



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO



Instrumentos destinados a medir el número de partículas (NP) emitidas por los vehículos equipados con motores de encendido por compresión

Anexo XXI de la modificación de la Orden ICT/155/2020, de 7 de febrero

Teresa Fernández, Inés de Castro, Andrés Rojo, Salustiano Ruiz



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

Apartado 1. Objeto

Constituye el objeto de este anexo la regulación del control metrológico del Estado de los **instrumentos destinados a medir el número de partículas**, denominados en adelante **medidores del NP**, para la inspección técnica periódica de vehículos de las categorías M y N equipados con motores de encendido por compresión y filtros de partículas diésel: Vehículos ligeros matriculados por primera vez a partir del 1 de enero de 2013 y los vehículos pesados matriculados por primera vez a partir del 1 de enero de 2014.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

Apartado 2. Fases del control metroológico del Estado

El control metroológico del Estado establecido en este anexo es el que se regula en las secciones 3.^a y 4.^a del capítulo III del Real Decreto 244/2016, de 3 de junio, que se refieren respectivamente a las **fases de evaluación de la conformidad y de instrumentos en servicio.**



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

Apartado 3. Fase de evaluación de la conformidad

La fase de evaluación de la conformidad aplicable a la comercialización y puesta en servicio de los medidores del NP está recogida en el capítulo II de esta orden.

Los medidores del NP objeto de esta orden deberán cumplir los requisitos esenciales comunes de los instrumentos de medida aplicables del anexo II del Real Decreto 244/2016, de 3 de junio, además de los requisitos específicos incluidos en el apéndice I de ese anexo.

Los ensayos a realizar para la **evaluación de la conformidad** y los errores máximos permitidos serán los indicados en el **apéndice II** de este anexo.

Los módulos que se utilizarán para llevar a cabo la evaluación de la conformidad de los medidores del NP serán:

- a) **Módulo B**, examen de tipo, **más módulo D**, conformidad con el tipo basada en el aseguramiento de la calidad del proceso de producción.
- b) **Módulo B**, examen de tipo, **más módulo F**, conformidad con el tipo basada en la verificación del instrumento.
- c) **Módulo H1**, conformidad basada en el pleno aseguramiento de la calidad más el examen del diseño



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

Apartado 3. Fase de evaluación de la conformidad

Así mismo, proporcionará presunción de conformidad parcial o total con los requisitos esenciales, la aplicación de los programas de ensayo conforme a los documentos normativos, según su definición en el artículo 2 del Real Decreto 244/2016, de 3 de junio, o a las directrices del Consejo Superior de Metrología y/o a las guías de la Comisión de Metrología Legal.

La aplicación de la **Recomendación (UE) 2023/688 de la Comisión, de 20 de marzo de 2023, relativa a la medición del NP para la inspección técnica periódica de vehículos con motores de encendido por compresión**, proporcionará **presunción de conformidad con los requisitos esenciales específicos** establecidos en el punto 2 del **apéndice I** de este anexo.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

Apartado 4. Verificación después de reparación o modificación

La verificación después de reparación o modificación de los medidores del NP se realizará conforme al capítulo III de esta orden y a lo indicado en el **apéndice III** de este anexo.

Estos instrumentos pueden acogerse a lo establecido en el artículo 8 de la presente orden.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

Apartado 5. Verificación periódica

La verificación periódica se realizará conforme al capítulo IV de esta orden y a lo indicado en el **apéndice IV** de este anexo.

El plazo de verificación será de **un año**.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

Apartado 6. Ensayos y errores máximos permitidos en la verificación después de reparación o modificación y en la verificación periódica

Los errores máximos permitidos y los ensayos a realizar serán los indicados en los apéndices I y III de este anexo, respectivamente.

Estos instrumentos deberán seguir cumpliendo los requisitos que dieron origen a su comercialización y puesta en servicio.



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y TURISMO

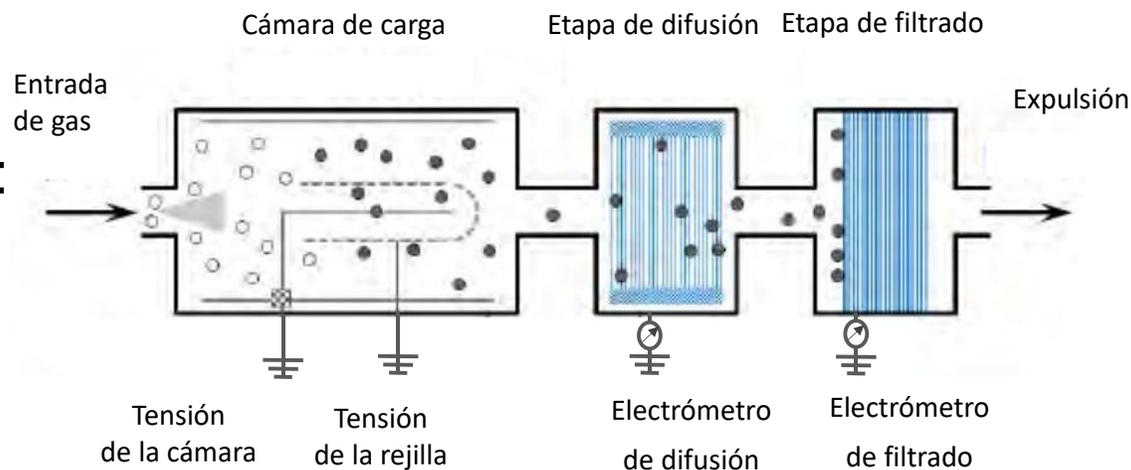
TECNOLOGÍAS PARA LA MEDIDA DEL NP

Conteo mediante carga por difusión (DC)

El contador DC puede analizar **tamaños de entre 10 nm y 700 nm**. Se basa en **cargar electrostáticamente las partículas** del flujo de los gases de escape que son generados en la combustión mediante colisiones. Las partículas cargadas generan una **corriente eléctrica** que es **proporcional a la concentración y diámetro de las partículas**. Estas partículas son conducidas a un electrómetro de dos etapas, donde se realiza un filtrado previo a la detección de las mismas. La corriente generada es proporcional a la cantidad de partículas.

Esquema de funcionamiento de contador DC:

Fuente: https://www.aeca-itv.com/wp-content/uploads/2022/06/Entregable-2_Estudio-UC3M-Medida-de-Parti%CC%81culas-y-Nox_-procedimientos_v8_Incluida-bibliografia-VF-27-5-22.pdf





GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y TURISMO

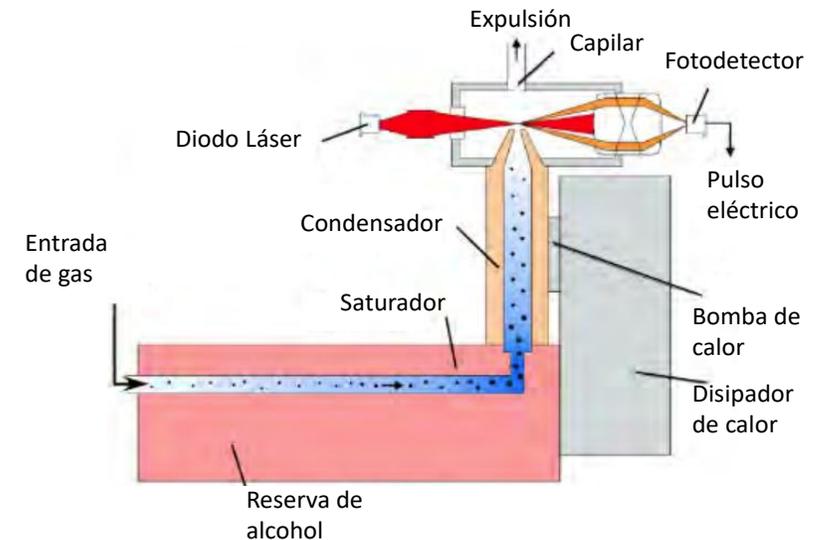
TECNOLOGÍAS PARA LA MEDIDA DEL NP

Conteo de partículas por condensación (CPC)

El contador CPC permite detectar partículas con **tamaños desde 2 nm**. El flujo de **gas de escape** se hace pasar a través de un material poroso, al mismo tiempo que **se calienta** mediante un líquido (alcohol isopropílico, butanol o agua), lo que hace que **se sature de contenido de vapor**. El gas calentado se **condensa**. Como resultado se obtienen gotas lo suficientemente grandes, para ser analizadas mediante nefelometría láser, que permite la **medición de las partículas** mediante la dispersión de luz producida.

Esquema de funcionamiento de contador CPC:

Fuente: https://www.aeca-itv.com/wp-content/uploads/2022/06/Entregable-2_Estudio-UC3M-Medida-de-Parti%CC%81culas-y-Nox_-procedimientos_v8_Incluida-bibliografia-VF-27-5-22.pdf





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO



APÉNDICE I

Requisitos esenciales específicos para medidores del NP



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

DEFINICIONES



IMAGEN CEDIDA POR CENTRALAUTO

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DEL NP:

Instrumento para medir la concentración del NP en los gases de escape de los motores de combustión interna, muestreados en el tubo de escape de un vehículo.

DISPOSITIVO DE PREACONDICIONAMIENTO DE MUESTRAS:

Dispositivo para **diluir** o eliminar partículas volátiles.

SONDA DE MUESTREO:

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



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y TURISMO

EJEMPLO DE MONTAJE CON PREACONDICIONAMIENTO





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

DEFINICIONES

Filtro HEPA (filtro de aire de partículas de elevada eficacia):

Dispositivo que **elimina partículas** del aire con una eficiencia superior al 99,95 % (es decir, clase H13 o superior con arreglo a la Norma UNE-EN 1822-1:2020).



Eficiencia de recuento:

Relación entre la lectura del instrumento de medición del NP y la lectura del **instrumento o dispositivo de referencia trazable**.

Detector de partículas:

Dispositivo o instrumento que indica la presencia de partículas **cuando se supera un valor umbral** de concentración del NP.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

DEFINICIONES

PARTÍCULAS:

Partículas **sólidas, térmicamente estables**, con un tamaño comprendido **entre 23 nm y, al menos, 200 nm**, emitidas por el vehículo y medidas en la fase aerotransportada de acuerdo con los métodos contemplados en el presente anexo.

- Partículas **monodispersas**: partículas con una distribución muy reducida en torno a **un tamaño** de partícula.
- Partículas **polidispersas**: partículas con **muchos tamaños** de partícula diferentes.

TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS:

Tamaño de **movilidad eléctrica**, es decir, el **diámetro de una esfera con la misma velocidad de migración** en un campo eléctrico constante que la partícula de interés.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO



APÉNDICE I

Requisitos esenciales específicos para medidores del NP:

Descripción de los requisitos metrológicos esenciales de los medidores del NP



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

REQUISITOS METROLÓGICOS

Indicación del resultado de medida

El instrumento debe garantizar que:

- El NP por volumen se expresa en **número de partículas suspendidas por cm^3** ;
- Las inscripciones de esta unidad se asignan inequívocamente a la indicación; se permiten « **$\#/ \text{cm}^3$** », « **cm^{-3}** », «**partículas/ cm^3** » y « **$1/\text{cm}^3$** ».



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

REQUISITOS METROLÓGICOS

Rango de medida

El instrumento debe garantizar que:

- El **rango mínimo** de medida, que puede subdividirse, es de **5 000-1/cm³** (valor máximo para el intervalo inferior) **al doble del valor límite del NP** (valor mínimo para el intervalo superior).
- La **superación** del intervalo **debe indicarse** de forma visible por el instrumento.
- El fabricante declarará el rango de medida del instrumento de medición del NP y se ajustará al intervalo mínimo definido en este apartado. El **intervalo de visualización** del instrumento de medición del NP será **más amplio que el rango de medida**, oscilando **entre cero y al menos cinco veces el valor límite del NP**.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

REQUISITOS METROLÓGICOS

Tiempo de respuesta

El instrumento debe garantizar que:

- Para medir la concentración del NP, el instrumento de medición del NP, en concreto la línea de muestreo y el dispositivo de preacondicionamiento de la muestra (en su caso) **indica el 95 % del valor final en los 15 s siguientes al cambio** del aire filtrado por el filtro HEPA o del aire ambiente.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

REQUISITOS METROLÓGICOS

Tiempo de calentamiento

Se debe garantizar que:

- El instrumento de medición del NP **no indica la concentración del NP** medida durante el tiempo de calentamiento.
- **Después** del tiempo de calentamiento, el instrumento de medición del NP debe **cumplir con los requisitos metrológicos** indicados en este apéndice.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

REQUISITOS METROLÓGICOS

Error máximo permitido (EMP)

El EMP será el mayor entre el error máximo relativo (EMP_{rel}) y el valor definido para el error absoluto (EMP_{abs}).

- Condiciones de funcionamiento de **referencia**: El EMP_{rel} es el 25 % de la concentración real, pero nunca inferior al EMP_{abs}
- Condiciones **nominales** de funcionamiento: El EMP_{rel} es el 50 % de la concentración real, pero no inferior al EMP_{abs}
- Perturbaciones: El EMP_{rel} es el 50 % de la concentración real, pero no inferior al EMP_{abs}
- El EMP_{abs} será $\leq 25\ 000 \cdot 1/cm^3$.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

REQUISITOS METROLÓGICOS

Requisitos de eficiencia

Tamaño de las partículas o diámetro medio geométrico DMG [nm]	Eficiencia de recuento [-]
23 ± 5 %	0,2 a 0,6
50 ± 5 %	0,6 a 1,3
70 ± 5 % o 80 ± 5 %	0,7 a 1,3
100 ± 5 %	0,7 a 1,3
200 ± 10 %	0,5 a 3,0

Eficiencia de recuento: **Relación** entre la lectura del **instrumento de medición del NP** y la lectura del instrumento o **dispositivo de referencia trazable**.



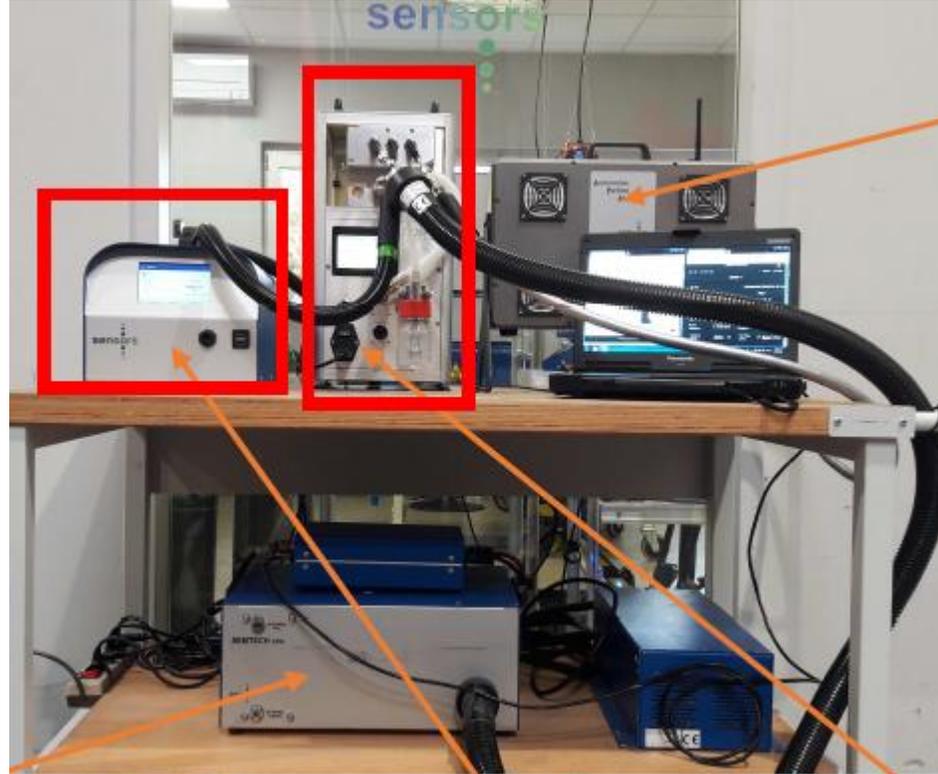
GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y TURISMO

EJEMPLO DE MONTAJE



Equipo adicional sometido a ensayo



Dispositivo de referencia trazable

Instrumento de medida del NP bajo ensayo

Generador de partículas de sal





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

REQUISITOS METROLÓGICOS

Requisitos de linealidad

Los ensayos de linealidad deben garantizar que los **EMP** del instrumento de medición del NP son los mismos que los EMP en condiciones de referencia.

Nivel cero

El nivel de cero se comprueba con un filtro HEPA. El nivel cero es la señal media del instrumento de medición del NP con filtro HEPA a su entrada durante al menos 15 s tras un **período de estabilización** de al menos **15 s**. El nivel cero máximo admisible es de $5\,000 \cdot 1/\text{cm}^3$.

Eficiencia de eliminación de partículas suspendidas volátiles

La eficiencia de eliminación volátil del instrumento de medición del NP debe ser **superior al 95 %** de partículas de tetracontano ($\text{C}_{40}\text{H}_{82}$) con un tamaño de movilidad eléctrica de $30\text{ nm} \pm 5\%$ y una concentración de entre $(10\,000 \text{ y } 30\,000) \cdot 1/\text{cm}^3$.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

REQUISITOS METROLÓGICOS

Estabilidad con el tiempo o deriva

Las mediciones realizadas por el instrumento de medición del NP en condiciones ambientales estables cuando se utiliza de acuerdo con las instrucciones de funcionamiento del fabricante, respetan el **EMP en las condiciones de funcionamiento de referencia.**

Repetibilidad

El ensayo de repetibilidad debe garantizar que, en **20 mediciones consecutivas** de la **misma muestra** del NP de referencia realizadas por la **misma persona** con el **mismo instrumento** en intervalos de tiempo relativamente cortos, la **desviación típica experimental** de los 20 resultados no sea superior a **un tercio del EMP** (condiciones de funcionamiento de referencia) de la muestra pertinente.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

REQUISITOS METROLÓGICOS

Magnitudes de influencia. Condiciones de funcionamiento de referencia:

Temperatura ambiente	20 °C ± 2 °C
Humedad relativa	50 % ± 20 %
Presión atmosférica	Ambiente estable (± 10 hPa)
Tensión de la red	Tensión nominal ± 5 %
Frecuencia de la red	Frecuencia nominal ± 1 %
Vibración	No / insignificante
Tensión de la batería	Tensión nominal de la batería



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y TURISMO

REQUISITOS METROLÓGICOS

Magnitudes de influencia. Condiciones nominales de funcionamiento:

Temperatura ambiente	De + 5 °C a + 40 °C Cuando las temperaturas internas críticas del instrumento de medición del NP están fuera del intervalo indicado, el instrumento no indica el valor medido e indica una advertencia
Humedad relativa	Hasta el 85 %, sin condensación cuando se utilice en el interior Condensación de hasta un 95 % cuando se utilice en el exterior
Presión atmosférica	860 hPa a 1 060 hPa
Tensión de la red	De - 15 % a + 10 % de la tensión nominal
Frecuencia de alimentación	± 2 % de la frecuencia nominal
Tensión de la batería del vehículo de carretera	Batería de 12 V: 9 V a 16 V Batería de 24 V: 16 V a 32 V
Tensión de la batería interna	Baja tensión, según especifique el fabricante, hasta la tensión de una batería nueva o totalmente cargada del tipo especificado



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

REQUISITOS METROLÓGICOS

Perturbaciones:

Choque mecánico	Portátiles: 1 caída de 1 m en cada borde inferior Transportables: 1 caída de 25 mm en cada borde inferior
Vibración únicamente para instrumentos portátiles	De 10 Hz a 150 Hz, 1,6 m·s ⁻² 0,05 m ² ·s ⁻³ , -3 dB/octava
Corriente alterna de tensión eléctrica, interrupciones cortas y reducciones	0,5 ciclos: reducción al 0 % 1 ciclo: reducción al 0 % 25/30 (*) ciclos: reducción al 70 % 250/300 (*) ciclos: reducción al 0 % (*) Para 50 Hz/60 Hz, respectivamente
Ráfaga (perturbaciones transitorias) en la red de corriente alterna	Amplitud 2 kV Tasa de repetición 5 kHz
Ráfaga (perturbaciones transitorias) en la señal, los datos y las líneas de control	Amplitud 1 kV Tasa de repetición 5 kHz
Ondas de choque en las líneas de alimentación de corriente alterna	Línea a línea 1,0 kV Línea al suelo 2,0 kV
Ondas de choque en la señal, datos y líneas de control	Línea a línea 1,0 kV Línea al suelo 2,0 kV
Descarga electrostática	Descarga de contacto de 6 kV Descarga de aire de 8 kV
Campos electromagnéticos, radiados y de radiofrecuencia	80 (26 *) MHz hasta 6 GHz, 10 V/m *Para un equipo sometido a ensayo, sin cableado para aplicar el ensayo, el límite de frecuencia inferior es de 26 MHz
Conducidas por los campos de radiofrecuencia	0,15 hasta 80 MHz, 10 V (fuerza electromotriz de la fuente)
Campos magnéticos a frecuencia industrial	Continuo 100 A/m Corta duración 1 000 A/m durante 1 s



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

REQUISITOS METROLÓGICOS

Perturbaciones (instrumentos propulsados por una batería de vehículos de carretera):

Conducción eléctrica transitoria por líneas de alimentación	Impulsos 2a, 2b, 3a, 3b, nivel de ensayo IV (ISO 7637-2)
Conducción eléctrica transitoria a través de líneas distintas de las de alimentación	Impulsos a y b, nivel de ensayo IV (ISO 7637-3)
Volcado de la carga	Ensayo B (ISO 16750-2)

En el caso de EMP establecidos para las perturbaciones, **no deben producirse fallos significativos** o bien **deben detectarse para intervenir sobre ellos** mediante dispositivos de control en el caso de los requisitos mínimos especificados, para las perturbaciones descritas.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO



APÉNDICE I

Requisitos esenciales específicos para medidores del NP:

Descripción de los requisitos
técnicos específicos y de diseño de
los medidores del NP



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO



REQUISITOS TÉCNICOS

CONSTRUCCIÓN (I)

El instrumento debe cumplir las siguientes especificaciones:

- ❑ Materiales resistentes a la **corrosión** y que no alteren la composición de la muestra de gas. Sonda de toma de muestra resistente a la **temperatura**.
- ❑ Incorporará buenas prácticas de muestreo para **evitar pérdidas** de partículas.
- ❑ Diseño de sonda insertada al menos 20 cm y sujeta mediante dispositivo de retención, facilitará muestreo **sin tocar** la pared del tubo de escape.
- ❑ Dispositivo que impida **condensación de agua** o detector avisador que impida la medida.
- ❑ Si necesaria una **referencia para ajuste**, dispondrá de medios sencillos para proporcionarla.
- ❑ Si incluye **unidad de dilución**, el factor de dilución permanecerá constante.
- ❑ **Dispositivo transmisor del gas**: montado tal que sus vibraciones no afectarán a las mediciones; encendido y apagado independiente de otros componentes del instrumento; no posibilitará medición si se desconecta; antes de que se apagarlo, el sistema de manipulación de gas descargará automáticamente con aire ambiente.
- ❑ Dispositivo indicador de si el **caudal de gas es inferior al caudal mínimo**. El caudal disminuye a un nivel tal que la detección superará el tiempo de respuesta o bien el EMP en condiciones de referencia. Además el detector estará equipado con sensores de temperatura, corriente, tensión, etc. que supervise parámetros críticos para el funcionamiento tal que no se exceda el EMP.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO



REQUISITOS TÉCNICOS

CONSTRUCCIÓN (II)

El instrumento debe cumplir las siguientes especificaciones:

- Dispositivo de preacondicionamiento de muestra: garantizará que la **influencia del aire de dilución** en los resultados no sea superior a $5\ 000 \cdot 1/\text{cm}^3$.
- Imposibilidad de imprimir documento ni almacenar datos de medición en dispositivo externo con fines legales en caso de fallo significativo o mal funcionamiento. La **interfaz** del instrumento de medida del NP respetará requisitos de documentos OIML D11 y OIML D31.
- **Frecuencia de indicación** ≥ 1 Hz
- Diseño de acuerdo a buenas prácticas técnicas tal que garantice **estabilidad en las eficiencias de recuento** de partículas.
- Durante la inspección técnica periódica (ITP), el instrumento de medición del NP o el dispositivo con el programa informático, permitirá el **tiempo de registro** estipulado e informará de la medición y del resultado del ensayo de acuerdo con el procedimiento de medición establecido.
- Además **orientará al usuario** a través de los pasos descritos en el **procedimiento de medición de la ITP**.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO



REQUISITOS TÉCNICOS

REQUISITOS PARA GARANTIZAR QUE EL FUNCIONAMIENTO SEA CORRECTO

- ❑ Si detección de perturbaciones es realizable mediante **dispositivos de auto comprobación automática**, debe ser posible comprobar el **correcto funcionamiento de dichos dispositivos**.
- ❑ El instrumento debe estar controlado por un **dispositivo de comprobación automática** tal que confirme que todos los **ajustes y parámetros** chequeados están **dentro de límites**, antes de indicar o imprimir una medición.
- ❑ El instrumento de medida debe garantizar:
 - que **supervisa automática y continuamente los parámetros pertinentes** que influyen significativamente en el principio de medición utilizado.
 - que incluye un **procedimiento de supervisión de la fuga máxima** específica e impide la medición si el valor medido es $> 5\ 000 \cdot 1/\text{cm}^3$.
 - cuando sea requerido por el principio de medición, un **procedimiento de puesta a cero** realizado con un filtro HEPA en la entrada del instrumento de medición del NP al menos con cada autoensayo.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO



APÉNDICE II

Procedimiento técnico de ensayos para la evaluación de la conformidad de instrumentos de medición del NP



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

EXAMEN DE TIPO (módulo B)

- El examen de tipo de los instrumentos de medición del NP deberá efectuarse de acuerdo con lo dispuesto en el **artículo 5 del anexo I del Real Decreto 244/2016, de 3 de junio**.
- Los ensayos se realizarán **sobre el equipo completo**, para lo cual el solicitante deberá aportar todas las partes integrantes del de instrumentos de medición del NP junto con los dispositivos complementarios necesarios.
- Junto con el equipo, se acompañará la **documentación técnica** que se establece en el artículo 13 del Real Decreto 244/2016, de 3 de junio.
- Se debe llevar a cabo una **verificación del cumplimiento de los requisitos esenciales comunes** de los instrumentos de medida aplicables del anexo II del Real Decreto 244/2016, de 3 de junio, y de los **requisitos metrológicos esenciales específicos** incluidos en el punto 2 del apéndice I y los **requisitos técnicos** especificados en el punto 3 del apéndice I.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

EXAMEN DE TIPO (módulo B)

ENSAYO DE EFICIENCIA (I)

- Se determina con **partículas monodispersas** de tamaño predefinido o con **partículas polidispersas** con DMG predefinido y una desviación típica geométrica (DTG) $\leq 1,6$
- **Concentración mínima** debe ser superior al valor inferior del rango de medida del instrumento de medición del NP dividido por la menor eficiencia de recuento definida para cada tamaño de partícula en este punto. Por **ejemplo**, para un valor inferior del rango de medida de $5\,000 \cdot 1/\text{cm}^3$, a 23 nm, la concentración de partículas medida por el sistema de referencia debe ser de al menos $25\,000 \cdot 1/\text{cm}^3$. ($\geq 5\,000 / 0,2$)
- En **condiciones de funcionamiento de referencia** con **partículas termoestables** y de tipo sólido (**hollín**). Cualquier neutralización o secado de las partículas generadas tiene lugar antes de la división a los instrumentos de referencia y de ensayo. En caso de ensayo con partículas monodispersas, la corrección para múltiples partículas cargadas no es superior al 10 % (y se debe registrar).



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

EXAMEN DE TIPO (módulo B)

ENSAYO DE EFICIENCIA (II)

- El **instrumento de referencia** debe ser un electrómetro de vaso de Faraday (FCAE) o un contador de partículas con una **eficiencia de recuento de $> 0,5$ a 10 nm** (combinado con un diluyente trazable en caso necesario para partículas polidispersas). La **incertidumbre expandida** del sistema de referencia, incluido el diluyente si procede, es **$< 12,5 \%$**
- Si el instrumento de medición del NP incorpora cualquier **factor de ajuste interno**, debe seguir siendo el mismo (**fijo**) para todos los ensayos descritos en este apartado.
- **El conjunto del instrumento de medición del NP** (es decir, también la sonda de muestreo y la línea de muestreo, en su caso) **debe cumplir los requisitos de eficiencia de recuento**. A petición del fabricante, las eficiencias de recuento del instrumento de medición del NP podrán ensayarse en partes separadas en condiciones representativas dentro del instrumento. En ese caso, la eficiencia del conjunto del instrumento de medición del NP (es decir, la multiplicación de eficiencias de todas las partes) cumple los requisitos de eficiencia de recuento.

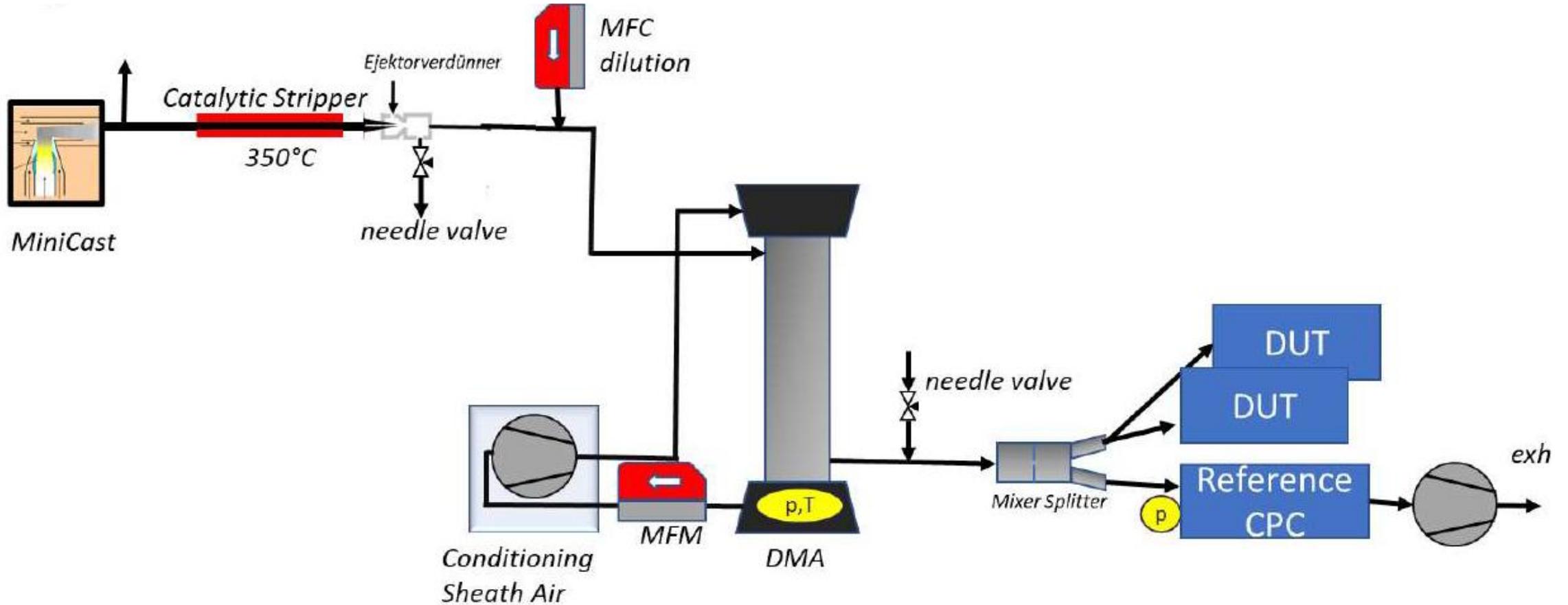


GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y TURISMO



Montaje basado en aerosol





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

EXAMEN DE TIPO (módulo B)

ENSAYO DE LINEALIDAD (I)

- Se debe someter a este ensayo el conjunto del instrumento de medición del NP, completo o por partes, para comprobar su linealidad con partículas termoestables, **polidispersas** y de tipo sólido con **DMG** (70 ± 10) nm y **DTG** $\leq 1,6$
- El instrumento de referencia debe ser un **contador de partículas trazable** con una **eficiencia de recuento de $> 0,5$ a 10 nm**. El instrumento de referencia podrá ir acompañado de un diluyente trazable para medir concentraciones elevadas, pero la **incertidumbre expandida** en todo el sistema de referencia (diluyente y contador de partículas) se mantendrá **$< 12,5$ %** en **condiciones de funcionamiento de referencia**.
- Los ensayos de linealidad se realizan **con al menos 9 concentraciones diferentes** dentro del rango de medida y se respeta el **EMP** en las **condiciones de funcionamiento de referencia**.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

EXAMEN DE TIPO (módulo B)

ENSAYO DE LINEALIDAD (II)

- **Incluir** en las concentraciones de ensayo:
 - el **valor inferior del rango de medida**
 - el **límite NP aplicable ($\pm 10\%$)**
 - el **doble del límite NP ($\pm 10\%$)**
 - **0,2 veces los valores límite del NP**
 - **al menos una concentración debe estar comprendida entre el límite NP y el valor más elevado del rango de medida**
 - **al menos tres concentraciones distribuidas equitativamente entre el punto en el que el error máximo permitido cambia de absoluto a relativo y el límite NP.**

- Si el dispositivo se somete a **ensayo** por partes, el control de la linealidad **puede limitarse al detector de partículas**, pero para el **cálculo del error** deben tenerse en cuenta las eficiencias del resto de las partes.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

EXAMEN DE TIPO (módulo B)

ENSAYO DE NIVEL DE CERO

- El nivel de cero debe medirse con un **filtro HEPA** a su entrada.





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

EXAMEN DE TIPO (módulo B)

ENSAYO DE EFICIENCIA DE ELIMINACIÓN DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS VOLÁTILES

- En caso necesario, la neutralización de las partículas **monodispersas** de **tetracontano** tiene lugar antes de la división a los instrumentos de referencia y de ensayo. Otra posibilidad es utilizar partículas **polidispersas** de tetracontano con **DMG de entre (30 y 35) nm** y una **concentración total de entre (50 000 y 150 000)·1/cm³**. En ambos casos (ensayos con partículas monodispersas o polidispersas de tetracontano), el sistema de referencia cumple los **mismos requisitos** que se describen en el ensayo de **linealidad**.
- **Los ensayos** de eficiencia volátil de eliminación con partículas de tetracontano de mayor tamaño (monodispersas) o DMG (polidispersas) o concentraciones de tetracontano superiores a las descritas, solo **podrán aceptarse si** el instrumento de medición del NP supera el ensayo (**eficiencia de eliminación > 95 %**).



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

EXAMEN DE TIPO (módulo B)

ENSAYO DE ESTABILIDAD CON EL TIEMPO O DERIVA

- No se podrá ajustar el instrumento de medición del NP durante el ensayo de estabilidad. Las mediciones de estabilidad se realizarán durante **al menos 12 h** (que **no** han de ser **consecutivas**) con una **concentración nominal $\geq 100\ 000 \cdot 1/\text{cm}^3$** . La **comparación con un instrumento de referencia** (con los mismos requisitos que el sistema de referencia descrito para el ensayo de linealidad) se hace al menos **cada hora**. Se permite el ensayo de **estabilidad acelerada de 3 h con concentración nominal de $\geq 10\ 000\ 000 \cdot 1/\text{cm}^3$** . En este caso, la **comparación** con el instrumento de referencia se hace **cada hora**, pero con una **concentración nominal de $100\ 000 \cdot 1/\text{cm}^3$** .
- Si el instrumento está equipado con un **medio de compensación de la deriva**, como un cero automático o un ajuste interno automático, la acción de dichos ajustes **no** proporciona una **indicación que pueda confundirse** con la medición de un gas externo.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

EXAMEN DE TIPO (módulo B)

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

- La repetibilidad se ensayará con una **concentración nominal $\geq 100\ 000 \cdot 1/\text{cm}^3$** . Cada **2 mediciones consecutivas**, se suministra al instrumento de medición del NP el flujo de aire filtrado **HEPA** o el flujo de aire ambiente.

ENSAYO DE LAS MAGNITUDES DE INFLUENCIA Y LAS PERTURBACIONES

- En el **apéndice I** se establecen las condiciones de ensayo para las magnitudes de influencia, así como los documentos normativos de referencia para su realización.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

ENSAYOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD (módulos F y D)

- Consistirán en la **comprobación de la conformidad** de cada instrumento de medición del NP fabricado **con el tipo**.
- La evaluación comprende un **ensayo de linealidad** con partículas **polidispersas** con una **granulometría monomodal**, **DMG (70 ± 20) nm** y **DTG $\leq 2,1$** . El control de linealidad se realiza con **5 muestras** del NP de referencia.
- El **EMP** es el definido en las **condiciones de funcionamiento de referencia** (véase el apéndice I).
- La concentración de 5 muestras del NP de referencia comprende desde una **quinta parte del límite del NP** hasta **2 veces el límite del NP** (incluidas **estas 2 concentraciones ± 10 %**) e incluye también el **límite NP (± 10 %)**.
- El sistema de referencia consiste en un **contador de partículas trazable** con una eficiencia de recuento de **23 nm $\geq 0,5$** o que cumpla los **requisitos de eficiencia** del apéndice I.
- El contador de partículas podrá ir acompañado de un diluyente trazable. La **incertidumbre expandida** del sistema de referencia completo debe ser **$< 12,5$ %**.
- El material utilizado para la verificación debe ser **termoestable** y de tipo sólido (**hollín**). Aunque pueden utilizarse otros materiales (por ejemplo, **partículas de sal**).



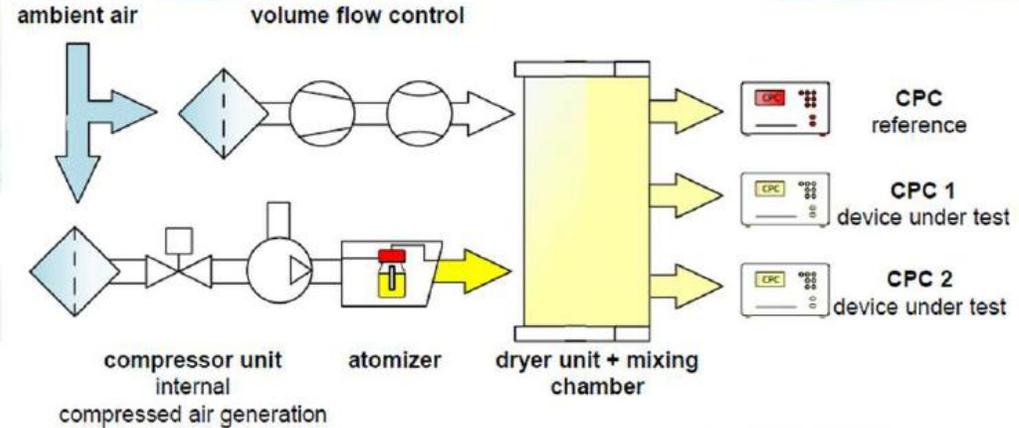
GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y TURISMO

Generador de partículas de sal combinado con unidad de flujo



- Polydisperse aerosol (NaCl)
- Monomodal size distribution
- Mean particle size 70 nm +/- 20 nm
- Geometric standard deviation GSD 1,5 – 2,1
- Total number concentration
 - 50k 1/cm³
 - 250k 1/cm³
 - 300k – 500k 1/cm³
 - 1000k 1/cm³





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

ENSAYOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD (módulos F y D)

Durante la verificación se realizarán las siguientes comprobaciones o pruebas:

- una **inspección visual** para determinar la conformidad con el tipo de instrumento de medición del NP aprobado;
- una **comprobación de la tensión y la frecuencia de la alimentación eléctrica** en el lugar de utilización para determinar el cumplimiento de las especificaciones de la placa del instrumento de medida;
- un **ensayo de aire limpio o fugas** (según se describe en las **instrucciones de funcionamiento**);
- un **ensayo de nivel cero** si difiere del control de aire limpio o de fugas;
- una **comprobación del bajo caudal de gas** restringiendo el flujo de gas suministrado a la sonda de muestreo;
- **control del tiempo de respuesta.**



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO



APÉNDICE III

Procedimiento técnico de ensayos para la verificación después de reparación o modificación de instrumentos de medición del NP



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

VERIFICACIÓN DESPUÉS DE REPARACIÓN O MODIFICACIÓN

- Los **ensayos** de verificación después de reparación o modificación de un medidor del NP son **los mismos que para la conformidad con el tipo basada en la verificación del producto** (módulo F) indicados en el apéndice II.
- El **EMP** es el definido en las **condiciones de funcionamiento de referencia** (véase el apéndice I)



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO



APÉNDICE IV

Procedimiento técnico de ensayos para la verificación periódica de instrumentos de medición del NP



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

VERIFICACIÓN PERIÓDICA

- El **ensayo de linealidad** en la verificación periódica de un medidor del NP es el mismo que para la **conformidad con el tipo basada en la verificación del producto**, indicado en el apéndice II, excepto que en este caso únicamente se evaluarán las **3** siguientes **concentraciones**:
 - la **quinta parte del límite del NP**
 - el **límite del NP**
 - el **doble del límite NP**
- El **EMP** es el definido en las **condiciones nominales de funcionamiento** (véase el apéndice I).
- El ensayo de verificación periódica podrá realizarse **en las instalaciones del OAVM o *in situ***



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

VERIFICACIÓN PERIÓDICA

Durante la verificación se realizarán las siguientes comprobaciones o pruebas:

- una **inspección visual** para determinar la conformidad con el tipo de instrumento de medición del NP aprobado;
- un **ensayo de aire limpio o fugas** (según se describe en las **instrucciones de funcionamiento**);
- un **ensayo de nivel cero** si difiere del control de aire limpio o de fugas;
- una **comprobación del bajo caudal de gas** restringiendo el flujo de gas suministrado a la sonda de muestreo;
- control del **tiempo de respuesta**.



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y TURISMO

SET PARA LA VERIFICACIÓN

Salt particulate Generator



Reference

Conditionner



Aerosol liquid





GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y TURISMO

Otros generadores de partículas de sal





GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y TURISMO

Otras referencias

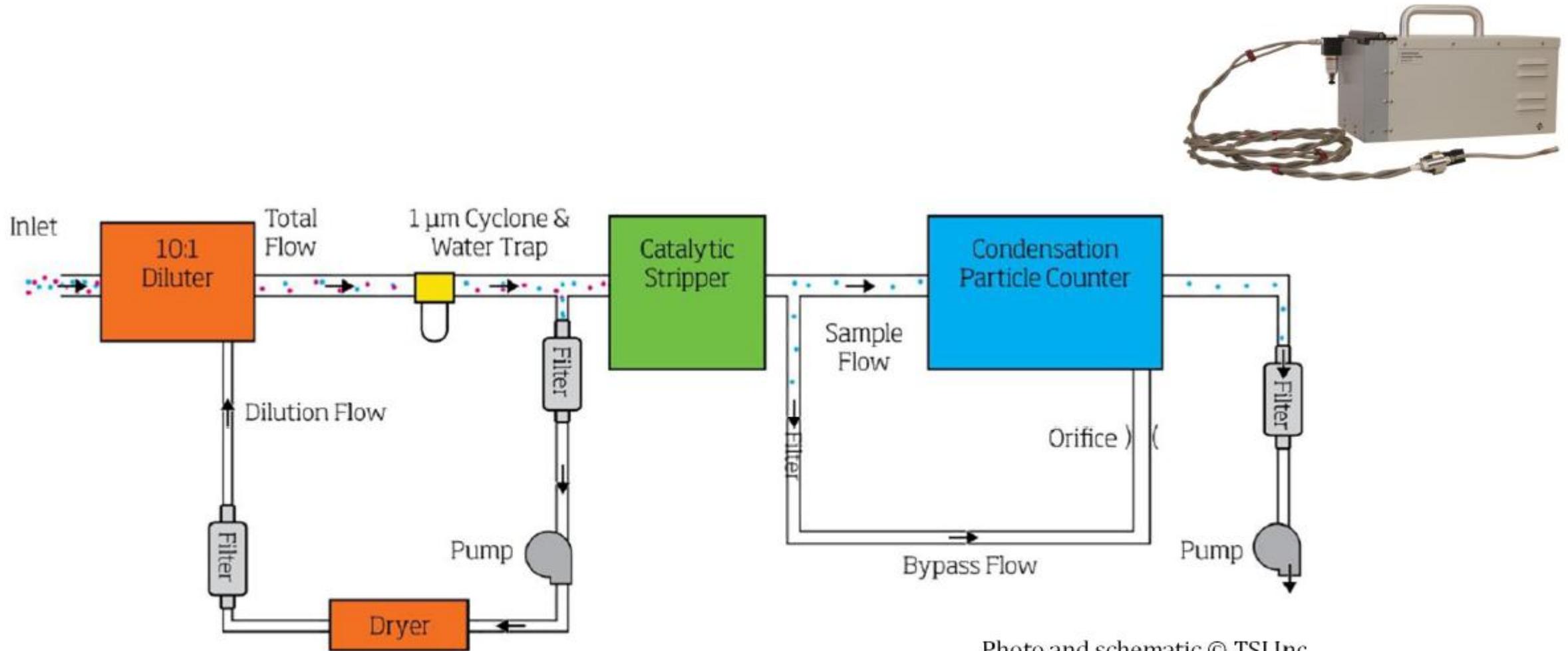


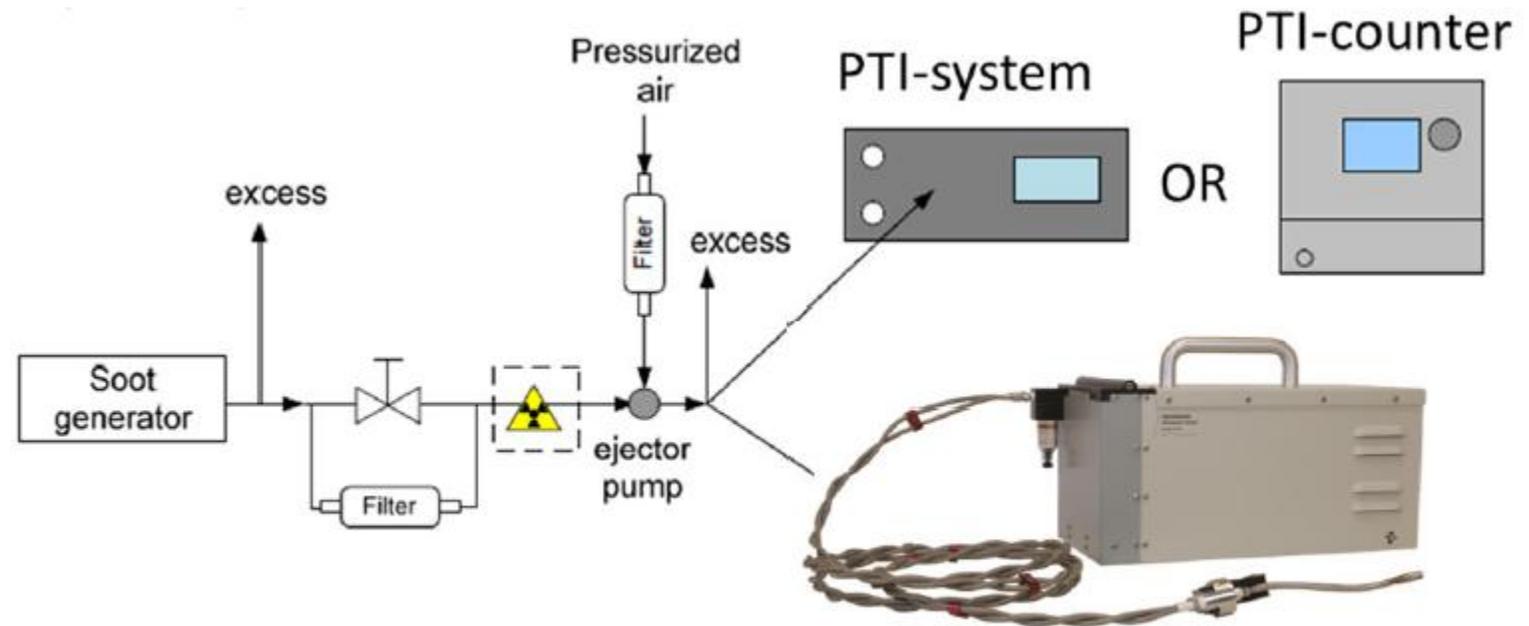
Photo and schematic © TSI Inc.



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y TURISMO

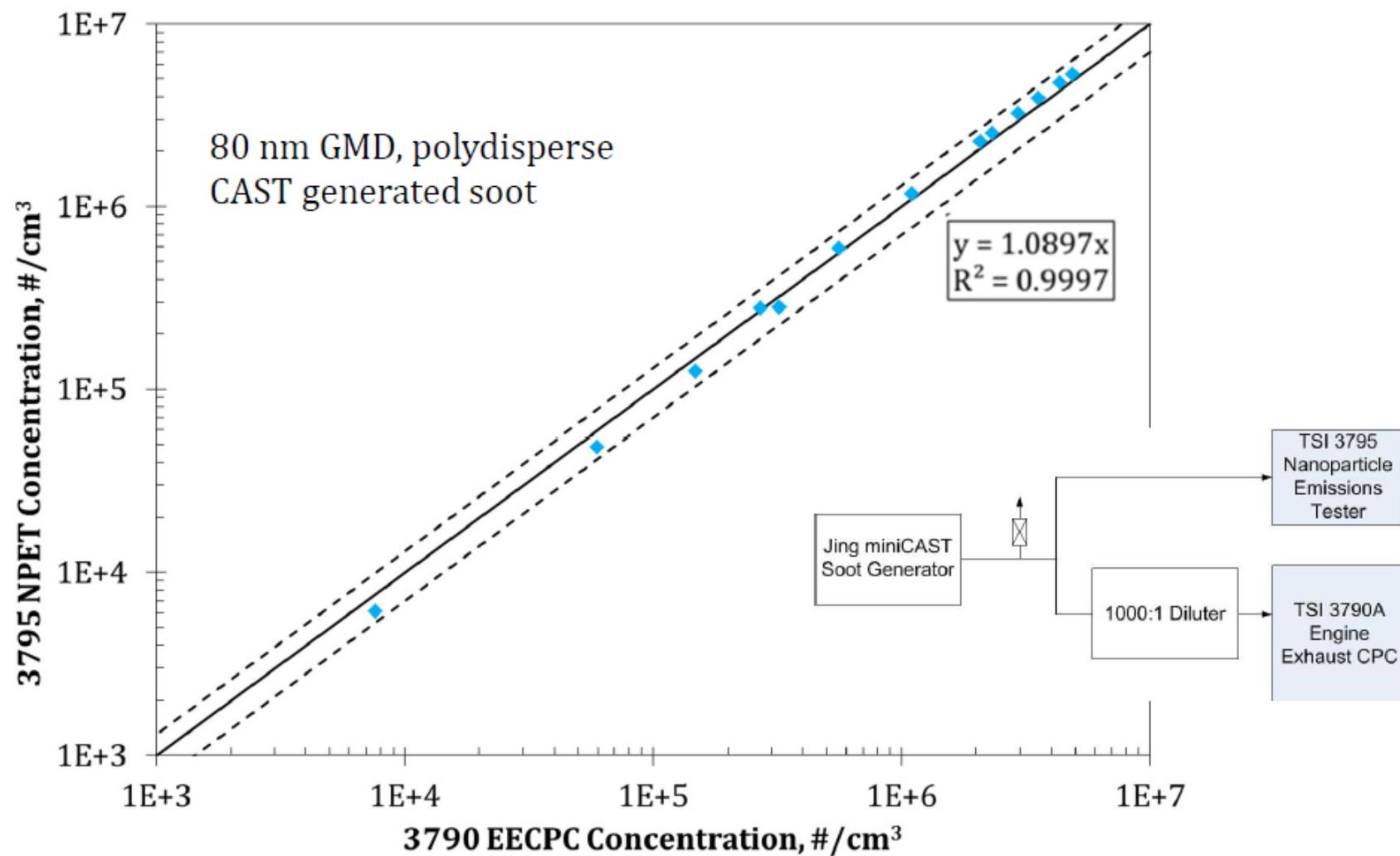
Instrumento de referencia para calibración en campo



Adapted from JRC Technical Report 2018, Real Driving Emissions (RDE) B. Giechaskiel

Concentration Linearity (CAST Soot)

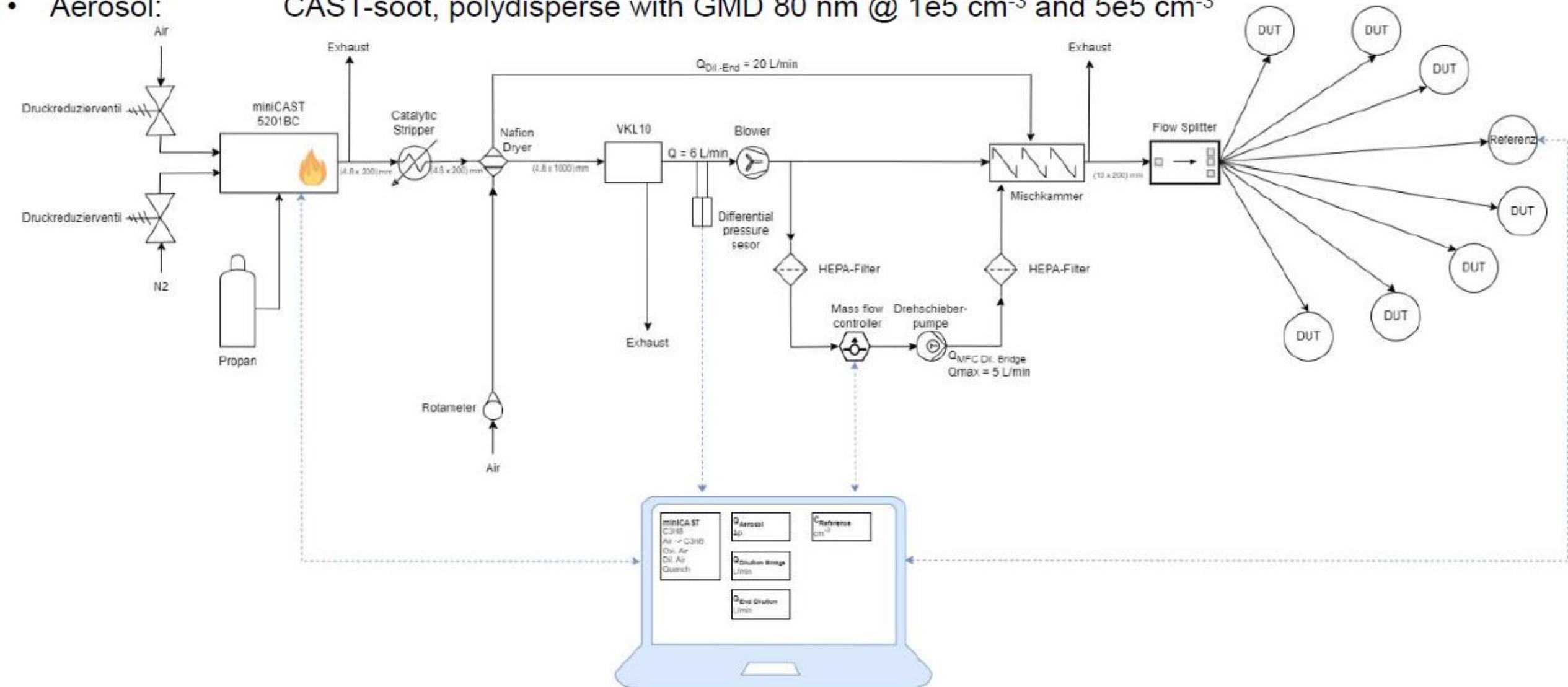
NPET 3795 vs. EECPC 3790A



- Good agreement but this solution for field tests is not PMP compliant!
- For PEMS-PN application see Horiba OBS-ONE-PN



- Aerosol: CAST-soot, polydisperse with GMD 80 nm @ $1e5 \text{ cm}^{-3}$ and $5e5 \text{ cm}^{-3}$





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO



MUCHAS GRACIAS POR SU
ATENCIÓN