



COGRESO MEXICANO DEL ASFALTO

Expo-ASFALTO 2017

23 - 25 de agosto Cancún 2017

## INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO EN LA DEFORMACIÓN PERMANENTE DE MEZCLAS ASFÁLTICAS DE ALTO DESEMPEÑO

Francisco Romero Lozano<sup>1,2</sup>, Horacio Delgado Alamilla<sup>3</sup>, Yelitza Ayala del Toro<sup>4</sup>, Paul Garnica Anguas<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Asociación Mexicana del Asfalto, tecnico@amaac.org.mx

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Querétaro, fj.romero@outlook.com

<sup>3</sup>Instituto Mexicano del Transporte, hdelgado@imt.mx

<sup>4</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, yelitzaayala@hotmail.com

<sup>5</sup>Instituto Mexicano del Transporte, pgarnica@imt.mx

### Resumen

El correcto desempeño de un pavimento asfáltico conlleva la correcta realización de diferentes procesos como son el diseño volumétrico y evaluación de propiedades de desempeño de la mezcla asfáltica, la ejecución del proceso constructivo y seguimiento del proceso mediante el control de calidad. Aún y cuando están establecidos diferentes documentos normativos para realizar cada uno de estos procesos muchas de las obras presentan diferentes deterioros prematuros después de su apertura al tránsito. El presente estudio realizó un análisis de la susceptibilidad a la deformación permanente de la carpeta asfáltica bajo diferentes criterios definidos en el Protocolo de Control de calidad de la Asociación Mexicana del Asfalto. Siendo el objetivo del estudio establecer cómo influyen estos factores en la deformación permanente y así establecer criterios de aceptación y rechazo de la carpeta asfáltica. La evaluación se realizó mediante un ensayo de rueda cargada (RA 01) mediante una evaluación factorial considerando seis variables en la granulometría, cinco del contenido de asfalto, tres del porcentaje de vacíos y cuatro de la temperatura de compactación. Los resultados obtenidos permitieron establecer cuáles son los parámetros de mayor influencia y establecer nuevos límites de aceptación de este Protocolo de control de calidad en México.

**Palabras clave:** Deformación permanente, Rueda cargada de Hamburgo, control de calidad.

### 1 Introducción

En México, el principal modo de transporte para personas y carga es por carretera. De acuerdo con datos viales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, se observa que el volumen del tránsito vehicular ha sufrido un incremento considerable a través de las últimas décadas, y más notable aún en niveles de carga; lo anterior nos hace ver que nuestro sistema nacional de carreteras es crítico para nuestra economía. Este incremento en el tránsito ha causado la presencia de degradaciones prematuras en los pavimentos. Aunado a esto, están los procedimientos de diseño de la mezcla asfáltica y las tolerancias de variación permitidas durante el proceso constructivo para el control de calidad de



un pavimento flexible, estas últimas no están definidas para México mediante un estudio experimental.

Es conocido que los pavimentos flexibles son susceptibles a presentar diversos problemas, sin embargo, los incrementos antes mencionados han ocasionado la presencia de deterioros en el pavimento, mismos que se ven reflejados a una temprana edad de su vida útil, lo que ha generado la necesidad de utilizar diferentes tipos de mezclas asfálticas

Cuando el pavimento flexible es sometido a sollicitaciones mecánicas y climáticas, presenta diversas degradaciones (deterioros). La deformación permanente (rodera), es una de las degradaciones más importantes de los pavimentos flexibles en México. Las roderas son deformaciones plásticas que surgen en la superficie de rodamiento de un pavimento flexible, se presentan en la zona de mayor incidencia de los neumáticos de vehículos pesados. Comúnmente aparecen como una depresión longitudinal con ligero levantamiento lateral de la mezcla asfáltica. En los últimos años estas degradaciones se han presentado de forma prematura, lo cual ha dado lugar a la aparición de nuevos métodos de diseño de la mezcla asfáltica.

Para evaluar la resistencia a la deformación permanente en las mezclas asfálticas existen diferentes ensayos, los cuales se pueden agrupar en dos clasificaciones generales: ensayos empíricos y ensayos mecánicos.

Actualmente, en México se utiliza un ensayo empírico de rueda cargada (Wheel Tracking Test) para estimar la deformación permanente de una mezcla asfáltica durante su diseño en laboratorio. Es significativo indicar que la estimación de la deformación permanente en materiales que se emplean para mezclas asfálticas depende en gran medida de los métodos de ensayo y de los procedimientos que se utilizan para la fabricación de los especímenes de prueba. Las principales variables que afectan el desempeño de la mezcla son: distribución granulométrica, contenido de asfalto, vacíos de aire, entre otros [1].

## **2 Deformación permanente en mezclas asfálticas**

La deformación permanente en mezclas asfálticas es el resultado de una combinación de dos factores: la densificación de la mezcla (decremento de volumen), y la deformación plástica por esfuerzos de corte. Es así, que la deformación permanente se caracteriza por ser la sección transversal de un pavimento que no se encuentra más en su posición de diseño inicial. Se le llama deformación permanente porque representa una acumulación de pequeñas deformaciones no recuperables que se forman cada vez que una carga es aplicada.

El ahuellamiento o rodera formada por el paso de las ruedas es la forma más común de una deformación permanente; aunque el origen de la rodera puede deberse a distintos factores (p. ej., material de capa inferior debilitada por daño de humedad, abrasión, densificación por tránsito).

En la Tabla 1 se definen algunos de los parámetros que componen la mezcla asfáltica que influyen en el desempeño de la mezcla a la deformación permanente [2].



Tabla 1 Factores que influyen en la formación de roderas.

	<b>Factor</b>	<b>Cambio en el factor</b>	<b>Efecto en la resistencia a la deformación permanente</b>
<b>Agregado</b>	Textura superficial	Suave a rugosa	Incremento
	Graduación	Escalonada a continua	
	Forma	Redondeada a angular	
	Tamaño	Incremento en tamaño máximo	
<b>Asfalto</b>	Rigidez	Incremento	Incremento
<b>Mezcla</b>	Contenido de asfalto	Incremento	Decremento
	Contenido de vacíos VMA		
<b>Condiciones en campo</b>	Temperatura	Incremento	Decremento
	Estado de esfuerzo/deformación	Incremento en la presión de contacto	Decremento
	Repeticiones de carga	Incremento	Decremento
	Agua	Seco a mojado	Decremento si la mezcla es susceptible al agua

### 2.1. Tipos de deformación permanente en mezclas asfálticas

La deformación permanente en pavimentos flexibles tiene dos causas principales: (1) por falla en la subrasante, en la cual la rodera es causada por la aplicación repetida de carga en alguna capa que conforma el pavimento por debajo de la carpeta asfáltica, aunque materiales más rígidos pueden reducir este tipo de falla, generalmente es considerado un problema estructural, más que un problema de materiales, y (2) por falla en la carpeta asfáltica, se debe a la deformación en la carpeta asfáltica debido a la falta de resistencia al corte de la mezcla asfáltica, provocando que la carpeta se consolide a lo largo de las huellas que dejan las ruedas de los vehículos, especialmente durante a corto plazo; esta última representa el tema principal de esta investigación.

El comportamiento general de las mezclas asfálticas ante la deformación permanente obedece a la velocidad de aplicación de carga, la temperatura, el envejecimiento del asfalto y el contenido de vacíos de aire de la mezcla [3]. Además de que, a niveles bajos de esfuerzo aplicado, una mezcla asfáltica puede exclusivamente presentar un comportamiento en la zona primaria y/o secundaria (Figura 1), sin embargo, a mayores niveles de esfuerzo, obtenemos mezclas que llegar a experimentar deformaciones en la zona terciaria, la temperatura de ensayo es parte fundamental para llegar a la zona terciaria.

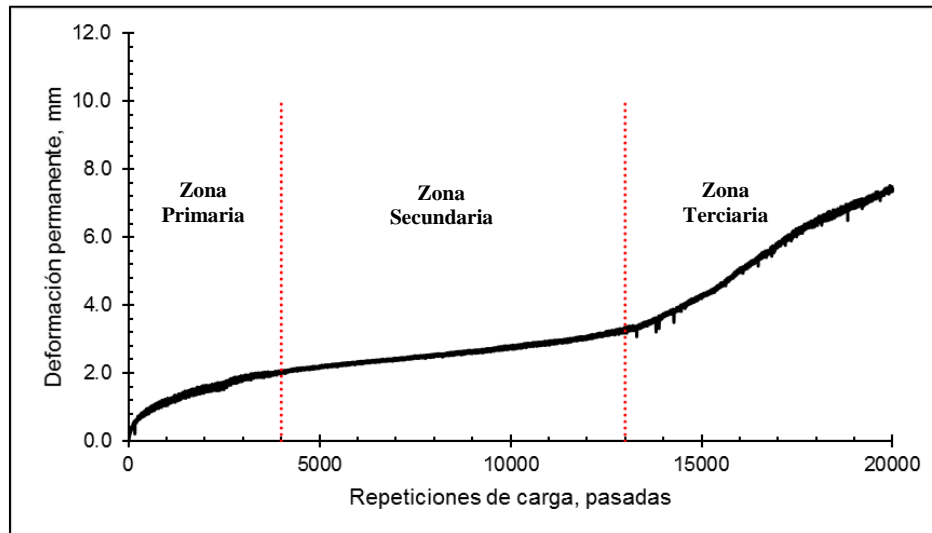


Figura 1 Representación gráfica de resultados en pruebas típicas de deformación permanente

Fuente: Elaboración propia

La zona primaria concierne a un periodo de post-compactación donde la deformación permanente se acumula rápidamente, esta se presenta durante las primeras pasadas (minutos) del ensayo. En la zona secundaria se describe la deformación permanente que presenta la mezcla, las deformaciones incrementales disminuyen con el paso del tiempo alcanzando un valor “constante” y finalmente la zona terciaria, que define el proceso de desgranamiento del espécimen, esta zona se presenta principalmente en muestras que son susceptibles al daño por humedad.

### 3 Descripción del experimento y análisis de resultados

#### 3.1. Diseño de la mezcla asfáltica de referencia

Para esta investigación se realizó el diseño de la mezcla asfáltica con la metodología implementada por la Asociación Mexicana del Asfalto (AMAAC) llamada: Protocolo AMAAC PA-MA 01 “Diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño” —procedente de la metodología SUPERPAVE—. La metodología de diseño establece cuatro diferentes niveles de diseño para una mezcla asfáltica densa en función del nivel de tránsito o el desempeño deseado para una infraestructura particular. En la Figura 2 se presentan los ensayos requeridos para la evaluación de la mezcla asfáltica en cada nivel de diseño [4].



Figura 2 Criterio de selección de ensayos para la evaluación del diseño de mezcla asfáltica.

### 3.1.1. Calidad de los materiales, resultados volumétricos y ensayos de desempeño

La caracterización del material asfáltico y pétreo fueron evaluados conforme a las especificaciones de calidad designadas por el Protocolo de Diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño PA-MA 01. Los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de asfaltos y mezclas asfálticas del Instituto Mexicano del Asfalto.

A partir de los resultados obtenidos se determinó que el cemento asfáltico no contaba con algún polímero y con base a la norma ASTM D6373 se clasificó como un PG 70 -16.

El agregado pétreo utilizado es de tipo basalto con un tratamiento de triturado total, las propiedades de este se determinaron de acuerdo con las fracciones gruesa y fina, obteniendo resultados que cumplieron con las especificaciones del protocolo, y una estructura granulométrica (Tabla 2) de tamaño nominal de 19.0 mm.

Para fines de nuestra investigación, el diseño de la mezcla es para soportar un nivel de tránsito alto, de 3 a 30 millones de ejes equivalentes con una granulometría de TN 19.0 mm. Para ello, los requerimientos volumétricos que debe cumplir la mezcla asfáltica son: 4% de vacíos de aire, vacíos del agregado mineral mayor a 13% y vacíos llenos con asfalto entre 65 y 75%, una relación de filler-asfalto entre 0.6 y 1.2 y la compactación de los especímenes de diseño son a 100 giros. En la Tabla 3 podemos identificar el contenido de asfalto óptimo para que la mezcla asfáltica cumpla con los requerimientos antes mencionados.



Tabla 2 Granulometría de diseño

Malla	Granulometría de diseño	Especificación PA-MA 01/2013 <sup>3*</sup>	
		mín	máx
1"	100.0	100	100
¾"	100.0	90	100
½"	85.7		90
⅜"	65.3		
No. 4	37.5		
No. 8	26.3	23	49
No. 16	18.6		
No. 30	13.8		
No. 50	10.4		
No. 100	8.2		
No. 200	6.0	2	8

\* Para TN = ¾"

Tabla 3 Propiedades volumétricas para el contenido óptimo de asfalto

P <sub>b</sub> , %	Promedio G <sub>mb</sub> @N <sub>dis</sub>	Promedio G <sub>mb</sub> @N <sub>ini</sub>	G <sub>mm</sub>	%G <sub>mm</sub> @N <sub>ini</sub>	VAM, %	%G <sub>mm</sub>	VFA, %	P <sub>be</sub>	DP, %
5.4	2.432	2.151	2.542	84.6	14.5	95.7	70.1	5.4	1.1

### 3.2. Variables de estudio

Para evaluar la deformación permanente en la rueda cargada de Hamburgo, así como ratificar que dicho ensayo permite detectar o no las variaciones sutiles en los materiales que componen la mezcla asfáltica; se realizó la variación de 4 parámetros fundamentales de diseño en la mezcla asfáltica (granulometría, contenido de asfalto, contenido de vacíos —o grado de compactación—, y temperatura de compactación), que además, por lo descrito líneas anteriores y referenciado internacionalmente, son las variables con mayor influencia en el desempeño de una mezcla a la deformación permanente. En la Tabla 4, se presenta a manera de resumen las variaciones que se realizarán en cada análisis de la mezcla asfáltica en caliente.



Tabla 4 Variables de diseño en la mezcla

Análisis	Nomenclatura	Contenido de vacíos	Granulometría	Contenido de asfalto	Temperatura de compactación
Variación de granulometría	D	7 %	Diseño / Referencia	Óptimo	Óptima
	G1		Retenido No. 4: +3 % Pasa No. 4 y Retenido No. 100: +2 %		
	G2		Pasa No. 200: +0.7 % Retenido No. 4: -3 % Pasa No. 4 y Retenido No. 100: -2 %		
	G3		Pasa No. 200: -0.7 % Retenido No. 4: +4.5 %		
	G4		Pasa No. 4 y Retenido No. 100: +3 % Pasa No. 200: +1.05 % Retenido No. 4: -4.5 % Pasa No. 4 y Retenido No. 100: -3 %		
	G5		Pasa No. 200: -1.05 % Retenido No. 4: +6 % Pasa No. 4 y Retenido No. 100: +4 %		
	G6		Pasa No. 200: +1.4 % Retenido No. 4: -6 % Pasa No. 4 y Retenido No. 100: -4 % Pasa No. 200: -1.4 %		
Variación de vacíos de aire	V1	4 %	Diseño / Referencia	Óptimo	Óptima
	V2	9.5 %			
	V3	11.5 %			
Variación del C.A.	A1	7 %	Diseño / Referencia	+ 0.3 %	Óptima
	A2			- 0.3 %	
	A3			+ 0.5 %	
	A4			- 0.5 %	
	A5			+ 1.0 %	
Variación de la temperatura de compactación	T1	7 %	Diseño / Referencia	Óptimo	Óptima - 10 °C
	T2				Óptima - 25 °C
	T3				Óptima - 35 °C
	T4				Óptima - 55 °C

### 3.2.1. Granulometría

Generalmente, las especificaciones de granulometría consisten en zonas granulométricas (límite superior e inferior) en las cuales se especifica el máximo y mínimo porcentaje que pasa para cada malla, Figura 3.

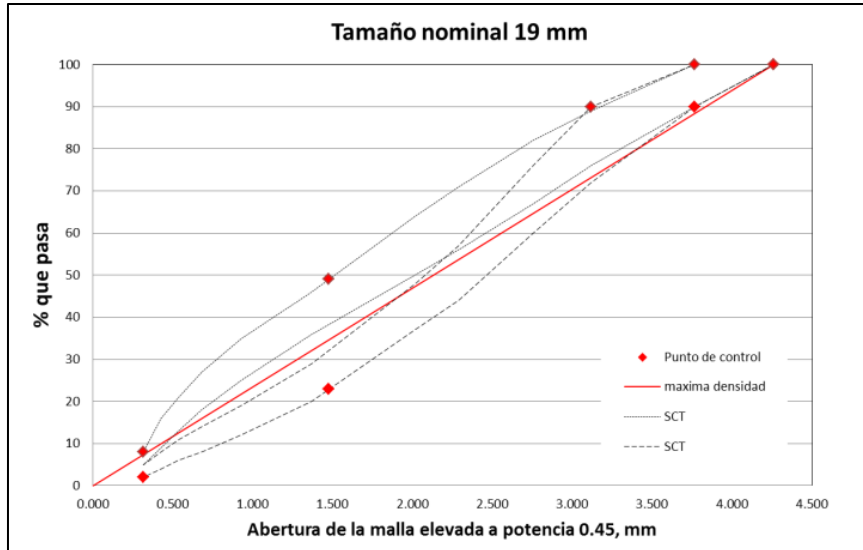


Figura 3 Especificaciones de granulometría, normativa SCT y Protocolo AMAAC PA-MA 01/2013<sup>3</sup>

Para esta investigación, la variación de la granulometría se realizará en base a las tolerancias establecidas por el Protocolo AMAAC PA-MA 02/2016<sup>2</sup> "Control y aseguramiento de calidad para mezclas asfálticas en caliente de granulometría densa de alto desempeño" [5] dichas variaciones (Tabla 5) serán representadas por las mezclas G1 y G2, mientras que las mezclas G3 y G4 se considerarán con 1.5 veces ( $\pm$ ) de la tolerancia permitida; y finalmente las mezclas G5 y G6 se considerarán con el doble ( $\pm$ ) de la tolerancia permitida.

Tabla 5 Rangos de variación del parámetro de granulometría

Nomenclatura	Rango de variación					
	PA MA 02/2016 <sup>2</sup>		1.5 de límite		Doble de límite	
	G1	G2	G3	G4	G5	G6
<b>Fracción gruesa</b>	+3.0%	-3.0%	+4.5%	-4.5%	+6.0%	-6.0%
<b>Fracción fina</b>	+2.0%	-2.0%	+3.0%	-3.0%	+4.0%	-4.0%
<b>Proporción polvo</b>	+0.7%	-0.7%	+1.05%	-1.05%	+1.4%	-1.4%
<b>Tipo de granulometría*</b>	Fina	Gruesa	Fina	Gruesa	Fina	Gruesa

\* Tomando como referencia la granulometría de diseño.



En la Figura 4, podemos observar la representación gráfica de las variaciones de este parámetro, además, se muestra que todas las granulometrías analizadas cumplen con los puntos de control especificados en la Tabla 2 para un TN=19.0 mm.

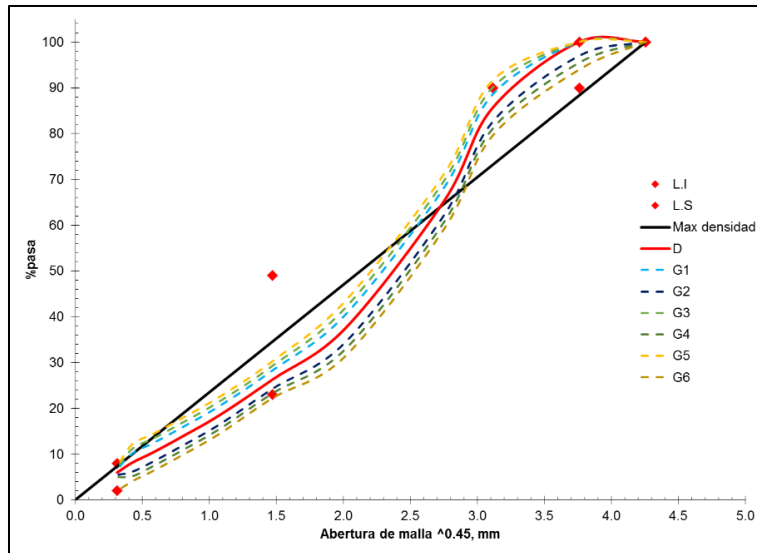


Figura 4 Representación gráfica de las variaciones de granulometría

La Figura 5 presenta la evolución de la rodera en el ensayo de rueda de Hamburgo para cada una de las variantes de granulometría evaluadas. La deformación (mm) que se ilustra es la deformación máxima de rodera y representa el promedio de la deformación de cada una de las mezclas analizadas para esta variante, es decir: el promedio de la profundidad de rodera (deformación permanente) entre la rueda 1 y la rueda 2 del equipo a cada pasada, para cada una de las siete mezclas. En la misma figura se observa la evolución de la deformación permanente conforme incrementa las repeticiones de carga.

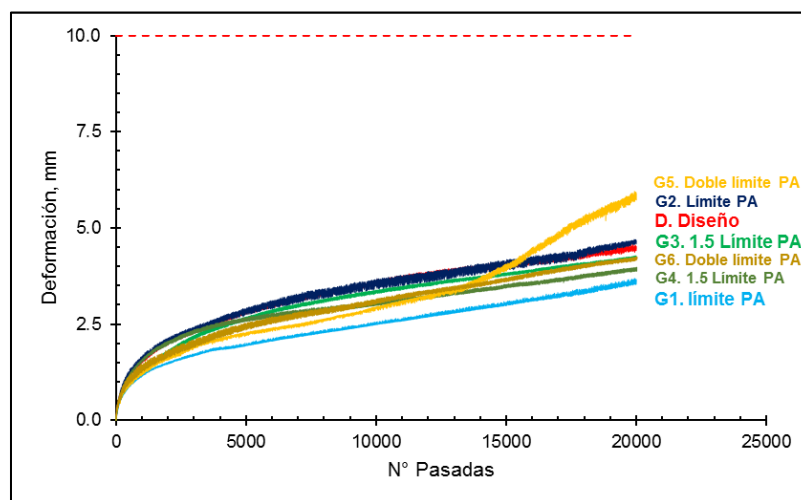


Figura 5 Evolución de la rodera en el ensayo de Rueda de Hamburgo para las diferentes granulometrías evaluadas

La Figura 6 demuestra que no existió un incremento sustancial en la deformación permanente de la mezcla asfáltica por influencia de la variación de la granulometría, como sugiere la hipótesis de la investigación. En ella se presentan los valores de deformación máxima obtenidos por las siete mezclas asfálticas analizadas.

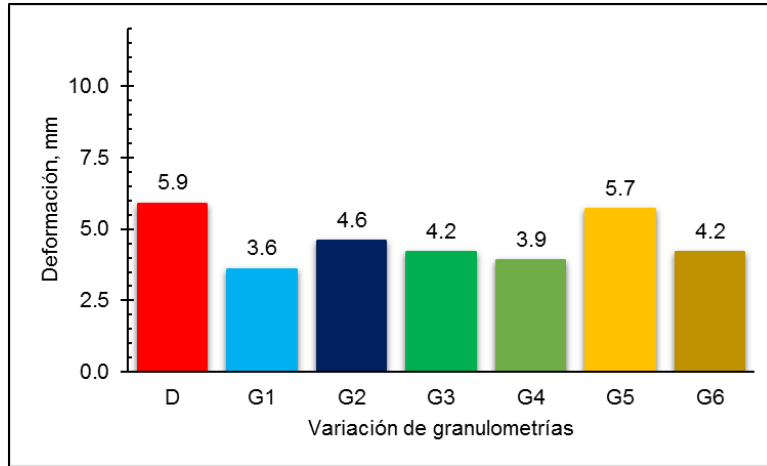


Figura 6 Valores máximos de deformación permanente

Esta evaluación concluye que la variación de la granulometría no cambia de manera significativa en la susceptibilidad a la deformación permanente de la mezcla asfáltica, ya que todos los valores se mantienen dentro del rango de aceptación (<10mm a 20 000 pasadas). Para el caso particular de la mezcla G5 (mezcla más fina), se observó un cambio en la tendencia de la curva de deformación, lo cual puede estar asociada a un problema en la estructura granular.

### 3.2.2. Contenido de asfalto

La influencia del contenido de asfalto se evaluará con la máxima variación permisible especificada en el Protocolo AMAAC PA-MA 02/2016<sup>2</sup> que es de  $\pm 0.3\%$  usando el método de extracción con el "Rotarex", y alterando en  $\pm 0.5\%$ , y  $+1.0\%$  con respecto al contenido óptimo de cemento asfáltico. En la Tabla 6 se presenta las variaciones de este parámetro de diseño.

Tabla 6 Rangos de variación del parámetro contenido de asfalto

Nomenclatura	Rango de variación				
	PA MA 02/2016 <sup>2</sup>	$\pm 0.5\%$			$+1.0\%$
	A1	A2	A3	A4	A5
Contenido de asfalto, %	+0.3%	-0.3%	+0.5%	-0.5%	+1.0%

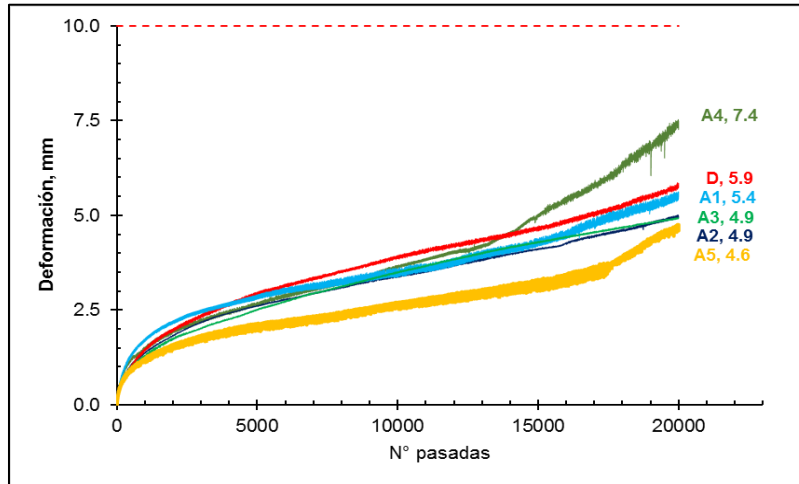


Figura 7 Evolución de la rodera en el ensayo de Rueda de Hamburgo para diferentes contenidos de asfalto

El incremento en la profundidad de rodera de la variante A4, es producto de la poca adhesión entre asfalto y agregado pétreo ocasionada por el porcentaje bajo de cemento asfáltico en la mezcla. Contrario a lo que se esperaba, la mezcla con el menor contenido de asfalto fue la que tuvo un incremento en la deformación permanente de la mezcla. Por ello, se determinó analizar una variante más con un valor extremo de contenido de asfalto, 7.4% respecto a la mezcla total (Figura 8), es este contenido de asfalto el que representa el cambio en el comportamiento de la susceptibilidad de la mezcla asfáltica a la deformación permanente y marca el límite de un exceso de asfalto en la mezcla.

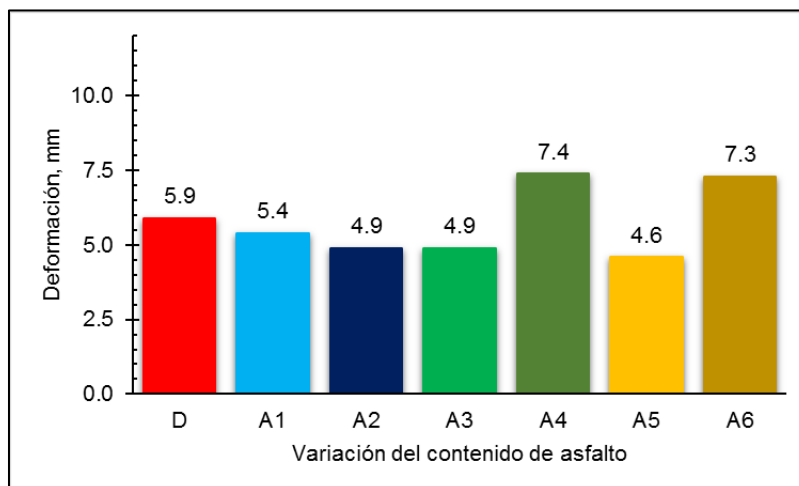


Figura 8 Valores máximos de deformación permanente

### 3.2.3. Contenido de vacíos (grado de compactación)

El análisis de la variación en el contenido de vacíos (Tabla 7), se definió con incrementos a partir del contenido de vacíos de diseño, que de acuerdo con la



metodología utilizada es 4%; el objetivo de los incrementos en el contenido de vacíos es simular una deficiente condición de compactación de hasta un 88% —respecto al Gmm— de la densificación en campo.

Tabla 7 Rangos de variación del parámetro de vacíos de aire.

Nomenclatura	Rango de variación			
	PA MA 01/2013 <sup>3</sup>	RA 01/2017 <sup>3</sup>	Máximas densificaciones en campo	
	V1	D	V2	V3
Vacíos de aire, %	4.0 ± 1	7.0 ± 1	9.5 ± 1	11.5 ± 1

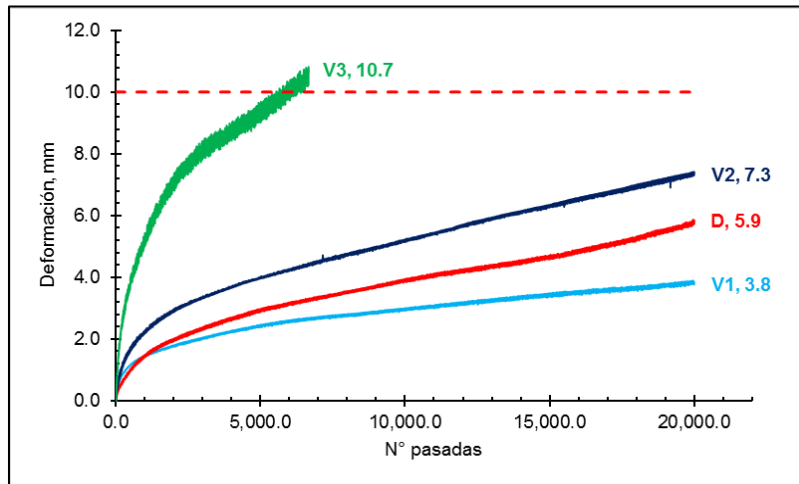


Figura 9 Evolución de la rodera en el ensayo de Rueda de Hamburgo variando el grado de compactación

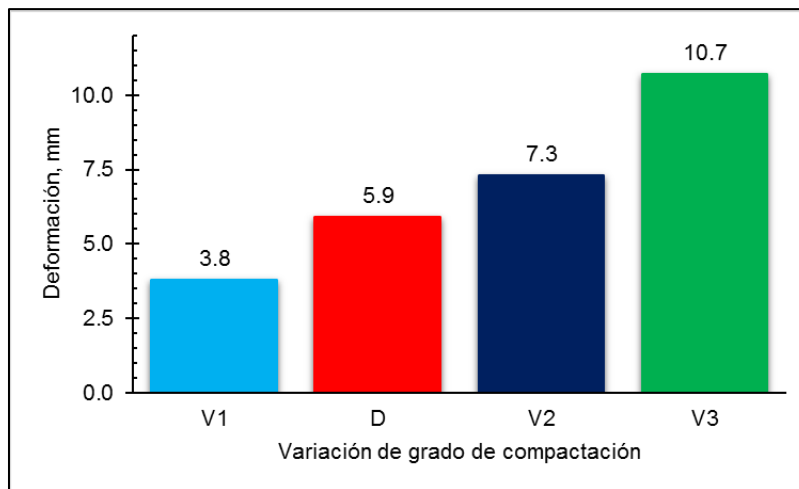


Figura 10 Valores máximos de deformación permanente



Se logra observar rotundamente que este parámetro tiene una influencia significativa en la susceptibilidad a la deformación permanente de la mezcla asfáltica, siendo el valor de 10% de vacíos de aire el límite máximo de este parámetro, ya que valores superiores a este valor darán como resultados mezclas asfálticas susceptibles a presentar roderas.

### 3.2.4. Temperatura de compactación

Finalmente, la atribución de la temperatura de compactación a la deformación permanente se evaluará mediante un gradiente de 10, 25, 35 y 55 °C por debajo de la temperatura óptima de compactación, obtenida a partir de las propiedades de viscosidad del cemento asfáltico (Tabla 8).

Tabla 8 Rangos de variación de la temperatura de compactación

Nomenclatura	Rango de variación			
	T1	T2	T3	T4
Temperatura, °C	140.0	125.0	115.0	95.0

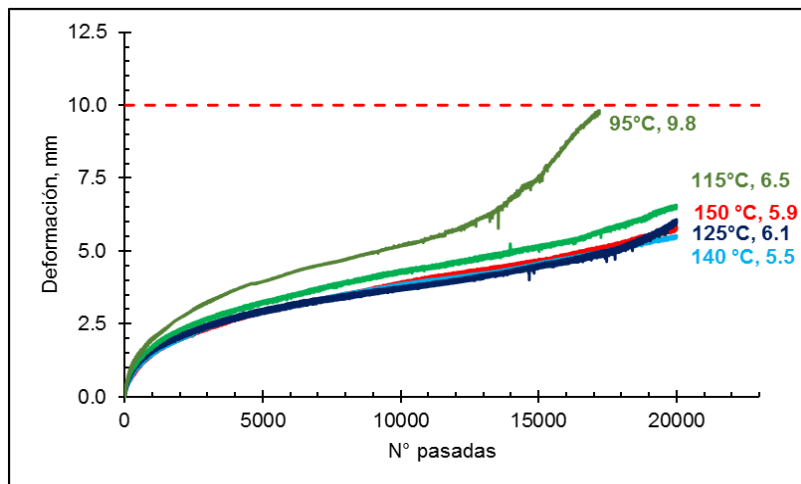


Figura 11 Evolución de la rodera en el ensayo de Rueda de Hamburgo a diferentes temperaturas de compactación

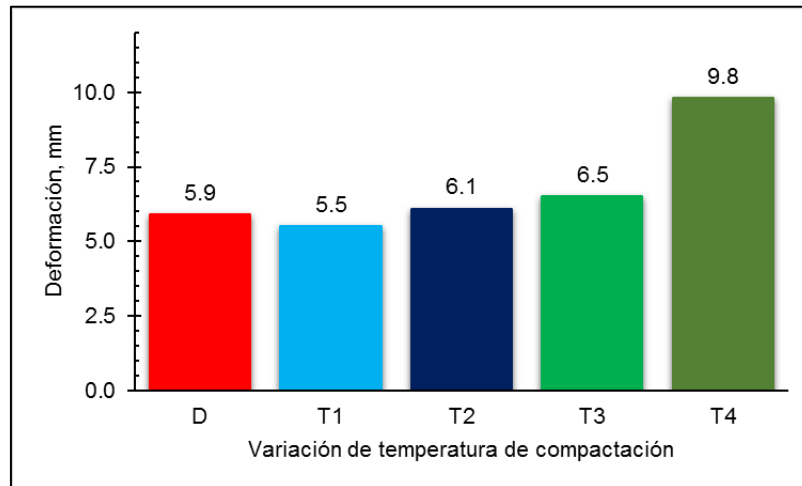


Figura 12 Valores máximos de deformación permanente

La evaluación de este parámetro muestra que realizar compactaciones por debajo de los 100°C, aún y cuando se logre la densificación requerida del proyecto, produce mezclas que son susceptibles a la deformación permanente. Esto es asociado a que al aplicar un esfuerzo de compactación a una mezcla asfáltica que se encuentra a temperaturas inferiores a las establecidas en la carta de viscosidad-temperatura, este esfuerzo en vez de densificar la mezcla produce rompimiento de las partículas de agregado y rompe la cohesión que se había generado en la mezcla durante el proceso de densificación a las temperaturas adecuadas.

#### 4 Conclusiones

En esta investigación, a pesar de las variaciones en los parámetros de diseño, el 95% de las mezclas analizadas cumplieron con la especificación de la deformación permanente mediante el ensayo de la rueda cargada de Hamburgo.

Se observó que el porcentaje de vacíos y la temperatura de compactación, son los parámetros de diseño que influyeron de manera importante en el incremento de la deformación permanente. Siendo los rangos máximos establecidos de 10% para el % Va y 100°C para la temperatura de compactación.

Podemos definir que la compactación de la mezcla asfáltica a temperaturas por debajo de las solicitadas, afectan al desempeño provocando un incremento significativo en la deformación permanente, independientemente si se logra llegar a la densificación deseada.

Importante mencionar que conforme las variaciones de los parámetros se alejan del diseño óptimo de la mezcla, la dispersión de los valores de deformación registrados entre las ruedas se incrementa. Dando lugar a valores no confiables del promedio de deformación reportado.

Conseguimos precisar que el ensayo de rueda cargada de Hamburgo no permite detectar ligeras variaciones de parámetros de diseño que pudieran influir en la deformación permanente de la mezcla asfáltica.

Con base en esta investigación, se considera necesaria la evaluación de la estabilidad dinámica, complementando el análisis de la deformación permanente,



así como definir en los protocolos de diseño de mezclas asfálticas en México un ensayo mecánico, que permita evaluar el efecto de esas pequeñas variaciones para conocer desde la etapa del diseño el comportamiento a la deformación permanente a largo plazo, con el fin de disminuir dicho deterioro.

Otro punto importante por mencionar es que durante el experimento solamente se varió un parámetro y durante un proceso constructivo generalmente se presentan deficiencias en uno o más parámetros lo que llevaría a combinaciones más desfavorables en el comportamiento de la mezcla asfáltica haciéndola más susceptible a la deformación permanente.

## 5 Referencias

- [1] Angelone S., Martínez F., Santamaría E., Gavilán E., Cauhapé M. "Deformación permanente de Mezclas asfálticas", Rosario (Argentina), 2006.
- [2] Sousa, J.B., Craus, J., & Monismith, C.L. "Summary report on permanent deformation in asphalt concrete". Washington, D.C. 1991.
- [3] Kaloush, K., Witczak, M., & Sullivan, B. "Simple performance test for permanent deformation evaluation of asphalt mixtures". Rilem Symposium, EUA: Manfred N Partl, pp 498-505. 2003.
- [4] Asociación Mexicana del Asfalto A.C. "Diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño". AMAAC-PA-MA-01. Ciudad de México. 2013.
- [5] Asociación Mexicana del Asfalto A.C. "Control y aseguramiento de calidad para mezclas asfálticas en caliente de granulometría densa de alto desempeño". AMAAC-PA-MA-02. Ciudad de México. 2016.