



Proyecto DIUFRO DII8-0053
Departamento de Ingeniería de Obras Civiles
Universidad de La Frontera



“Nuevo método para evaluar el comportamiento a fatiga de mezclas asfálticas en un menor tiempo”.

III Jornadas Chilenas de la Construcción
5 y 6 septiembre 2018

Ing. Luis Mardones P. – Ing. Gonzalo Valdés V.
– Ing. Elsa Sánchez – Ing. Alejandra Calabi

Equipo de trabajo UFRO





Resumen de la Presentación

- Introducción
 - Generalidades.
 - Deterioros de los pavimentos asfálticos.
 - Fisuración por fatiga.
- Metodología DUSST.
 - Propuesta Ensayo de Fatiga Acelerado
 - Ejemplo de Aplicación y Resultados
- Conclusiones.



Introducción

¿Como se compone esta red vial
 pavimentada en Chile?

≈10% Hormigón



MOP, 2017

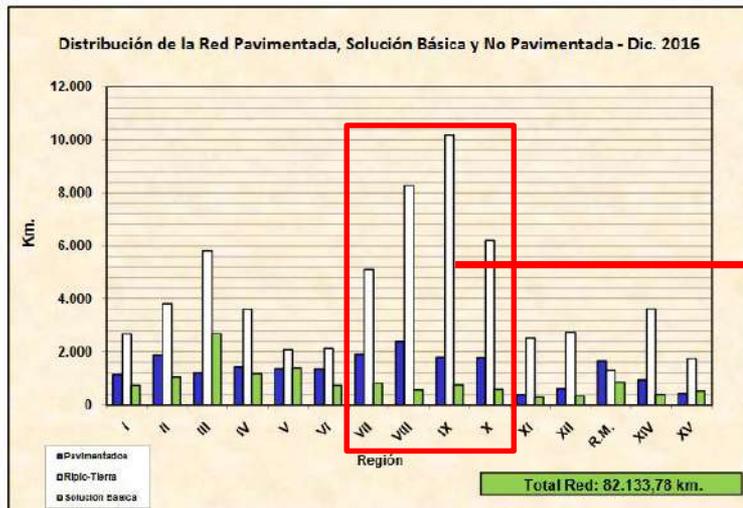


Longitud Red Vial Nacional
 82.133 Km (≈25% Pav.)
 110.000 Km (≈18% Pav.)

MOP. 2017

¿en el Mundo? ≈ 95% Asfalto

A.I., 2007

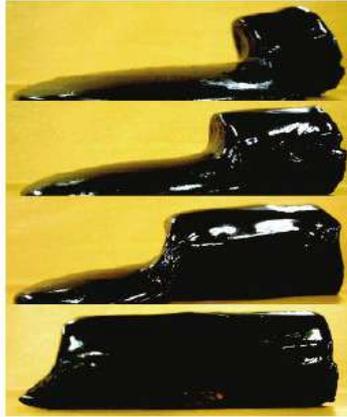


Déficit de pavimentación
 asciende a un 85%.



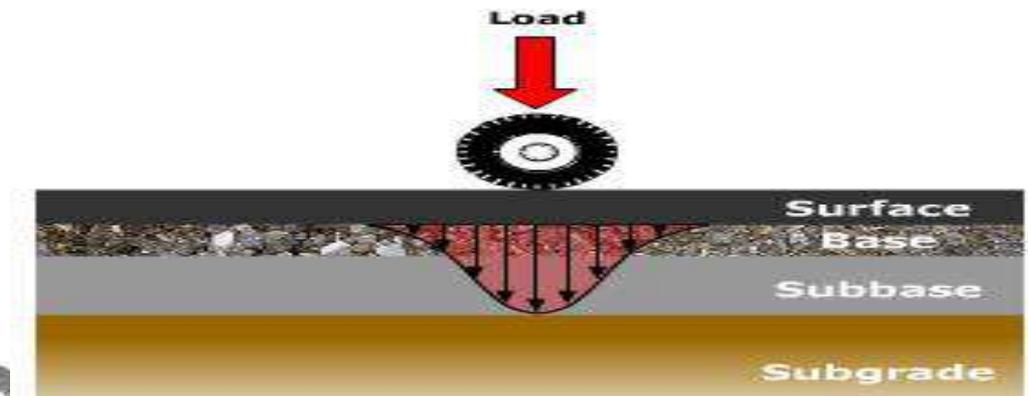
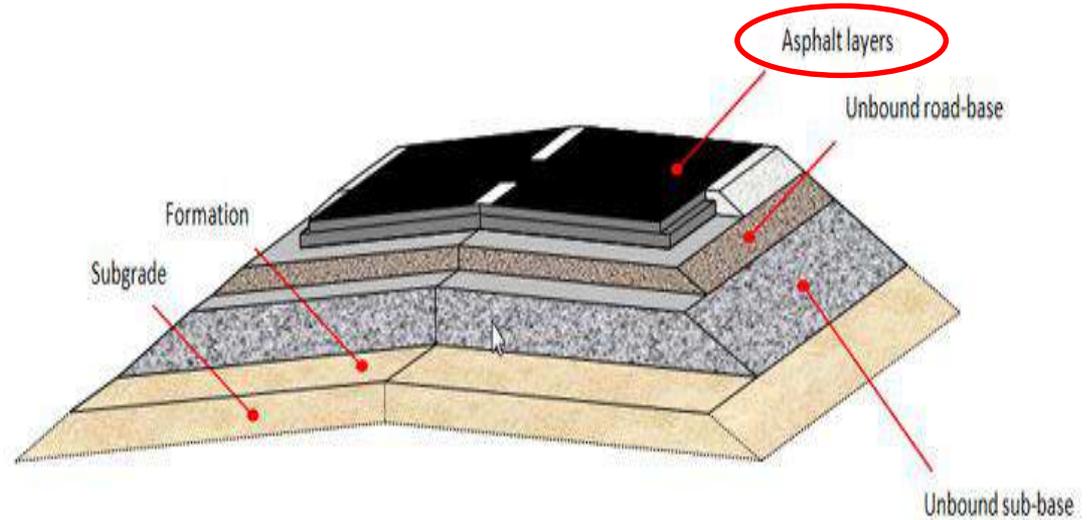
Introducción

Mezclas Asfálticas

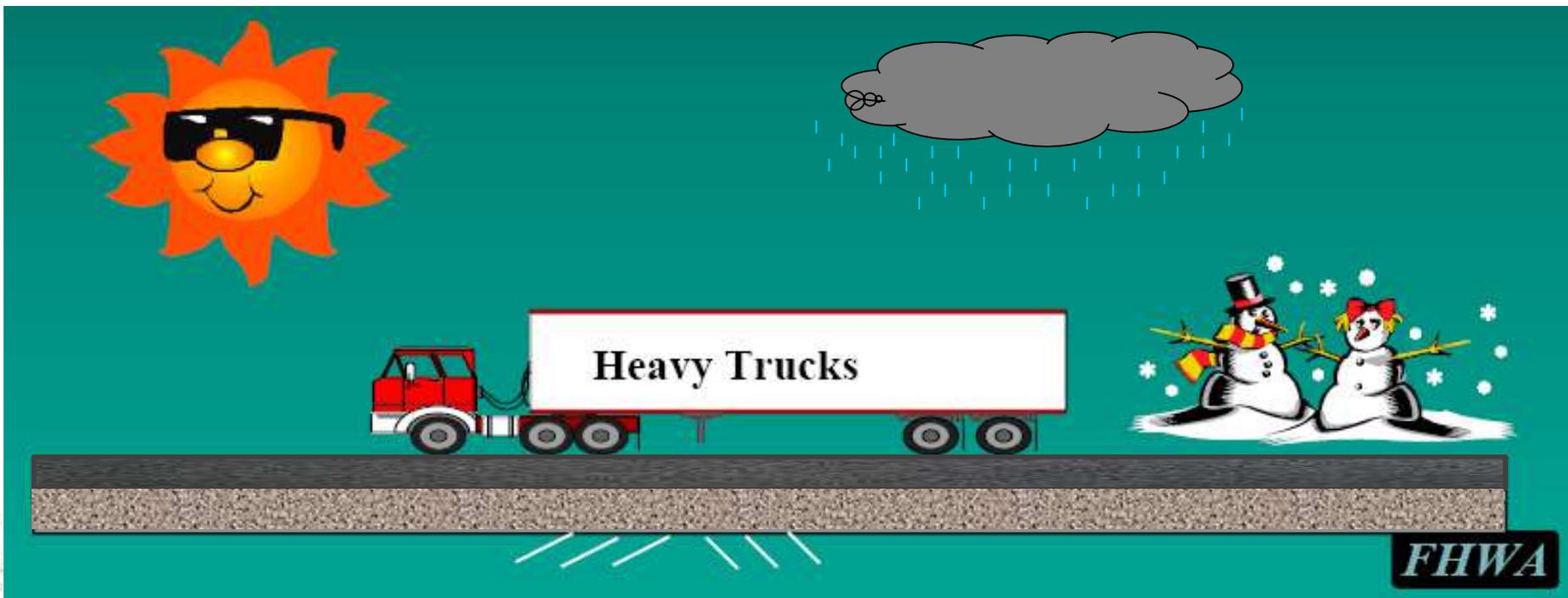


Cemento Asfáltico

Árido Procesado



Introducción



Tráfico

(Cargas dinámicas → Fatiga)



Medioambiente

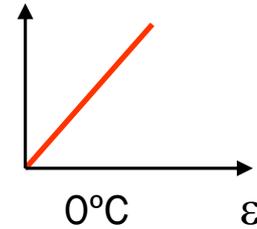
(Gradientes T° , daño por humedad y envejecimiento)

Introducción

Durabilidad de las Estructuras de Pavimento

Mejorar el diseño de los materiales

σ Sólido- elástico



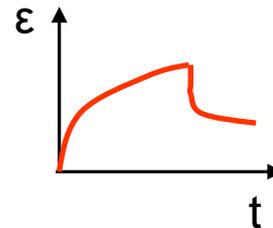
0°C

ϵ

10°C

25°C

Viscoelástico



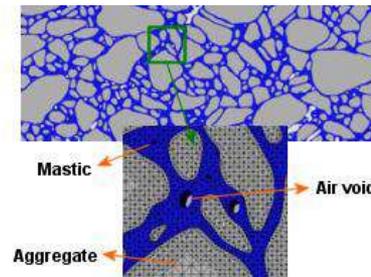
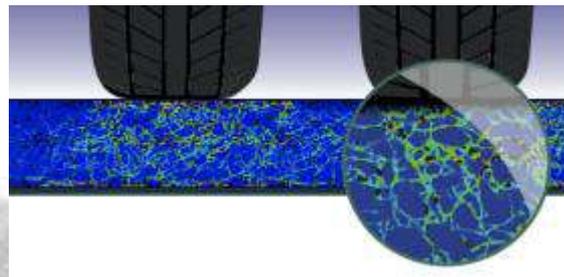
60°C



Clima frío

Temperatura intermedia

Clima cálido



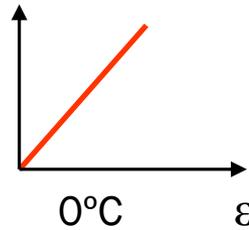
Susceptibilidad Térmica: Diferente respuesta del material

Introducción

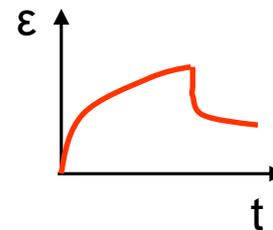
Durabilidad de las Estructuras de Pavimento

Mejorar el diseño de los materiales

σ Sólido- elástico



Viscoelástico



0°C

10°C

25°C

60°C

Clima frío

Temperatura intermedia

Clima cálido

Fisuración Térmica

Agrietamiento por Fatiga

Defor. Plásticas

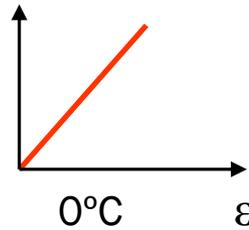
Susceptibilidad Térmica: Diferente respuesta del material

Introducción

Durabilidad de las Estructuras de Pavimento

Mejorar el diseño de los materiales

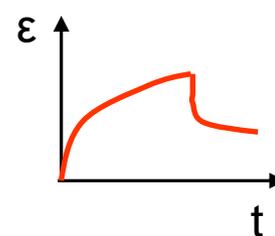
σ Sólido- elástico



10°C

25°C

Viscoelástico



Daño por Humedad

60°C

Clima frío

Temperatura intermedia

Clima cálido

Fisuración Térmica

Agrietamiento por Fatiga

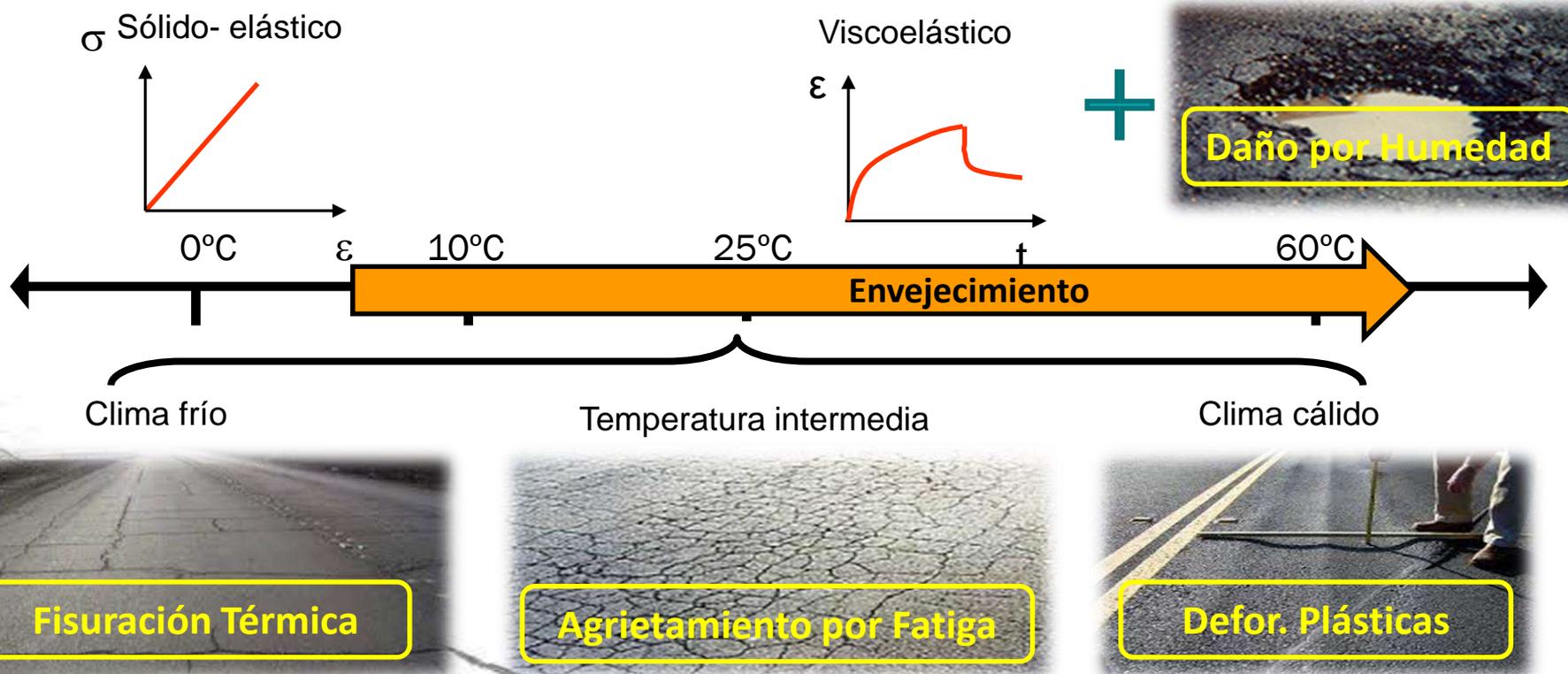
Defor. Plásticas

Susceptibilidad Térmica: Diferente respuesta del material

Introducción

Durabilidad de las Estructuras de Pavimento

Mejorar el diseño de los materiales



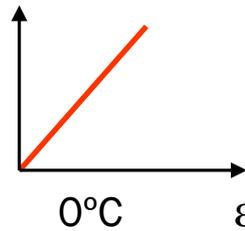
Susceptibilidad Térmica: Diferente respuesta del material

Introducción

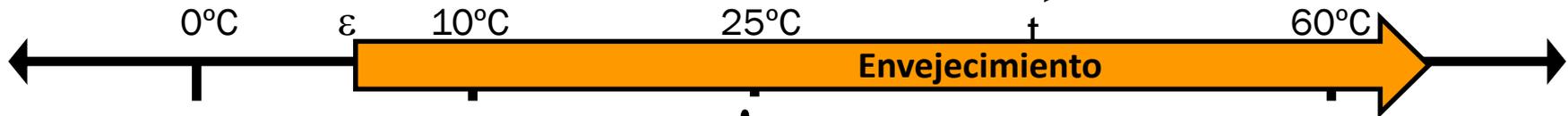
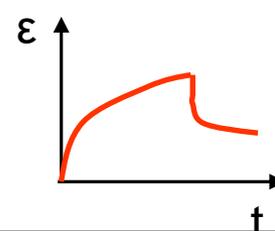
Durabilidad de las Estructuras de Pavimento

Mejorar el diseño de los materiales

σ Sólido- elástico



Viscoelástico



Clima frío

Temperatura intermedia

Clima cálido

Fisuración Térmica

Agrietamiento por Fatiga

Defor. Plásticas

Susceptibilidad Térmica: Diferente respuesta del material

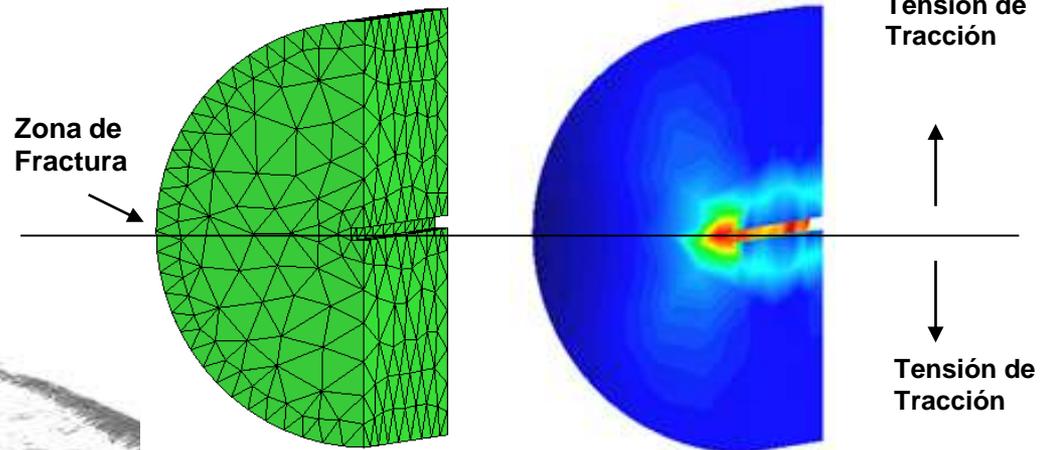
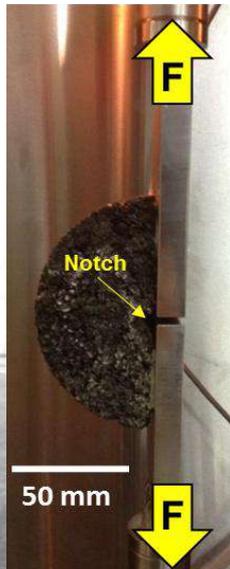
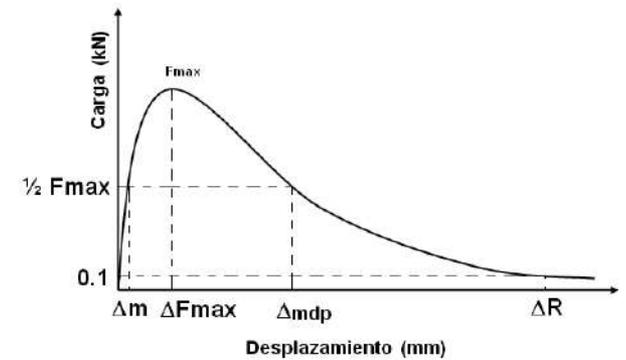
Introducción

Durabilidad de las Estructuras de Pavimento

Mejorar el diseño de los materiales

Fisuración Térmica

ENSAYO FÉNIX

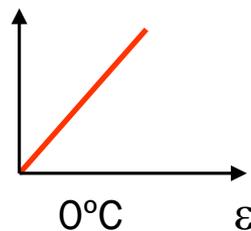


Introducción

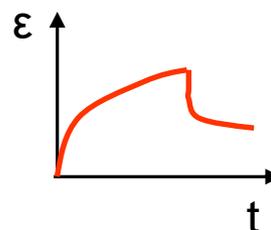
Durabilidad de las Estructuras de Pavimento

Mejorar el diseño de los materiales

σ Sólido- elástico



Viscoelástico



+

Daño por Humedad

0°C

ε

10°C

25°C

t

60°C

Clima frío

Temperatura intermedia

Clima cálido

Fisuración Térmica

Agrietamiento por Fatiga

Defor. Plásticas

Susceptibilidad Térmica: Diferente respuesta del material

Introducción

Durabilidad de las Estructuras de Pavimento

Mejorar el diseño de los materiales



ENSAYO RUEDA DE HAMBURGO



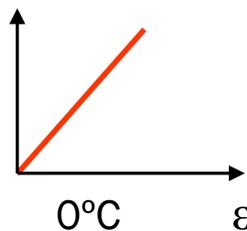
$T^a = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ (agua) - Carga 705 N - 20.000 pasadas

Introducción

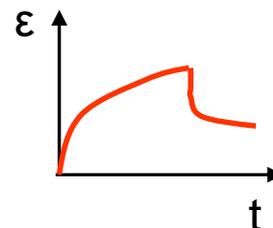
Durabilidad de las Estructuras de Pavimento

Mejorar el diseño de los materiales

σ Sólido- elástico



Viscoelástico



+

Daño por Humedad

60°C

Clima frío

Temperatura intermedia

Clima cálido

Fisuración Térmica

Agrietamiento por Fatiga

Defor. Plásticas

Susceptibilidad Térmica: Diferente respuesta del material

Introducción

Durabilidad de las Estructuras de Pavimento

Mejorar el diseño de los materiales



ENSAYO SENSIBILIDAD AL AGUA: UNE-EN 12697 -12

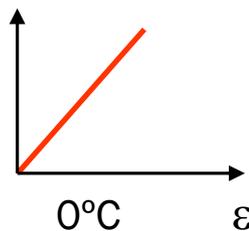


Introducción

Durabilidad de las Estructuras de Pavimento

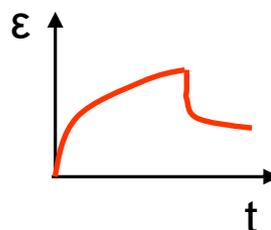
Mejorar el diseño de los materiales

σ Sólido- elástico



10°C

Viscoelástico



25°C



Daño por Humedad

60°C

Clima frío

Temperatura intermedia

Clima cálido

Fisuración Térmica

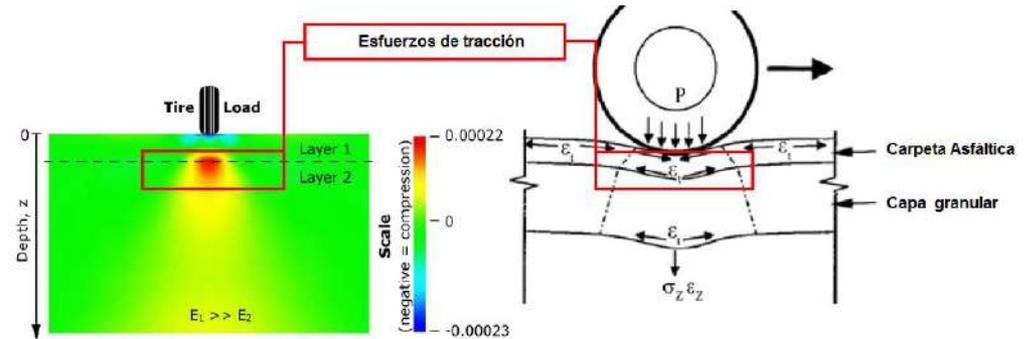
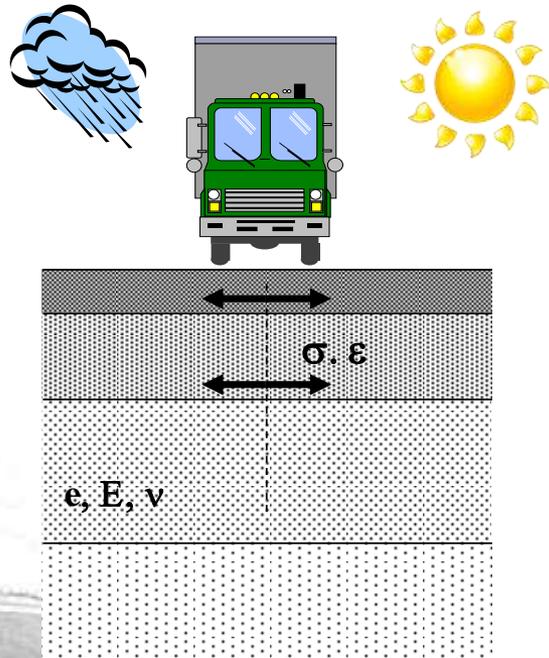
Agrietamiento por Fatiga

Defor. Plásticas

Susceptibilidad Térmica: Diferente respuesta del material

Introducción

¿Qué es el daño por fatiga en las estructuras de pavimentos asfálticos?



Introducción

Nivel de severidad Bajo



- Bajo grado interconexión fisuras.
- Sin expulsión de finos.

Nivel de severidad Moderado



- Interconexión de grietas.
- Sin expulsión de finos.

Nivel de severidad Alto

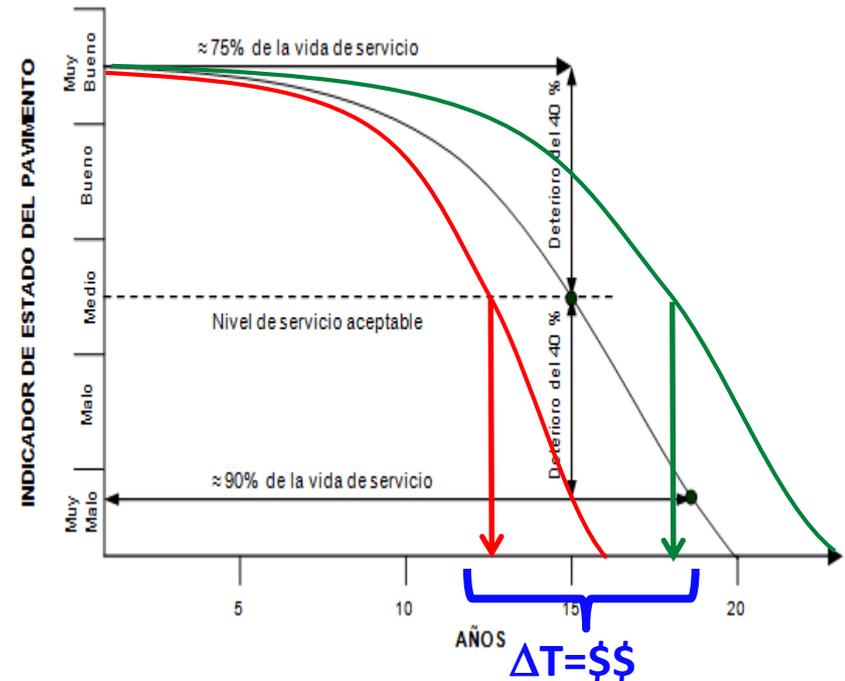


- Completa interconexión de grietas.
- Con expulsión de finos



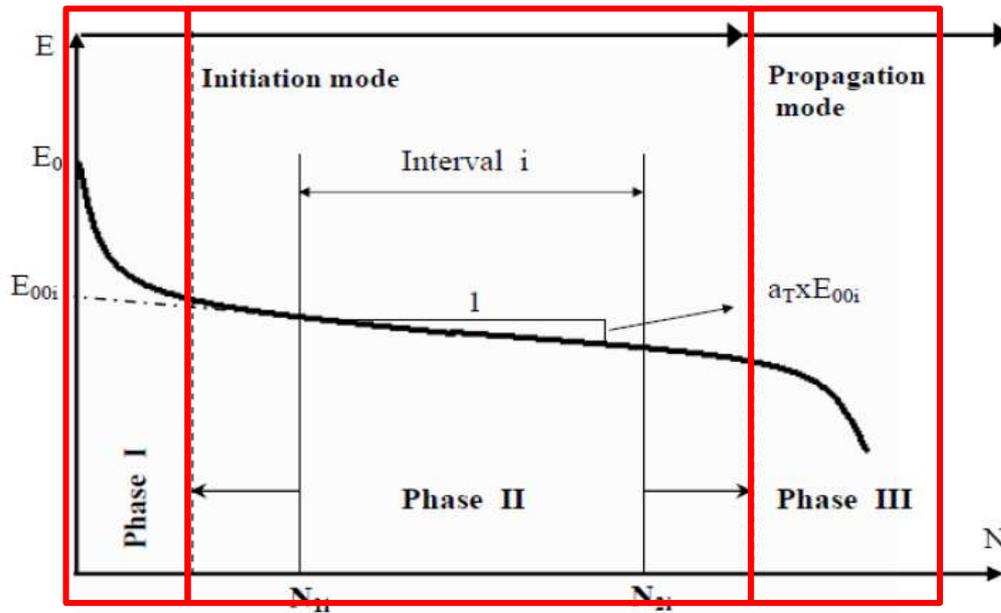
Introducción

- Fisuración por fatiga es uno de los deterioros mas importantes.
- Implicancias económicas.
- Efecto estructural y estético.
- Progreso del deterioro afecta confort y seguridad (IRI-baches).

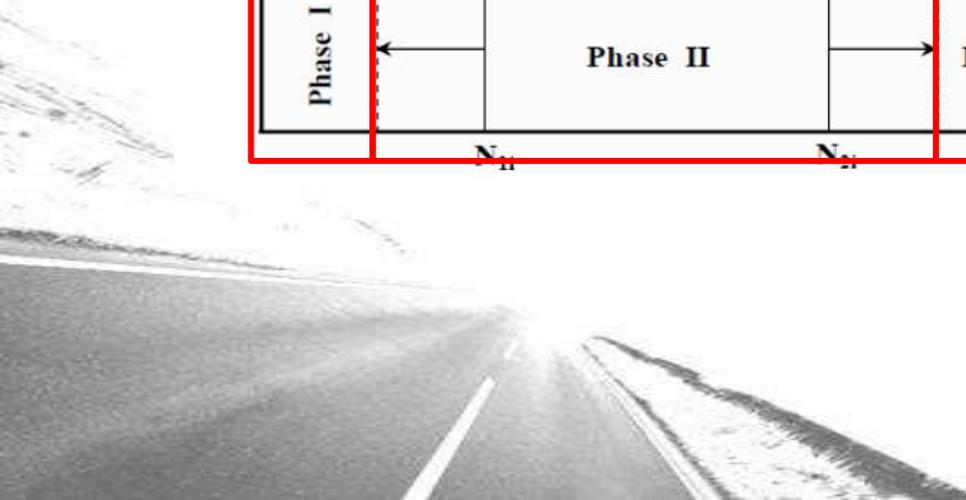
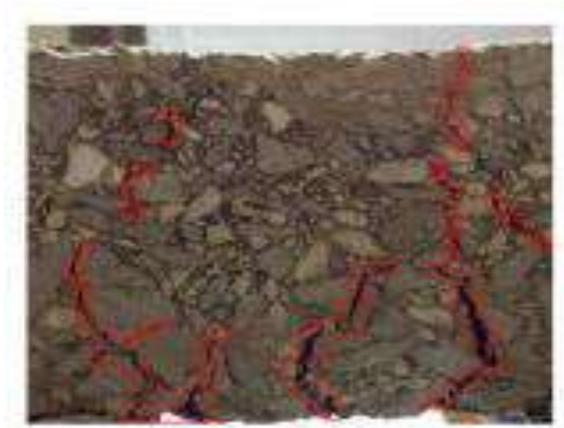


Introducción

Fases de degradación por el fenómeno de la fatiga en mezclas asfálticas.

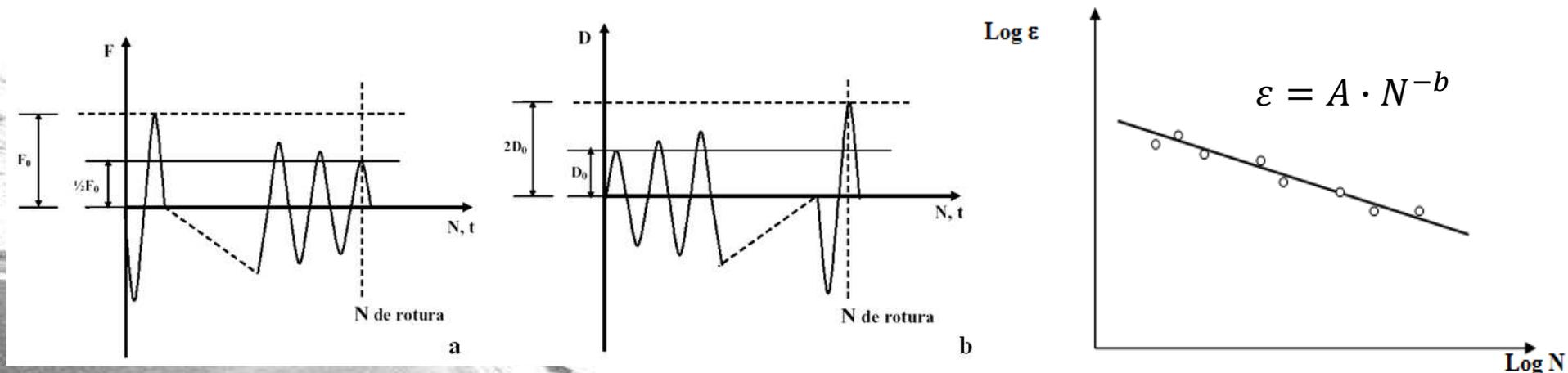


Fase III Ruptura



Introducción

- La resistencia a fatiga se determina, hoy en día, por procedimientos normados de larga duración.
 - ❖ Se caracterizan por mantener constante la deformación o la tensión.
 - ❖ Utilizan criterios de fallo tradicionales.



Introducción

Durabilidad de las Estructuras de Pavimento

Mejorar el diseño de los materiales

Agrietamiento por Fatiga

ENSAYOS DE FATIGA



Two-point bending test (2PB)
Annex A-B



Three-point bending test (3PB)
Annex C



Four-point bending test (4PB)
Annex D



Indirect tensile test (IDT)
Annex E

Introducción

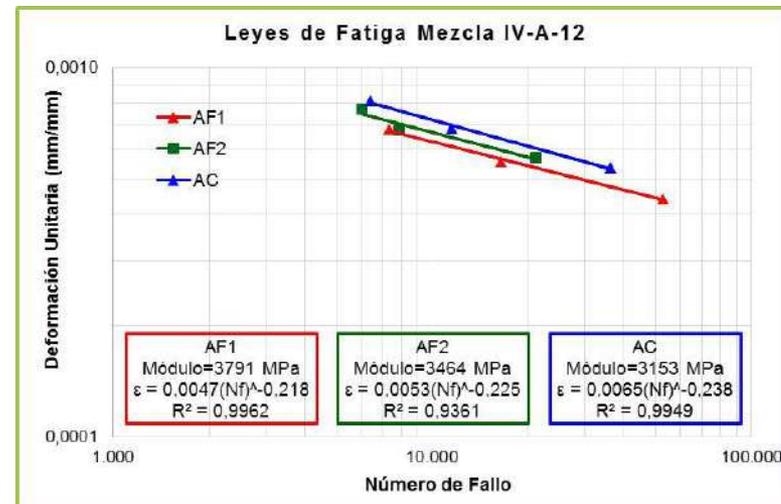
Durabilidad de las Estructuras de Pavimento



Agrietamiento por Fatiga

ENSAYOS DE FATIGA

Mejorar el diseño de los materiales



Two-point bending test (2PB)
Annex A-B



Three-point bending test (3PB)
Annex C



Four-point bending test (4PB)
Annex D



Indirect tensile test (IDT)
Annex E

Introducción

¿Cual es el Problema?

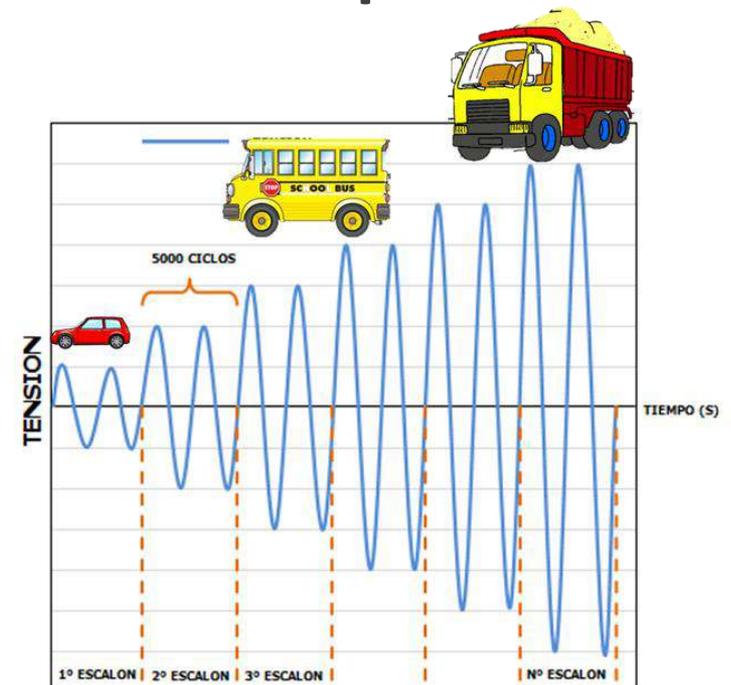
- Ensayos costosos.
- Numerosos ensayos para definir una ley de fatiga
- Personal especializado.
- Requieren bastante tiempo de ejecución.
- Criterios de fallo tradicionales cuestionados en la literatura (mezclas dúctiles).



- 
- Usualmente, no se considera esta propiedad en el diseño de las mezclas asfálticas y en el diseño de estructuras de pavimentos.
 - No se estudien otras variables.
(T^o, vel. de carga, daño por humedad, envejecimiento, etc.)

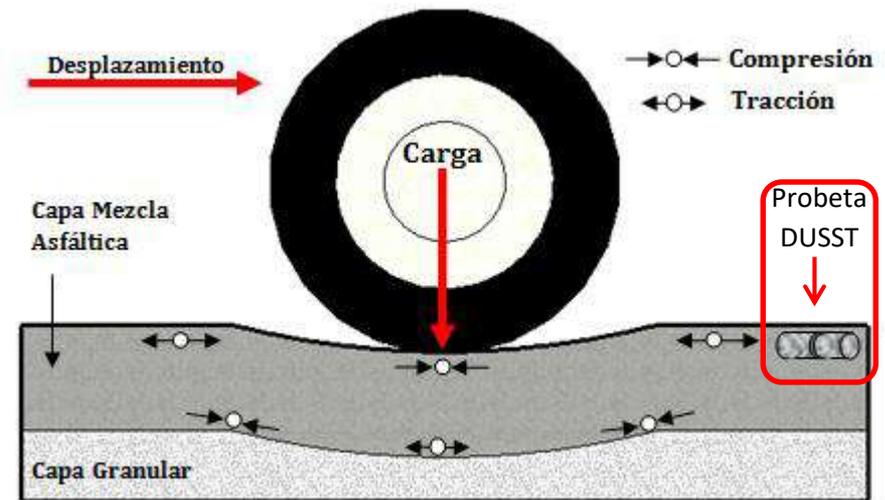
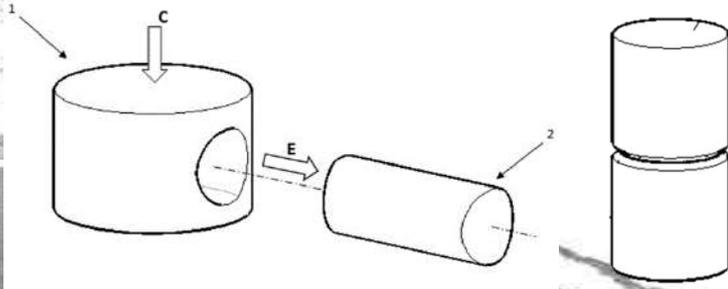
DUSST

Direct Uniaxial Stress Sweep Test



Propuesta Ensayo de Fatiga Acelerado

- DUSST (Direct Uniaxial Stress Sweep Test) es un procedimiento de ensayo para evaluar de forma acelerada la resistencia a fatiga de las M.A.
- Se basa en un proceso de fatiga de la M.A. resultante de la aplicación de un barrido de ciclos de tensiones incrementales que refleje el real estado tensional y fallo de las mezclas en pavimentos.



Propuesta Ensayo de Fatiga Acelerado

Fácil implementación



1

2

3

Propuesta Ensayo de Fatiga Acelerado

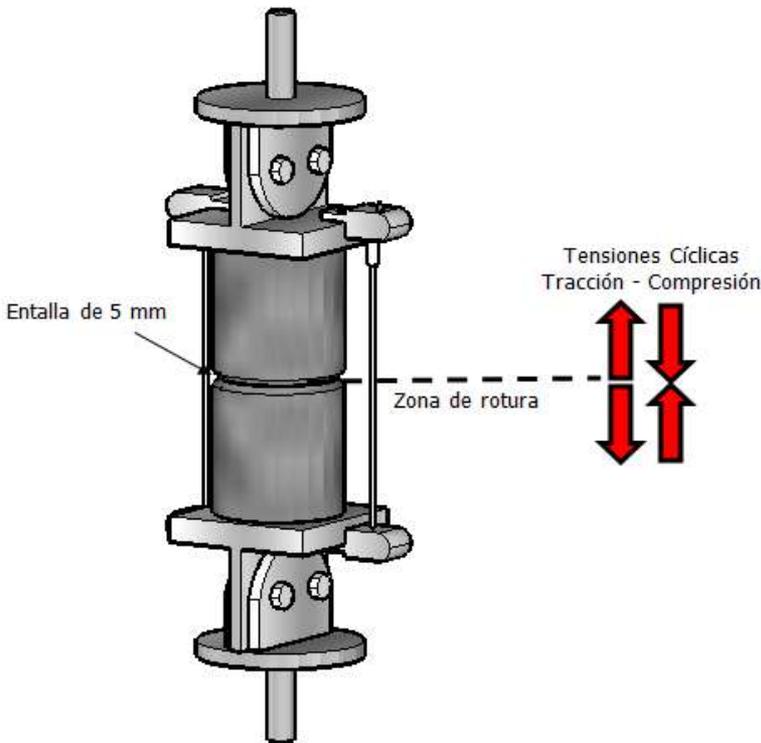
Metodología DUSST: ejecución del ensayo

Probeta

- 5,08 cm de diámetro (2")
- 6 cm de alto
- Entalla central de 5 mm

Rutina

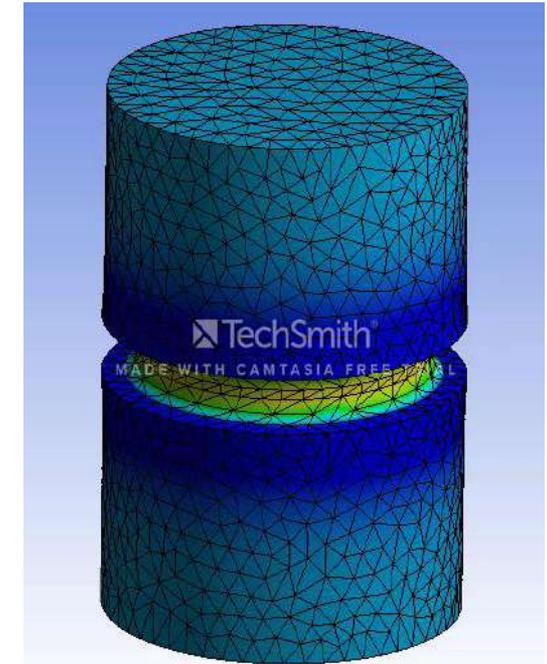
- Ensayo de barrido de tensiones
- Series cíclicas uniaxiales controladas por tensión
- Señal impuesta: senoidal (puede incluir periodos de reposo)
- Frecuencia: 10 Hz (2 a 30 Hz)
- Aumento de amplitud tens. cada 5000 ciclos (variable)
- Amplitud inicial: 250 KPa
- Incremento de amplitud: 50 KPa



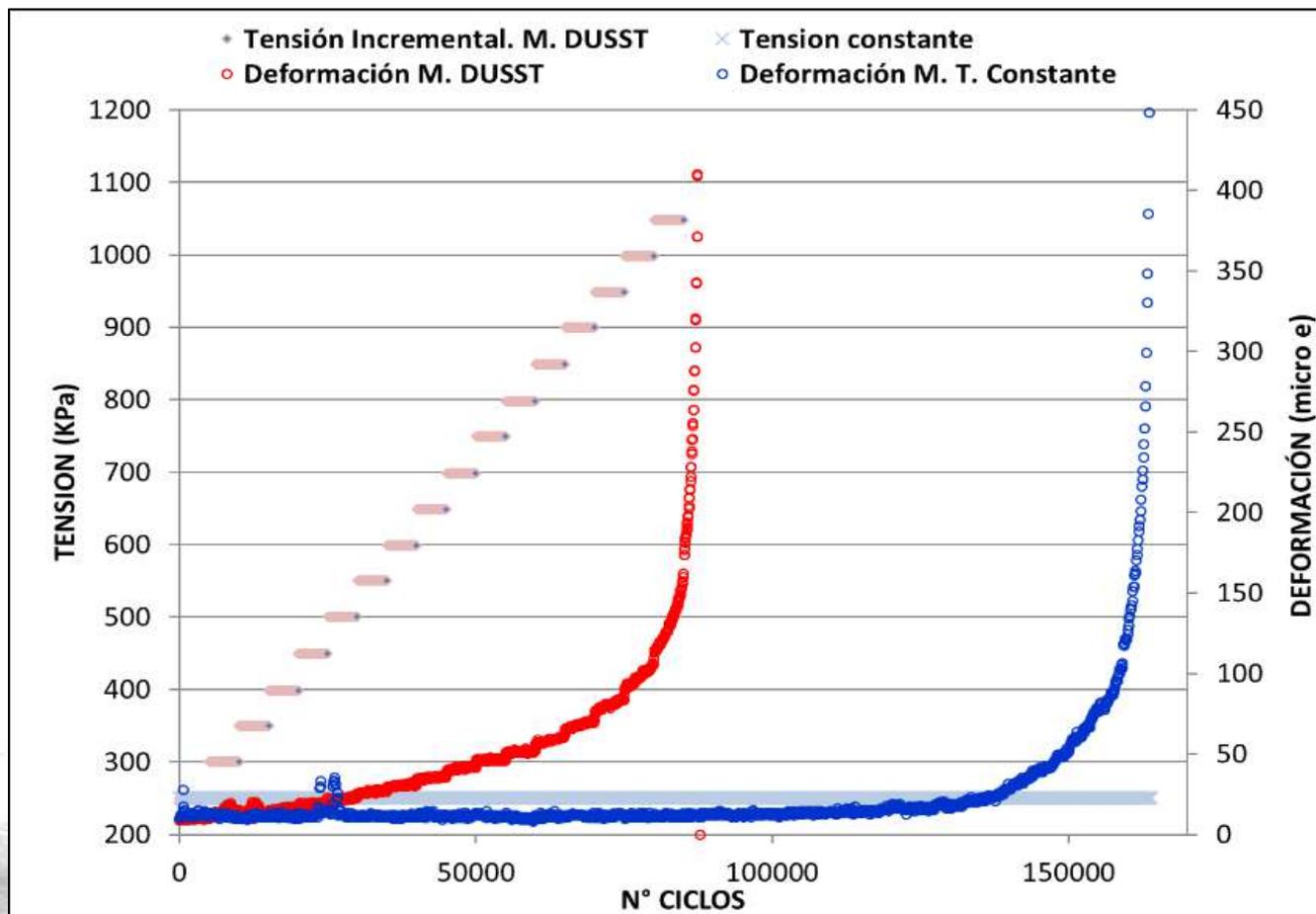
Propuesta Ensayo de Fatiga Acelerado

Resultados: Se analizan 3 curvas

1. Evolución de la deformación.
 - Leyes de fatiga (nuevo criterio propuesto).
2. Evolución del módulo.
3. Evolución de la energía disipada.

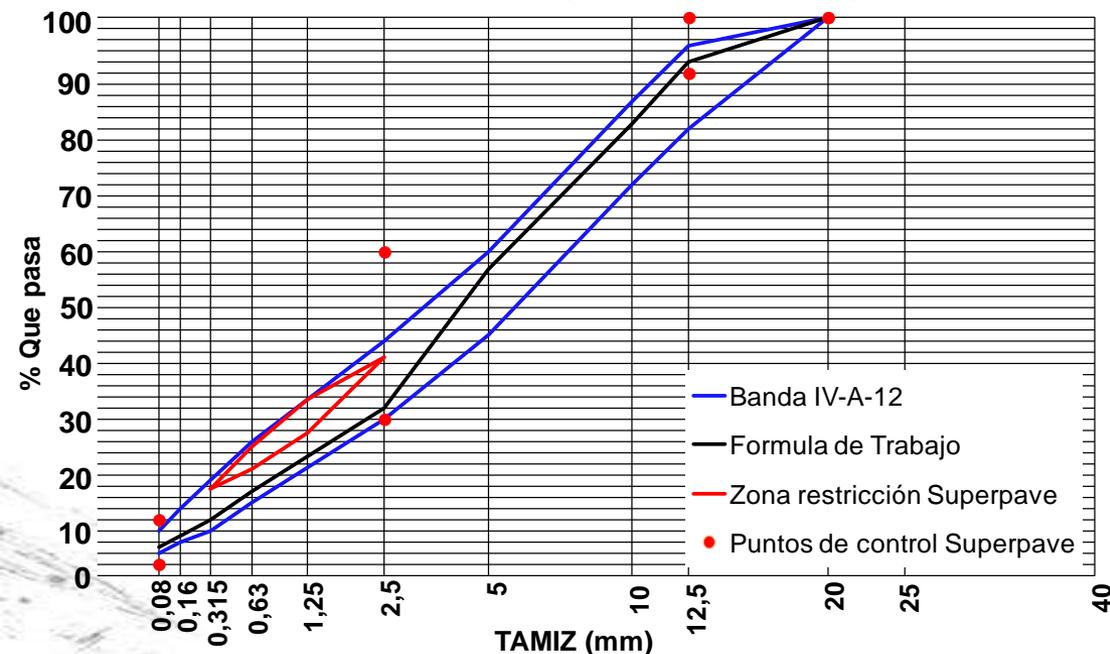


Ejemplo de Aplicación y Resultados



Ejemplo de Aplicación y Resultados

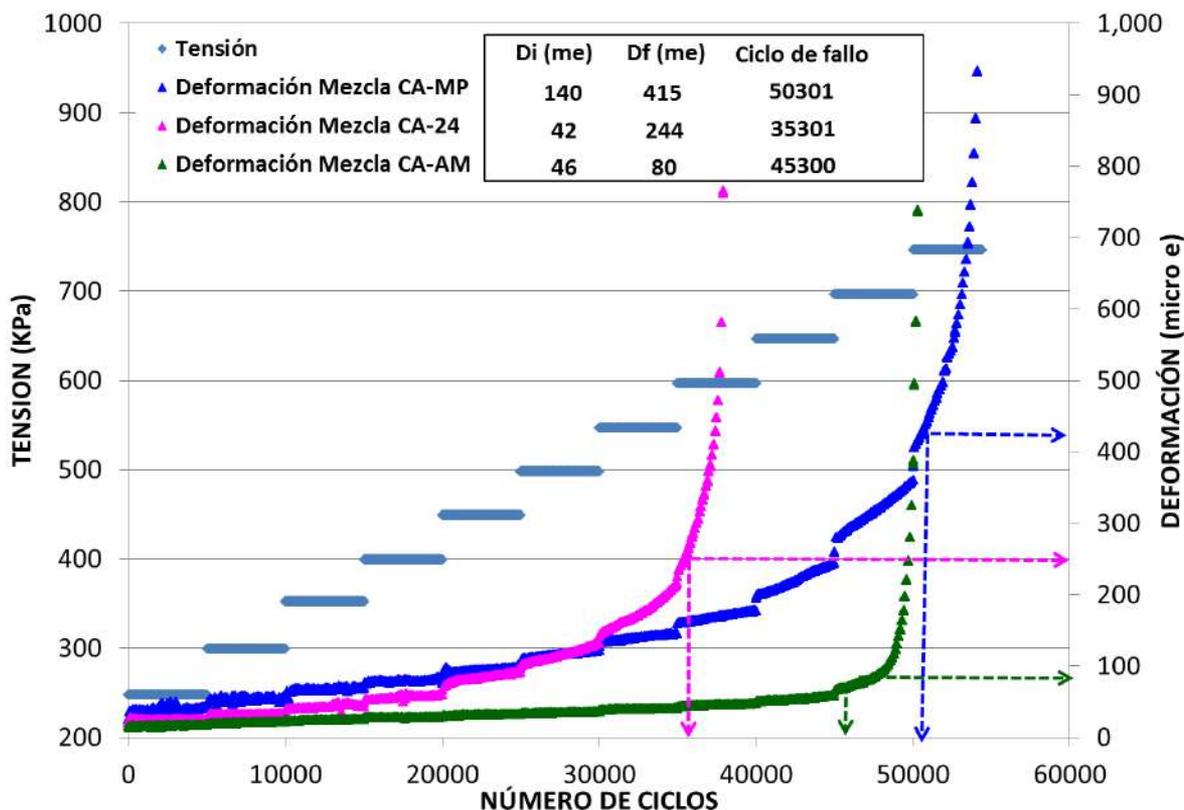
Mezcla IV-A-12 (ABERTURA TAMIZ 0.45)



- Mezcla IV-A-12 (CA=5,2%)
- Temperatura 20° C
- 3 tipos de Cem. Asfálticos
 - CA-24
 - CA-AM
 - CA-MP

Ejemplo de Aplicación y Resultados

Evolución de la Deformación



Nuevo Criterio de Fallo

ϵ fallo

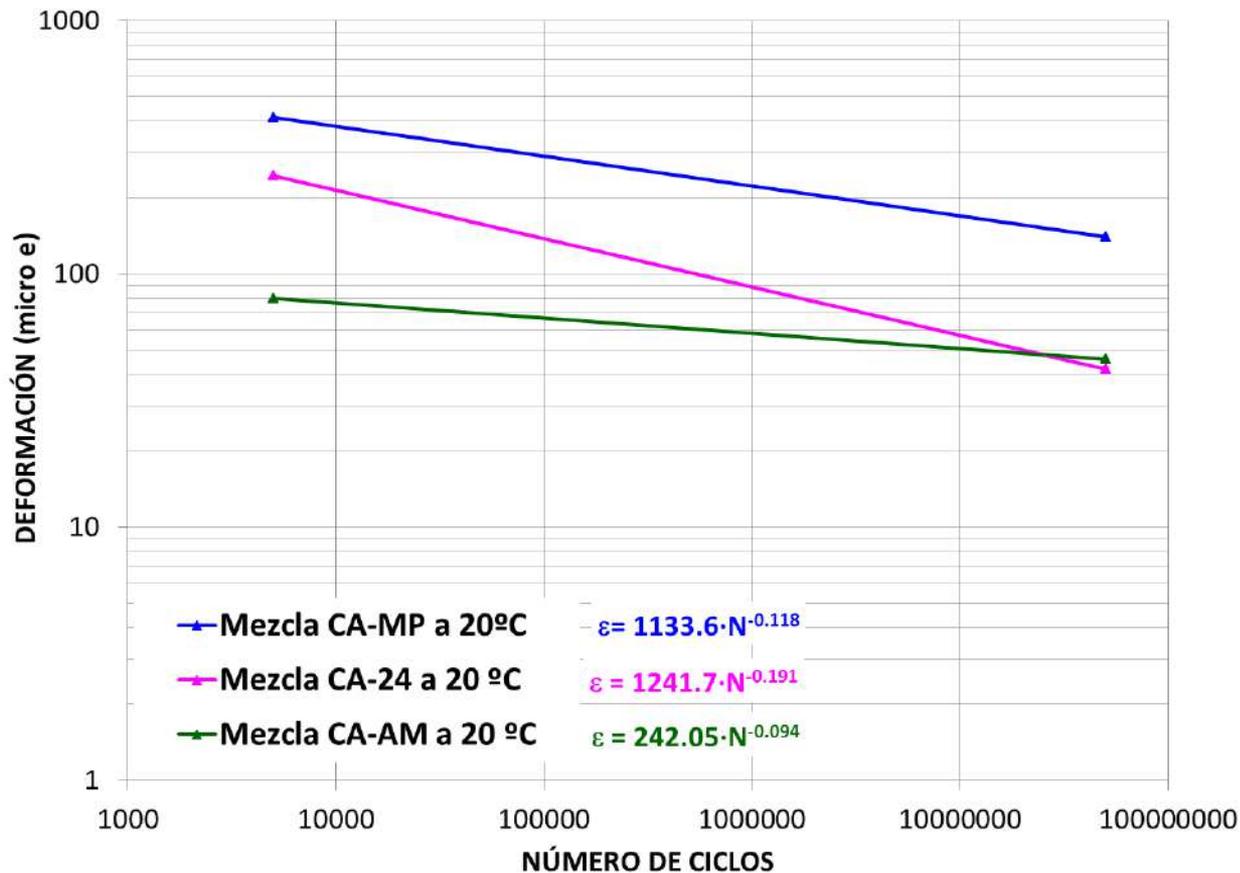
Valor promedio de los ciclos 100 y 500 de una misma serie de ciclos cuando se duplica el valor de ϵ inicial de ese ciclo.

ϵ inicial

Se asocia al Endurance Limit de cada mezcla. Valor promedio de serie anterior cuando la dif. del prom. de los últimos 400 ciclos y del valor promedio de los ciclos 100 y 500 del mismo ciclo es menor a 10%.

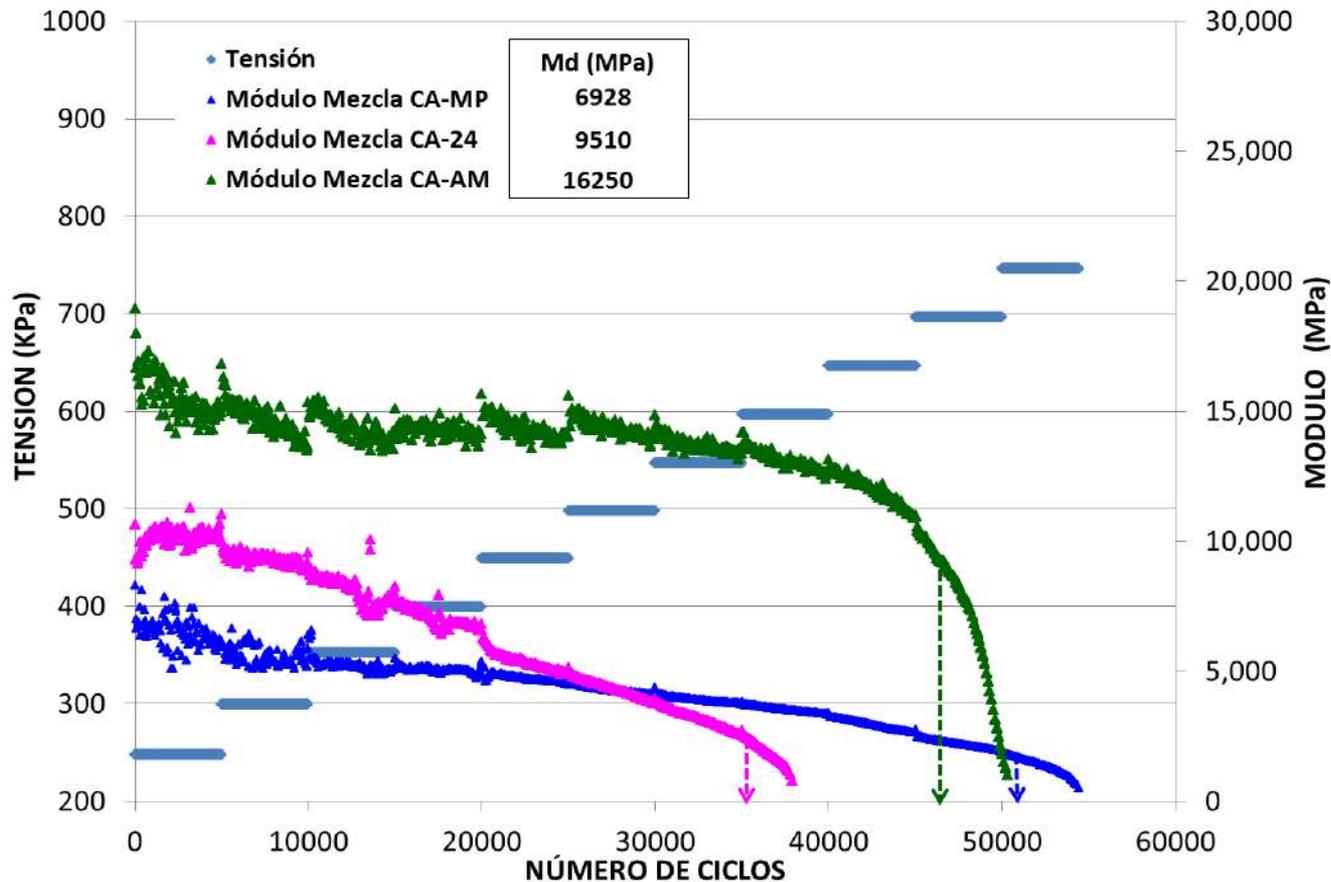
Ejemplo de Aplicación y Resultados

Leyes de Fatiga



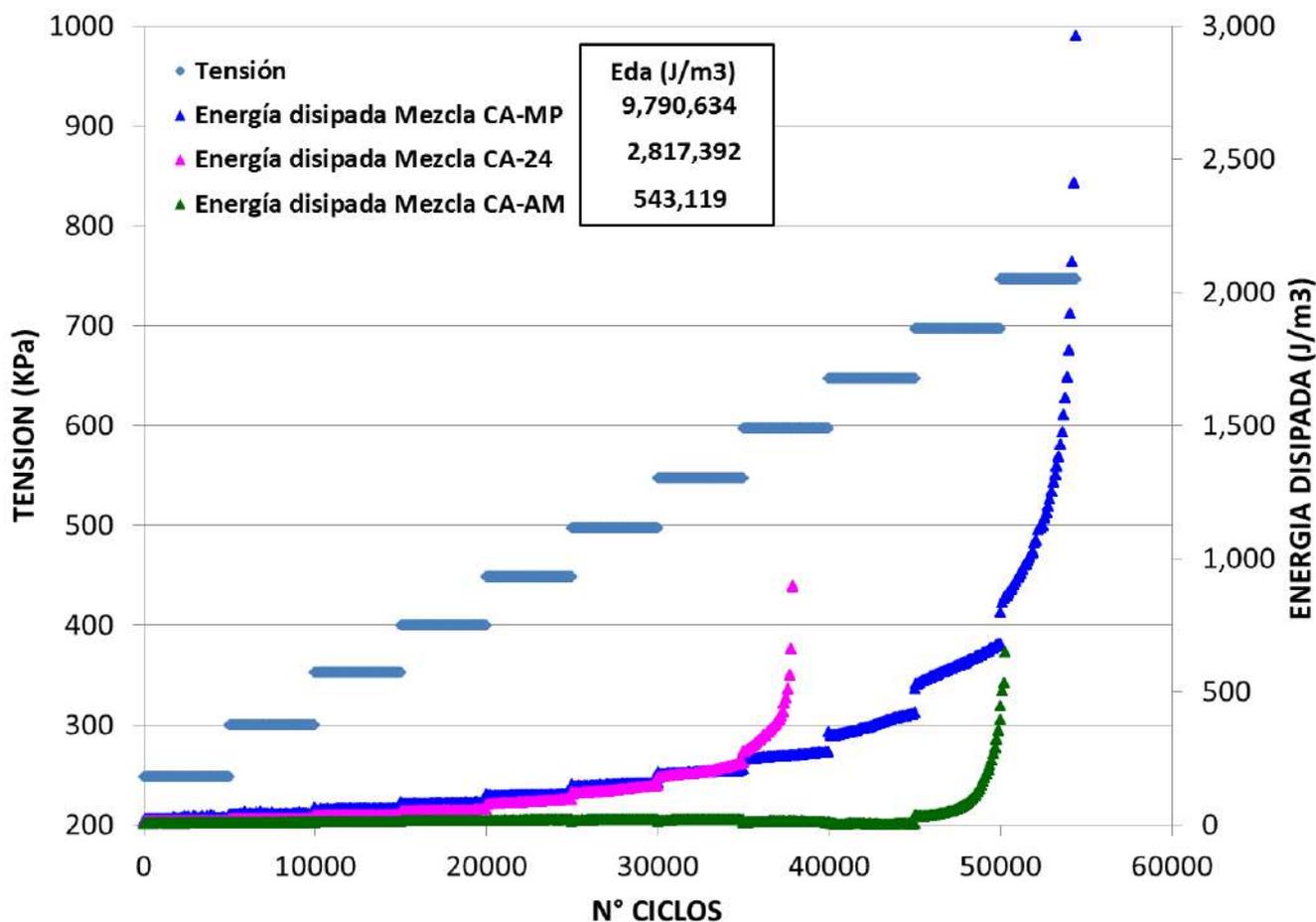
Ejemplo de Aplicación y Resultados

Evolución del Módulo Dinámico



Ejemplo de Aplicación y Resultados

Evolución de la Energía Disipada



Conclusiones

- El nuevo procedimiento de ensayo que se presenta – ensayo DUSST - posee un gran potencial para evaluar la respuesta a fatiga de las M.A. debido a las siguientes ventajas:
 - Requiere menor tiempo de ejecución.
 - Requiere menor número de probetas.
 - Fácil fabricación de probetas.
 - Fácil evaluación de estructuras de pavimentos en uso (testigos).
 - Reproduce el real estado tensional del pavimento.
 - Nuevo criterio de fallo que garantiza la rotura por fatiga.
 - Permite evaluar más variables en el desempeño de las mezclas asfálticas.



Permite diagnosticar rápidamente el comportamiento a fatiga de las mezclas





Proyecto DIUFRO DII8-0053
Departamento de Ingeniería de Obras Civiles
Universidad de La Frontera



Gracias por su atención!

Ing. Luis Mardones Parra.
Luis.Mardones.p@ufrontera.cl
Departamento de Ingeniería de Obras Civiles
Universidad de La Frontera