

II

(Actos no legislativos)

REGLAMENTOS

REGLAMENTO (UE) N° 228/2011 DE LA COMISIÓN

de 7 de marzo de 2011

por el que se modifica el Reglamento (CE) n° 1222/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los métodos de ensayo de la adherencia en superficie mojada para los neumáticos C1

(Texto pertinente a efectos del EEE)

LA COMISIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea,

Visto el Reglamento (CE) n° 1222/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de noviembre de 2009, sobre el etiquetado de los neumáticos en relación con la eficiencia en términos de consumo de carburante y otros parámetros esenciales ⁽¹⁾, y, en particular, su artículo 11, letra c),

Considerando lo siguiente:

- (1) De conformidad con el anexo I, parte B, del Reglamento (CE) n° 1222/2009, el índice de adherencia en superficie mojada de los neumáticos C1 se determinará de acuerdo con lo especificado en el Reglamento n° 117 de la CEPE y sus enmiendas posteriores. Sin embargo, algunos representantes del sector han desarrollado un método revisado de ensayo de la adherencia en superficie mojada a partir del anexo 5 del Reglamento n° 117 de la CEPE que mejora de forma significativa la exactitud de los resultados de los ensayos.
- (2) La exactitud de los resultados de los ensayos es un factor clave para determinar las clases de adherencia en superficie mojada de los neumáticos. Garantiza una comparación imparcial entre neumáticos de diferentes proveedores. Por otra parte, los ensayos exactos impiden que un neumático pueda ser clasificado en más de una clase y reducen los riesgos de que las autoridades competentes en materia de vigilancia del mercado obtengan en los ensayos resultados diferentes de los resultados declarados por los proveedores, exclusivamente a causa de la incertidumbre del método de ensayo.

- (3) En consecuencia, con el fin de mejorar la exactitud de los resultados de los ensayos de neumáticos, es preciso actualizar los métodos de ensayo de la adherencia en superficie mojada.
- (4) Procede, por tanto, modificar el Reglamento (CE) n° 1222/2009 en consecuencia.
- (5) Las medidas previstas en el presente Reglamento se ajustan al dictamen del Comité establecido por el artículo 13 del Reglamento (CE) n° 1222/2009.

HA ADOPTADO EL PRESENTE REGLAMENTO:

Artículo 1

Modificación del Reglamento (CE) n° 1222/2009

El Reglamento (CE) n° 1222/2009 queda modificado como sigue:

- 1) En el anexo I, parte B, la primera frase se sustituye por el texto siguiente:

«La clase de adherencia en superficie mojada de los neumáticos C1 debe determinarse en función del índice de adherencia en superficie mojada (G), con arreglo a la escala de la “A” a la “G” que se especifica en el cuadro siguiente, con mediciones realizadas de acuerdo con el anexo V.».
- 2) El texto que figura en el anexo del presente Reglamento se añade como anexo V.

Artículo 2

Entrada en vigor

El presente Reglamento entrará en vigor el vigésimo día siguiente al de su publicación en el *Diario Oficial de la Unión Europea*.

⁽¹⁾ DO L 342 de 22.12.2009, p. 46.

El presente Reglamento será obligatorio en todos sus elementos y directamente aplicable en cada Estado miembro de conformidad con los Tratados.

Hecho en Bruselas, el 7 de marzo de 2011.

Por la Comisión
El Presidente
José Manuel BARROSO

ANEXO

«ANEXO V

Método de ensayo para la medición del índice de adherencia en superficie mojada (G) de los neumáticos C1

1. NORMAS OBLIGATORIAS

Son aplicables los documentos que figuran en la lista siguiente:

- 1) ASTM E 303-93 (*Reapproved 2008*), *Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties⁴ Using the British Pendulum Tester*; [norma ASTM E 303-93 (revisada en 2008), método de ensayo normalizado para la medición de las propiedades friccionales de la superficie utilizando el método del péndulo británico].
- 2) ASTM E 501-08, *Standard Specification for Standard Rib Tire for Pavement Skid-Resistance Tests*; (norma ASTM E 501-08, especificación normalizada para neumáticos acanalados normalizados para ensayos de adherencia del pavimento).
- 3) ASTM E 965-96 (*Reapproved 2006*), *Standard Test Method for Measuring Pavement Macrottexture Depth Using a Volumetric Technique* [norma ASTM E 965-96 (revisada en 2006), método de ensayo normalizado de medición de la profundidad de la macrotextura del pavimento utilizando una técnica volumétrica].
- 4) ASTM E 1136-93 (*Reapproved 2003*), *Standard Specification for a Radial Standard Reference Test Tire (SRTT14[®])*; [norma ASTM E 1136-93 (revisada en 2003), especificación normalizada para un neumático radial de referencia normalizado de ensayo (SRTT14[®])].
- 5) ASTM F 2493-08, *Standard Specification for a Radial Standard Reference Test Tire (SRTT16[®])*; [norma ASTM F 2493-08, especificación normalizada para un neumático radial de referencia normalizado de ensayo (SRTT16[®])].

2. DEFINICIONES

A efectos de los ensayos de la adherencia en superficie mojada de los neumáticos C1, se aplican las siguientes definiciones:

- 1) "Ensayo": una única pasada de un neumático cargado sobre una pista de ensayo dada.
- 2) "Neumático(s) de ensayo": un neumático candidato, un neumático de referencia o un neumático de control o un juego de neumáticos que se utiliza en un ensayo.
- 3) "Neumático(s) candidato(s) (T)": un neumático o un juego de neumáticos que se someten a ensayo con el propósito de calcular su índice de adherencia en superficie mojada.
- 4) "Neumático(s) de referencia (R)": un neumático o un juego de neumáticos que tiene las características indicadas en la norma ASTM F 2493-08 y que se denomina neumático de referencia normalizado de ensayo de 16 pulgadas (SRTT 16[®]).
- 5) "Neumático(s) de control (C)": un neumático intermedio o un juego de neumáticos intermedios que se utilizan cuando el neumático candidato y el neumático de referencia no pueden ser directamente comparados en el mismo vehículo.
- 6) "Fuerza de frenado de un neumático": la fuerza longitudinal, expresada en newtons, resultante de la aplicación del par de frenado.
- 7) "Coeficiente de fuerza de frenado de un neumático (BFC)": relación entre la fuerza de frenado y la carga vertical.
- 8) "Coeficiente máximo de fuerza de frenado de un neumático": el valor máximo del coeficiente de fuerza de frenado de un neumático que se produce antes del bloqueo de la rueda cuando se incrementa progresivamente el par de frenado.
- 9) "Bloqueo de una rueda": condición de una rueda que tiene una velocidad de rotación sobre su eje de rotación igual a cero y cuya rotación se impide en presencia de un par aplicado a la rueda.
- 10) "Carga vertical": la carga en newtons aplicada al neumático perpendicularmente a la superficie de la carretera.
- 11) "Vehículo de ensayo de neumáticos": un vehículo específico para dicho propósito que está dotado de instrumentos para la medición de las fuerzas verticales y longitudinales en un neumático de ensayo durante el frenado.

3. CONDICIONES GENERALES DE ENSAYO

3.1. Características de la pista

La pista de ensayo deberá presentar las siguientes características:

- 1) La superficie dispondrá de un revestimiento de asfalto denso con una pendiente uniforme de no más del 2 % y no deberá desviarse más de 6 mm cuando se someta a ensayo con una regla de 3 m.
- 2) El pavimento de la superficie de ensayo será uniforme en términos de antigüedad, composición y desgaste. La superficie de ensayo carecerá de materiales sueltos o de depósitos no pertenecientes a la misma.
- 3) El tamaño máximo de los áridos será de 10 mm (el margen de tolerancia estará entre 8 mm y 13 mm).
- 4) La profundidad de la textura medida mediante un círculo de arena será de $0,7 \pm 0,3$ mm. Deberán efectuarse mediciones conforme a la norma ASTM E 965-96 (revisada en 2006).
- 5) Las propiedades friccionales de la superficie mojada se medirán con el método a) o con el método b) de la sección 3.2.

3.2. Métodos de medición de las propiedades friccionales de la superficie mojada del pavimento

a) Método del número del péndulo británico (BPN)

El método del número del péndulo británico se realizará conforme a la definición de la norma ASTM E 303-93 (revisada en 2008).

La formulación de los componentes de la zapata de caucho y sus propiedades físicas serán las de la norma ASTM E 501-08.

El valor medio del número del péndulo británico (BPN) se situará entre 42 y 60 BPN tras la corrección de la temperatura descrita a continuación.

El BPN se corregirá en función de la temperatura de la superficie mojada del pavimento. Salvo en caso de recomendación explícita indicada por el fabricante del péndulo británico, para la corrección de los efectos de la temperatura se utilizará la fórmula siguiente:

$$\text{BPN} = \text{BPN (valor medido)} + \text{corrección en función de la temperatura}$$

$$\text{Corrección en función de la temperatura} = -0,0018 t^2 + 0,34 t - 6,1$$

donde "t" es la temperatura de la superficie mojada del pavimento en grados Celsius.

Efectos del desgaste de la zapata de deslizamiento: La zapata se sustituirá debido al desgaste máximo cuando el desgaste en el extremo de contacto del deslizador alcance 3,2 mm en el plano del deslizador o 1,6 mm en vertical con él, conforme a la sección 5.2.2 y a la figura 3 de la norma ASTM E 303-93 (revisada en 2008).

A los fines de la verificación de la constancia del valor BPN de la superficie de la pista a efectos de la medición de la adherencia en superficie mojada con un vehículo de turismo provisto de instrumentos de medición, los valores BPN de la pista de ensayo no deben variar en toda la distancia de frenado, para disminuir la dispersión de los resultados del ensayo. Las propiedades friccionales de la superficie mojada del pavimento se medirán cinco veces en cada punto de la medición BPN cada 10 metros y el coeficiente de variación de las medias de BPN no superará el 10 %.

b) Método de la norma ASTM E 1136: Método del neumático de referencia normalizado de ensayo (SRTT 14")

No obstante lo dispuesto en el punto 4 de la sección 2, este método utiliza el neumático de referencia cuyas características se indican en la norma ASTM E 1136-93 (revisada en 2003) y que se conoce como SRTT14" (1).

El valor medio del coeficiente máximo de fuerza de frenado ($\mu_{\text{peak,ave}}$) del SRTT14" será de $0,7 \pm 0,1$ a 65 km/h.

El valor medio del coeficiente máximo de fuerza de frenado ($\mu_{\text{peak,ave}}$) del SRTT14" se corregirá en función de la temperatura de la superficie mojada del pavimento del siguiente modo:

$$\text{Coeficiente máximo de fuerza de frenado } (\mu_{\text{peak,ave}}) = \text{coeficiente máximo de fuerza de frenado (medido)} + \text{corrección en función de la temperatura}$$

$$\text{corrección en función de la temperatura} = 0,0035 \times (t - 20)$$

donde "t" es la temperatura de la superficie mojada del pavimento en grados Celsius.

(1) El tamaño del SRTT de la norma ASTM E 1136 es P195/75R14.

3.3. Condiciones atmosféricas

El viento no debe interferir en el mojado del pavimento (se permiten pantallas contra el viento).

Tanto la temperatura de la superficie mojada del pavimento como la temperatura ambiente deberán situarse entre 2 °C y 20 °C para los neumáticos de nieve y entre 5 °C y 35 °C para los neumáticos normales.

La temperatura de la superficie mojada del pavimento no deberá variar durante la prueba en más de 10 °C.

La temperatura ambiente debe permanecer próxima a la temperatura de la superficie mojada del pavimento; la diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura de la superficie mojada del pavimento debe ser inferior a 10 °C.

4. MÉTODOS DE ENSAYO PARA LA MEDICIÓN DE LA ADHERENCIA EN SUPERFICIE MOJADA

Para el cálculo del índice de adherencia en superficie mojada (G) de un neumático candidato, los resultados de la adherencia en superficie mojada durante el frenado del neumático candidato se comparan con los resultados de la adherencia en superficie mojada durante el frenado del neumático de referencia en un vehículo que se desplace en línea recta sobre una superficie pavimentada y mojada. El índice de adherencia en superficie mojada se medirá mediante uno de los siguientes métodos:

- método del vehículo, que consiste en someter a ensayo un juego de neumáticos montados en un vehículo de turismo provisto de instrumentos de medición,
- método de ensayo con un remolque arrastrado por un vehículo o un vehículo de ensayo de neumáticos, equipado con neumático(s) de ensayo.

4.1. Método de ensayo con un vehículo de turismo provisto de instrumentos de medición

4.1.1. Principio

Este método de ensayo se compone de un procedimiento para medir los resultados de la deceleración de los neumáticos C1 durante el frenado, utilizando un vehículo de turismo provisto de instrumentos de medición y equipado con un sistema de frenado antibloqueo (ABS), donde se entiende por "vehículo de turismo provisto de instrumentos de medición" un vehículo de turismo dotado del equipo de medición enumerado en la sección 4.1.2.2 a los fines del presente método de ensayo. A partir de una velocidad inicial definida, los frenos se aplican con suficiente fuerza sobre las cuatro ruedas al mismo tiempo para activar el ABS. Se calcula la deceleración media entre dos velocidades predefinidas.

4.1.2. Equipo

4.1.2.1. Vehículo

Se permiten las siguientes modificaciones en el vehículo de turismo:

- aquellas que permitan aumentar el número de tamaños de neumáticos que puedan montarse en el vehículo,
- aquellas que permitan instalar un dispositivo para la activación automática del frenado.

Queda prohibida cualquier otra modificación del sistema de frenado.

4.1.2.2. Equipo de medición

El vehículo estará dotado de un sensor adecuado para la medición de la velocidad sobre una superficie mojada y de la distancia recorrida entre dos velocidades.

Para medir la velocidad del vehículo se utilizará una quinta rueda o un sistema de medición de la velocidad sin contacto.

4.1.3. Acondicionamiento de la pista de ensayo y condiciones de mojado

La superficie de la pista de ensayo se mojará como mínimo media hora antes del ensayo para igualar la temperatura de la superficie y la temperatura del agua. Durante el desarrollo del ensayo se seguirá mojando ininterrumpidamente el pavimento desde el exterior. La profundidad del agua será de $1,0 \pm 0,5$ mm en toda la superficie de ensayo, medida desde el punto más elevado del pavimento.

La pista de ensayo se acondicionará a continuación realizando como mínimo diez ensayos con neumáticos que no participen en el programa de ensayos a 90 km/h.

4.1.4. Neumáticos y llantas

4.1.4.1. Preparación y rodaje del neumático

Los neumáticos de ensayo se recortarán para eliminar cualquier protuberancia en la superficie de la rodadura causada por aberturas del molde o rebabas en las juntas del molde.

El neumático de ensayo se montará en la llanta de ensayo indicada por el fabricante de neumáticos.

Debe lograrse un asiento del talón adecuado mediante el uso de un lubricante apropiado. Debe evitarse el uso excesivo de lubricante para evitar que el neumático resbale en la llanta de la rueda.

Los conjuntos de neumático y llanta de los ensayos deberán mantenerse durante dos horas como mínimo en un lugar tal que todos ellos tengan la misma temperatura ambiente antes de los ensayos. Deberán estar protegidos del sol para evitar el calor excesivo debido a la radiación solar.

Para el rodaje de los neumáticos, deberán realizarse dos frenados.

4.1.4.2. Carga de los neumáticos

La carga estática de cada neumático del eje deberá estar comprendida entre el 60 % y el 90 % de la capacidad de carga del neumático sometido a ensayo. Las cargas de los neumáticos del mismo eje no deben diferir en más de un 10 %.

4.1.4.3. Presión de inflado del neumático

En los ejes delanteros y traseros, la presión de inflado será de 220 kPa [para neumáticos normales y neumáticos "Extra Load" (de carga extra)]. La presión del neumático debe comprobarse justo antes del ensayo a temperatura ambiente y ajustarse si fuera preciso.

4.1.5. Procedimiento

4.1.5.1. Desarrollo del ensayo

Para cada ensayo se aplicará el siguiente procedimiento:

- 1) El vehículo de turismo se conduce en línea recta hasta 85 ± 2 km/h.
- 2) Una vez que el vehículo de turismo ha alcanzado 85 ± 2 km/h, los frenos se activan siempre en el mismo lugar de la pista de ensayo, denominado "punto de inicio de frenado", con una tolerancia longitudinal de 5 m y una tolerancia transversal de 0,5 m.
- 3) Los frenos se activan automática o manualmente.
 - i) La activación automática de los frenos se realiza mediante un sistema de detección compuesto de dos partes, una fija a la pista de ensayo y otra a bordo del vehículo de turismo.
 - ii) La activación manual de los frenos depende del tipo de transmisión, conforme a lo siguiente. En ambos casos, es necesario como mínimo un esfuerzo sobre el pedal de 600 N.

En el caso de la transmisión manual, el conductor ha de soltar el embrague y accionar el pedal del freno bruscamente, manteniéndolo apretado durante todo el tiempo necesario para realizar la medición.

En el caso de la transmisión automática, el conductor ha de seleccionar el punto muerto y entonces accionar el pedal del freno bruscamente, manteniéndolo apretado durante todo el tiempo necesario para realizar la medición.

- 4) Se calcula la deceleración media entre 80 km/h y 20 km/h.

Si no se cumple alguna de las especificaciones arriba citadas (como la tolerancia de velocidad, la tolerancia longitudinal y transversal del punto de inicio de frenado, y el tiempo de frenado) cuando se realiza un ensayo, la medición se descarta y se realiza un nuevo ensayo.

4.1.5.2. Ciclo de ensayo

Para medir el índice de adherencia en superficie mojada de un juego de neumáticos candidatos (T) se realiza según el procedimiento siguiente una serie de ensayos, en la que cada ensayo se realizará en la misma dirección y podrán medirse hasta tres juegos diferentes de neumáticos candidatos dentro del mismo ciclo de ensayos:

- 1) En primer lugar, se monta el juego de neumáticos de referencia en el vehículo de turismo provisto de instrumentos de medición.
- 2) Una vez realizadas como mínimo tres mediciones válidas, conforme a la sección 4.1.5.1, el juego de neumáticos de referencia es sustituido por un juego de neumáticos candidatos.
- 3) Una vez realizadas seis mediciones válidas de los neumáticos candidatos, podrán medirse dos juegos más de neumáticos candidatos.
- 4) El ciclo de ensayos se cierra con tres mediciones válidas más del mismo juego de neumáticos de referencia que se utilizó al comienzo del ciclo de ensayos.

EJEMPLOS:

- El orden de ensayo para un ciclo de ensayos de tres juegos de neumáticos candidatos (T1 a T3) más un juego de neumáticos de referencia (R) será el siguiente:

$$R-T1-T2-T3-R$$

- El orden de ensayo para un ciclo de ensayos de cinco juegos de neumáticos candidatos (T1 a T5) más un juego de neumáticos de referencia (R) será el siguiente:

$$R-T1-T2-T3-R-T4-T5-R$$

4.1.6. Elaboración de los resultados de las mediciones

4.1.6.1 Cálculo de la deceleración media (AD)

La deceleración media (AD) se calcula en $m \cdot s^{-2}$ para cada ensayo válido, del siguiente modo:

$$AD = \left| \frac{S_f^2 - S_i^2}{2d} \right|$$

donde:

S_f es la velocidad final en $m \cdot s^{-1}$; $S_f = 20 \text{ km/h} = 5,556 \text{ m} \cdot s^{-1}$

S_i es la velocidad inicial en $m \cdot s^{-1}$; $S_i = 80 \text{ km/h} = 22,222 \text{ m} \cdot s^{-1}$

d es la distancia recorrida en m entre S_i y S_f .

4.1.6.2. Validación de resultados

El coeficiente de variación de la deceleración media AD se calcula del siguiente modo:

$$(\text{desviación típica} / \text{media}) \times 100$$

En el caso de los neumáticos de referencia (R): si el coeficiente de variación de la deceleración media AD de cualesquiera dos grupos consecutivos de tres ensayos del juego de neumáticos de referencia es superior al 3 %, todos los datos serán descartados y se repetirá el ensayo para todos los neumáticos del ensayo (los neumáticos candidatos y los neumáticos de referencia).

En el caso de los neumáticos candidatos (T): los coeficientes de variación de la deceleración media AD se calculan para cada juego de neumáticos candidatos. Si un coeficiente de variación es superior al 3 %, los datos deben descartarse y el ensayo debe repetirse para ese juego de neumáticos candidatos.

4.1.6.3. Cálculo de la deceleración media ajustada (Ra)

La deceleración media (AD) del juego de neumáticos de referencia utilizado para el cálculo de su coeficiente de fuerza de frenado se ajusta de acuerdo con la posición de cada juego de neumáticos candidatos en un ciclo de ensayos dado.

Dicha deceleración media (AD) ajustada del neumático de referencia (Ra) se calcula en $m \cdot s^{-2}$ de conformidad con el cuadro 1, donde R_1 es la media de los valores de AD en el primer ensayo del juego de neumáticos de referencia (R) y R_2 es la media de los valores de AD en el segundo ensayo del mismo juego de neumáticos de referencia (R).

Cuadro 1

Número de juegos de neumáticos candidatos en un ciclo de ensayos	Juego de neumáticos candidatos	Ra
1 (R ₁ -T1-R ₂)	T1	$Ra = 1/2 (R_1 + R_2)$
2 (R ₁ -T1-T2-R ₂)	T1	$Ra = 2/3 R_1 + 1/3 R_2$
	T2	$Ra = 1/3 R_1 + 2/3 R_2$
3 (R ₁ -T1-T2-T3-R ₂)	T1	$Ra = 3/4 R_1 + 1/4 R_2$
	T2	$Ra = 1/2 (R_1 + R_2)$
	T3	$Ra = 1/4 R_1 + 3/4 R_2$

4.1.6.4. Cálculo del coeficiente de fuerza de frenado (BFC)

El coeficiente de fuerza de frenado (BFC) se calcula para una frenada en los dos ejes de conformidad con el cuadro 2, donde Ta ($a= 1, 2$ o 3) es la media de los valores de AD para cada juego de neumáticos candidatos (T) utilizado en un ciclo de ensayos.

Cuadro 2

Neumático de ensayo	Coeficiente de fuerza de frenado
Neumático de referencia	$BFC(R) = Ra/g $
Neumático candidato	$BFC(T) = Ta/g $

g es la aceleración debida a la gravedad, $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

4.1.6.5. Cálculo del índice de adherencia en superficie mojada del neumático candidato

El índice de adherencia en superficie mojada del neumático candidato ($G(T)$) se calcula del siguiente modo:

$$G(T) = \left[\frac{BFC(T)}{BFC(R)} \times 125 + a \times (t - t_0) + b \times \left(\frac{BFC(R)}{BFC(R_0)} - 1, 0 \right) \right] \times 10^{-2}$$

donde:

- t es la temperatura de la superficie mojada, medida en grados Celsius, cuando se somete a ensayo el neumático candidato (T),
- t_0 es la temperatura de referencia de la superficie mojada, $t_0 = 20 \text{ °C}$ para los neumáticos normales y $t_0 = 10 \text{ °C}$ para los neumáticos de nieve,
- $BFC(R_0)$ es el coeficiente de fuerza de frenado para el neumático de referencia en las condiciones de referencia, $BFC(R_0) = 0,68$,
- $a = -0,4232$ y $b = -8,297$ para neumáticos normales, $a = 0,7721$ y $b = 31,18$ para neumáticos de nieve.

4.1.7. Comparación entre los resultados de adherencia en superficie mojada de un neumático candidato y un neumático de referencia utilizando un neumático de control

4.1.7.1. Consideraciones generales

Cuando el tamaño del neumático candidato difiere de forma significativa del tamaño del neumático de referencia, puede no ser posible realizar una comparación directa con el mismo vehículo de turismo provisto de instrumentos de medición. El presente método de ensayo requiere un neumático intermedio, en lo sucesivo denominado "neumático de control", conforme a la definición del punto 5 de la sección 2.

4.1.7.2. Principio del enfoque

El principio es el uso de un juego de neumáticos de control y de dos vehículos de turismo provistos de instrumentos de medición diferentes para comparar un juego de neumáticos candidatos con un juego de neumáticos de referencia en el ciclo de ensayos.

En un vehículo de turismo provisto de instrumentos de medición se monta el juego de neumáticos de referencia seguido por el juego de neumáticos de control, y en el otro el juego de neumáticos de control seguido por el juego de neumáticos candidatos.

Son aplicables las especificaciones enumeradas en las secciones 4.1.2 a 4.1.4.

El primer ciclo de ensayos es una comparación entre el juego de neumáticos de control y el juego de neumáticos de referencia.

El segundo ciclo de ensayos es una comparación entre el juego de neumáticos candidatos y el juego de neumáticos de control. Se realiza en la misma pista de ensayo y en el mismo día que el primer ciclo de ensayos. La diferencia máxima de temperatura de la superficie mojada respecto a la temperatura del primer ciclo de ensayos será de $\pm 5 \text{ °C}$. Se utilizará el mismo juego de neumáticos de control para el primer y segundo ciclos de ensayos.

El índice de adherencia en superficie mojada del neumático candidato ($G(T)$) se calcula del siguiente modo:

$$G(T) = G_1 \times G_2$$

donde:

- G_1 es el índice relativo de adherencia en superficie mojada del neumático de control (C) comparado con el neumático de referencia (R), calculado del siguiente modo:

$$G_1 = \left[\frac{BFC(C)}{BFC(R)} \times 125 + a \times (t - t_0) + b \times \left(\frac{BFC(R)}{BFC(R_0)} - 1, 0 \right) \right] \times 10^{-2}$$

- G_2 es el índice relativo de adherencia en superficie mojada del neumático candidato (T) comparado con el neumático de control (C), calculado del siguiente modo:

$$G_2 = \frac{BFC(T)}{BFC(C)}$$

4.1.7.3. Almacenamiento y conservación

Es necesario que todos los neumáticos de un juego de neumáticos de control se hayan sido mantenidos en las mismas condiciones. Tan pronto como el juego de neumáticos de control haya sido ensayado para compararlo con el neumático de referencia, se aplicarán las condiciones de mantenimiento específicas definidas en la norma ASTM E 1136-93 (revisada en 2003).

4.1.7.4. Sustitución de los neumáticos de referencia y de los neumáticos de control

El neumático debe dejar de utilizarse cuando los ensayos hayan producido desgaste irregular o daños, o cuando el desgaste influya en los resultados de los ensayos.

4.2. Método de ensayos utilizando un remolque arrastrado por un vehículo o un vehículo de ensayo de neumáticos

4.2.1. Principio

Las mediciones se realizan en neumáticos de ensayo montados en un remolque arrastrado por un vehículo (en lo sucesivo denominado "vehículo tractor") o en un vehículo de ensayo de neumáticos. El freno en la posición de ensayo se acciona con firmeza hasta que se genera un par de frenado suficiente para producir la fuerza máxima de frenado que se pueda producir antes del bloqueo de la rueda a una velocidad de ensayo de 65 km/h.

4.2.2. Equipo

4.2.2.1. Vehículo tractor y remolque o vehículo de ensayo de neumáticos

- El vehículo tractor o el vehículo de ensayo de neumáticos podrán ser capaces de mantener la velocidad preestablecida de 65 ± 2 km/h, incluso sometidos a la fuerza de frenado máxima.
- El remolque o el vehículo de ensayo de neumáticos estarán dotados de un lugar en donde el neumático pueda instalarse a efectos de la medición, en lo sucesivo denominado "posición de ensayo", y de los siguientes accesorios:
 - i) un dispositivo para activar los frenos en la posición de ensayo,
 - ii) un depósito de agua que contenga agua suficiente para abastecer el sistema de mojado de la superficie, a menos que se recurra al mojado desde el exterior,
 - iii) un equipo de registro capaz de registrar las señales de los transductores instalados en la posición de ensayo y de supervisar la velocidad de aplicación del agua, si se utiliza la opción del automojado.
- La variación máxima de los ajustes de la convergencia y del ángulo de la caída para la posición de ensayo es de $\pm 0,5^\circ$ con carga vertical máxima. Los brazos y bujes de suspensión deberán tener la rigidez necesaria para reducir al mínimo la vagación y asegurar que cumplen su función cuando se aplican las fuerzas de frenado máximas. El sistema de suspensión ofrecerá una capacidad de carga adecuada y estará diseñado para aislar la resonancia de la suspensión.
- La posición de ensayo estará equipada con un sistema de frenado de automoción especial o clásico que pueda aplicar en par de frenado suficiente para producir el valor máximo de la fuerza longitudinal sobre la rueda de ensayo de frenado en las condiciones especificadas.
- El sistema de accionamiento del frenado deberá ser capaz de controlar el intervalo de tiempo transcurrido entre el accionamiento inicial del freno y la fuerza longitudinal máxima, conforme se especifica en la sección 4.2.7.1.

- El remolque o el vehículo de ensayo de neumáticos estarán diseñados para adaptarse a la gama de tamaños de neumáticos candidatos que se vayan a ensayar.
- El remolque o el vehículo de ensayos de neumáticos deberán estar previstos para el ajuste de la carga vertical conforme se especifica en la sección 4.2.5.2.

4.2.2.2. Equipo de medición

- La posición de la rueda de ensayo en el remolque o en el vehículo de ensayo de neumáticos estará dotada de un sistema de medición de la velocidad de rotación de la rueda y de transductores para la medición de la fuerza de frenado y de la carga vertical sobre la rueda de ensayo.
- Requisitos generales para el sistema de medición: El sistema de instrumentación deberá ajustarse a los siguientes requisitos generales a temperaturas ambientes comprendidas entre 0 °C y 45 °C:
 - i) exactitud global del sistema, fuerza: $\pm 1,5\%$ de la escala completa de la carga vertical o de la fuerza de frenado,
 - ii) exactitud general del sistema, velocidad: $\pm 1,5\%$ de la velocidad o $\pm 1,0$ km/h, la que sea mayor.
- Velocidad del vehículo: Para medir la velocidad del vehículo deberá utilizarse una quinta rueda o un sistema de medición de precisión de la velocidad sin contacto.
- Fuerzas de frenado: Los transductores que miden la fuerza de frenado medirán la fuerza longitudinal generada en la interfaz entre el neumático y la calzada como resultado de la aplicación de los frenos en una franja que oscila entre el 0 % y como mínimo el 125 % de la carga vertical aplicada. El diseño y ubicación del transductor deberán reducir al mínimo los efectos de la inercia y la resonancia mecánica inducida por la vibración.
- Carga vertical: El transductor para la medición de la carga vertical medirá la carga vertical en la posición de ensayo durante el accionamiento del freno. El transductor deberá tener las mismas especificaciones descritas anteriormente.
- Sistema de acondicionamiento y registro de la señal: Todos los equipos de acondicionamiento y registro de la señal deben proporcionar un resultado lineal con la ganancia y resolución de lectura de datos necesarias para cumplir los requisitos previamente especificados. Serán aplicables además los requisitos siguientes:
 - i) la respuesta en frecuencia mínima será plana desde 0 Hz a 50 Hz (100 Hz) con una aproximación de $\pm 1\%$ de la escala completa,
 - ii) la relación señal-ruido será como mínimo de 20/1,
 - iii) la ganancia debe ser suficiente para permitir la visualización a escala completa para el nivel de señal de entrada a escala completa,
 - iv) la impedancia de entrada será como mínimo diez veces superior a la impedancia de salida de la fuente de la señal,
 - v) el equipo será insensible a las vibraciones, aceleración y cambios de la temperatura ambiente.

4.2.3. Acondicionamiento de la pista de ensayo

La pista de ensayo se acondicionará realizando como mínimo diez ensayos con neumáticos que no vayan a ser utilizados en el programa de ensayos, a 65 ± 2 km/h.

4.2.4. Condiciones de mojado

El vehículo tractor y su remolque o el vehículo de ensayo de neumáticos podrán estar equipados, facultativamente, con un sistema de mojado del pavimento, salvo el depósito de almacenamiento que, en el caso del remolque, está montado en el vehículo tractor. El agua que se aplica al pavimento por delante de los neumáticos de ensayo será suministrada mediante una boquilla convenientemente diseñada para asegurar que la capa de agua que se encuentra el neumático de ensayo tenga una sección transversal constante a la velocidad de ensayo con un mínimo salpicamiento y neblina de rociado.

La configuración y posición de la boquilla deberán garantizar que los chorros de agua están dirigidos hacia el neumático de ensayo y que apuntan hacia el pavimento con un ángulo entre 20° y 30°.

El agua se proyecta hacia el pavimento a una distancia de entre 0,25 y 0,45 m por delante del centro de la zona de contacto del neumático. La boquilla se situará a 25 mm por encima del pavimento o a la mínima altura requerida para salvar los obstáculos que el vehículo de ensayo pueda encontrar, pero en cualquier caso a no más de 100 mm por encima del pavimento.

La capa de agua será como mínimo 25 mm más ancha que la banda de rodadura del neumático de ensayo y se aplicará de forma que el neumático se encuentre situado centrado entre los bordes. El caudal de suministro del agua garantizará una profundidad de agua de $1,0 \pm 0,5$ mm y se mantendrá constante a lo largo de todo el ensayo con una tolerancia de ± 10 %. El volumen de agua por unidad de anchura del pavimento mojado será directamente proporcional a la velocidad de ensayo. La cantidad de agua aplicada a 65 km/h será de $18 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ por metro de anchura del pavimento mojado en el caso de una profundidad de agua de 1,0 mm.

4.2.5. *Neumáticos y llantas*

4.2.5.1. Preparación y rodaje del neumático

Los neumáticos de ensayo se recortarán para eliminar cualquier protuberancia en la superficie de la rodadura causada por aberturas del molde o rebabas en las juntas del molde.

El neumático de ensayo se montará en la llanta de ensayo indicada por el fabricante de neumáticos.

Debe lograrse un asiento del talón adecuado mediante el uso de un lubricante apropiado. Debe evitarse el uso excesivo de lubricante para evitar que el neumático resbale en la llanta de la rueda.

Los conjuntos de neumático y llanta de los ensayos deberán mantenerse durante dos horas como mínimo en un lugar tal que todos ellos tengan la misma temperatura ambiente antes de los ensayos. Deberán estar protegidos del sol para evitar el calor excesivo debido a la radiación solar.

Para el rodaje de los neumáticos, deberán realizarse dos frenados en las condiciones de carga, presión y velocidad especificadas en los puntos 4.2.5.2, 4.2.5.3 y 4.2.7.1, respectivamente.

4.2.5.2. Carga de los neumáticos

La carga de ensayo en el neumático de ensayo es del 75 ± 5 % de la capacidad de carga del neumático de ensayo.

4.2.5.3. Presión de inflado del neumático

La presión de inflado en frío del neumático de ensayo será de 180 kPa para los neumáticos para carga normal. En el caso de los neumáticos de carga extra ("Extra Load"), la presión de inflado en frío será de 220 kPa.

La presión del neumático debe comprobarse justo antes del ensayo a temperatura ambiente y ajustarse si fuera preciso.

4.2.6. *Preparación del vehículo tractor y su remolque o del vehículo de ensayo de neumáticos*

4.2.6.1. Remolque

Para los remolques de un eje, la altura del enganche y la posición transversal deberán ajustarse una vez que el neumático de ensayo haya sido cargado hasta la carga de ensayo especificada con el fin de evitar cualquier perturbación de los resultados de la medición. La distancia longitudinal desde la línea media del punto de articulación del acoplamiento hasta la línea media transversal del eje del remolque será igual, como mínimo, a diez veces la "altura de enganche" o la "altura de acoplamiento (enganche)".

4.2.6.2. Equipo e instrumentación

La quinta rueda, cuando se utilice, ha de instalarse de conformidad con las especificaciones del fabricante y colocarse lo más cerca posible del centro de la pista del vehículo tractor o del vehículo de ensayo de neumáticos.

4.2.7. *Procedimiento*

4.2.7.1. Desarrollo del ensayo

Para cada ensayo se aplicará el siguiente procedimiento:

- 1) El vehículo tractor o el vehículo de ensayo de neumáticos se conduce en línea recta en la pista de ensayo a la velocidad especificada de 65 ± 2 km/h.
- 2) Se pone en marcha el sistema de registro.
- 3) Se suministra agua al pavimento por delante del neumático de ensayos aproximadamente 0,5 s antes de la activación del freno (en caso de sistema interno de mojado).
- 4) Los frenos del remolque se activan a una distancia máxima de 2 metros respecto a un punto de medición de las propiedades de fricción sobre superficie mojada y con una profundidad de arena conforme a los puntos 4 y 5 de la sección 3.1. La velocidad de accionamiento de los frenos es tal que el intervalo de tiempo entre la aplicación inicial de la fuerza y la fuerza longitudinal máxima está en la franja de 0,2 s a 0,5 s.
- 5) Se para el sistema de registro.

4.2.7.2. Ciclo de ensayo

Con el fin de medir el índice de adherencia en superficie mojada del neumático candidato (T), se realiza una serie de ensayos conforme al procedimiento siguiente, efectuándose cada ensayo en el mismo punto de la pista de ensayo y en la misma dirección. Dentro del mismo ciclo de ensayo se podrán medir hasta tres neumáticos candidatos, siempre que los ensayos se completen en un solo día.

- 1) En primer lugar, se somete a ensayo el neumático de referencia.
- 2) Una vez que se hayan realizado al menos seis mediciones válidas conforme a la sección 4.2.7.1, el neumático de referencia se sustituye por el neumático candidato.
- 3) Una vez realizadas seis mediciones válidas del neumático candidato, podrán medirse dos neumáticos candidatos más.
- 4) El ciclo de ensayos se cerrará con seis mediciones válidas más del mismo neumático de referencia que se utilizó al comienzo del ciclo de ensayos.

EJEMPLOS:

- El orden de ensayo para un ciclo de ensayos de tres neumáticos candidatos (T1 a T3) más el neumático de referencia (R) será el siguiente:

R-T1-T2-T3-R

- El orden de ensayo para un ciclo de ensayos de cinco neumáticos candidatos (T1 a T5) más el neumático de referencia (R) será el siguiente:

R-T1-T2-T3-R-T4-T5-R

4.2.8. Elaboración de los resultados de las mediciones

4.2.8.1. Cálculo del coeficiente máximo de fuerza de frenado

El coeficiente máximo de fuerza de frenado (μ_{peak}) de un neumático es el valor máximo de $\mu(t)$ antes de que se produzca el bloqueo de la rueda, calculado como sigue para cada ensayo. Las señales analógicas deben filtrarse para eliminar el ruido. Las señales registradas digitalmente han de ser filtradas utilizando una técnica de media móvil.

$$\mu(t) = \left| \frac{fh(t)}{fv(t)} \right|$$

donde:

$\mu(t)$ es el coeficiente de fuerza de frenado dinámica de un neumático en tiempo real;

$fh(t)$ es la fuerza de frenado dinámica en tiempo real, en N;

$fv(t)$ es la carga vertical dinámica en tiempo real, en N.

4.2.8.2. Validación de los resultados

El coeficiente de variación de μ_{peak} se calcula del siguiente modo:

$$(\text{desviación típica} / \text{media}) \times 100$$

En el caso del neumático de referencia (R): si el coeficiente de variación del coeficiente máximo de fuerza de frenado (μ_{peak}) del neumático de referencia es superior al 5 %, todos los datos serán descartados y se repetirá el ensayo para todos los neumáticos del ensayo (el neumático o neumáticos candidatos y el neumático de referencia).

En el caso del neumático o neumáticos candidatos (T): el coeficiente de variación del coeficiente máximo de fuerza de frenado (μ_{peak}) se calcula para cada neumático candidato. Si un coeficiente de variación es superior al 5 %, los datos deberán descartarse y el ensayo deberá repetirse para dicho neumático candidato.

4.2.8.3 Cálculo del valor medio ajustado del coeficiente máximo de fuerza de frenado

El valor medio del coeficiente máximo de fuerza de frenado del neumático de referencia utilizado para el cálculo de su coeficiente de fuerza de frenado se ajusta de acuerdo con la posición de cada neumático candidato en un ciclo de ensayos dado.

Dicho valor medio ajustado del coeficiente máximo de fuerza de frenado del neumático de referencia (R_a) se calcula de conformidad con el cuadro 3, donde R_1 es el valor medio del coeficiente máximo de fuerza de frenado del neumático en el primer ensayo del neumático de referencia (R) y R_2 es el valor medio del coeficiente máximo de fuerza de frenado del neumático en el segundo ensayo del mismo neumático de referencia (R).

Cuadro 3

Número de neumático(s) candidato(s) en un ciclo de ensayos	Neumático candidato	Ra
1 (R ₁ -T1-R ₂)	T1	Ra = 1/2 (R ₁ + R ₂)
2 (R ₁ -T1-T2-R ₂)	T1	Ra = 2/3 R ₁ + 1/3 R ₂
	T2	Ra = 1/3 R ₁ + 2/3 R ₂
3 (R ₁ -T1-T2-T3-R ₂)	T1	Ra = 3/4 R ₁ + 1/4 R ₂
	T2	Ra = 1/2 (R ₁ + R ₂)
	T3	Ra = 1/4 R ₁ + 3/4 R ₂

4.2.8.4. Cálculo del valor medio del coeficiente máximo de fuerza de frenado ($\mu_{peak,ave}$)

El valor medio de los coeficientes máximos de fuerza de frenado ($\mu_{peak,ave}$) se calcula de acuerdo con el cuadro 4, en el que Ta (a = 1, 2 o 3) es la media de los coeficientes máximos de fuerza de frenado medidos para un neumático candidato en un ciclo de ensayos.

Cuadro 4

Neumático de ensayo	$\mu_{peak,ave}$
Neumático de referencia	$\mu_{peak,ave}(R) = Ra$ como en el cuadro 3
Neumático candidato	$\mu_{peak,ave}(T) = Ta$

4.2.8.5. Cálculo del índice de adherencia en superficie mojada del neumático candidato

El índice de adherencia en superficie mojada del neumático candidato ($G(T)$) se calcula del siguiente modo:

$$G(T) = \left[\frac{\mu_{peak,ave}(T)}{\mu_{peak,ave}(R)} \times 125 + a \times (t - t_0) + b \times \left(\frac{\mu_{peak,ave}(R)}{\mu_{peak,ave}(R_0)} - 1, 0 \right) \right] \times 10^{-2}$$

donde:

- t es la temperatura de la superficie mojada, medida en grados Celsius, cuando se somete a ensayo el neumático candidato (T);
- t₀ es la temperatura de referencia de la superficie mojada;
- t₀ = 20 °C para los neumáticos normales t₀ = 10 °C para los neumáticos de nieve;
- $\mu_{peak,ave}(R_0) = 0,85$ es el coeficiente máximo de fuerza de frenado para el neumático de referencia en las condiciones de referencia;
- a = - 0,4232 y b = - 8,297 para neumáticos normales, a = 0,7721 y b = 31,18 para neumáticos de nieve.

Nº	1	2	3	4	5
Deceleración media AD (m/s ²)					
Desviación típica (m/s ²)					
Validación de resultados Coeficiente de variación (%) < 3 %					
Deceleración media ajustada AD del neumático de referencia R _a (m/s ²)					
BFC(R) neumático de referencia (SRTT16")					
BFC(T) neumático candidato					
Índice de adherencia en superficie mojada (%)»					