



GUÍA TÉCNICA DE INSTRUMENTOS PARA MEDIR EL NÚMERO DE PARTÍCULAS DE GASES DE ESCAPE Parte 2: Controles metrológicos y pruebas de funcionamiento

V- 21.07.2021

Guía técnica de instrumentos para medir el número de partículas de gases de escape

Parte 2: Controles metrológicos y pruebas de funcionamiento

Este documento ha sido elaborado en el marco del Programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina - CALAC+ (Fase 1) financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación - COSUDE y ejecutado por la Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico – Swisscontact.

La presente guía metodológica es de carácter informativa y no necesariamente refleja los puntos de vista u opiniones de las organizaciones y gobiernos participantes.

Las denominaciones utilizadas y la presentación del material de esta publicación no implican en lo absoluto la expresión de ninguna opinión sobre el estatus legal de un país, territorio, ciudad o área, sobre sus autoridades.

Lo contenido en este documento debe ser estudiado con cuidado, por las entidades o gobiernos interesados, considerando las condiciones locales propias (ej. riesgos para salud, viabilidad tecnológica, aspectos económicos, factores políticos y sociales, nivel de desarrollo, la capacidad nacional o local, entre otros) antes de adoptar total o parcialmente contenidos de esta guía directamente en instrumentos con validez jurídica.

Elaborado por:

Grupo de trabajo para la elaboración de métodos de medición de número de partículas en motores de combustión interna - CALAC+

Secretaria técnica:

Freddy Koch, Programa CALAC+

John Ramiro Agudelo, Docente investigador – Universidad de Antioquia Colombia

Edición: versión 2021-07-21

LOS TEXTOS PUEDEN SER MENCIONADOS TOTAL O PARCIALMENTE CITANDO LA FUENTE

Miembros del grupo de trabajo para elaboración de métodos de medición de número de partículas en motores de combustión interna - CALAC+

México

Antonio Galván	Sedema
Sara Mercado	Sedema
Sergio Zirath Hernández Villaseñor	Sedema
Daniela Muñoz	Semovi
Rodrigo Díaz González	Semovi
Carolina García Cañón	Estado de México
Rocío Rojas	Estado de México
Biol. Francisco Javier Barrera Martínez	Estado de México
Dr. Luis Gerardo Ruiz	Inecc
Abraham Ortínez	Inecc
Claudia Octaviano	Inecc
Andrés Aguilar	Inecc
Rodrigo Perrusquía Máximo	Semarnat
Luis Felipe Acevedo Portilla	Semarnat
Daniel López Vicuña	Semarnat
Sergio Israel Mendoza Aguirre	Semarnat
Juan Manuel Flores Moreno	Semarnat
Adán Espejo Preciado	Jalisco
Dr. Víctor Hugo Páramo Figueroa	CAME
Ramiro Barrios	CAME
Arón Jazcilevich Diamant	UNAM
Enrique Rico Arzate	IPN
Isabel Kreiner	ITESM
Jose Ignacio Huertas	Inst. Tec. Monterrey

Chile

Nancy Manríquez	Ministerio del Medio Ambiente, MMA
Alfonso Cádiz	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, MTT
Rodrigo Tapia	Directorio de Transporte Público Metropolitano, DTPM
Aliosha Reinoso	GEASUR
Robert Fraser	PUREXHAUST
Nicolas Fraser	PUREXHAUST
Rigoberto Bahamonde	Opus Inspection

Colombia

Mayra Lancheros	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Johana Jiménez	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Mauricio Gaitán	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Hugo Sáenz	Secretaría Distrital de Ambiente
Jaime Rueda	Secretaría Distrital de Ambiente
Luis Galindo	Secretaría Distrital de Ambiente
Rafael Chaparro	Secretaría Distrital de Ambiente
John Ramiro Agudelo	Universidad de Antioquia
Maria Luisa Botero	Universidad de Antioquia
Edilia Arboleda	Área Metropolitana del Valle de Aburra AMVA
Gloria Ramirez	Área Metropolitana del Valle de Aburra AMVA
Ana Orrego	Área Metropolitana del Valle de Aburra AMVA

Perú

Rosa Azpilcueta	ATU
Claudia Ato	ATU
Luis Bravo	MINAM
Luis Antonio Ibañez	MINAM
Aldo Florez	MINAM
Milagros Morales	MTC
Ivan Maita	MTC
Orlando Dávila Vizconde	MTC Políticas
Iván Maita Gomez	MTC
María del Carmen Sánchez Orozco	MTC
Julien Noel	UTEC
Sthy Warren Flores Daorta	UTEC
Jose Cesar Ramos Saravia	UTEC

Ecuador y otras regiones

Roberto Custode	Consultor independiente
Eduard Fernández	CITA
Pascal Bukenhoudt	CITA
David Miller	3DATX
Mike Dio	3DATX

CALAC+

Adrián Montalvo
Freddy Koch
Santiago Morales
Gina Lombardi
Carol Arenas
Guisselle Castillo
Marco Balam
Andrés Díaz

Jefe de Proyecto
Coordinador Componente 1
Coordinador Componente 2
Asesora en comunicación
Coordinadora Chile
Coordinadora Perú
Coordinador México
Coordinador Colombia

Contenido

1. Introducción	6
2. Controles Metrológicos	7
3. Pruebas de funcionamiento para la evaluación de prototipo.....	11
4. Normas y documentos de referencia.....	23
5. Información de Contacto.....	23
6. Referencias	24
7. Anexo.....	25

1. Introducción

La presente guía se constituye en la segunda parte de la Guía técnica No. 2 titulada: “Guía técnica de instrumentos para medir el número de partículas de gases de escape”, la cual tiene por finalidad establecer las recomendaciones que deben cumplir los equipos que miden la concentración volumétrica de partículas utilizados para ITP y para control en carretera. La guía No. 2 se divide en dos partes, a saber:

Parte 1: Requisitos metrológicos y técnicos, y

Parte 2: Control metrológico y pruebas de funcionamiento

Los documentos base de trabajo sobre los cuales se ha desarrollado esta guía fueron los propuestos por el NMI (Países Bajos): *Proposal Particulate Number Counter. Instruments for measuring vehicle exhaust particulate number emissions. Part 1: Metrological and technical requirements. 2019-10-16, Part 2: Metrological controls and performance tests.*

En esta segunda parte de la Guía técnica No. 2, se especifican los controles metrológicos y las pruebas de funcionamiento que aplica para los instrumentos de conteo de partículas en gases de escape. El control metrológico legal puede consistir en la evaluación de prototipo, su verificación inicial y posterior, y la supervisión metrológica. En esta parte 2 de la Guía se brindan pautas generales para cada uno de estos pasos.

2. Controles Metrológicos

2.1 Responsabilidad del cumplimiento de los requisitos

2.1.1 Independientemente del tipo de control metrológico legal de un país, el fabricante (o su representante formal) tiene la plena responsabilidad de que los instrumentos cumplan los requisitos de la Parte 1 de la Guía No. 2 en el momento en que se entregan al usuario.

2.1.2 Tras la entrega, el propietario del instrumento tiene la responsabilidad de que el instrumento esté bien mantenido y cumpla los requisitos de la Parte 1 de la Guía No. 2 mientras el instrumento esté en uso. La presencia operativa del instrumento en las instalaciones del propietario se considera como "en uso".

2.2 Muestra de número de partículas de referencia

Una muestra de número de partículas de referencia es aquella generada por un generador de partículas (aerosoles) con un instrumento de referencia, el cual mide el valor de referencia de la muestra. El generador normalmente sólo puede aproximar una concentración de partículas.

Las partículas deben ser parecidas al hollín. Pueden utilizarse otras partículas (como sal o aceite) siempre que se disponga de una correlación. Los aerosoles aplicados se consideran térmicamente estables.

El instrumento de referencia debe establecer y mantener la trazabilidad metrológica de los resultados de sus mediciones por medio de una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medición y vinculándolos con la referencia apropiada.

La distribución del tamaño de las partículas puede ser monodispersa o polidispersa.

Para la curva de error se debe utilizar un aerosol polidisperso para alcanzar altas concentraciones. Para la eficiencia del conteo se utilizará un aerosol monodisperso.

2.3 Incertidumbre de la referencia

2.3.1 Cada prueba comprende mediciones que aplican configuraciones de prueba armonizadas para la verificación del cumplimiento de los requisitos. La incertidumbre de la medición es un atributo de cada medición.

2.3.2 La incertidumbre asociada al método de prueba se tendrá en cuenta en la decisión sobre la aplicabilidad del método de prueba.

Cuando se realice una prueba, la incertidumbre expandida de la referencia utilizada para la

determinación de los errores en las indicaciones deberá ser inferior o igual a un tercio del error máximo permitido.

2.3.3 La estimación de la incertidumbre expandida se calcula según la Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición, [1], aplicando una probabilidad de cobertura que corresponde a la aplicación de un factor de cobertura $k = 2$ para una distribución normal y que comprende aproximadamente el 95 % de los resultados de la medición.

2.4 Evaluación de prototipo

2.4.1 Documentación

Al solicitar la evaluación de prototipo, la documentación suministrada por el fabricante para un instrumento deberá incluir:

- a) Una descripción de su principio general de medición;
- b) Una lista de sus componentes esenciales con sus características;
- c) Una descripción de sus componentes esenciales con dibujos y diagramas que son necesarios para las pruebas y el mantenimiento;
- d) Información general sobre el software;
- e) Las instrucciones de uso que se facilitarán al usuario.

Junto con la solicitud de evaluación de prototipo, el fabricante deberá proporcionar cualquier dato u otra información que pueda respaldar la afirmación de que el diseño y la construcción del instrumento cumplen los requisitos de esta Guía.

2.4.2 Requisitos generales

La evaluación de prototipo se llevará a cabo en al menos una unidad que represente el prototipo definitivo. La evaluación consistirá en las pruebas especificadas en la cláusula 2 y en la comprobación de los requisitos para los que no se disponga de ninguna prueba mediante inspección y/o verificaciones funcionales.

Las concentraciones nominales especificadas tienen una tolerancia de $\pm 20\%$, a menos que se especifique lo contrario, proporcionada por un generador de partículas con instrumento de referencia.

2.4.3 Inspección y pruebas

La inspección y las pruebas de los instrumentos tienen por objeto verificar el cumplimiento de los requisitos de las cláusulas 7, 8 y 9 de la Parte 1 de la Guía.

Por regla general, las pruebas deben realizarse con el instrumento completo según sus especificaciones, sin modificaciones (de software).

2.4.3.1 El instrumento se someterá a una inspección visual para obtener una apreciación general de su diseño, construcción y conformidad con la documentación presentada para la evaluación del prototipo.

En particular, se evaluarán los requisitos de la Parte 1 de la presente Guía no cubiertos por las pruebas.

2.4.3.2 El equipo bajo prueba (EBP) se someterá a las pruebas de funcionamiento especificadas en la cláusula 3 para determinar su correcto funcionamiento.

2.4.3.3 Una medición se refiere al resultado final de un ciclo realizado por el instrumento en su modo de funcionamiento normal. La duración del ciclo puede depender de la legislación aplicable. Para la evaluación de prototipo debe utilizarse el ciclo más corto definido por el fabricante. Para la verificación debe utilizarse el ciclo correspondiente a la legislación aplicable.

2.5 Verificación inicial

2.5.1 Requisitos generales

Un instrumento nuevo se someterá a la verificación inicial sólo después de la evaluación de prototipo. La verificación se llevará a cabo utilizando medios de prueba adecuados y un generador de partículas con el instrumento de referencia.

2.5.2 Inspección

Antes de iniciar las pruebas, se realizarán las siguientes inspecciones:

- a) Una inspección visual para determinar la conformidad con el prototipo aprobado;
- b) Una verificación de la tensión y la frecuencia de alimentación en el lugar de utilización para determinar el cumplimiento de las especificaciones que figuran en la etiqueta del instrumento de medición.

2.5.3 Organismo a cargo de la Verificación inicial

Se sugiere que la verificación inicial esté a cargo del fabricante

2.5.3 Pruebas

Las pruebas para determinar los errores del instrumento se llevarán a cabo en condiciones nominales de funcionamiento.

- a) Antes de iniciar las pruebas, ajuste el instrumento según el procedimiento de ajuste rutinario descrito en el manual de instrucciones del fabricante.
- b) Compruebe la estanqueidad del sistema realizando una comprobación de fugas como se describe en las instrucciones de uso del fabricante.
- c) Verifique la activación del indicador de bajo caudal de gas, así como el bloqueo de bajo

caudal, restringiendo el caudal de gas suministrado a la sonda mientras se toma la muestra de aire ambiente.

d) Después de que el instrumento se haya calentado, determine la curva de error según la cláusula 3.1 con las muestras de referencia definidas en 2.5.4.

Los errores observados deberán estar dentro del error máximo permitido (EMP) para cada medición.

e) Verifique el tiempo de respuesta.

2.5.4 Muestras de número de partículas de referencia que se utilizarán para la verificación inicial

La verificación inicial se realizará con cinco muestras de referencia que incluyan el mínimo y el máximo del rango de medición y el punto en el que el EMP cambia de absoluto a relativo (100,000 partículas/cm³) y dos valores intermedios. Valores nominales +/- 30% proporcionados por el generador con el instrumento de referencia.

2.6 Verificación posterior

2.6.1 Requisitos generales

La verificación posterior se llevará a cabo utilizando medios de prueba adecuados (Numeral 3) y un generador de partículas con el instrumento de número de partículas de referencia.

El intervalo de verificación posterior está sujeto a la legislación nacional o regional. El intervalo sugerido es de 1 año.

2.6.2 Inspección

Antes de iniciar las pruebas, se realizará una inspección visual para determinar la validez de la verificación previa y la presencia de todos los sellos, precintos/sellos de seguridad y documentos requeridos.

2.6.3 Organismo a cargo de la Verificación posterior

Se sugiere que la verificación posterior esté a cargo del ente de metrología de cada país

2.6.4 Pruebas de verificación posterior

Las pruebas para determinar los errores del instrumento se llevarán a cabo en condiciones nominales de funcionamiento.

a) Antes de iniciar las pruebas, ajuste el instrumento según el procedimiento de ajuste rutinario descrito en el manual de instrucciones del fabricante.

b) Compruebe la estanqueidad/hermeticidad del sistema realizando una comprobación de fugas tal y como se describe en las instrucciones de uso del fabricante

c) Compruebe la activación del indicador de bajo caudal de gas, así como el bloqueo de bajo caudal, restringiendo el caudal de gas suministrado a la sonda mientras se toma la muestra de aire ambiente.

d) Después de que el instrumento se haya calentado, determine la curva de error según la

cláusula 3.1 con las muestras de referencia definidas en 2.6.4.

Los errores observados deberán estar dentro del EMP para cada medición.

2.6.5 Muestras PN de referencia que se utilizarán para la verificación posterior

La verificación posterior se realizará con al menos tres muestras de referencia que incluyan cerca de cero, 100,000 partículas/cm³ y 1'000,000 de partículas/cm³. Valores nominales +/- 50% proporcionados por el generador con el instrumento de referencia.

3. Pruebas de funcionamiento para la evaluación de prototipo

Antes de las pruebas de evaluación de prototipo y cuando se especifique en las instrucciones de uso del fabricante previstas en el punto 3.1.1, el instrumento se ajustará de acuerdo con estas instrucciones.

Excepto para el parámetro que se está probando, se aplican las condiciones de referencia especificadas en la Parte 1 de esta Guía, 7.6.1.

3.1 Verificación de la curva de error (linealidad)

Esta prueba se realizará en condiciones de referencia.

Los errores del instrumento se determinarán para al menos 10 concentraciones dentro del intervalo de medición, incluidos el mínimo y el máximo del intervalo de medición y el punto en el que el EMP pasa de absoluto a relativo (100,000 partículas/cm³) y siete valores intermedios.

Las mediciones se realizarán sucesivamente. Durante esta prueba, los errores no deberán superar el error máximo permitido.

3.2 Estabilidad con el tiempo o deriva

Esta prueba se llevará a cabo durante un período de 12 horas tras el tiempo de calentamiento. Las mediciones se realizarán al menos cada hora utilizando una concentración nominal de 100,000 partículas/cm³.

Durante esta prueba, los errores no deberán superar la mitad del error máximo permitido.

3.3 Repetibilidad

El requisito especificado en la Parte 1 de esta Guía, numeral 7.11 se someterá a prueba con una concentración nominal de 100,000 partículas/cm³. Entre cada medición se ofrece aire ambiente al instrumento.

3.4 Efecto de las cantidades de influencia

Por regla general, sólo debe variarse una cantidad de influencia durante una prueba, mientras que todas las demás se mantienen en sus valores de referencia.

Una alternativa aceptable para el instrumento de referencia puede ser un segundo EBP mantenido en condiciones de referencia. En este caso, se corregirá la diferencia de indicación de los dos EBP en condiciones de referencia.

Para cada prueba de cantidad de influencia:

Procedimiento de prueba	<p>En cada uno de los valores de la cantidad de influencia:</p> <p>Ajuste el EBP tan cerca de la indicación cero como sea posible antes de la prueba. El EBP no deberá reajustarse en ningún momento durante la prueba.</p> <p>Después de la estabilización, aplique al menos cinco concentraciones que incluyan el mínimo y el máximo del rango de medición y el punto en el que el EMP cambia de absoluto a relativo (100,000 partículas/cm³) y dos valores intermedios y registre:</p> <p>a) fecha y hora; b) temperatura; c) humedad relativa; d) medidores; e) indicaciones; f) errores; g) desempeño funcional.</p>
Condición previa	Suministro de energía eléctrica normal y "encendido" durante un periodo de tiempo igual o superior al tiempo de calentamiento especificado por el fabricante.
Estado del EBP	El equipo debe estar "encendido" mientras dure la prueba.
Criterios de aceptación	Todas las funciones deberán funcionar según lo previsto. Todos los errores deberán estar dentro del error máximo permitido.

3.4.1 Temperatura

Norma aplicable	IEC 60068-2-1, IEC 60068-2-2, IEC 60068-3-1
Estabilización	2 horas a cada temperatura en condiciones de "aire libre".
Secuencia de temperatura	Temperatura de referencia; Temperatura baja especificada; Temperatura alta especificada; Temperatura de referencia.

3.4.2 Calor húmedo, estado estable (sin condensación)

Norma aplicable	IEC 60068-2-78
Estado del EBP	El EBP se manipulará de forma que no se produzca condensación de agua en él.
Prueba	El EBP se mantiene a 40 °C, 85 % humedad relativa (HR) durante 2 días (48 h). Al final de este período y todavía en estas condiciones, aplique el procedimiento de prueba.
Notas	Esta prueba es aplicable si está prevista para un lugar cerrado.

3.4.3 Calor húmedo cíclico (condensación)

Norma aplicable	IEC 60068-2-30, IEC 60068-3-4
Estado del EBP	Se espera que se produzca la condensación del agua.
Prueba	<p>Exposición a una variación cíclica de la temperatura entre 25 °C y la temperatura superior adecuada, manteniendo la humedad relativa por encima del 95 % durante el cambio de temperatura y las fases de baja temperatura y por encima del 93 % de humedad relativa en las fases de temperatura superior.</p> <p>El ciclo de 24 horas comprende lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - la temperatura aumenta durante 3 horas, - la temperatura se mantiene en el valor más alto hasta 12 horas después del inicio del ciclo, - la temperatura baja al nivel de temperatura más bajo en un período de tiempo de 3 a 6 horas, siendo la declinación (tasa de caída) durante la primera hora y media tal que el nivel de temperatura más bajo se alcanzaría en un período de 3 horas, - la temperatura se mantiene en el nivel más bajo hasta que se complete el período de 24 horas. El período de estabilización antes y la recuperación después de la exposición cíclica deberán ser tales que todas las partes del EBP estén aproximadamente en su temperatura final. <p>Secuencia de la prueba:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mediciones durante el aumento de la temperatura 2. Mediciones durante la temperatura alta 3. Mediciones durante el nivel de temperatura más bajo
Notas	Esta prueba es aplicable si está prevista para un lugar abierto.

3.4.4 Presión atmosférica

Norma aplicable	No se conoce ninguna norma aplicable
Prueba	Exposición del EBP a los límites de presión atmosférica superior e inferior especificados.

3.4.5 Variación de tensión y frecuencia

Norma aplicable	IEC 61000-2-1, IEC 61000-2-2 e IEC 61000-4-1	
Prueba	Exposición del EBP a las tensiones y frecuencias superiores e inferiores especificadas.	
Nivel de prueba	Tensión de red	Unom-alto + 10 % Unom-bajo - 15 %
	Frecuencia de la red	/nom-alto + 2 % /nom-bajo - 2 %
Nota	Los valores de <i>Unom</i> y <i>fnom</i> son los marcados en el EBP. Si no se especifica ningún rango, los valores bajos y altos son iguales.	

3.4.6 Variación de la tensión de la batería del vehículo de carretera

Norma aplicable	ISO 16750-2	
Prueba	Exposición del EBP a las tensiones especificadas.	
Nivel de prueba	Unom = 12 V	Unom = 24 V
Límite inferior	9 V	16 V
Límite superior	16 V	32 V

3.4.7 Variación de la tensión de la batería (interna)

Norma aplicable	No se conoce ninguna norma aplicable
Prueba	Exposición del EBP a tensiones dentro de los límites especificados y por debajo del límite inferior especificado. Reduzca la tensión de alimentación hasta que el EBP deje de funcionar correctamente según las especificaciones y los requisitos metrológicos. Verifique también justo por encima de esta tensión.
Nota	Si se utiliza una fuente de alimentación alternativa (fuente de alimentación estándar con suficiente capacidad de corriente) en las pruebas de banco (desempeño) para simular la batería, es importante que también se simule la impedancia interna del tipo de batería especificado.

3.4.8 Tamaño de las partículas

Norma aplicable	No se conoce ninguna norma aplicable
Prueba	La exposición del EBP a partículas de diferentes tamaños para comprobar que la eficacia de conteo está dentro de los límites especificados. La prueba se realiza con una concentración nominal menor o igual a 100,000 partículas/cm ³ . Determinar la indicación (de referencia) con un aerosol polidisperso con una distribución de tamaño de partículas de 80 nm. Determinar la indicación con una distribución de tamaño de partículas monodispersas en los tamaños de partículas especificados en la Parte 1 de esta Guía, numeral 7.6.3. Verificar que las indicaciones cumplen los requisitos de la Parte 1 de esta Guía, numeral 7.6.3.

Nota	Debido a las limitadas capacidades para generar distribuciones de tamaño de partículas monodispersas, la concentración nominal puede ser de hasta 30,000 partículas/cm ³
------	---

3.5 Perturbaciones

Una alternativa aceptable para el instrumento de referencia puede ser un segundo EBP mantenido en condiciones de referencia. En este caso, se corregirá la diferencia de indicación de los dos EBP.

Para cada prueba de perturbación:

Procedimiento de prueba	<p>En cada uno de los valores de la perturbación: Ajustar el EBP tan cerca de la indicación cero como sea posible antes de la prueba. El EBP no deberá reajustarse en ningún momento durante la prueba.</p> <p>Después de la estabilización, aplicar 1 concentración en el punto en que el EMP cambia de absoluto a relativo (100 000 partículas/cm³) y registrar:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) fecha y hora; b) temperatura; c) humedad relativa; d) medidores; e) indicaciones; f) errores; g) desempeño funcional.
Condición previa	El EBP no se reajustará en ningún momento durante la prueba, excepto para reiniciarlo si se ha identificado una falla significativa.
Estado del EBP	El equipo debe estar "encendido" mientras dure la prueba, a menos que se especifique lo contrario.
Criterios de aceptación	O bien no se producen fallas significativas, o bien se detectan las fallas significativas y se toma acción a través de un dispositivo de verificación.

3.5.1 Choque mecánico y vibraciones

3.5.1.1 Choque mecánico

Norma aplicable	IEC 60068-2-31
Estado del EBP	El equipo debe estar "apagado" mientras dure la prueba.

Prueba	El EBP, en su posición normal de uso sobre una superficie rígida, se inclina a lo largo de un borde inferior y posteriormente se deja caer libremente sobre la superficie de prueba. La altura de caída es la distancia entre el borde inferior opuesto y la superficie de prueba. Sin embargo, el ángulo entre la parte inferior y la superficie de prueba no deberá superar los 30°. Después de los choques, se encenderá el EBP y, tras un tiempo de estabilización igual o superior al tiempo de calentamiento especificado por el fabricante, se aplicará el procedimiento de prueba.
Nivel de prueba	Altura de la caída 50 mm, 1 caída en cada borde inferior

3.5.1.2 Vibración

Norma aplicable	IEC 60068-2-47, IEC 60068-2-64, IEC 60068-3-8
Estado del EBP	El equipo debe estar "apagado" mientras dure la prueba.
Prueba	Después de haber apagado (o desconectado la energía eléctrica), se aplicará el siguiente nivel de vibración en 3 ejes mutuamente perpendiculares durante 2 minutos por eje, estando el EBP montado en un soporte rígido por sus medios de montaje normales, de modo que la fuerza gravitacional actúe en la misma dirección que en el uso normal. Después de las vibraciones, se encenderá el EBP y, tras un tiempo de estabilización igual o superior al tiempo de calentamiento especificado por el fabricante, se aplicará el procedimiento de prueba.
Nivel de prueba	Rango de frecuencia total: de 10 Hz a 150 Hz Nivel RMS total: 1,6 m.s ⁻² Nivel ASD 10 Hz- 20 Hz: 0.05 m ² .s ⁻³ Nivel ASD 20 Hz- 150 Hz: - 3 dB/octava

3.5.2 Caídas de tensión de la red, breves interrupciones y reducciones

Norma aplicable	IEC 61000-4-11, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2			
Prueba	Se debe utilizar un generador de prueba adecuado para reducir la amplitud de la tensión de la red de AC durante el período de tiempo requerido. El desempeño del generador de prueba se verificará antes de conectar el EBP. Las pruebas de reducción de la tensión de red se repetirán 10 veces con intervalos de al menos 10 s entre las pruebas.			
		Nivel de prueba		Unidad
Caídas de tensión	Prueba a	Reducción	100	%
		Duración	0.5	ciclos
	Prueba b	Reducción	100	%
		Duración	1	ciclos
	Prueba c	Reducción	30	%
		Duración	25/30	ciclos
Interrupciones breves	Reducción	100	%	
	Duración	250/300	ciclos	

3.5.3 Armónicos en la red de AC

Norma aplicable	IEC 61000-2-2, IEC/TR 61000-2-5, IEC 61000-4-13		
Prueba	Las tensiones armónicas en los niveles de prueba a partir del 3 % y superiores, hasta el noveno armónico, se aplicarán utilizando un desplazamiento de fase tanto de 0° como de 180° con respecto al paso por cero positivo de la frecuencia fundamental. La prueba se realizará hasta el 40° armónico.		
Nivel de prueba	Armónicos	Orden armónico n	% de $Unom-alto$
	Impares, no múltiplos de 3	5	12
		7	10
		11, 13	7
		17, 19, 23, 25	6
		29	5
		31,35,37	3
	Impares, múltiplos de 3	3	9
		9	4
		15	3
		21,27, 33, 39	2
	Pares	2	5
4		2	
6 - 40		1,5	
Nota	El valor de $Unom-alto$ es el marcado en el EBP.		

3.5.4 Ráfagas (transitorias) en la red de corriente alterna

Norma aplicable	IEC 61000-4-4		
Prueba	Se aplicarán tanto la polaridad positiva como la negativa de las ráfagas. La duración de la prueba no será inferior a 1 minuto para cada amplitud y polaridad. La red de inyección en la red deberá contener filtros de bloqueo para evitar que la energía de las ráfagas se disipe en la red.		
Nivel de prueba	Amplitud (valor máximo)	2	kV
	Tasa de repetición	5	kHz

3.5.5 Ráfagas (transitorias) en las líneas de señal, datos y control

Norma aplicable	IEC 61000-4-4		
Prueba	Se aplicarán tanto la polaridad positiva como la negativa de las ráfagas. La duración de la prueba no será inferior a 1 minuto para cada amplitud y polaridad. Para el acoplamiento de las ráfagas en las líneas se utilizará una pinza de acoplamiento capacitiva tal como se define en la norma.		
Nivel de prueba	Amplitud (valor máximo)	1	kV
	Tasa de repetición	5	kHz

3.5.6 Sobretensiones en las líneas de alimentación de la red de AC

Norma aplicable	IEC 61000-4-5		
Prueba	Se aplicarán al menos 3 sobretensiones positivas y 3 negativas. Las sobretensiones se sincronizarán con la frecuencia de alimentación en AC y se repetirán de forma que se cubra la inyección de sobretensiones en los 4 desplazamientos de fase: 0°, 90°, 180° y 270° con la frecuencia de la red.		
Nivel de prueba	Línea de AC a línea	1	kV
	Línea de AC a tierra	2	kV

3.5.7 Sobretensiones en las líneas eléctricas de señal, datos y control

Norma aplicable	IEC 61000-4-5		
Prueba	Se aplicarán al menos 3 sobretensiones positivas y 3 negativas. Las sobretensiones se sincronizarán con la frecuencia de alimentación en AC y se repetirán de forma que se cubra la inyección de sobretensiones en los 4 desplazamientos de fase: 0°, 90°, 180° y 270° con la frecuencia de la red.		
Nivel de prueba	Línea a línea *	1	kV
	Línea a tierra	2	kV
Nota:	* La línea a línea no se aplica a las líneas apantalladas y simétricas.		

3.5.8 Descargas electrostáticas

Norma aplicable	IEC 61000-4-2		
Prueba	Se aplicarán al menos 10 descargas por lugar de descarga preseleccionado. El intervalo de tiempo entre descargas sucesivas será de al menos 1 segundo. Un EBP que no esté equipado con una conexión a tierra se deberá descargar completamente entre las descargas. Aplicación directa: En la modalidad de descarga de contacto que se realice sobre superficies conductoras, el electrodo deberá estar en contacto con el EBP antes de la activación de la descarga. En superficies aisladas sólo se puede aplicar el modo de descarga de aire. El electrodo cargado se aproxima al EBP hasta que se produce una descarga por chispa. Aplicación indirecta: Las descargas se aplican en el modo de contacto sólo en los planos de acoplamiento instalados en las proximidades del EBP.		
Nivel de prueba *	Descarga de contactos	6	kV
	Descarga de aire	8	kV
Nota:	* En este caso, "nivel" significa "hasta e incluyendo" el nivel especificado (es decir, la prueba se realizará también en los niveles inferiores especificados en la norma).		

3.5.9 Inmunidad a los campos electromagnéticos de radiofrecuencia (RF)

3.5.9.1 Corrientes conducidas (modo común) generadas por campos electromagnéticos de RF

Norma aplicable	IEC 61000-4-6
Prueba	<p>Se acoplará o inyectará una corriente electromagnética de RF que simule la influencia de los campos electromagnéticos en los puertos de alimentación y los puertos de E/S del EBP utilizando dispositivos de acoplamiento/desacoplamiento, tal como se define en la norma mencionada.</p> <p>Las características del equipo de prueba, compuesto por un generador de RF, dispositivos de (des)acoplamiento, atenuadores, etc., se verificarán antes de conectar el EBP.</p> <p>Si el EBP está formado por varios dispositivos, las pruebas se realizarán en cada extremo del cable si ambos elementos forman parte del EBP.</p>
Nivel de prueba	Conducida 10 V (f.e.m.), 0.15 - 80 MHz, modulada 80 % AM, onda sinusoidal de 1 kHz

3.5.9.2 Campos electromagnéticos de RF radiados

Norma aplicable	IEC 61000-4-3, IEC 61000-4-20
Prueba	<p>El EBP está expuesto a campos electromagnéticos con la intensidad de campo requerida y la uniformidad de campo definida en la norma referida. El nivel de intensidad de campo especificado se refiere al campo generado por la onda portadora no modulada.</p> <p>El EBP se expondrá al campo de ondas moduladas. El barrido de frecuencias se hará sólo con pausas para ajustar el nivel de la señal de RF o para cambiar los generadores de RF, los amplificadores y las antenas si es necesario. Cuando el rango de frecuencias se barra de forma incremental, el tamaño del paso no excederá del 1 % del valor de la frecuencia anterior.</p> <p>El tiempo de permanencia de la portadora de amplitud modulada en cada frecuencia no será inferior al tiempo necesario para que el EBP se ejercite y responda, pero en ningún caso será inferior a 0.5 s.</p> <p>Se pueden generar campos EM adecuados en instalaciones de diferente tipo y configuración, cuyo uso está limitado por las dimensiones del EBP y el rango de frecuencia de la instalación.</p> <p>Las frecuencias más críticas previstas (por ejemplo, las frecuencias de reloj) se analizarán por separado. ^(b)</p>
Nivel de prueba	Radiada 10 V/m, 80 (26) ^(a) MHz - 6 GHz, modulada 80 % AM, onda sinusoidal de 1 kHz
Notas	<p>^(a) Para un EUT sin cableado, el límite inferior de frecuencia es de 26 MHz.</p> <p>^(b) Es de esperar que estas frecuencias se correspondan con las frecuencias del campo EM emitido por el EBP.</p>

3.5.10 Campos magnéticos de frecuencia eléctrica

Norma aplicable	IEC 61000-4-8		
Nivel de prueba	Campo continuo	100	A/m
	Corta duración (1 s a 3 s)	1000	A/m

3.5.11 Instrumentos alimentados por la batería de un vehículo de carretera

3.5.11.1 Conducción eléctrica transitoria a lo largo de líneas de suministro

Norma aplicable	ISO 7637-2	
Prueba	Exposición del EBP a los pulsos especificados a lo largo de las líneas de suministro.	
Nivel de prueba para el pulso	Unom = 12 V	Unom = 24 V
2 ^a	+112 V	+112 V
2b	+10 V	+20 V
3 ^a	-220 V	-300 V
3b	+150 V	+300 V

3.5.11.2 Conducción eléctrica transitoria a través de líneas distintas de las líneas de suministro

Norma aplicable	ISO 7637-3	
Prueba	Exposición del EBP a los pulsos especificados a través de líneas distintas de las de suministro.	
Nivel de prueba para el pulso	Unom = 12 V	Unom = 24 V
A	-60 V	-80 V
B	+40 V	+80 V

3.5.11.3 Volcado de carga

Norma aplicable	ISO 16750-2			
Prueba	Exposición del EBP a 2 variantes de pulso B en las líneas de suministro.			
Nivel de prueba	Unom = 12 V		Unom = 24 V	
<i>Us</i>	79 V	101 V	151 V	202 V
<i>Us*</i>	35 V		58 V	
<i>Ri</i>	0.5 Q	4 Q	1 Q	8 Q
<i>td</i>	40 ms	400 ms	100 ms	350 ms
<i>T³</i>	10 ms			

3.6 Pruebas de conformidad con otros requisitos técnicos y metrológicos

Los instrumentos se someterán a pruebas de conformidad con los siguientes requisitos:

3.6.1 Eliminación de las partículas volátiles de la muestra

El instrumento debe eliminar las partículas volátiles de la muestra y se debe determinar la concentración de partículas sólidas restantes de la muestra (Parte 1 de esta Guía, numeral 8.2.11). El instrumento debe eliminar > 95 % del aerosol monodisperso tetracontano ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$) de 30 nm, con una concentración de entrada de > 10,000/cm³, mediante calentamiento y reducción de las presiones parciales del tetracontano.

El tetracontano se añade al aire ambiente. El aumento de la indicación con tetracontano no será superior al 5 % de la concentración real de tetracontano.

La concentración de tetracontano puede medirse con un instrumento de referencia (modificado).

El método alternativo consiste en generar una concentración elevada (por ejemplo, 500,000 partículas / cm³) y comprobar que la indicación sea como máximo el 5 % de esta concentración.

3.6.2 Tiempo de calentamiento

A 5 °C (o a la temperatura baja especificada), la prueba de tiempo de calentamiento para verificar el cumplimiento de la sección 7.9 de la Parte 1 de la Guía consistirá en los siguientes pasos:

- a) Estabilizar el instrumento a 5 °C (o a la temperatura baja especificada);
- b) Dejar que el instrumento se caliente;
- c) Inmediatamente después de desactivar el bloqueo automático de calentamiento, realizar una medición (con cualquier ajuste interno necesario realizado antes de esta medición) utilizando una muestra de PN de referencia con una concentración nominal de 100,000 partículas/cm³;
- d) A intervalos de tiempo de 2 min, 5 min y 15 min después del calentamiento, realizar una medición con la misma muestra de PN de referencia que en el paso c).

La diferencia entre cualquiera de los cuatro valores medidos en c) y d) no deberá superar el error máximo permitido.

3.6.3 Tiempo de respuesta

Se realizará una medición para determinar el tiempo necesario para que un instrumento responda a una muestra de PN de referencia con una concentración nominal de 100,000

partículas/cm³ tras el muestreo del aire ambiente suministrado en la sonda. Se empleará un medio para pasar instantáneamente del muestreo del aire ambiente al muestreo de la muestra de PN de referencia a través de la sonda. Los gases se suministrarán a la sonda a presión ambiente (con una precisión de 8 hPa). El tiempo de respuesta no deberá superar los valores adecuados especificados en la Parte 1 de esta Guía, numeral 7.8.

3.6.4 Bajo caudal

Se realizará una medición con una muestra de PN de referencia con una concentración nominal de 100,000 partículas/cm³ que se suministra inicialmente al sistema de tratamiento de gases con un caudal de gas superior al mínimo requerido por el instrumento bajo prueba. Durante la medición, el caudal de gas se reducirá hasta que el indicador de bajo caudal responda de acuerdo con los requisitos de la Parte 1 de esta Guía, numeral 8.2.6.

3.6.5 Fugas

Se introducirá artificialmente una fuga ajustable en el sistema de manejo de gas donde una fuga de un tamaño de orificio adecuado tenga el mayor efecto sobre la medición. Con esta fuga artificial cerrada, se suministrará a la sonda una muestra de PN de referencia con una concentración nominal de 100,000 partículas/cm³ a presión ambiente.

Mientras se toma la muestra de PN de referencia, registre la indicación y, a continuación, ajuste el índice de fuga de manera que la indicación de la muestra de PN de referencia difiera del valor indicado anteriormente (sin la fuga) en una cantidad igual a la exigida en la Parte 1 de esta Guía, numeral 8.2.7. Sin perturbar la fuga artificial, retire la muestra de PN de referencia suministrada en la sonda y lleve a cabo el procedimiento de prueba de fugas tal como se describe en el manual de instrucciones del fabricante.

3.6.6 Condensación de agua

La prevención de la condensación se comprobará de la siguiente manera:

Exponga el instrumento al aire ambiente saturado de agua que se suministra al sistema de manejo de gas y a la referencia. El instrumento deberá permanecer dentro del EMP o detectar la aparición de condensación.

3.7 Prueba práctica

El instrumento se someterá a prueba con al menos tres vehículos, dos con motor diésel y uno con motor de gasolina. Los motores deberán estar a la temperatura normal de funcionamiento. Cada vehículo se utilizará para cinco mediciones. La indicación del instrumento se comparará con la indicación del instrumento de referencia. Los errores tendrán que cumplir con el error máximo permitido.

3.8 Fuente de energía para la evaluación de tipo

Si procede, la fuente de alimentación adecuada para el uso de los instrumentos en el campo se especificará en las instrucciones de uso del fabricante. Si se especifica una fuente de alimentación adicional a la red eléctrica, por ejemplo, una batería o un generador portátil, el instrumento deberá someterse a las pruebas de tipo pertinentes con cada fuente de alimentación con la que esté previsto que funcione.

Cada prueba especificada deberá iniciarse y completarse sin cambiar o recargar la fuente de energía.

4. Normas y documentos de referencia

En la referencia citada a continuación no se aplican las enmiendas o revisiones posteriores de la referencia fechada. Sin embargo, se alienta al interesado en la presente Guía a que investigue la posibilidad de aplicar ediciones más recientes del documento normativo que se indica a continuación.

[1] Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), (1995): Joint publication by the BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, and OIML. [*Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición*, (1995): Publicación conjunta del BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP y OIML]

Otras referencias, véase la Parte 1, cláusula 2 de la Guía Técnica No. 2 de CALAC+.

5. Información de Contacto

Freddy Koch, Programa CALAC+

freddy.koch@swisscontact.org

Adrián Montalvo, Programa CALAC+

adrian.montalvo@swisscontact.org

John Ramiro Agudelo, Universidad de Antioquia

john.agudelo1@udea.edu.co

6. Referencias

NMi proposal for Particulate Number Counter version 2019-10-16. Instruments for measuring vehicle exhaust particulate number emissions. Part 2: Metrological controls and performance tests.

Kadijk, G., Elstgeest, M., Van der Mark, P. J., Ligterink, N. (2020). Follow-up research into the PN limit value and the measurement method for checking particulate filters with a particle number counter. TNO report. TNO 2020 R10006.

Lista de abreviaturas

ITP: Inspección Técnica Periódica de vehículos

NMi: Instituto Metrológico Holandés (Nederlands Meetinstituut)

EBP: Equipo Bajo Prueba

EMP: Error Máximo Permitido

HR: Humedad Relativa

RF: Radiofrecuencia

PN: Número de Partículas (del inglés *Particle Number*)

7. Anexo

Procedimiento para pruebas de rutina

(informativo)

Una prueba de rutina del instrumento debe consistir, como mínimo, en lo siguiente:

- a) Realizar una verificación del ajuste interno tras la puesta en marcha y el calentamiento del instrumento;
- b) Realizar una verificación de fugas al menos una vez al día. Repare cualquier fuga y realice una verificación de fugas satisfactoria antes de probar cualquier vehículo;
- c) Utilizar un filtro HEPA para la puesta a cero;
- d) Comprobar si la lectura del aire ambiente fresco es plausible.



Es un Programa de:

Ejecutado por:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

**Agencia Suiza para el Desarrollo
y la Cooperación COSUDE**



calac@swisscontact.org.pe
www.programacalac.com
Facebook: @CALACplus
Twitter: @Calacplus

Calle José Gálvez 692, Piso 7, Miraflores
Lima 15074 – Perú
Teléfonos: +511 2641707, 2642547
Fax: +511 2643212
www.swisscontact.org