

Instrucción técnica

IT-ATM-13

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



ÍNDICE

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 monotónico 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 monótono 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 $I=2 \cdot 1,96 \cdot \sigma_o$, donde σ_o 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 $\frac{T_{ref,i}}{T_{p,i}}$ 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 ó 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:

NGC2		
PRUEBA	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 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) 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:

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

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 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:

$$Y_i = \frac{1}{m_c} \sum_{j=1}^{m_c} Y_{c,j}$$

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 mediría 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 periodo 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 periodo 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.

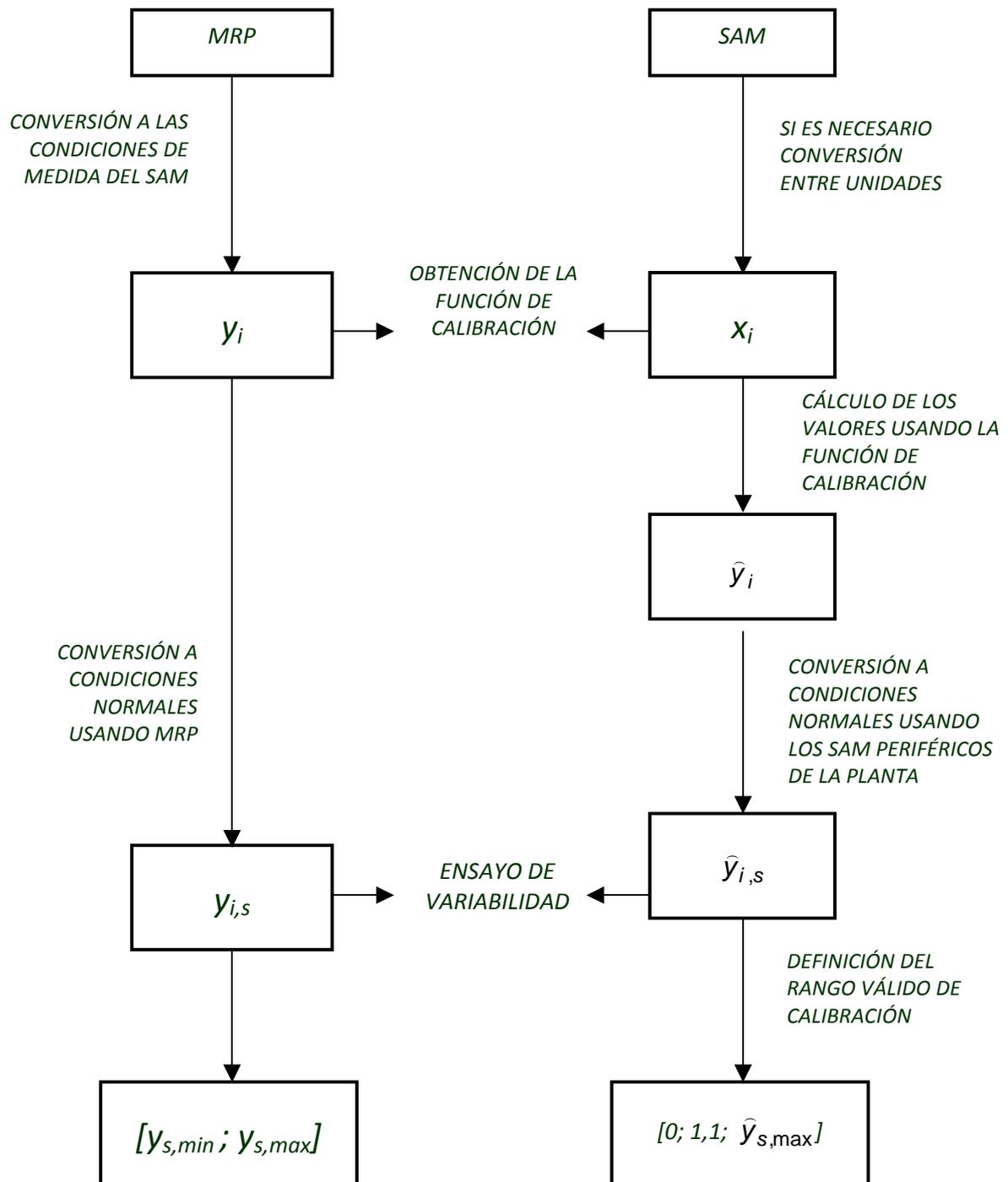
Los resultados obtenidos del MRP deben expresarse en las mismas condiciones que los medidos por el SAM, (por ejemplo, condiciones de presión, temperatura, etc.). A fin de establecer la función de calibración y realizar el ensayo de variabilidad, todos los parámetros adicionales y valores incluidos en 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
O ₂	UNE-EN 14789:2006	Paramagnético
SO ₂	UNE-EN 14791:2006	Absorción en solución captadora
NO _x	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/Nm^3 , 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:

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

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 períodos 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:

EAS		
PRUEBA	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:

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

dónde

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.

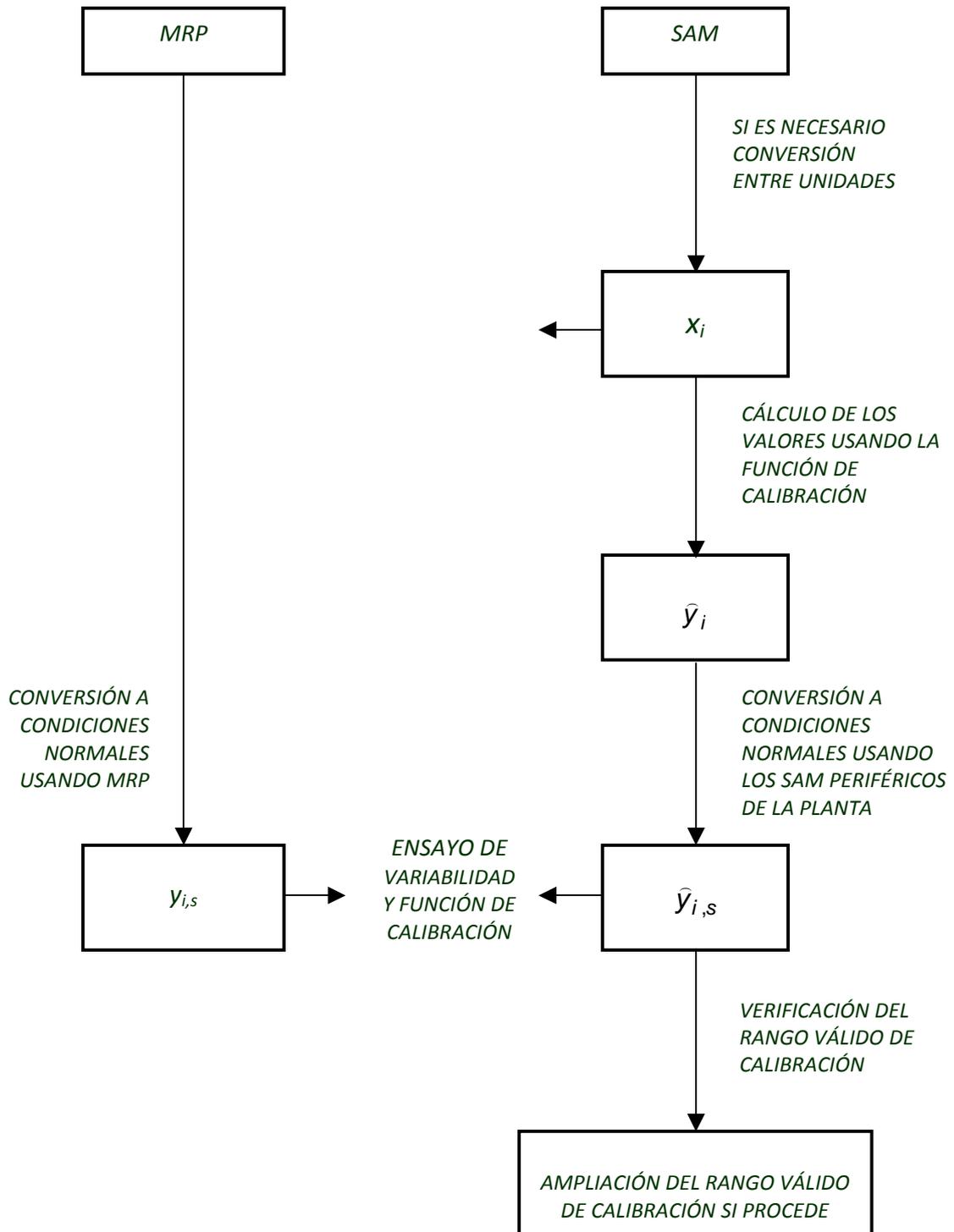
Sin embargo, el caso de un SAM de PARTÍCULAS en que todos los resultados medidos sean inferiores al 30% del VLE el número de medidas puede reducirse a 3.

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:

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

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

Valores de k, y valor de la t de Student

Número de medidas paralelas N	kv(N)	t0.95(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 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 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

5.4. 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.

SAM en instalaciones no obligadas por legislación específica

Anexo I: características generales y ensayos funcionales

- 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:

SAM en instalaciones no obligadas por legislación específica

Anexo I: características generales y ensayos funcionales

X_0 es la media de las lecturas de1 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

SAM en instalaciones obligadas por legislación específica

Anexo III: características de funcionamiento del SAM de SO₂

2. 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	$\geq 0,95$
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_x

SAM en instalaciones obligadas por legislación específica

Anexo IV: características de funcionamiento del SAM de NO_x

3. 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	---
Coefficiente de determinación de la función de calibración, R ²	$\geq 0,95$
Límite de detección	2 % ¹⁾
Efecto de sustancias interferentes	± 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.	

SAM en instalaciones obligadas por legislación específica

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

ANEXO V
CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO
DEL SAM DE CO₂, O₂ Y CO.

4. 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	$\leq 200 \text{ s}$
Informe	---
Coefficiente de determinación de la función de calibración, R ²	$\geq 0,95$
Límite de detección	2 % ¹⁾
Efecto de sustancias interferentes	$\pm 4 \% \text{ } ^{1) 2)}$
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, .	