

# **Contador del número de partículas**

Versión 2019-06-28

**NORMA**

Instrumentos para medir el número de  
partículas en gases de escape  
vehicular

Parte 1: Requisitos metroológicos y técnicos

## Índice

|   |    |
|---|----|
| PARTE 1 - REQUISITOS METROLÓGICOS Y TÉCNICOS .....        | 3  |
| 0 Introducción .....                                      | 3  |
| 1 Alcance.....  | 3  |
| 2 Referencias normativas .....                            | 3  |
| 2.1 Normas ISO.....                                       | 3  |
| 2.2 Normas IEC.....                                       | 4  |
| 2.3 Publicaciones de la OIML.....                         | 5  |
| 2.4 Publicaciones de la CEPE de la ONU .....              | 5  |
| 2.5 Otras publicaciones .....                             | 6  |
| 3 Términos y definiciones .....                           | 7  |
| 4 Descripción del instrumento.....                        | 9  |
| 5 Requisitos metrológicos .....                           | 10 |
| 5.1 Indicación del resultado de medición.....             | 10 |
| 5.2 Rango de medición.....                                | 10 |
| 5.3 Resolución de la indicación.....                      | 10 |
| 5.4 Registro duradero de los resultados de medición ..... | 10 |
| 5.5 Errores máximos permitidos .....                      | 10 |
| 5.6 Magnitudes de influencia .....                        | 10 |
| 5.7 Perturbaciones .....                                  | 12 |
| 5.8 Tiempo de respuesta.....                              | 13 |
| 5.9 Tiempo de calentamiento .....                         | 13 |
| 5.10 Estabilidad con el tiempo o la deriva .....          | 14 |
| 5.11 Repetibilidad .....                                  | 14 |
| 6 Requisitos técnicos .....                               | 14 |
| 6.1 Construcción .....                                    | 14 |
| 6.2 Seguridad de las operaciones .....                    | 15 |
| 7 Inscripciones e instrucciones de funcionamiento.....    | 16 |
| 7.1 Inscripciones .....                                   | 16 |
| 7.2 Instrucciones de funcionamiento.....                  | 16 |

# Instrumentos para medir el número de partículas en gases de escape vehicular

## Parte 1 - Requisitos metroológicos y técnicos

### 0 Introducción

Los motores diésel y de gasolina vienen cada vez más y más equipados con filtros de partículas altamente eficaces. Para poder comprobar el estado de estos filtros de partículas en inspecciones vehiculares, se necesita un simple analizador de emisiones y un sencillo procedimiento de prueba. Los contadores de partículas que miden la concentración volumétrica de partículas son capaces de detectar emisiones de partículas muy bajas y muy altas y tienen una curva lineal.

- La Recomendación constará de dos partes:

- Parte 1 *Requisitos metroológicos y técnicos*; y
- Parte 2 *Control metroológico y pruebas de funcionamiento*.

### 1 Alcance

En esta Recomendación Internacional se especifican los requisitos y pruebas metroológicas y técnicas de los instrumentos de medición digital (en adelante denominados "instrumento(s)") que sirven para determinar la cantidad de partículas por volumen de los gases de escape que emanan de los motores de combustión. También se establecen las condiciones que deberán cumplir esos instrumentos para satisfacer los requisitos de funcionamiento.

Es aplicable a los instrumentos destinados a la inspección y el mantenimiento de los motores de combustión. Estos instrumentos se utilizan para determinar el número de partículas por volumen de tamaños de partículas definidos en el gas de escape bruto.

Esta Recomendación no se aplica a los equipos de diagnóstico a bordo incorporados en los vehículos de motor.

### 2 Referencias normativas

Los siguientes documentos normativos contienen disposiciones que, mediante referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación.

No se aplican las enmiendas o revisiones posteriores de las referencias fechadas. Sin embargo, se alienta a las partes en acuerdos basados en la presente Recomendación a que investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de los documentos normativos que se indican a continuación. En el caso de las referencias sin fecha, se aplica la última edición del documento normativo mencionado.

Los miembros de la ISO, la IEC y la OIML mantienen registros de las normas internacionales actualmente válidas. El estado actual de las Normas a las que se hace referencia también se puede encontrar en Internet:

- Publicaciones de la IEC: <http://www.iec.ch>
- Publicaciones de la ISO: <http://www.iso.org>
- Publicaciones de la OIML: <http://www.oiml.org> (con descarga gratuita de archivos PDF).

#### 2.1 Normas ISO

ISO 3929 (2003), *Road vehicles - Measurement methods for exhaust gas emissions during inspection or maintenance* (Vehículos de carretera - Métodos de medición de las emisiones de gases de escape durante la inspección o el mantenimiento)

ISO 7637-1 (2002) y Enmienda 1 (2008), *Road vehicles - Electrical disturbance from conducting and coupling - Part 1: Definitions and general considerations* (Vehículos de carretera - perturbaciones eléctricas por conducción y acoplamiento – Parte 1: Definiciones y consideraciones generales)

ISO 7637-2 (2011), *Road vehicles - Electrical disturbance from conducting and coupling - Part 2: Electrical transient*

*conduction along supply lines only* (Vehículos de carretera - Conducción de transitorios eléctricos a lo largo de las líneas de suministro solamente).

ISO 7637-3 (2007) *Road vehicles — Electrical disturbance by conducting and coupling — Part 3: Passenger cars and light commercial vehicles with nominal 12 V supply voltage and commercial vehicles with 24 V supply voltage — Electrical transient transmission by capacitive and inductive coupling via lines other than supply lines* (Vehículos de carretera - Perturbación eléctrica por conducción y acoplamiento - Parte 3: Vehículos de pasajeros y vehículos comerciales ligeros con una tensión de alimentación nominal de 12 V y vehículos comerciales con una tensión de alimentación de 24 V - Transmisión de transitorios eléctricos por acoplamiento capacitivo e inductivo a través de líneas distintas a las de suministro)

ISO 14912 (2003) con corrección 1 (2006), *Gas analysis – conversion of gas mixture composition data* (Análisis de gas - conversión de datos de composición de mezclas gaseosas)

ISO 15900 (2009) *Determination of particle size distribution -- Differential electrical mobility analysis for aerosol particles* (Determinación de la distribución del tamaño de partículas -- Análisis de movilidad eléctrica diferencial para partículas de aerosol)

ISO 16750-2 Ed. 4.0 (2012), *Road vehicles – Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment -- Part 2: Electrical loads* (Vehículos de carretera – Condiciones ambientales y pruebas para equipos eléctricos y electrónicos – Parte 2: Cargas eléctricas)

ISO 27891 (2015), *Aerosol particle number concentration – Calibration of condensation particle counters* (Concentración del número de partículas de aerosol – Calibración de los contadores de partículas de condensación)

## 2.2 Normas IEC

IEC 60068-2-1 Ed. 6.0 (2007-03), *Environmental testing - Part 2: Test methods - Section 1: Test A: Cold* (Pruebas ambientales - Parte 2: Métodos de prueba - Sección 1: Prueba A: Frío)

IEC 60068-2-2 Ed. 5.0 (2007-07), *Environmental testing - Part 2: Test methods - Section 1: Test B: Dry heat* (Pruebas ambientales - Parte 2: Métodos de prueba - Sección 1: Prueba B: Calor seco)

IEC 60068-2-30 Ed 3.0 (2005-08), *Environmental testing – Part 2: Test methods – Section 30: Test Db: Damp heat, cyclic (12 + 12 hour cycle)* (Pruebas ambientales - Parte 2: Métodos de prueba - Sección 30: Prueba Db: Calor húmedo, cíclico (ciclo de 12 + 12 horas))

IEC 60068-2-78 Ed. 2.0 (2012-10), *Environmental testing — Part 2: Tests methods — Section 78: Test Cab: Damp heat, steady state* (Pruebas ambientales - Parte 2: Métodos de prueba - Sección 78: Cabina de prueba: Calor húmedo, estado estable)

IEC 60068-2-31 Ed. 2.0 (2008-05), *Environmental testing — Part 2: Tests methods — Section 31: Test Ec: Rough handling shocks, primarily for equipment-type specimens* (Pruebas ambientales - Parte 2: Métodos de prueba - Sección 31: Prueba Ec: Choques de manejo brusco, principalmente para muestras de tipo equipo)

IEC 60068-2-64 Ed 2.0 (2008-04), *Environmental testing – Part 2: Test methods – Section 64: Test Fh: Vibration, broad-band random and guidance* (Pruebas ambientales - Parte 2: Métodos de prueba - Sección 64: Prueba Fh: Vibración, aleatorio de banda ancha y orientación)

IEC 60068-3-1 Ed. 2.0 (2011-08), *Environmental testing – Part 3: Supporting documentation and guidance – Section 1: Cold and dry heat tests* (Pruebas ambientales - Parte 3: Documentación de apoyo y orientación - Sección 1: Pruebas de frío y calor seco)

IEC 60068-3-4 Ed. 1.0 (2001-08), *Environmental testing – Part 3: Supporting documentation and guidance - Section 4: Damp heat tests* (Pruebas ambientales – Parte 3: Documentación de apoyo y orientación – Sección 4: Pruebas de calor húmedo)

IEC/TR 61000-2-1 Ed. 1.0 (1990-05), *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2: Environment – Section 1: Description of the environment – Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signaling in public power supply systems* (Compatibilidad electromagnética (CEM) – Parte 2: Entorno – Sección 1: Descripción del entorno – Entorno electromagnético para las perturbaciones conducidas a baja frecuencia y la

señalización en los sistemas de suministro de energía pública)

IEC 61000-4-2 Ed. 2.0 (2008-12), *Basic EMC Publication – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 2: Electrostatic discharge immunity test* (Publicación Básica de CEM - Compatibilidad electromagnética (CEM) - Parte 4: Técnicas de prueba y medición – Sección 2: Prueba de inmunidad a las descargas electrostáticas)

IEC 61000-4-3 consolidado Ed. 3.2 (2010-04) *Basic EMC Publication – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 3: Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test* (Publicación básica sobre compatibilidad electromagnética (CEM) - Parte 4: Técnicas de prueba y medición – Sección 3: Prueba de inmunidad a los campos electromagnéticos radiados y de radiofrecuencia)

IEC 61000-4-4 Ed. 3.0 (2012-04), *Basic EMC Publication – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 4: Electrical fast transient/burst immunity test* (Publicación Básica de CEM - Compatibilidad electromagnética (CEM) – Parte 4: Técnicas de prueba y medición – Sección 4: Prueba de inmunidad a los transitorios rápidos/ráfagas eléctricas)

IEC 61000-4-5 (2005), Corrección 1 sobre Ed. 2.0 (2009-10), *Basic EMC Publication, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 5: Surge immunity test* (Publicación Básica de CEM, Compatibilidad electromagnética (CEM) – Parte 4: Técnicas de prueba y medición – Sección 5: Prueba de inmunidad ante las sobretensiones)

IEC 61000-4-6 Ed 4.0 (2013-10), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 6: Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields* (Compatibilidad electromagnética (CEM) – Parte 4: Técnicas de prueba y medición – Sección 6: Inmunidad a las perturbaciones conducidas, inducidas por campos de radiofrecuencia)

IEC 61000-4-8 Ed. 2.0 (2009-09). *Basic EMC Publication – Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4: Testing and measurement techniques - Section 8: Power frequency magnetic field immunity test* (Publicación básica sobre compatibilidad electromagnética (CEM) – Parte 4: Técnicas de prueba y medición – Sección 8: Prueba de inmunidad al campo magnético de frecuencia eléctrica)

### 2.3 Publicaciones de la OIML

OIML V 1 (2013) *Vocabulario internacional de términos en metrología legal (VIML)*

OIML V 2-200 (2012) *Vocabulario internacional de metrología - Conceptos fundamentales y generales y términos asociados (VIM)*

OIML D 11 (2013) *Requisitos generales para los instrumentos de medición - Condiciones ambientales*

### 2.4 Publicaciones de la CEPE de la ONU

Reglamento N° 83 de la CEPE, *Disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos por lo que respecta a la emisión de contaminantes según las necesidades del motor en materia de combustible. Anexo 4a, Apéndice 5.*

En 2011 se introdujo una medición del número de partículas (PN) en la legislación europea de emisiones para la homologación de tipo de vehículos diésel de carga ligera. Los vehículos han sido probados en un dinamómetro de chasis con un sistema llamado de muestreo a volumen constante (CVS, por su sigla en inglés). El sistema CVS, que funciona con gases de escape altamente diluidos, está equipado con un contador de partículas y un sistema de acondicionamiento de muestras. El sistema de acondicionamiento de muestras elimina las partículas volátiles. La concentración volumétrica de partículas sólidas restantes se mide en el contador de partículas, que tiene una eficiencia de conteo dependiente del tamaño y un rango de medición de alrededor de 0 a 25,000 partículas/cm<sup>3</sup>. La prueba de emisiones en la homologación de tipo consiste en un ciclo de conducción definido y se mide continuamente la emisión de PN volumétrica de la muestra diluida. El resultado final de la prueba se expresa en

partículas por kilómetro.

Debido a la altísima eficiencia de los filtros de partículas aplicados en los vehículos, la concentración de PN de los gases de escape no diluidos a velocidad de ralentí está alrededor o por debajo de la concentración de PN del aire ambiente. La fuga del DPF conducirá a un aumento de la emisión del PN y la eliminación del DPF produce en su mayoría una emisión del PN a velocidad de ralentí en el rango de 1 a 15 millones de partículas/cm<sup>3</sup>.

## 2.6 **Otras publicaciones**

*Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*, (1995): Publicación conjunta de la BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, y OIML

Verordnung des EJPD über Abgasmessgeräte für Verbrennungsmotoren

### **3 Términos y definiciones**

A los efectos de la presente Recomendación, se aplican los siguientes términos y definiciones.

#### **3.1 Sonda de muestreo**

Tubo que se introduce en el tubo de escape de un vehículo para tomar muestras de gas

#### **3.2 Filtro HEPA**

Dispositivo que elimina las partículas del aire

*Nota:* HEPA significa *High Efficiency Particulate Air* (Filtro de Alta Eficiencia para Partículas de Aire)

#### **3.3 (Tamaño de partícula) de diámetro de movilidad (eléctrica)**

Tamaño de las partículas cargadas equivalente a la movilidad eléctrica en un campo eléctrico

#### **3.4 Sistema de manejo de gas**

Componentes del instrumento, desde la sonda de muestreo hasta la salida de la muestra de gas, a través de la cual la muestra de gas de escape es transportada por la bomba

#### **3.5 Ajuste (de un sistema de medición)**

Conjunto de operaciones realizadas sobre un sistema de medición para que proporcione indicaciones prescritas, correspondientes a valores dados de la magnitud a medir (VIML, 0,15)

#### **3.6 Sistema de ajuste semiautomático**

Sistema que permite al usuario iniciar un ajuste del instrumento sin tener la posibilidad de influir en su magnitud, independientemente de que el ajuste se requiera automáticamente o no

*Nota:* Para aquellos instrumentos que requieren que los valores de la referencia de ajuste se introduzcan manualmente, el dispositivo se considera semiautomático.

#### **3.7 Sistema de ajuste automático**

Sistema que realiza el ajuste del instrumento según lo programado sin la intervención del usuario, para iniciar el ajuste o su magnitud

#### **3.8 Dispositivo de puesta a cero**

Dispositivo para poner a cero la indicación del instrumento

#### **3.9 Sistema de ajuste interno**

Sistema para ajustar el instrumento a un valor designado sin utilizar una referencia de ajuste externo

#### **3.10 Tiempo de calentamiento**

Tiempo transcurrido entre el momento en que se aplica la potencia a un instrumento y el momento en que el instrumento es capaz de cumplir con los requisitos metrológicos

#### **3.11 Tiempo de respuesta (a escalón)**

Duración entre el instante en que un valor de cantidad de entrada de un instrumento de medición o sistema de medición se somete a un cambio brusco entre dos valores de cantidad constante especificados y el instante en que una indicación correspondiente se establece dentro de los límites especificados en torno a su valor estable final (VIM, 4.23)

### **3.12 Valor (la cantidad) de referencia**

Valor referencial utilizado como base para la comparación con los valores de las cantidades de la misma clase (VIM, 5.18)

### **3.13 Error (de medición)**

Valor medido menos un valor referencial (VIM, 2.16)

### **3.14 Error relativo**

Error de medición dividido entre el valor referencial del medidor

### **3.15 Falla**

Diferencia entre el error de indicación y el error intrínseco de un instrumento de medición (VIML, 5.14)

### **3.16 Falla significativa**

Falla que sobrepasa la falla límite aplicable (VIML, 5.14)

*Nota:* Las siguientes fallas se consideran no significativas:

- a) fallas que resultan de causas simultáneas y mutuamente independientes en un instrumento de medición o en sus sistemas de verificación;
- b) fallas que hacen imposible realizar cualquier medición;
- c) fallas transitorias que provienen de variaciones momentáneas de la indicación y que no se pueden interpretar, memorizar o transmitir como un resultado de medición; y
- d) fallas que producen variaciones del resultado de medición lo suficientemente importantes para ser identificadas por todos los interesados en el resultado de medición.

### **3.17 Magnitud de influencia**

Magnitud que, en una medición directa, no afecta la cantidad que se mide realmente, sino que afecta la relación entre la indicación y el resultado de medición (VIM, 2.52)

### **3.18 Condiciones nominales de funcionamiento**

Condición de funcionamiento que debe cumplirse durante la medición para que un instrumento o sistema de medición funcione según lo previsto (VIM, 4.9)

### **3.19 Perturbación**

Magnitud de influencia cuyo valor se encuentra dentro de los límites especificados en esta Recomendación pero fuera de las condiciones nominales de funcionamiento de un instrumento de medición (VIML, 5.19)

### **3.20 Condición de referencia**

Condición de funcionamiento prescrita para evaluar el comportamiento de un instrumento o sistema de medición o para comparar resultados de medición (VIML, 4.11)

### **3.21 Sistema de verificación**

Sistema incorporado en un instrumento de medición que permite detectar y poner en evidencia fallas significativas (VIML, 5.07)

*Nota:* “Poner en evidencia” se refiere a cualquier respuesta adecuada del instrumento de medición (señal luminosa, señal acústica, bloqueo del proceso de medición, etc.

### 3.22 Sistema de verificación automática

Sistema de verificación que funciona sin la intervención del usuario

### 3.23 Software legalmente relevante

Cualquier parte del software, incluidos los parámetros almacenados, que influye en el resultado de la medición calculada, visualizada, transmitida o almacenada.

### 3.24 Muestra de PN de referencia

Aerosol de suficiente estabilidad y homogeneidad cuya composición está debidamente establecida para su uso en diversos pruebas de funcionamiento

### 3.25 Tipos de instrumentos (analizadores):

#### a. Instrumento manual

Tipo de instrumento (analizador) que está diseñado para ser usado de forma manual por una persona y con sus accesorios estándar

#### b. Instrumento (Analizador) transportable

Tipo de instrumento (analizador) ensamblado sobre una superficie adecuada durante su uso, que puede estar diseñado para ser transportado a mano por una persona junto con sus accesorios estándar

### 3.26 Vehículo de motor

Vehículo de carretera, impulsado por un motor incorporado, que no se transporta por ferrocarril

*Nota:* Normalmente se utiliza para aplicaciones como:

- transporte de personas y/o mercancías;
- remolque de vehículos utilizados para el transporte de personas y/o mercancías.

### 3.27 Abreviaturas

|        |  |
|--------|--|
| AC     | Corriente Alterna                              |
| AM     | Amplitud Modulada                              |
| ASD    | Densidad Espectral de Aceleración              |
| DC     | Corriente Continua                             |
| CEM    | Compatibilidad electromagnética                |
| f.e.m. | fuerza electromotriz                           |
| EUT    | Equipo bajo prueba                             |
| CEI    | Comisión Electrotécnica Internacional          |
| ISO    | Organización Internacional de Normalización    |
| MPE    | Error máximo permitido                         |
| OIML   | Organización Internacional de Metrología Legal |
| PN     | Número de partículas                           |

## 4 Descripción del instrumento

**4.1** Generalmente, el instrumento proporciona un medio para tomar muestras y luego medir los gases de escape emitidos por el tubo de escape de un vehículo de motor. Una bomba proporciona el medio para transportar la muestra de gas a través de un sistema de manejo de gas. Uno o más dispositivos de detección, incorporados en el sistema de manejo de gas, analizan la muestra y proporcionan señales relacionadas con el número de partículas por volumen. Las señales del detector se procesan eléctricamente para mostrar y posiblemente registrar los resultados de una medición

del número de partículas. Por partículas se entiende las partículas sólidas con tamaños entre 23 y 200 nm.

**4.2** Los principales componentes del instrumento son los siguientes:

- sonda de muestreo introducida en el tubo de escape de un vehículo de motor en funcionamiento para recoger la muestra de gases de escape;
- bomba(s) para transportar los gases a través del instrumento;
- dispositivo(s) para evitar que se forme una condensación de agua en la línea de muestreo y en el instrumento;
- filtro(s) para eliminar las partículas que podrían causar la contaminación de varias partes sensibles del instrumento;
- puertos para introducir el aire ambiente y la muestra de PN de referencia cuando lo requiera la tecnología utilizada;
- dispositivo para eliminar las partículas volátiles de la muestra,
- dispositivos de detección para medir el número de partículas de la muestra de gas;
- un sistema de datos para procesar la señal que incluye un dispositivo indicador para mostrar los resultados de una medición; y
- un sistema de control para iniciar y verificar las operaciones de los instrumentos y un sistema de ajuste semiautomático o automático para establecer los parámetros de funcionamiento de los instrumentos dentro de los límites prescritos.

## **5 Requisitos metrológicos**

### **5.1 Indicación del resultado de medición**

El número de partículas por volumen se expresará como número de partículas por  $\text{cm}^3$  en el caso de las partículas de tamaño especificado. Las inscripciones para esta unidad se asignarán inequívocamente a la indicación, por ejemplo "#/ $\text{cm}^3$ ".

### **5.2 Rango de medición**

El rango mínimo, que puede ser subdividido, será de 5 000 a 5 000 000 de partículas/ $\text{cm}^3$ .

El instrumento indica (visiblemente) si se ha excedido el rango.

### **5.3 Resolución de la indicación**

Como se indica en la sección de Alcance, la presente Recomendación se refiere únicamente a los instrumentos indicadores digitales. Las cifras digitales deberán tener una altura mínima de 5 mm. La cifra menos significativa de la indicación deberá proporcionar una resolución mínima de 1000 partículas/ $\text{cm}^3$ .

### **5.4 Registro duradero de los resultados de medición**

Los resultados de medición se registrarán por un medio duradero, acompañados de información para identificar la medición en particular.

## 5.5 Errores máximos permitidos

### 5.5.1 Error máximo permitido

| Tipo de error | Error máximo permitido *<br>[partículas/cm <sup>3</sup> ] |
|---------------|---|
| Absoluto      | 25 000  |
| Relativo      | ± 25% del valor real                                      |

\* Absoluto o relativo, lo que sea mayor.

### 5.5.2 Falla límite

La falla límite es de 25 000 partículas/cm<sup>3</sup>.

## 5.6 Magnitudes de influencia

### 5.6.1 Condiciones de referencia

- |                          |                               |
|--------------------------|-------------------------------|
| a) temperatura ambiente  | 20 °C ± 2 °C;                 |
| b) humedad relativa      | 50 % ± 20 %;                  |
| c) presión atmosférica   | ambiente estable;             |
| d) tensión de red        | voltaje nominal ± 2 %;        |
| e) frecuencia de red     | frecuencia nominal ± 1 %;     |
| f) vibración             | ninguna / insignificante;     |
| g) voltaje de la batería | voltaje nominal de la batería |

### 5.6.2 Condiciones nominales de funcionamiento

- |   |   |
|---|---|
| a) temperatura ambiente                         | + 5 °C a + 40 °C <sup>(1)</sup> ;   |
| b) humedad relativa                             | hasta el 85 %, sin condensación (lugar cerrado);<br>hasta el 95 % de condensación (lugar abierto) <sup>(2)</sup> ;                      |
| c) presión atmosférica                          | 860 hPa a 1 060 hPa <sup>(3)</sup> ;  |
| d) tensión de red                               | 860 hPa a 1 060 hPa <sup>(3)</sup> ;  |
| e) frecuencia de red                            | - 15 % a + 10 % del voltaje nominal;  |
| f) voltaje de la batería del vehículo automotor | ± 2 % de la frecuencia nominal;   |
| g) voltaje de la batería interna                | batería de 12 V: 9 V a 16 V;<br>batería de 24 V: 16 V a 32 V;   |
|   | bajo voltaje según lo especificado por el fabricante, hasta el voltaje de una batería nueva o totalmente cargada del tipo especificado. |

<sup>(1)</sup> A menos que el fabricante especifique lo contrario, estos son los rangos estandarizados para la temperatura ambiente. El fabricante, sin embargo, puede especificar diferentes rangos bajo las siguientes condiciones:

- la temperatura más baja será de 5 °C o menos;
- la temperatura más alta será de 40 °C o más.

Fuera del rango de temperaturas, el instrumento no indicará el valor medido, sino que indicará una advertencia de que la temperatura está fuera del rango.

- (2) Lugar cerrado: el instrumento está destinado a ser usado en el interior; lugar abierto: el instrumento está destinado a ser usado en el exterior.
- (3) A menos que el fabricante especifique lo contrario, éste es el rango normalizado para la presión atmosférica. El fabricante puede especificar un rango ampliado para la presión atmosférica que incluya el rango normalizado.

### 5.6.3 Influencia del tamaño de partículas

El diseño del instrumento será tal que la eficiencia de detección relacionada con el tamaño de partículas sea la siguiente

| Eficiencia de conteo | Tamaño de partículas [nm] |
|----------------------|---------------------------|
| 0,2 – 0,6            | 23 +/- 5%                 |
| 0,6 – 1,3            | 50 +/- 5%                 |
| 0,7 – 1,3            | 80 +/- 5%                 |

### 5.7 Perturbaciones

Las fallas significativas definidas en 3.21 no se producirán o se detectarán y se pondrán en evidencia mediante sistemas de verificación en caso de las siguientes perturbaciones:

|  |  |
|--|--|
| Choque mecánico  | Manual: 1 caída de 1 m en cada borde inferior<br>Transportable: 1 caída de 50 mm en cada borde inferior  |
| Vibración  | 10 Hz a 150 Hz, 1.6 ms <sup>-2</sup> ,<br>0.05 m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup> , -3 dB/octava   |
| Caídas de tensión de la red de corriente alterna (AC), breves interrupciones y reducciones | 0.5 ciclos      reducción al 0 %.<br>1 ciclo      reducción al 0 %<br>10/12 (*) ciclos      reducción al 40 %<br>25/30 (*) ciclos      reducción al 70 %<br>250/300 (*)      reducción al 80 %<br>250/300 (*)      reducción al 0 %<br>(*) Para 50 Hz/ 60 Hz respectivamente |
| Ráfagas (transitorias) en la red de AC   | Amplitud 2 kV<br>Tasa de repetición 5 kHz  |
| Ráfagas (transitorias) en las líneas de señal, datos y control                             | Amplitud 1 kV<br>Tasa de repetición 5 kHz  |
| Sobretensiones en las líneas de alimentación de la red de AC                               | De línea a línea 1.0 kV<br>Línea a tierra 2.0 kV   |
| Sobretensiones en las líneas de señal, datos y control                                     | De línea a línea 1.0 kV<br>Línea a tierra 2.0 kV   |

|  |   |
|--|---|
| Descarga electrostática  | 6 kV descarga de contacto<br>8 kV descarga de aire      |
| Campos electromagnéticos, radiados y de radiofrecuencia                                | 80 (26) MHz hasta 6 GHz, 10 V/m                         |
| Campos de radiofrecuencia conducida  | 0.15 hasta 80 MHz, 10 V (f.e.m.)                        |
| Campos magnéticos de frecuencia eléctrica  | Continuo 100 A/m<br>Corta duración 1000 A/m durante 1 s |
| Para los instrumentos que funcionan con la batería de un vehículo motor:               |   |
| Conducción de transitorios eléctricos en líneas de suministro                          | Pulsos 2a, 2b, 3a, 3b, nivel de prueba IV (ISO 7637-2)  |
| Conducción de transitorios eléctricos a través de líneas que no sean las de suministro | Pulsos a y b, nivel de prueba IV (ISO 7637-3)           |
| Sobretensión por desconexión de carga.   | Prueba B (ISO 16750-2)                                  |

## 5.8 Tiempo de respuesta

Para la medición de la concentración de PN, el instrumento que incluye el sistema de manejo de gas especificado indicará el 95 % del valor final (determinado con muestras de PN de referencia) en un plazo de 15 s después de cambiar del aire ambiente. El instrumento puede estar provisto de un dispositivo de registro para verificar este requisito.

## 5.9 Tiempo de calentamiento

Después del tiempo de calentamiento, el instrumento deberá cumplir los requisitos metrología establecidos en esta Recomendación. El instrumento evitará que se indique el número de partículas medidas durante el tiempo de calentamiento.

## 5.10 Estabilidad con el tiempo o la deriva

Cuando se utilicen de acuerdo con las instrucciones de funcionamiento del fabricante, las mediciones realizadas por el instrumento, en condiciones ambientales estables y tras el ajuste mediante una muestra de PN de referencia o el sistema de ajuste interno, permanecerán dentro del error máximo permitido durante al menos 12 h sin necesidad de muestra de PN de referencia o de reajustes internos por parte del usuario. Si el instrumento está equipado con un medio de compensación de la deriva, como el cero automático o el ajuste interno automático, la acción de estos ajustes no producirá una indicación que pueda confundirse con una medición de un gas externo.

## 5.11 Repetibilidad

En el caso de 20 mediciones consecutivas de la misma muestra de PN de referencia realizadas por la misma persona con el mismo instrumento en intervalos de tiempo relativamente cortos, la desviación estándar experimental de los 20 resultados no deberá ser superior a un tercio del módulo del error máximo permitido para la muestra pertinente.

# 6 Requisitos técnicos

## 6.1 Construcción

**6.1.1** Todos los componentes del sistema de manejo de gas serán de material resistente a la corrosión. El material de la sonda de muestreo deberá soportar la temperatura del gas de escape. Los materiales utilizados no influirán en la composición de la muestra de gas.

**6.1.2** La sonda de muestreo estará diseñada de tal manera que pueda insertarse al menos 30 cm en el tubo de escape del vehículo y mantenerse en su lugar mediante un dispositivo de retención, independientemente de la profundidad de inserción.

**6.1.3** El instrumento contendrá un dispositivo que impida la formación de condensación de agua en la línea de muestreo y en los componentes de medición o un detector que dé una alarma e impida que se indique un resultado de medición.

*Nota:* Algunos ejemplos de dispositivos son: el calentamiento de la línea de muestreo o la dilución con aire ambiente cerca de la sonda de muestreo.

**6.1.4** Si se necesita una referencia de ajuste debido a la técnica de medición, con el instrumento se dispondrá de medios sencillos para proporcionar esa muestra.

**6.1.5** La bomba que transporta el gas de escape se montará de manera que sus vibraciones no afecten a las mediciones. El usuario podrá encender y apagar la bomba si no es posible realizar una medición cuando la bomba esté apagada.

*Nota:* Se recomienda que el sistema de manejo de gas se limpie automáticamente con aire ambiente antes de que se apague la bomba.

**6.1.6** El instrumento estará equipado con un dispositivo que indique cuando el caudal de gas disminuye hasta un nivel que haga que la detección exceda el tiempo de respuesta o la mitad del módulo del error máximo permitido. Y, cuando se alcance ese límite, el dispositivo impedirá que se realicen mediciones.

**6.1.7** El sistema de manejo de gas será hermético hasta tal punto que la influencia de la dilución con el aire ambiente en los resultados de la medición no será superior a la mitad del módulo del error máximo permitido.

El instrumento no podrá realizar una medición si se supera este valor.

En las instrucciones de funcionamiento del fabricante se proporcionará un procedimiento de prueba de aire limpio con suficiente precisión (por ejemplo, un filtro HEPA con una eficacia del 99,97%) para detectar esta fuga máxima específica.

El instrumento estará equipado con un dispositivo que en su primer uso, cada 24 h, realice un procedimiento automático de puesta a cero. Este dispositivo puede combinarse con el procedimiento de prueba de aire limpio.

**6.1.8** El instrumento puede estar equipado con una interfaz que permite el acoplamiento a cualquier dispositivo periférico u otro instrumento.

Una interfaz no deberá permitir que las funciones metrológicas de los instrumentos o sus datos de medición se vean influenciadas por los dispositivos periféricos, por otros instrumentos interconectados o por perturbaciones que actúen sobre la interfaz.

Las funciones que se realicen o se inicien a través de una interfaz deberán cumplir los requisitos y condiciones pertinentes.

Si el instrumento está conectado a una impresora de datos o a un dispositivo externo de almacenamiento de datos, la transmisión de datos del instrumento a la impresora deberá estar diseñada de manera que los resultados no puedan ser falsificados.

No será posible imprimir un documento o almacenar los datos de la medición en un dispositivo externo para fines legales si el(los) sistema(s) de verificación del instrumento detecta(n) una falla significativa o un mal funcionamiento.

**6.1.9** El instrumento tiene una frecuencia de notificación igual o superior a una frecuencia de 1 Hz.

**6.1.10** El instrumento está diseñado de acuerdo con las buenas prácticas de ingeniería para asegurar que los factores de reducción de la concentración de partículas (por ejemplo, de un sistema de dilución) sean estables a lo largo de una prueba con un vehículo.

**6.1.11** El instrumento alcanza una eficiencia de remoción de > 95 por ciento de las partículas de tetracontano de 30 nm (C<sub>40</sub>H<sub>82</sub>).

## **6.2 Seguridad de las operaciones**

**6.2.1** Si la detección de una o más de las perturbaciones enumeradas en el párrafo 5.7 se logra mediante el uso de sistemas de verificación automática, será posible comprobar el correcto funcionamiento de dichos sistemas.

**6.2.2** El instrumento será controlado por un sistema de verificación automática que funcionará de tal manera que, antes de que pueda indicarse o imprimirse una medición, se confirmarán todos los ajustes y todos los demás parámetros del sistema de verificación para determinar los valores o el estado adecuados (es decir, dentro de los límites).

**6.2.3** Los instrumentos equipados con un sistema de ajuste automático o semiautomático no podrán efectuar una medición hasta que se hayan completado los ajustes correctos.

**6.2.4** Los instrumentos equipados con un sistema de ajuste semiautomático no podrán hacer una medición cuando se requiera un ajuste.

**6.2.5** Se puede prever un medio para advertir de un ajuste necesario en los sistemas de ajuste tanto automáticos como semiautomáticos.

**6.2.6** Se proporcionarán dispositivos eficaces de sellado en todas las partes del instrumento que no estén materialmente protegidas de otra manera contra operaciones que puedan afectar la exactitud o la integridad del instrumento.

Esto se aplica en particular a

- medios de ajuste;
- integridad del software.

**6.2.7** El software legalmente relevante estará claramente identificado. La identificación se mostrará o imprimirá:

- a la orden o
- durante la operación o
- en el arranque para un instrumento de medición que puede ser apagado y encendido de nuevo.

**6.2.8** El software se protegerá de tal manera que se disponga de pruebas de cualquier intervención (por ejemplo, actualizaciones de software, cambios de parámetros).

**6.2.9** Las características metrológicas de un instrumento no se verán influenciadas en modo alguno por la conexión a él de otro dispositivo, por ninguna característica del propio dispositivo conectado o por ningún dispositivo remoto que se comunique con el instrumento de medición.

**6.2.10** Un instrumento que funciona con pilas debe operar correctamente con pilas nuevas o totalmente cargadas del tipo especificado y continuar funcionando correctamente o no indicar ningún valor siempre que el voltaje esté por debajo del valor especificado por el fabricante.

Los límites de voltaje específicos para las baterías de vehículos de carretera se prescriben en 5.6.2.

## **7 Inscripciones e instrucciones de funcionamiento**

### **7.1 Inscripciones**

**7.1.1** El instrumento tendrá una o varias etiquetas permanentes, intransferibles y fácilmente legibles que contengan

la siguiente información:

- a) La marca y el nombre corporativo del fabricante;
- b) Año de fabricación;
- c) Marca de homologación de tipo y número de modelo;
- d) Número de serie del instrumento;
- e) Detalles de la energía eléctrica:
  - en el caso de la red eléctrica: el voltaje nominal de la red, la frecuencia y la potencia requerida;
  - en el caso de alimentación por la batería de un vehículo de carretera: el voltaje nominal de la batería y la potencia requerida;
  - en el caso de batería interna extraíble: el tipo y el voltaje nominal de la batería.

## **7.2 Instrucciones de funcionamiento**

**7.2.1** El fabricante proporcionará instrucciones de funcionamiento escritas para cada instrumento en el idioma o idiomas del país en el que se utilizará.

**7.2.2** Las instrucciones de funcionamiento deberán incluir:

- a) Los intervalos de tiempo y los procedimientos de ajuste y mantenimiento que se seguirán para cumplir con los errores máximos permitidos (véase también 6.2.5);
- b) Una descripción del procedimiento de prueba de aire limpio;
- c) Si procede, el procedimiento de puesta a cero;
- d) Las temperaturas máxima y mínima de almacenamiento;
- e) Una declaración de las condiciones nominales de funcionamiento enumeradas en 5.6.2 y otras condiciones ambientales mecánicas y electromagnéticas pertinentes;
- f) Si procede, detalles sobre la compatibilidad con el equipo auxiliar;
- g) El rango de temperatura ambiente se incluirá en las instrucciones de funcionamiento;
- h) Cualquier condición de funcionamiento específica, por ejemplo, una limitación de la longitud de las líneas de señal, de datos o de control;
- i) Si procede, las especificaciones de la batería (véase 6.2.10);
- j) Una lista de mensajes de error con explicación.