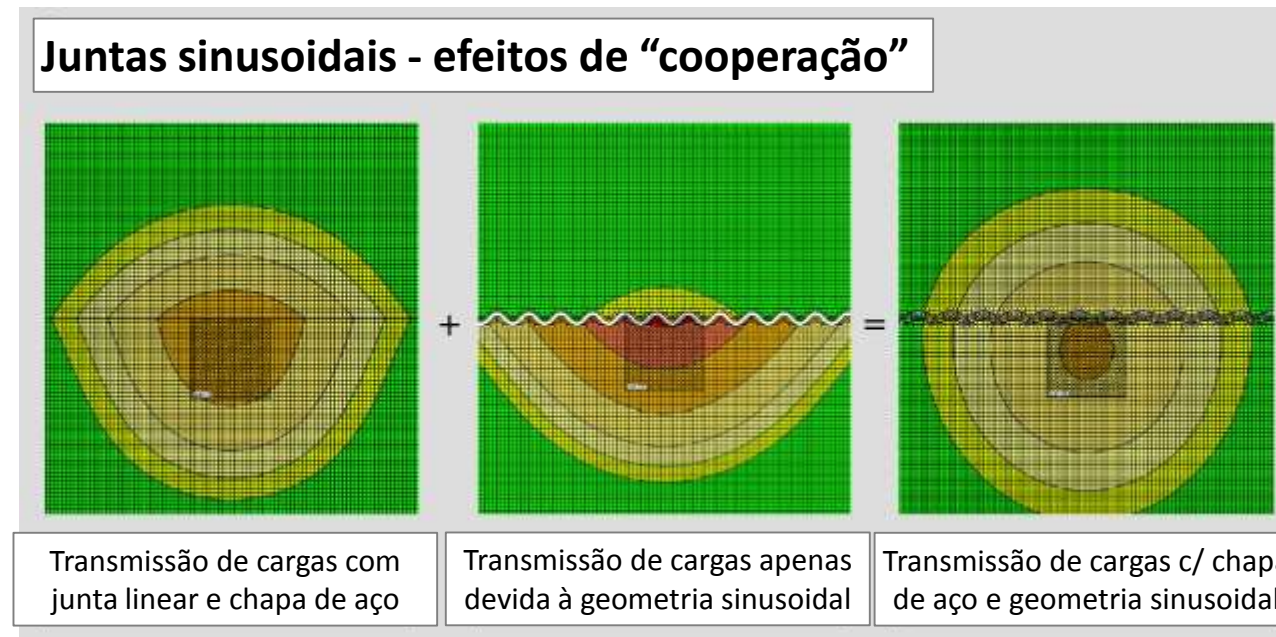
Graças à geometria sinusoidal do perfil, é possível garantir condições adequadas de utilização do pavimento e das juntas, mesmo para rodados pequenos e muito rijos.

Determinação da resistência do material (ensaios de laboratório / modelação)



Graças à geometria sinusoidal do perfil, a influência ao nível da transmissão de cargas nas juntas é muito positiva.

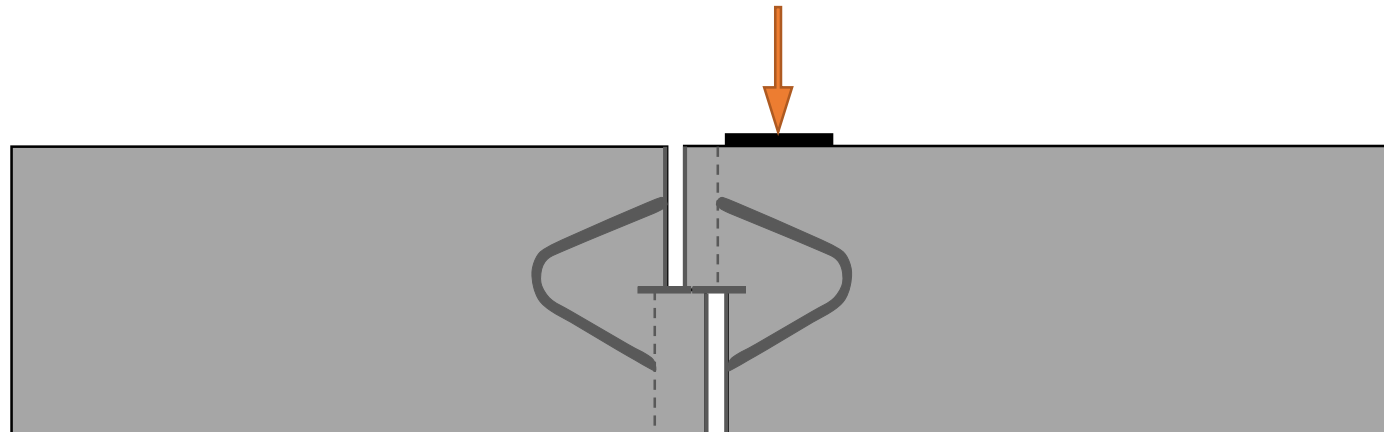
Determinação da resistência do material (ensaios de laboratório / modelação)



Graças à geometria sinusoidal do perfil, a influência ao nível da transmissão de cargas nas juntas é muito positiva.

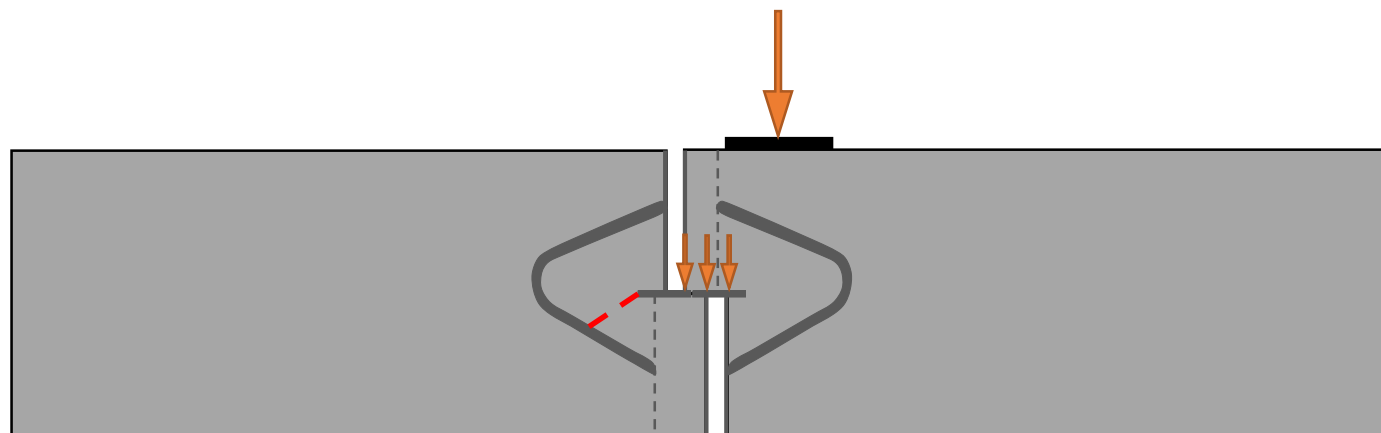
Determinação da resistência do material (ensaaios de laboratório / modelação)

Juntas HCJ Cosinus Slide[®] - Princípios de funcionamento



Determinação da resistência do material (ensaaios de laboratório / modelação)

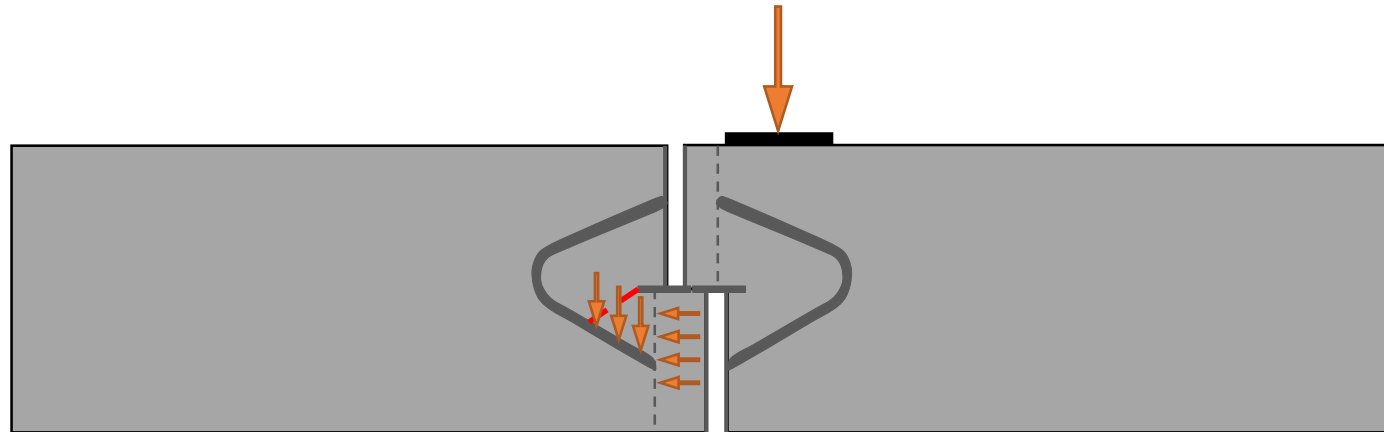
Juntas HCJ Cosinus Slide[®] - Princípios de funcionamento



Acções e transferência de cargas para o lado oposto da junta

Determinação da resistência do material (ensaios de laboratório / modelação)

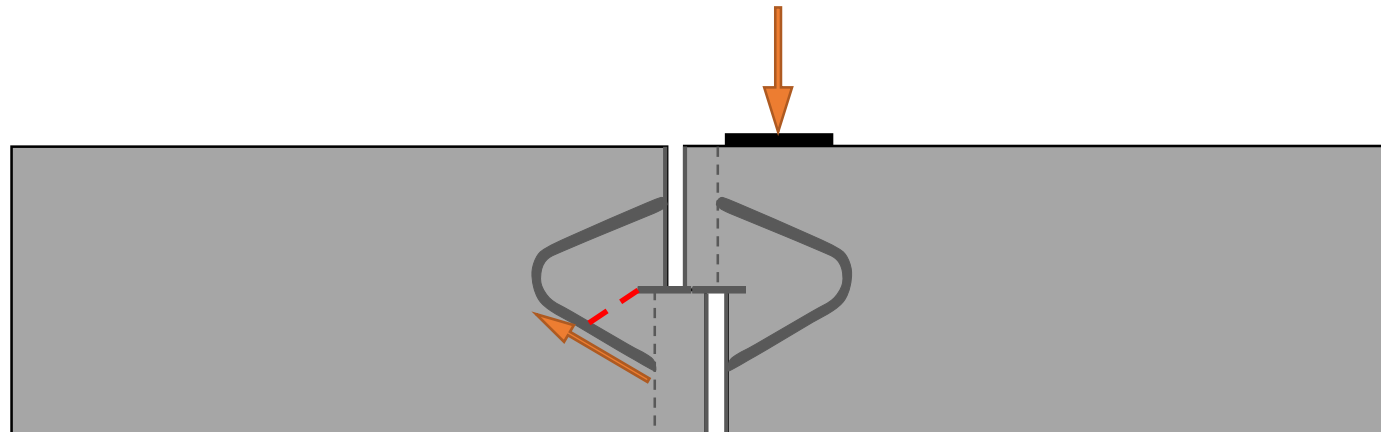
Juntas HCJ Cosinus Slide[®] - Princípios de funcionamento



Transferência de cargas para os estribos 3D

Determinação da resistência do material (ensaios de laboratório / modelação)

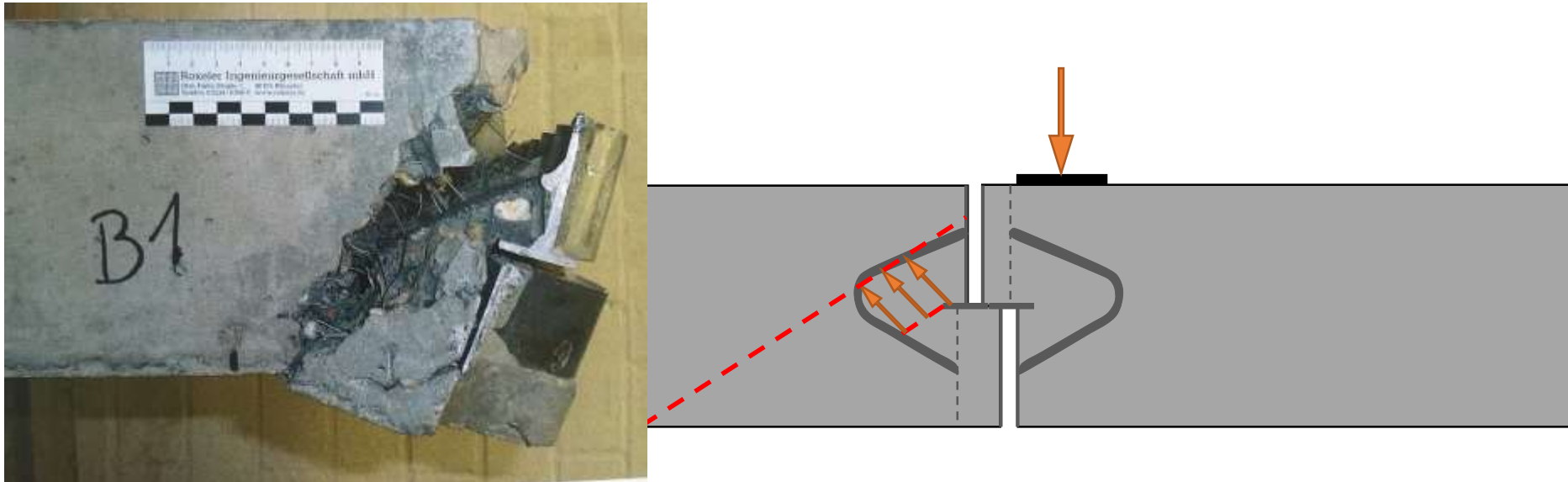
Juntas HCJ Cosinus Slide[®] - Princípios de funcionamento



Transmissão de cargas pelos estribos

Determinação da resistência do material (ensaio de laboratório / modelação)

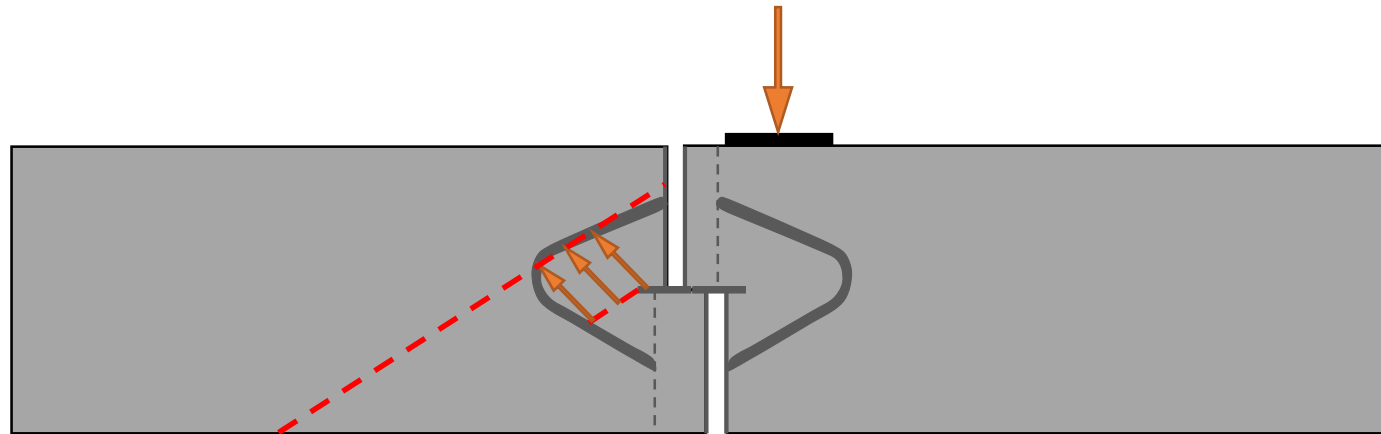
Juntas HCJ Cosinus Slide® - Princípios de funcionamento



Deslocamento da secção de corte, por transferência das cargas através dos estribos

Determinação da resistência do material (ensaaios de laboratório / modelação)

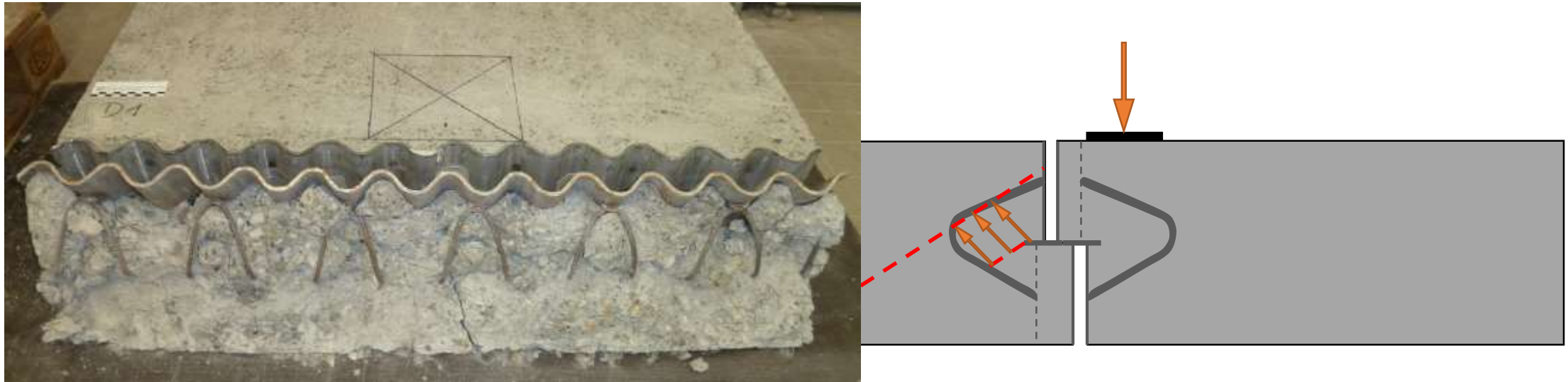
Juntas HCJ Cosinus Slide® - Princípios de funcionamento



Através da forma seno-coseno e da disposição oposta no outro bordo, as cargas aplicadas são uniformemente distribuídas ao longo do desenvolvimento do perfil

Determinação da resistência do material (ensaio de laboratório / modelação)

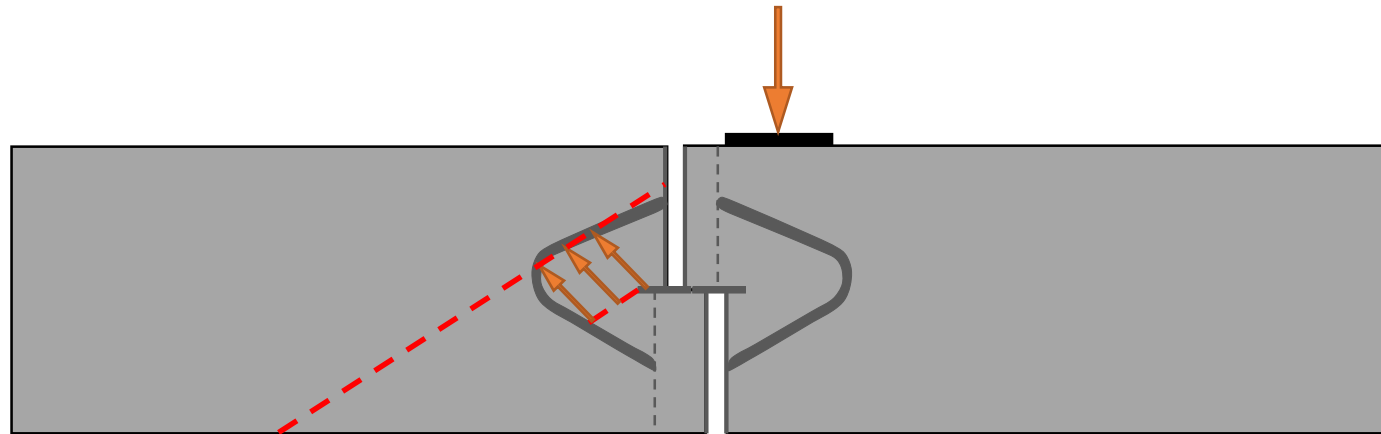
Juntas HCJ Cosinus Slide® - Princípios de funcionamento



Através da forma seno-coseno e da disposição oposta no outro bordo, as cargas aplicadas são uniformemente distribuídas ao longo do desenvolvimento do perfil

Determinação da resistência do material (ensaaios de laboratório / modelação)

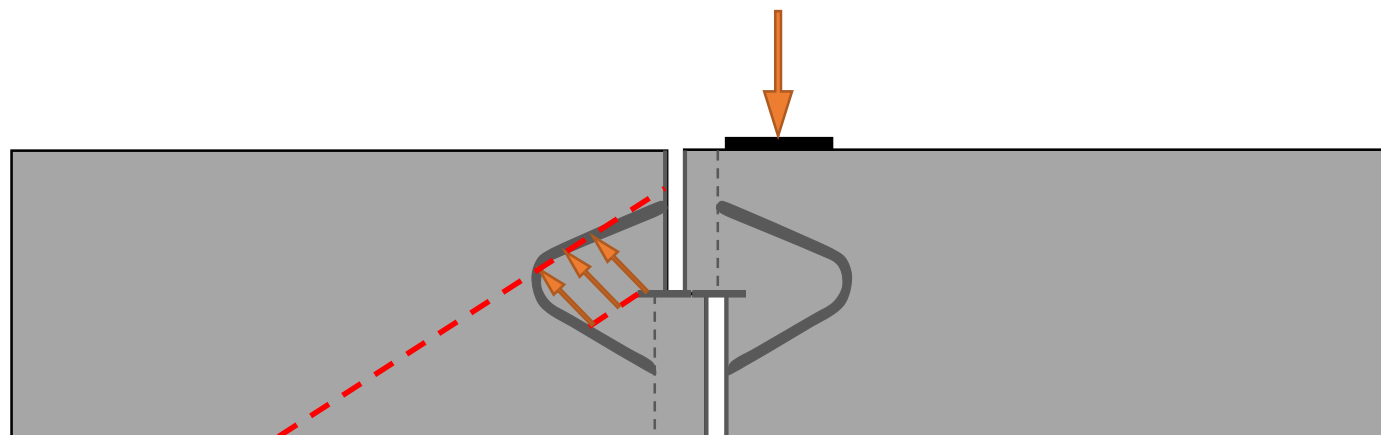
Juntas HCJ Cosinus Slide[®] - Princípios de funcionamento



Em comparação com perfis tradicionais que permitem a transmissão de cargas através de ferrolhos (ferrolhos circulares, quadrados, de placa) ou através de perfis Omega ou Delta, é possível aumentar a altura resistente desde $0,50 \times h$ até $0,85 \times h$

Determinação da resistência do material (ensaaios de laboratório / modelação)

Juntas HCJ Cosinus Slide® - Princípios de funcionamento



Devido a este aumento de capacidade, as cargas localizadas na área de influência das juntas são muito menos condicionantes. Dependendo do tipo e localização das cargas existentes sobre as juntas, estas podem ser tratadas de forma equiparável a cargas no centro do pavimento.

Juntas em pavimentos industriais

Tópicos principais

- Evolução histórica das juntas
- Desenvolvimento das juntas Sinus Slide®
- Desenvolvimento das juntas Cosinus Slide®
- O que tornou agora possível o dimensionamento
- Determinação da resistência do material (ensaios de laboratório / modelação)
- Acções sobre as juntas - distribuição e transferência de cargas

Acções sobre as juntas - distribuição e transferência de cargas

Transferência de cargas nas juntas Cosinus Slide®

- O dimensionamento dos pavimentos (p.ex. por um fabricante de fibras de aço) tem por base a **assumpção** da transmissão das forças de corte nas juntas ($\approx 30\% - 50\%$)
- Até ao presente momento não era possível verificar esta premissa:
 - Efeito do impacto dos veículos não se encontra definido (muitos parâmetros desconhecidos)
 - O projectista praticamente não tem informações acerca da capacidade de transmissão das cargas através da junta
 - A percentagem real da carga transferida não é conhecida com exactidão
- Como se distribuem as cargas ao longo da junta?

Acções sobre as juntas - distribuição e transferência de cargas

Transferência de cargas nas juntas Cosinus Slide®

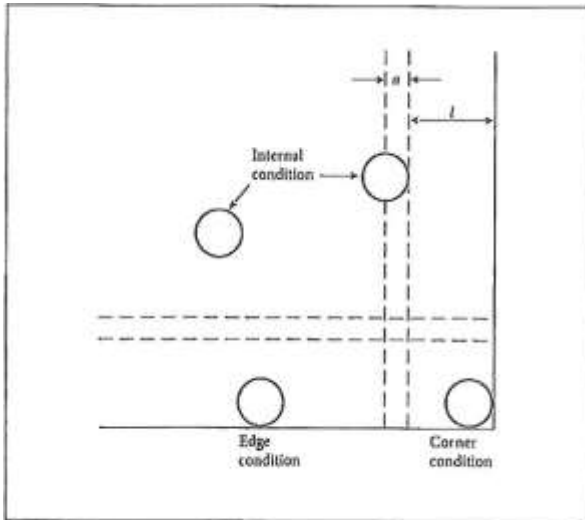


Figure 7.3: Definitions of loading locations.

Technical Report 34 (TR34),
Concrete Society
Definição das localizações das cargas

Quais as cargas a considerar para a verificação estrutural do perfil da junta?

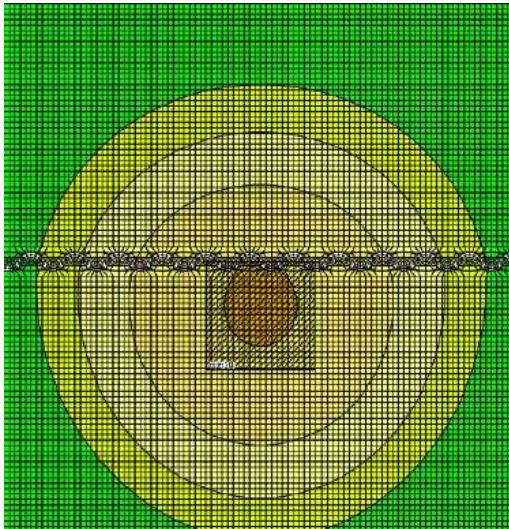
Segundo Westergaard, a influência é definida pelo raio de rigidez relativa "l" (módulo de deformabilidade do betão, espessura, coeficiente de Poisson, módulo de reacção do terreno)

$$l = [(E_{cm} h^3 \times 10^6) / (12 (1 - \nu^2) k)]^{0.25}$$

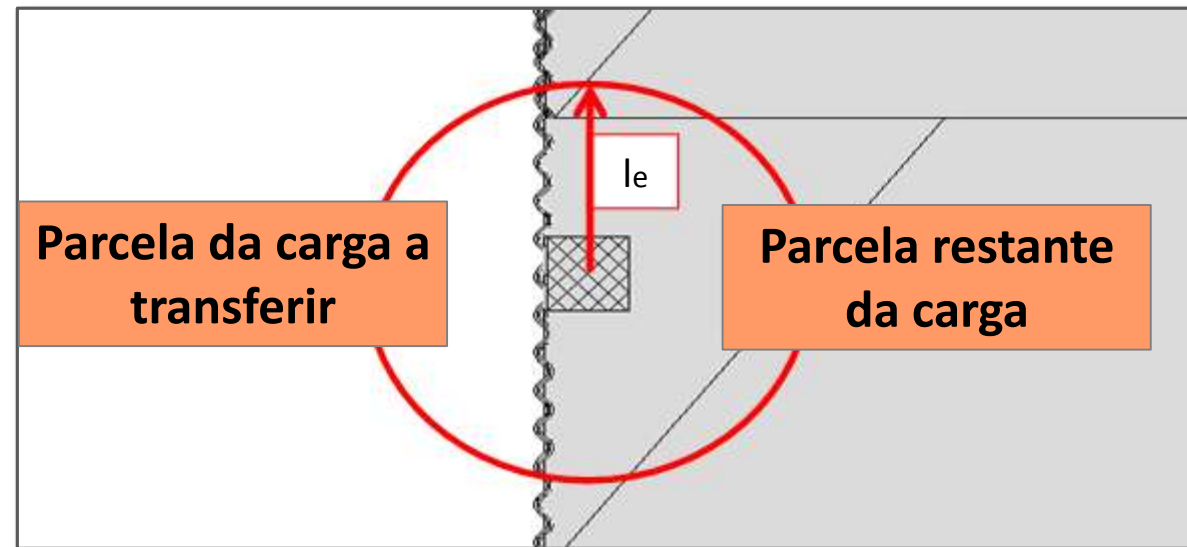
Todas as cargas localizadas no interior numa faixa de largura "l", medida a partir do bordo da junta, têm impacto sobre a mesma!

Acções sobre as juntas - distribuição e transferência de cargas

Transferência de cargas nas juntas Cosinus Slide®

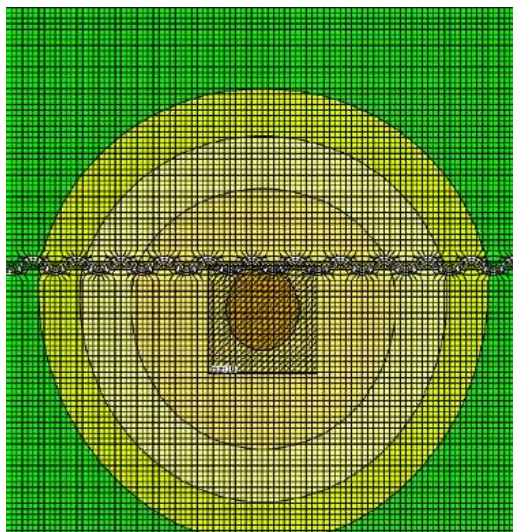


Transmissão de cargas com chapa de aço e geometria sinusoidal

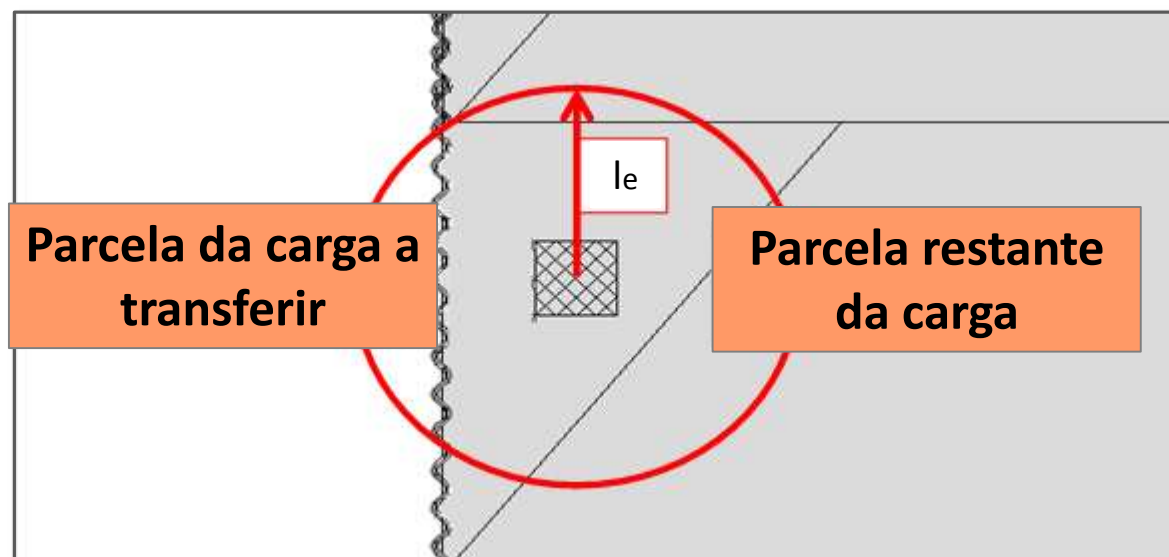


Acções sobre as juntas - distribuição e transferência de cargas

Transferência de cargas nas juntas Cosinus Slide®



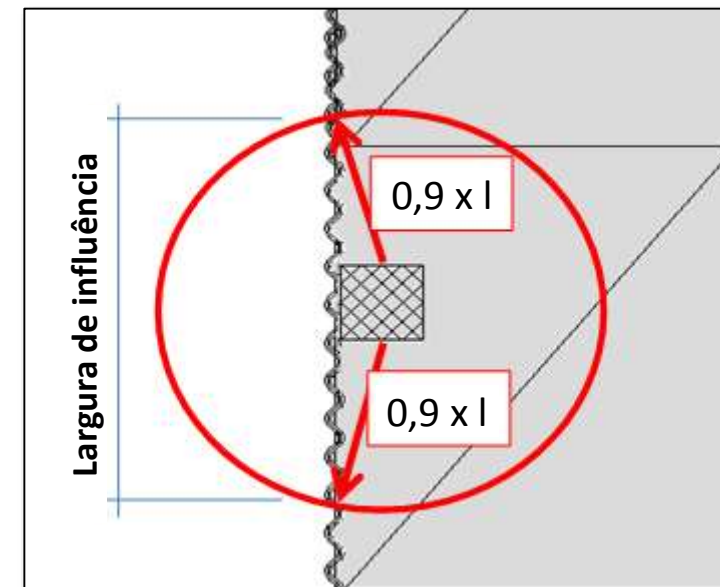
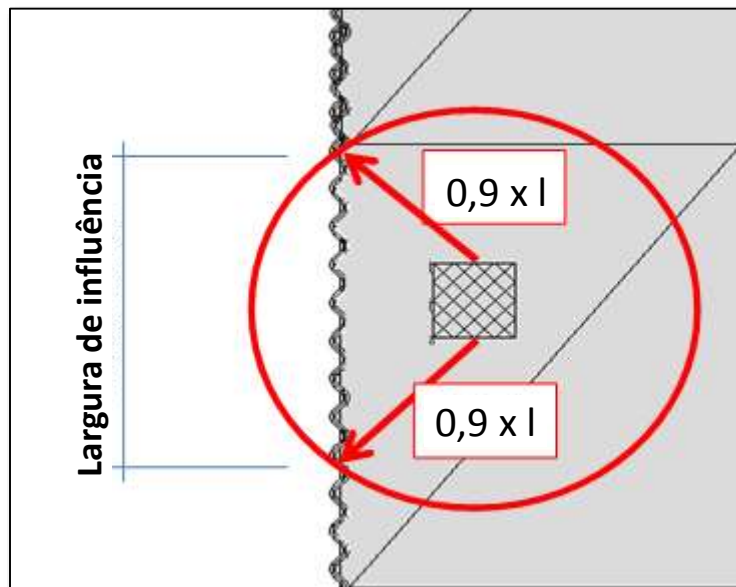
Transmissão de cargas com chapa de aço e geometria sinusoidal



Acções sobre as juntas - distribuição e transferência de cargas

Transferência de cargas nas juntas Cosinus Slide®

Segundo o Technical Report 34 (TR34): distribuição da carga até $1,8 \times l$ (em ambos os lados), mas reduzindo
Simplificação: $0,9 \times l$ com a totalidade da carga



Resumo

- **Juntas com perfil sinusoidal:**
 - Evitar a ocorrência de danos no pavimento
 - Minimizar os danos nos veículos
 - Reduzir os acidentes de trabalho
 - Cumprimento das normas de segurança e saúde
- **Juntas com Cosinus Slide[®]:**
 - Redução de custos
 - Dimensionamento estrutural
 - Potencial de optimização geral da obra

Juntas em pavimentos industriais

Obrigado pela vossa atenção !

