



EVALUACIÓN DE ESTADO DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS RECICLADOS CONSTRUIDOS EN EL ESTADO DE MICHOACÁN EN EL PERIODO 2013 – 2016

Jesús Murillón Duarte¹ Mario Salazar Amaya²

¹I.L.I.C. S.A.P.I. de C.V. Morelia, Michoacán, México; jesusaldebarandetauro@hotmail.com

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México;
mariosalazar02@hotmail.com

Resumen

En el presente artículo se desarrolla el estudio realizado a varios pavimentos asfálticos de algunas carreteras del estado de Michoacán en México que fueron reconstruidas mediante métodos de Reciclado (RAP), con el fin de evaluar el estado actual y su comportamiento a través del paso del tiempo y tráfico. Se evaluaron factores tanto de laboratorio en cumplimiento a las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (organismo rector en el país), así como también su comportamiento en campo a los esfuerzos de los vehículos que en ellas transitan, sin olvidar incluir las condiciones atmosféricas del sitio. Las zonas de estudio se centraron en carreteras cercanas a las principales ciudades del estado (Morelia, Uruapan, Lázaro Cárdenas) con el cumplir lo anteriormente señalado. Un factor importante en el estudio es el monitoreo de los tramos seleccionados así como las pruebas de laboratorio realizadas a los asfaltos, mezclas y agregados pétreos. Algo que cabe señalar es que los porcentajes de RAP variaron desde 10% hasta un 100% y fueron usados en capas de base y en algunos casos en capas de rodadura.

Palabras Clave: (Conservación, Indicador de desempeño, reciclado de pavimento, IRI, RAP)

1. Introducción

Las carreteras son un factor fundamental para el desarrollo del país, representan uno de los principales medios de comunicación entre núcleos de población, lo que se relaciona directamente con las relaciones comerciales, mejorando el PIB del mismo. Su correcto funcionamiento es factor clave para el crecimiento, es por este motivo que mantenerlas en las mejores condiciones de servicio es prioritario para cualquier gobierno. Actualmente en México la conservación de carreteras se lleva gran parte del presupuesto de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en el rubro carretero, superando por mucho la construcción de caminos nuevos; por tal motivo es fundamental utilizar los materiales con que ya se cuenta a fin de lograr mitigar costos. Una forma de lograr estos apartados es mediante la reutilización de la mezcla asfáltica ya tendida con anterioridad, mediante técnicas de recuperación y reciclado. Llamaremos reciclado de pavimentos a la reutilización de las mezclas



asfálticas existentes con el fin de crear nuevas, utilizando para esto algunos aditivos a fin de recuperar algunas características de las mezclas ya expuestas.

En la presente investigación se evaluaron tramos carreteros con algunos volúmenes y configuraciones de tránsito considerables, teniendo también en consideración la variabilidad de climas con el objetivo de comparar el comportamiento de las mezclas en diferentes condiciones. Las zonas de estudio se centraron en carreteras cercanas a las principales ciudades del estado (Morelia, Uruapan, Zamora y Lázaro Cárdenas). Un factor necesario en la investigación es la inspección constante de las carreteras seleccionadas para poder observar cómo se comporta la capa de rodadura a los esfuerzos aplicados por los distintos vehículos y no olvidar también las pruebas de laboratorio que nos darán valores necesarios para demostrar el cumplimiento de los establecido por las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, ejemplo de estos datos son los resultados de la prueba de estabilidad y flujo Marshall, granulometrías, límites de consistencia, pruebas a agregados pétreos y arenas o pruebas a los asfaltos; además sin olvidar la prueba estandarizada por la Asociación Mexicana del Asfalto A.C. (AMAAC) y Superpave de deformación permanente mediante rueda cargada de Hamburgo. Las carreteras seleccionadas para el estudio fueron: Uruapan – Zamora, Uruapan – Lázaro Cárdenas, Morelia – Uruapan [1].

2. Justificación

En la conservación de las carreteras, el reúso de los materiales existentes es algo indispensable para evitar la generación de residuos altamente contaminantes como lo es el asfalto de desecho, es por este motivo que el reciclado de pavimentos se ha vuelto una alternativa necesaria para la reconstrucción de carreteras, obteniendo así varios beneficios, como lo son la reducción de costos y la utilización de materiales de desecho.

3. Objetivos

Evaluar el estado de algunas carreteras reconstruidas (Uruapan – Zamora, Uruapan – Lázaro Cárdenas, Morelia – Uruapan) del año 2013 al presente en el estado de Michoacán con el fin de valorar los impactos que las condiciones climáticas y los esfuerzos aplicados por los vehículos han tenido en la superficie de rodadura.

Comparar diferentes tramos dentro de las carreteras seleccionadas para obtener estrategias y aciertos de los métodos de reciclado usados en dichos sitios.

Valorar los resultados de las pruebas de laboratorio con el fin de eliminar posibles errores en el diseño o reconstrucción de las carreteras como elemento de daño.

Proponer posibles soluciones a los daños en la superficie de rodadura de los tramos carreteros estudiados.



4. Materiales y métodos

En los años de estudio se reconstruyeron varios kilómetros de mezcla asfáltica dentro de los tramos seleccionados, en la Figura 1 podemos ver las carreteras donde hubo kilómetros tendidos de mezcla asfáltica mediante reciclado de pavimentos que se estudiaron.

También es importante considerar que si no se escoge el asfalto adecuado las mezclas asfálticas pueden presentar un comportamiento plástico, susceptible a la formación de roderas y desplazamientos en intersecciones. En condiciones de baja temperatura (climas fríos, invierno), cargas rápidas (camiones a alta velocidad), el asfalto se comporta como un sólido elástico. En donde la mezcla es frágil y puede provocar grietas transversales y agrietamiento térmico (debido a que los esfuerzos internos inducidos por cambios de temperatura, exceden la resistencia) [2].

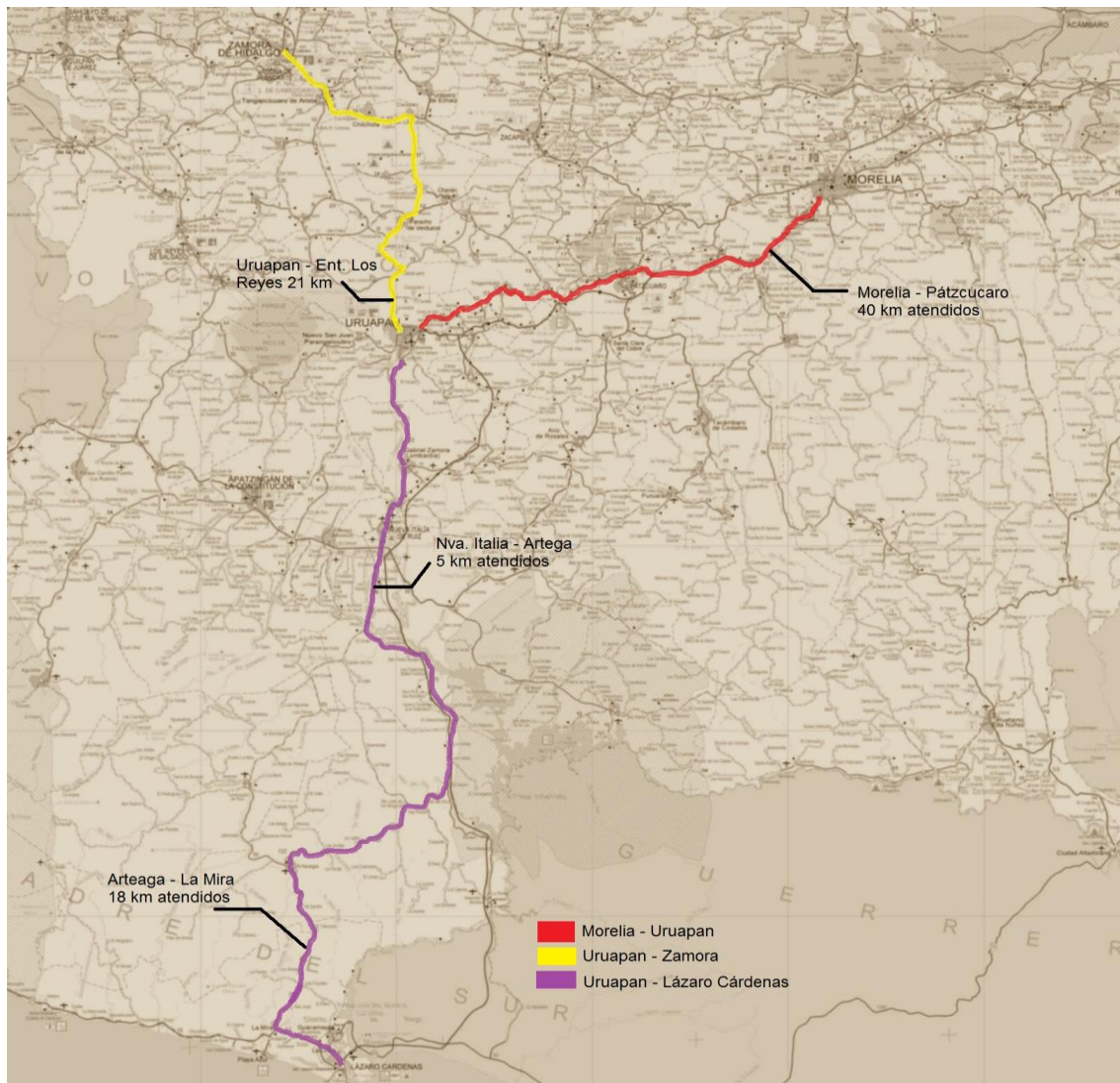


Figura 1 Carreteras con Tramos Atendidos mediante reciclado



Una solución adecuada para lograr el comportamiento necesario es la modificación del asfalto mediante aditivos. En México los asfaltos modificados para mezclas asfálticas, se utilizan desde mediados de los años 90's con la finalidad de mejorar su desempeño, incrementando la vida de servicio del pavimento. Se han obtenido resultados significativamente favorables en las obras donde se usan asfaltos polimerizados fabricados con adecuados procesos de modificación, vinculados a nuevas metodologías de diseño y buenas prácticas constructivas [3].

Considerando que el reciclaje de carpetas asfálticas en carreteras ha tenido mucha aceptación entre los trabajos de conservación, ya que reduce el carbono emitido y evita que los residuos vayan a rellenos y sitios de disposición final; permite volver a utilizar el asfalto y agregados, que ayudan a asegurarnos de que estamos haciendo un uso eficiente de los materiales y la preservación de los recursos naturales [4]. Las ventajas del uso de pavimentos asfálticos reciclados (RAP, por sus siglas en inglés Reclaimed Asphalt Pavement) incluyen propiedades de alargar la vida útil con la ventaja de ser utilizado tanto en carreteras nuevas como en obras de reparación. El uso de RAP reduce el consumo de recursos naturales y energía, lo que ayuda a reducir el carbono incorporado en las carreteras. En la Figura 2 se muestra una imagen del trabajo de recuperado de material Asfáltico.



Figura 2 Recuperado de Material Asfáltico carretera
Morelia - Uruapan

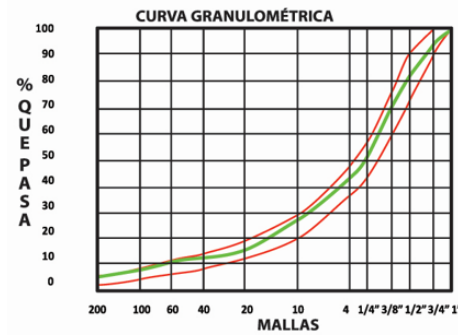
5. Resultados obtenidos

Algunos de los factores a evaluados fueron: el material pétreo, material asfáltico y su combinado, la mezcla asfáltica. En primera instancia el material pétreo utilizado para el diseño de la carpeta fue sometido a las pruebas conforme a las normas para materiales pétreos para mezclas asfálticas de la SCT: Granulometría [5], Densidad Relativa [6], Equivalente de arena [7], Partículas alargadas y lajeadas [8], Desgaste mediante la prueba de los ángeles [9, 10]. Un ejemplo de los resultados de las pruebas anteriores se presenta en la Tabla 1, Tabla 2 y Figura 3 (carretera Morelia – Uruapan) [11, 12].



Tabla 1, Tabla 2 y Figura 3. Ejemplo de Resultados de pruebas a material pétreo

Pruebas del material pétreo			
Peso Volumétrico Suelto:	1643 Kg/m ³	Absorción:	2.31 %
Densidad relativa:	2.64	Equivalente de arena:	66.8 %
Contracción lineal:	- %	Pérdida de estabilidad por inmersión:	13 %



Malla No.	% Que pasa
1 in	100
3/4 in	93.5
1/2 in	81.4
3/8 in	70.8
1/4 in	51.4
No. 4	43.6
No. 10	27
No. 20	15.4
No. 40	11.8
No. 60	9.9
No. 100	7.3
No. 200	4.8

Tipo de material:
Material triturado y cribado

Forma de la partícula:
Angulosa

Partículas alargadas:	16.1 %
Partículas lajeadas:	17.6 %
Desgaste de los ángeles:	16 %

Para el diseño de la mezcla se calculó el contenido de vacíos conforme a lo establecido, se requiere obtener un contenido mínimo de asfalto a partir del cual se obtienen variaciones para determinar el contenido óptimo de asfalto, en el presente trabajo no se presenta el desarrollo de la obtención de muestras pues se enfoca al análisis de los resultados obtenidos [13].

Para darnos una idea del análisis realizado en laboratorio a las mezclas y a manera de ejemplo citaremos el tramo de Morelia – Uruapan donde se obtuvo un contenido de Asfalto en la Mezcla de 6.10% y uso de modificadores [14], En la Figura 4 y Tablas 3 y 4; muestran a manera de ejemplo lo resultados.

Tabla 3. Porcentaje de Vacíos.

% Vacíos	% C.A.
5.10	6.05
4.69	6.10
3.98	6.15

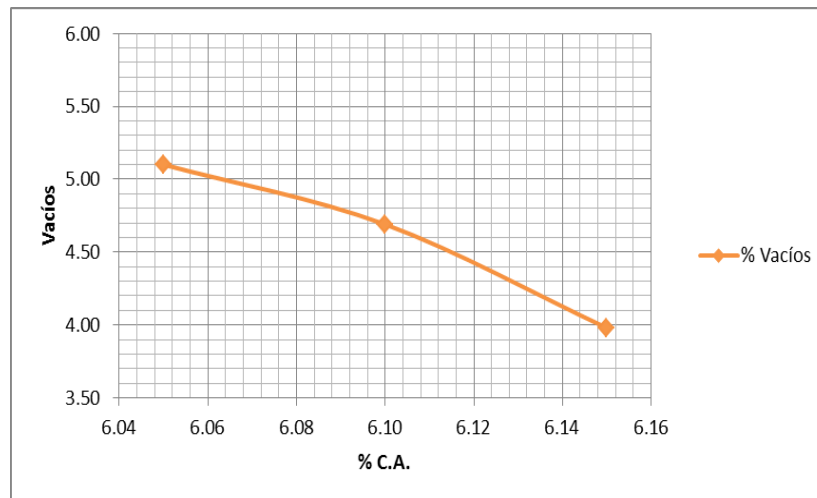


Figura 4. Curva de Porcentaje de Vacíos.

Tabla 4. Resultados de la Prueba Marshall.

Resultados Ensayo Marshall		
	Muestra	Norma
Estabilidad (kg)	933.33	816.48
Flujo (mm)	3.00	2.0 - 3.5
% Vacíos	4.59	3.0 - 5.0
% VAM	17.40	14.0 MÍNIMO
% VAF	73.65	65 - 75 %

Para ejemplificar también se muestran en la Figura 5 los resultados de las pruebas de estabilidad y flujo del tramo: Entronque Zinápecuaro – Ent Huajúmbaro.

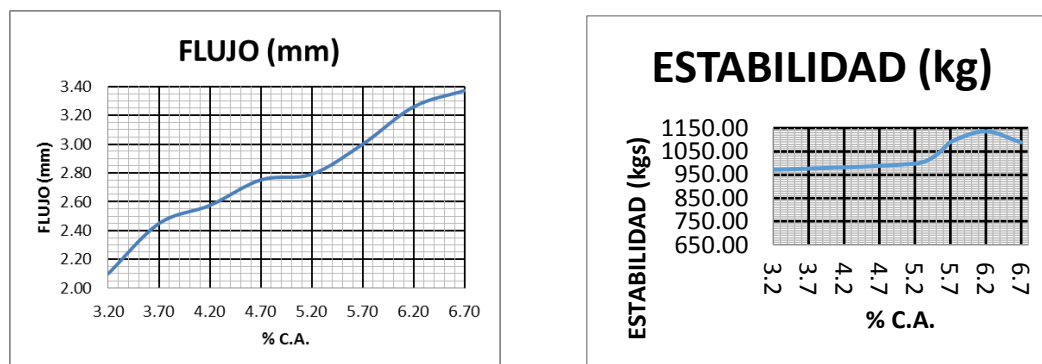


Figura 5. Los resultados de la prueba de flujo de las pastillas (rango de 2 a 3.5mm por norma) resultados de la prueba de estabilidad de la pastilla (816.48kg como mínimo)

Por otra parte también obtuvimos algunos resultados mediante la prueba de deformación permanente utilizando rueda cargada de Hamburgo [15], en esta prueba se evalúa las roderas obtenidas de las probetas usadas en la muestra, en nuestro caso se tuvieron que evaluar diversos contenidos de RAP que van desde 10% hasta 100% para el caso de la carretera Uruapan – Zamora, como ejemplo en la figura 6 se observa la gráfica de los especímenes de la carretera Morelia – Uruapan, los cuales contenían un RAP igual al 30%.

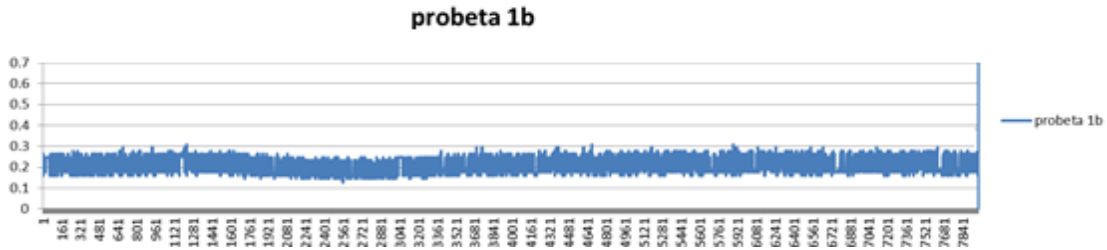


Figura 6. Ejemplo de gráfica obtenida de la rueda cargada de Hamburgo con 30% de RAP

Al comparar los resultados obtenidos se observa que el uso de RAP en la reconstrucción de dichas carreteras tiene resultados satisfactorios tal como se muestran en las Fig. 7 y Fig. 8. aunque se ha podido observar también de las diferentes pruebas de laboratorio que los pavimentos realizados con RAP ocuparon un porcentaje mayor de asfalto, además de presentar problemas en la granulometría, los cuales se han tratado de corregir mediante la adhesión de los agregados necesarios. En la Tabla 5 se muestra un resumen de los tramos carreteros trabajados.



Figura 7 Tramo Pátzcuaro – Uruapan
Km 21+500

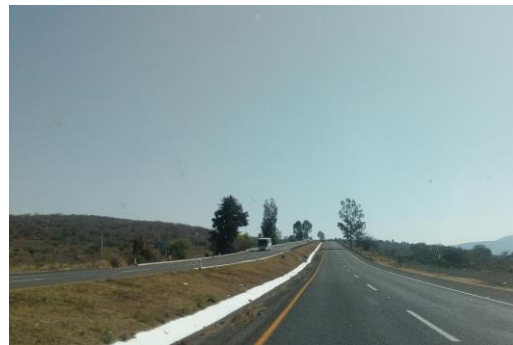


Figura 8 Tramo Morelia - Pátzcuaro
km 25+600



Tabla 5. Resumen de Tramos atendidos, metodología y estado actual

Carretera	Tramo	Km atendidos	Método	Daños superficiales	Deformaciones
Morelia - Uruapan	Morelia – Pátzcuaro	37.470	Recuperación, Uso de RAP en base y carpeta nueva	Desprendimiento en puntos específicos	0.2 cm
Uruapan – L.C.	Arteaga – L.C	18.000	Uso de RAP para nueva carpeta	Imperceptibles	0.4 cm
Uruapan - Zamora	Uruapan – Ent. Los Reyes	21.000	Uso de RAP para nueva carpeta	Desprendimiento en puntos específicos	No
Uruapan – L.C.	Nva. Italia - Arteaga	5.000	Uso de RAP para nueva carpeta	Imperceptibles	0.3 cm

6. Conclusiones

La presente investigación trata de incentivar el uso de pavimentos reciclados en el estado de Michoacán, apoyando mediante estas a la recién lanzada guía de conservación carretera de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México.

Los resultados obtenidos hasta el momento nos mostraron un comportamiento propicio en la mayoría de los pavimentos reconstruidos en el periodo de estudio.

Se encontró que al usar RAP en los pavimentos de la carretera Morelia – Pátzcuaro presentó varias dificultades debido a que era necesario un uso alto de asfalto además de tener problemas en la granulometría, lo cual implicó costos adicionales para su corrección.



7. Referencias

- [1] Pre-bases y anexos CPCC Michoacán-México, Secretaría de comunicaciones y Trasportes; julio de 2011, <http://licitaciones.sct.gob.mx/index.php?id=6099>
- [2] Publicación Técnica No 246 “Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas”; Paul Garnica Anguas, Horacio Delgado Alamilla, José Antonio Gómez López, Sergio Alonso Romero, Humberto Alonso Alarcón Orta; Sanfandila, Qro, 2004, secretaria de comunicaciones y transportes, instituto mexicano del transporte.
- [3] Publicación Técnica No 271 “Análisis comparativo de los métodos Marshall y superpave para compactación de mezclas asfálticas”; Paul Garnica Anguas, Horacio Delgado Alamilla, Carlos Daniel Sandoval Sandoval; Sanfandila, Qro, 2005, secretaria de comunicaciones y transportes, instituto mexicano del transporte.
- [4] Publicación Técnica 373 “algunas acciones implementadas en México por el cambio climático y su perspectiva futura” - López Domínguez María Guadalupe, Téllez Gutiérrez Rodolfo – Instituto Mexicano del Transporte; 2013.
- [5] M-MMP-4-04-002/02 (Granulometría de materiales pétreos para Mezclas Asfálticas), Secretaría de Comunicaciones y Transporte – Instituto Mexicano del Transporte; 2002.
- [6] M-MMP-4-04-003/02 (Densidad relativa de materiales pétreos para Mezclas Asfálticas)
- [7] M-MMP-4-04-004/02 (Equivalente de arena de materiales pétreos para Mezclas Asfálticas), Secretaría de Comunicaciones y Transporte – Instituto Mexicano del Transporte; 2002
- [8] M-MMP-4-04-005/08 y M-MMP-4-04-005/02 (Partículas alargadas y lajeadas de materiales pétreos para Mezclas Asfálticas) Secretaría de Comunicaciones y Transporte – Instituto Mexicano del Transporte; 2008 y 2002.
- [9] M-MMP-4-04-006/02 (Desgaste mediante la prueba de los ángeles de materiales pétreos para Mezclas Asfálticas), Secretaría de Comunicaciones y Transporte – Instituto Mexicano del Transporte; 2002.
- [10] M-M-4-04/02 Desgaste Mediante la prueba de los ángeles de Materiales Pétreos para mezclas asfálticas; Secretaría de Comunicaciones y Transporte – Instituto Mexicano del Transporte; 2002.
- [11] N-CMT-4-04/08 Materiales pétreos para mezclas asfálticas; Secretaría de Comunicaciones y Transporte – Instituto Mexicano del Transporte; 2008.
- [12] N-MMP-4-04-001/02 (Muestreo de materiales pétreos para Mezclas Asfálticas), Secretaría de Comunicaciones y Transporte – Instituto Mexicano del Transporte; 2002
- [13] N-CMT-4-05-003/08 Calidad de mezclas asfálticas para carreteras; Secretaría de Comunicaciones y Transporte – Instituto Mexicano del Transporte; 2008.
- [14] N-CMT-4-05-002/06 Calidad de los materiales asfálticos modificados; Secretaría de Comunicaciones y Transporte – Instituto Mexicano del Transporte; 2006
- [15] Recomendación AMAAC (RA 01-2007) Susceptibilidad a la humedad y a la deformación permanente por rodadura de una mezcla asfáltica tendida y compactada, por medio del analizador de rueda de carga de Hamburgo (HWT); Asociación Mexicana del Asfalto A.C.; 2007.