



REPORTE DE INVESTIGACIÓN LM- PI - PV- IN- XX - 02

Análisis de fatiga en mezclas asfálticas

INFORME PARCIAL

FASE 1

Investigador principal

Ing. Guillermo Loría

Investigador asociado

Ing. Mario Arce

Noviembre 2003

Análisis de fatiga en Mezclas Asfálticas en Caliente

1. INTRODUCCIÓN

Como parte fundamental en la caracterización de las mezclas asfálticas se encuentran los ensayos de fatiga, los cuales se relacionan directamente con la capacidad de soportar carga a largo plazo de una mezcla asfáltica, característica fundamental para el diseño estructural de un pavimento y para poder efectuar un adecuado análisis financiero del mismo.

Dentro de la línea de investigación que está siguiendo el LANAMME, para calibrar los métodos de diseño estructural es básico entender el desempeño a fatiga de la mezcla asfáltica.

Para esto, es necesaria la ejecución de “ensayos de desempeño simple”, los cuales están definidos por el NCHRP 465 así: **“Son aquellos métodos de ensayo que con precisión y confiabilidad miden la respuesta de una característica o parámetro de la mezcla que está altamente correlacionada con la ocurrencia de un daño al pavimento (por ejemplo agrietamiento o ahuellamiento) en un rango de tráfico y condiciones de clima”**.

Dada esta definición, no es necesario que el ensayo prediga por completo el efecto o desempeño histórico de la mezcla, pero los resultados pueden permitir la determinación de la habilidad de la mezcla para resistir la fractura o la deformación permanente ante diversas condiciones definidas.

Como objetivo fundamental dentro del estudio se pretende estudiar el comportamiento contra fatiga de capas asfálticas de capa delgada. El método que se utilizará será el de vigas a flexotracción, que se explicará adelante.

En esta línea se estudiará la influencia que tienen la granulometría, el tipo de asfalto, el contenido de asfalto efectivo, la adición de modificantes y el contenido de vacíos sobre la resistencia a la fatiga de capas delgadas de mezcla asfáltica en caliente.

Un resultado directo de la investigación, será obtener las curvas maestras de nivel de carga versus deformación unitaria para cada caso estudiado. A partir de este resultado, se efectuará la modelación estructural de diversas capas de rodamiento en sitio mediante el uso de las curvas maestras determinadas.

Finalmente, se efectuarán sondeos en sitio para determinar las variables de campo que pueden afectar la resistencia a fatiga de una capa delgada de mezcla asfáltica.

1.1 Esquema metodológico propuesto No. 1

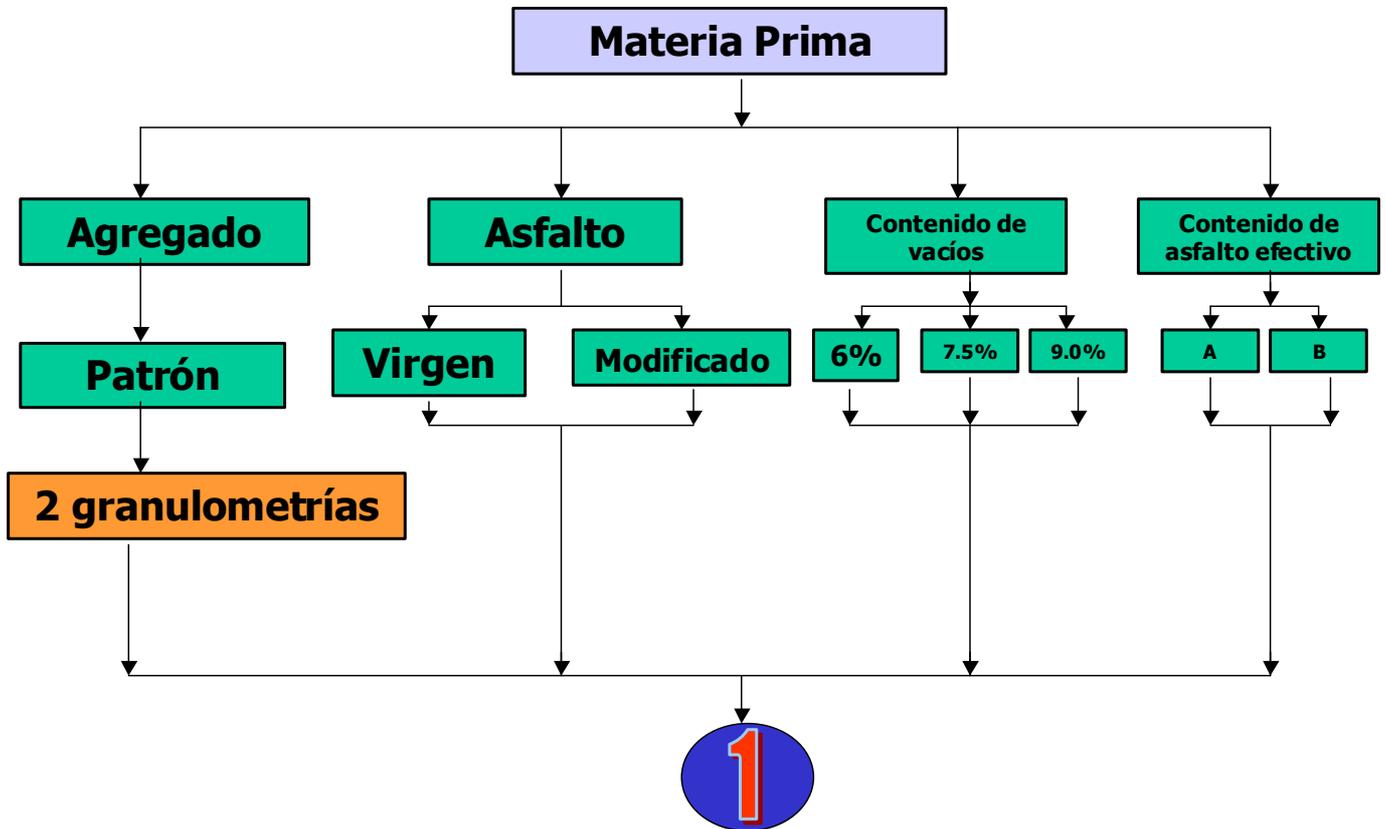


Figura No. 1: Esquema metodológico

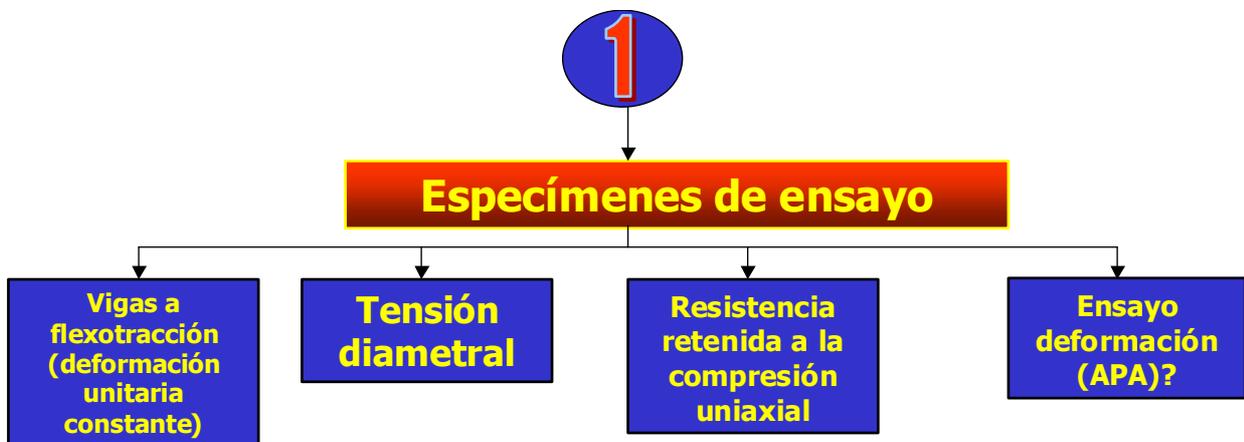


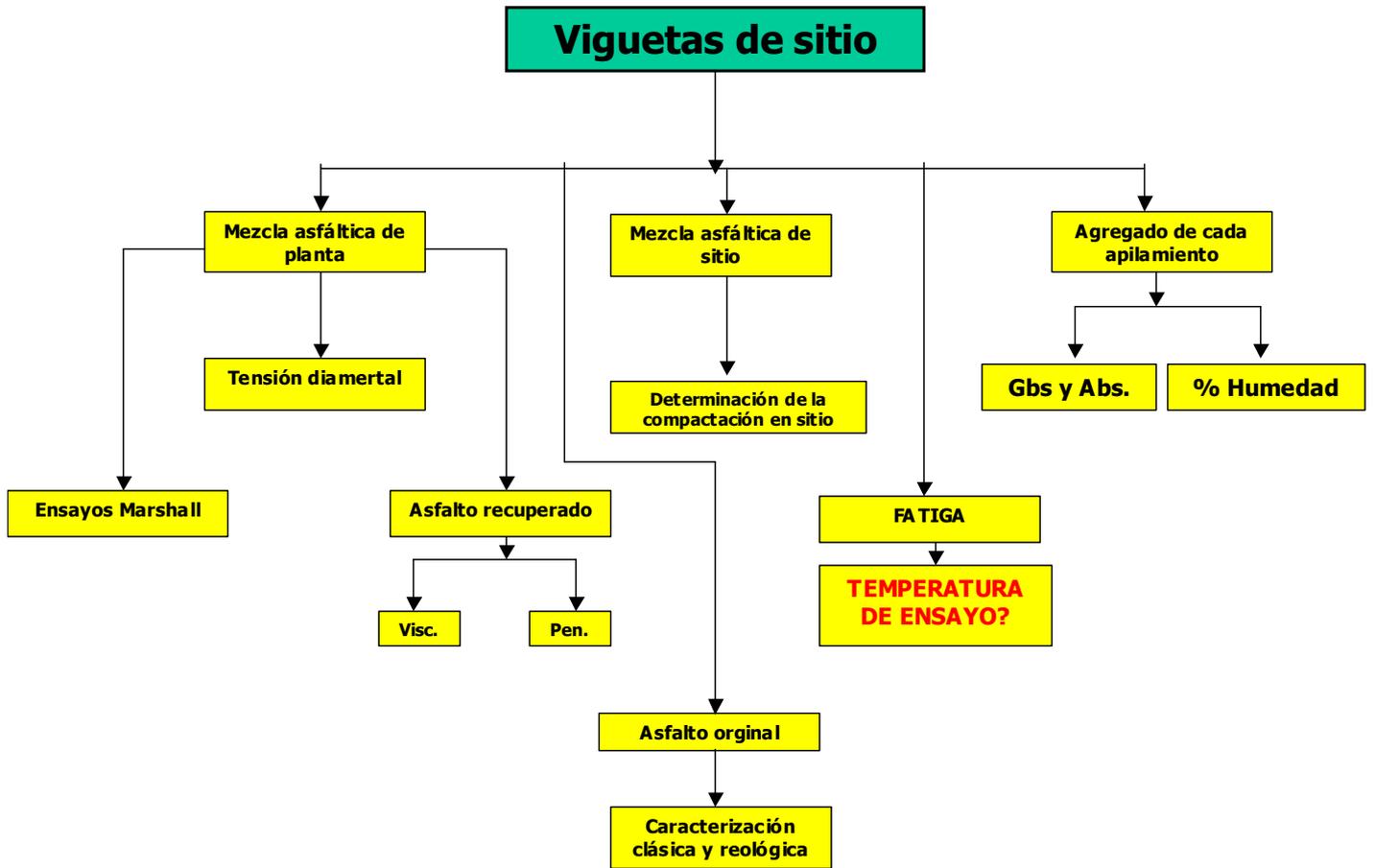
Figura No. 1: Esquema metodológico (continuación)

En total se requerirán 144 vigas para caracterizar una fuente de agregados determinada. En este caso se trabajará con el agregado patrón.

1.2 Cambio en esquema experimental: Análisis de vigas de campo

Como aún no se cuenta con el equipo compactador de vigas en laboratorio, se procederá a realizar una primera etapa tomando muestras de sitio, en los mismos lugares en que se han extraído para el proyecto de capas delgadas.

Esto facilitará utilizar la amplia base de datos de dicho proyecto, que ya ha caracterizado muchas variables de las mezclas colocadas en cada caso, con los resultados que brinde la viga de fatiga.



1.3 Etapas del proyecto

1.3.1 Primera etapa

- Se usarán viguetas extraídas de sitio
- Ensayo de resistencia a la flexotracción de vigas con deformación unitaria constante (para capas delgadas)
- Ensayo de tensión diametral retenida para cada mezcla
- Ensayo de resistencia a la compresión uniaxial retenida

- Ensayos en “Pista de Laboratorio de Georgia”.
- Se analizarán las distintas variables de campo que pueden afectar la resistencia a la fatiga de una mezcla asfáltica.
- Dichas variables por analizar son las siguientes: porcentaje de vacíos de sitio, PG del asfalto recuperado, viscosidad del asfalto recuperado, densidad máxima teórica y gravedad específica bruta.
- Se podrían determinar correlaciones entre porcentaje de vacíos de sitio y número de ciclos de carga

1.3.2 Segunda etapa

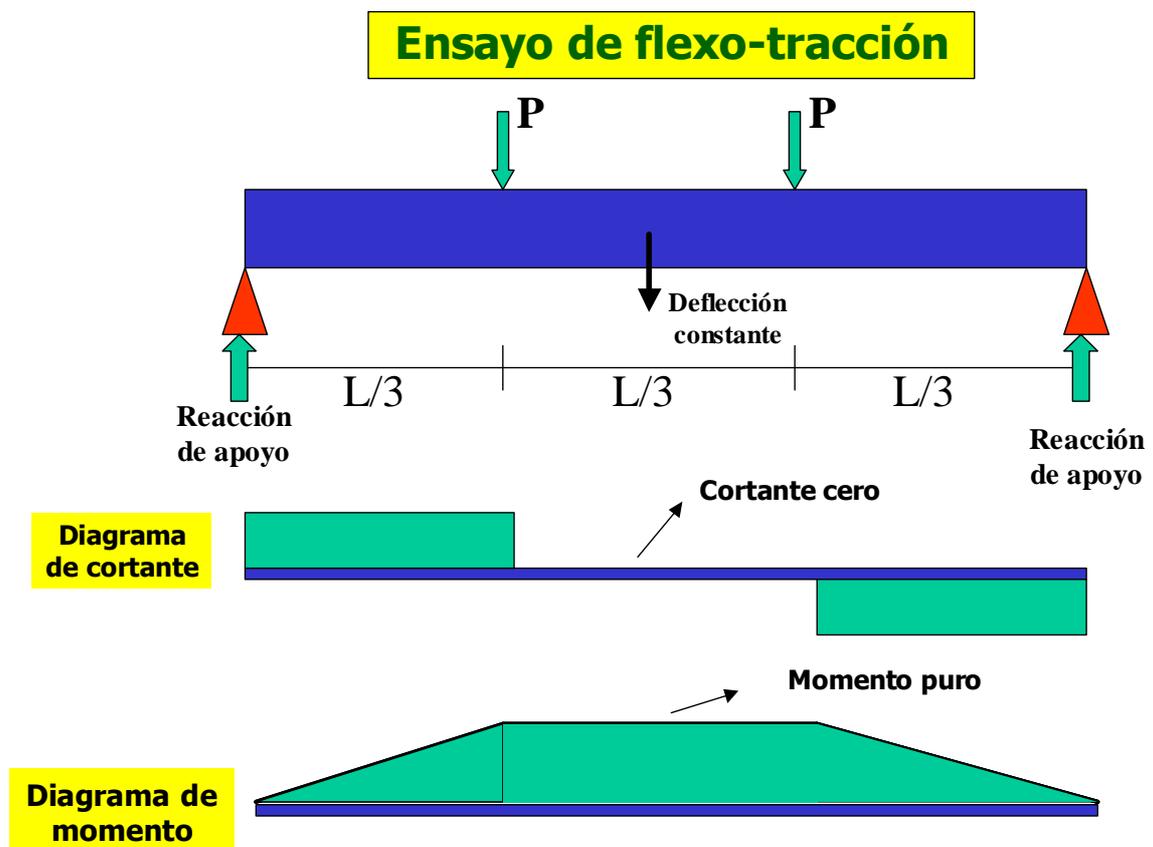
Se realizará la modelación estructural de la mezcla para determinar la vida remanente de mezclas asfálticas colocadas y compactadas en sitio.

1.3.3 Tercera etapa

2. UBICACIÓN DEL AVANCE DEL PROYECTO

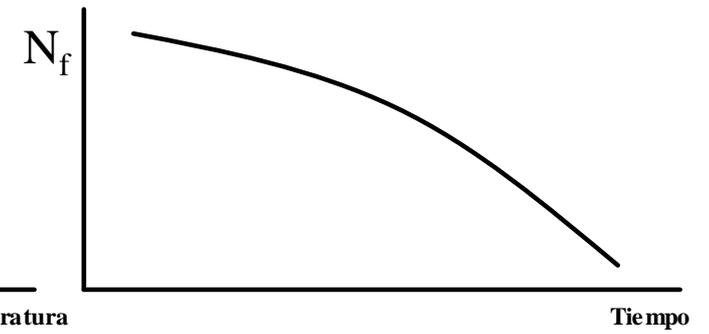
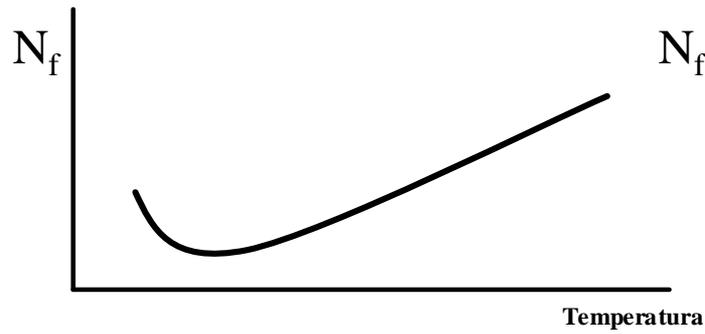
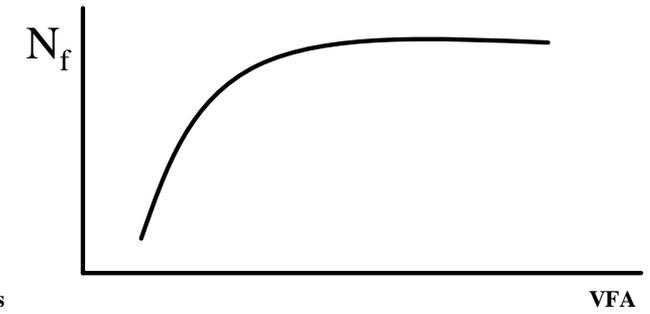
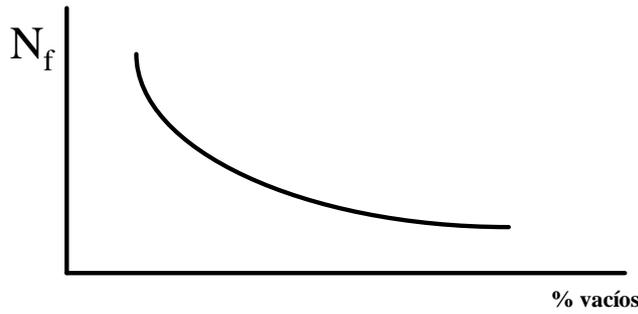
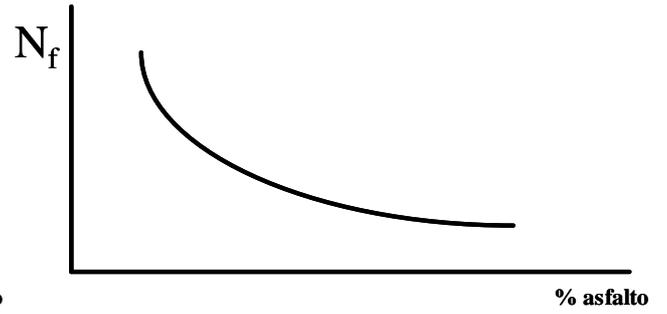
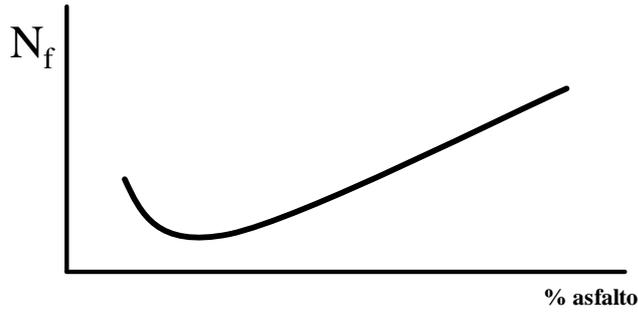
Se está a la espera de decidir que temperatura de ensayo emplear.

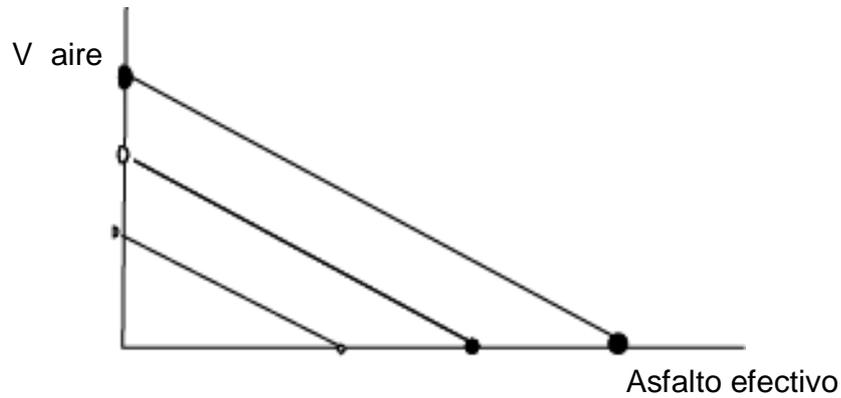
3. ENSAYO DE FATIGA EN LA VIGA DE FLEXOTRACCIÓN



3.1 Resultados esperados

Con el ensayo de fatiga en la viga a flexotracción, se espera obtener las siguientes relaciones:





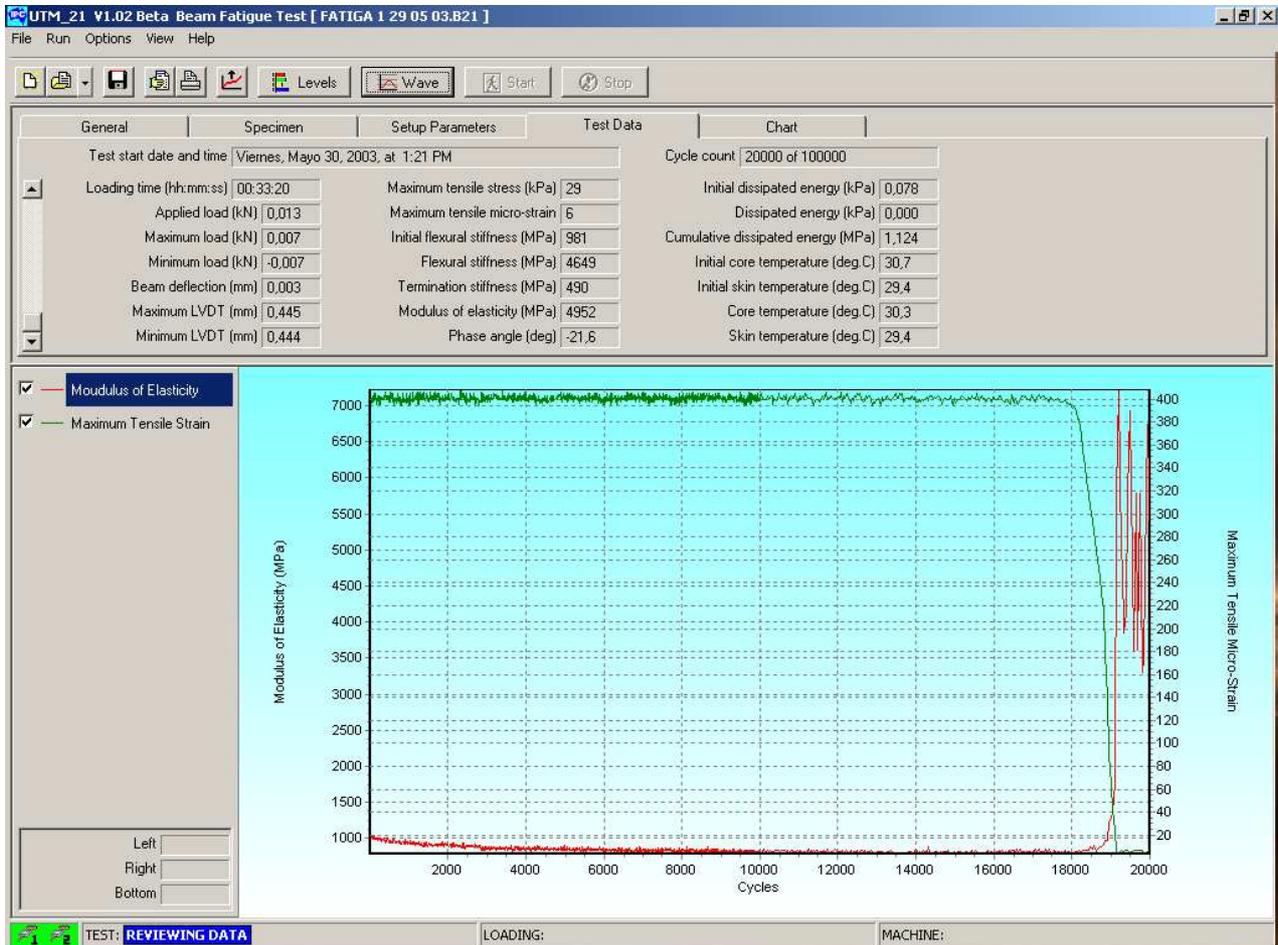
Además, los resultados experimentales mas importantes serán los siguientes:

- Módulo de rigidez
- Energía disipada durante el ensayo
- Número de ciclos de carga para un dado criterio de falla

3.2 Característica más importantes del ensayo

- Protocolo de ensayo: AASHTO TP-8 o ASTM D 4123
- Carga en 4 puntos
- Carga sinusoidal a 10 Hz
- Temperatura de ensayo: 20 °C
- Especímenes de 50 mm X 62.5 mm X 375 mm

Resultado del primer ensayo realizado



Resumen del procedimiento de ensayo

SHRP ofrece una metodología para caracterizar la respuesta a fatiga de una mezcla un tiempo de ensayo relativamente corto. El procedimiento utiliza cuatro especímenes evaluados a cuatro diferentes niveles de deformación para determinar las propiedades de resistencia a la fatiga de la mezcla asfáltica. Los niveles de deformación son señalados dentro de los períodos de vida típicos para una mezcla, entre 5000 y 500000 ciclos. El ensayo es desarrollado en el modo de esfuerzo controlado a una frecuencia de 10 Hz, como se indica:

- Realice un ensayo al cual la vida del espécimen está entre 5000 y 10000 ciclos, los rangos recomendados de deformación estarán entre 800 y 1000 μS .

- Si el primer ensayo indica una vida de fatiga mayor de 10000 ciclos, el nivel de deformación deberá ser incrementado para el segundo ensayo. Si la vida a fatiga del primer ensayo es menor que 10000 ciclos, el nivel de deformación deberá ser reducido para el segundo ensayo.
- Los resultados de esos ensayos serán utilizados para generar la relación de deformación versus ciclos de carga:

$$N = A + B \cdot \varepsilon$$

Donde

N = Ciclos para la falla

A = intersección de la línea de regresión

B = pendiente de la línea de regresión, y

ε = esfuerzo aplicado

- Esta relación es utilizada para estimar la deformación que se requiere para tener una vida de fatiga aproximada entre 100000 y 350000 ciclos.
- Se deben hacer dos ensayos adicionales, uno a 100000 ciclos y el otro a 350000 ciclos de carga.
- Para cada uno de los ensayos se calcula la rigidez, los esfuerzos aplicados, las deformaciones y la energía disipada.

El esfuerzo aplicado pico a pico es:

$$\sigma_t = \frac{3aP}{wh^2}$$

en donde

σ_t = Máximo esfuerzo de tensión, N

a = L/3, mm

L = luz de la viga, mm

P = carga aplicada, N

W = ancho de la viga, mm

h = altura de la viga, mm

La deformación es:

$$\varepsilon_t = \frac{12h\delta}{3L^2 - 4a^2}$$

Donde

ε_t = deformación máxima, mm/mm

δ = deflexión de la viga en el eje neutral, mm

Rigidez:

$$S = \frac{\sigma_t}{\varepsilon_t}$$

Donde S es la rigidez de la viga en Pa.

El ángulo de fase es:

$$\phi = 300 f * s$$

en donde

ϕ = ángulo de fase

f = frecuencia de la carga, Hz

s = Tiempo de espera entre $P_{\text{máx}}$ y $\delta_{\text{máx}}$, s.

La energía disipada por cada ciclo se define como:

$$D = \pi \sigma_t \varepsilon_t \text{sen} \phi$$

En donde D es la energía disipada por ciclo en Pascales. La energía disipada acumulada es la determinada por la suma de la energía disipada por ciclo en la vida del espécimen.

Adicionalmente, se puede determinar una curva de vida de fatiga versus deformación aplicada, para describir cada mezcla, así:

$$N_f = K_1 \varepsilon^{-k_2}$$

En donde,

N_f = vida a fatiga, en ciclos

ε = deformación aplicada, mm/mm

K_1 y K_2 = coeficientes de regresión

Una forma alternativa de la ecuación anterior es:

$$N_f = K_1 \epsilon^{-k_2} S^{-k_3}$$

En donde

S = Rigidez inicial de la mezcla, Pa

K₃ = Coeficiente de regresión

Finalmente, el módulo de elasticidad (MPa), es el siguiente:

$$E = [Pa / \delta wh] X \left[(3L^2 - 4a^2) / 4h^2 + k * (1 + \nu) \right]$$

En donde:

P = Fuerza pico

a = L/3, mm

δ = Deflexión pico al centro de la viga

w = Ancho de la viga

h = Altura de la viga

L = Luz de la viga

k = Esfuerzo cortante actual dividido por el esfuerzo cortante promedio (Se asume 1.5)

ν = relación de poisson por defecto

4. Cronograma de actividades

A continuación se presenta un listado de las actividades que están pendientes por realizar.

ACTIVIDAD	DURACIÓN (semanas)
1 Toma de 5 muestras de mezcla asfáltica en caliente colocada en sitio.	4 semanas
2 Falla de las muestras	Una semana después del muestreo

Los ensayos indicados se efectuarán cada semana.

Cronograma actualizado 2003																						
	julio			agosto			septiembre			octubre			noviembre			diciembre						
Toma de muestras proyectada: 15 muestras				1	2		3	4		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Toma de muestras real								1					2		3	4						

Cronograma propuesto 2004																						
	enero			febrero			marzo			abril			mayo			junio						
Toma de muestras proyectado	1-2	3-4	5-6	7-8	9	10			11	12			13	14		15						
Ensayos de fatiga a 20 viguetas																						
Informe																						

5. Bibliografía

Flintch, G. Fatigue Testing Procedure,
Virginia Tech, 2002

Witzack et al, Simple Performance Test for Superpave Mix Design
NCHRP 465, National Academy Press, 2002