



ANALISIS COMPARATIVO DE MEZCLAS ASFALTICAS AC16 TIPO RAP TEMPLADAS Y EN CALIENTE MEDIANTE LA ADICION DE FIBRAS, ANALIZADAS CON LOS ENSAYOS TRIAxIAL, PISTA Y FATIGA

Saúl Castillo Aguilar ¹, Rodolfo Villalobos Dávila ², Eduardo Castillo González ³

1. Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil, Zona Universitaria, CP. 91500, Xalapa, Veracruz, México, sacastillo@uv.mx, sacasa6@hotmail.com
2. Petrotekno SA. DE CV, Jerónimo Cardona 116-B, col. Burócratas del Estado, CP. 64380, Monterrey, Nuevo León, México, rvd@petrotekno.com.mx
3. Universidad Veracruzana, Zona Universitaria, CP. 91500, Xalapa, Veracruz, México, educastillo@uv.mx

RESUMEN

Esta investigación se realizó durante una estancia de investigación realizada en el Centro de Estudio del Transporte del CEDEX, en Madrid, España, se realizó un estudio para conocer y analizar las mezclas tipo RAP, templadas y calientes, con y sin fibra, evaluándolas con diferentes ensayos.

En este trabajo se describe es parte de la continuación de una serie de experiencias, por tal se describe parte de un estudio experimental, con la finalidad de conocer el efecto que tiene el uso de una fibra sintéticas cuando se adiciona a unas mezclas AC16 elaboradas con diferentes porcentajes de material RAP, se emplearon los ensayos; Triaxial, Pista y Fatiga con el fin de conocer su comportamiento mecánico, deformabilidad y resistencia a la fisuración, así como el realizar un análisis comparativo entre las mezclas elaboradas con las variables que se mencionan en el documento.

Se sabe que la disminución de temperaturas de fabricación y puesta en obra de mezclas asfálticas en caliente tiene un fin, lograr una disminución de energía consumida y las emisiones producidas, por tal este estudio consistió en utilizar un material tipo RAP, se empleó una emulsión especial y un asfalto rejuvenecedor, todas y cada una de los especímenes de estas mezclas fueron compactadas con el compactador giratorio del SHRP y por amasado según normas con el fin de conocer el comportamiento de cada una de las mezclas en estudio con y sin fibra y realizar un análisis comparativo entre las mezclas estudiadas.

Palabras Clave: fatiga, fibras, traxial, pista, Rap

1 Introducción

Como se ha mencionado en anteriores documentos que el marco de la construcción y mantenimiento de carreteras, de actuaciones que respeten el medio ambiente ha ido encaminada, fundamentalmente, a la optimización de los recursos disponibles y a la mejora de los procesos de fabricación.

Por tal durante los últimos años, se han realizado avances en el estudio de la



reutilización de los materiales de pavimentos existentes mediante el empleo de técnicas del reciclado, lo que supone la recuperación de los materiales para su incorporación en mezclas asfálticas nuevas. El material empleado procedente de un pavimento deteriorado y recuperado se denomina RAP (Reclaimed Asphalt Pavement).

También las técnicas de producción, suponen un consumo energético elevado, las mezclas asfálticas convencionales requieren, durante el proceso de fabricación y puesta en obra, alcanzar altas temperaturas. Estas mezclas pueden estar compuestas por áridos vírgenes y/o reciclados, graduados y calentados a temperaturas inferiores a 100 °C y una emulsión adecuada para recubrir totalmente dichos áridos.

Desde hace bastantes años, se vienen realizando trabajos de investigación encaminados a la modificación de las características mecánicas de las mezclas asfálticas mediante la adición de productos, tales como fibras acrílicas, con objeto de mejorar su comportamiento a largo plazo frente a las cargas del tráfico y a las condiciones climatológicas, además el análisis comparativo de las mezclas asfálticas que incluyen la realización de ensayos de laboratorio para conocer su comportamiento de mezclas con fibra con ensayos triaxiales, pista y fatiga.

2 Objetivo del estudio

El propósito del estudio consiste en la valoración de sus propiedades mecánicas y su análisis comparativo de las propiedades de una mezcla asfáltica con materiales tipo RAP, empleando dos tipos de mezclas, Las templadas y las calientes mediante la incorporación de una fibra de polímeros acrílicos modificados.

En primer término se llevó la caracterización de los materiales, (RAP y ligantes asfálticos) posteriormente la fabricación de probetas de mezcla asfáltica con y sin fibra, de acuerdo a una granulometría fijada y aplicando diferentes contenidos de ligante. Después se midieron las dimensiones de todas probetas y se hallaron su densidad y contenido de huecos de aire por el método de la balanza hidrostática. Posteriormente una vez determinada la dosificación óptima del ligante, se realizaron los ensayos mecánicos diferentes con nuevas probetas fabricadas con este tipo de óptimo: empleando los ensayos triaxial, pista y fatiga, además del ensayo de sensibilidad. Por último el análisis comparativo de sus resultados obtenidos y finalmente llegar a una conclusión para cada una mediante la adición de la fibra mejora ligeramente las características de las mezclas en estudio. Como complemento a esta investigación se menciona que ya existen algunas investigaciones realizadas por otros institutos, universidades o centros de investigación, pero ninguna de estas a empleado materiales RAP al 100 y 50%, con fibras y en mezclas templadas y en caliente .

Las mezclas a estudiar son un 50% de RAP; y 50% de árido virgen, la cual denominaremos Mezcla en Caliente, ya que incorpora betún rejuvenecedor. Otra mezcla se fabrica con 100% RAP, la cual denominaremos mezcla Templada, al emplear emulsión rejuvenecedora.

El estudio se realizó en dos etapas. La primera etapa, sin incorporación de fibras, servirá para obtener las fórmulas de trabajo y dosificación de los dos tipos de mezclas. La segunda etapa, se realizará con la dosificaciones óptimas obtenidas en la primera etapa, incluyendo un porcentaje fijo (0.3 %) de fibra acrílica. Finalmente sobre las nuevas probetas preparadas en la segunda etapa se procedió a la realización de los ensayos de caracterización mecánica empleando los ensayos ya mencionados.

3. Análisis del material tipo RAP

3.1 Características de los materiales en estudio RAP

Se define como RAP como el pavimento asfáltico que al haber cumplido su vida útil ha sido fresado o extraído y posteriormente triturado. Es de gran valor debido a que está constituido por áridos y ligante que aún conservan parte de sus propiedades mecánicas. El uso de RAP en mezclas asfálticas nace de la necesidad de dar solución a problemas relacionados con el medio ambiente, ya sea por la disminución de recursos naturales, las emisiones generadas, el elevado volumen de residuos que se generan en los procedimientos de conservación de carreteras o el incremento de precio de los derivados del petróleo como es el cemento asfáltico.

3.2 Granulometría empleada para el RAP

Una mezcla asfáltica está formada por una fase sólida compuesta por áridos y filler y una fase de consistencia variable llamada asfalto que es de origen petroquímico. En las mezclas recicladas una parte del árido virgen y del asfalto de nueva aportación es substituida por material reciclado RAP que contiene asfalto envejecido. Para poder analizar las propiedades mecánicas de la mezcla es necesario conocer la procedencia y algunas características de los materiales que la forman.

El material reciclado utilizado procede de la empresa española ubicada en Madrid, aunque se conoce la procedencia del material, no se conocía la composición ni el porcentaje de asfalto que contiene la mezcla. Mediante la Norma NLT-164 se determina el contenido de ligante de la mezcla de RAP, obteniendo mediante este procedimiento se determina que el RAP presenta un porcentaje que oscila entre el 3.75 hasta el 4.04% de asfalto sobre árido, la tabla 1 se aprecia la granulometría empleada en el estudio para ambas mezclas con y sin fibra.

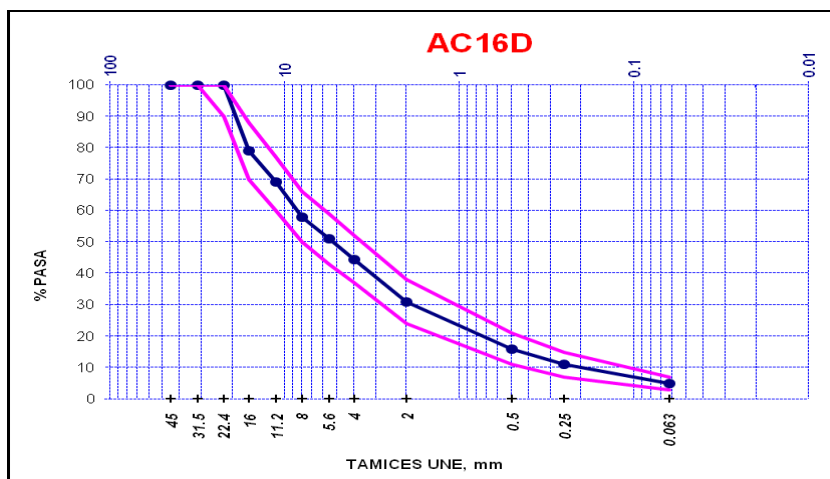


Figura 1. Granulometría empleada en el estudio para ambas mezclas.

3.3 Obtención del óptimo de emulsión en la Mezcla Templada y en Caliente

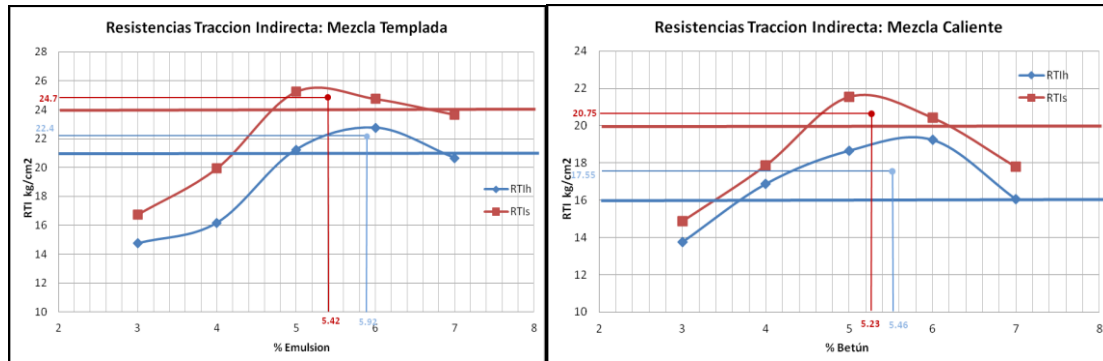


Figura 2. Curvas para la obtención del % óptimo de las mezclas en estudio

Analizando las curvas de la figura 2, de acuerdo a las especificaciones correspondientes, se obtienen los siguientes valores para ser usados en el estudio de ambas mezclas en las condiciones ya mencionadas.

Mezcla Templada:

Óptimo: 5.67% Emulsión Rociemul, equivalente 1.63% emulsión; 28.6 gr de Emulsión, probetas de 1200 gr. sin fibra.

Óptimo: 6.2 % Emulsión Rociemul, equivalente 2.16% emulsión; 38.5 gr de Emulsión, probetas de 1200 gr. con fibra.

Mezcla en Caliente

Óptimo: 5.34% de un agente rejuvenecedor modificado con polímeros SBS radial para reciclado de pavimentos asfálticos; 35.8 gr de asfalto, probetas de 1200 gr. y 34.3 gr asfalto, probetas de 1150 gr. Sin Fibra

Óptimo: 5.47% de un agente rejuvenecedor modificado con polímeros SBS radial para reciclado de pavimentos; 37.6 gr de asfalto, probetas de 1200 gr. y 36.0 gr asfalto, probetas de 1150 gr. Con fibra

4. Ensayos realizados

Se realizaron los ensayos correspondientes para cada una de las mezclas analizadas con el 50 y 100% de RAP, con o sin fibra en las condiciones templadas y calientes siguiendo la norma correspondiente para cada ensayo aplicando la temperatura y condiciones de ensayo, todo esto se realizó para ambas mezclas templada y caliente con y sin fibra y con los porcentajes del 50 y 100 RAP. Los ensayos se realizaron a la temperatura que marca la norma y en las condiciones correspondientes.



Figura 4. Ensayos realizados, Triaxial, Pista y Fatiga

5. Análisis de Resultados.

5.1 Resultados Triaxial mezcla templada: con y sin fibra, 50% RAP

Uno de los ensayos que considero que fue más complicado en el aspecto de resultados es el ensayo Triaxial en ambas mezclas, templadas con el 50% de RAP, con y sin fibra. El ensayo a compresión cíclica según EN-12697-25, en donde el espécimen se somete a una temperatura de 60°C, aplicándole una carga de 300 kPa, 10,000 pulsos a 0.5 Hz. Los resultados obtenidos promedio de 4 probetas por serie se aprecian en la tabla 1 y representados.

Tabla 1. Resultados Ensayo Triaxial, mezcla templada con y sin fibra			
Probeta	Densidad (gr/cm3)	Def. Axial (%)	Def. Axial (mm)
Probetas con fibra			
Promedio	2,338	3.58	2.52
Probetas sin fibra			
Promedio	2,360	3.78	2.54

En la figura 5, se aprecian los valores obtenidos de cada una de las probetas ensayadas en cuanto a deformación y pulsos de carga, así como el comportamiento que presentan cada una de estas probetas con fibra. Podemos mencionar que el comportamiento de las probetas ensayadas de esta mezcla templada son muy similares, en donde alcanzan valores máximos promedios de deformabilidad axial del 3% y de 2 mm respectivamente, también es importante mencionar que estas mezclas no se deforman demasiado, tienen una flexibilidad baja, por tal se consideran buenas para emplearlas como capa de rodadura o de refuerzo.

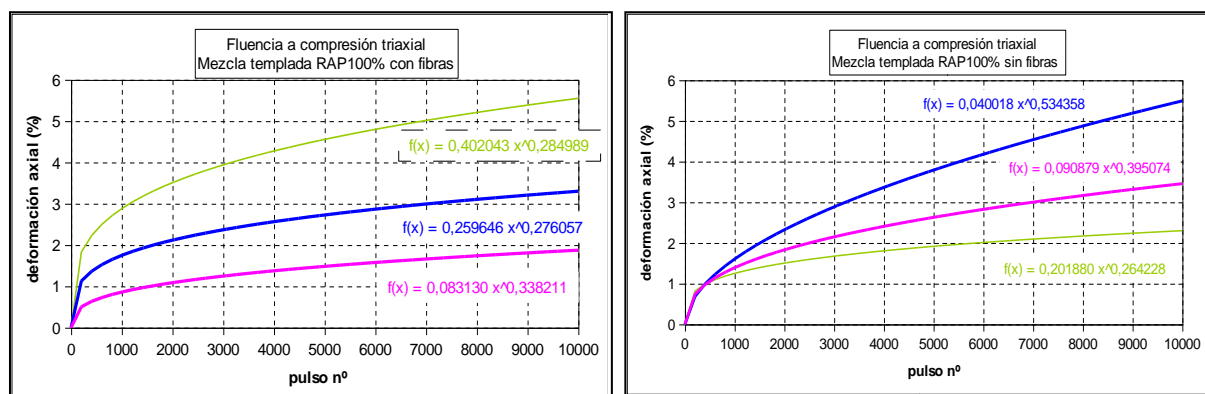


Figura 5. Deformación axial (%) mezcla templada con y sin fibra: 60°C: 50% RAP

En cuanto a las mezclas templadas sin fibras se aprecia claramente el buen comportamiento y los valores de deformabilidad axial son bastante aceptable de 3.5%, ya que la mezcla adquiere una flexibilidad aceptable, considerándola dentro de las mezclas para usarse como rodadura, finalmente comentar que estas mezclas sin fibras tienen una ligera deformabilidad mayor que aquellas mezclas en las que se emplean fibras del orden de 2.4 mm, ligeramente superiores a las mezclas con fibra. Esto quiere decir que la fibra forma una red tridimensional entre los agregados y el asfalto, que refuerzan y mejoran las propiedades mecánicas, incrementando los



niveles de estabilidad.

Tabla 2 Resultados Ensayo Triaxial, mezcla en Caliente con y sin fibra			
Probeta	Densidad (gr/cm3)	Def. Axial (%)	Def. Axial (mm)
Probetas con fibra			
Promedio	2,338	1.45	1.07
Probetas sin fibra			
Promedio	2,338	1.14	0.83

En cuanto los resultados obtenidos y representados en la tabla 2 de las mezclas en caliente con y sin fibra se aprecia de forma clara que el porcentaje de deformación axial es muy bajo con respecto a las mezclas templada, estas mezclas en caliente con fibras tienen un valor promedio de 1.45% de deformación axial y 1.07 mm respectivamente, en cuanto a las mezclas sin fibra el comportamiento es similar, pero con valores ligeramente más bajos en deformación axial. Para la mezcla con fibra los valores de deformación axial son del orden de 1.14% y 0.83 mm, lo que se consideran buenos valores.

Estos valores se aprecian claramente en las figura 6 en donde el comportamiento en las probetas es muy similar teniendo valores promedio de 1% y 0.85 mm, esto quiere decir que las mezclas son similares, en cuanto a la deformación axial en mm se aprecia la misma secuencia de las curvas para cada probeta ensayada.

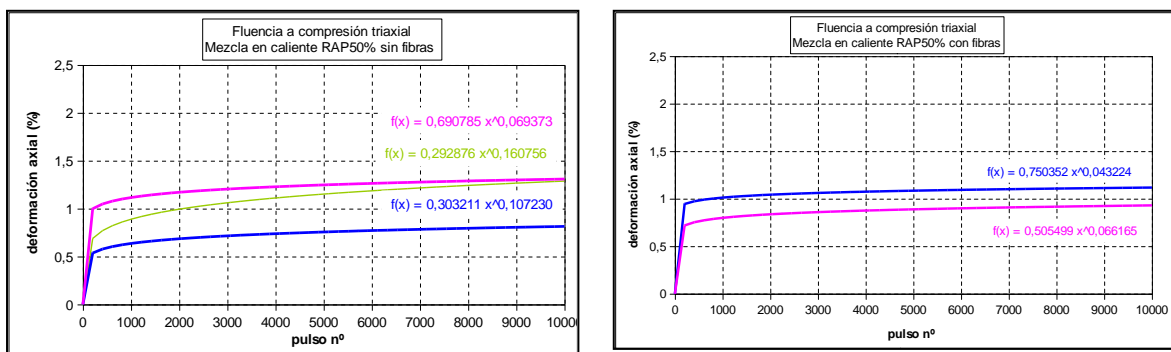


Figura 6. Deformación axial (%) mezcla en caliente con y sin fibra: 60°C: 50% RAP

Por tal se puede llegar a decir que las mezclas en caliente con el 50% de material RAP, son mejores que las mezclas templadas, con o sin fibra, ya que el asfalto actuó de forma rápida y rejuvenece a la mezcla asfáltica, también podemos mencionar que las mezclas en caliente al incorporarle el betún rejuvenecedor, estas toman mayor cohesión y la deformabilidad baja. También podemos comentar que la fibra estabiliza y retiene el asfalto, evitando perdidas por drenado, lo cual hace que las mezclas asfálticas sean mas flexibles , con mayor recuperación a las deformaciones.

5.2 Resultados triaxial templadas: con y sin fibra 100 % RAP

Uno de los ensayos que considero que fue más complicado en el aspecto de resultados es el ensayo Triaxial en ambas mezclas, templadas y en caliente, con y sin fibra. El ensayo a compresión cíclica según EN-12697-25, en donde el espécimen se



somete a una temperatura de 60°C, aplicándole una carga de 300 kPa, 10,000 pulsos a 0.5 Hz. Los resultados obtenidos se aprecian en la tabla resumen y en las gráficas.

Tabla 3. Resultados Ensayo Triaxial, mezcla templada con y sin fibra

Probeta	Densidad (gr/cm3)	Def. Axial (%)	Def. Axial (mm)
Probetas con fibra			
Promedio	2,338	3.58	2.52
Probetas sin fibra			
Promedio	2,36	3.78	2.54

La figura 7, se aprecian los valores obtenidos de cada una de las probetas ensayadas en cuanto a deformación y pulsos de carga, así como el comportamiento que presentan cada una de estas probetas con fibra. Podemos mencionar que el comportamiento de las probetas ensayadas de esta mezcla templada son muy similares, en donde alcanzan valores máximos promedios de deformabilidad axial del 3% y de 2 mm respectivamente, también es importante mencionar que estas mezclas no se deforman demasiado, tienen una flexibilidad baja, por tal se consideran buenas para emplearlas como capa de rodadura o de refuerzo.

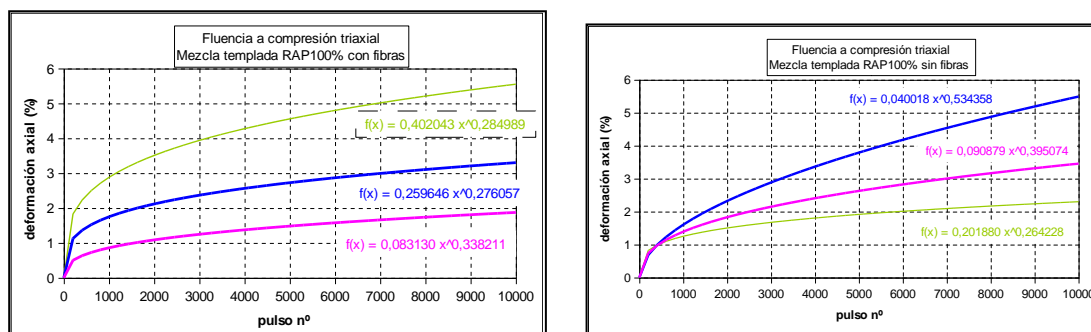


Figura 7. Deformación axial (%) mezcla en caliente con y sin fibra: 60°C: 100 % RAP

En cuanto a las mezclas templadas sin fibras se aprecia claramente el buen comportamiento y los valores de deformabilidad axial son bastante aceptable de 3.5%, ya que la mezcla adquiere una flexibilidad aceptable, considerándola dentro de las mezclas para usarse como rodadura, finalmente comentar que estas mezclas sin fibras tienen una ligera deformabilidad mayor que aquellas mezclas en las que se emplean fibras del orden de 2.4 mm, ligeramente superiores a las mezclas con fibra. Esto quiere decir que la fibra forma una red tridimensional entre los agregados y el asfalto, que refuerzan y mejoran las propiedades mecánicas, incrementando los niveles de estabilidad.

Tabla 4. Resultados Ensayo Triaxial, mezcla en Caliente con y sin fibra

Probeta	Densidad (gr/cm ³)	Def. Axial (%)	Def. Axial (mm)
Probetas con fibra			
Promedio	2.338	1.45	1.07
Probetas sin fibra			
Promedio	2.338	1.14	0.83

En cuanto los resultados obtenidos y representados en la tabla 4 de las mezclas en caliente con y sin fibra se aprecia de forma clara que el porcentaje de deformación axial es muy bajo con respecto a las mezclas templada, estas mezclas en caliente con fibras tienen un valor promedio de 1.45% de deformación axial y 1.07 mm respectivamente, en cuanto a las mezclas sin fibra el comportamiento es similar, pero con valores ligeramente más bajos en deformación axial. Para la mezcla con fibra los valores de deformación axial son del orden de 1.14% y 0.83 mm, lo que se consideran buenos valores.

Estos valores se aprecian claramente en la figura 8 en donde el comportamiento en las probetas es muy similar teniendo valores promedio de 1% y 0.85 mm, esto quiere decir que las mezclas son similares, en cuanto a la deformación axial en mm se aprecia la misma secuencia de las curvas para cada probeta ensayada.

Por tal se puede llegar a decir que las mezclas en caliente con el 50% de material RAP, son mejores que las mezclas templadas, con o sin fibra, ya que el asfalto actuó de forma rápida y rejuvenece a la mezcla asfáltica, también podemos mencionar que las mezclas en caliente al incorporarle el asfalto rejuvenecedor, estas toman mayor cohesión y la deformabilidad baja. También podemos comentar que la fibra estabiliza y retiene el asfalto, evitando pérdidas por drenado, lo cual hace que las mezclas asfálticas sean más flexibles, con mayor recuperación a las deformaciones.

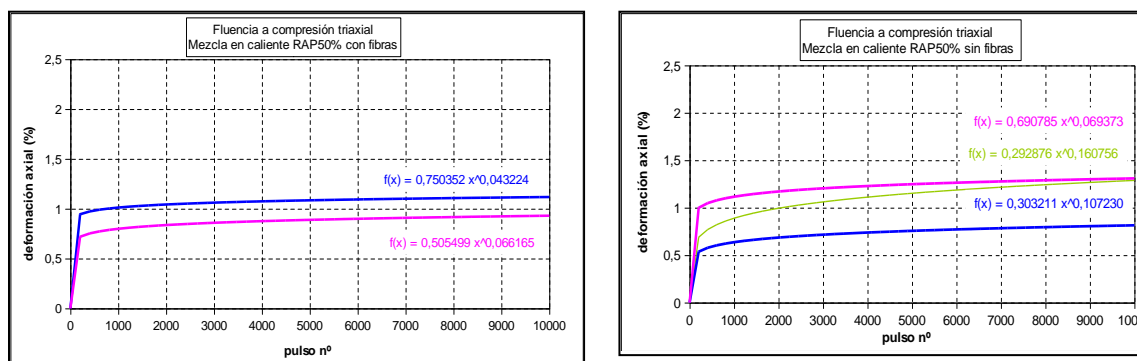


Figura 8. Deformación axial (%) mezcla en caliente con y sin fibra: 60°C: 100% RAP

5.3 Resultados ensayo de pista mezclas en caliente con y sin fibra

También se realizaron los ensayos a la mezcla en Caliente con y sin fibra, se aprecia en la tabla 5 los resultados obtenidos producto de realizar 3 ensayos por serie, donde la mezcla con fibra tiene valores de Deformación más bajos que la mezcla con fibra oscilando entre 5.405 mm a los 10 mil ciclos y 7,488 mm sin fibra, esto significa que este tipo de mezcla su comportamiento es muy bueno.

Tabla 5. Resultados ensayo de pista en mezclas caliente con y sin fibra; 60°C



Probeta	Densidad. (gr/cm ³)	Espesor (cm)	RD (mm) 5000 ciclos	WTS (%) aire	PRD (%) aire	RD (mm) 10000 ciclos
Probetas con fibra						
Promedio	2.38	60.02	4.74	0.13	8.9	5.4
Probetas sin fibra						
Promedio	2.4	59.46	6.15	0.22	12.22	7.26

Si observamos las gráficas de las figuras 9, se aprecia que la mezcla sin fibra tiene una deformación más elevada que la mezcla con fibra y una tendencia similar durante su inicio y hasta el final, se contempla también que a los primeros 5 mil ciclos este tipo de mezcla sin tiene una deformabilidad baja es decir del orden de 6.150 mm y la mezcla con fibra del orden de 4.74 mm y finalmente la mezcla con fibra una deformación muy baja de 5.4 mm y la de sin fibra del 7.26 mm. Lo que quiere decir que podemos concluir que la mezcla en caliente con fibra se comporta mejor que la mezcla en caliente sin fibra, siendo esta una mezcla aceptable.

En cuanto a la gráfica de la mezcla con fibra, se aprecia que ambas tienen unas curvas muy similares a la mezcla sin fibra, de principio a fin, solo que en esta deformaciones demasiada baja y su tendencia es idéntica en ambos ensayos realizados a la mezcla en caliente empleando fibra. Se observa que estas mezclas son más flexibles y con mayor recuperación a las deformaciones permanentes

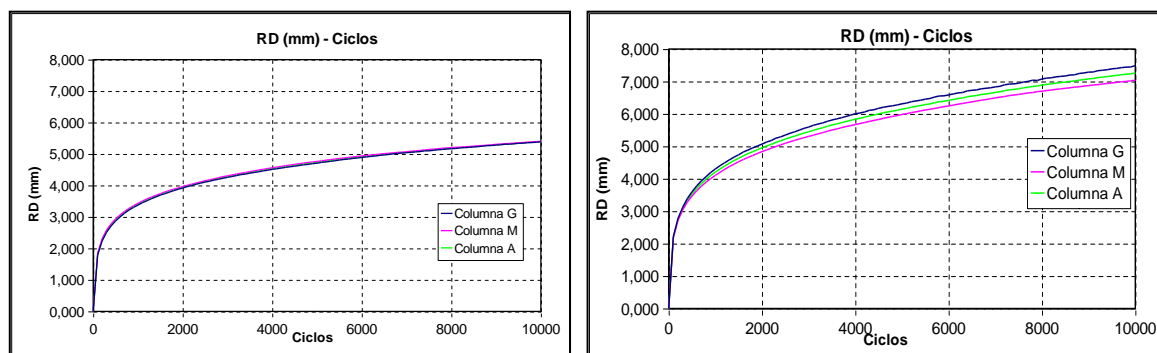


Figura 9 . Curvas de ensayo de pista, mezcla en caliente sin fibra: 60°C:100% RAP

5.4. Resultados de fatiga: mezcla templada

Uno de los ensayos finales realizados a las mezclas en estudio, es de fatiga, en la cual se realizaron 4 Puntos por cada probeta en estudio. En la tabla 6, se presentan cada uno de los resultados obtenidos en las probetas de la mezcla Templada con y sin fibra. Se presentan en las columnas cada uno de los valores obtenidos como módulos, deformación, logaritmo neperiano de ciclos, logaritmo neperiano de deformación, etc.

El ensayo se realiza de acuerdo a la norma mencionada, aplicando 30 Hz y una temperatura de 30°C, donde se obtendrán los módulos, energía, fase, entre otros datos. Si observamos cada una de las gráficas obtenidas en la figura para deformación para mezclas templadas con y sin fibra, se aprecia que la mezcla con fibra tiene un mejor comportamiento de deformabilidad, su módulo es más elevado con mayor deformabilidad, principalmente en la mezcla con fibra. En la tabla 6 se aprecian los valores promedio para cada una de las mezclas en estudio y cuyos valores se representan en la gráfica.

Tabla 6. Valores promedio de resultados de fatiga

Con Fibra		Sin Fibra	
P	-10.592	P	-5.2714
q	67.107	q	39.280
Def6	153	Def6	125
r2	0.9286	r2	0.974

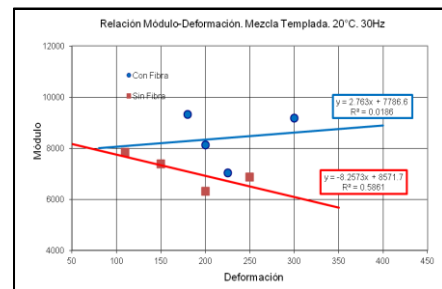
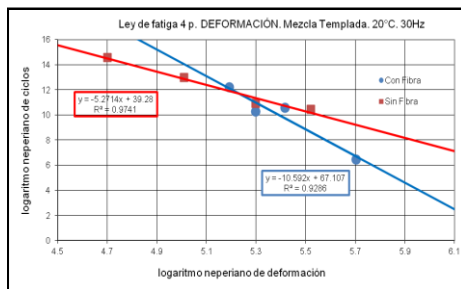


Figura 10 Ensayo de fatiga, Deformación, mezcla Templada: 20°C, 30 Hz

En la figura 10, se aprecia de forma clara el comportamiento de ambas mezclas templadas, con y sin fibra. En la mezcla con fibra se presenta menor deformabilidad a medida de que disminuye el logaritmo neperiano de ciclos, también tiene un mejor comportamiento, es decir tienen def6 de 153, mientras que las de sin fibra es de 125.

En cuanto al módulo con respecto a la deformación, la mezcla con fibra tiene un mayor módulo, pero con más deformación, en cuanto a la mezcla sin fibra se comportamiento es mas estable, módulos más bajos y deformación. En cuanto a la Energía, se aprecia un comportamiento similar en ambas mezclas, sus valores son buenos para una mezcla templada, además se aprecia de forma muy clara que ambas mezclas cumplen con este parámetro.

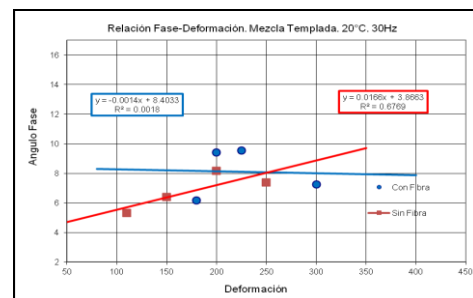
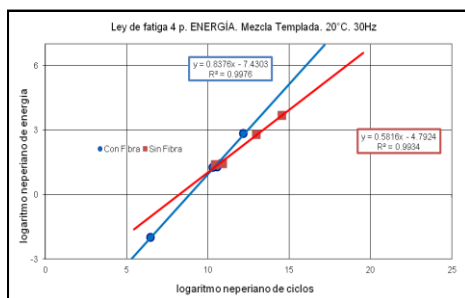


Figura 11. Ensayo de fatiga, Energía, Mezcla Templada: 20°C, 30 Hz

Finalmente en cuanto a la fase - deformación de la mezcla templada, el valor es ligeramente mayor para una mezcla con fibra y para la mezcla sin fibra se tiene un menor Angulo y menor deformación.

5.5 Resultados de fatiga: mezcla caliente

Otro de los ensayos que se llevaron a cabo a las mezclas en estudio, también fue el de fatiga, de la misma forma se realizaron 4 puntos por cada probeta en estudio. En la tabla 6.18, se presentan cada uno de los resultados obtenidos en las probetas de la mezcla en Caliente con y sin fibra. En la tabla se muestran los valores obtenidos, tales como: módulos, Fase, energía, etc. De la misma forma, el ensayo se realiza de acuerdo a la norma mencionada, aplicando 30 Hz y una temperatura de 30°C. Los resultados que se presentan en la tabla 6 obtenidas para mezclas en caliente con y sin fibra, se aprecia que la mezcla con fibra tiene un mejor comportamiento de deformabilidad, su módulo es más elevado con mayor deformabilidad, principalmente en la mezcla con fibra.

Tabla 6. Valores promedio de resultados de fatiga

	Con Fibra		Sin Fibra
P	-3.2117	P	-5.9631
q	29.19	q	43.872
Def6	120	Def6	155
r2	0.624	r2	0.974

Para este tipo de mezcla el comportamiento de la deformación es muy similar en ambas mezclas, con y sin fibra, ya que sus valores son parecidos y su tendencia en ambas líneas son similares.

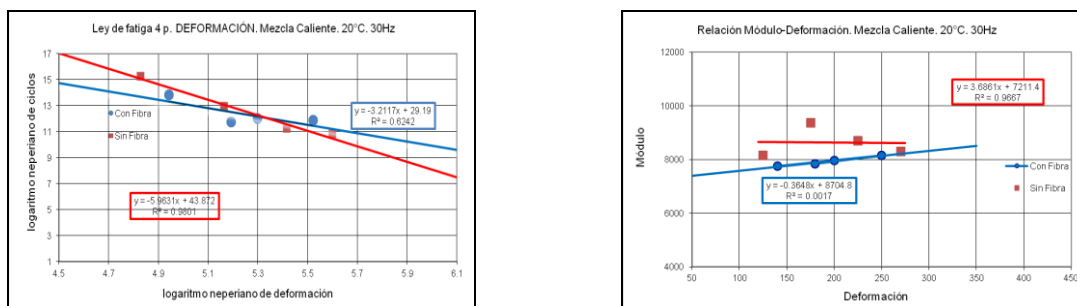


Figura 12. Ensayo de fatiga, mezcla en Caliente: Deformación: 20°C, 30 Hz

En cuanto a la relación del módulo-deformación los valores de la mezcla con fibra son ligeramente más bajos que la de con fibra, sin embargo no existe mucha discrepancia entre ambas rectas, por tal pueden considerarse que no existe una mejoría cuando se emplea la fibra en las mezclas en caliente.

En cuanto a la Energía los valores de la mezcla con fibra son casi idénticos, como se aprecia en la figura su comportamiento es parecido.

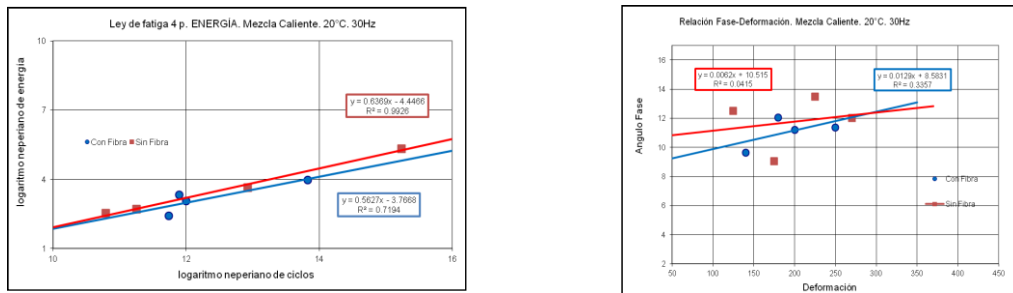


Figura. 13. Ensayo de fatiga, mezcla en Caliente: Energía: 20°C, 30 Hz

Finalmente en la fase – deformación, se aprecian valores muy similares, tendencias parecidas en sus rectas. De forma general podría comentarse que esta mezcla en caliente con y sin fibra se comportó de forma parecida en cada uno de los resultados obtenidos.

6. Conclusiones

1. En pista sus valores son mejores cuando se emplea fibra, deformaciones por debajo de 5 mm y un máximo de 7mm en a la mezcla sin fibras, con mejor comportamiento con el 50% de RAP
2. En sensibilidad al agua cumplen ambas mezclas., la resistencia conservada es superior al 95%, lo cual cumple con lo especificado en la norma.
3. En fatiga cumplen y ambas mezclas con y sin fibras en cada uno de los valores obtenidos son muy parecidos.
4. En cuanto al ensayo triaxial, se tiene el mismo comportamiento entre ambas mezclas, mejores resultados con 100% RAP

7 Referencias

1. Administration, F. H. (2007). FHWA. USA.
2. AMAAC. (2010). RA-05/2010. Mexico: Asociacion Mexicana del Asfalto.
3. AMAAC. (2011). RA.01/2011. Susceptibilidad a la humedad y a la deformacion permanente por rodera con el analizador de rueda cargada de Hamburgo (HWT), en una mezcla asfaltica compactada.
4. AMAAC. (2012). Reciclado de Pavimentos de Mezcla Asfaltica en Caliente. NAPA, 3-28.
5. Anguas, P. G. (2005). Caracterizacion Geomecanica de Mezclas Asfalticas. Instituto Mexicano del Transporte.
6. Association, N. A. (2014). Diseño de mezclas asfalticas en caliente con alto contenido de pavimento asfaltico reciclado (RAP).
7. Bolan, a. b. (2015). estudio comparativo de nuevos productos empleados en un pavimento asfáltico reciclado en frio mediante las pruebas Marshall, módulos de resiliencia, ensayo de pista. Universidad Veracruzana, 70-77.
8. FHWA. (1997). Manual de Pavimentos para Mezclas en Caliente del Departamento de Transporte y la Administracion de Carreteras de los Estados Unidos. E.U.
9. Fonseca, A. M. (2002). Ingenieria de Pavimentos para Carreteras. Colombia:



COGRESO MEXICANO DEL ASFALTO

*Expo-***ASFALTO** *2017*

23 - 25 de agosto Cancún 2017

Agora Editores.

10. González, C. D. (2015). "Diseño y comparación de mezclas asfálticas con asfalto virgen y asfalto modificado empleando el método Marshall". Universidad Veracruzana, 15-20.
11. N.CMT.4.05.003/08. (2008). Características de los Materiales. Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras, 1-17.
12. Torres, S. A. (2015). Estudio para conocer la resistencia al desgaste de una mezcla asfáltica tibia empleando aditivo TB1. Universidad Veracruzana.
13. Zamudio, M. T. (2011). Historia y Evolución de las Mezclas Asfálticas en las Carreteras de México. México: AMAAC.