

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Instrucción técnica

IT-ATM-08.3

Métodos de medida no normalizados Medida de gases de combustión mediante células electroquímicas



Unión Europea

Fondo Europeo
de Desarrollo Regional

Í N D I C E

1. OBJETO.
2. ALCANCE Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.
3. DEFINICIONES.
4. EQUIPOS:
 - 4.1. EQUIPOS NECESARIOS
 - 4.2. CALIBRACIÓN
5. DESARROLLO:
 - 5.1. GENERALIDADES
 - 5.2. VERIFICACIÓN DEL AGC
 - 5.3. MEDIDA
6. CÁLCULOS Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS.
7. RESPONSABILIDADES.
8. REFERENCIAS.

1. Objeto.

El objeto de esta instrucción técnica es definir la sistemática para la realización de medidas de los gases de combustión –óxidos de nitrógeno (NO y NO₂), dióxido de azufre, monóxido de carbono y oxígeno–, mediante analizadores dotados de células electroquímicas, en focos de emisión procedentes de instalaciones de combustión en los que ni en su normativa de aplicación ni en su autorización administrativa se refleje explícitamente el uso de normas CEN.

Esta instrucción técnica es también aplicable para instalaciones que no sean de combustión, cuando se necesite determinar algunos de los compuestos anteriormente citados.

Así mismo, esta instrucción técnica es de aplicación para las medidas de dióxido de carbono.

2. Alcance y ámbito de aplicación.

El alcance incluye todos los focos de emisión de las instalaciones en las que se desarrolla actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera.

El ámbito de aplicación es la Comunidad Autónoma de Andalucía. Aplica a las instalaciones sujetas a inspecciones o tomas de muestras y ensayos realizados por Entidad Colaboradora en el desempeño de sus funciones, a los titulares de las instalaciones en la realización de los controles internos y a la Consejería de Medio Ambiente en su labor inspectora.

3. Definiciones.

A efectos de esta instrucción técnica, se entenderá como:

Emisión: Descarga continua o discontinua a la atmósfera de sustancias procedentes, directa o indirectamente, de cualquier fuente o foco susceptible de producir contaminación atmosférica.

Foco de emisión: elemento o dispositivo a través del cual tiene lugar una descarga a la atmósfera de contaminantes atmosféricos, ya se produzca ésta de forma continua, discontinua o puntual y con origen en un único equipo o diversos equipos, procesos y o actividades y que puedan ser colectados para su emisión continua a la atmósfera.

Sitio de medida: Lugar en la chimenea o conducto de gas residual en el área del(los) plano(s) de medida, que consta de estructuras y equipo técnico, por ejemplo plataformas de trabajo, bocas de medidas, suministro de energía.

Parámetro o mensurando: magnitud particular sometida a medida. Es una propiedad cuantificable del gas residual sometido a medida.

Muestra o medida: Conjunto de operaciones que tienen por finalidad determinar un valor de una magnitud. Pueden realizarse automáticamente (ensayo in situ). El valor de cada muestra se expresa como su valor medio, bien por ser un valor integrado o como la media de una serie de valores puntuales.

Serie de medidas: Grupo de medidas tomadas en un intervalo determinado de tiempo.

Célula Electroquímica: Sensor selectivo, con principio de medida de una reacción red-ox, que detecta una concentración de un gas específico y genera una señal eléctrica proporcional a la concentración del gas.

Sistema de Eliminación de Humedad: Cualquier dispositivo utilizado para reducir la concentración de humedad en la corriente de muestra, normalmente se utilizan filtros y condensadores, para proteger la célula electroquímica de los efectos perjudiciales de la humedad y para minimizar los errores en las lecturas causados por el lavado de gases solubles.

Registro primario: Registro en papel o archivo informático original en el formato propio del sistema de adquisición de datos, de forma que permita la trazabilidad de la medida. Todas las medidas de gases de combustión realizadas de acuerdo al objeto y lo definido en la presente instrucción técnica deben de registrarse al menos de una de estas dos formas descritas.

Ciclo de Medida: La propia naturaleza de los sensores hace preciso el realizar las medidas de una forma que permita obtener unos resultados técnicamente aceptables. Para conseguir esto es importante respetar una secuencia determinada en la sistemática de medida, para ello se definen unas fases, que son:

- Fase 1: Fase en la que la célula es expuesta a la corriente gaseosa a analizar. La concentración indicada por el analizador aumenta progresivamente hasta su estabilización. Su duración es de 5 minutos.
- Fase 2: Fase de estabilización de la lectura. Su duración es 2 minutos.
- Fase 3: Fase de refresco de las células, para evitar la saturación de los mismos. Su duración es de 8 minutos.

Verificación en campo: Comprobación realizada al comienzo y a la finalización de cada día de medida para asegurar que el analizador se encuentra en condiciones óptimas para la medida y que la calibración sigue siendo válida, utilizando para ello gases de verificación, y en caso necesario corregir los resultados obtenidos e incluso anular la medida.

Gas de verificación: Gas de concentración conocida y certificada utilizado para la verificación de los analizadores.

4. Equipos.

4.1. Equipos necesarios.

4.1.1. Analizador de gases de combustión: En adelante AGC. El AGC debe estar dotado de células electroquímicas, un registrador de datos y un sistema de eliminación de humedad, de forma que la muestra llegue a los sensores de medida exenta de humedad. También forma parte del AGC la sonda que debe estar calefactada cuando se corra el riesgo de condensaciones.

4.1.2. Medida de CO₂: En caso de que sea necesario incluir los resultados de CO₂, este valor debe ser medido directamente mediante analizador, normalmente con principio de análisis por infrarrojos no dispersivos.

4.1.3. Botellas de gases de verificación: Se puede realizar con una botella mono-componente, para cada uno de los gases a medir o bien con botellas de mezcla. En este último caso, se utilizarán al menos dos botellas, una conteniendo SO₂, CO y NO y otra botella conteniendo NO₂ y O₂ (y, en su caso, CO₂).

4.2. Calibración.

El equipo debe cumplir:

- Estar calibrado frente a gases con trazabilidad.
- Estar calibrado en un rango adecuado, es decir, la concentración medida debe estar dentro del rango de calibración; los puntos de medida deben seleccionarse teniendo en cuenta los valores límites de emisión más usuales.
- El equipo debe estar incluido en el plan de mantenimiento y calibración correspondiente. Estos planes deben estar desarrollados y deben cumplirse.

5. Desarrollo.

5.1. Generalidades.

La sistemática y los puntos de medida serán seleccionados de acuerdo a lo definido en las instrucciones técnicas IT-ATM-01; IT-ATM-02 y IT-ATM-03.

5.2. Verificación del AGC.

La verificación en campo consiste en comprobar que sigue siendo válida la calibración del mismo, para lo que se introduce un gas de verificación y se comprueba la desviación de la medida del equipo frente a ella.

La verificación debe realizarse antes y después de cada serie de medida y, al menos, diariamente.

La verificación en campo (o en las instalaciones de la entidad que realice la medida, siempre y cuando las verificaciones se efectúen el mismo día de la medida) consiste en la realización de una verificación del span y del cero del analizador antes de comenzar y después de finalizar la serie de medidas correspondiente a un día, de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- Comprobar la estanqueidad del equipo, con el fin de verificar la ausencia de fugas.
- Conectar el equipo a la botella de verificación, abrir esta de manera que el flujo del gas asegure que no entre aire en el sistema de medida. Esto se consigue mediante la colocación de una «T» y un rotámetro (o cualquier otro dispositivo que permita comprobar el flujo positivo) antes del venteo.

- Realizar un ciclo de medida para el cero, utilizando aire limpio (puede ser el aire exterior de la instalación, siempre que se encuentre en una zona ventilada suficientemente). También puede ser utilizado para ello aire sintético o las botellas de verificación de span para los gases no contenidos en la misma, por ejemplo, si se dispone de una botella de SO₂, NO y CO, se puede utilizar para el cero del O₂ y NO₂.

- Realizar un ciclo de medida de acuerdo a lo descrito en la definición de ciclo de medida, registrando los valores cada minuto (Verificación de span).

La diferencia entre el valor de la botella de verificación y el valor promedio de la fase de medida, en las verificaciones del span debe ser igual o menor al 10 % del valor de la botella de verificación (3% para el caso del cero), para todos los gases excepto el O₂ y el CO₂, en que la diferencia será igual o menor al 0,3%.

- Si esta diferencia es menor o igual al 5% el valor obtenido se considera válido.

- Si esta diferencia es mayor del 5% y menor o igual al 10%, el valor obtenido se corregirá en función de lo definido en el punto 6.1 de esta instrucción técnica.

- Si la diferencia es superior al 10% (3% para el caso del cero), se desestiman las medidas.

Registrar los valores obtenidos en la verificación del cero y el span.

La concentración del gas a medir debe estar comprendida entre el 50 % y el 150 % del valor del gas de verificación del span, Esto no será necesario si durante las calibraciones a que se somete el equipo se demuestra su linealidad.

5.3. Medida.

Una vez que se han realizado las comprobaciones previas del analizador, en cuanto a la estanqueidad y la verificación con gases de cero y span, y el resultado ha sido satisfactorio, se procede a realizar las medidas en los puntos definidos en IT-ATM-03.

La sistemática para la realización de las medidas se corresponde con lo definido en el punto de definiciones (serie de medidas).

La fase de refresco repone el O₂ y la humedad requerida en la reserva del electrolito y proporciona un mecanismo para asegurar una respuesta estable y precisa de la célula electroquímica.

El periodo de refresco puede acortarse en el caso de que las células alcancen valores próximos a cero en un tiempo sensiblemente inferior al establecido.

Registrar el valor obtenido en la medida y comenzar de nuevo, realizando tantos ciclos como sea posible dentro de la medida.

El valor de cada medida es el resultado de calcular la media de todos los valores obtenidos en cada medida.

6. Cálculos y expresión de los resultados.

6.1. Cálculos.

El valor medio obtenido en cada medida se corregirá de acuerdo a la siguiente expresión:

$$C_{GAS} = (C_A - C_{PO}) \times \frac{C_S}{C_{PS} - C_{PO}}$$

Donde:

C_{GAS} = Concentración del gas corregida.

C_A = Lectura del analizador durante el período de medida.

C_{PO} = Media de los valores obtenidos en las verificaciones de cero, antes del inicio y al finalizar la serie de medida.

C_{PS} = Media de los valores obtenidos en las verificaciones de span, antes del inicio y al finalizar la serie de medida.

C_S = Concentración del gas verificación.

6.2. Expresión de los resultados.

Los resultados obtenidos del analizador, normalmente se refieren a ppm en base seca, sin corrección por O₂. El O₂ se expresa en %.

Para la conversión de valores expresados en ppm a mg/m³N, se utilizarán los siguientes factores:

Gas	mg/m ³ N = ppm x
CO	1,250
NO	1,339
NO ₂	2,054
NOx (como NO ₂)	2,054
SO ₂	2,857

6.3. Corrección por oxígeno.

Cuando sea necesario corregir los valores obtenidos a un determinado porcentaje de oxígeno, se calculará de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$C_c = C_{GAS} \times \frac{(21 - O_{REF})}{(21 - O_{MED})}$$

Donde:

C_c = concentración corregida expresada al porcentaje de oxígeno especificado.

C_{GAS} = Concentración del gas corregida (con los valores obtenidos en las verificaciones).

O_{REF} = Oxígeno de referencia, o sea al que hay que referir las medidas.

O_{MED} = Oxígeno medio durante las medidas.

7. Responsabilidades.

Es responsabilidad del titular de la instalación adaptar sus sitios y secciones de muestreo para posibilitar la realización de las medidas de acuerdo a lo recogido en la presente instrucción técnica, así como aquéllas a que se hace referencia.

8. Referencias.

EPA CTM-034 «Método de Ensayo-Determinación de Oxígeno, Monóxido de Carbono y Óxidos de Nitrógeno de fuentes estacionarias para seguimiento periódico (Procedimiento con Analizador Electroquímico Portátil)».

ASTM D 6522-00 Standard Test Method for Determination of Nitrogen Oxides, Carbon Monoxide, and Oxygen Concentrations in Emissions from Natural Gas-Fired.

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Instrucción técnica

IT-ATM-08.4

Métodos no normalizados

Medida de compuestos orgánicos volátiles - COV



Unión Europea

Fondo Europeo
de Desarrollo Regional

ÍNDICE

1. OBJETO.
2. ALCANCE Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.
3. DEFINICIONES.
4. EQUIPOS.
5. DESARROLLO.
6. CÁLCULOS Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS.
7. RESPONSABILIDADES.
8. REFERENCIAS.

1. Objeto.

El objeto de esta instrucción técnica es definir la sistemática para la realización de la toma de muestra de compuestos orgánicos volátiles (en adelante, COV) en focos de emisión, tales como los procedentes de procesos en los que se emplean disolventes.

2. Alcance y ámbito de aplicación.

El alcance incluye todos los focos de emisión de las instalaciones en las que se desarrollan actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera.

El ámbito de aplicación es la Comunidad Autónoma de Andalucía. Aplica a las instalaciones sujetas a inspecciones o tomas de muestras y ensayos realizados por Entidad Colaboradora en el desempeño de sus funciones, a los titulares de las instalaciones en la realización de los controles internos y a la Consejería de Medio Ambiente en su labor inspectora.

3. Definiciones.

A efectos de esta instrucción técnica, se entenderá como:

Emisión: Descarga continua o discontinua a la atmósfera de sustancias procedentes, directa o indirectamente, de cualquier fuente o foco susceptible de producir contaminación atmosférica

Foco de emisión: elemento o dispositivo a través del cual tiene lugar una descarga a la atmósfera de contaminantes atmosféricos, ya se produzca ésta de forma continua, discontinua o puntual y con origen en un único equipo o diversos equipos, procesos y o actividades y que puedan ser colectados para su emisión continua a la atmósfera.

Sitio de medida: Lugar en la chimenea o conducto de gas residual en el área del(los) plano(s) de medida, que consta de estructuras y equipo técnico, por ejemplo plataformas de trabajo, bocas de medidas, suministro de energía.

Medida: Conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de un parámetro o mensurando. A efectos de esta instrucción técnica, la medida es realizada en un periodo de tiempo definido.

Parámetro o mensurando: magnitud particular sometida a medida. Es una propiedad cuantificable del gas residual sometido a medida.

Muestra o medida: Conjunto de operaciones que tienen por finalidad determinar un valor de una magnitud. Pueden realizarse automáticamente (ensayo in situ). El valor de cada muestra se expresa como su valor medio, bien por ser un valor integrado o como la media de una serie de valores puntuales.

Compuesto orgánico volátil (COV): todo compuesto orgánico que tenga a 293,15 K una presión de vapor de 0,01 kPa o más, o que tenga una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso. Se incluye en esta definición la fracción de creosota que sobrepase este valor de presión de vapor a la temperatura indicada de 293,15 K.

4. Equipos.

4.1. Equipos necesarios.

Los materiales necesarios serán:

1. Línea de acero o teflón (teniendo en cuenta la limitación de uso por temperatura de este material, no utilizar en focos con temperatura superior a 200 °C), teniendo en cuenta:

- La línea de muestreo debe ser tan corta como sea posible.
- Debe incluir un dispositivo filtrante directamente después de la sonda, para captar las partículas.
- La línea de muestreo debe diseñarse para prevenir la condensación.

2. Tubo o cartucho de material adsorbente de COV. Este material se escogerá en función de la naturaleza de los compuestos a determinar y según las instrucciones que, al respecto, se indican en el punto Desarrollo. En

cuanto al tamaño del tubo, habrá de escogerse en función de la concentración de COV prevista. Normalmente se utilizarán los siguientes:

- 100/50 para bajas concentraciones (tipo NIOSH).
- 400/200 para concentraciones medias (tipo S o L).
- 300/750 para medias y altas concentraciones (tipo B/G).

3. Equipo de toma de muestra dotado de

- Unidad de aspiración dotada de:

- Contador de gas con control de temperatura.
- Bomba y serpentín de refrigeración.

- Sílica gel o cualquier otro material desecante para atrapar la posible humedad después del adsorbente.

- Termómetro para controlar la temperatura en chimenea.

- Barómetro para presión atmosférica.

- Borboteador de vástago corto para condensados.

- Borboteador pequeño de vástago largo para sílica después de adsorbente.

5. Desarrollo.

5.1. Generalidades.

El sitio de medida debe cumplir con los requisitos recogidos en las instrucciones técnicas IT-ATM-01 y IT-ATM-03, y debe realizarse en un momento adecuado, de acuerdo a lo definido en la IT-ATM-02; por tanto, se podrá muestrear en un punto o en rejilla en función del resultado de la determinación de la homogeneidad.

Una cantidad de gas, en unas condiciones determinadas, se hace pasar a través de un filtro y una sustancia adsorbente, en la cual quedan retenidos los compuestos a determinar.

Para facilitar su identificación y por tanto su retención y posterior cuantificación, los COV se pueden agrupar en las siguientes familias:

- Hidrocarburos alifáticos: alcanos, alquenos y alquinos.
- Hidrocarburos aromáticos.
- Hidrocarburos oxigenados (alcoholes, esteres, éteres, cetonas...).
- Hidrocarburos clorados.
- Hidrocarburos azufrados.
- Terpenos.

Se hace pasar un determinado volumen, a un caudal específico en función del compuesto a determinar (puede variar desde 0,05 l/min hasta 0,5 l/min), con el fin de conseguir una velocidad de paso del aire determinada a través del adsorbente y por tanto garantizar un tiempo mínimo de residencia o de paso.

En el caso de que se quiera determinar la composición de un gas de una forma semicuantitativa, se utilizará un tubo de adsorción de Tenax ® o cualquier mezcla de adsorbentes de amplio espectro. Todo ello, usando una bomba de bajo caudal.

Posteriormente, el tubo se somete a desorción para proceder a su analítica mediante cromatografía de gases (CG), seguida de un sistema de cualificación de compuestos (MS, FID, etc.). En el caso del MS se puede informar de los resultados obtenidos a partir de la librería (NIST), en el resto de composiciones del equipo, sólo se pueden cuantificar los compuestos para los que el equipo ha sido calibrado.

La elección del tenax para hacer un barrido de COV se debe a que éste es el adsorbente más apropiado para ello, según se indica en la tabla 1 y en la figura 1. El tenax es el compuesto más versátil, ya que adsorbe COV con un punto de ebullición entre 45 °C y 250 °C.

El tenax adsorbe compuestos orgánicos volátiles no polares. Es decir, posee una baja afinidad por el agua y todos los compuestos polares de cadena corta y, por tanto, no es apropiado para su captación.

Tabla 1. Adsorbentes más comunes.

Adsorbente sólido	Especificaciones	Afinidad por el agua	Aplicaciones
Sílica gel	hidróxido de sílice deshidratada	hidrofilico	VOC polares
Alúmina	óxido de aluminio	hidrofilico	VOC polares
Florisil		hidrofilico	VOC polares
Carbón activado		hidrofilico	VOC C6 y superiores
Tenax (TA, GR, GC)	óxido de poli-2,6-difenilfenileno	hidrofóbico	VOC

Adsorbente sólido	Especificaciones	Afinidad por el agua	Aplicaciones
Porapak	resina macroreticular	hidrofóbico	
Amberlite XAD-2	resina poliaromática	hidrofóbico	SVOC
Ambersorb	tamiz molecular de carbono	ligeramente hidrofílico	
Carbotrap (B, C, F)	negro de carbono grafitizado	ligeramente hidrofílico	hidrocarburos C4 y superiores, PCB
Carbosieve S-II y S-III	tamiz molecular de carbono	ligeramente hidrofílico	compuestos orgánicos ligeros
Chromosorb 102 y 106	poliestireno divinilbenceno	hidrofóbico	
Thermosorb/N	mezcla de silicatos metálicos con inhibidor de nitrosación		Nitrosaminas
Thermosorb/A			aminas
Anasorb 747, CMS, 727		hidrofílico	cetonas, alcoholes, terpenos
Carboxenos 563, 564, 569, 1000, 1001, 1002 y otros		hidrofóbico	VVOC, hidrofluorocarbonos hidroclorofluorocarbonos

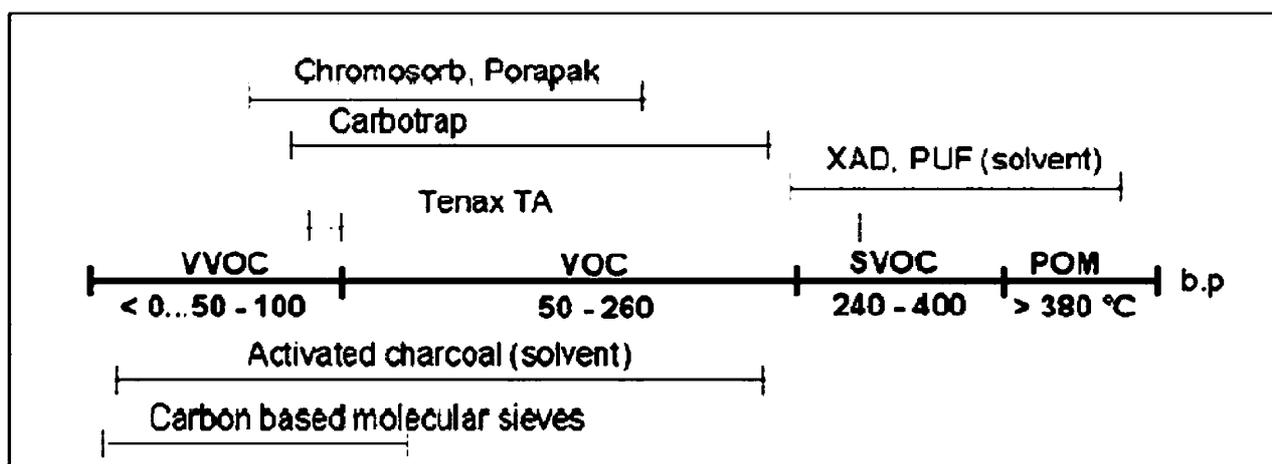


Figura 1. Adsorbentes según el punto de ebullición del compuesto a captar

5.2. Limpieza previa.

El material en contacto con la muestra previo a su captación, debe estar limpio, y debe acondicionarse en estufa a 150 °C durante al menos 1 hora.

5.3. Medida.

5.3.1. Montaje del tren de muestreo.

Conectar la sonda y el serpentín. El serpentín se coloca para inducir la condensación de parte de los COV y para reducir la humedad y la temperatura y evitar las posibles interferencias en la posterior retención en el adsorbente.

Hay que tener la precaución de colocar el serpentín de forma que se evite la retención de los condensados en su interior. Este serpentín se colocará previamente al condensador (puede usarse un borboteador o similar). Este estará situado en el interior del baño de hielo.

Para evitar la contaminación de la muestra por partículas de la chimenea, colocar lana de vidrio u otro material filtrante que no retenga los COV entre la sonda y el serpentín.

Unir la salida del condensador a la entrada del tubo de material adsorbente.

El tubo adsorbente debe estar colocado de forma vertical, para evitar canalizaciones, es decir, caminos preferentes, siendo el flujo en dirección descendente.

Las ampollas de adsorbente van provistas de dos secciones: una primera para analizar los COV y otra segunda posterior y en serie para asegurarnos que la primera parte no se ha saturado y no se ha superado el volumen de ruptura. Se considera que la primera parte se ha saturado o se ha superado el volumen de ruptura

en un determinado compuesto si la cantidad retenida en la segunda sección es mayor del 10% de la cantidad total adsorbida (suma de la concentración obtenida en cada una de las dos secciones).

Justo después del adsorbente se colocará un termopar para verificar que la temperatura en este punto es menor de 20 °C.

Conectar la salida a la entrada del segundo condensador, conteniendo aproximadamente entre 80 y 100 g de sílica gel para atrapar la posible humedad después del adsorbente.

Conectar las entradas y salidas de las camisas de refrigeración del serpentín a un circuito cerrado de recirculación de agua formado por una bomba de impulsión y un depósito de agua con hielo (puede ser el mismo baño de hielo que acoge los condensadores).

Conectar el último condensador, que contiene sílica gel, a la unidad de aspiración.

A la salida de la unidad de aspiración conectar un contador de gas provisto de sensores de temperatura de entrada y salida del gas.

Realizar una prueba de fugas, de tal manera que se cubra todo el tren de muestreo desde el extremo de la sonda hasta el contador, la fuga debe ser menor del 2% del caudal de muestreo.

5.3.2. Toma de muestra.

Realizar la toma de muestra, utilizando para ello el tren de muestreo descrito anteriormente, aspirando entre 0,05 a 1 l/min durante 1 h teniendo en cuenta el tamaño utilizado y la cantidad de adsorbente. Generalmente puede considerarse un caudal de 0,2 l/min.

En función de la concentración de contaminante prevista, el muestreo puede ser de mayor o menor duración (y a mayor o menor caudal) para asegurarnos de que se puedan retener los COV y que el tubo de adsorbente no se sature o se supere el volumen de ruptura.

Se debe garantizar que la temperatura del agua de refrigeración en todo su recorrido sea inferior a 20 °C.

El rendimiento de retención del adsorbente aumenta al disminuir la temperatura del mismo, ya que disminuye la desorción del compuesto en el equilibrio adsorción-desorción que se produce.

5.3.3. Recuperación de la muestra.

Retirar el tubo con la muestra.

Tapar los extremos del tubo de adsorción con sus tapones.

Recuperar los condensados en un frasco de vidrio ámbar.

Lavar con la mínima cantidad de Metanol al 10% (máximo 100 ml) todo el material desde la sonda hasta la línea que une el condensador con el tubo adsorbente. Verter los lavados sobre el mismo frasco de vidrio opaco, teniendo la precaución de no dejar cámara de aire en su interior.

Después del muestreo, los tubos y los frascos conteniendo los lavados y condensados deben transportarse en un ambiente fresco y en la oscuridad, hasta su posterior envío al laboratorio para su análisis.

Para almacenamiento prolongado, los tubos deben almacenarse a una temperatura menor de 4 °C en un recipiente refrigerado.

6. Cálculos y expresión de los resultados.

6.1. Volumen de gas muestreado.

Se corrige el volumen de gas muestreado leído en el contador de gas seco, a condiciones normales, 0 °C y 1.013 mb, aplicando la siguiente ecuación:

$$V_V = V_m \cdot \frac{P_a}{T_c} \cdot \frac{T_N}{P_N}$$

Donde:

V_N : Volumen muestreado en C.N. (0 °C, 1013 mb) (m^3N).

V_m : Volumen de gas muestreado en condiciones del contador (m^3).

P_N : 1.013 mbar.

T_N : 273K.

P_a : Presión atmosférica en mbar.

T_c : Temperatura del gas en el contador en K.

Entonces, la concentración de cada COV se calcula:

$$C_{COV} = \frac{M_{COV}}{V_N}$$

C_{COV} : Concentración del Compuesto Orgánico Volátil (mg/m^3N).

M_{COV} : Masa de Compuesto Orgánico Volátil (mg). Dato obtenido del informe de ensayo aportado por el laboratorio.

V_N : Volumen muestreado de gas en m^3N .

7. Responsabilidades.

Es responsabilidad del titular de la instalación adaptar sus sitios y secciones de muestreo para posibilitar la realización de las medidas de acuerdo a lo recogido en la presente instrucción técnica, así como en aquellas a que se hace referencia.

8. Referencias.

Method 18 «Measurement of gaseous organic compound emissions by gas chromatography». Ed. 1996. Code of Federal Regulations Title 40. U.S. Environmental Protection Agency Part.60.

OSHA 7 (organic vapours).

ASTM D 3686-95 Standard Practice for Sampling Atmospheres to Collect Organic Compound Vapours (Activated Charcoal Tube Adsorption Method).

NTP-24: Toma de muestra de vapores de disolventes mediante adsorbentes sólidos. Normas de captación.

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Instrucción técnica

IT-ATM-08.5

Métodos de medida no normalizados

Medida de carbono orgánico total -

COT



Unión Europea

Fondo Europeo
de Desarrollo Regional

Í N D I C E

1. OBJETO.
2. ALCANCE Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.
3. DEFINICIONES.
4. EQUIPOS.
5. DESARROLLO.
6. CÁLCULOS Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS.
7. RESPONSABILIDADES.
8. REFERENCIAS.

1. Objeto.

El objeto de esta instrucción técnica es definir la sistemática para la realización de medidas de la concentración másica de carbono orgánico total (COT) en gases efluentes mediante un instrumento que use detección por ionización de llama (FID).

Para ello, esta instrucción técnica especifica un conjunto de requisitos mínimos de funcionamiento de dicho instrumento, junto con los procedimientos para su calibración y operación.

2. Alcance y ámbito de aplicación.

El alcance incluye todos los focos de emisión de las instalaciones en las que se desarrollan actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera.

El ámbito de aplicación es la Comunidad Autónoma de Andalucía. Aplica a las instalaciones sujetas a inspecciones o tomas de muestras y ensayos realizados por Entidad Colaboradora en el desempeño de sus funciones, a los titulares de las instalaciones en la realización de los controles internos y a la Consejería de Medio Ambiente en su labor inspectora.

3. Definiciones.

A efectos de esta instrucción técnica, se entenderá como:

Emisión: Descarga continua o discontinua a la atmósfera de sustancias procedentes, directa o indirectamente, de cualquier fuente o foco susceptible de producir contaminación atmosférica.

Foco de emisión: elemento o dispositivo a través del cual tiene lugar una descarga a la atmósfera de contaminantes atmosféricos, ya se produzca ésta de forma continua, discontinua o puntual y con origen en un único equipo o diversos equipos, procesos y o actividades y que puedan ser colectados para su emisión continua a la atmósfera.

Sitio de medida: Lugar en la chimenea o conducto de gas residual en el área del(los) plano(s) de medida, que consta de estructuras y equipo técnico, por ejemplo plataformas de trabajo, bocas de medidas, suministro de energía.

Medida: Conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de un parámetro o mensurando. A efectos de esta instrucción técnica, la medida es realizada en un periodo de tiempo definido.

Parámetro o mensurando: magnitud particular sometida a medida. Es una propiedad cuantificable del gas residual sometido a medida.

Serie de medidas: Grupo de medidas tomadas en un intervalo determinado de tiempo.

Muestra o medida: Conjunto de operaciones que tienen por finalidad determinar un valor de una magnitud. Pueden realizarse automáticamente (ensayo in situ). El valor de cada muestra se expresa como su valor medio, bien por ser un valor integrado o como la media de una serie de valores puntuales.

Aire de combustión: Aire suministrado usado para la combustión del gas combustible en un instrumento que usa detección por ionización de llama.

Gas complementario: Componente de una mezcla de gas para calibración que completa una mezcla de gas para calibración.

Gas combustible: Gas de composición conocida usado para mantener la llama del FID.

Factor de respuesta: Cociente adimensional entre la respuesta del FID al compuesto detectado y la respuesta al propano, en cada caso referido al número de átomos de carbono de la molécula.

Gas de rango o span: Gas usado para ajustar y comprobar un punto en la curva de calibración.

Carbono orgánico total (COT): Por convenio, el carbono orgánico gaseoso total que se mide mediante el FID y se expresa como mgC/Nm^3 se define como todo compuesto orgánico que tenga a 293,15 K una presión de vapor de 0,01 kPa o más, a temperatura ambiente (20 °C), o que tenga una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso. Se incluye en esta definición la fracción de creosota que sobrepase este valor de presión a la temperatura indicada de 293,15 K.

Gas cero: Gas usado para ajustar y comprobar el punto cero en una curva de calibración.

4. Equipos.

Analizador portátil de COT.

Compuesto de:

- Línea de toma de muestra: se debe utilizar una sonda calefactada para evitar la condensación; la temperatura de la sonda deberá ser unos 20 °C superior a la temperatura del gas efluente, que deberá ser inferior a 200 °C.
- Filtro de partículas para evitar que entren partículas dentro del analizador.
- Unidad de análisis.
- Adquisidor de datos.

Dispositivo de muestreo. El dispositivo de muestreo debe diseñarse de manera que tenga en cuenta las características del gas efluente:

- Debe estar fabricado de un material química y físicamente inerte a los constituyentes del gas efluente objeto de análisis.
- Debe diseñarse de forma que asegure un tiempo de residencia de la muestra inferior a 1 min.
- Debe construirse de manera que evite la condensación en la línea de muestreo; son adecuados varios métodos alternativos:
 - Línea de muestreo calentada. La línea debe calentarse fuertemente y en mediciones en gases calientes, la temperatura del punto más frío debe ser al menos 20 °C por encima de la temperatura del gas efluente y no debe exceder los 200 °C.
 - Dilución dinámica.
- La línea de muestreo debe incluir un dispositivo de filtración (aguas arriba) para retener todas las partículas responsables de dañar el funcionamiento del aparato.

El analizador FID es un analizador cuyo principio de medida es la determinación de una corriente de ionización resultante de la combustión de compuestos orgánicos en una llama de hidrógeno. Esta corriente depende del número de átomos de C de compuestos orgánicos quemados en la llama del combustible, la forma del enlace (cadena lineal o ramificada) y los átomos que se enlazan.

Este analizador debe ser capaz de proporcionar una señal de salida continua de la concentración de COT medida. Debe realizarse un registro continuo de las lecturas negativas (señal inferior a cero) a fin de detectar y si es necesario, corregir la deriva. Deben registrarse los ajustes de cero y rango para fines de control de calidad.

Se debe comprobar anualmente que el equipo cumple con los requisitos mínimos de funcionamiento definidos en la tabla 1 para las características:

- Tiempo de respuesta.
- Linealidad.
- Límite de cuantificación.
- Efecto del oxígeno.

El resto de características deben demostrarse en el modelo.

Tabla 1. Requisitos mínimos de funcionamiento de FID sin sonda de muestreo

Características de funcionamiento (ver la nota 1)	Requisitos mínimos de funcionamiento
Rango mínimo de medida	0 a 50 mgC/Nm ³ 0 a 150 mgC/Nm ³ 0 a 500 mgC/Nm ³
Límite de cuantificación	5% del valor límite de emisión
Tiempo de respuesta (0% a 90%)	Inferior a 1 min
Desviación de linealidad	Desviación permitida 5% del límite de emisión
Rango de factores de respuesta (ver la nota 2)	Rango permitido
Metano	0,9 a 1,2

Características de funcionamiento (ver la nota 1)	Requisitos mínimos de funcionamiento
Hidrocarburos alifáticos (ver la nota 3)	0,9 a 1,1
Hidrocarburos aromáticos (ver la nota 4)	0,8 a 1,1
Alcoholes alifáticos (ver la nota 5)	0,7 a 1,0
Esteres (ver la nota 6)	0,7 a 1,0
Cetonas (ver la nota 7)	0,7 a 1,0
Ácidos orgánicos (ver la nota 8)	0,5 a 1,0
Efectos del oxígeno (ver la nota 9)	Interferencia permitida: 5% del límite de emisión
<p>NOTAS:</p> <p>1 En el anexo B de la norma UNE EN 13526:2002 se indican los métodos para la determinación de las características del instrumento. Los rangos de los factores de respuesta deben ser demostrados en el modelo, mientras que el resto en el equipo.</p> <p>2 En el anexo C de la norma UNE EN 13526:2002 se dan ejemplos de factores habituales de respuesta.</p> <p>3 Para el propósito de esta IT, los hidrocarburos alifáticos pueden representarse por etano, butano, hexano, heptano, octano o ciclohexano.</p> <p>4 Para el propósito de esta IT, los hidrocarburos aromáticos pueden representarse por benceno y tolueno.</p> <p>5 Para el propósito de esta IT, los alcoholes alifáticos pueden representarse por metanol, etanol o propano.</p> <p>6 Para el propósito de esta IT, los esterres pueden representarse por acetato de etilo o acetato de isobutilo.</p> <p>7 Para el propósito de esta IT, las cetonas pueden representarse por acetona.</p> <p>8 Para el propósito de esta IT, los ácidos orgánicos pueden representarse por ácido acético.</p> <p>9 Para gases efluentes con un contenido de oxígeno inferior al 18%, el efecto del oxígeno debe determinarse como se muestra en el anexo B de la norma UNE EN 13526:2002.</p>	

Gases.

Los gases que se utilizan para el muestreo en campo son los siguientes:

- Aire de combustión: la concentración de COT del aire de combustión no debe exceder el 1% del valor límite de emisión.
- Gas combustible: La concentración de COT en el gas combustible no debe exceder el 1% del valor límite de emisión. Puede ser:
 - Hidrógeno.
 - Mezcla Hidrógeno/Helio.
 - Mezcla Hidrógeno/Nitrógeno.
- Gas cero: debe usarse aire limpio o sintético cuya concentración de COT no exceda del 1% del valor límite de emisión.
- Gas de rango o de span: debe ser propano en un aire sintético cuya concentración de COT no exceda del 1% del valor límite de emisión o del rango en el que se calibre el equipo. La concentración de propano debe ser del 80% del valor del rango de acuerdo a lo definido en la tabla 1. La incertidumbre máxima permitida de la concentración de propano no debe de superar el 2%.

Los gases deben ser trazables.

5. Desarrollo.

5.1. Generalidades.

El sitio de medida debe cumplir con los requisitos recogidos en las instrucciones técnicas IT-ATM-01 y 03, y debe realizarse en un momento adecuado de acuerdo a lo definido en la IT-ATM-02; por tanto, se podrá muestrear en un punto o en rejilla en función del resultado de la determinación de la homogeneidad.

5.2. Ajustes y comprobaciones.

Ajuste del instrumento:

Se pone el analizador en funcionamiento según las indicaciones del fabricante.

Se introduce gas cero y de rango, teniendo en cuenta que deben ser introducidos al mismo caudal y presión, usando la entrada de muestra o los puertos de entrada habilitados según las instrucciones del fabricante, siguiendo la siguiente secuencia de operaciones:

- a) Se introduce el gas cero en el analizador y se ajusta el cero.
- b) Se introduce el gas de rango y se ajusta el instrumento convenientemente.

c) Se introduce el gas cero en el analizador una vez más y se comprueba que la lectura vuelve a cero; en caso contrario, se repiten los pasos de a) a c).

Comprobaciones del instrumento y dispositivo de muestreo:

Deben repetirse los pasos de a) a c) del apartado anterior introduciendo los gases de cero y rango mediante la sonda de muestreo. Si existe una diferencia mayor del 5% entre las lecturas de rango entre la comprobación del equipo y el equipo más el dispositivo de muestreo, el equipo debe revisarse.

Esta operación debe realizarse antes y después del muestreo.

5.3. Medidas.

Se mide en los puntos seleccionados de acuerdo en la IT-ATM-03, teniendo en cuenta que se deben registrar los datos de manera continua mediante registrador, y que los registros generados deberán ser almacenados dado su carácter de registro primario, y se deben controlar los datos auxiliares necesarios en función de las condiciones en que se deba expresar la concentración. Estos registros deben ser incorporados al informe.

Para la realización de las medidas se seguirá lo descrito en la IT-ATM-02.

6. Cálculos y expresión de los resultados.

6.1. Conversión de ppm de propano a mg C/Nm³.

$$(C_{\text{mg}})_h = C_{\text{GAS}} \times 1,607$$

Donde:

(Cmg)_h = Concentración del gas húmedo corregida (mg C/Nm³).

6.2. Conversión de mg C/Nm³ gas húmedo a mg C/Nm³ gas seco.

$$(C_{\text{mg}})_s = (C_{\text{mg}})_h \frac{100}{100 - H}$$

Donde:

(Cmg)_s = Concentración del gas seco corregida (mg C/Nm³).

H: Porcentaje de humedad.

6.3. Conversión de mg C/Nm³ (O₂ de chimenea) a mg C/Nm³ (O₂ de referencia).

$$(C_{\text{mg}})_{\text{sref}} = (C_{\text{mg}})_s \frac{21 - \%O_2\text{ref}}{21 - \%O_2\text{med}}$$

Donde:

(Cmg)_{sref} = Concentración del gas seco corregida y referida al oxígeno de referencia (mg C/Nm³).

%O₂ref: porcentaje de oxígeno en las condiciones de referencia.

%O₂med: porcentaje medido en volumen de oxígeno.

7. Responsabilidades.

Es responsabilidad del titular de la instalación adaptar sus sitios y secciones de muestreo para posibilitar la realización de las medidas de acuerdo a lo recogido en la presente instrucción técnica, así como las instrucciones técnicas a que se hace referencia.

8. Referencias.

Norma UNE-EN 13526. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de carbono orgánico gaseoso total en gases efluentes de procesos que emplean disolventes. Método continuo por detector de ionización por llama.

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Instrucción técnica

IT-ATM-09

Inspecciones reglamentarias de emisiones fugitivas de partículas sedimentables y en suspensión



Unión Europea

Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Í N D I C E

1. OBJETO.
2. ALCANCE Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.
3. DEFINICIONES.
4. EQUIPOS.
5. DESARROLLO.
6. CÁLCULOS Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS.
7. RESPONSABILIDADES.
8. REFERENCIAS.

1. Objeto.

Esta instrucción técnica tiene por objeto definir la metodología a aplicar para la inspección y control de las emisiones difusas, de acuerdo al Decreto 151/2006, de 25 de julio, por el que se establecen los valores límite y la metodología a aplicar en el control de las emisiones no canalizadas de partículas por las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera.

2. Alcance y ámbito de aplicación.

El alcance incluye las emisiones difusas de partículas producidas en las instalaciones en las que se desarrollan actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera.

El ámbito de aplicación es la Comunidad Autónoma de Andalucía. Aplica a las instalaciones sujetas a inspecciones o tomas de muestras y ensayos realizados por Entidad Colaboradora en el desempeño de sus funciones, a los titulares de las instalaciones en la realización de los control internos y a la Consejería de Medio Ambiente en su labor inspectora.

3. Definiciones.

A efectos de esta instrucción técnica, se entenderá como:

Emisión difusa: Descarga continua o discontinua a la atmósfera de sustancias procedentes, directa o indirectamente, de cualquier fuente o foco susceptible de producir contaminación atmosférica, y no canalizada a través de una chimenea.

Foco de emisión: elemento o dispositivo a través del cual tiene lugar una descarga a la atmósfera de contaminantes atmosféricos, ya se produzca ésta de forma continua, discontinua o puntual y con origen en un único equipo o diversos equipos, procesos y o actividades y que puedan ser colectados para su emisión continua a la atmósfera.

Sitio de medida: Lugar de la instalación donde se colocan los captadores.

Medida: Conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de un parámetro o mensurando. A efectos de esta instrucción técnica, la medida es realizada en un periodo de tiempo definido.

Parámetro o mensurando: magnitud particular sometida a medida.

4. Equipos.

- 4.1. Partículas totales en suspensión.

Equipo captador de alto volumen: Equipo que consiste en tres partes conectadas entre sí y está diseñado de acuerdo a lo descrito en el apartado A del Anexo II del Decreto 151/2006.

- 4.2. Partículas sedimentables.

Equipo captador de partículas sedimentables: Equipo que cumple con lo especificado en el apartado B del Anexo II del Decreto 151/2006.

- 4.3. Filtros.

Filtro de fibra de vidrio apto para la toma de muestras ambientales; en el caso de que la muestra esté destinada a una posterior caracterización química, el filtro utilizado debe ser de fibra de cuarzo. Puede ser utilizado cualquier otro material en el filtro siempre que permita cumplir las condiciones del muestreo y el fin del mismo sea la determinación de compuestos que requieran el uso de dicho material.

5. Desarrollo.

- 5.1. Partículas totales en suspensión.

- 5.1.1. Generalidades.

Se tendrán en cuenta las siguientes cuestiones generales a la hora de colocar los captadores:

1. Se dispondrá un mínimo de tres puntos de muestreo situados alrededor de la instalación emisora, con atención preferente a la protección de los receptores humanos.

2. Los puntos formarán un triángulo equilátero, y uno de los vértices se situará a sotavento de la instalación, teniendo en cuenta los vientos dominantes en la zona. En el caso de que exista más de un viento dominante, se cubrirán estos con el resto de captadores.

3. Con el objeto de determinar la concentración de fondo de partículas, se realizará un muestreo sincrónico colocando otro captador fuera de la zona de influencia de la instalación inspeccionada, situado a barlovento de la instalación.

4. Los niveles de partículas totales en suspensión se determinarán mediante un muestreo de una duración de 24 horas continuadas, con una tolerancia máxima de quince minutos.

5. No se tomarán muestras en días de lluvia.

6. La actividad inspectora o de control interno se realizará en días de funcionamiento normal de la instalación.

En el informe de inspección se incluirá:

1. Un apartado de descripción de las condiciones meteorológicas durante el periodo de toma de muestra, que incluya como mínimo:

- Lluvia.
- Velocidad.
- Dirección del viento.

2. Un apartado con justificación del aporte natural de partículas, como intrusiones de masas de aire de origen africano existentes durante el muestreo, o la ausencia de éstos.

3. Como anexos al informe se incluirá:

3.3. Anexo I: Plano de Situación, vista aérea o plano donde se indicará el contorno de la instalación y donde se recogerá la situación de los captadores colocados.

3.4. Anexo II: Reportaje fotográfico, se recogerá una vista general de cada uno de los captadores colocados y su entorno.

Si en el plan de muestreo está previsto determinar tanto las partículas totales en suspensión como las sedimentables, el inicio de ambas tomas será simultáneo.

5.1.2. Toma de muestra.

- Se realiza una inspección ocular de los filtros, antes de su uso, desechando los que presentan imperfecciones frente a la luz.

- El filtro se coloca en el soporte en el aparato de toma de muestra.

- El filtro se maneja con cuidado para evitar su deterioro o contaminación, usando para ello guantes de cirujano o pinzas, y se doblarán hacia dentro para evitar pérdidas de la materia particulada recogida.

- El traslado de los filtros se realizará en cápsulas de petri o en sobres u otros soportes adecuados.

- El captador de alto volumen se sitúa en un lugar tal que:

• El conducto de salida del aire aspirado, dotado de un difusor, esté lo suficientemente alejado para evitar la contaminación de la muestra.

• Entre el plano del filtro y el suelo exista una distancia de entre 1,5 y 4 metros.

• En horizontal no exista ningún obstáculo en un radio inferior a una distancia doble de la altura del mismo.

- Conectar el equipo.

- Anotar la fecha, hora y lectura del contador antes y después de la toma de muestra.

Una vez concluida la toma de muestra, el filtro se envía a un laboratorio acreditado para su análisis.

5.1.3. Verificaciones.

Con una periodicidad mínima trimestral, se procederá a la verificación del sistema de aspiración (captador con filtro en blanco). El caudal real de aspiración del sistema no debe diferir en más del 10% del caudal programado.

5.2. Partículas sedimentables.

5.2.1. Generalidades.

1. Los niveles de partículas sedimentables se determinarán durante un período mínimo de 15 días.

2. La actividad inspectora o de control interno se realizará en días de funcionamiento normal de la instalación.

3. Durante la inspección o el control interno se dispondrá un mínimo de tres puntos de muestreo situados alrededor de la instalación emisora, con atención preferente a la protección de los receptores humanos.

4. Los puntos formarán un triángulo equilátero, y uno de los vértices se situará teniendo en cuenta los vientos dominantes en la zona. En el caso de que exista más de un viento dominante, se cubrirán estos con el resto de captadores.

5. Con el objeto de determinar la concentración de fondo de partículas, se realizará un muestreo sincrónico colocando otro captador fuera de la zona de influencia de la instalación inspeccionada.

En el informe de inspección se incluirá:

1. Un apartado de descripción de las condiciones meteorológica durante el periodo de toma de muestra, que incluya como mínimo:

- Lluvia.
- Velocidad.
- Dirección del viento.

2. Un apartado con justificación del aporte natural de partículas, como intrusiones de masas de aire de origen africano existentes durante el muestreo.

3. Como anexos al informe se incluirá:

3.3. Anexo I: Plano de Situación, vista aérea o plano donde se indicará el contorno de la instalación y donde se recogerá la situación de los captadores colocados.

3.4. Anexo II: Reportaje fotográfico, se recogerá una vista general de cada uno de los captadores colocados y su entorno.

Si en el plan de muestreo está previsto determinar tanto las partículas totales en suspensión como las sedimentables, el inicio de ambas tomas será simultáneo.

5.2.2. Toma de muestra.

El captador de partículas sedimentables se situará de forma que:

- Se coloque en un espacio abierto alejado de muros verticales, edificios, árboles, etc., que puedan interferir la determinación. Como criterio de alejamiento, se puede considerar la distancia doble de la altura del objeto que interfiere.

- El equipo colector debe sujetarse al suelo por un medio asequible que evite su caída por el viento.

- Quede protegido de acciones vandálicas.

Antes de colocar el frasco limpio para la recogida de partículas, se le añaden 10 ml de sulfato de cobre 0,02N (2,5 gramos de sulfato de cobre cristalizado por litro) para prevenir la proliferación de algas y hongos que afectarían a la determinación. En caso de que la muestra vaya a ser sometida a una posterior caracterización química, se añadirán 2 ml de n-n-dimetil formamida pura.

Una vez finalizado el periodo de muestreo, se procede a la recogida de la muestra de la siguiente forma:

- Se arrastran las partículas adheridas en el depósito colector hasta el frasco, ayudándose para ello de una varilla u otro objeto apropiado, auxiliándose con el lavado de agua destilada (aproximadamente 1.000 ml).

- Se retira el frasco colector con el líquido, que se traslada al laboratorio, y se sustituye por otro. El laboratorio debe de estar acreditado para la realización de este ensayo.

5.2.3. Verificaciones.

El depósito estará convenientemente identificado, y tendrá asignado un factor, que será utilizado en los cálculos. El factor se calcula según la siguiente fórmula:

$$F = \frac{127,3 \times 10^4}{D^2}$$

Siendo D el valor medio del diámetro del depósito, resultante de realizar doce medidas de éste en distintos puntos de su circunferencia exterior.

6. Cálculos y expresión de los resultados.

6.1. Partículas totales en suspensión.

Con la diferencia entre las lecturas del contador se calcula el volumen de aire que ha sido filtrado durante el periodo de 24 horas, expresado en metros cúbicos en condiciones ambientales.

Con la diferencia entre los valores de las pesadas final e inicial, se obtiene el valor de la masa de partículas filtradas, expresadas en mg.

Se empleará la siguiente ecuación:

$$P.S.T. = 1000 \times \frac{PF - PI}{VF - VI}$$

Donde:

P.S.T.: Partículas en Suspensión Totales ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

PF: Pesada del filtro tras la toma de muestra (mg).

PI: Pesada del filtro antes de la toma de muestra (mg).

VF: Lectura del contador tras la toma de muestra (m^3).

VI: Lectura del contador antes de la toma de muestra (m^3).

1000: Factor de conversión de mg a μg .

Por tanto, los resultados de P.S.T. se expresarán en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, expresados en condiciones ambientales.

6.2. Partículas sedimentables.

6.2.1. Contenido partículas insolubles.

Para determinar el residuo insoluble total (RIT) de la muestra, aplicar la siguiente ecuación:

$$R_{IT} = P_F - P_I$$

Donde:

RIT: Residuo insoluble total (mg).

PI: Tara del filtro (mg).

PF: Peso del filtro más muestra (mg).

6.2.2. Contenido partículas solubles.

Para determinar el residuo soluble total (RST) de la muestra, aplicar la siguiente ecuación:

$$R_{ST} = (C_F - C_I) \times \frac{V_T}{V_A}$$

Donde:

RST: Residuo soluble total (mg).

CI: Tara de la cápsula (mg).

CF: Peso de la cápsula más muestra (mg).

VT: Volumen total de líquido después del filtrado (ml).

VA: Volumen de la alícuota tomada (ml).

6.2.3. Concentración de partículas sedimentables.

La concentración de partículas sedimentables (CPS) se obtiene con la fórmula siguiente:

$$C_{PS} = \frac{(R_{ST} + R_{IT}) \times F}{d}$$

Donde:

CPS: Concentración de partículas sedimentables, en $\text{mg}/(\text{m}^2 \text{ día})$.

RIT: Residuo insoluble total (mg).

RST: Residuo soluble total (mg).

d: Núm. de días de muestreo.

F: Factor del depósito colector.

6.3. Interpretación de los resultados.

6.3.1. Incertidumbre.

Los resultados tendrán el mismo tratamiento, en cuanto a las incertidumbres, que las partículas a las que se hace referencia en la IT-ATM-05.

6.3.2. Superaciones.

Se considera que las emisiones fugitivas de una instalación superan los valores límites establecidos si los valores obtenidos en cualquiera de los puntos de control supera, teniendo en cuenta:

- Las intrusiones de partículas de origen africano.

- Los valores de fondo obtenidos.

- La presencia de otras instalaciones en las proximidades en las instalaciones a evaluar, en estos casos se pueden considerar las siguientes posibilidades:

- Es posible discriminar las emisiones propias, bien por un marcador o compuesto característico de la instalación, por la composición de las partículas, etc.
- Se puede caracterizar las emisiones del resto de instalaciones, bien por análisis de las partículas o bien aislando las emisiones de cada instalación mediante la colocación de captadores para la determinación de las concentraciones de fondo.

En estos casos, habría que aportar un estudio donde se justifique en función de los resultados la conclusión obtenida.

7. Responsabilidades.

Es responsabilidad del titular de la instalación facilitar los sitios adecuados para la toma de muestra de acuerdo a lo recogido en la presente instrucción técnica, así como facilitar en todo momento el que la inspección se realice de acuerdo a ella.

8. Referencias.

Decreto 151/2006, de 25 de julio, por el que se establecen los valores límite y la metodología a aplicar en el control de las emisiones no canalizadas de partículas por las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera.

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Instrucción técnica

IT-ATM-10

Aprobación de SAM

Contenido del proyecto



Unión Europea

Fondo Europeo
de Desarrollo Regional

Í N D I C E

1. OBJETO.
2. ALCANCE Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.
3. DEFINICIONES.
4. DESARROLLO:
 - 4.1. DATOS DE LA EMPRESA
 - 4.2. DATOS DE LA INSTALACIÓN
 - 4.3. DATOS DEL FOCO
 - 4.4. DATOS DEL SAM
 - 4.5. DOCUMENTACIÓN DEL SAM
 - 4.6. CERTIFICADO ECCMA
5. RESPONSABILIDADES.
6. REFERENCIAS.

1. Objeto.

El objeto de esta instrucción técnica es definir el contenido mínimo del proyecto que se deberá presentar para la aprobación de la instalación de un SAM.

2. Alcance y ámbito de aplicación.

El alcance de esta instrucción técnica (en adelante IT) incluye a todos los SAM que se instalen a partir de la publicación de la presente instrucción técnica.

El alcance incluye todos los focos de emisión de las instalaciones en las que se desarrollen actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera.

El ámbito de aplicación de esta instrucción técnica es la Comunidad Autónoma de Andalucía.

3. Definiciones.

A efectos de esta instrucción técnica, se entenderá como:

Analizador: elemento analítico que forma parte de un SAM extractivo.

Emisión: Descarga continua o discontinua a la atmósfera de sustancias procedentes, directa o indirectamente, de cualquier fuente o foco susceptible de producir contaminación atmosférica.

Foco de emisión: elemento o dispositivo a través del cual tiene lugar una descarga a la atmósfera de contaminantes atmosféricos, ya se produzca ésta de forma continua, discontinua o puntual y con origen en un único equipo o diversos equipos, procesos y o actividades y que puedan ser colectados para su emisión continua a la atmósfera.

Material de referencia: material que simula una concentración conocida del parámetro de entrada, para uso de sustitutos y trazable a patrones nacionales. Los sustitutos son generalmente gases de calibración o filtros.

Método de Referencia Patrón (MRP): método descrito y normalizado para definir una característica de calidad del aire, temporalmente instalado en el lugar, para propósitos de verificación.

Parámetro o mensurando: magnitud particular sometida a calibración.

Sistema Automático de Medida (SAM): Sistema de medida permanentemente instalado en un punto para la medida en continuo de emisiones.

A los efectos de esta IT incluye todos los componentes del mismo, analizador, sonda y línea de gas de muestreo, dispositivos acondicionadores de muestra, así como cualquier dispositivo necesario para su funcionamiento o ajuste.

SAM extractivo: SAM que tiene la unidad de detección separada físicamente de la corriente de gas, por lo cual se hace necesario una sonda de extracción de la muestra, elementos para su acondicionamiento y su conducción hasta el analizador, donde se efectúa la determinación.

SAM no extractivo: SAM que tiene la unidad de detección en la corriente de gas o en una parte de ella.

SAM periférico: SAM usado para recoger los datos requeridos para convertir los valores medidos a condiciones de referencia, es decir SAM para humedad, temperatura, presión y oxígeno.

Sección de medida: plano perpendicular al eje del conducto o chimenea donde se efectúan las tomas de muestra o medidas. En algunas normas se denomina plano de muestreo.

Valor límite de emisión (VLE): valor límite relacionado con el requisito de incertidumbre. Expresado en determinadas condiciones y cuyo valor no debe superarse en uno o más periodos de tiempo.

4. Desarrollo.

Para que el funcionamiento de los SAM cumpla los criterios establecidos, deben instalarse adecuadamente y cumplir ciertos requisitos; en concreto, los que hacen referencia al equipo utilizado y al sitio donde se va a colocar el mismo.

Tanto la instalación, foco emisor y equipos a instalar deben tener unas características de forma que se cumpla con lo recogido en la presente instrucción técnica, así como en aquellas otras instrucciones técnicas o normas a las que se haga referencia. El SAM debe disponer de un certificado según lo establecido en el apartado 4.1 del Anexo VI del Decreto 239/2011, de 12 de julio.

El SAM cubrirá los siguientes rangos:

- a) Para incineradores de residuos, entre cero y un valor no superior a 1,5 veces el VLE.
- b) Para grandes instalaciones de combustión, entre cero y un valor no superior a 2,5 veces el VLE.
- c) Para otras plantas entre cero y 2 o 3 veces el valor límite de emisión correspondiente.

Antes de la puesta en marcha de un SAM, se presentará un proyecto ante la Dirección General competente en materia de calidad del aire de la Consejería competente en materia de medio ambiente para su aprobación. El contenido mínimo que deberá contener este proyecto está desarrollado en los puntos siguientes.

4.1. Datos de la empresa.

En este punto se reflejarán los datos propios de la empresa titular de la instalación, señalando cuantos datos sean de interés para su mejor identificación y comunicación. Deben ser al menos los reflejados en el informe tipo descrito en el anexo A de la IT-ATM-07.

4.2. Datos de la instalación.

En este punto se reflejarán los datos propios de la instalación donde se ubicarán los SAM, señalando cuantos datos sean de interés para su mejor identificación y comunicación.

Debe recoger los nombres y cargos de las personas responsables de la operación y el mantenimiento de los SAM y las instalaciones y equipos asociados a él. Deben incluirse los datos de contacto, tales como teléfono, fax y dirección de correo electrónico.

4.3. Datos del foco.

Este apartado del proyecto deberá contener la siguiente información:

1. Denominación del proceso a que pertenece el foco donde se pretende instalar el SAM.
2. Denominación del foco, incluyendo la codificación.
3. Diagrama de bloques del proceso asociado al foco, incluyendo unidades de depuración.
4. Plano/s de la chimenea o conducto incluyendo cotas que contenga:
 - Situación de los SAM, incluyendo los periféricos.
 - Situación de las bocas para la toma de muestra manual.
 - Situación de los analizadores.
 - Diámetro de la sección donde se vayan a instalar el SAM y las bocas de muestreo manual.
 - Perturbaciones anterior y posterior a las secciones donde se vayan a instalar el SAM y las bocas de muestreo manual.
 - Instalación eléctrica y neumática del SAM y equipos auxiliares.
 - Señal analógica de datos, si dispone.
 - Tomas de corriente eléctrica.
 - Puntos de iluminación.
 - Aire de servicio.
5. Coordenadas UTM del foco.

4.4. Datos del SAM.

Se deberá incorporar la siguiente información para cada SAM ya sea para medir un parámetro controlado por VLE o se trate de un SAM periférico.

1. Parámetro a medir.
2. Marca.
3. Modelo.
4. Número de serie.
5. Código interno de equipo asignado por la instalación.
6. Principio de funcionamiento.
7. Sistema extractivo/no extractivo.
8. Con dilución o sin dilución.

9. Sistema de tratamiento de la muestra.
10. Rangos de trabajo del SAM.
11. Materiales de las conexiones neumáticas y longitud de la misma.
12. Temperatura de transporte de la muestra.
13. Tipo de sonda.
14. Material de la sonda.
15. Unidades de medida.
16. Rangos disponibles.
17. Tipo de señal de salida.

4.5. Documentación del SAM.

Incluirá:

1. Certificados de los SAM, NGC1 de acuerdo a norma UNE-EN 15267-3. Expedido por un laboratorio acreditado (en caso de que sea una instalación afectada por normativa sectorial). El rango certificado debe ser adecuado para el rango de medida a que se destina.
2. Información del equipo del fabricante (catálogo).
3. Manual de instrucciones en español o, si no estuviera disponible, en inglés.
4. Manual de mantenimiento en español o, si no estuviera disponible, en inglés.
5. Plan de mantenimiento y verificación.
6. Plan de calibración.
7. Materiales de referencias, filtros, botellas, etc. y sus certificados de calibración trazables.
8. Listado de fungibles y stock.
9. Esquema del SAM, detallando el sitio de lectura de la señal eléctrica para la calibración.
10. Propuesta de condiciones en las que se van a enviar los datos, según lo establecido en la IT-ATM-11.
11. Propuesta de la opción de envío de los datos.

4.6. Certificado ECCMA.

Conteniendo al menos:

1. Certificación de cumplimiento de IT-ATM-01, IT-ATM-03 en lo que respecta a la toma de muestra manual y la parte correspondiente a la ubicación de los SAM de la IT-ATM-12 o IT-ATM-13, la que aplique.

5. Responsabilidades.

Para la instalación de un SAM, es responsabilidad de los titulares de las instalaciones presentar un proyecto, que en todo su contenido cumpla con la presente instrucción técnica.

6. Referencias.

UNE-EN 14181:2005 Emisiones de fuentes estacionarias. Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida.

UNE-EN 15259:2008 Calidad del aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Requisitos y sitios de Medición y para el objetivo, plan e informe de medición.

UNE EN 15267-3:2008 Calidad del aire. Certificación de los sistemas automáticos de medida. Parte 3: Requisitos de funcionamiento y procedimientos de ensayo de los sistemas automáticos de medida para el seguimiento de emisiones de fuentes estacionarias.

IT-ATM-01. Acondicionamiento de los puntos de muestreo.

IT-ATM-03. Número y situación de los puntos de medida. Acondicionamiento de los focos.

IT-ATM-12. Sistemas automáticos de medidas de emisiones –SAM– en instalaciones no obligadas por legislación específica.

IT-ATM-13. Sistemas automáticos de medidas de emisiones –SAM– en instalaciones obligadas por legislación específica.

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Instrucción técnica

IT-ATM-11

Integración de los datos del SAM



Unión Europea

Fondo Europeo
de Desarrollo Regional

Í N D I C E

1. OBJETO.
2. ALCANCE Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.
3. DEFINICIONES.
4. DESARROLLO:
 - 4.1. INTEGRACIÓN DE LOS DATOS DEL SAM
5. RESPONSABILIDADES.

1. Objeto.

El objeto de esta instrucción técnica es definir la sistemática a seguir para la correcta integración de los datos de los SAM a la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire.

Son objeto de la presente instrucción técnica las medidas en continuo mediante SAM.

2. Alcance y ámbito de aplicación.

El alcance incluye todos los focos de emisión de las instalaciones en las que se desarrollen actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera con obligación de disponer de SAM con envío a la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire.

El ámbito de aplicación es la Comunidad Autónoma de Andalucía. Aplica a las instalaciones sujetas a la obligación de disponer de un SAM.

3. Definiciones.

A efectos de esta instrucción técnica, se entenderá como:

Emisión: Descarga continua o discontinua a la atmósfera de sustancias procedentes, directa o indirectamente, de cualquier fuente o foco susceptible de producir contaminación atmosférica.

Foco de emisión: elemento o dispositivo a través del cual tiene lugar una descarga a la atmósfera de contaminantes atmosféricos, ya se produzca ésta de forma continua, discontinua o puntual y con origen en un único equipo o diversos equipos, procesos y o actividades y que puedan ser colectados para su emisión continua a la atmósfera.

Sitio de medida: Lugar en la chimenea o conducto de gas residual en el área del(los) plano(s) de medida, que consta de estructuras y equipo técnico, por ejemplo plataformas de trabajo, bocas de medidas, suministro de energía.

Parámetro o mensurando: magnitud particular sometida a medida. Es una propiedad cuantificable del gas residual sometido a medida.

Muestra o medida: Conjunto de operaciones que tienen por finalidad determinar un valor de una magnitud. Pueden realizarse automáticamente (ensayo in situ). El valor de cada muestra se expresa como su valor medio, bien por ser un valor integrado o como la media de una serie de valores puntuales.

Serie de medidas: Grupo de medidas tomadas en un intervalo determinado de tiempo.

Analizador: elemento analítico que forma parte de un SAM extractivo.

Condiciones normales: condiciones que vienen dadas en la normativa de aplicación a la instalación, y a las que hay que expresar los valores medidos para verificar el cumplimiento de los valores límites de emisión.

Incertidumbre: parámetro asociado con el resultado de una medida que caracteriza la dispersión de los valores que podrían razonablemente atribuirse al mensurando.

Intervalo de confianza: El intervalo comprendido entre los límites inferior y superior, dentro del cual se encuentran los valores medios de la línea de regresión con un determinado nivel de confianza. Para un intervalo de confianza del 95% viene definido por la fórmula $I = 2 \cdot 1,96 \cdot \sigma_0$, donde σ_0 es la desviación típica asociada a ese intervalo de confianza.

Lectura del instrumento: indicación del valor medido directamente proporcionado por el SAM, sin usar la función de calibración. Esta indicación puede estar expresada en términos de la magnitud característica medida por el instrumento (unidades de absorción, extinción, etc.) o como una señal del propio instrumento (mA, V, etc.).

Material de referencia: material que simula una concentración conocida del parámetro de entrada, para uso de sustitutos y trazable a patrones nacionales. Los sustitutos son generalmente gases de calibración o filtros.

Método de Referencia Patrón (MRP): método descrito y normalizado para definir una característica de calidad del aire, temporalmente instalado en el lugar, para propósitos de verificación.

Sistema Automático de Medida (SAM): Sistema de medida permanentemente instalado en un punto para la medida en continuo de emisiones.

A los efectos de esta instrucción técnica incluye todos los componentes del mismo, analizador, sonda y línea de gas de muestreo, dispositivos acondicionadores de muestra, así como cualquier dispositivo necesario para su funcionamiento o ajuste.

SAM extractivo: SAM que tiene la unidad de detección separada físicamente de la corriente de gas, por lo cual se hace necesario una sonda de extracción de la muestra, elementos para su acondicionamiento y su conducción hasta el analizador, donde se efectúa la determinación.

SAM no extractivo: SAM que tiene la unidad de detección en la corriente de gas o en una parte de ella.

SAM periférico: SAM usado para recoger los datos requeridos para convertir los valores medidos a condiciones de referencia, es decir SAM para humedad, temperatura, presión y oxígeno.

Valor límite de emisión (VLE): valor límite relacionado con el requisito de incertidumbre. Expresado en determinadas condiciones y cuyo valor no debe superarse en uno o más periodos de tiempo.

Valor medido: valor estimado de la característica de calidad del aire, derivado de una señal de salida; generalmente requiere cálculos relacionados con el proceso de calibración y conversión a las cantidades requeridas.

4. Desarrollo.

4.1. Evaluación del cumplimiento de los VLE en focos que disponen de SAM.

Los criterios de evaluación del cumplimiento de los valores límites de emisión en focos que disponen de SAM deberán considerar el período de integración aplicable, el cual puede haberse establecido en la correspondiente autorización (AAI, AAU o AEA) o, en su defecto, en la normativa que le sea de aplicación. Lo más usual es la evaluación mediante medias horarias, octohorarias, diarias, medias de 48 horas y valores mensuales, sin que ello excluya cualquier otra forma establecida en cualquier autorización administrativa.

Los datos brutos de partida generados por los SAM son normalmente valores integrados diezminutales, teniendo en algún caso datos promediados en otros periodos de integración, como minutales o semihorarios.

4.1.1. Validación de los datos.

4.1.1.1. Códigos de validación.

Los criterios para el uso de los códigos que se deben utilizar en la validación de estos datos son los siguientes.

Caso general:

CÓDIGO	CRITERIO DE USO
V	Dato válido
M	Dato por operaciones de mantenimiento.
C	Dato por operaciones de calibración o verificación.
D	Dato debido a un fallo técnico
F	Dato erróneo por razón desconocida.
E	Dato por fallo eléctrico.
A	Dato para situaciones en la que la planta se encuentra parada.
H	Dato para periodos transitorios de estabilización o desestabilización de la planta después de procesos de parada o arranque.
X	Dato sin validar
R	Dato reconstruido
O	Dato corregido
P	Dato en observación
W	Dato fuera del rango de la función de calibración (determinado por entidad colaboradora en los análisis NGC2 y EAS)

Existen casos especiales como el de las centrales térmicas cuyo VLE es aplicable para condiciones de funcionamiento por encima del 70% del valor nominal de carga:

CÓDIGO	CRITERIO DE USO
A	Dato para situaciones en la que la planta se encuentra parada, o funcionando por debajo del mínimo técnico.
N	Dato para aquellos periodos en los que la planta se encuentra trabajando entre el mínimo técnico y el 70% del valor nominal de carga.
RESTO DE CÓDIGOS	Igual que para el caso general

En el caso de las instalaciones a las que le sea de aplicación del R.D. 653/2003, de 30 de mayo, se tendrán en cuenta los siguientes códigos:

CÓDIGO	CRITERIO DE USO
T	Dato de situación anómala de funcionamiento ⁽¹⁾
S	Se asignará para el caso en que el equipo periférico no esté disponible. En este caso el dato del periférico se sustituirá por un valor constante obtenido durante el último NGC2 o EAS realizado al SAM.
RESTO DE CÓDIGOS	Igual que para el caso general

(1) Se entenderá por situaciones anómalas de funcionamiento cualquier interrupción, desajuste o fallo técnicamente inevitable de los equipos de depuración o medición de gases durante las cuales los valores de emisión superen en un 200% los VLE. La duración de los periodos de funcionamiento anómalo no podrán sumar más de 60 horas al año, ni producirse durante más de 4 horas consecutivas, si se usa combustible alternativo. En el caso de que se utilice únicamente combustible convencional, la duración de estos periodos podrá ser de hasta 120 horas al año con 24 horas consecutivas como máximo.

4.1.1.2. Proceso de validación.

El proceso de validación de los datos se realizará en dos etapas:

1. Pre-validación.

Esta primera etapa de validación de los datos la realizará, siempre que sea posible, el titular de la instalación. Para ello, las instalaciones que envían sus datos desde su centro de control, deben incluir los códigos de validación que ya conozcan correspondientes a las tareas de mantenimiento (M), calibración (C) o situaciones generadas de procesos de arranque y paradas (A y H).

2. Validación definitiva.

Esta etapa tiene por objeto transformar los datos sin validar en datos validados (V). Dicha tarea se realizará en el Centro de Datos de Calidad Ambiental (CDCA) o en la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente (DP-CMA). Para ello, el titular de la instalación deberá remitir, a la mayor brevedad posible, y antes de las 14:00 horas del siguiente día laborable, todas aquellas incidencias que pueden afectar a la validación de los datos de todos los parámetros monitorizados, tal como se establece en el Anexo VI del Decreto 239/2011, de 12 de julio.

Lo indicado anteriormente no es óbice para que tanto el CDCA como la DP-CMA puedan realizar una revalidación de los datos, una vez recibida nueva información del titular de la instalación con posterioridad a lo indicado en el párrafo anterior, si tras su análisis se considera necesario. La revalidación también podrá realizarla el CDCA o la DP-CMA tras el análisis estadístico de los datos.

Cuando la transmisión se realice a través del Sistema de Adquisición de datos (SAD) de la Consejería de Medio Ambiente, y mientras no se implementen en el mismo los cambios necesarios para facilitar al titular de la instalación la asignación de los códigos de validación, todo el proceso de validación se realizará desde el CDCA o la DP-CMA, haciendo uso de la información que habrá sido remitida previamente por el titular, aplicándose en este caso los mismos plazos de tiempo, que los definidos en el párrafo anterior.

La forma en que deben comunicar las instalaciones las incidencias asociadas a estos datos podrá ser vía correo electrónico, fax o cualquier otro medio aceptado por la Consejería de Medio Ambiente.

3. Corrección de los datos y nueva asignación de códigos

En el caso de las instalaciones a las que le sea de aplicación del R.D. 653/2003, de 30 de mayo, se tendrán en cuenta:

Antes de calcular la media semihoraria, hay que corregir los datos minutales. Así, a partir del dato minusal, se calculará el dato minusal calibrado, luego se corregirá, si procede, por temperatura, presión, humedad y oxígeno y por último se restará el intervalo de confianza tal y como se establece en la IT-ATM-05.

Si tras la aplicación de la función de calibración resulta que el dato está fuera de rango de la función de calibración, a dicho dato se le asignará el código W.

Si el dato minusal corregido supera en un 200% el VLE, se considera que ese dato se corresponde con condiciones anómalas de funcionamiento y se le asignará el código T.

La nueva asignación de códigos resultantes de este proceso deberá enviarse al CDCA con una periodicidad semanal.

4.1.1.3. Transmisión de datos de los SAM.

Como norma general, los datos (incluso presión, temperatura, humedad, oxígeno y caudal, cuando estén monitorizados) entrarán en la aplicación del sistema con una integración diezminusal, o en su defecto

en el menor periodo de integración posible, en las condiciones de medida del SAM (presión, temperatura, oxígeno y humedad) y sin haberles aplicado la función de calibración (FC) correspondiente. Cuando ello no sea posible, como caso excepcional, bien porque la función de calibración se haya implementado en el propio sistema de medida, bien porque los datos lleguen a través del sistema informático de la instalación y ya hayan sido corregidos, se procederá a enviar el dato calibrado, siempre que este extremo haya sido aceptado por la Consejería de Medio Ambiente.

La señal de medida obtenida con el SAM en las condiciones de medida del SAM, a los que no se les ha aplicado la FC se denotarán, en lo que sigue, como (x_i) , mientras que a los datos a los que ya se haya aplicado dicha FC se les denotará como (\square_i) .

De lo anterior, se deduce que pueden llegar los datos en las siguientes condiciones:

Tabla 1. Posibles opciones en las que pueden venir los datos monitorizados

OPCIÓN	x_i	y_i	$(t, p)_{SAM}$	$(t, p)_{CN}$	$O_{2\ SAM}$	$O_{2\ REF}$	BS	BH
1	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
2	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
4	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
8	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
9		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
10		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
11		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
12		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
13		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
16		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

Siendo:

$(t, p)_{SAM}$ = temperatura y presión en las condiciones de medida del SAM.

$(t, p)_{CN}$ = temperatura y presión en condiciones normales.

$O_{2\ SAM}$ = oxígeno en las condiciones de medida del SAM.

$O_{2\ REF}$ = oxígeno en las condiciones de referencia.

BS = base seca.

BH = base húmeda.

Nota: Según la norma UNE-EN 14181:2004, la función de calibración debe ser incorporada al sistema de tratamientos de datos previamente a realizar las conversiones a otras condiciones de medida (condiciones normales, base húmeda, etc), por lo que las opciones 5, 6, 7 y 8 no serán correctas.

De las opciones anteriores expuestas son de la 1 a la 4 las preferentes.

5. Responsabilidades.

Es responsabilidad de los titulares de las instalaciones seguir las indicaciones reflejadas en la presente instrucción técnica.

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Instrucción técnica

IT-ATM-12

Sistemas Automáticos de Medidas, SAM, en instalaciones no obligadas por legislación específica



Unión Europea

Fondo Europeo
de Desarrollo Regional

Í N D I C E

1. OBJETO.
2. ALCANCE Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.
3. DEFINICIONES.
4. EQUIPOS.
5. REQUISITOS PREVIOS A LA CERTIFICACIÓN:
 - 5.1. REQUISITOS DE LA INSTALACIÓN
 - 5.2. REQUISITOS DEL SAM. EVALUACIÓN DE LA APTITUD
 - 5.3. CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO
6. DESARROLLO:
 - 6.1. NIVEL DE GARANTÍA DE CALIDAD 2
 - 6.2. EBS. ENSAYO BIENAL DE SEGUIMIENTO O VERIFICACIÓN EXTERNA
 - 6.3. NG3. GARANTÍA DE CALIDAD DURANTE EL FUNCIONAMIENTO O SEGUIMIENTO INTERNO
7. RESPONSABILIDADES.
8. REFERENCIAS.
9. ANEXOS:
 - ANEXO I. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SAM.
 - ANEXO II. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO SAM DE PARTÍCULAS.
 - ANEXO III. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO SAM DE SO₂.
 - ANEXO IV. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO SAM DE NO_x.
 - ANEXO V. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO SAM DE CO, CO₂ y O₂.

1. Objeto.

El objeto de esta instrucción técnica es el establecimiento de la metodología y los criterios a seguir para la realización de las actividades necesarias para asegurar el correcto funcionamiento de los Sistemas Automáticos de Medidas de Emisiones (en adelante, SAM) instalados en focos de emisión de actividades que no tienen obligación de utilizar normas CEN para el control en continuo de sus emisiones a la atmósfera, salvo que el titular de la instalación voluntariamente decida el uso de normas CEN. Asimismo, se establecen los criterios para informar de los resultados obtenidos.

Dentro de la presente instrucción técnica se establecen diferentes objetivos:

- Definir los requisitos que deben cumplir los SAM.
- Definir los requisitos que debe cumplir el sitio para la ubicación del SAM y para su calibración con Método de Referencia Patrón (MRP).
- Definir la sistemática a seguir para garantizar la representatividad y trazabilidad de las medidas realizadas y los valores obtenidos; en concreto, se incluye en la presente instrucción técnica lo referente al Nivel de Garantía de Calidad 2 (NGC2) o certificación, Ensayo Bienal de Seguimiento (EBS) o verificación externa y Nivel de Garantía de Calidad 3 (NGC3) o control interno.

2. Alcance y ámbito de aplicación.

El alcance de la presente instrucción técnica (en adelante, IT) incluye a los SAM que pertenecen a actividades que no se encuentran incluidas en alguno de los siguientes supuestos:

- a) Aquellos a los que la normativa sectorial de aplicación establece la obligación de utilizar normas CEN.
- b) Aquellos a los que la autorización ambiental correspondiente establece la obligación de utilizar normas CEN.

El NGC2 o certificación se efectuará cada 4 años, mientras que el EBS o verificación externa se hará cada dos, en el bienio que no se realiza NGC2, es decir:

AÑO	ACTIVIDAD
0	NGC2
1	---
2	EBS
3	---
4	NGC2

AÑO	ACTIVIDAD
5	---
6	EBS
7	---
8	NGC2
9	---
10	EBS
...	---

El ámbito de aplicación de esta IT es la Comunidad Autónoma de Andalucía. Aplica a las Entidades Colaboradoras y a los Laboratorios Acreditados en el desempeño de sus funciones, a los titulares de las instalaciones y a la Consejería de Medio Ambiente en su labor inspectora.

3. Definiciones.

A efectos de esta instrucción técnica, se entenderá como:

Analizador: elemento analítico que forma parte de un SAM extractivo.

Condiciones normales: condiciones que vienen dadas en la normativa de aplicación a la instalación (generalmente 0° C y 1 atm.), y en las que hay que expresar los valores medidos para verificar el cumplimiento de los valores límites de emisión.

Deriva: Cambio monótonico de la función analítica durante un periodo determinado de operación desatendida, que tiene como resultado un cambio del valor medido.

Desviación típica: raíz cuadrada positiva del sumatorio al cuadrado de las diferencias entre el valor obtenido y la media aritmética dividida por el número de grados de libertad (el número de grados de libertad es el número de medidas menos 1).

Emisión: Descarga continua o discontinua a la atmósfera de sustancias procedentes, directa o indirectamente, de cualquier fuente o foco susceptible de producir contaminación atmosférica.

Foco de emisión: elemento o dispositivo a través del cual tiene lugar una descarga a la atmósfera de contaminantes atmosféricos, ya se produzca ésta de forma continua, discontinua o puntual y con origen en un único equipo o diversos equipos, procesos y o actividades y que puedan ser colectados para su emisión continua a la atmósfera.

Gráfico CUSUM: procedimiento de cálculo en el cual la deriva y cambio en la precisión se compara con los componentes correspondientes de la incertidumbre obtenida en el NGC1.

Incertidumbre: parámetro asociado con el resultado de una medida que caracteriza la dispersión de los valores que podrían razonablemente atribuirse al mensurando.

Inestabilidad: cambio en el valor medido, incluyendo la deriva y dispersión resultante del cambio en la función de calibración durante un periodo dado de operación desatendida, por un valor dado de la característica de calidad del aire. La deriva y dispersión representan el cambio monótonico y estocástico con el tiempo, de la señal de salida, respectivamente.

Intervalo de confianza: El intervalo comprendido entre los límites inferior y superior, dentro del cual se encuentran los valores medios de la línea de regresión con un determinado nivel de confianza. Para un intervalo de confianza del 95% viene definido por la fórmula $l = 2 \cdot 1,96 \cdot \sigma_0$, donde σ_0 es la desviación típica asociada a ese intervalo de confianza.

Lectura del instrumento: indicación del valor medido directamente proporcionado por el SAM, sin usar la función de calibración. Esta indicación puede estar expresada en términos de la magnitud característica medida por el instrumento (unidades de absorción, extinción, etc.) o como una señal del propio instrumento (mA, V, etc.).

Lectura del rango: lectura del instrumento del SAM para una simulación del parámetro de entrada en una concentración fija elevada (aproximadamente el 80% del rango medido).

Lectura del cero: lectura instrumental del SAM en la simulación del parámetro de entrada para la concentración cero.

Material de referencia: material que simula una concentración conocida del parámetro de entrada, para uso de sustitutos y trazable a patrones nacionales. Los sustitutos son generalmente gases de calibración o filtros.

Método de Referencia Patrón (MRP): método descrito y normalizado para definir una característica de calidad del aire, temporalmente instalado en el lugar, para propósitos de verificación.

Parámetro o mensurando: magnitud particular sometida a calibración.

Periodo de funcionamiento desatendido: intervalo de tiempo máximo admisible por el cual las características de funcionamiento estarán dentro de un intervalo predefinido sin mantenimiento externo, por ejemplo, calibración, ajuste.

Precisión: grado de concordancia de los resultados obtenidos con el SAM de lecturas sucesivas de cero y de rango, en intervalos de tiempos definidos.

Sistema Automático de Medida (SAM): Sistema de medida permanentemente instalado en un punto para la medida en continuo de emisiones.

A los efectos de esta IT incluye todos los componentes del mismo, analizador, sonda y línea de gas de muestreo, dispositivos acondicionadores de muestra, así como cualquier dispositivo necesario para su funcionamiento o ajuste.

SAM extractivo: SAM que tiene la unidad de detección separada físicamente de la corriente de gas, por lo cual se hace necesario una sonda de extracción de la muestra, elementos para su acondicionamiento y su conducción hasta el analizador, donde se efectúa la determinación.

SAM no extractivo: SAM que tiene la unidad de detección en la corriente de gas o en una parte de ella.

SAM periférico: SAM usado para recoger los datos requeridos para convertir los valores medidos a condiciones de referencia, es decir SAM para humedad, temperatura, presión y oxígeno.

Sección de medida: plano perpendicular al eje del conducto o chimenea donde se efectúan las tomas de muestra.

Sustancia interferente: sustancia presente en las emisiones que sin ser el parámetro a controlar, provoca una variación en la lectura del instrumento.

Tiempo de respuesta: tiempo que requiere un SAM para responder a un cambio brusco en el valor de la característica de calidad del aire.

Valor límite de emisión (VLE): valor límite relacionado con el requisito de incertidumbre. Expresado en determinadas condiciones y cuyo valor no debe superarse en uno o más periodos de tiempo.

Valor medido: valor estimado de la característica de calidad del aire, derivado de una señal de salida; generalmente requiere cálculos relacionados con el proceso de calibración y conversión a las cantidades requeridas.

Variabilidad: desviación típica de las diferencias de medidas paralelas entre el MRP y el SAM.

4. Equipos.

La entidad colaboradora o el laboratorio de ensayos, debe disponer de los equipos para la toma de muestra y análisis, así como los auxiliares necesarios para efectuar las actividades definidas en esta instrucción técnica, por ejemplo:

Analizador automático de gases: equipo dotado de un sistema de aspiración, tratamiento de muestra y sistema de detección selectivo de gases para poder cuantificar los parámetros objeto de esta IT: estará dotado de detector paramagnético para el oxígeno, quimioluminiscencia para los óxidos de nitrógeno, infrarrojo no dispersivo (IRND) para el monóxido de carbono, FID para carbono orgánico total, etc.

Botellas de gases patrón: botellas de concentración adecuada y una incertidumbre máxima del 2%. Debe disponer de certificación ENAC o equivalente.

Diluidor de gases: equipo destinado a diluir la concentración de los gases hasta obtener la concentración deseada.

Sistema de adquisición de datos: sistema para registrar la señal bruta del SAM, que puede ser analógica o digital. La señal que se registre debe ser la utilizada para obtener la función de calibración (x_i).

5. Requisitos previos a la certificación.

Para que el funcionamiento de los SAM cumpla las expectativas de acuerdo con el objeto de su instalación, esta debe hacerse adecuadamente y cumplir ciertos requisitos; en concreto, los que hacen referencia al equipo utilizado y al sitio donde se va a colocar el mismo.

5.1. Requisitos de instalación.

5.1.1. Generalidades.

Para obtener fiabilidad y comparabilidad en los resultados de medida de emisión con SAM, son necesarias secciones y sitios de medida adecuados.

Por ello, cuando se diseña una planta debe tenerse en cuenta que habrán de controlarse las emisiones, y en algunos casos de forma continua; cuando esto sea así, implica la instalación de un SAM, para lo que deben proyectarse unas secciones y sitios de medida apropiados.

La correcta realización del control de las emisiones requiere condiciones de flujo definido en el plano de medida, es decir, un perfil de flujo ordenado y estable sin turbulencia ni reflujos, de manera que pueda

determinarse la velocidad y la concentración másica del componente medido en el gas residual. Estos requisitos resultan de la definición de la concentración media. Éste es el único modo en que pueden compararse los resultados de medidas diferentes, por ejemplo en plantas diferentes.

La sección de medida así como el plano de muestreo y las bocas de muestreo deben cumplir con lo establecido en la instrucción técnica, IT-ATM-03. En caso de que el SAM esté situado en una sección distinta de la utilizada para los métodos de referencia, ésta deberá cumplir lo establecido en la IT-ATM-03. La distancia entre la sección donde se ubica el SAM y la sección donde se ubican las bocas del MRP o los SAM periféricos, no deben estar separadas más de tres diámetros equivalentes.

La idoneidad de la ubicación del SAM debe realizarse una primera vez, y no se repetirá mientras no cambien la ubicación del mismo o las condiciones del proceso, en cuyo caso puede variar el perfil del flujo y, por tanto puede ser necesario determinar un nuevo punto representativo.

Si no es necesario determinar la idoneidad de la ubicación descrita en el punto siguiente, se hará referencia en el informe de certificación al informe en que se realizó esta prueba.

5.1.2. Idoneidad de la ubicación.

Normalmente, no es viable la medida en rejilla cuando se utiliza un SAM, por tanto, generalmente se restringe al muestreo a un punto individual, o a lo largo de una línea medida mediante una señal individual.

Estos puntos o líneas de muestreo deben localizarse de manera que se obtenga una muestra representativa del parámetro.

Los puntos de medida deben posicionarse de manera que no obstruyan o sean afectados por las sondas de muestreo utilizadas para realizar las mediciones con MRP.

El punto de medida del SAM utilizado para la medida continua de emisiones debe ser representativo de las mismas.

Para ello, el punto donde tomar la muestra el SAM debe determinarse como sigue:

a) Se determinan los puntos de muestreo para la medida en rejilla de acuerdo con lo recogido en la IT-ATM-03.

b) Se instala la sonda del sistema de medida para la medida en rejilla.

c) Se instala la sonda de un sistema de medida de referencia en un punto fijo en la sección de medida (punto de referencia).

d) Se ajusta el flujo de muestra en ambos sistemas, a fin de obtener tiempos de respuesta iguales.

e) Se realiza una medida en cada punto P de la rejilla y medidas en paralelo en el punto de referencia. El tiempo de muestreo en cada punto debe ser cuatro veces el tiempo de respuesta del SAM, o tres minutos, el mayor de los dos.

f) Para cada medida que se realiza en cada uno de los puntos de rejilla se deben registrar:

1. Los valores observados en el punto de i de la rejilla:

- la temperatura del gas, $T_{P,i}$.
- la velocidad de gas residual, $V_{P,i}$.
- la fracción volumétrica de oxígeno, $O_{P,i}$.
- la concentración másica, $C_{P,i}$.

2. Los valores observados en el punto de referencia:

- La temperatura del gas de referencia, $T_{ref,i}$.
- La velocidad de gas residual, $V_{ref,i}$.
- La fracción volumétrica de oxígeno, $O_{ref,i}$.
- La concentración másica, $C_{ref,i}$.

g) Se calcula para cada punto de rejilla i el factor de reproducibilidad, F_{rep} de acuerdo con la fórmula:

$$F_{rep,i} = \frac{C_{P,i} \times V_{P,i}}{C_{ref,i} \times V_{ref,i}} \times \frac{T_{ref,i}}{T_{P,i}} \times \frac{21\% - O_{ref,i}}{21\% - O_{P,i}}$$

Los términos

$$\frac{T_{ref,i}}{T_{P,i}} \text{ y } \frac{21\% - O_{ref,i}}{21\% - O_{P,i}}$$

se utilizan sólo si existen variaciones de temperatura o de la concentración de oxígeno en el plano de medida.

Una vez calculado $F_{rep, i}$, para cada uno de los puntos de la rejilla, se calcula la media aritmética de todos ellos, obteniéndose el valor medio F_{rep} .

h) Determinar cuál de los puntos de la rejilla presenta un valor $F_{rep, i}$ más cercano al valor F_{rep} .

i) El punto determinado es en el que se debe situar la sonda del SAM.

5.2. Requisitos del SAM. Evaluación de la aptitud.

De acuerdo a lo definido en el Decreto 239/2011, de 12 de julio, para aquellos casos en los que no sea obligatorio el uso de normas CEN, el SAM deberá disponer de un certificado que demuestre la aptitud del SAM para el objetivo de medida (parámetro y composición del gas efluente) mediante un certificado de homologación emitido por algún organismo reconocido al efecto en cualquier estado miembro de la Unión Europea o, en su defecto, de algún país firmante del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo y, cuando exista reciprocidad, en terceros países.

En cualquier caso deberá demostrarse que la incertidumbre total del SAM instalado es igual o inferior al intervalo de confianza del 95% permitido.

Cuando se hace referencia a los SAM en la presente IT, aplica al SAM completo, no a partes individuales del mismo, salvo que se indique explícitamente lo contrario.

El SAM debe disponer en su documentación de un listado completo de todos sus componentes que incluya una identificación unívoca de cada uno de ellos. Debe incluir un histórico en caso de sustitución de algún componente.

5.2.1. Características generales del SAM.

En este punto se desarrollan los requisitos generales del modelo del SAM que se va a instalar para el uso a que está destinado.

Los componentes del SAM en contacto con la muestra, estarán fabricados con materiales adecuados a la composición del gas muestreado. Como referencia a esta composición puede ser útil seguir lo indicado en el Anexo A de la norma UNE ISO 10396:2009.

5.2.1.1. Rango del certificado.

El rango del certificado del SAM debe incluir valores mínimos y máximos. La cobertura debe fijarse para la aplicación prevista del SAM.

El SAM debe disponer de un certificado en el rango entre cero y 2 a 3 veces el valor límite de emisión correspondiente (en caso de disponer más de un VLE se tendrá en cuenta el mayor de ellos) o cualquier otro requisito relacionado con la aplicación prevista.

El SAM debe ser capaz de medir valores semihorarios.

5.2.1.2. Rangos de SAM ópticos in situ con longitud óptica variable.

El rango del certificado para SAM ópticos in situ con longitud óptica variable, debe definirse en unidades de la concentración del componente medido, multiplicadas por la longitud del paso óptico.

La longitud de paso utilizada para el ensayo debe indicarse en el certificado.

6. Desarrollo.

Cuando el SAM se ha instalado en el lugar seleccionado para su emplazamiento definitivo, debe ser sometido a distintas actividades que aseguren la calidad de las medidas realizadas por el SAM.

6.2. Certificación o NGC2. Calibración y validación del SAM.

Una vez que el SAM ha sido instalado y puesto en marcha, el equipo es sometido a distintas actividades cuyo fin es doble, por un lado establecer una función de calibración, que es obtenida a partir de una serie de medidas en paralelo frente a un método de referencia patrón (MRP) y por otro lado, un ensayo de variabilidad donde el resultado obtenido es comparado con la incertidumbre requerida por la legislación al parámetro ensayado.

La calibración y validación del SAM se repetirá:

- Periódicamente, según la normativa aplicable.
- Cuando se produzca un cambio importante en la operación de la planta.
- En otras situaciones, cuando lo requiera la legislación de aplicación.
- Tras cualquier reparación o cambio significativo del SAM, entendiéndose por significativo aquellos que afectan a partes involucradas directamente en la medida, tanto en el análisis como en el tratamiento de la muestra, de forma que pueda afectar a la función de calibración.

No obstante, cuando se produzca un cambio significativo en la composición del SAM, y sólo en uno de los dos siguientes casos:

1. Una reparación o sustitución sobre uno o más componentes del SAM, si la reparación o sustitución puede afectar a la función de calibración.
2. Una sustitución del SAM si es del mismo tipo que el SAM original.

Se podrá seguir la siguiente secuencia, previa aprobación por parte de la Consejería de Medio Ambiente:

1. Aplicar la función de calibración existente para el SAM original.
2. Realizar un EBS o verificación externa sobre el SAM.
3. Si el EBS muestra que la función de calibración es todavía válida, no será necesario un NGC2 o certificación hasta el siguiente programado.
4. Si el EBS muestra que la función de calibración no es válida, se requiere una nueva certificación o NGC2.

Cuando la legislación de aplicación no indique nada al respecto, la periodicidad con que se efectúen estas actividades de calibración y validación del SAM será de 4 años como máximo.

Previo a la realización de la calibración del SAM, se debe demostrar que está instalado de acuerdo a los requisitos establecidos en el punto 5.1 y, además, debe superar con éxito la prueba denominada «ensayo funcional» que se detalla en el punto siguiente.

6.1.1. Ensayo funcional.

Antes de realizar la calibración y el ensayo de variabilidad debe demostrarse que el SAM está instalado satisfactoriamente, por ejemplo como especifica el suministrador del SAM y/o el fabricante. Debe también demostrarse y documentarse que el SAM da una lectura de cero a una concentración de cero (para algunos SAM es difícil conseguir una lectura cero. En esas situaciones, el SAM puede retirarse de la chimenea, y hacer el cero usando un banco de ensayo o similar. Como alternativa, puede instalarse en la chimenea un sistema de medida de paso que sea capaz de realizar este ensayo de cero).

Todas las actividades descritas dentro del ensayo funcional deben ser realizadas por la entidad colaboradora o laboratorio de ensayo, no pudiendo utilizar para ello datos suministrados por la instalación o la empresa encargada del mantenimiento del SAM, excepto aquellos que deben ser evaluados, como por ejemplo, el apartado de documentación y registros.

El ensayo funcional previo a la calibración del SAM consiste en las siguientes pruebas:

PRUEBA	NGC2	
	SAM EXTRACTIVO	SAM NO EXTRACTIVO
Alineamiento y limpieza		X
Sistema de muestreo	X	
Documentación y registros	X	X
Utilidad	X	X
Ensayo de fugas	X	
Verificación de cero y span	X	X
Linealidad	X	X
Deriva de cero y span (auditoría)	X	X
Tiempo de respuesta	X	X
Informe	X	X

6.1.1.1. Alineamiento y limpieza.

Debe realizarse una inspección visual, teniendo en cuenta lo indicado en el manual del equipo sobre los siguientes elementos:

- Verificación interna del analizador.
- Limpieza de los componentes ópticos.
- Suministro de aire a presión.
- Obstrucción del paso óptico.

En caso de desmontar el equipo, al volverlo a montar se deberá revisar al menos:

- Verificación interna de los componentes ópticos.
- Suministro de aire a presión.
- Obstrucción del paso óptico.

Para poder verificar este punto, se comprobará en el histórico de mantenimiento si se ha realizado algún desmontaje del equipo y se han revisado los apartados señalados anteriormente.

6.1.1.2. Sistema de muestreo (SAM extractivo).

Debe realizarse una inspección del sistema de muestreo, anotando la condición de los siguientes componentes cuando corresponda:

- Sonda de muestreo.
- Sistemas de acondicionamiento de gas.
- Bombas.
- Todas las conexiones.
- Líneas de muestreo.
- Suministros de energía.
- Filtros.

El sistema de muestreo debe estar en buenas condiciones y exento de cualquier defecto visible que pueda disminuir la calidad de los datos.

6.1.1.3. Documentación y registros.

Debe controlarse la siguiente documentación, estando fácilmente accesible para poder ser inspeccionada y puesta al día:

- Un plano del SAM.
- Todos los manuales (mantenimiento, usuario, etc.).
- Registro donde se documente cualquier posible mal funcionamiento y acciones tomadas.
- Informes de servicio.
- Documentación del NGC3, incluyendo las acciones tomadas como resultado de situaciones fuera de control.
- Procedimientos del sistema de gestión de mantenimiento, calibración y formación.
- Registros de formación.
- Programas de mantenimiento.
- Planes de auditoría y registros.

6.1.1.4. Utilidad.

Debe haber previsiones para la gestión efectiva y mantenimiento del SAM, a fin de asegurar el mantenimiento de la calidad de los datos. Tales previsiones incluyen al menos las siguientes premisas:

- El SAM debe estar instalado tal y como se indica en el punto 5.1.
- Suministros adecuados de materiales de referencia, herramientas y repuestos.

Se debe contemplar la infraestructura necesaria para introducir los materiales de referencia, tanto en la línea de muestreo (si existe) como en el analizador.

El SAM debería disponer de una línea auxiliar para la introducción de los materiales de referencia, en caso negativo, se deberá habilitar una entrada (puede ser una válvula de 3 vías, una pieza en forma de T, o cualquier otra) lo más próxima posible a la sonda.

6.1.1.5. Ensayo de fugas.

El ensayo de fugas debe realizarse de acuerdo a los manuales del SAM.

Esta prueba debe realizarse sobre el SAM completo, incluyendo sonda y línea de gases.

En función del tipo de equipo se deberá realizar la prueba de fugas, siendo aconsejable consultar el manual del equipo.

SAM sin dilución.

Para monitores extractivos se aplica una prueba de fuga convencional, taponando la entrada de gas a todo el sistema (desde la sonda) y comprobando el caudal nulo.

También será factible la ejecución alternativa del chequeo de fugas mediante el uso de botellas de gas patrón a todo el sistema y sólo al analizador, una diferencia entre los valores obtenidos denota una fuga en el sistema.

El gas se mete en el sistema lo más próximo a la sonda, bien por la línea auxiliar al efecto, bien mediante la válvula habilitada para la calibración en caso de que no disponga de línea auxiliar.

SAM con dilución.

Si el SAM es extractivo con dilución se aplican las pruebas y criterios anteriores al analizador de manera individual, y la estanqueidad del conjunto del SAM se verifica mediante el empleo de una botella de calibración para el SAM completo y el cálculo de número de diluciones asociadas al mismo.

En este caso la variación puede deberse a un fallo en el sistema de dilución por lo que no es un resultado definitivo.

Si el SAM incluye un módulo de O₂ en serie, la prueba de fugas se podrá realizar introduciendo una botella carente de oxígeno, por ejemplo nitrógeno.

En el caso de que el rango inferior del analizador sea mayor de cero, entonces la botella debe ser de oxígeno de una concentración por encima del rango inferior del analizador.

6.1.1.6. Verificación de cero y span.

Antes de empezar con la calibración del equipo, este debe ajustarse en los valores de cero y span (en torno al 80% del rango de medida). Deben usarse materiales de referencia de incertidumbre $\leq 2\%$ de cero y rango para ajustar y verificar las correspondientes lecturas de SAM.

En caso de SAM no extractivo, deben realizarse verificaciones de cero y span usando una vía de referencia, exenta de gas efluente antes y después del reajuste y después del reensamblaje del SAM en la localización de medida.

6.1.1.7. Linealidad.

Debe comprobarse la linealidad de la respuesta del instrumento usando cinco materiales de referencia diferentes, incluyendo uno con concentración cero. Los materiales de referencia deben ser trazables.

En caso de materiales de referencia gaseosos, pueden obtenerse estos cuatro materiales de referencia a partir de diferentes botellas de gas o pueden prepararse por medio de un sistema de dilución calibrado a partir de una concentración individual de un gas.

Deben seleccionarse las concentraciones del material de referencia, de tal manera que los valores medidos sean aproximadamente el 20%, 40%, 60% y 80% del rango de dos veces el límite de emisión.

Es necesario conocer de forma precisa los valores de los cocientes de sus concentraciones de manera que no ocurra un fallo incorrecto del ensayo de linealidad.

El material de referencia debe aplicarse a la entrada del SAM, no del analizador. En el caso de que no disponga de una línea auxiliar de entrada de muestra, se aplicará a la línea de muestra, lo más próximo posible a la sonda desde arriba mediante una T habilitada al efecto.

Los analizadores individuales se ensayan usando las concentraciones siguientes, aplicadas en una secuencia aleatoria de los siguientes materiales de referencia:

- Concentración cero.
- Concentración de 0,4 x VLE.
- Concentración de 0,8 x VLE.
- Concentración de 1,2 x VLE.
- Concentración de 1,6 x VLE.
- Concentración cero.

Para cada concentración del material de referencia, deben hacerse al menos tres lecturas, de las que se realizará la media.

Tras cada cambio de concentración, se debe dejar pasar un tiempo de cuatro veces el tiempo de respuesta antes de tomar la primera lectura instrumental.

Entre cada una de las tres lecturas debe esperarse el mismo periodo de tiempo, es decir, cuatro veces el tiempo de respuesta del SAM.

Ensayo de linealidad.

A continuación se desarrolla la sistemática para establecer una regresión lineal entre las lecturas instrumentales del SAM (valores Y_i) y los valores del material de referencia (valores X_i). Primero, se calcula la media de las lecturas del SAM para cada una de las concentraciones.

Se establece una regresión lineal para la función:

$$Y_i = a + B(X_i - X_2)$$

Para el cálculo se tienen en cuenta las 18 medidas, 3 por cada punto, excepto para el cero que son 6. Se obtiene el coeficiente a por la ecuación:

$$a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i$$

Donde:

a es el valor medio de los valores Y, es decir la media de las lecturas del SAM.

Y_i es la lectura individual del SAM.

n es el número de medidas, al menos 18.

X_z es el valor medio de los valores X_i, es decir la media de las concentraciones del material de referencia.

X_i es el valor individual de las concentraciones del material de referencia.

Se obtiene el coeficiente B por la ecuación:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i (X_i - X_z)}{\sum_{i=1}^N (X_i - X_z)^2}$$

Después, la función Y_i = a + B(X_i - X_z) se convierte en Y_i = A + BX_i a través del cálculo de A de acuerdo con la ecuación:

$$A = a - BX_z$$

Calculo de los residuos de la concentración media para cada nivel de concentración a la línea de regresión:

$$\bar{Y}_c = \frac{1}{m_c} \sum_{i=1}^{m_c} Y_{c,i}$$

Donde

Y_c es el valor medio Y (lectura del SAM) en el nivel de concentración c.

Y_{c,i} es el valor individual Y (lectura del SAM) en el nivel de concentración c.

m_c es el número de repeticiones en uno y en el mismo nivel de concentración c.

Se calculan los residuos d_c de cada media de acuerdo a:

$$d_c = \bar{Y}_c - (A + B c)$$

Se convierte d_c en unidades de concentración a una unidad relativa d_{c,rel} dividiendo d_c por el rango superior del rango de medidas:

$$d_{c,rel} = \frac{d_c}{c_u} 100\%$$

Ensayo de residuos:

Se ensaya cada residuo de acuerdo a:

$$d_{c,rel} < 5\%$$

Todos los residuos deben pasar este ensayo.

6.1.1.8. Deriva del cero y de rango.

Debe obtenerse y evaluarse la deriva del punto cero y de rango, con base en los requisitos del NGC3.

6.1.1.9. Tiempo de respuesta.

Debe comprobarse el tiempo de respuesta del SAM. Esto debe hacerse, si es posible, por introducción del material de referencia en el extremo de la sonda de muestreo. El tiempo de respuesta no debe exceder el valor medido que ha sido identificado durante el certificado. En caso de que no esté definido en el certificado o no disponga de él, se tomará el valor recogido en el anexo correspondiente. Cualquier desviación en el tiempo de respuesta debe ser justificada de manera adecuada.

Se introduce en el analizador, cinco veces consecutivas un patrón de referencia con un valor en torno al 80% del rango de medida y se anota el tiempo que el sistema necesita para responder al 90% de la diferencia entre la señal del patrón de referencia y el cero. Se calcula el promedio de las diez lecturas, cinco en subida y cinco en bajada.

Es decir, se medirá el tiempo entre el cero y el 90% del material de referencia y entre el 100% del material de referencia y el 10% del valor de este.

El material de referencia del span tendrá una concentración en torno al 80% del rango de medida.

Para el caso de partículas y ante la dificultad de encontrar material de referencia trazable, se puede utilizar el dispositivo que para tal fin haya desarrollado el fabricante del SAM, debiendo disponer al menos de un certificado del fabricante.

Para la determinación del tiempo de respuesta, no es necesario que el material sea de referencia, aunque pueda emplearse éste al estar disponible para el ensayo de cero y span.

6.1.2. Medidas en paralelo con un MRP.

Para la calibración del SAM, deben realizarse medidas en paralelo con un MRP, que será una norma CEN en caso de existir y deberá estar en cualquier caso, incluida en el alcance de acreditación del laboratorio que realiza la calibración.

El MRP debe localizarse de acuerdo a lo definido en la IT-ATM-03, de forma que no exista interferencia con el SAM.

Se considera que existe una nube o acumulación de puntos si, entre el valor máximo y mínimo de los valores obtenidos, existe una diferencia menor al 15% del VLE.

Si existe una acumulación de puntos y los resultados obtenidos en la calibración presentan una relación SAM/MRP muy estable, podrá utilizarse para la orientación de la recta una de las siguientes opciones:

- Si todos los valores obtenidos están por debajo del % de intervalo de confianza del VLE, definido para el parámetro, se puede utilizar el valor del material de referencia del cero obtenido en la verificación del mismo. Este valor se utiliza sólo una vez con el objeto de orientar la recta, no pudiéndose repetir con el objeto de mejorar el coeficiente de correlación de ésta.

- Si todos los valores obtenidos están por encima del % de intervalo de confianza del VLE, definido para el parámetro, se puede utilizar el valor del material de referencia del span obtenido en la verificación del mismo. Este valor se utiliza sólo una vez con el objeto de orientar la recta, no pudiéndose repetir con el objeto de mejorar el coeficiente de correlación de ésta. Para la orientación de la función de calibración del SAM de partículas, puede usarse el valor de cero en vez del material de referencia de valor alto, debido a la dificultad de obtener materiales de referencia certificados.

- En aquellos casos en que los valores se encuentren por debajo del límite de cuantificación del método de referencia patrón, se podrá dejar de realizar medidas después de que en las 5 primeras medidas se haya confirmado este extremo. En tal caso se establecerá una recta entre las parejas de valores obtenidas con la verificación del cero y span. Se implementará esta recta que tendrá validez (por el periodo de tiempo establecido de acuerdo al tipo de instalación o en su autorización) mientras no se supere el 10% del VLE, que tendrá que realizarse un nuevo NGC2.

Los valores de los materiales de referencias utilizados para orientar la recta, no podrán utilizarse como valores para realizar el ensayo de variabilidad ni para ampliar la validez de la función de calibración.

Es aceptable forzar el funcionamiento hasta condiciones que pueden presentarse durante el funcionamiento normal de la instalación, como puede ser ampliar el rango hasta valores altos desconectando una manga o un campo de un electrofiltro; este aspecto debe comunicarse previamente y ser aceptado por la CMA.

Para condiciones de funcionamiento distintas en la operación de la planta (por ejemplo, cambios de combustible), se deben realizar calibraciones diferentes y establecer una función de calibración para cada modo de operación.

A fin de asegurar que la función de calibración es válida para todo el rango de condiciones dentro del cual la planta operará, las concentraciones durante la calibración deben variar tanto como sea posible, contemplando todas las operaciones. Esto debe asegurar que la calibración del SAM es válida en un rango tan amplio como sea posible, y también que abarque la mayoría de las situaciones operacionales. En aquellas situaciones que así lo requieran, como cuando la propia operación normal de la planta hace que los valores aumenten con el tiempo (por ejemplo por agotamiento de catalizadores o desgastes de elementos de depuración) esta función de calibración puede ampliarse con los valores obtenidos en el EBS siempre que se cumpla lo indicado en el punto 6.2. de esta IT.

Para cada función de calibración, es decir, para cada modo de operación de la planta, debe realizarse el ensayo de variabilidad.

Debe realizarse para cada calibración un mínimo de 9 medidas paralelas válidas con la planta operando en condiciones normales. Estas medidas deben estar uniformemente distribuidas en al menos 2 días y en períodos de 8 h a 10 h cada día (por ejemplo, no sería correcto realizar 5 medidas por la mañana y ninguna por la tarde).

El período de mañana a efectos de esta IT se extiende hasta las 15 horas y el de tarde a partir de esta hora. De los dos días de medida, al menos uno de ellos debe de incluir medidas por la tarde (al menos dos). Ese día pueden realizarse 4 o 3 por la mañana y 2 o 3 por la tarde, respectivamente.

Los 2 días de medidas deben ser, si es posible, consecutivos, si no es posible, al menos deben realizarse dentro de un período de dos semanas.

Para el caso de un SAM de Partículas (y de aquellos parámetros cuya medida se realice mediante absorción en solución captadora y posterior análisis) en que todos los resultados medidos sean inferiores al 30% del VLE, el número de medidas puede reducirse a 5 medidas válidas durante 2 días, y en tal caso, el tiempo de muestreo total del MRP debe ser al menos de 4 h y 30 min (que es igual a 9 veces 30 min), reduciendo el número de medidas y aumentando el tiempo de muestreo individual del MRP, por lo se obtienen valores más representativos a concentraciones muy bajas de partículas (o del parámetro correspondiente). Si alguna de las medidas es superior al 30% del VLE, la calibración debe extenderse al menos a 9 medidas válidas.

Para el caso de los SAM de partículas, el lavado de las partes anteriores al filtro se realizará para cada medida, y no para cada serie de medidas.

Las 9 medidas a que se refiere el presente punto son pares de valores válidos, por lo que a veces será necesario realizar más de 9 medidas paralelas.

El rango de calibración puede extenderse al VLE por medios no operacionales. En este caso, se realizan al menos 9 medidas paralelas válidas de modo que:

- Al menos se realicen 3 medidas en el rango normal de operación de la planta.

- Al menos se realicen 3 medidas en el límite superior del rango de calibración extendido (en condiciones anormales de operación).

- Al menos se realicen 3 medidas en una concentración de partículas intermedia a estos niveles.

Un conjunto de medidas es válido cuando se cumplen estos dos requisitos:

- Las medidas del MRP se realizan de acuerdo con la norma aceptada.

- El período de tiempo de cada señal de medida del SAM, es mayor del 90% del tiempo medio (excluyendo todas las señales medidas que son mayores de 100% o menores de 0% del rango medido del SAM, señales obtenidas durante las comprobaciones internas (autocalibración) y señales obtenidas durante cualquier otro malfuncionamiento del SAM).

Durante las medidas en paralelo con el SAM y el MRP, cada resultado se considera como una pareja de medidas (una señal medida de SAM y un valor medido de MRP) y ambas deben realizarse en el mismo período de tiempo.

El tiempo de las medidas será al menos de 30 minutos o de 4 veces el tiempo de respuesta del SAM (si el tiempo de respuesta es superior a 450 segundos).

Si el tiempo de muestreo es inferior a una hora, entonces el tiempo que transcurre entre el inicio de dos medidas consecutivas será de al menos 60 minutos.

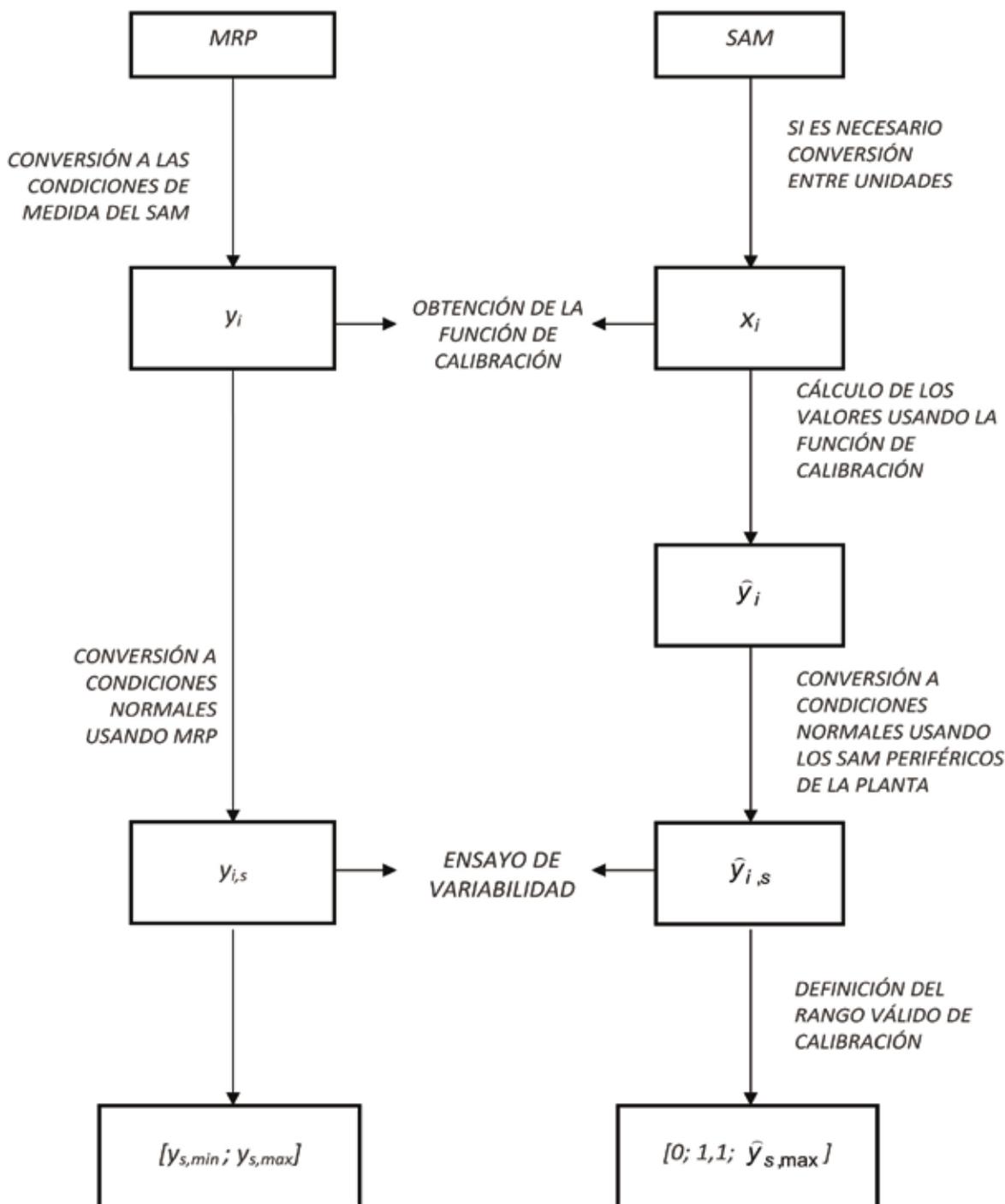
Los resultados obtenidos del MRP deben expresarse en las mismas condiciones que los medidos por el SAM, (por ejemplo, condiciones de presión, temperatura, etc.). A fin de establecer la función de calibración y realizar el ensayo de variabilidad, todos los parámetros adicionales y valores incluidos en las correcciones de las condiciones del SAM y condiciones normales deben obtenerse para cada pareja de medidas. Por ejemplo, si el SAM mide HCl gaseoso en unidades de mg/m³ en el gas de chimenea en base húmeda, entonces, los resultados del MRP se expresan en las mismas unidades (por ejemplo, mg/m³ en el gas de chimenea con la misma concentración de vapor de agua).

A continuación se muestra una tabla con los distintos MRP que existen en la actualidad con las ediciones en vigor en el momento de la publicación de esta IT, en función del parámetro a ensayar.

Parámetro	Norma	Principio
HCl	UNE-EN 1911:2011	Absorción en solución captadora
COT	UNE-EN 12619:2000	FID
Partículas	UNE-EN 13284-1:2002	Gravimetría
O2	UNE-EN 14789:2006	Paramagnético
SO2	UNE-EN 14791:2006	Absorción en solución captadora
NOx	UNE-EN 14792:2006	Quimioluminiscencia
CO	UNE-EN 15058:2006	NDIR
Humedad	UNE-EN 14790:2006	Gravimetría
HF	UNE ISO 15713:2007	Absorción en solución captadora

6.1.3. Evaluación de los datos.

En la figura siguiente se muestran las etapas con los tratamientos y conversiones de los datos para establecer la función de calibración y realizar el ensayo de variabilidad.



El SAM debe calibrarse en las condiciones del gas residual, tal y como se mide por el SAM; por tanto, las concentraciones obtenidas por el MRP deben convertirse a las condiciones del gas residual, pero usando los valores obtenidos mediante MRP.

Por ejemplo, si las concentraciones del ensayo de partículas se expresan en mg/Nm³, debemos expresar esa concentración a las condiciones de presión, temperatura y humedad del gas residual, pero para ello se utilizará la medida de presión, temperatura y humedad del MRP.

6.1.4. Función de calibración.

La función de calibración es lineal y tiene una desviación típica residual constante, de acuerdo con la fórmula:

$$y_i = a + bx_i + \epsilon_i$$

- x_i es el resultado i -ésimo del SAM, $i = 1$ a N ; $N > 9$.
 y_i es el resultado i -ésimo del MRP, $i = 1$ a N ; $N > 9$.
 ε es la desviación entre y_i y el valor esperado.
 a es el término independiente de la función de calibración.
 b es la pendiente de la función de calibración.

Cuando debido al rendimiento de los sistemas de depuración, las emisiones de partículas son próximas a cero, y hay que utilizar medios no operacionales para obtener concentraciones mayores, es decir, no utilizados durante las operaciones normales de la planta (como puede ser intervenir en el sistema de depuración, etc.) en estos casos y debido a que las características de las partículas pueden variar (por sensibilidad cruzada por el tamaño de partículas), para la función de calibración de SAM de partículas se puede utilizar una función de calibración cuadrática.

Requiere cubrir un rango de las concentraciones medidas para dar cobertura a una calibración válida del SAM que incluya el rango de concentraciones encontradas durante la operación normal.

Deben calcularse las siguientes magnitudes:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

Debe calcularse la diferencia ($y_{s,max} - y_{s,min}$) entre la mayor y menor concentración medida por el MRP en condiciones normales.

- a) Si ($y_{s,max} - y_{s,min}$) es mayor o igual al 15% del VLE, se calcula:

$$\hat{b} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\hat{a} = \bar{y} - \hat{b}\bar{x}$$

- b) Si ($y_{s,max} - y_{s,min}$) es inferior al 15% del VLE, se calcula:

$$\hat{b} = \frac{\bar{y}}{\bar{x} - Z}$$

$$\hat{a} = -\hat{b}Z$$

Donde el «offset» Z es la diferencia entre la lectura de cero del SAM y el cero.

Para diversos SAM, el «offset» es 4 mA.

Para el procedimiento b) es esencial que, antes de las medidas en paralelo, se compruebe que el SAM da una lectura igual o inferior al límite de detección para una concentración de cero.

Si Z es cero, o sea, la escala empieza en cero, entonces, la recta pasa por el punto 0-0:

$$\bar{y} = \hat{b}\bar{x}$$

Antes de iniciar el ensayo funcional o en la comprobación del cero y span, se ajustan estos valores.

Los resultados deben representarse en un gráfico x-y, a fin de mostrar explícitamente la función de calibración y el rango válido de calibración.

6.1.5. Validez de la función de calibración.

La función de calibración se calcula mediante la ecuación:

$$\hat{y}_i = \hat{a} + \hat{b}x_i$$

donde

\hat{y}_i es el valor calculado del SAM utilizando la función de calibración.

x_i es la señal medida del SAM.

Cada señal medida x_i del SAM debe convertirse a un valor calibrado por medio de la anterior función de calibración.

A los resultados obtenidos no se les ha restado la incertidumbre (intervalo de confianza) de acuerdo a lo reflejado en alguna legislación; esta incertidumbre se restará sobre el valor \hat{y}_i normalizado ($\hat{y}_{i,s}$), o sea, la incertidumbre se resta en las mismas condiciones en que se expresa el VLE, pues en caso de restarlo en otras condiciones, habrá que convertir ese valor a las condiciones en las que se quiere restar. (por ejemplo si el VLE es 100 mg/Nm³ en base seca y al 3% de exceso de oxígeno y la incertidumbre es del 20%, habrá que restar al valor obtenido 20 mg/Nm³ en base seca y 3% de exceso de oxígeno, con las salvedades contenidas en la IT-ATM--05).

A los valores a los que se les ha restado la incertidumbre o intervalo de confianza, se les denomina valores validados, y son los valores utilizados para el cálculo de los valores medios diarios.

La función de calibración es válida cuando la planta opera dentro del rango válido de calibración.

Se define este rango válido de calibración como el rango de calibración desde cero a $\hat{y}_{s,max}$ determinado anteriormente, más una extensión del 10% del rango de calibración por encima del valor más alto. Esto implica que sólo son válidos los valores en el rango válido de calibración.

El rango válido de la recta será siempre desde cero hasta 1,1 veces el valor máximo obtenido durante las medidas en paralelo.

Sin embargo, para medidas fuera del rango válido de calibración, la curva de calibración debe extrapolarse a fin de determinar los valores de concentración que excedan el rango válido de calibración.

Para que esta extrapolación se considere válida, tendrá que ser verificada con materiales de referencia de cero y a una concentración próxima al VLE, si se dispone, como parte del procedimiento de calibración para confirmar que la extrapolación lineal es adecuada. En este caso, se calcula la desviación entre el valor medido calibrado del SAM en el cero y el VLE y los correspondientes valores de los materiales de referencia. La desviación respecto el VLE debe ser inferior a la incertidumbre especificada por la legislación. La desviación del cero debe ser inferior al 10% del VLE.

La validez del rango válido de calibración debe evaluarse por el titular de la instalación de forma semanal (lunes a domingo).

Debe realizarse una nueva calibración completa, realizarse el informe e implementarse en 6 meses, se da si cualquiera de las siguientes condiciones:

- Más del 5% del número de valores medidos del SAM calculados en este período semanal (basados en valores calibrados normalizados) están fuera del rango válido de calibración durante más de 5 semanas en el período entre dos EBS.

- Más del 40% del número de valores medidos del SAM calculados en este período semanal (basado en valores calibrados normalizados) están fuera del rango válido de calibración durante una o más semanas.

Si la mejor estimación del valor verdadero está fuera del rango válido de calibración pero por debajo del 50% del VLE, entonces se podrá autorizar por parte de la CMA realizar un EBS en vez de un NGC 2.

Si el EBS demuestra que es válida la función de calibración existente por encima del rango de calibración, se permite que la planta amplíe el rango de calibración hasta las concentraciones máximas medidas (pero por debajo del 50% del VLE) determinadas durante el EBS.

Hasta que se haya implantado la nueva función de calibración, debe usarse la función de calibración existente.

En el cálculo de la función de calibración no deben usarse datos de anteriores calibraciones.

6.1.6. Cálculo de la variabilidad.

Se identifica la incertidumbre máxima establecida o requerida para los valores medidos por el SAM. Se verifica la definición exacta de esta incertidumbre (por ejemplo, expresada como intervalo de confianza del 95%, desviación típica, o cualquier otra fórmula estadística). Si es necesario, se convierte la incertidumbre máxima requerida en términos de desviación típica absoluta σ_0 .

En el caso en que la incertidumbre se exprese a un nivel de confianza del 95%, el valor de una desviación típica absoluta debe determinarse usando un factor de cobertura de 1,96.

En algunas ocasiones, la incertidumbre del SAM se expresa como la mitad de la longitud de un intervalo de confianza del 95% como un porcentaje P del valor límite de emisión E.

Después, a fin de convertir esta incertidumbre en desviación típica el factor de conversión apropiado es $\sigma_0 = P E/1,96$. Donde P es el intervalo de confianza expresado como tanto por uno y E es el valor límite de emisión.

En los casos en que exista un SAM sin valor límite de emisión, se utilizará el criterio siguiente sólo a efectos de cálculos, con el objeto de poder verificar la calidad de los datos del SAM (ensayos de variabilidad):

- Para los SAM de oxígeno, humedad, y aquellos que no dispongan de VLE, se utilizará como VLE el valor máximo de los medidos durante la certificación multiplicado por 1,6 o el rango del equipo, el menor de los dos.
- Para la presión y temperatura de humos, consistirá en la realización de suficientes medidas paralelas, frente a un equipo calibrado usado como de referencia, al objeto de verificar la desviación de los datos del SAM frente al equipo usado como patrón. En caso de superar un 10% en dicha desviación, deberán realizarse los ajustes necesarios para corregir ésta, debiendo repetirse el ensayo realizado.

El ensayo de variabilidad debe realizarse sobre los valores medidos (valores calibrados) del SAM. Por lo tanto, para cada medida paralela debe calcularse el valor medido por el SAM \hat{y}_i usando la función de calibración.

El ensayo de variabilidad debe realizarse con los valores expresados en las mismas condiciones en que están expresados los VLE.

Cuando se calcula la variabilidad, los parámetros periféricos (por ejemplo humedad, temperatura y contenido en oxígeno) usados para normalizar las medidas deben tomarse de:

- La instrumentación del MRP para normalizar los resultados del MRP.
- La instrumentación de la planta para normalizar los resultados del SAM, o en caso de no existir, los valores por defecto usados en la planta.

Si el ensayo de variabilidad no da resultados satisfactorios debido a errores de las medidas en los parámetros periféricos obtenidos de la instrumentación de la planta, se puede repetir el ensayo de variabilidad usando los resultados obtenidos por el laboratorio de ensayo con su MRP periférico. Esto sólo se permite si las medidas se toman para corregir la instrumentación defectuosa de la planta.

Para una función de calibración se debe calcular para cada conjunto de datos (mínimo 9 parejas), los siguientes parámetros, donde $y_{i,s}$ es el valor del MRP en condiciones normales e $\hat{y}_{i,s}$ el valor del SAM calibrado (usando la función de variabilidad), calculado a partir de la señal medida del SAM x_i en condiciones normales:

$$D_i = y_{i,s} - \hat{y}_{i,s}$$

$$\bar{D} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_i$$

$$s_D = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (D_i - \bar{D})^2}$$

6.1.7. Ensayo de variabilidad.

El SAM pasa el ensayo de variabilidad, cuando:

$$s_D \leq \sigma_0 k_v$$

donde k_v

Valores de k_v

Número de medidas en paralelo, N	k_v (N)	$t_{0,95}$ (N - 1)
3	0,8326	2,920
4	0,8881	2,353
5	0,9161	2,132
6	0,9329	2,015
7	0,9441	1,943
8	0,9521	1,895
9	0,9581	1,860
10	0,9629	1,833
11	0,9665	1,812
12	0,9695	1,796
13	0,9721	1,782
14	0,9742	1,771
15	0,9761	1,761

Los valores medidos del SAM pueden usarse para demostrar el cumplimiento con el valor límite de emisión sólo si el SAM ha pasado el ensayo de variabilidad.

Cuando el SAM pasa el ensayo de variabilidad, para cumplir con la legislación, entonces el SAM cumple con el requisito de incertidumbre en el valor límite de emisión, puesto que la variabilidad se considera constante en el rango.

6.1.8. Informe.

El contenido del informe del NGC2 debe incluir al menos:

- Una descripción de la planta y la localización del sitio de muestreo.
- Una descripción de la condición de operación de la planta, y el(los) combustible(s) usado(s) en la planta durante los ensayos.
- Los nombres del laboratorio de ensayo y del personal que realiza los ensayos.
- Detalles de la acreditación según la Norma EN ISOEC 17025 del laboratorio de ensayo.
- Una descripción del SAM usado, incluyendo el mensurando, su principio, tipo, rango de operación y su localización.
- Una descripción del MRP usado: su principio, tipo, rango de operación, repetibilidad y/o incertidumbre de medida, y la norma EN o ISO si aplica.
- Los resultados del ensayo funcional incluyendo datos utilizados.
- Fecha y horas de las medidas en paralelo.
- Información detallada de todos los valores medidos por el SAM y MRP, promediada en los periodos pertinentes.
- La Función de calibración y el rango válido de calibración, incluyendo todos los datos usados para el cálculo de la función de calibración y realización del ensayo de variabilidad.
- Gráfico x-y de las medidas paralelas, incluyendo el rango válido de calibración.
- Ensayo de variabilidad, incluyendo datos utilizados.
- Cualquier desviación de los procedimientos descritos en esta instrucción técnica y su posible influencia en los resultados obtenidos presentados.

6.2. EBS. Ensayo bienal de seguimiento o verificación externa.

El EBS es un procedimiento que se usa para evaluar si los valores obtenidos del SAM todavía cumplen con la incertidumbre requerida, como se demostró en el NGC2. Del mismo modo, se determina si la función de calibración sigue siendo válida.

La validez de los valores medidos con el SAM se verifica con una serie de ensayos funcionales y unas medidas en paralelo usando un MRP adecuado.

El EBS se realizará cada 4 años, en los bienios en que no se realiza NGC2. Es decir, cada dos años se alterna NGC2 y EBS.

6.1.1. Ensayo funcional.

La primera parte del EBS es el ensayo funcional.

El ensayo funcional debe ser realizado por una entidad colaboradora o un laboratorio de ensayo acreditado según la norma UNE EN ISO 17025 para la realización de esta actividad.

Se realizarán las actividades descritas en la siguiente tabla:

PRUEBA	EBS	
	SAM EXTRACTIVO	SAM NO EXTRACTIVO
Alineamiento y limpieza		X
Sistema de muestreo	X	
Documentación y registros	X	X
Utilidad	X	X
Ensayo de fugas	X	
Verificación de cero y rango	X	X
Linealidad	X	X
Interferencias	X	X
Tiempo de respuesta	X	X
Informe	X	X

Las pruebas serán realizadas de acuerdo a lo reflejado en el punto 6.1.1, excepto la prueba de interferencias que no está descrita en ese punto y se define a continuación:

6.2.1.1. Interferencias.

Debe realizarse un ensayo si los gases del proceso a medir contienen componentes que son conocidas interferencias, tal y como se identifica en el certificado, en caso de que no se identifique o no se disponga de él, habrá que tomar referencia de las normas existentes.

Cálculo del grado de interferencia por compuesto

Cada interferencia individual se calcula según la fórmula siguiente:

$$Q_i = \frac{|S_o - S_i|}{r} \times 100$$

donde

Q_i : interferencia del gas i , en % sobre el valor máximo del intervalo de calibrado.

S_o : valor de la lectura del analizador cuando se introduce gas cero.

S_i : valor de la lectura del analizador cuando se introduce el gas interferente.

r : rango válido de calibración que cumple los requisitos de esta IT.

La suma de las interferencias individuales nos da la interferencia total.

6.2.2. Medidas en paralelo con un MRP.

Durante el EBS deben realizarse al menos cinco medidas en paralelo. Esto debe llevarse a cabo de acuerdo con el procedimiento descrito en el apartado 6.1.2.

El propósito de las medidas de comparación es verificar si la función de calibración del SAM es todavía válida y si la precisión del SAM está todavía dentro de los límites requeridos. Si esto se cumple, e incluye resultados fuera del rango de calibración, estos valores pueden usarse para ampliar el rango válido de calibración.

La evaluación debe basarse en un mínimo de cinco medidas válidas dentro del rango de calibración. Estas medidas deben distribuirse uniformemente durante todo el día de medida (como se describe en el apartado 6.1.2).

Se considera que el conjunto de medidas es válido cuando se cumplen todos los requisitos que se detallan a continuación:

- Las medidas del MRP se realizan de acuerdo a la norma apropiada.
- Las medidas del MRP cumplen todos los requisitos dados en la norma apropiada.
- El período de tiempo de cada señal de medida del SAM, es mayor del 90% del tiempo promedio (excluyendo las señales superiores al 100% o inferiores al 0% del rango de medida del SAM, señales obtenidas durante las comprobaciones internas (autocalibración) y señales obtenidas durante cualquier malfuncionamiento del SAM).

El tiempo de muestreo de cada medida debe ser el mismo que el usado durante la calibración inicial (NGC 2).

Durante las medidas en paralelo con el SAM y el MRP, cada resultado se considera como una pareja de medidas (una señal medida de SAM y un valor medido de MRP) y ambas deben realizarse en el mismo período de tiempo.

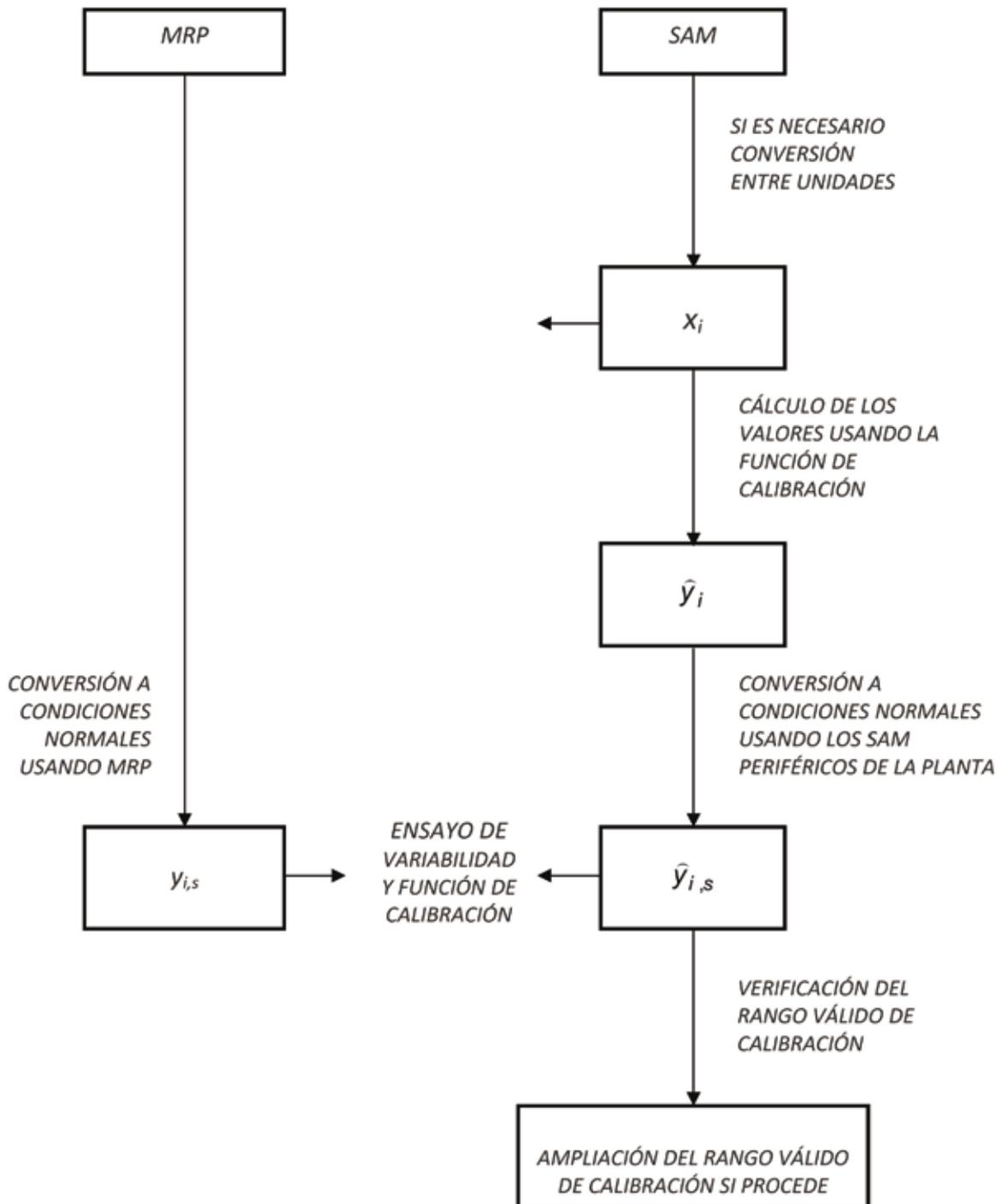
Sin embargo, el caso de un SAM de PARTÍCULAS en que todos los resultados medidos sean inferiores al 30% del VLE el número de medidas puede reducirse a 3.

El tiempo de las medidas será al menos de 30 minutos o de 4 veces el tiempo de respuesta del SAM (si el tiempo de respuesta es superior a 450 segundos).

Si el tiempo de muestreo es inferior a una hora, entonces el tiempo que transcurre entre el inicio de dos medidas consecutivas será de al menos 60 minutos.

6.2.3. Evaluación de los datos.

En la figura siguiente se muestran las etapas con los tratamientos y conversiones de los datos para realizar el ensayo de variabilidad y para ensayar la función de calibración:



Se calculan los valores medidos del SAM \hat{y}_i (valores calibrados) a partir de las señales medidas del SAM x_i usando la función de calibración establecida (calculada de acuerdo al apartado 6.1.5) y se usa el equipo periférico del SAM para convertir \hat{y}_i a condiciones normales y calcular $\hat{y}_{i,s}$.

Se verifica que los valores medidos del SAM están dentro del rango válido de calibración, incluyendo la posible y permitida extensión a un valor inferior al 50% del VLE.

Los resultados de las medidas comparativas (EBS) no deben usarse junto con las medidas de la calibración más reciente para determinar una nueva función de calibración (NGC 2), pero pueden usarse para extender el rango válido de calibración.

6.2.4. Cálculo de variabilidad.

Se identifica la incertidumbre requerida por la reglamentación, %, usando el mismo procedimiento del apartado 5.1.6.

Se calcula para todos los conjuntos de datos:

$$D_i = y_{i,s} - \hat{y}_{i,s}$$

$$\bar{D} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_i$$

$$s_D = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (D_i - \bar{D})^2}$$

6.2.5. Ensayo de variabilidad y validez de la función de calibración.

Se acepta la variabilidad de los valores medidos del SAM si se cumple la siguiente desigualdad:

$$s_D \leq 1,5\sigma_0 k_v$$

En la tabla siguiente se dan los valores de kv, en función del número de medidas paralelas.

Valores de kv, y valor de la t de Student

Número de medidas paralelas N	kv(N)	t0.95(N-1)
3	0,8326	2,920
4	0,8881	2,353
5	0,9161	2,132
6	0,9329	2,015
7	0,9441	1,943
8	0,9521	1,895

Se acepta la calibración del SAM si:

$$|D| \leq t_{0,95}(N - 1) \frac{s_D}{\sqrt{N}} + \sigma_0$$

Si uno de los dos ensayos anteriores falla, deben identificarse y solucionarse las causas. A continuación deben realizarse nuevas medidas paralelas de acuerdo al NGC 2, informarse e implementarse en seis meses. Si es necesario, deben efectuarse operaciones de mantenimiento sobre el SAM antes de la nueva calibración.

En el caso anterior, la instalación deberá aportar a la Consejería de Medio Ambiente tanto las causas del fallo de los ensayos como las operaciones de mantenimiento realizadas.

6.2.6. Informe.

El contenido del informe del EBS debe incluir al menos:

- Una descripción de la planta y la localización del sitio de muestreo.
- Una descripción de la condición de operación de la planta, y el(los) combustible(s) usado(s) en la planta durante los ensayos.
- Los nombres del laboratorio de ensayo y del personal que realiza los ensayos.
- Detalles de la acreditación según la Norma EN ISO IEC 17025 del laboratorio de ensayo.

- Una descripción del SAM usado, incluyendo el mensurando, su principio, tipo, rango de operación y su localización.
- Una descripción del MRP usado: su principio, tipo, rango de operación, repetibilidad y/o incertidumbre de medida, y la norma EN o ISO si aplica.
- Los resultados del ensayo funcional.
- Fecha y horas de las medidas en paralelo.
- Información detallada de todos los valores medidos por el SAM y MRP, promediada en los periodos pertinentes.
- Gráficos x-y.
- Los resultados de ensayo de validez de la precisión y calibración.
- Cualquier desviación de los procedimientos descritos en esta norma europea y su posible influencia en los resultados obtenidos presentados.

6.3. NGC 3. Garantía de calidad durante en funcionamiento o seguimiento interno.

Una vez que el equipo se acepta y calibra, deben realizarse procedimientos de control de forma que se garantice y asegure que los valores medidos por el SAM cumplen con la incertidumbre establecida de forma continua.

Es responsabilidad de la instalación comprobar que este requisito se cumple, al igual que el equipo funcione dentro del rango calibrado.

Se tienen que controlar la deriva y la precisión, mediante verificaciones periódicas de cero y rango y se realizará mediante gráficos de control.

La periodicidad de estas comprobaciones será de quince días. No obstante, previa justificación y autorización por la Administración competente, se podrá aumentar la periodicidad del seguimiento hasta un máximo de 45 días.

Deben documentarse todas las intervenciones sobre los equipos, y mantener un archivo que sea constantemente actualizado con las operaciones significativas a que es sometido el equipo durante su vida útil.

La lectura del instrumento debe reflejar tanto las derivas de las lecturas de cero como las de rango. Deben registrarse las lecturas negativas del instrumento para la concentración cero.

Para algunos monitores es difícil conseguir lecturas de cero y rango. En estos casos, el fabricante debe dar instrucciones de cómo conseguir lecturas que reflejen la deriva real de las lecturas de cero y rango, como se demostró para el cumplimiento del NGC I y de acuerdo a la definición de la lectura cero.

6.3.1. Procedimientos para mantener la calidad en curso.

El objeto del NGC 3 es mantener y demostrar la calidad del SAM, de manera que se cumpla el requisito para la repetibilidad fijada de cero y rango y los valores de deriva durante la operación y el SAM se mantenga en las mismas condiciones de operatividad que cuando se instaló.

Esto se consigue comprobando que la deriva y la precisión determinada durante el NGC1 siguen estando bajo control.

Esto se puede realizar determinando la deriva y la precisión de forma combinada, o bien, determinarlas de forma separada. Estas operaciones deben lograrse mediante el uso de gráficos de control. Debe quedar establecido cuando es necesario un mantenimiento.

En ambos casos debe usarse un material de referencia.

En el primer caso deben combinarse los componentes de la deriva y precisión obtenidos del NGC 1 y la incertidumbre y compararse con la deriva y precisión combinada obtenida en campo. Este método (por ejemplo, gráfico Shewart) es sencillo, pero no tiene el beneficio de permitir que el SAM sea ajustado externamente cuando se demuestra que está fuera de control.

Cuando se utiliza el primer procedimiento, que puede basarse en gráficos de control de Shewart, debe aplicarse lo siguiente:

Deben determinarse las diferencias entre los valores medidos y los valores verdaderos de los materiales de referencia de cero y rango.

Estas diferencias deben ser menores o iguales a los valores (s_{SAM}) de la deriva y precisión combinadas multiplicando por un factor de cobertura de 2.

En el segundo caso, se usa un método más sofisticado, el gráfico de control CUSUM. La determinación separada de la deriva y precisión permite más flexibilidad y determina si y cuanto necesitan ajustarse externamente el cero y el rango del SAM.

6.3.2. Documentación de los gráficos de control.

Los cálculos de los gráficos de control deben realizarse de acuerdo a los requisitos de esta instrucción técnica y documentarse completamente.

El NGC3 establece unas responsabilidades respecto al mantenimiento, que son del propietario de la planta:

- Que la incertidumbre requerida se cumple de forma continua.
- El SAM funciona dentro del rango válido de calibración.

Para mantener la calidad de las mediciones del SAM se debe cumplir la repetibilidad de las medidas de cero y span, estudiando su deriva a partir de la comprobación periódica de los dos puntos. Para ello se comprobará el cero y span del equipo, anotando los resultados obtenidos, pero sin ajustar el mismo.

Las desviaciones sobre estos dos puntos a lo largo del tiempo se representan en un gráfico tipo Shewhart, en el que se han definido previamente 2 niveles:

1. Nivel de alerta, correspondiente a 1.5 veces el S_{sam} .
2. Nivel de actuación, que corresponde a 2 veces el S_{sam} .

Se debe actuar sobre el SAM corrigiendo el cero o el span únicamente si:

- a) Un valor supere el nivel de actuación.
- b) Tres puntos consecutivos superen el valor de alerta.

En aquellos SAM que no disponen de NGC1, se podrá tomar el valor del intervalo de confianza del 95% como S_{sam} .

El uso de hojas de cálculo es muy adecuado para los cálculos de los gráficos de control. En el anexo H de la norma UNE EN 14181 existe el ejemplo de una hoja que puede ser útil para estos cálculos. Al mismo tiempo, la hoja puede usarse para proporcionar documentación trazable sobre el funcionamiento del SAM.

7. Responsabilidades.

Es responsabilidad del titular de la instalación adaptarse en todo su contenido a la presente instrucción técnica, así como facilitar en todo momento el que la inspección se realice de acuerdo a ella, igualmente deberá de disponer durante la realización de los ensayos del personal técnico necesario para la manipulación de equipos. Tendrán el mismo tratamiento todas las actividades subcontratadas a Entidad Colaboradora, laboratorios de ensayos o las realizadas por la propia instalación.

8. Referencias.

UNE-EN 14181:2005 Emisiones de fuentes estacionarias. Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida.

UNE-EN 13284-2:2005 Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de partículas a baja concentración. Parte 2: Sistemas automáticos de medida.

UNE-EN 15259:2008 Calidad del aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Requisitos y sitios de Medición y para el objetivo, plan e informe de medición.

UNE-EN 12619:2000 Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de carbono total orgánico en gases de combustión. Método continuo por detector de ionización de llama.

UNE 77209:1989 Emisiones gaseosas. Características de los monitores en continuo para la medida de opacidad.

UNE 77218:1996 Emisiones de fuentes estacionarias. Muestreo para la determinación automática de las concentraciones de gas.

UNE 77219:1998 Emisiones de fuentes estacionarias. Medición automática de la concentración másica de partículas. Características de funcionamiento, método de ensayo y especificaciones.

UNE 77222:1996 Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de dióxido de azufre. Características de funcionamiento de los métodos automáticos de medida.

UNE 77224:2000 Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de óxidos de nitrógeno. Características de funcionamiento de los métodos automáticos de medida.

UNE 77227:2001 Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación del caudal volumétrico de corrientes de gases en conductos. Método automático.

UNE 77229:2004 Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de monóxido de carbono, dióxido de carbono y oxígeno. Características de funcionamiento y calibración de los sistemas automáticos de medida.

9. Anexos.

Anexo I: Características generales del SAM.

Anexo II: Características de funcionamiento SAM de partículas.

Anexo III: Características de funcionamiento SAM de SO₂.

Anexo IV: Características de funcionamiento SAM de NO_x.

Anexo V: Características de funcionamiento SAM de CO₂, CO y O₂.

ANEXO I

CARACTERÍSTICAS GENERALES Y ENSAYOS FUNCIONALES

1. Características generales del SAM.

1.1. Rangos de salida y punto cero.

El SAM debe disponer de una salida de datos con un punto cero vital (por ejemplo, 4 mA) de manera que puedan presentarse tanto las lecturas negativas como las positivas.

El SAM debe disponer de una pantalla que muestre la respuesta de medida. La pantalla puede ser externa al SAM.

1.2. Salidas adicionales de datos.

El SAM debe disponer de una salida de datos que permita su visualización y un dispositivo de registro para unirse al SAM, es decir, una para el sistema de adquisición de datos y otra salida suplementaria para el NGC2, el NGC3 y el EBS, de acuerdo con la IT-ATM-12.

1.3. Protección del SAM frente a la intemperie.

Los SAM deben de cumplir lo que se recoge en la norma EN 60529 en lo referente a la protección frente a la intemperie, en concreto debe cumplir con la IP correspondiente y que se indica en cada uno de los siguientes puntos:

a) Los equipos cuyo uso esté limitado a montarse en habitaciones ventiladas o cabinas, donde no pueda bajo ningún concepto afectado por la lluvia, deben cumplir al menos IP40.

b) Los equipos cuyo uso esté limitado a montarse en áreas donde se coloca algún tipo de protección frente a la precipitación, por ejemplo, en un tejado pórtico, pero donde el viento puede provocar que el equipo se vea afectado por la lluvia debe cumplir al menos IP54.

c) Los instrumentos que se diseñan para usarse al aire libre y sin ninguna protección frente a la intemperie deben al menos cumplir los requisitos IP65.

1.4. Eficiencia del convertidor para un SAM de NO_x.

La certificación del SAM debe corresponder con el objeto de la medida, es decir, si la certificación se requiere para la medición de monóxido de nitrógeno (NO) y/o dióxido de nitrógeno (NO₂). Si el SAM dispone de convertidor, éste debe cumplir el criterio de eficiencia especificado en el Anexo III.

1.5. Factores de respuesta (SAM PARA COT).

Los SAM para COT deben cumplir los criterios de funcionamiento especificados en el anexo correspondiente.

1.6. Intervalo de mantenimiento.

El intervalo mínimo de mantenimiento del SAM debe cumplir el criterio de funcionamiento especificado en el anexo II y sucesivos.

1.7. Función de calibración.

La función de calibración debe tener un coeficiente de determinación $R^2 \geq 0,95$.

1.8. Límite de detección.

Se efectúan a menos 30 determinaciones, introduciendo el gas cero en el SAM y se anotan las lecturas. Se realizan estas lecturas lo más rápidamente posible a fin de minimizar la deriva del cero y la desviación del cero debido a la temperatura. Suponiendo un nivel de confianza del 95%, se calcula el límite de detección x , expresado en miligramos por metro cúbico, mediante la ecuación:

$$x = \bar{x}_0 + 2s_{x0}$$

Donde:

X_0 es la media de las lecturas del gas cero, en miligramos por metro cúbico;

S_{x0} es la desviación típica de las lecturas del gas cero, en miligramos por metro cúbico.

1.6. Otras consideraciones.

El tiempo de respuesta para los SAM de NH₃, HCl y HF debe ser ≤ 400 s.

Efecto interferente del oxígeno para el SAM de COT debe ser ≤ 2,0%.

ANEXO II

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SAM DE PARTÍCULAS

1. Criterios de funcionamiento que deben cumplir los SAM destinados a medir partículas.

CARACTERÍSTICA DE FUNCIONAMIENTO	CRITERIO
Alineamiento y limpieza	---
Sistema de muestreo	---
Documentación y registros	---
Utilidad	---
Verificación de cero y rango	2%
Linealidad	$d_{c,rel} < 5\%$
Tiempo de respuesta	200 s
Informe	---
Coeficiente de determinación de la función de calibración, R ²	≥ 0,95

ANEXO III

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SAM DE SO₂.

1. Criterios de funcionamiento que deben cumplir los SAM de SO₂

CARACTERÍSTICA DE FUNCIONAMIENTO	CRITERIO
Alineamiento y limpieza	---
Sistema de muestreo	---
Documentación y registros	---
Utilidad	---
Ensayo de fugas	2% ¹⁾
Verificación de cero y rango	2% ¹⁾
Linealidad	$d_{c,rel} < 5\%$
Tiempo de respuesta	≤ 200 s
Informe	---
Coeficiente de determinación de la función de calibración, R ²	≥ 0,95
Limite de detección	2% ¹⁾
Efecto de sustancias interferentes	±2% ^{1) 2)}
1) Referido al rango válido de calibración. 2) Las principales sustancias interferentes presentes en los gases emitidos por instalaciones de combustión son CO ₂ , CO, NO, H ₂ O y en menores concentraciones NO ₂ y NH ₃ . Si no se elimina el vapor de agua en los gases de combustión de carbón y de incineradores de residuos, también pueden interferir el HCl y HF. En casos especiales puede haber otras sustancias que interfieran (por ejemplo, cianuros).	

ANEXO IV

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SAM DE NO_x1. Criterios de funcionamiento que deben cumplir los SAM de NO_x.

CARACTERÍSTICA DE FUNCIONAMIENTO	CRITERIO
Alineamiento y limpieza	---
Sistema de muestreo	---
Documentación y registros	---
Utilidad	---
Ensayo de fugas	2% ¹⁾
Verificación de cero y rango	2% ¹⁾
Linealidad	$d_{c,rel} < 5\%$
Tiempo de respuesta	≤ 200 s
Informe	---
Coeficiente de determinación de la función de calibración, R ²	$\geq 0,95$
Límite de detección	2 % ¹⁾
Efecto de sustancias interferentes	$\pm 4\%^{1) 2)}$
1) Referido al rango válido de calibración.	
2) Las principales sustancias interferentes presentes en los gases emitidos son CO ₂ , CO, CO y O ₂ , H ₂ O, SO ₂ y HCl.	

ANEXO V

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SAM DE CO₂, O₂ Y CO1. Criterios de funcionamiento que deben cumplir los SAM de CO₂, O₂ y CO.

CARACTERÍSTICA DE FUNCIONAMIENTO	CRITERIO
Alineamiento y limpieza	---
Sistema de muestreo	---
Documentación y registros	---
Utilidad	---
Ensayo de fugas	2% ¹⁾
Verificación de cero y rango	2% ¹⁾
Linealidad	$d_{c,rel} < 5\%$
Tiempo de respuesta	≤ 200 s
Informe	---
Coeficiente de determinación de la función de calibración, R ²	$\geq 0,95$
Límite de detección	2% ¹⁾
Efecto de sustancias interferentes	$\pm 4\%^{1) 2)}$
1) Referido al rango válido de calibración.	
2) Las principales sustancias interferentes presentes en los gases emitidos son CO ₂ , CO, CO y O ₂ , H ₂ O, SO ₂ y HCl.	

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Instrucción técnica

IT-ATM-13

Sistemas Automáticos de Medidas, SAM, en instalaciones obligadas por legislación específica



Unión Europea

Fondo Europeo
de Desarrollo Regional

Í N D I C E

1. OBJETO.
2. ALCANCE Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.
3. DEFINICIONES.
4. EQUIPOS.
5. REQUISITOS PREVIOS A LA CERTIFICACIÓN:
 - 5.1. REQUISITOS DE LA INSTALACIÓN
 - 5.2. REQUISITOS DEL SAM. EVALUACIÓN DE LA APTITUD
 - 5.3. CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO
6. DESARROLLO:
 - 6.1. NIVEL DE GARANTÍA DE CALIDAD 2
 - 6.2. EAS. ENSAYO ANUAL DE SEGUIMIENTO O VERIFICACIÓN EXTERNA
 - 6.3. NGC3. GARANTÍA DE CALIDAD DURANTE EL FUNCIONAMIENTO O SEGUIMIENTO INTERNO
7. RESPONSABILIDADES.
8. REFERENCIAS.
9. ANEXOS:
 - ANEXO I. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SAM.
 - ANEXO II. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO SAM DE PARTÍCULAS.
 - ANEXO III. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO SAM DE SO₂.
 - ANEXO IV. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO SAM DE NO_x.
 - ANEXO V. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO SAM DE CO, CO₂ Y O₂.

1. Objeto.

El objeto de esta instrucción técnica es el establecimiento de la metodología y los criterios a seguir, para la realización de las actividades descritas en la norma UNE EN 14181:2005, para asegurar el correcto funcionamiento de los Sistemas Automáticos de Medidas de Emisiones (en adelante SAM) en focos de emisión, así como de informar de los resultados obtenidos.

Dentro de la presente instrucción técnica se establecen diferentes objetivos:

- Definir los requisitos que deben cumplir los SAM.
- Definir los requisitos que deben cumplir el sitio para la ubicación del SAM y para las medidas con MRP para su calibración.
- Definir la sistemática a seguir para garantizar la representatividad y trazabilidad de las medidas realizadas y los valores obtenidos, en concreto, se incluye en la presente instrucción técnica lo referente al Nivel de Garantía de Calidad 2 (NGC2) o certificación, Ensayo Anual de Seguimiento (EAS) o verificación externa y Nivel de Garantía de Calidad 3 (NGC3) o seguimiento interno.

2. Alcance y ámbito de aplicación.

El alcance de la presente instrucción técnica (en adelante, IT) incluye a los SAM que pertenecen a actividades que se encuentran incluidas en alguno de los siguientes supuestos:

- a) Aquellos a los que la normativa sectorial de aplicación establece la obligación de utilizar normas CEN.
- b) Aquellos a los que la autorización ambiental correspondiente establece la obligación de utilizar normas CEN.

El ámbito de aplicación de esta IT es la Comunidad Autónoma de Andalucía. Aplica a las Entidades Colaboradoras y a los Laboratorios de Ensayo Acreditados en el desempeño de sus funciones, a los titulares de las instalaciones y a la Consejería de Medio Ambiente en su labor inspectora.

3. Definiciones.

A efectos de esta instrucción técnica, se entenderá como:

Analizador: elemento analítico que forma parte de un SAM extractivo.

Condiciones normales: condiciones que vienen dadas en la normativa de aplicación a la instalación, y en las que hay que expresar los valores medidos para verificar el cumplimiento de los valores límites de emisión.

Deriva: Cambio monótonico de la función analítica durante un periodo determinado de operación desatendida, que tiene como resultado un cambio del valor medido.

Desviación típica: raíz cuadrada positiva del sumatorio al cuadrado de las diferencias entre el valor obtenido y la media aritmética dividida por el número de grados de libertad (el número de grados de libertad es el número de medidas menos 1).

Emisión: Descarga continua o discontinua a la atmósfera de sustancias procedentes, directa o indirectamente, de cualquier fuente o foco susceptible de producir contaminación atmosférica.

Foco de emisión: elemento o dispositivo a través del cual tiene lugar una descarga a la atmósfera de contaminantes atmosféricos, ya se produzca ésta de forma continua, discontinua o puntual y con origen en un único equipo o diversos equipos, procesos y/o actividades y que puedan ser colectados para su emisión continua a la atmósfera.

Gráfico CUSUM: procedimiento de cálculo en el cual la deriva y cambio en la precisión se compara con los componentes correspondientes de la incertidumbre obtenida en el NGC1.

Incertidumbre: parámetro asociado con el resultado de una medida que caracteriza la dispersión de los valores que podrían razonablemente atribuirse al mensurando.

Inestabilidad: cambio en el valor medido, incluyendo la deriva y dispersión resultante del cambio en la función de calibración durante un periodo dado de operación desatendida, por un valor dado de la característica de calidad del aire. La deriva y dispersión representan el cambio monotónico y estocástico con el tiempo, de la señal de salida, respectivamente.

Intervalo de confianza: El intervalo comprendido entre los límites inferior y superior, dentro del cual se encuentran los valores medios de la línea de regresión con un determinado nivel de confianza. Para un intervalo de confianza del 95% viene definido por la fórmula $l = 2 \cdot 1,96 \cdot \sigma_0$, donde σ_0 es la desviación típica asociada a ese intervalo de confianza.

Lectura del instrumento: indicación del valor medido directamente proporcionado por el SAM, sin usar la función de calibración. Esta indicación puede estar expresada en términos de la magnitud característica medida por el instrumento (unidades de absorción, extinción, etc.) o como una señal del propio instrumento (mA, V, etc.).

Lectura del rango: lectura del instrumento del SAM para una simulación del parámetro de entrada en una concentración fija elevada (aproximadamente el 80% del rango medido).

Lectura del cero: lectura instrumental del SAM en la simulación del parámetro de entrada para la concentración cero.

Material de referencia: material que simula una concentración conocida del parámetro de entrada, para uso de sustitutos y trazable a patrones nacionales. Los sustitutos son generalmente gases de calibración o filtros.

Método de Referencia Patrón (MRP): método descrito y normalizado para definir una característica de calidad del aire, temporalmente instalado en el lugar, para propósitos de verificación.

Parámetro o mensurando: magnitud particular sometida a calibración.

Periodo de funcionamiento desatendido: intervalo de tiempo máximo admisible por el cual las características de funcionamiento estarán dentro de un intervalo predefinido sin mantenimiento externo, por ejemplo, calibración, ajuste.

Precisión: grado de concordancia de los resultados obtenidos con el SAM de lecturas sucesivas de cero y de rango, en intervalos de tiempos definidos.

Sistema Automático de Medida (SAM): Sistema de medida permanentemente instalado en un punto para la medida en continuo de emisiones.

A los efectos de esta IT incluye todos los componentes del mismo, analizador, sonda y línea de gas de muestreo, dispositivos acondicionadores de muestra, así como cualquier dispositivo necesario para su funcionamiento o ajuste.

SAM extractivo: SAM que tiene la unidad de detección separada físicamente de la corriente de gas, por lo cual se hace necesario una sonda de extracción de la muestra, elementos para su acondicionamiento y su conducción hasta el analizador, donde se efectúa la determinación.

SAM no extractivo: SAM que tiene la unidad de detección en la corriente de gas o en una parte de ella.

SAM periférico: SAM usado para recoger los datos requeridos para convertir los valores medidos a condiciones de referencia, es decir SAM para humedad, temperatura, presión y oxígeno.

Sección de medida: plano perpendicular al eje del conducto o chimenea donde se efectúan las tomas de muestra.

Sustancia interferente: sustancia presente en las emisiones que sin ser el parámetro a controlar, provoca una variación en la lectura del instrumento.

Tiempo de respuesta: tiempo que requiere un SAM para responder a un cambio brusco en el valor de la característica de calidad del aire.

Valor límite de emisión (VLE): valor límite relacionado con el requisito de incertidumbre. Expresado en determinadas condiciones y cuyo valor no debe superarse en uno o más periodos de tiempo.

Valor medido: valor estimado de la característica de calidad del aire, derivado de una señal de salida; generalmente requiere cálculos relacionados con el proceso de calibración y conversión a las cantidades requeridas.

Variabilidad: desviación típica de las diferencias de medidas paralelas entre el MRP y el SAM.

4. Equipos.

La entidad colaboradora o el laboratorio de ensayos, deben disponer de los equipos para la toma de muestra y análisis, así como los auxiliares necesarios para efectuar las actividades definidas en esta instrucción técnica, por ejemplo:

Analizador automático de gases: equipo dotado de un sistema de aspiración, tratamiento de muestra y sistema de detección selectivo de gases para poder cuantificar los parámetros objeto de esta IT: estará dotado de detector paramagnético para el oxígeno, quimioluminiscencia para los óxidos de nitrógeno e infrarrojo no dispersivo (IRND) para el monóxido de carbono, FID para carbono orgánico total, etc.

Botellas de gases patrón: botellas de concentración adecuada y una incertidumbre máxima del 2%. Debe disponer de certificación ENAC o equivalente.

Diluidor de gases: equipo destinado a diluir la concentración de los gases hasta obtener la concentración deseada.

Sistema de adquisición de datos: sistema para registrar la señal bruta del SAM, que puede ser analógica o digital. La señal que se registre debe ser la utilizada para obtener la función de calibración (x_i).

5. Requisitos previos a la certificación.

Para que el funcionamiento de los SAM cumpla las expectativas de acuerdo con el objeto de su instalación, esta debe hacerse adecuadamente y cumplir ciertos requisitos, en concreto, los que hacen referencia al equipo utilizado y al sitio donde se va a colocar el mismo.

5.1. Requisitos de instalación.

5.1.1. Generalidades.

Para obtener fiabilidad y comparabilidad en los resultados de medida de emisión con SAM, son necesarias secciones y sitios de medida adecuados.

Por ello, cuando se diseña una planta debe tenerse en cuenta que habrán de controlarse las emisiones, y en algunos casos de forma continua; cuando esto sea así, implica la instalación de un SAM, para lo que proyectarse unas secciones y sitios de medida apropiados.

La correcta realización del control de las emisiones requiere condiciones de flujo definido en el plano de medida, es decir, un perfil de flujo ordenado y estable sin turbulencia ni reflujo, de manera que pueda determinarse la velocidad y la concentración másica del componente medido en el gas residual. Estos requisitos resultan de la definición de la concentración media. Éste es el único modo en que pueden compararse los resultados de medidas diferentes, por ejemplo en plantas diferentes.

La sección de medida así como el plano de muestreo y las bocas de muestreo deben cumplir con lo establecido en la instrucción técnica IT-ATM-03. En caso de que el SAM esté situado en una sección distinta de la utilizada para los métodos de referencia, ésta deberá cumplir lo establecido en la IT-ATM-03. La distancia entre la sección donde se ubica el SAM y la sección donde se ubican las bocas del MRP o los SAM periféricos, no deben estar separadas más de tres diámetros equivalentes.

La idoneidad de la ubicación del SAM debe realizarse una primera vez, y no se repetirá mientras no cambien la ubicación del mismo o las condiciones del proceso, en cuyo caso puede variar el perfil del flujo y, por tanto puede ser necesario determinar un nuevo punto representativo.

Si no es necesario determinar la idoneidad de la ubicación descrita en el punto siguiente, se hará referencia en el informe de certificación al informe en que se realizó esta prueba.

5.1.2. Idoneidad de la ubicación.

Normalmente no es viable la medida en rejilla cuando se utiliza un SAM, por tanto, generalmente se restringe al muestreo a un punto individual, o a lo largo de una línea medida mediante una señal individual.

Estos puntos o líneas de muestreo deben localizarse de manera que se obtenga una muestra representativa del parámetro.

Los puntos de medida deben posicionarse de manera que no obstruyan, o sean afectados por las sondas de muestreo utilizadas para realizar las mediciones con MRP.

El punto de medida del SAM utilizado para la medida continua de emisiones debe ser representativo de las mismas.

Para ello, el punto donde tomar la muestra el SAM debe determinarse como sigue:

- a) Se determinan los puntos de muestreo para la medida en rejilla de acuerdo con lo recogido en la IT-ATM-02, Sitio de medida y sección y plano de medida.
- b) Se instala la sonda del sistema de medida para la medida en rejilla.
- c) Se instala la sonda de un sistema de medida de referencia en un punto fijo en la sección de medida.
- d) Se ajusta el flujo de muestra en ambos sistemas, a fin de obtener tiempos de respuesta iguales.
- e) Se realiza una medida en cada punto P de la rejilla y medidas en paralelo en un punto fijo en la sección de medida, con un tiempo de muestreo de al menos cuatro veces el tiempo de respuesta del sistema de medida, pero no menos de tres minutos en cada punto de muestreo.
- f) Para cada medida que se realiza en cada uno de los puntos de rejilla se deben registrar:

a) los valores observados en el punto de i de la rejilla:

- La temperatura del gas, $T_{P,i}$.
- La velocidad de gas residual, $V_{P,i}$.
- La fracción volumétrica de oxígeno, $O_{P,i}$.
- La concentración másica, $C_{P,i}$.

b) Los valores observados en el punto de referencia:

- La temperatura del gas de referencia, $T_{ref,i}$.
- La velocidad de gas residual, $V_{ref,i}$.
- La fracción volumétrica de oxígeno, $O_{ref,i}$.
- La concentración másica, $C_{ref,i}$.

g) Se calcula para cada punto de rejilla i el factor F_{rep} de acuerdo con la fórmula:

$$F_{rep,i} = \frac{C_{P,i} \times V_{P,i}}{C_{ref,i} \times V_{ref,i}} \times \frac{T_{ref,i}}{T_{P,i}} \times \frac{21\% - O_{ref,i}}{21\% - O_{P,i}}$$

Los términos

$$\frac{T_{ref,i}}{T_{P,i}} \text{ y } \frac{21\% - O_{ref,i}}{21\% - O_{P,i}}$$

se utilizan sólo si existen variaciones de temperatura o de la concentración de oxígeno en el plano de medida.

Una vez calculado $F_{rep,i}$, para cada uno de los puntos de la rejilla, se calcula la media aritmética de todos ellos, obteniéndose el valor medio F_{rep} .

- a) Determinar cuál de los puntos de la rejilla presenta un valor $F_{rep,i}$ más cercano al valor F_{rep} .
- b) El punto determinado es en el que se debe situar la sonda del SAM.

5.2. Requisitos del SAM. Evaluación de la aptitud.

Este apartado de la instrucción técnica indica las características y los criterios de funcionamiento que deben cumplir los SAM a instalar para la medida de gases y materia particulada en el gas residual de fuentes estacionarias.

Los SAM ya instalados deberán cumplir lo recogido en la disposición transitoria quinta del Decreto 239/2011, de 12 de julio.

El equipo debe disponer de un certificado NGC1 de acuerdo a lo recogido en las normas UNE-EN 14181:2005 Emisiones de fuentes estacionarias. Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida y UNE EN 15267-3:2008 Calidad del aire. Certificación de los sistemas automáticos de medida. Parte 3: Requisitos de funcionamiento y procedimientos de ensayo de los sistemas automáticos de medida para el seguimiento de emisiones de fuentes estacionarias.

El valor de incertidumbre del SAM debería ser, para disponer de margen suficiente para la contribución a la incertidumbre por la instalación individual, de acuerdo a lo especificado en el punto 14 de la norma UNE EN 15267-3:2008, al menos un 25% inferior que la incertidumbre máxima permitida especificada en las reglamentaciones aplicables o en su defecto en la IT-ATM-05, Interpretación de resultados.

Cuando se hace referencia a los SAM, en la presente IT aplica al SAM completo, no a partes individuales del mismo, salvo que se indique explícitamente lo contrario.

El SAM debe disponer en su documentación de un listado completo de todos sus componentes que incluya una identificación unívoca de cada uno de ellos. Debe incluir un histórico en caso de sustitución de algún componente.

5.2.1. Características generales del SAM.

En este punto se desarrollan los requisitos generales del modelo del SAM que se va a instalar para el uso a que está destinado.

Los componentes del SAM en contacto con la muestra, estarán fabricados con materiales adecuados a la composición del gas muestreado. Como referencia a esta composición puede ser útil seguir lo indicado en el Anexo A de la norma UNE ISO 10396:2009.

5.2.1.1. Rango de certificación.

El rango del certificado del SAM debe incluir valores mínimos y máximos. La cobertura debe fijarse para la aplicación prevista del SAM.

El SAM debe disponer de un certificado en los rangos siguientes:

- a) Para incineradores de residuo, el rango empieza generalmente desde cero si el SAM es capaz de medir cero y un valor no superior a 1,5 veces el VLE.
- b) Para grandes instalaciones de combustión, el rango empieza generalmente en cero si el SAM es capaz de medir cero y un valor no superior a 2,5 veces el VLE.
- c) Para otras plantas entre cero y 2 o 3 veces el valor límite de emisión correspondiente o cualquier otro requisito relacionado con la aplicación prevista.

El SAM debe ser capaz de medir valores instantáneos en un rango que sea al menos 2 veces el límite superior del rango de certificación, a fin de que sea capaz de medir valores semihorarios.

El certificado debe incluir el rango (o los rangos) de validez del mismo, y los criterios de funcionamiento ensayados para cada rango.

5.2.1.2. Expresión de los criterios de funcionamiento con respecto a los rangos.

Los criterios de funcionamiento se expresan en términos de un porcentaje del límite superior del rango de certificación para cada componente medido, excepto para oxígeno, para el cual los criterios de funcionamiento se expresan como concentraciones volumétricas. Un criterio de funcionamiento con respecto a los rangos es un valor que corresponde a la mayor desviación permitida para cada ensayo, a pesar de la señal de la desviación determinada en el ensayo.

5.2.1.3. Rangos del SAM ópticos in situ con longitud óptica variable.

El rango del certificado para SAM ópticos in situ con longitud óptica variable, debe definirse en unidades de la concentración del componente medido, multiplicadas por la longitud del paso óptico.

La longitud de paso utilizada para el ensayo debe indicarse en el certificado.

5.3. Criterios de funcionamiento.

El SAM debe cumplir los criterios de funcionamiento especificado en el anexo I de forma general y los indicados en el anexo II y siguientes de forma particular dependiendo del parámetro a ensayar.

6. Desarrollo.

Cuando el SAM se ha instalado en el lugar seleccionado para su emplazamiento definitivo, debe ser sometido a distintas actividades que aseguren la calidad de las medidas realizadas por el SAM.

6.1. Certificación o NGC2. Calibración y validación del SAM.

Este apartado se corresponde con el Nivel de Garantía de Calidad 2 de la norma UNE EN 14181:2005.

Una vez que el SAM ha sido instalado y puesto en marcha, el equipo es sometido a distintas actividades cuyo fin es doble, por un lado establecer una función de calibración, que es obtenida a partir de una serie de medidas en paralelo frente a un método de referencia patrón (MRP) y por otro lado, un ensayo de variabilidad donde el resultado obtenido es comparado con la incertidumbre requerida por la legislación al parámetro ensayado.

La calibración y validación del SAM se repetirá:

- Periódicamente, según la normativa aplicable.
- Cuando se produzca un cambio importante en la operación de la planta.
- En otras situaciones, cuando lo requiera la legislación de aplicación.

- Tras cualquier reparación o cambio significativo del SAM, entendiéndose por significativo aquellos que afectan a partes involucradas directamente en la medida, tanto en el análisis como en el tratamiento de la muestra, de forma que pueda afectar a la función de calibración.

No obstante, cuando se produzca un cambio significativo en la composición del SAM, y sólo en uno de los dos siguientes casos:

1. Una reparación o sustitución sobre uno o más componentes del SAM, si la reparación o sustitución puede afectar a la función de calibración.
2. Una sustitución del SAM si es del mismo tipo que el SAM original.

Se podrá seguir la siguiente secuencia, previa aprobación por parte de la Consejería de Medio Ambiente:

1. Aplicar la función de calibración existente para el SAM original.
2. Realizar un EAS o verificación externa sobre el SAM.
3. Si el EAS muestra que la función de calibración es todavía válida, no será necesario un NGC2 o certificación hasta el siguiente programado.
4. Si el EAS muestra que la función de calibración no es válida, se requiere una nueva certificación o NGC2.

Cuando la legislación de aplicación no indique nada al respecto, la periodicidad con que se efectúe estas actividades de calibración y validación del SAM será de 3 años como máximo.

Previo a la realización de la calibración del SAM se debe demostrar que está instalado de acuerdo a los requisitos establecidos en el punto 5.1 y además debe superar con éxito las pruebas denominadas «ensayo funcional» que se detalla en el punto siguiente.

6.1.1. Ensayo funcional.

Antes de realizar la calibración y el ensayo de variabilidad debe demostrarse que el SAM está instalado satisfactoriamente, por ejemplo como especifica el suministrador del SAM y/o el fabricante. Debe también demostrarse y documentarse que el SAM da una lectura de cero a una concentración de cero (para algunos SAM es difícil conseguir una lectura cero. En esas situaciones, el SAM puede retirarse de la chimenea, y hacer el cero usando un banco de ensayo o similar. Como alternativa, puede instalarse en la chimenea, un sistema de medida de paso que sea capaz de realizar este ensayo de cero).

Todas las actividades descritas dentro del ensayo funcional deben ser realizadas por la entidad colaboradora o laboratorio de ensayo, no pudiendo utilizar para ello datos suministrados por la instalación o la empresa encargada del mantenimiento del SAM, excepto aquellos que deben ser evaluados, como por ejemplo, el apartado de documentación y registros.

El ensayo funcional previo a la calibración del SAM consiste en las siguientes pruebas:

PRUEBA	NGC2	
	SAM EXTRACTIVO	SAM NO EXTRACTIVO
Alineamiento y limpieza		X
Sistema de muestreo	X	
Documentación y registros	X	X
Utilidad	X	X
Ensayo de fugas	X	
Verificación de cero y span	X	X
Linealidad	X	X
Deriva de cero y span (auditoría)	X	X
Tiempo de respuesta	X	X
Informe	X	X

6.1.1.1. Alineamiento y limpieza.

Debe realizarse una inspección visual, teniendo en cuenta lo indicado en el manual del equipo sobre los siguientes elementos:

- Verificación interna del analizador.
- Limpieza de los componentes ópticos.
- Suministro de aire a presión.
- Obstrucción del paso óptico.

En caso de desmontar el equipo, al volverlo a montar se deberá revisar al menos:

- Verificación interna de los componentes ópticos.
- Suministro de aire a presión.
- Obstrucción del paso óptico.

Para poder verificar este punto, se comprobará en el histórico de mantenimiento si se ha realizado algún desmontaje del equipo y se han revisado los apartados señalados anteriormente.

6.1.1.2. Sistema de muestreo (SAM extractivo).

Debe realizarse una inspección del sistema de muestreo, anotando la condición de los siguientes componentes cuando corresponda:

- Sonda de muestreo.
- Sistemas de acondicionamiento de gas.
- Bombas.
- Todas las conexiones.
- Líneas de muestreo.
- Suministros de energía.
- Filtros.

El sistema de muestreo debe estar en buenas condiciones y exento de cualquier defecto visible, que pueda disminuir la calidad de los datos.

6.1.1.3. Documentación y registros.

Debe controlarse la siguiente documentación, estando fácilmente accesible para poder ser inspeccionada y puesta al día:

- Un plano del SAM.
- Todos los manuales (mantenimiento, usuario, etc.).
- Registro donde se documente cualquier posible mal funcionamiento y acciones tomadas.
- Informes de servicio.
- Documentación del NGC3 incluyendo las acciones tomadas como resultado de situaciones fuera de control.
- Procedimientos del sistema de gestión de mantenimiento, calibración y formación.
- Registros de formación.
- Programas de mantenimiento.
- Planes de auditoría y registros.

6.1.1.4. Utilidad.

Debe haber previsiones para la gestión efectiva y mantenimiento del SAM, a fin de asegurar el mantenimiento de la calidad de los datos. Tales previsiones incluyen al menos las siguientes premisas:

- El SAM debe estar instalado tal y como se indica en el punto 5.1.
- Suministros adecuados de materiales de referencia, herramientas y repuestos.

Se debe contemplar la infraestructura necesaria para introducir los materiales de referencia, tanto en la línea de muestreo (si existe) como en el analizador.

El SAM debería disponer de una línea auxiliar para la introducción de los materiales de referencia, en caso negativo, se deberá habilitar una entrada (puede ser una válvula de 3 vías, una pieza en forma de T, o cualquier otra) lo más próxima posible a la sonda.

6.1.1.5. Ensayo de fugas.

El ensayo de fugas debe realizarse de acuerdo a los manuales del SAM.

Esta prueba debe realizarse sobre el SAM completo, incluyendo sonda y línea de gases.

En función del tipo de equipo se deberá realizar la prueba de fugas, siendo aconsejable consultar el manual del equipo.

SAM sin dilución.

Para monitores extractivos se aplica una prueba de fuga convencional, taponando la entrada de gas a todo el sistema (desde la sonda) y comprobando el caudal nulo.

También será factible la ejecución alternativa del chequeo de fugas mediante el uso de botellas de gas patrón a todo el sistema y sólo al analizador, una diferencia entre los valores obtenidos denota una fuga en el sistema.

El gas se mete en el sistema lo más próximo a la sonda, bien por la línea auxiliar al efecto, bien mediante la válvula habilitada para la calibración en caso de que no disponga de línea auxiliar.

SAM con dilución.

Si el SAM es extractivo con dilución se aplican las pruebas y criterios anteriores al analizador de manera individual, y la estanqueidad del conjunto del SAM se verifica mediante el empleo de una botella de calibración para el SAM completo y el cálculo de número de diluciones asociadas al mismo.

En este caso la variación puede deberse a un fallo en el sistema de dilución por lo que no es un resultado definitivo.

Si el SAM incluye un módulo de O₂ en serie, la prueba de fugas se podrá realizar introduciendo una botella carente de oxígeno, por ejemplo nitrógeno.

En el caso de que el rango inferior del analizador sea mayor de cero, entonces la botella debe ser de oxígeno de una concentración por encima del rango inferior del analizador.

6.1.1.6. Verificación de cero y rango.

Antes de empezar con la calibración del equipo, éste debe ajustarse en los valores de cero y span (en torno al 80% del rango de medida). Deben usarse materiales de referencia de incertidumbre $\leq 2\%$ de cero y rango para ajustar y verificar las correspondientes lecturas de SAM.

En caso de SAM no extractivo, deben realizarse verificaciones de cero y rango usando una vía de referencia, exenta de gas efluente antes y después del reajuste y después del reensamblaje del SAM en la localización de medida.

6.1.1.7. Linealidad.

Debe comprobarse la linealidad de la respuesta del instrumento usando cinco materiales de referencia diferentes, incluyendo uno con concentración cero. Los materiales de referencia deben ser trazables.

En caso de materiales de referencia gaseosos, pueden obtenerse estos cuatro materiales de referencia a partir de diferentes botellas de gas o pueden prepararse por medio de un sistema de dilución calibrado a partir de una concentración individual de un gas.

Deben seleccionarse las concentraciones del material de referencia, de tal manera que los valores medidos sean aproximadamente el 20%, 40%, 60% y 80% del rango de dos veces el límite de emisión.

Es necesario conocer de forma precisa los valores de los cocientes de sus concentraciones de manera que no ocurra un fallo incorrecto del ensayo de linealidad.

El material de referencia debe aplicarse a la entrada del SAM no del analizador.

Los analizadores individuales se ensayan usando las concentraciones siguientes, aplicadas en una secuencia aleatoria de los siguientes materiales de referencia:

- Concentración cero.
- Concentración de 0,4 x VLE.
- Concentración de 0,8 x VL.
- Concentración de 1,2 x VLE.
- Concentración de 1,6 x VLE.
- Concentración cero.

Para cada concentración del material de referencia, deben hacerse al menos tres lecturas, de las que se realizará la media.

Tras cada cambio de concentración, se debe dejar pasar un tiempo de cuatro veces el tiempo de respuesta antes de tomar la primera lectura instrumental.

Entre cada una de las tres lecturas debe esperarse el mismo periodo de tiempo, es decir, cuatro veces el tiempo de respuesta del SAM.

Ensayo de linealidad.

A continuación se desarrolla la sistemática para establecer una regresión lineal entre las lecturas instrumentales del SAM (valores Y) y los valores del material de referencia (valores X) primero se calcula la media de las lecturas del SAM para cada una de las concentraciones.

Se establece una regresión lineal para la función:

$$Y_i = a + B(X_1 - X_2)$$

Para el cálculo se tienen en cuenta las 18 medidas, 3 por cada punto, excepto para el cero que son 6

Se obtiene el coeficiente a por la ecuación:

$$a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i$$

Donde:

a es el valor medio de los valores Y, es decir la media de las lecturas del SAM.

Y_i es la lectura individual del SAM.

n es el número de medidas, al menos 18.

X_z es el valor medio de los valores X, es decir la media de las concentraciones del material de referencia.

X_i es el valor individual de las concentraciones del material de referencia.

Se obtiene el coeficiente B por la ecuación:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i (X_i - X_z)}{\sum_{i=1}^N (X_i - X_z)^2}$$

Después, la función $Y_i = a + B(X_i - X_z)$ se convierte $Y_i = A + BX_i$ en a través del cálculo de A de acuerdo con la ecuación:

$$A = a - BX_z$$

Calculo de los residuos de la concentración media para cada nivel de concentración a la línea de regresión:

$$Y_i = \frac{1}{m_c} \sum_{j=1}^{m_c} Y_{c,j}$$

Donde

\bar{Y}_c es el valor medio Y (lectura del SAM) en el nivel de concentración c.

$Y_{c,i}$ es el valor individual Y (lectura del SAM) en el nivel de concentración c.

m_c es el número de repeticiones en uno y en el mismo nivel de concentración c.

Se calculan los residuos d_c de cada media de acuerdo a:

$$d_c = \bar{Y}_c - (A + B_c)$$

Se convierte d_c en unidades de concentración a una unidad relativa $d_{c,rel}$ dividiendo d_c por el rango superior del rango de medidas:

$$d_{c,rel} = \frac{d_c}{c_u} 100\%$$

Ensayo de residuos:

Se ensaya cada residuo de acuerdo a:

$$d_{c,rel} < 5\%$$

Todos los residuos deben pasar este ensayo.

6.1.1.8. Deriva del cero y de rango.

Debe obtenerse y evaluarse la deriva del punto cero y de rango, con base en los requisitos del NGC3.

6.1.1.9. Tiempo de respuesta.

Debe comprobarse el tiempo de respuesta del SAM. Esto debe hacerse, si es posible, por introducción del material de referencia en el extremo de la sonda de muestreo. El tiempo de respuesta no debe exceder el valor medido que ha sido identificado durante el NGC1. En caso de que no esté definido en el certificado NGC1 o no disponga de él, se tomará el valor recogido en el anexo correspondiente. Cualquier desviación en el tiempo de respuesta debe ser justificada de manera adecuada.

Se introduce en el analizador cinco veces consecutivas un patrón de referencia con un valor en torno al 80% del rango de medida y se anota el tiempo que el sistema necesita para responder al 90% de la diferencia entre la señal del patrón de referencia y el cero. Se calcula el promedio de las diez lecturas, cinco en subida y cinco en bajada.

Es decir, se medirá el tiempo entre el cero y el 90% del material de referencia y entre el 100% del material de referencia y el 10% del valor de este.

El material de referencia del span tendrá una concentración en torno al 80% del rango de medida.

Para el caso de partículas y ante la dificultad de encontrar material de referencia trazable, se puede utilizar el dispositivo que para tal fin haya desarrollado el fabricante del SAM, debiendo disponer al menos de un certificado del fabricante.

Para la determinación del tiempo de respuesta, no es necesario que el material sea de referencia, aunque pueda emplearse éste al estar disponible para el ensayo de cero y span.

6.1.2. Medidas en paralelo con un MRP.

Para la calibración del SAM, deben realizarse medidas en paralelo con un MRP, que será una norma CEN en caso de existir y deberá estar en cualquier caso, incluida en el alcance de acreditación del laboratorio que realiza la calibración.

El MRP debe localizarse de acuerdo a lo definido en la IT-ATM-03, de forma que no exista interferencia con el SAM.

Se considera que existe una nube o acumulación de puntos si, entre el valor máximo y mínimo de los valores obtenidos, existe una diferencia menor al 15% del VLE.

Si existe una acumulación de puntos y los resultados obtenidos en la calibración presentan una relación SAM/MRP muy estable, podrá utilizarse para la orientación de la recta una de las siguientes opciones:

- Si todos los valores obtenidos están por debajo del % de intervalo de confianza del VLE, definido para el parámetro, se puede utilizar el valor del material de referencia del cero obtenido en la verificación del mismo. Este valor se utiliza sólo una vez con el objeto de orientar la recta, no pudiéndose repetir con el objeto de mejorar el coeficiente de correlación de ésta.

- Si todos los valores obtenidos están por encima del % de intervalo de confianza del VLE, definido para el parámetro, se puede utilizar el valor del material de referencia del span obtenido en la verificación del mismo. Este valor se utiliza sólo una vez con el objeto de orientar la recta, no pudiéndose repetir con el objeto de mejorar el coeficiente de correlación de ésta.

- Para la orientación de la función de calibración del SAM de partículas, puede usarse el valor de cero en vez del material de referencia de valor alto, debido a la dificultad de obtener materiales de referencia certificados.

- En aquellos casos en que los valores se encuentren por debajo del límite de cuantificación del método de referencia patrón, se podrá dejar de realizar medidas después de que en las 5 primeras medidas se haya confirmado este extremo. En tal caso se establecerá una recta entre las parejas de valores obtenidas con la verificación del cero y span. Se implementará esta recta que tendrá validez (por el periodo de tiempo establecido de acuerdo al tipo de instalación o en su autorización) mientras no se supere el 10% del VLE, que tendrá que realizarse un nuevo NGC2.

Los valores de los materiales de referencias utilizados para orientar la recta, no podrán utilizarse como valores para realizar el ensayo de variabilidad ni para ampliar la validez de la función de calibración.

Es aceptable forzar el funcionamiento hasta condiciones que pueden presentarse durante el funcionamiento normal de la instalación, como puede ser ampliar el rango hasta valores altos desconectando una manga o un campo de un electrofiltro; este aspecto debe comunicarse previamente y ser aceptado por la CMA.

Para condiciones de funcionamiento distintas en la operación de la planta (por ejemplo, cambios de combustible), se deben realizar calibraciones diferentes y establecer una función de calibración para cada modo de operación.

A fin de asegurar que la función de calibración es válida para todo el rango de condiciones dentro del cual la planta operará, las concentraciones durante la calibración deben variar tanto como sea posible, contemplando todas las operaciones. Esto debe asegurar que la calibración del SAM es válida en un rango tan amplio como sea posible, y también que abarque la mayoría de las situaciones operacionales. En aquellas situaciones que así lo requieran, como cuando la propia operación normal de la planta hace que los valores aumenten con el tiempo (por ejemplo por agotamiento de catalizadores o desgastes de elementos de depuración) esta función de calibración puede ampliarse con los valores obtenidos en el EAS siempre que se cumpla lo indicado en el punto 6.2 de esta IT.

Para cada función de calibración, es decir, para cada modo de operación de la planta, debe realizarse el ensayo de variabilidad.

Debe realizarse para cada calibración un mínimo de 15 medidas paralelas válidas con la planta operando en condiciones normales. Estas medidas deben estar uniformemente distribuidas en al menos 3 días y en períodos de 8 h a 10 h cada día (por ejemplo, no sería correcto realizar 5 medidas por la mañana y ninguna por la tarde).

El período de mañana a efectos de esta IT se extiende hasta las 15 horas y el de tarde a partir de esta hora. Se realizarán tres medidas por la mañana y dos por la tarde, en el caso de 5 medidas diarias, en el caso de 4 se podrán realizar 3 de mañana y una de tarde o dos de mañana y dos de tarde. Al menos dos de los días se realizarán medidas por la tarde y en este período se obtendrán al menos 5 medidas.

Los 3 días de medidas deben ser si es posible consecutivos, si no es posible al menos, deben realizarse dentro de un período de cuatro semanas.

Para el caso de un SAM de Partículas en que todos los resultados medidos sean inferiores al 30% del VLE el número de medidas puede reducirse a 5 medidas durante 3 días, en tal caso el tiempo de muestreo total del MRP debe ser al menos de 7 h y 30 min (que es igual a 15 veces 30 min), reduciendo el número de medidas y aumentando el tiempo de muestreo individual del MRP, por lo se obtienen valores más representativos a concentraciones muy bajas de partículas. Si alguna de las medidas es superior al 30% del VLE, la calibración debe extenderse al menos a 15 medidas válidas.

Para el caso de los SAM de partículas, el lavado de las partes anteriores al filtro se realizará para cada medida, y no para cada serie de medida.

Las 15 medidas a que se refiere el presente punto son pares de valores válidos, por lo que a veces será necesario realizar más de 15 medidas paralelas.

El rango de calibración puede extenderse al VLE por medios no operacionales. En este caso, se realizan al menos 15 medidas paralelas de modo que:

- Al menos se realicen 5 medidas en el rango normal de operación de la planta.
- Al menos se realicen 5 medidas en el límite superior del rango de calibración extendido (en condiciones anormales de operación).
- Al menos se realicen 5 medidas en una concentración de partículas intermedia a estos niveles.

Un conjunto de medidas es válido cuando se cumplen estos dos requisitos:

- Las medidas del MRP se realizan de acuerdo con la norma aceptada.
- El período de tiempo de cada señal de medida del SAM, es mayor del 90% del tiempo medio (excluyendo todas las señales medidas que son mayores de 100% o menores de 0% del rango medido del SAM, señales obtenidas durante las comprobaciones internas (autocalibración) y señales obtenidas durante cualquier otro malfuncionamiento del SAM).

Durante las medidas en paralelo con el SAM y el MRP, cada resultado se considera como una pareja de medidas (una señal medida de SAM y un valor medido de MRP) y ambas deben realizarse en el mismo período de tiempo.

El tiempo de las medidas será al menos de 30 minutos o de 4 veces el tiempo de respuesta del SAM (si el tiempo de respuesta es superior a 450 segundos).

Si el tiempo de muestreo es inferior a una hora, entonces el tiempo que transcurre entre el inicio de dos medidas consecutivas será de al menos 60 minutos.

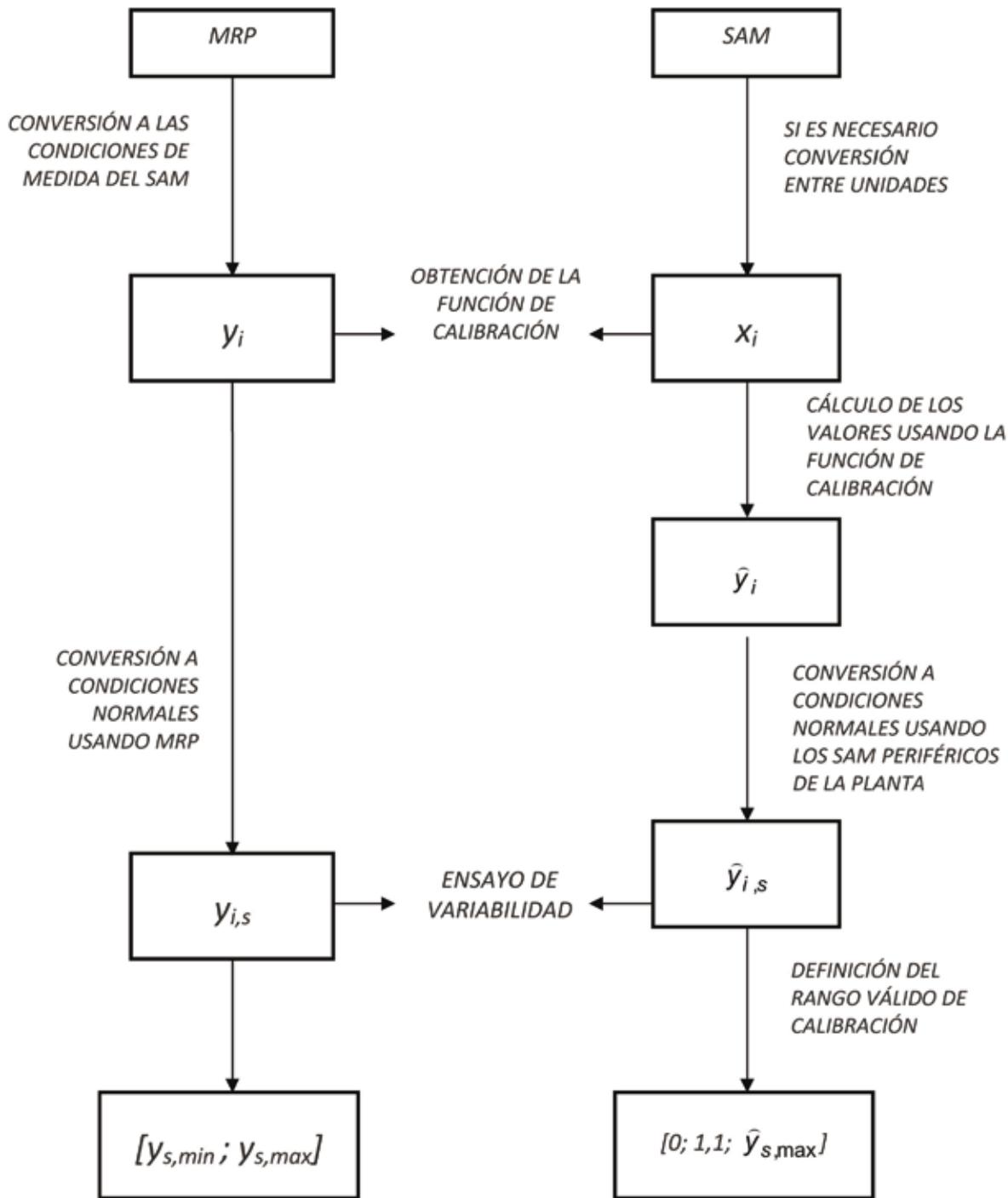
Los resultados obtenidos del MRP deben expresarse en las mismas condiciones que los medidos por el SAM, (por ejemplo, condiciones de presión, temperatura, etc.). A fin de establecer la función de calibración y realizar el ensayo de variabilidad, todos los parámetros adicionales y valores incluidos en las correcciones de las condiciones del SAM y condiciones normales deben obtenerse para cada pareja de medidas. Por ejemplo, si el SAM mide HCl gaseoso en unidades de mg/m^3 en el gas de chimenea en base húmeda, entonces, los resultados del MRP se expresan en las mismas unidades (por ejemplo, mg/m^3 en el gas de chimenea con la misma concentración de vapor de agua).

A continuación se muestra una tabla con los distintos MRP que existen en la actualidad con las ediciones en vigor en el momento de la publicación de esta IT, en función del parámetro a ensayar.

Parámetro	Norma	Principio
HCl	UNE-EN 1911:2011	Absorción en solución captadora
COT	UNE-EN 12619:2000	FID
Partículas	UNE-EN 13284-1:2002	Gravimetría
O2	UNE-EN 14789:2006	Paramagnético
SO2	UNE-EN 14791:2006	Absorción en solución captadora
NOx	UNE-EN 14792:2006	Quimioluminiscencia
CO	UNE-EN 15058:2006	NDIR
Humedad	UNE-EN 14790:2006	Gravimetría
HF	UNE ISO 15713:2007	Absorción en solución captadora

6.1.3. Evaluación de los datos.

En la figura siguiente se muestran las etapas con los tratamientos y conversiones de los datos para establecer la función de calibración y realizar el ensayo de variabilidad.



El SAM debe calibrarse en las condiciones del gas residual, tal y como se mide por el SAM, por tanto, las concentraciones obtenidas por el MRP deben convertirse a las condiciones del gas residual, pero usando los valores obtenidos mediante MRP.

Por ejemplo, si las concentraciones del ensayo de partículas se expresan en mg/Nm³, debemos expresar esa concentración a las condiciones de presión, temperatura y humedad del gas residual, pero para ello se utilizará la medida de presión, temperatura y humedad del MRP.

6.1.4. Función de calibración.

La función de calibración es lineal y tiene una desviación típica residual constante, de acuerdo con la fórmula:

$$y_i = a + bx_i + \varepsilon_i$$

- x_i es el resultado i -ésimo del SAM, $i = 1$ a N ; $N > 15$.
- y_i es el resultado i -ésimo del MRP, $i = 1$ a N ; $N > 15$.
- ε es la desviación entre y_i y el valor esperado.
- a es el término independiente de la función de calibración.
- b es la pendiente de la función de calibración.

Cuando debido al rendimiento de los sistemas de depuración, las emisiones de partículas son próximas a cero, y hay que utilizar medios no operacionales para obtener concentraciones mayores, es decir, no utilizados durante las operaciones normales de la planta (como puede ser intervenir en el sistema de depuración, etc.) en estos casos y debido a que las características de las partículas pueden variar (por sensibilidad cruzada por el tamaño de partículas), para la función de calibración de SAM de partículas se puede utilizar una función de calibración cuadrática.

Requiere cubrir un rango de las concentraciones medidas para dar cobertura a una calibración válida del SAM que incluya el rango de concentraciones encontradas durante la operación normal.

Deben calcularse las siguientes magnitudes:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

Debe calcularse la diferencia ($y_{s,max} - y_{s,min}$) entre la mayor y menor concentración medida por el MRP en condiciones normales.

a) Si ($y_{s,max} - y_{s,min}$) es mayor o igual al 15% del VLE, se calcula:

$$\hat{b} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\hat{a} = \bar{y} - \hat{b}\bar{x}$$

b) Si ($y_{s,max} - y_{s,min}$) es inferior al 15% del VLE, se calcula:

$$\hat{b} = \frac{\bar{y}}{\bar{x} - Z}$$

$$\hat{a} = -\hat{b}Z$$

Donde el «offset» Z es la diferencia entre la lectura de cero del SAM y el cero.

Para diversos SAM, el «offset» es 4 mA.

Para el procedimiento b) es esencial que, antes de las medidas en paralelo, se compruebe que el SAM da una lectura igual o inferior al límite de detección para una concentración de cero.

Si Z es cero, o sea, la escala empieza en cero, entonces, la recta pasa por el punto 0-0:

$$\bar{y} = \hat{b}\bar{x}$$

Antes de iniciar el ensayo funcional o en la comprobación del cero y span, se ajustan estos valores.

Los resultados deben representarse en un gráfico x-y, a fin de mostrar explícitamente la función de calibración y el rango válido de calibración.

6.1.5. Validez de la función de calibración.

La función de calibración se calcula mediante la ecuación:

$$\hat{y}_i = \hat{a} + \hat{b}x_i$$

donde

\hat{y}_i es el valor calculado del SAM utilizando la función de calibración.

x_i es la señal medida del SAM.

Cada señal medida x_i del SAM debe convertirse a un valor calibrado \hat{y}_i por medio de la anterior función de calibración.

A los resultados obtenidos no se les ha restado la incertidumbre (intervalo de confianza) de acuerdo a lo reflejado en alguna legislación; esta incertidumbre se restará sobre el valor \hat{y}_i normalizado ($\hat{y}_{i,s}$), o sea, la incertidumbre se resta en las mismas condiciones en que se expresa el VLE, pues en caso de restarlo en otras condiciones, habrá que convertir ese valor a las condiciones en las que se quiere restar. (por ejemplo si el VLE es 100 mg/Nm³ en base seca y al 3% de exceso de oxígeno y la incertidumbre es del 20%, habrá que restar al valor obtenido 20 mg/Nm³ en base seca y 3% de exceso de oxígeno, con las salvedades contenidas en la IT-ATM--05).

A los valores a los que se les ha restado la incertidumbre o intervalo de confianza, se les denomina valores validados, y son los valores utilizados para el cálculo de los valores medios diarios.

La función de calibración es válida cuando la planta opera dentro del rango válido de calibración.

Se define este rango válido de calibración como el rango de calibración desde cero a $\hat{y}_{s,max}$ determinado anteriormente, más una extensión del 10% del rango de calibración por encima del valor más alto. Esto implica que sólo son válidos los valores en el rango válido de calibración.

El rango válido de la recta será siempre desde cero hasta 1,1 veces el valor máximo obtenido durante las medidas en paralelo.

Sin embargo, para medidas fuera del rango válido de calibración, la curva de calibración debe extrapolarse a fin de determinar los valores de concentración que excedan el rango válido de calibración.

Para que esta extrapolación se considere válida, tendrá que ser verificadas con materiales de referencia de cero y a una concentración próxima al VLE, si se dispone, como parte del procedimiento de calibración para confirmar que la extrapolación lineal es adecuada. En este caso, se calcula la desviación entre el valor medido calibrado del SAM en el cero y el VLE y los correspondientes valores de los materiales de referencia. La desviación respecto el VLE debe ser inferior a la incertidumbre especificada por la legislación. La desviación del cero debe ser inferior al 10% del VLE.

La validez del rango válido de calibración debe evaluarse por el titular de la instalación de forma semanal (lunes a domingo).

Debe realizarse una nueva calibración completa, realizarse el informe e implementarse en 6 meses, se da si cualquiera de las siguientes condiciones:

- Más del 5% del número de valores medidos del SAM calculados en este período semanal (basados en valores calibrados normalizados) están fuera del rango válido de calibración durante más de 5 semanas en el período entre dos EAS.

- Más del 40% del número de valores medidos del SAM calculados en este período semanal (basado en valores calibrados normalizados) están fuera del rango válido de calibración durante una o más semanas.

Si la mejor estimación del valor verdadero está fuera del rango válido de calibración pero por debajo del 50% del VLE, entonces se podrá autorizar por parte de la CMA realizar un EAS en vez de un NGC 2.

Si el EAS demuestra que es válida la función de calibración existente por encima del rango de calibración, se permite que la planta amplíe el rango de calibración hasta las concentraciones máximas medidas (pero por debajo del 50% del VLE) determinadas durante el EAS.

Hasta que se haya implantado la nueva función de calibración, debe usarse la función de calibración existente.

En el cálculo de la función de calibración no deben usarse datos de anteriores calibraciones.

6.1.6. Cálculo de la variabilidad.

Se identifica la incertidumbre máxima establecida o requerida para los valores medidos por el SAM. Se verifica la definición exacta de esta incertidumbre (por ejemplo, expresada como intervalo de confianza del 95%, desviación típica, o cualquier otra fórmula estadística). Si es necesario, se convierte la incertidumbre máxima requerida en términos de desviación típica absoluta σ_0 .

En el caso en que la incertidumbre se exprese a un nivel de confianza del 95%, el valor de una desviación típica absoluta debe determinarse usando un factor de cobertura de 1,96.

En algunas ocasiones, la incertidumbre del SAM se expresa como la mitad de la longitud de un intervalo de confianza del 95% como un porcentaje P del valor límite de emisión E.

Después, a fin de convertir esta incertidumbre en desviación típica el factor de conversión apropiado es $\sigma_0 = P E / 1,96$. Donde P es el intervalo de confianza expresado como tanto por uno y E es el valor límite de emisión.

En los casos en que exista un SAM sin valor límite de emisión, se utilizará el criterio siguiente sólo a efectos de cálculos, con el objeto de poder verificar la calidad de los datos del SAM (ensayos de variabilidad):

- Para los SAM de oxígeno, humedad, y aquellos que no dispongan de VLE, se utilizará como VLE el valor máximo de los medidos durante la certificación multiplicado por 1,6 o el rango del equipo, el menor de los dos.
- Para la presión y temperatura de humos, consistirá en la realización de suficientes medidas paralelas, frente a un equipo calibrado usado como de referencia, al objeto de verificar la desviación de los datos del SAM frente al equipo usado como patrón. En caso de superar un 10% en dicha desviación, deberán realizarse los ajustes necesarios para corregir ésta, debiendo repetirse el ensayo realizado.

El ensayo de variabilidad debe realizarse sobre los valores medidos (valores calibrados) del SAM. Por lo tanto, para cada medida paralela debe calcularse el valor medido por el SAM \hat{y}_i usando la función de calibración.

El ensayo de variabilidad debe realizarse con los valores expresados en las mismas condiciones en que están expresados los VLE.

Cuando se calcula la variabilidad, los parámetros periféricos (por ejemplo humedad, temperatura y contenido en oxígeno) usados para normalizar las medidas deben tomarse de:

- La instrumentación del MRP para normalizar los resultados del MRP.
- La instrumentación de la planta para normalizar los resultados del SAM, o en caso de no existir, los valores por defecto usados en la planta.

Si el ensayo de variabilidad no da resultados satisfactorios debido a errores de las medidas en los parámetros periféricos obtenidos de la instrumentación de la planta, se puede repetir el ensayo de variabilidad usando los resultados obtenidos por el laboratorio de ensayo con su MRP periférico. Esto sólo se permite si las medidas se toman para corregir la instrumentación defectuosa de la planta.

Para una función de calibración se debe calcular para cada conjunto de datos (mínimo 15 parejas), los siguientes parámetros, donde $y_{i,s}$ es el valor del MRP en condiciones normales e $\hat{y}_{i,s}$ el valor del SAM calibrado (usando la función de variabilidad), calculado a partir de la señal medida del SAM x_i en condiciones normales:

$$D_i = y_{i,s} - \hat{y}_{i,s}$$

$$\bar{D} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_i$$

$$s_D = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (D_i - \bar{D})^2}$$

6.1.7. Ensayo de variabilidad.

El SAM pasa el ensayo de variabilidad, cuando:

$$s_D \leq \sigma_0 kv$$

Valores de kv

Número de medidas en paralelo	kv
15	0,9761
16	0,9777
17	0,9791
18	0,9803
19	0,9814
20	0,9824
25	0,9861
30	0,9885

Los valores medidos del SAM pueden usarse para demostrar el cumplimiento con el valor límite de emisión sólo si el SAM ha pasado el ensayo de variabilidad.

Cuando el SAM pasa el ensayo de variabilidad, para cumplir con la legislación, entonces el SAM cumple con el requisito de incertidumbre en el valor límite de emisión, puesto que la variabilidad se considera constante en el rango.

6.1.8. Informe.

El contenido del informe del NGC2 debe incluir al menos:

- Una descripción de la planta y la localización del sitio de muestreo.
- Una descripción de la condición de operación de la planta, y el(los) combustible(s) usado(s) en la planta durante los ensayos.
- Los nombres del laboratorio de ensayo y del personal que realiza los ensayos.
- Detalles de la acreditación según la Norma EN ISOEC 17025 del laboratorio de ensayo.
- Una descripción del SAM usado, incluyendo el mensurando, su principio, tipo, rango de operación y su localización.
- Una descripción del MRP usado: su principio, tipo, rango de operación, repetibilidad y/o incertidumbre de medida, y la norma EN o ISO si aplica.
- Fecha y horas de las medidas en paralelo.
- Información detallada de todos los valores medidos por el SAM y MRP, promediada en los periodos pertinentes.
- La función de calibración y el rango válido de calibración, incluyendo todos los datos usados para el cálculo de la función de calibración y realización del ensayo de variabilidad.
- Gráfico x-y de las medidas paralelas, incluyendo el rango válido de calibración.
- Cualquier desviación de los procedimientos descritos en esta norma europea y su posible influencia en los resultados obtenidos presentados.
- Los resultados del ensayo funcional.

6.2. EAS. Ensayo anual de seguimiento o verificación externa.

El EAS es un procedimiento que se usa para evaluar si los valores obtenidos del SAM todavía cumplen con la incertidumbre requerida, como se demostró en el NGC2. Del mismo modo, se determina si la función de calibración sigue siendo válida.

La validez de los valores medidos con el SAM se verifica con una serie de ensayos funcionales y unas medidas en paralelo usando un MRP adecuado.

El EAS se realizará cada año, excepto en los años en que se realiza NGC2.

6.2.1. Ensayo funcional.

La primera parte del EAS es el ensayo funcional.

El ensayo funcional debe ser realizado por una entidad colaboradora o un laboratorio de ensayo acreditado según la norma UNE EN ISO 17025 para la realización de esta actividad.

Se realizarán las actividades descritas en la siguiente tabla:

PRUEBA	EAS	
	SAM EXTRACTIVO	SAM NO EXTRACTIVO
Alineamiento y limpieza		X
Sistema de muestreo	X	
Documentación y registros	X	X
Utilidad	X	X
Ensayo de fugas	X	
Verificación de cero y rango	X	X
Linealidad	X	X
Interferencias	X	X
Tiempo de respuesta	X	X
Informe	X	X

Las pruebas serán realizadas de acuerdo a lo reflejado en el punto 6.1.1., excepto la prueba de interferencias que no está descrita en ese punto y se define a continuación:

6.2.1.1. Interferencias.

Debe realizarse un ensayo si los gases del proceso a medir contienen componentes que son conocidas interferencias, tal y como se identifica durante el primer nivel de garantía de la calidad (NGC1) en caso de que no se identifique o no se disponga de él, habrá que tomar referencia de las normas existentes.

Cálculo del grado de interferencia por compuesto.

Cada interferencia individual se calcula según la fórmula siguiente:

$$Q_i = \frac{|S_o - S_i|}{r} \times 100$$

donde

Q_i: interferencia del gas i, en % sobre el valor máximo del intervalo de calibrado.

S_o: valor de la lectura del analizador cuando se introduce gas cero.

S_i: valor de la lectura del analizador cuando se introduce el gas interferente.

r: rango válido de calibración que cumple los requisitos de esta IT.

La suma de las interferencias individuales nos da la interferencia total.

6.2.2. Medidas en paralelo con un MRP.

Durante el EAS deben realizarse al menos cinco medidas en paralelo. Esto debe llevarse a cabo de acuerdo con el procedimiento descrito en el apartado 6.1.2.

El propósito de las medidas de comparación es verificar si la función de calibración del SAM es todavía válida y si la precisión del SAM está todavía dentro de los límites requeridos. Si esto se cumple, e incluye resultados fuera del rango de calibración, estos valores pueden usarse para ampliar el rango válido de calibración.

La evaluación debe basarse en un mínimo de cinco medidas válidas dentro del rango de calibración. Estas medidas deben distribuirse uniformemente durante todo el día de medida (como se describe en el apartado 6.1.2).

Se considera que el conjunto de medidas es válido cuando se cumplen todos los requisitos que se detallan a continuación:

- Las medidas del MRP se realizan de acuerdo a la norma apropiada.
- Las medidas del MRP cumplen todos los requisitos dados en la norma apropiada.
- El período de tiempo de cada señal de medida del SAM, es mayor del 90% del tiempo promedio (excluyendo las señales superiores al 100% o inferiores al 0% del rango de medida del SAM, señales obtenidas durante las comprobaciones internas (autocalibración) y señales obtenidas durante cualquier malfuncionamiento del SAM).

El tiempo de muestreo de cada medida debe ser el mismo que el usado durante la calibración inicial (NGC 2).

Durante las medidas en paralelo con el SAM y el MRP, cada resultado se considera como una pareja de medidas (una señal medida de SAM y un valor medido de MRP) y ambas deben realizarse en el mismo período de tiempo.

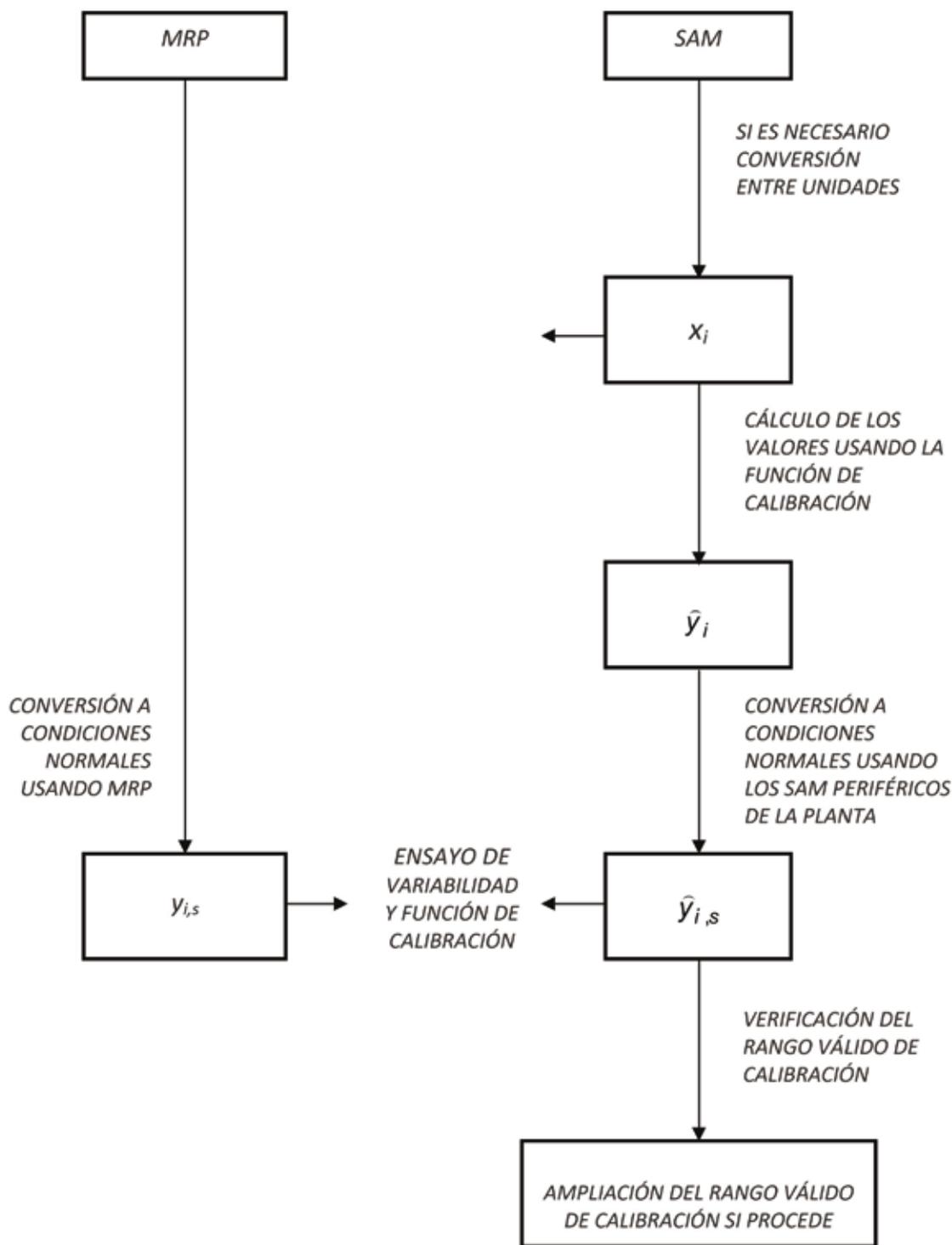
Sin embargo, el caso de un SAM de PARTÍCULAS en que todos los resultados medidos sean inferiores al 30% del VLE el número de medidas puede reducirse a 3.

El tiempo de las medidas será al menos de 30 minutos o de 4 veces el tiempo de respuesta del SAM (si el tiempo de respuesta es superior a 450 segundos).

Si el tiempo de muestreo es inferior a una hora, entonces el tiempo que transcurre entre el inicio de dos medidas consecutivas será de al menos 60 minutos.

6.2.3. Evaluación de los datos.

En la figura siguiente se muestran las etapas con los tratamientos y conversiones de los datos para realizar el ensayo de variabilidad y para ensayar la función de calibración:



Se calculan los valores medidos del SAM \hat{y}_i (valores calibrados) a partir de las señales medidas del SAM x_i usando la función de calibración establecida (calculada de acuerdo al apartado 5.1.5) y se usa el equipo periférico del SAM para convertir \hat{y}_i a condiciones normales y calcular $\hat{y}_{i,s}$.

Se verifica que los valores medidos del SAM están dentro del rango válido de calibración, incluyendo la posible y permitida extensión a un valor inferior al 50% del VLE.

Los resultados de las medidas comparativas (EAS) no deben usarse junto con las medidas de la calibración más reciente para determinar una nueva función de calibración (NGC 2), pero pueden usarse para extender el rango válido de calibración.

6.2.4. Cálculo de variabilidad.

Se identifica la incertidumbre requerida por la reglamentación, %, usando el mismo procedimiento del apartado 5.1.6.

Se calcula para todos los conjuntos de datos:

$$D_i = y_{i,s} - \hat{y}_{i,s}$$

$$\bar{D} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_i$$

$$s_D = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (D_i - \bar{D})^2}$$

6.2.5. Ensayo de variabilidad y validez de la función de calibración.

Se acepta la variabilidad de los valores medidos del SAM si se cumple la siguiente desigualdad:

$$s_D \leq 1,5\sigma_0 k_v$$

En la tabla siguiente se dan los valores de k_v , en función del número de medidas paralelas.

Valores de k_v y valor de la t de Student

Número de medidas paralelas N	$k_v(N)$	$t_{0.95(N-1)}$
5	0,9161	2,132
6	0,9329	2,015
7	0,9441	1,943
8	0,9521	1,895

Se acepta la calibración del SAM si:

$$|D| \leq t_{0,95}(N-1) \frac{s_D}{\sqrt{N}} + \sigma_0$$

Si uno de los dos ensayos anteriores falla, deben identificarse y solucionarse las causas. A continuación deben realizarse nuevas medidas paralelas de acuerdo al NGC 2, informarse e implementarse en seis meses. Si es necesario, deben efectuarse operaciones de mantenimiento sobre el SAM antes de la nueva calibración.

6.2.6. Informe.

El contenido del informe del EAS debe incluir al menos:

- Una descripción de la planta y la localización del sitio de muestreo.
- Una descripción de la condición de operación de la planta, y el(los) combustible(s) usado(s) en la planta durante los ensayos.
- Los nombres del laboratorio de ensayo y del personal que realiza los ensayos.
- Detalles de la acreditación según la Norma EN ISO IEC 17025 del laboratorio de ensayo.
- Una descripción del SAM usado, incluyendo el mensurando, su principio, tipo, rango de operación y su localización.
- Una descripción del MRP usado: su principio, tipo, rango de operación, repetibilidad y/o incertidumbre de medida, y la norma EN o ISO si aplica.
- Fecha y horas de las medidas en paralelo.

- Información detallada de todos los valores medidos por el SAM y MRP, promediada en los períodos pertinentes.
- Los resultados de ensayo de validez de la precisión y calibración.
- Cualquier desviación de los procedimientos descritos en esta norma europea y su posible influencia en los resultados obtenidos presentados.
- Los resultados del ensayo funcional.

6.3. NGC 3. Garantía de calidad durante en funcionamiento o seguimiento interno.

Una vez que el equipo se acepta y calibra, deben realizarse procedimientos de control de forma que se garantice y asegure que los valores medidos por el SAM cumplen con la incertidumbre establecida de forma continua.

Es responsabilidad de la instalación comprobar que este requisito se cumple, al igual que el equipo funcione dentro del rango calibrado.

Se tienen que controlar la deriva y la precisión, mediante verificaciones periódicas de cero y rango y se realizará mediante gráficos de control.

La periodicidad de estas comprobaciones será de quince días. No obstante, previa justificación y autorización por la Administración competente, se podrá aumentar la periodicidad del seguimiento hasta un máximo de 45 días.

Deben documentarse todas las intervenciones sobre los equipos, y mantener un archivo que sea constantemente actualizado con las operaciones significativas a que es sometido el equipo durante su vida útil.

La lectura del instrumento debe reflejar tanto las derivas de las lecturas de cero como las de rango. Deben registrarse las lecturas negativas del instrumento para la concentración cero.

Para algunos monitores es difícil conseguir lecturas de cero y rango. En esas situaciones el distribuidor debe dar instrucciones de cómo conseguir lecturas que reflejen la deriva real de las lecturas de cero y rango, como se demostró para el cumplimiento del NGC 1 y de acuerdo a la definición de la lectura cero.

6.3.1. Procedimientos para mantener la calidad en curso.

El objeto del NGC 3 es mantener y demostrar la calidad del SAM, de manera que se cumpla el requisito para la repetibilidad fijada de cero y rango y los valores de deriva durante la operación y el SAM se mantenga en las mismas condiciones de operatividad que cuando se instaló.

Esto se consigue comprobando que la deriva y la precisión determinada durante el NGC1 siguen estando bajo control.

Esto se puede realizar determinando la deriva y la precisión de forma combinada, o bien, determinarlas de forma separada. Estas operaciones deben lograrse mediante el uso de gráficos de control. Debe quedar establecido cuando es necesario un mantenimiento.

En ambos casos debe usarse un material de referencia.

En el primer caso deben combinarse los componentes de la deriva y precisión obtenidos del NGC 1 y la incertidumbre y compararse con la deriva y precisión combinada obtenida en campo. Este método (por ejemplo, gráfico Shewart) es sencillo, pero no tiene el beneficio de permitir que el SAM sea ajustado externamente cuando se demuestra que está fuera de control.

Cuando se utiliza el primer procedimiento, que puede basarse en gráficos de control de Shewart, debe aplicarse lo siguiente:

Deben determinarse las diferencias entre los valores medidos y los valores verdaderos de los materiales de referencia de cero y rango.

Estas diferencias deben ser menores o iguales a los valores (s_{SAM}) de la deriva y precisión combinadas multiplicando por un factor de cobertura de 2.

En el segundo caso, se usa un método más sofisticado, el gráfico de control CUSUM. La determinación separada de la deriva y precisión permite más flexibilidad y determina si y cuanto necesitan ajustarse externamente el cero y el rango del SAM.

6.3.2. Documentación de los gráficos de control.

Los cálculos de los gráficos de control deben realizarse de acuerdo a los requisitos de esta instrucción técnica y documentarse completamente.

El NGC3 establece unas responsabilidades respecto al mantenimiento, que son del propietario de la planta:

- Que la incertidumbre requerida se cumple de forma continua.
- El SAM funciona dentro del rango válido de calibración.

Para mantener la calidad de las mediciones del SAM se debe cumplir la repetibilidad de las medidas de cero y span, estudiando su deriva a partir de la comprobación periódica de los dos puntos. Para ello se comprobará el cero y span del equipo, anotando los resultados obtenidos, pero sin ajustar el mismo.

Las desviaciones sobre estos dos puntos a lo largo del tiempo se representan en un gráfico tipo Shewhart, en el que se han definido previamente 2 niveles:

1. Nivel de alerta, correspondiente a 1,5 veces el S_{sam} .
2. Nivel de actuación, que corresponde a 2 veces el S_{sam} .

Se debe actuar sobre el SAM corrigiendo el cero o el span únicamente si:

- a) Un valor supere el nivel de actuación.
- b) Tres puntos consecutivos superen el valor de alerta.

En aquellos SAM que no disponen de NGC1, se podrá tomar el valor del intervalo de confianza del 95% como S_{sam} .

El uso de hojas de cálculo es muy adecuado para los cálculos de los gráficos de control. En el Anexo H de la norma UNE EN 14181 existe el ejemplo de una hoja que puede ser útil para estos cálculos. Al mismo tiempo, la hoja puede usarse para proporcionar documentación trazable sobre el funcionamiento del SAM.

7. Responsabilidades.

Es responsabilidad del titular de la instalación adaptarse en todo su contenido a la presente instrucción técnica, así como facilitar en todo momento el que la inspección se realice de acuerdo a ella, igualmente deberá de disponer durante la realización de los ensayos del personal técnico necesario para la manipulación de equipos. Tendrán el mismo tratamiento todas las actividades subcontratadas a Entidad Colaboradora, laboratorios de ensayos o las realizadas por la propia instalación.

8. Referencias.

UNE-EN 14181:2005 Emisiones de fuentes estacionarias. Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida.

UNE-EN 13284-2:2005 Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de partículas a baja concentración. Parte 2: Sistemas automáticos de medida.

UNE-EN 15259:2008 Calidad del aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Requisitos y sitios de Medición y para el objetivo, plan e informe de medición.

UNE-EN 12619:2000 Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de carbono total orgánico en gases de combustión. Método continuo por detector de ionización de llama.

UNE 77209:1989 Emisiones gaseosas. Características de los monitores en continuo para la medida de opacidad.

UNE 77218:1996 Emisiones de fuentes estacionarias. Muestreo para la determinación automática de las concentraciones de gas.

UNE 77219:1998 Emisiones de fuentes estacionarias. Medición automática de la concentración másica de partículas. Características de funcionamiento, método de ensayo y especificaciones.

UNE 77222:1996 Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de dióxido de azufre. Características de funcionamiento de los métodos automáticos de medida.

UNE 77224:2000 Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de óxidos de nitrógeno. Características de funcionamiento de los métodos automáticos de medida.

UNE 77227:2001 Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación del caudal volumétrico de corrientes de gases en conductos. Método automático.

UNE 77229:2004 Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de monóxido de carbono, dióxido de carbono y oxígeno. Características de funcionamiento y calibración de los sistemas automáticos de medida.

9. Anexos.

Anexo I: Características funcionamiento del SAM.

Anexo II: Características de funcionamiento SAM de partículas.

Anexo III: Características de funcionamiento SAM de SO₂.

Anexo IV: Características de funcionamiento SAM de NO_x

Anexo V: Características de funcionamiento SAM de CO₂, CO y O₂.

ANEXO I

CARACTERÍSTICAS GENERALES Y ENSAYOS FUNCIONALES

1. Características generales del SAM.

1.1. Rangos de salida y punto cero.

El SAM debe disponer de una salida de datos con un punto cero vital (por ejemplo, 4 mA) de manera que puedan presentarse tanto las lecturas negativas como las positivas.

El SAM debe disponer de una pantalla que muestre la respuesta de medida. La pantalla puede ser externa al SAM.

1.2. Salidas adicionales de datos.

El SAM debe disponer de una salida de datos que permita su visualización y un dispositivo de registro para unirse al SAM, es decir, una para el sistema de adquisición de datos y otra salida suplementaria para el NGC2, el NGC3 y el EBS, de acuerdo con la IT-ATM-12.

1.3. Protección del SAM frente a la intemperie.

Los SAM deben de cumplir lo que se recoge en la norma EN 60529 en lo referente a la protección frente a la intemperie, en concreto debe cumplir con la IP correspondiente y que se indica en cada uno de los siguientes puntos:

a) Los equipos cuyo uso esté limitado a montarse en habitaciones ventiladas o cabinas, donde no pueda bajo ningún concepto afectado por la lluvia, deben cumplir al menos IP40.

b) Los equipos cuyo uso esté limitado a montarse en áreas donde se coloca algún tipo de protección frente a la precipitación, por ejemplo, en un tejado pórtico, pero donde el viento puede provocar que el equipo se vea afectado por la lluvia debe cumplir al menos IP54.

c) Los instrumentos que se diseñan para usarse al aire libre y sin ninguna protección frente a la intemperie deben al menos cumplir los requisitos IP65.

1.4. Eficiencia del convertidor para un SAM de NOx.

La certificación del SAM debe corresponder con el objeto de la medida, es decir, si la certificación se requiere para la medición de monóxido de nitrógeno (NO) y/o dióxido de nitrógeno (NO₂). Si el SAM dispone de convertidor, éste debe cumplir el criterio de eficiencia especificado en el anexo III.

1.5. Factores de respuesta (SAM para COT).

Los SAM para COT deben cumplir los criterios de funcionamiento especificados en el anexo correspondiente.

1.6. Intervalo de mantenimiento.

El intervalo mínimo de mantenimiento del SAM debe cumplir el criterio de funcionamiento especificado en el Anexo II y sucesivos.

1.7. Función de calibración.

La función de calibración debe tener un coeficiente de determinación $R^2 \geq 0,95$.

1.8. Límite de detección.

Se efectúan a menos 30 determinaciones, introduciendo el gas cero en el SAM y se anotan las lecturas. Se realizan estas lecturas lo más rápidamente posible a fin de minimizar la deriva del cero y la desviación del cero debido a la temperatura. Suponiendo un nivel de confianza del 95%, se calcula el límite de detección x , expresado en miligramos por metro cúbico, mediante la ecuación:

$$x = \bar{x}_0 + 2s_{x0}$$

Donde:

X_0 es la media de las lecturas del gas cero, en miligramos por metro cúbico.

S_{x0} es la desviación típica de las lecturas del gas cero, en miligramos por metro cúbico.

1.9. Otras consideraciones.

El tiempo de respuesta para los SAM de NH₃, HCl y HF debe ser ≤ 400 s.

Efecto interferente del oxígeno para el SAM de COT debe ser $\leq 2,0\%$.

ANEXO II

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SAM DE PARTÍCULAS

1. Criterios de funcionamiento que deben cumplir los SAM destinados a medir partículas.

CARACTERÍSTICA DE FUNCIONAMIENTO	CRITERIO
Alineamiento y limpieza	---
Sistema de muestreo	---
Documentación y registros	---
Utilidad	---
Verificación de cero y rango	2%
Linealidad	$d_{c,rel} < 5\%$
Tiempo de respuesta	200 s
Informe	---
Coefficiente de determinación de la función de calibración, R^2	$\geq 0,95$

ANEXO III

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SAM DE SO₂

1. Criterios de funcionamiento que deben cumplir los SAM de SO₂.

CARACTERÍSTICA DE FUNCIONAMIENTO	CRITERIO
Alineamiento y limpieza	---
Sistema de muestreo	---
Documentación y registros	---
Utilidad	---
Ensayo de fugas	2% ¹⁾
Verificación de cero y rango	2% ¹⁾
Linealidad	$d_{c,rel} < 5\%$
Tiempo de respuesta	≤ 200 s
Informe	---
Coefficiente de determinación de la función de calibración, R^2	$\geq 0,95$
Límite de detección	2% ¹⁾
Efecto de sustancias interferentes	$\pm 2\%$ ^{1) 2)}
1) Referido al rango válido de calibración. 2) Las principales sustancias interferentes presentes en los gases emitidos por instalaciones de combustión son CO ₂ , CO, NO, H ₂ O y en menores concentraciones NO ₂ y NH ₃ . Si no se elimina el vapor de agua en los gases de combustión de carbón y de incineradores de residuos, también pueden interferir el HCl y HF. En casos especiales puede haber otras sustancias que interfieran (por ejemplo, cianuros).	

ANEXO IV

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SAM DE NO_x

1. Criterios de funcionamiento que deben cumplir los SAM de NO_x.

CARACTERÍSTICA DE FUNCIONAMIENTO	CRITERIO
Alineamiento y limpieza	---
Sistema de muestreo	---
Documentación y registros	---
Utilidad	---
Ensayo de fugas	2% ¹⁾
Verificación de cero y rango	2% ¹⁾
Linealidad	$d_{c,rel} < 5\%$
Tiempo de respuesta	≤ 200 s
Informe	---
Coeficiente de determinación de la función de calibración, R ²	$\geq 0,95$
Límite de detección	2% ¹⁾
Efecto de sustancias interferentes	$\pm 4\%^{1) 2)}$
Eficiencia del convertidor	$\geq 95\%$
1) Referido al rango válido de calibración. 2) Las principales sustancias interferentes en los gases de emisión de las plantas de combustión son CO ₂ , CO, NO _x , H ₂ O y, en pequeñas concentraciones, NH ₃ . Si el vapor de agua no es eliminado (por ejemplo, in situ) del gas de combustión de carbón o incineradoras de residuos, pueden estar también presentes HCl y HF. En casos especiales, otras sustancias interferentes (por ejemplo, cianuros o N ₂ O) pueden ser de interés.	

ANEXO V

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SAM DE CO₂, O₂ Y CO

1. Criterios de funcionamiento que deben cumplir los SAM de CO₂, O₂ y CO.

CARACTERÍSTICA DE FUNCIONAMIENTO	CRITERIO
Alineamiento y limpieza	---
Sistema de muestreo	---
Documentación y registros	---
Utilidad	---
Ensayo de fugas	2% ¹⁾
Verificación de cero y rango	2% ¹⁾
Linealidad	$d_{c,rel} < 5\%$
Tiempo de respuesta	≤ 200 s
Informe	---
Coeficiente de determinación de la función de calibración, R ²	$\geq 0,95$
Límite de detección	2% ¹⁾
Efecto de sustancias interferentes	$\pm 4\%^{1) 2)}$
1) Referido al rango válido de calibración. 2) Las principales sustancias interferentes presentes en los gases emitidos son CO ₂ , CO, CO y O ₂ , H ₂ O, SO ₂ y HCl.	