

ACTOS ADOPTADOS POR ÓRGANOS CREADOS MEDIANTE ACUERDOS INTERNACIONALES

Solo los textos originales de la CEPE surten efectos jurídicos con arreglo al Derecho internacional público. La situación y la fecha de entrada en vigor del presente Reglamento deben consultarse en la última versión del documento de situación CEPE TRANS/WP.29/343, disponible en:

<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocs.htm>

Reglamento n° 49 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) — Disposiciones uniformes relativas a las medidas que deben adoptarse contra las emisiones de gases y partículas contaminantes procedentes de motores de encendido por compresión destinados a la propulsión de vehículos, y las emisiones de gases contaminantes procedentes de motores de encendido por chispa alimentados con gas natural o gas licuado de petróleo destinados a la propulsión de vehículos

Modificaciones de 2010 del Reglamento n° 49 publicado en el DO L 103 de 12.4.2008, p. 1.

Incorpora:

Suplemento 3 de la serie 05 de modificaciones — fecha de entrada en vigor: 9 de diciembre de 2010

Suplemento 4 de la serie 05 de modificaciones — fecha de entrada en vigor: 23 de junio de 2011.

Modificaciones del índice

Se añade el anexo 4C:

Anexo 4C — Procedimiento de ensayo para el contaje de partículas.

Apéndice — Equipo de contaje de partículas de las emisiones

Modificaciones del texto principal del Reglamento

El punto 1.1 queda modificado como sigue:

«1.1. El presente Reglamento se aplicará a los vehículos de motor de las categorías M₁, M₂, N₁ y N₂ con una masa de referencia superior a 2 610 kg y a todos los vehículos de motor de las categorías M₃ y N₃ ⁽¹⁾.

A petición del fabricante, la homologación de tipo de un vehículo completado concedida con arreglo al presente Reglamento se extenderá al vehículo correspondiente incompleto cuya masa de referencia sea inferior a 2 610 kg. Las homologaciones de tipo se extenderán si el fabricante puede demostrar que todas las combinaciones de carrocería que está previsto incorporar al vehículo incompleto aumentan la masa de referencia del vehículo a más de 2 610 kg.

No es necesario homologar los elementos siguientes con arreglo al presente Reglamento: los motores montados en vehículos de hasta 2 840 kg de masa de referencia a los que se haya extendido una homologación con arreglo al Reglamento n° 83.

Cuadro A

Aplicabilidad

Categoría de vehículo ⁽¹⁾	Motores de encendido por chispa			Motores de encendido por compresión	
	Gasolina	GN ⁽²⁾	GLP ⁽³⁾	Gasóleo	Etanol
M ₁	R49 o R83 ⁽⁴⁾	R49 o R83 ⁽⁴⁾	R49 o R83 ⁽⁴⁾	R49 o R83 ⁽⁴⁾	R49 o R83 ⁽⁴⁾
M ₂	R49 o R83 ⁽⁴⁾	R49 o R83 ⁽⁴⁾	R49 o R83 ⁽⁴⁾	R49 o R83 ⁽⁴⁾	R49 o R83 ⁽⁴⁾

Categoría de vehículo ⁽¹⁾	Motores de encendido por chispa			Motores de encendido por compresión	
	Gasolina	GN ^(a)	GLP ^(b)	Gasóleo	Etanol
M ₃	R49	R49	R49	R49	R49
N ₁	R49 o R83 ^(c)	R49 o R83 ^(c)	R49 o R83 ^(c)	R49 o R83 ^(c)	R49 o R83 ^(c)
N ₂	R49 o R83 ^(c)	R49 o R83 ^(c)	R49 o R83 ^(c)	R49 o R83 ^(c)	R49 o R83 ^(c)
N ₃	R49	R49	R49	R49	R49

^(a) Gas natural.

^(b) Gas licuado de petróleo.

^(c) El Reglamento n° 83 se aplica a los vehículos con una masa de referencia ≤ 2 610 kg y, por medio de una extensión de homologación, a los vehículos con una masa de referencia ≤ 2 840 kg.

Cuadro B

Requisitos

	Motores de encendido por chispa			Motores de encendido por compresión	
	Gasolina	GN	GLP	Gasóleo	Etanol
Contaminantes gaseosos	—	Sí	Sí	Sí	Sí
Partículas	—	Sí ^(a)	Sí ^(a)	Sí	Sí
Humo	—	—	—	Sí	Sí
Durabilidad	—	Sí	Sí	Sí	Sí
Conformidad en circulación	—	Sí	Sí	Sí	Sí
OBD	—	Sí ^(b)	Sí ^(b)	Sí	Sí

^(a) Solo se aplica a la fase C del cuadro 2 del punto 5.2.1.

^(b) Fechas de aplicación según el punto 5.4.2.

⁽¹⁾ Con arreglo a la definición del anexo 7 de la Resolución consolidada sobre la construcción de vehículos (R.E.3), documento TRANS/WP.29/78/Rev.1/Amend.2, modificado en último lugar por Amend.4.»

Se añaden los puntos 2.1.64 a 2.1.66, redactados de la manera siguiente:

- «2.1.64. "masa de referencia": la "masa en vacío" del vehículo incrementada en un valor uniforme de 100 kg en los ensayos de los anexos 4A y 8 del Reglamento n° 83;
- 2.1.65. "masa en vacío": la masa del vehículo en orden de marcha, sin la masa uniforme del conductor de 75 kg, viajeros ni carga, pero con el depósito de combustible lleno al 90 % de su capacidad y con el juego habitual de herramientas y la rueda de repuesto a bordo, en su caso;
- 2.1.66. "masa en orden de marcha": la masa descrita en el punto 2.6 del anexo I del Reglamento n° 83 y, en el caso de vehículos diseñados y fabricados para el transporte de más de nueve personas (además del conductor), la masa de un acompañante (75 kg), si el vehículo cuenta con un asiento para acompañante entre los nueve o más asientos.».

Modificación de los anexos

Se añada el anexo 4C siguiente:

«ANEXO 4C

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO PARA EL CONTAJE DE PARTÍCULAS

1. Aplicabilidad

El presente anexo no es aplicable por el momento con fines de homologación de tipo con arreglo al presente Reglamento. Lo será en el futuro.

2. Introducción

- 2.1. El presente anexo describe el método para determinar el número de partículas que emiten los motores sometidos a ensayo de acuerdo con los procedimientos de ensayo definidos en el anexo 4B. Salvo que se especifique otra cosa, las condiciones, los procedimientos y los requisitos de ensayo son todos los que figuran en el anexo 4B.

3. Muestreo

3.1. Número de partículas emitidas

El número de partículas emitidas se medirá mediante muestreo continuo con un sistema de dilución de flujo parcial, tal como se describe en el anexo 4B, apéndice 3, puntos A.3.2.1 y A.3.2.2, o un sistema de dilución de flujo total, tal como se describe en el anexo 4B, apéndice 3, puntos A.3.2.3 y A.3.2.4.

3.2. Filtrado del diluyente

El diluyente utilizado en la primera y, en su caso, en la segunda dilución del gas de escape en el sistema de dilución se hará pasar por filtros que cumplan los requisitos aplicables a los filtros absolutos (HEPA) definidos en los párrafos sobre el filtro del diluyente (DAF) del anexo 4B, apéndice 3, apartados A.3.2.2 o A.3.2.4. El diluyente puede limpiarse también con carbón vegetal antes de pasar por el filtro HEPA para reducir y estabilizar las concentraciones de hidrocarburos que contiene. Se recomienda colocar un filtro adicional de partículas gruesas antes del filtro HEPA y después del punto de limpieza con carbón vegetal, si se utiliza.

4. Funcionamiento del sistema de muestreo

4.1. Compensación del flujo de muestreo del número de partículas: sistemas de dilución de flujo total

- 4.1.1. Para compensar el caudal másico extraído del sistema de dilución para el muestreo del número de partículas, dicho caudal másico extraído (filtrado) se devolverá al sistema de dilución. Otra posibilidad es corregir matemáticamente el caudal másico total en el sistema de dilución de acuerdo con el caudal de muestreo del número de partículas extraído. Si el caudal másico total extraído del sistema de dilución para el muestreo del número de partículas es inferior a un 0,5 % del caudal del gas de escape total diluido en el túnel de dilución (med), podrá ignorarse la corrección o la devolución del flujo.

4.2. Compensación del caudal de muestreo del número de partículas: sistemas de dilución de flujo parcial

- 4.2.1. En el caso de los sistemas de dilución de flujo parcial, se tendrá en cuenta el caudal másico extraído del sistema de dilución para el muestreo del número de partículas a la hora de controlar la proporcionalidad de muestreo. Se hará reintroduciendo el flujo de muestreo del número de partículas en el sistema de dilución antes del dispositivo de medición del caudal o haciendo una corrección matemática, tal como se explica en el punto 4.2.2. En el caso de los sistemas de dilución de flujo parcial del tipo de muestreo total, el caudal másico extraído para el muestreo del número de partículas se corregirá también en el cálculo de la masa de partículas, tal como se indica en el punto 4.2.3.

- 4.2.2. El caudal másico instantáneo del gas de escape que entra en el sistema de dilución (q_{mp}), utilizado para controlar la proporcionalidad del muestreo, se corregirá siguiendo uno de los métodos siguientes:

- a) en el caso de que se descarte el caudal de muestreo del número de partículas extraído, la ecuación (83) del anexo 4B, punto 9.4.6.2, será sustituida por la siguiente:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex}$$

donde:

q_{mp} = caudal de muestreo del gas de escape que entra en el sistema de dilución de flujo parcial, en kg/s

q_{mdew} = caudal másico del gas de escape diluido, en kg/s

q_{mdw} = caudal másico del aire de dilución, en kg/s

q_{ex} = caudal másico del muestreo del número de partículas, en kg/s

La señal q_{ex} enviada al controlador del sistema de flujo parcial tendrá una precisión de 0,1 % del q_{mdew} en todo momento y debería ser enviada con una frecuencia mínima de 1 Hz;

- b) en el caso de que se descarte total o parcialmente el flujo de muestreo del número de partículas extraído, pero se vuelva a introducir un flujo equivalente en el sistema de dilución antes del dispositivo de medición del caudal, la ecuación (83) del anexo 4B, punto 9.4.6.2, se sustituirá por la siguiente:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} - q_{sw}$$

donde:

q_{mp} = caudal de muestreo del gas de escape que entra en el sistema de dilución de flujo parcial, en kg/s,

q_{mdew} = caudal másico del gas de escape diluido, en kg/s,

q_{mdw} = caudal másico del aire de dilución, en kg/s,

q_{ex} = caudal másico del muestreo del número de partículas, en kg/s,

q_{sw} = caudal másico reintroducido en el túnel de dilución para compensar la extracción de la muestra del número de partículas, en kg/s.

La diferencia entre q_{ex} y q_{sw} que se envía al controlador del sistema de flujo parcial tendrá una precisión del 0,1 % del q_{mdew} en todo momento. La señal (o señales) debería ser enviada con una frecuencia mínima de 1 Hz.

4.2.3. Corrección de la medición de la masa de partículas

Cuando se extrae el flujo de muestreo del número de partículas de un sistema de dilución de flujo parcial de muestreo total, la masa de partículas (m_{PM}) calculada en el anexo 4B, puntos 8.4.3.2.1 u 8.4.3.2.2, será corregida de la manera siguiente para tener en cuenta el flujo extraído. Esta corrección es necesaria incluso cuando el flujo extraído filtrado vuelve a introducirse en los sistemas de dilución de flujo parcial.

$$m_{PM,corr} = m_{PM} \times \frac{m_{sed}}{(m_{sed} - m_{ex})}$$

donde:

$m_{PM,corr}$ = masa de partículas corregida en función de la extracción del flujo de muestreo del número de partículas, en g/ensayo,

m_{PM} = masa de partículas determinada de acuerdo con el anexo 4B, puntos 8.4.3.2.1 u 8.4.3.2.2, en g/ensayo,

m_{sed} = masa total del gas de escape diluido que pasa por el túnel de dilución, en kg,

m_{ex} = masa total del gas de escape diluido extraído del túnel de dilución para el muestreo del número de partículas, en kg.

4.3. Proporcionalidad del muestreo de dilución de flujo parcial

4.3.1. A efectos del conteo del número de partículas, se utiliza el caudal másico de escape, determinado por cualquiera de los métodos descritos en el anexo 4B, puntos 8.4.1.3 a 8.4.1.7, para controlar el sistema de dilución de flujo parcial y tomar una muestra proporcional al caudal másico del gas de escape. La calidad de la proporcionalidad se verificará mediante un análisis de regresión entre la muestra y el caudal del gas de escape de acuerdo con lo dispuesto en el anexo 4B, punto 9.4.6.1.

5. Determinación de los números de partículas

5.1. Alineación del tiempo

En el caso de sistemas de dilución de flujo parcial, se tendrá en cuenta el tiempo de estancia en el sistema de muestreo y conteo del número de partículas alineando el tiempo de la señal del número de partículas con el ciclo de ensayo y el caudal másico del gas de escape, de acuerdo con los procedimientos definidos en el anexo 4B, puntos 3.1.30 y 8.4.2.2. El tiempo de transformación del sistema de muestreo y conteo del número de partículas se determinará de acuerdo con el punto 1.3.6 del apéndice del presente anexo.

5.2. Determinación de los números de partículas con un sistema de dilución de flujo parcial

5.2.1. Cuando las muestras de los números de partículas se toman con un sistema de dilución de flujo parcial siguiendo los procedimientos establecidos en el anexo 4B, punto 8.4, el número de partículas emitidas durante el ciclo de ensayo se calculará mediante la ecuación siguiente:

$$N = \frac{m_{df}}{1,293} \cdot k \cdot \bar{c}_s \cdot \bar{f}_r \cdot 10^6$$

donde:

N = número de partículas emitidas durante el ciclo de ensayo,

m_{df} = masa del gas de escape diluido equivalente durante el ciclo, determinado de acuerdo con el anexo 4B, punto 8.4.3.2.2, en kg/ensayo,

k = factor de calibración para corregir las mediciones del contador de partículas en función del nivel del instrumento de referencia si no se aplica de manera interna en el contador de partículas; si el factor de calibración se aplica de manera interna en el contador de partículas, en la ecuación anterior se considerará que k equivale a 1,

\bar{c}_s = concentración media de partículas en el gas de escape diluido corregida en función de las condiciones estándar (273,2 K y 101,33 kPa), en partículas por centímetro cúbico,

\bar{f}_r = factor de reducción de la concentración media de partículas del eliminador de partículas volátiles específico para los parámetros de dilución utilizados en el ensayo.

\bar{c}_s se calculará mediante la ecuación siguiente:

$$\bar{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n}$$

donde:

$c_{s,i}$ = medición diferenciada de la concentración de partículas en el gas de escape diluido que sale del contador de partículas, corregida para tener en cuenta la coincidencia y las condiciones estándar (273,2 K y 101,33 kPa), en partículas por centímetro cúbico,

n = número de mediciones de la concentración de partículas efectuadas durante el ensayo.

5.3. Determinación de los números de partículas con un sistema de dilución de flujo total

- 5.3.1. Cuando el muestreo del número de partículas se hace con un sistema de dilución de flujo total siguiendo los procedimientos establecidos en el anexo 4B, punto 8.5, el número de partículas emitidas durante el ciclo de ensayo se calculará mediante la ecuación siguiente:

$$N = \frac{m_{ed}}{1,293} \cdot k \cdot \bar{c}_s \cdot \bar{f}_r \cdot 10^6$$

donde:

N = número de partículas emitidas durante el ciclo de ensayo,

m_{ed} = caudal total de gas de escape diluido durante el ciclo calculado de acuerdo con cualquiera de los métodos descritos en el anexo 4B, puntos 8.5.1.2 a 8.5.1.4, en kg/ensayo,

k = factor de calibración para corregir las mediciones del contador de partículas en función del nivel del instrumento de referencia si no se aplica de manera interna en el contador de partículas; si el factor de calibración se aplica de manera interna en el contador de partículas, en la ecuación anterior se considerará que k equivale a 1,

\bar{c}_s = concentración media de partículas en el gas de escape diluido corregida en función de las condiciones estándar (273,2 K y 101,33 kPa), en partículas por centímetro cúbico,

\bar{f}_r = factor de reducción de la concentración media de partículas del eliminador de partículas volátiles específico para los parámetros de dilución utilizados en el ensayo.

\bar{c}_s se calculará mediante la ecuación siguiente:

$$\bar{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n}$$

donde:

$c_{s,i}$ = medición diferenciada de la concentración de partículas en el gas de escape diluido que sale del contador de partículas, corregida para tener en cuenta la coincidencia y las condiciones estándar (273,2 K y 101,33 kPa), en partículas por centímetro cúbico,

n = número de mediciones de la concentración de partículas efectuadas durante el ensayo.

5.4. Resultado del ensayo

- 5.4.1. En cada ciclo WHSC individual, WHTC con arranque en caliente y WHTC con arranque en frío, se calcularán las emisiones específicas, en número de partículas/kWh, de la manera siguiente:

$$e = \frac{N}{W_{act}}$$

donde:

e = número de partículas emitidas por kWh,

W_{act} = trabajo efectivo del ciclo determinado de conformidad con el anexo 4B, punto 7.8.6, en kWh.

5.4.2. Sistemas de postratamiento del gas de escape con regeneración periódica

En el caso de motores equipados con sistemas de postratamiento con regeneración periódica, el ciclo WHTC con arranque en caliente se ponderará de la manera siguiente:

$$e_w = \frac{n \times \bar{e} + n_r \times \bar{e}_r}{n + n_r}$$

donde:

e_w = emisión media ponderada específica del ciclo WHTC con arranque en caliente, en partículas/kWh,

n = número de ensayos del ciclo WHTC con arranque en caliente sin regeneración,

n_r = número de ensayos del ciclo WHTC con arranque en caliente con regeneración (mínimo, un ensayo),

\bar{e} = emisión media específica sin regeneración, en número de partículas/kWh,

\bar{e}_r = emisión media específica con regeneración, en número de partículas/kWh.

Para determinar \bar{e}_r , se aplicarán las disposiciones siguientes:

- si la regeneración dura más de un ciclo WHTC con arranque en caliente, se realizarán sucesivamente ensayos de ciclos WHTC con arranque en caliente completos, se seguirán midiendo las emisiones sin homogeneizar la temperatura y sin parar el motor, hasta que se complete la regeneración, y se calculará la media de los ensayos de los ciclos WHTC con arranque en caliente;
- si la regeneración se completa durante un ciclo WHTC con arranque en caliente, el ensayo continuará hasta el final.

Previo acuerdo con el organismo de homologación de tipo, podrá aplicarse un ajuste de regeneración mediante un ajuste multiplicativo o aditivo basado en un análisis técnico adecuado.

Los factores de ajuste de regeneración multiplicativo k_r , se determinarán de la manera siguiente:

$$k_{r,u} = \frac{e_w}{e} \text{ (hacia arriba)}$$

$$k_{r,d} = \frac{e_w}{e_r} \text{ (hacia abajo)}$$

El ajuste de regeneración aditivo (k_r) se determinará de la manera siguiente:

$$k_{r,u} = e_w - e \text{ (hacia arriba)}$$

$$k_{r,d} = e_w - e_r \text{ (hacia abajo)}$$

El ajuste de regeneración k_r :

- se aplicará al resultado ponderado del ensayo del ciclo WHTC de acuerdo con el punto 5.4.3;
- podrá aplicarse a los ciclos WHSC y WHTC con arranque en frío, si se produce una regeneración durante el ciclo;
- podrá extenderse a otros miembros de la misma familia de motores;
- podrá extenderse a otras familias de motores que utilicen el mismo sistema de postratamiento, previa autorización del organismo de homologación de tipo basada en datos técnicos del fabricante que muestren que las emisiones son similares.

5.4.3. Resultado medio ponderado del ensayo del ciclo WHTC

En el ciclo WHTC, el resultado final del ensayo será una media ponderada del ensayo de arranque en frío y del ensayo de arranque en caliente (incluyendo la regeneración periódica si resulta pertinente) calculada mediante una de las ecuaciones siguientes:

- en el caso del ajuste de regeneración multiplicativo, o de motores sin postratamiento con regeneración periódica:

$$e = k_r \left(\frac{(0,14 \times N_{cold}) + (0,86 \times N_{hot})}{(0,14 \times W_{act,cold}) + (0,86 \times W_{act,hot})} \right)$$

- en el caso del ajuste de regeneración aditivo:

$$e = k_r + \left(\frac{(0,14 \times N_{cold}) + (0,86 \times N_{hot})}{(0,14 \times W_{act,cold}) + (0,86 \times W_{act,hot})} \right)$$

donde:

N_{cold} = número total de partículas emitidas durante el ciclo de ensayo WHTC con arranque en frío,

N_{hot} = número total de partículas emitidas durante el ciclo de ensayo WHTC con arranque en caliente,

$W_{act, cold}$ = trabajo efectivo del ciclo durante el ciclo de ensayo WHTC con arranque en frío de acuerdo con el anexo 4B, punto 7.8.6, en kWh,

$W_{act, hot}$ = trabajo efectivo del ciclo durante el ciclo de ensayo WHTC con arranque en caliente de acuerdo con el anexo 4B, punto 7.8.6, en kWh,

k_r = ajuste de regeneración, de acuerdo con el punto 5.4.2; en el caso de motores sin post-tratamiento de regeneración periódica, $k_r = 1$.

5.4.4. Redondeo de los resultados finales

Los resultados de ensayo finales del ciclo WHSC y del ciclo WHTC medio ponderado se redondearán a tres cifras significativas en una operación de acuerdo con la norma ASTM E 29-06B. No está permitido el redondeo de los valores intermedios utilizados para calcular el resultado final de las emisiones específicas del freno.

6. Determinación del número de partículas de fondo

- 6.1. A petición del fabricante del motor, podrán tomarse muestras de las concentraciones de partículas de fondo del túnel de dilución, antes o después del ensayo, en un punto anterior a los filtros de partículas y de hidrocarburos del sistema de conteo de partículas, para determinar las concentraciones de partículas de fondo del túnel.
 - 6.2. No se permitirá deducir el número de partículas de las concentraciones de fondo del túnel para la homologación de tipo, pero podrá utilizarse a petición del fabricante, con el consentimiento previo del organismo de homologación de tipo, para el ensayo de la conformidad de la producción si puede demostrarse que la contribución del fondo del túnel es significativa, en cuyo caso puede deducirse de los valores medidos en el gas de escape diluido.
-

*Apéndice***Equipo de contaje del número de partículas en las emisiones**

1. Especificación
 - 1.1. Descripción del sistema
 - 1.1.1. El sistema de muestreo de partículas consistirá en una sonda o punto de muestreo en el que se extrae una muestra de un flujo mezclado homogéneamente en un sistema de dilución, tal como se describe en el anexo 4B, apéndice 3, puntos A.3.2.1 y A.3.2.2 o A.3.2.3 y A.3.2.4, un eliminador de partículas volátiles, situado antes de un contador de partículas, y un tubo de transferencia adecuado.
 - 1.1.2. Se recomienda colocar un preclasificador del tamaño de las partículas (por ejemplo, ciclón, impactador, etc.) antes de la entrada del eliminador de partículas volátiles. No obstante, una sonda de muestreo que actúe como dispositivo adecuado de clasificación del tamaño, como el mostrado en el anexo 4B, apéndice 3, figura 14, es una alternativa aceptable a un preclasificador del tamaño de las partículas. En el caso de sistemas de dilución de flujo parcial, puede aceptarse la utilización del mismo preclasificador para tomar la muestra de la masa de partículas y la muestra del número de partículas; esta última se extraerá del sistema de dilución después del preclasificador. También se pueden utilizar clasificadores separados y extraer la muestra del número de partículas del sistema de dilución antes del preclasificador de la masa de partículas.
 - 1.2. Requisitos generales
 - 1.2.1. El punto de muestreo de partículas estará situado dentro del sistema de dilución.

La punta de sonda de muestreo o el punto de muestreo de partículas y el tubo de transferencia de partículas juntos comprenden el sistema de transferencia de partículas. Este último lleva la muestra desde el túnel de dilución hasta la entrada del eliminador de partículas volátiles. El sistema de transferencia de partículas deberá cumplir las condiciones siguientes:

En el caso de los sistemas de dilución de flujo total y de los sistemas de dilución de flujo parcial del tipo de muestreo fraccionado (tal como se describen en el anexo 4B, apéndice 3, punto A.3.2.1), la sonda de muestreo estará instalada cerca del eje central del túnel, a una distancia después del punto de entrada del gas equivalente de 10 a 20 veces el diámetro del túnel, orientada a contracorriente en el túnel del flujo de gas y con el eje de la punta paralelo al del túnel de dilución. La sonda de muestreo estará posicionada dentro del tracto de dilución de tal manera que la muestra se tome en una mezcla homogénea de diluyente/gas de escape.

En el caso de los sistemas de dilución de flujo parcial del tipo de muestreo total (tal como se describen en el anexo 4B, punto A.3.2.1), el punto o la sonda de muestreo de partículas se situarán en el tubo de transferencia de partículas, antes del soporte del filtro de partículas, del dispositivo de medición del caudal y de cualquier punto de muestreo/bifurcación de derivación. La sonda o el punto de muestreo estarán posicionados de tal manera que la muestra se tome en una mezcla homogénea de diluyente/gas de escape. La sonda de muestreo de partículas deberá estar dimensionada de tal manera que no interfiera con el funcionamiento del sistema de dilución de flujo parcial.

El gas de muestreo que pasa por el sistema de transferencia de partículas deberá reunir las condiciones siguientes:

En el caso de sistemas de dilución de flujo total, el flujo tendrá un número de Reynolds (Re) $< 1\ 700$.

En el caso de sistemas de dilución de flujo parcial, el flujo tendrá un número de Reynolds (Re) $< 1\ 700$ en el tubo de transferencia de partículas, a saber, después de la sonda o el punto de muestreo.

Su tiempo de estancia en el sistema de transferencia de partículas será ≤ 3 segundos.

Se considerará aceptable cualquier otra configuración de muestreo del sistema de transferencia de partículas si puede demostrarse una penetración equivalente de partículas de 30 nm.

El tubo de salida que conduce la muestra diluida del eliminador de partículas volátiles a la entrada del contador de partículas tendrá las propiedades siguientes:

Tendrá un diámetro interno ≥ 4 mm.

El flujo del gas de muestreo que pasa por el tubo de salida tendrá un tiempo de estancia $\leq 0,8$ segundos.

Se considerará aceptable cualquier otra configuración de muestreo del tubo de salida si puede demostrarse una penetración equivalente de partículas de 30 nm.

- 1.2.2. El eliminador de partículas volátiles comprenderá dispositivos de dilución de la muestra y eliminación de las partículas volátiles.
- 1.2.3. Todas las partes del sistema de dilución y del sistema de muestreo, desde el tubo de escape hasta el contador de partículas, que estén en contacto con gas de escape bruto y diluido, deberán estar diseñadas de tal modo que se reduzca al mínimo la deposición de partículas. Todos los elementos estarán fabricados con materiales conductores de electricidad que no reaccionen con los componentes del gas de escape, y estarán conectados eléctricamente a tierra para evitar efectos electrostáticos.
- 1.2.4. El sistema de muestreo de partículas será conforme con las buenas prácticas de muestreo de aerosoles y, a tal efecto, se evitarán los codos en ángulos agudos y los cambios bruscos de sección, se utilizarán superficies internas lisas y se reducirá al mínimo la longitud de la línea de muestreo. Se permitirán cambios de sección graduales.
- 1.3. Requisitos específicos
 - 1.3.1. La muestra de partículas no pasará por una bomba antes de pasar por el contador de partículas.
 - 1.3.2. Se recomienda utilizar un preclasificador.
 - 1.3.3. La unidad de preacondicionamiento de la muestra:
 - 1.3.3.1. será capaz de diluir la muestra en una o varias fases para alcanzar una concentración de partículas inferior al umbral superior del modo de contaje único de partículas del contador de partículas y una temperatura del gas inferior a 35 °C en la entrada del mencionado contador;
 - 1.3.3.2. incluirá una fase de dilución inicial calentada que produzca una muestra a una temperatura ≥ 150 °C e ≤ 400 °C, y cuyo factor de dilución sea como mínimo de 10;

- 1.3.3.3. controlará las fases calentadas a unas temperaturas nominales de funcionamiento constantes, dentro del intervalo especificado en el punto 1.3.3.2, con una tolerancia de ± 10 °C; indicará si las fases calentadas se encuentran a las temperaturas de funcionamiento adecuadas;
 - 1.3.3.4. alcanzará un factor de reducción de la concentración ($f_r(d_i)$), tal como se define en el punto 2.2.2, de las partículas de 30 nm y 50 nm de diámetro de movilidad eléctrica, como máximo un 30 % y un 20 % superior, respectivamente, y un 5 % inferior al correspondiente a las partículas de 100 nm de diámetro de movilidad eléctrica en todo el eliminador de partículas volátiles;
 - 1.3.3.5. superará también un 99,0 % de vaporización de las partículas de 30 nm de tetracontano ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$), con una concentración $\geq 10\,000\text{ cm}^{-3}$, mediante calentamiento y reducción de las presiones parciales del tetracontano.
- 1.3.4. El contador de partículas:
- 1.3.4.1. funcionará en condiciones de flujo total;
 - 1.3.4.2. tendrá una precisión de contaje de ± 10 % en el intervalo de 1 cm^{-3} hasta el umbral superior del modo de contaje único del contador de partículas respecto a un patrón certificado; en concentraciones inferiores a 100 cm^{-3} , podrá ser necesario efectuar mediciones promediadas durante extensos períodos de muestreo para demostrar la precisión del contador de partículas;
 - 1.3.4.3. tendrá una legibilidad de al menos $0,1\text{ partículas cm}^{-3}$ en concentraciones inferiores a 100 cm^{-3} ;
 - 1.3.4.4. tendrá una respuesta lineal a las concentraciones de partículas en todo el intervalo de medición en el modo de contaje único de partículas;
 - 1.3.4.5. tendrá una frecuencia de envío de datos igual o superior a $0,5\text{ Hz}$;
 - 1.3.4.6. tendrá un tiempo de respuesta en el intervalo de concentración medido inferior a 5 segundos;
 - 1.3.4.7. incorporará una función de corrección de la coincidencia de un máximo del 10 %, y podrá hacer uso de un factor de calibración interno, determinado en el punto 2.1.3, pero no hará uso de ningún otro algoritmo para corregir o definir la eficacia de contaje;
 - 1.3.4.8. tendrá eficacias de contaje de partículas de 23 nm ($\pm 1\text{ nm}$) y 41 nm ($\pm 1\text{ nm}$) de diámetro de movilidad eléctrica del 50 % (± 12 %) y > 90 %, respectivamente; estas eficacias de contaje podrán alcanzarse por medios internos (por ejemplo, control del diseño del instrumento) o externos (por ejemplo, preclasificación del tamaño);
 - 1.3.4.9. será sustituido a la frecuencia especificada por su fabricante si utiliza un líquido de trabajo.

- 1.3.5. Cuando no se mantengan a un nivel constante conocido en el punto en el que se controla el caudal del contador de partículas, la presión y/o la temperatura se medirán y se notificarán en la entrada del mencionado contador a efectos de corrección de las mediciones de la concentración de partículas de acuerdo con las condiciones estándar.
- 1.3.6. La suma del tiempo de estancia en el sistema de transferencia de partículas, el eliminador de partículas volátiles y el tubo de salida, más el tiempo de respuesta t_{90} del contador de partículas, no excederá de 20 segundos.
- 1.3.7. El tiempo de transformación de todo el sistema de muestreo del número de partículas (sistema de transferencia de partículas, eliminador de partículas volátiles, tubo de salida y contador de partículas) se determinará mediante la conmutación del aerosol directamente en la entrada del sistema de transferencia de partículas. La conmutación del aerosol se realizará en menos de 0,1 segundos. El aerosol utilizado en este ensayo provocará un cambio de concentración de al menos un 60 % del fondo de escala.

Se registrará la curva de concentración. Para alinear el tiempo de las señales de la concentración de partículas y del caudal del gas de escape, se entenderá por tiempo de transformación el que transcurre desde el cambio (t_0) hasta que la respuesta alcanza un 50 % del valor final leído (t_{50}).

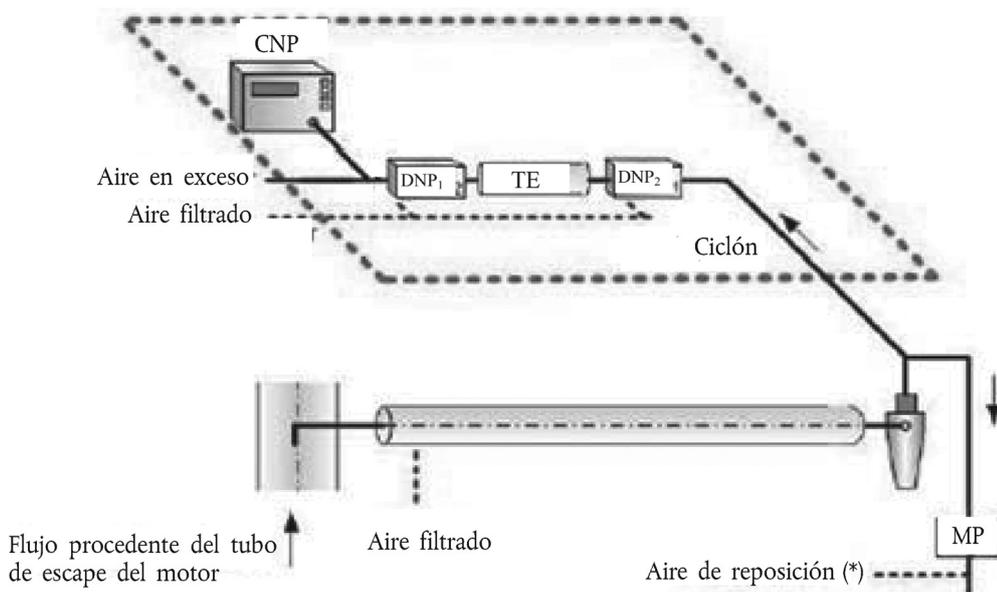
1.4. Descripción del sistema recomendado

A continuación se describe la práctica recomendada para contar las partículas. No obstante, será aceptable cualquier sistema que cumpla las especificaciones de rendimiento indicadas en los puntos 1.2 y 1.3.

Las figuras 14 y 15 son dibujos esquemáticos de las configuraciones del sistema de muestreo de partículas recomendadas para los sistemas de dilución de flujo parcial y de flujo total, respectivamente.

Figura 14

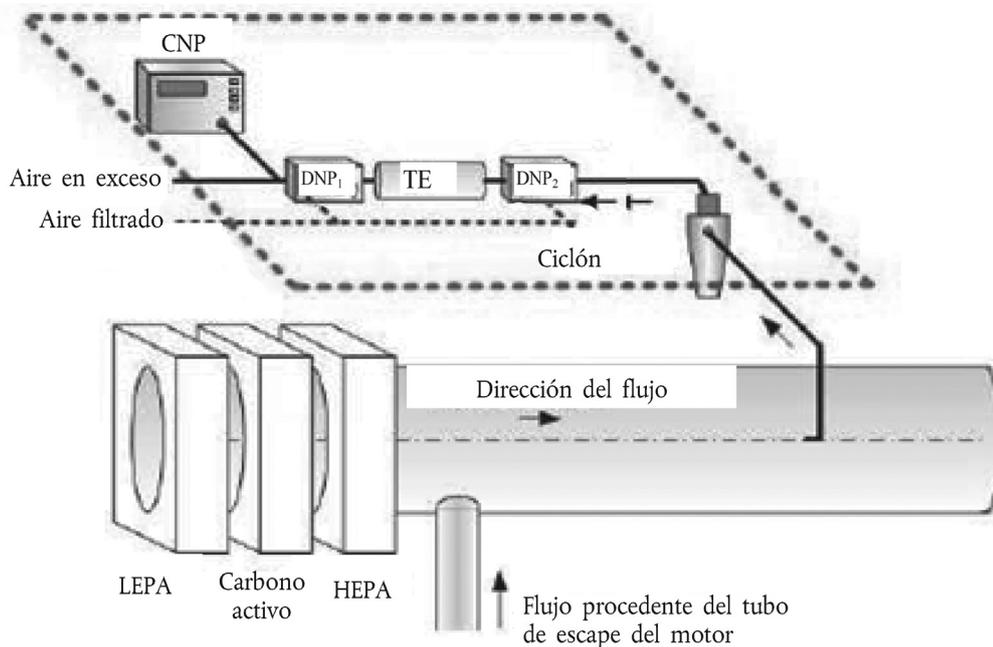
Esquema del sistema de muestreo de partículas recomendado: muestreo de flujo parcial



(*) Otra posibilidad es que el software de control tenga en cuenta el flujo extraído por el sistema de muestreo del número de partículas.

Figura 15

Esquema del sistema de muestreo de partículas recomendado: muestreo de flujo total



1.4.1. Descripción del sistema de muestreo

El sistema de muestreo de partículas consistirá en una punta de sonda de muestreo o un punto de muestreo de partículas en el sistema de dilución, un tubo de transferencia de partículas, un preclasificador de partículas y un eliminador de partículas volátiles situado antes del contador de partículas. El eliminador de partículas volátiles comprenderá dispositivos para diluir la muestra (diluidores del número de partículas: DNP₁ y DNP₂) y evaporar las partículas (tubo de evaporación, TE). La sonda o punto de muestreo del flujo del gas de ensayo se dispondrán de tal manera dentro del tracto de dilución que se tome una muestra del flujo de gas representativa en una mezcla de diluyente/gas de escape homogénea. La suma del tiempo de estancia en el sistema y el tiempo de respuesta t_{90} del contador de partículas no excederá de 20 segundos.

1.4.2. Sistema de transferencia de partículas

La punta de sonda o el punto de muestreo de partículas y el tubo de transferencia de partículas juntos comprenden el sistema de transferencia de partículas. Este último lleva la muestra desde el túnel de dilución hasta la entrada del primer diluidor del número de partículas. El sistema de transferencia de partículas deberá cumplir las condiciones siguientes:

En el caso de los sistemas de dilución de flujo total y de los sistemas de dilución de flujo parcial del tipo de muestreo fraccionado (tal como se describen en el anexo 4B, apéndice 3, punto A.3.2.1), la sonda de muestreo estará instalada cerca del eje central del túnel, a una distancia después del punto de entrada del gas equivalente a 10 a 20 veces el diámetro del túnel, orientada a contracorriente en el túnel del flujo de gas y con el eje de la punta paralelo al del túnel de dilución. La sonda de muestreo estará posicionada dentro del tracto de dilución de tal manera que la muestra se tome en una mezcla homogénea de diluyente/gas de escape.

En el caso de sistemas de dilución de flujo parcial del tipo de muestreo total (tal como se describen en el anexo 4B, punto A.3.2.1), el punto de muestreo de partículas se situará en el tubo de transferencia de partículas, antes del soporte del filtro de partículas, del dispositivo de medición del caudal y de cualquier punto de muestreo/bifurcación de derivación. La sonda o el punto de muestreo estarán posicionados de tal manera que la muestra se tome en una mezcla homogénea de diluyente/gas de escape.

El gas de muestreo que pasa por el sistema de transferencia de partículas deberá reunir las condiciones siguientes:

tendrá un número de Reynolds (Re) $< 1\,700$;

tendrá un tiempo de estancia en el sistema de transferencia de partículas ≤ 3 segundos.

Se considerará aceptable cualquier otra configuración de muestreo del sistema de transferencia de partículas si puede demostrarse una penetración equivalente de partículas de 30 nm de diámetro de movilidad eléctrica.

El tubo de salida que conduce la muestra diluida del eliminador de partículas volátiles a la entrada del contador de partículas tendrá las propiedades siguientes:

tendrá un diámetro interno ≥ 4 mm;

el tiempo de estancia del flujo del gas de muestreo en el tubo de salida será $\leq 0,8$ segundos.

Se considerará aceptable cualquier otra configuración de muestreo del tubo de salida si puede demostrarse una penetración equivalente de partículas de 30 nm de diámetro de movilidad eléctrica.

1.4.3. Preclasificador de partículas

El preclasificador de partículas recomendado estará situado antes del eliminador de partículas volátiles. El diámetro de las partículas para un punto de corte del 50 % del preclasificador será de entre 2,5 μm y 10 μm en el caudal volumétrico seleccionado para el muestreo del número de partículas. El preclasificador permitirá que al menos el 99 % de la concentración másica de partículas de 1 μm que entren en él pasen por su salida al flujo volumétrico seleccionado para el muestreo del número de partículas. En el caso de sistemas de dilución de flujo parcial, puede aceptarse la utilización del mismo preclasificador para tomar la muestra de la masa de partículas y la muestra del número de partículas; esta última se extraerá del sistema de dilución después del preclasificador. También se pueden utilizar preclasificadores separados y extraer la muestra del número de partículas del sistema de dilución antes del preclasificador de la masa de partículas.

1.4.4. Eliminador de partículas volátiles

El eliminador de partículas volátiles comprenderá un diluidor del número de partículas (DNP_1), un tubo de evaporación y un segundo diluidor del número de partículas (DNP_2) en serie. Esta función de dilución consiste en reducir la concentración de partículas de la muestra que entra en la unidad de medición de la concentración de partículas, hasta un nivel inferior al umbral superior del modo de contaje único del contador de partículas, y suprimir la nucleación en la muestra. El eliminador de partículas volátiles indicará si el DNP_1 y el tubo de evaporación se encuentran a las temperaturas de funcionamiento adecuadas.

El eliminador de partículas volátiles superará también un 99,0 % de vaporización de las partículas de 30 nm de tetracontano ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$), con una concentración de entrada $\geq 10\,000\text{ cm}^{-3}$, mediante el calentamiento y la reducción de las presiones parciales del tetracontano. Asimismo, alcanzará un factor de reducción de la concentración de partículas (f_r) de 30 nm y 50 nm de diámetro de movilidad eléctrica como máximo un 30 % y un 20 % superior, respectivamente, y un 5 % inferior al correspondiente a las partículas de 100 nm de diámetro de movilidad eléctrica en todo el eliminador de partículas volátiles.

1.4.4.1. Primer dispositivo de dilución del número de partículas (DNP_1)

El primer dispositivo de dilución del número de partículas estará diseñado específicamente para diluir la concentración de partículas y funcionar a una temperatura (de pared) de entre 150 °C y 400 °C. El punto de referencia de la temperatura de pared deberá mantenerse a una temperatura de funcionamiento nominal constante, dentro de ese intervalo, con una tolerancia de ± 10 °C, y no superar la temperatura de pared del tubo de evaporación (punto 1.4.4.2). El diluyente se suministrará con aire de dilución filtrado con un filtro HEPA y deberá poder mantener un factor de dilución de entre 10 y 200 veces.

1.4.4.2. Tubo de evaporación

En toda la longitud del tubo de evaporación se controlará una temperatura de pared superior o igual a la del primer dispositivo de dilución del número de partículas y la pared se mantendrá a una temperatura de funcionamiento nominal de entre 300 °C y 400 °C, con una tolerancia de ± 10 °C.

1.4.4.3. Segundo dispositivo de dilución del número de partículas (DNP₂)

El DNP₂ estará diseñado específicamente para diluir la concentración del número de partículas. El diluyente se suministrará con aire de dilución filtrado con un filtro HEPA y deberá poder mantener un factor de dilución de entre 10 y 30 veces. El factor de dilución del DNP₂ se seleccionará en el intervalo de 10 a 15 de tal manera que la concentración del número de partículas después del segundo diluyente sea inferior al umbral superior del modo de conteo único de partículas del contador de partículas y la temperatura del gas antes de la entrada en el contador sea < 35 °C.

1.4.5. Contador de partículas

El contador de partículas cumplirá los requisitos establecidos en el punto 1.3.4.

2. Calibración/validación del sistema de muestreo de partículas (¹)

2.1. Calibración del contador de partículas

2.1.1. El servicio técnico se asegurará de la existencia de un certificado de calibración del contador de partículas que demuestre su conformidad con un patrón certificado en los doce meses previos al ensayo de emisiones.

2.1.2. Asimismo, deberá recalibrarse el contador de partículas y emitirse un nuevo certificado de calibración después de todo importante mantenimiento.

2.1.3. La calibración deberá estar certificada de acuerdo con un método de calibración normalizado:

- a) mediante comparación de la respuesta del contador de partículas con el de un electrómetro de aerosol calibrado en el muestreo simultáneo de partículas de calibración clasificadas electrostáticamente, o bien
- b) mediante comparación de la respuesta del contador de partículas que está siendo calibrado con la de un segundo contador que ha sido calibrado directamente según el método anterior.

En el caso del electrómetro, la calibración se llevará a cabo utilizando al menos seis concentraciones estándar separadas de la manera más uniforme posible en el intervalo de medición del contador de partículas. Estos puntos incluirán un punto de concentración nominal cero alcanzado mediante la utilización de filtros HEPA como mínimo de clase H13, según la norma EN 1822:2008, o de eficacia equivalente, en la entrada de cada instrumento. Si no se aplica un factor de calibración al contador de partículas que se está calibrando, las concentraciones medidas deberán situarse dentro de un margen de ± 10 % de la concentración estándar para cada concentración utilizada, salvo para el punto cero. De lo contrario, deberá rechazarse el contador de partículas. Se calculará y registrará el gradiente de la regresión lineal de los dos conjuntos de datos y se aplicará un factor de calibración al contador de partículas que se está calibrando recíprocamente equivalente al gradiente. La linealidad de la respuesta se determinará calculando el cuadrado del coeficiente de correlación del momento del producto de Pearson (R^2) de los dos conjuntos de datos y será igual o superior a 0,97. Al calcular el gradiente y R^2 , la regresión lineal se hará pasar por el origen (concentración cero en ambos instrumentos).

En el caso del contador de partículas, la calibración se llevará a cabo utilizando al menos seis concentraciones estándar en el intervalo de medición del contador. Al menos tres puntos tendrán concentraciones inferiores a $1\ 000\ \text{cm}^{-3}$ y las concentraciones restantes estarán espaciadas linealmente entre $1\ 000\ \text{cm}^{-3}$ y el intervalo máximo del contador de partículas en modo de conteo único de partículas. Estos puntos incluirán un punto de concentración nominal cero alcanzado mediante la utilización de filtros HEPA como mínimo de clase H13, según la norma EN 1822:2008, o de eficacia equivalente, en la entrada de cada instrumento. Si no se aplica un factor

de calibración al contador de partículas que se está calibrando, las concentraciones medidas deberán situarse dentro de un margen de $\pm 10\%$ de la concentración estándar para cada concentración, salvo para el punto cero. De lo contrario, deberá rechazarse el contador de partículas. Se calculará y registrará el gradiente de la regresión lineal de los dos conjuntos de datos y se aplicará un factor de calibración al contador de partículas que se está calibrando recíprocamente equivalente al gradiente. La linealidad de la respuesta se determinará calculando el cuadrado del coeficiente de correlación del momento del producto de Pearson (R^2) de los dos conjuntos de datos y será igual o superior a 0,97. Al calcular el gradiente y R^2 , la regresión lineal se hará pasar por el origen (concentración cero en ambos instrumentos).

- 2.1.4. La calibración incluirá también una comprobación, de acuerdo con los requisitos del punto 1.3.4.8, sobre la eficacia de detección del contador de partículas con partículas de 23 nm de diámetro de movilidad eléctrica. No es necesario efectuar una comprobación de la eficacia de conteo con partículas de 41 nm.

2.2. Calibración/validación del eliminador de partículas volátiles

- 2.2.1. En caso de unidad nueva y después de todo mantenimiento importante, será necesario efectuar una calibración de los factores de reducción de la concentración de partículas del eliminador de partículas volátiles en todo su intervalo de parámetros de dilución, a las temperaturas nominales de funcionamiento establecidas del aparato. El requisito de validación periódica del factor de reducción de la concentración de partículas del eliminador de partículas volátiles se limita a una comprobación de un único parámetro, típico del utilizado para la medición en vehículos dotados de filtros de partículas diésel. El servicio técnico se asegurará de la existencia de un certificado de calibración o de validación del eliminador de partículas volátiles en los seis meses previos al ensayo de emisiones. Si el eliminador de partículas volátiles incorpora alarmas de control de la temperatura, será admisible un intervalo de validación de doce meses.

El eliminador de partículas volátiles se caracterizará por un factor de reducción de la concentración de partículas sólidas de 30 nm, 50 nm y 100 nm de diámetro de movilidad eléctrica. Los factores de reducción de la concentración ($f_r(d)$) de partículas de 30 nm y 50 nm de diámetro de movilidad eléctrica serán como máximo un 30 % y un 20 % superiores, respectivamente, y un 5 % inferiores al correspondiente a las partículas de 100 nm de diámetro de movilidad eléctrica. A efectos de validación, el factor medio de reducción de la concentración de partículas se encontrará dentro de un intervalo de $\pm 10\%$ del factor medio de reducción de la concentración de partículas (\bar{f}_r) determinado durante la calibración primaria del eliminador de partículas volátiles.

- 2.2.2. El aerosol de ensayo utilizado en estas mediciones consistirá en partículas sólidas de 30 nm, 50 nm y 100 nm de diámetro de movilidad eléctrica y una concentración mínima de 50 000 partículas cm^{-3} en la entrada del eliminador de partículas volátiles. Las concentraciones de partículas se medirán antes y después de los componentes.

El factor de reducción de la concentración de partículas para cada tamaño de partícula ($f_r(d_i)$) se calculará de la manera siguiente:

$$f_r(d_i) = \frac{N_{in}(d_i)}{N_{out}(d_i)}$$

donde:

$N_{in}(d_i)$ = concentración del número de partículas antes del componente en el caso de las partículas de diámetro d_i ;

$N_{out}(d_i)$ = concentración del número de partículas después del componente en el caso de las partículas de diámetro d_i ;

d_i = diámetro de movilidad eléctrica de las partículas (30, 50 o 100 nm).

$N_{in}(d_i)$ y $N_{out}(d_i)$ se corregirán de acuerdo con las mismas condiciones.

La reducción media de la concentración de partículas (\bar{f}_r) en un parámetro de dilución determinado se calculará de la manera siguiente:

$$\bar{f}_r = \frac{f_r(30_{nm}) + f_r(50_{nm}) + f_r(100_{nm})}{3}$$

Se recomienda calibrar y validar el eliminador de partículas volátiles como una unidad completa.

- 2.2.3. El servicio técnico se asegurará de la existencia de un certificado de validación del eliminador de partículas volátiles que demuestre su eficacia en los seis meses previos al ensayo de emisiones. Si el eliminador de partículas volátiles incorpora alarmas de control de la temperatura, será admisible un intervalo de validación de doce meses. El eliminador de partículas volátiles demostrará eliminar más de un 99,0 % de partículas de tetracontano ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$) de un mínimo de 30 nm de diámetro de movilidad eléctrica con una concentración de entrada $\geq 10\,000\text{ cm}^{-3}$ cuando funciona en su posición de dilución mínima y a la temperatura de funcionamiento recomendada por los fabricantes.
- 2.3. Procedimientos de control del sistema de contaje de partículas
 - 2.3.1. Antes de cada ensayo, el contador de partículas indicará una concentración medida inferior a $0,5\text{ partículas cm}^{-3}$ tras colocar un filtro HEPA como mínimo de clase H13, según la norma EN 1822:2008, o de eficacia equivalente, en la entrada de todo el sistema de muestreo de partículas (eliminador de partículas volátiles y contador de partículas).
 - 2.3.2. El control mensual del flujo introducido en el contador de partículas con un caudalímetro calibrado indicará un valor medido dentro de un margen del 5 % del caudal másico nominal del contador de partículas.
 - 2.3.3. Cada día, tras la aplicación de un filtro HEPA de como mínimo clase H13, según la norma EN 1822:2008, o de eficacia equivalente, en la entrada del contador de partículas, este indicará una concentración $\leq 0,2\text{ cm}^{-3}$. El contador de partículas mostrará un aumento de las concentraciones medidas de al menos $100\text{ partículas cm}^{-3}$ tras quitar el filtro HEP y ser sometido a aire ambiente y volverá a indicar concentraciones $\leq 0,2\text{ cm}^{-3}$ tras colocar de nuevo el mencionado filtro.
 - 2.3.4. Antes del inicio de cada ensayo, se confirmará que el sistema de medición indica que el eventual tubo de evaporación ha alcanzado su temperatura de funcionamiento adecuada.
 - 2.3.5. Antes del inicio de cada ensayo, se confirmará que el sistema de medición indica que el diluidor DNP_1 ha alcanzado su temperatura de funcionamiento adecuada.

(¹) En la siguiente dirección se ofrece un ejemplo de calibración/validación: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grpe/pmpFCP.html>»