



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

**Instrucción Técnica para el
aseguramiento de la calidad de los
sistemas automáticos de medida
(SAM) de emisiones a la atmósfera
en focos estacionarios en la
Comunidad de Madrid**

Nº Instrucción:	Revisión:	Fecha:
ATM-E-MC-01	REV. 1	21/05/2026

Seguimiento de revisiones		
Número	Fecha	Motivo
0	27/01/2011	Publicación inicial
1	21/05/2026	Modificación del apartado 4.3.

La instrucción técnica inicial (REV.0) de 27/01/2011 fue elaborada por técnicos de la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid, de instalaciones industriales, de laboratorios de calibración, así como de empresas instaladoras de los sistemas automáticos de medida.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

ÍNDICE

1.- OBJETO	5
2.- AMBITO DE APLICACIÓN	5
3.- DEFINICIONES	8
4.- ASPECTOS GENERALES	14
4.1. ESQUEMA A SEGUIR POR INSTALACIONES QUE DEBEN CUMPLIR NORMA CEN.	14
4.2. ESQUEMA A SEGUIR POR INSTALACIONES NO OBLIGADAS A CUMPLIR NORMA CEN.	16
4.3. RESPONSABILIDADES.	17
5. CONSIDERACIONES QUE SE DEBEN VALORAR ANTES DE LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICION DE EMISIONES EN CONTINUO (SMEC).	20
5.1. CARACTERÍSTICAS PROPIAS DE LOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE MEDIDA.	20
5.1.1. HOMOLOGACIÓN.	20
5.1.2. INTERVALO DE MEDIDA	22
5.1.3. INCERTIDUMBRE DE LOS SAM.....	23
5.1.4. EVALUACIÓN DE INTERFERENCIAS.	25
5.1.5. SAM DE MEDIDA DE PARTÍCULAS	25
5.1.5.1. Extractivos	25
5.1.5.2. Sistemas no extractivos	27
5.1.6. SAM DE MEDIDAS DE GASES	29
5.1.6.1. Sistemas Extractivos.....	29
5.1.6.2. Sistemas no extractivos	34
5.1.7. SAM PERIFÉRICOS	35
5.1.8. OTROS REQUISITOS DE LOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE MEDIDA	37
5.2. CRITERIOS DE INSTALACION	37
5.3. MATERIALES DE REFERENCIA Y OPERACIÓN DEL SISTEMA	39
5.4. DOCUMENTACIÓN DEL SAM	42
5.5. SISTEMA DE GESTIÓN DE DATOS (SGD)	45
6. SELECCIÓN Y PREPARACION DE LOS PLANOS DE MEDICIÓN	47
6.1. EMPLAZAMIENTO, NÚMERO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ORIFICIOS O PUERTOS DE MEDIDA PARA EL MÉTODO DE REFERENCIA PATRÓN	47
6.1.1. EMPLAZAMIENTO CON RESPECTO A LAS PERTURBACIONES.	47
6.1.2. NÚMERO Y UBICACIÓN DE LOS ORIFICIOS DE MUESTREO (PUERTOS DE MEDIDA).	49
6.1.3. DIMENSIONES DE LOS ORIFICIOS O PUERTOS DE MEDIDA.	53
6.2. UBICACIÓN DE LOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE MEDIDA EN RELACIÓN CON LOS ORIFICIOS PARA EL MRP	54
6.3. ACCESIBILIDAD, SEGURIDAD Y SERVICIOS	55
7. COMPROBACIÓN DE LA REPRESENTATIVIDAD DEL PUNTO DE MUESTRAS. PRUEBA DE ESTRATIFICACIÓN	58
7.1. CUÁNDO EFECTUAR ESTA PRUEBA	58
7.2. METODOLOGÍA	59
7.3. EVALUACIÓN DE RESULTADOS	60
8. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS SAM	61



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

8.1. ENSAYO DE FUNCIONALIDAD	62
8.1.1. ALINEAMIENTO Y LIMPIEZA.....	63
8.1.2. SISTEMA DE MUESTREO (SÓLO EN SISTEMAS EXTRACTIVOS).....	64
8.1.3. DOCUMENTACIÓN Y REGISTROS.....	65
8.1.4. UTILIDAD.....	66
8.1.5. PRUEBA DE ESTANQUEIDAD O ENSAYO DE FUGAS (SÓLO SIST. EXTRACTIVOS).....	66
8.1.5.1. Cuándo hacer la prueba.....	66
8.1.5.2. Metodología.....	67
8.1.5.3. Criterios de valoración.....	68
8.1.6. TIEMPO DE RESPUESTA.....	68
8.1.6.1. Metodología.....	68
8.1.6.2. Evaluación de resultados.....	69
8.1.7. VERIFICACIÓN DE CERO Y RANGO.....	69
8.1.8. ENSAYO DE LINEALIDAD.....	70
8.1.8.1. Metodología.....	70
8.1.8.2. Criterios de valoración.....	71
8.1.9. EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE COMPUESTOS INTERFERENTES.....	72
8.1.9.1. Información previa a la determinación de compuestos interferentes.....	72
8.1.9.2. Cuándo hacer la prueba.....	72
8.1.9.3. Metodología.....	72
8.1.9.4. Criterios de valoración.....	73
8.1.10. CONTROL DE LA DERIVA DEL CERO Y DEL RANGO (AUDITORIA).....	73
8.2. REALIZACIÓN DEL NGC2	74
8.2.1. ENSAYO DE FUNCIONALIDAD.....	74
8.2.2. ESTABLECIMIENTO DE LA FUNCIÓN DE CALIBRACIÓN.....	74
8.2.2.1. Procedimiento.....	74
8.2.2.2. Criterios de valoración.....	76
8.2.2.3. Caso especial: punto de acumulación o cluster.....	77
8.2.2.4. Caso especial: valores agrupados en cero o cluster de cero.....	78
8.2.2.5. Caso especial: calibración de NO _x (NO y NO ₂).....	79
8.2.2.6. Comprobación del rango de medida en los SAM de partículas.....	79
8.3. ENSAYO ANUAL DE SEGUIMIENTO (EAS) o ENSAYO BIENAL DE SEGUIMIENTO (EBS)	80
8.3.1. ENSAYO DE FUNCIONALIDAD.....	80
8.3.2. VERIFICACION DE LA FUNCION DE CALIBRACION.....	80
8.3.2.1. Procedimiento.....	80
8.3.2.2. Criterios de valoración.....	81
8.4. EVALUACION DEL RANGO VÁLIDO DE CALIBRACION	81
8.5. REALIZACIÓN DEL NGC 3	82
8.5.1. PERIODICIDAD.....	83
8.5.2. MATERIALES CON LOS QUE SE DEBE REALIZAR EL NGC3.....	83
8.5.3. AUTOAJUSTES DE CERO Y RANGO.....	84
8.5.4. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.....	85
8.5.4.1. Gráficos de control Shewhart.....	85
8.5.4.2. Gráficos de control CUSUM.....	87
8.5.4.3. Gráficos de control EWMA.....	87
9. VALIDACION DE DATOS	90



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

9.1. CRITERIOS GENERALES.....	90
9.2. CRITERIOS DE INSTALACIONES AFECTADAS POR EL REAL DECRETO 653/2003.....	93
9.3. CRITERIOS DE INSTALACIONES AFECTADAS POR EL REAL DECRETO 430/2004.....	93
9.4. CRITERIOS APLICABLES AL RESTO DE INSTALACIONES.....	94
9.5. CÁLCULOS PARA TRANSFORMAR LAS CONCENTRACIONES MEDIDAS A LAS QUE VENGA REFERIDO EL VLE.....	95
10. TRANSMISION DE DATOS.....	96
11. INFORME DE RESULTADOS.....	97
ANEXO I. CONTENIDO MÍNIMO DEL PROYECTO TÉCNICO DEL SAM.....	99
ANEXO II. CÁLCULO DE RANGO.....	110
ANEXO III. TÉCNICAS ANALÍTICAS MÁS UTILIZADAS EN FUNCIÓN DE LOS GASES A EVALUAR.....	116
ANEXO IV. MATERIALES DE LOS EQUIPOS.....	120
ANEXO V. CONCEPTOS ESTADÍSTICOS Y SU APLICACIÓN AL CONTROL DE CALIDAD DURANTE LA OPERACIÓN DEL SAM.....	127
ANEXO VI. CONTENIDO DEL PROCEDIMIENTO PARA VALIDACIÓN DE DATOS DE LOS SAM.....	148
ANEXO VII. CONTENIDO DEL PROCEDIMIENTO PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS DE LOS SAM.....	155
ANEXO VIII. MÉTODOS DE REFERENCIA.....	165
ANEXO IX. CONTENIDOS DE LOS INFORMES A ELABORAR POR LOS LABORATORIOS DE ENSAYO.....	166
ANEXO X. TABLA DE COEFICIENTES K_v	175



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

1.- OBJETO

La presente Instrucción Técnica tiene los siguientes objetivos:

Establecer las características mínimas que deben cumplir los Sistemas Automáticos de Medida (en adelante SAM), definiéndose unos requisitos mínimos de homologación, diseño, instalación, operación y mantenimiento, para garantizar la fiabilidad y trazabilidad de los valores medidos.

Plantear los requisitos que habrán de cumplir las ubicaciones de los SAM y sus accesos, así como los planos de medida y plataformas para la utilización de los métodos de referencia patrón (orificios de toma de muestras, servicios y todos los complementos que, en conjunto, faciliten las operaciones de comprobación descritas en esta instrucción).

Definir la metodología para asegurar que las mediciones realizadas por los sistemas de medición de emisiones en continuo (SMEC) son representativas de las emisiones que pretenden cuantificar y asegurar la calidad de los datos obtenidos por estos sistemas.

Establecer unos criterios generales mínimos que deberán cumplir los sistemas de adquisición, tratamiento de datos, etc., para la generación de informes, validación y transmisión de los mismos a la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid.

Fijar el contenido mínimo de los informes que deben elaborar los laboratorios de ensayo cuando realizan las tareas que tienen encomendadas.

2.- AMBITO DE APLICACIÓN

Se encuentran dentro del alcance de esta Instrucción Técnica todos los focos pertenecientes a instalaciones incluidas en el ámbito de aplicación de la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera, que sean competencia de la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid, y de la ley 16/2.002 de 1 de julio, de prevención y control integrado de la contaminación, a los que se les requiera contar con un SMEC para el control en



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

continuo de sus emisiones a la atmósfera, tanto por exigencia de la normativa sectorial aplicable, como por Resolución específica del órgano competente de la Comunidad de Madrid.

Igualmente, es aplicable tanto a los SMEC de nueva instalación como a los que estén ya instalados en focos de emisión a la atmósfera.

Esta Instrucción Técnica se aplica a SAM de contaminantes atmosféricos (CO, NO_x, SO₂, COT, HCl, HF, Partículas, etc.), y a los SAM periféricos para medir los parámetros necesarios para convertir los valores medidos a condiciones de referencia (oxígeno, temperatura, humedad, presión) y otros como el caudal de emisión de los gases, etc.

Se hace distinción entre los aspectos a observar por las instalaciones obligadas por legislación específica a cumplir criterios definidos en las normas CEN y los aspectos que aplican al resto de instalaciones, que deben seguir un **procedimiento simplificado, basado** en dichas normas CEN.

Las instalaciones que deben cumplir normas CEN son las siguientes:

- Las incluidas en el ámbito de aplicación del Real Decreto 653/2003 sobre incineración de residuos o el Real Decreto 430/2004 sobre Grandes Instalaciones de Combustión.
- Aquellas cuya normativa sectorial aplicable establezca la obligatoriedad de cumplir las normas CEN.
- Aquellas cuya Autorización de Actividad Potencialmente Contaminadora de la Atmósfera establezca que deben cumplir las normas CEN.
- Aquellas en las que el órgano ambiental competente establezca que el aseguramiento de la calidad deba realizarse de acuerdo a normas CEN.

El procedimiento para el aseguramiento de la calidad de un SAM conlleva la realización de una secuencia de fases. En el punto 4, se establece el responsable de la ejecución de cada una de estas fases.

Esta Instrucción Técnica tiene el mismo rango que las normas técnicas que se indican a continuación. Estas normas se complementan con esta Instrucción Técnica para realizar el aseguramiento de la calidad de los sistemas de medición en continuo en la Comunidad de Madrid:



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- UNE-EN 14181. Emisiones de fuentes estacionarias. Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida.
- UNE-EN 13284-2. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de partículas a baja concentración. Parte 2: Sistemas Automáticos de Medida.
- UNE-EN 14884. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de mercurio total. Sistemas Automáticos de Medida.

No obstante, en aquellos puntos donde no coincidan, en la Comunidad de Madrid prevalecen los criterios indicados en esta Instrucción Técnica.

Otras normas relacionadas y que pueden servir de consulta adicional son:

- UNE-EN 14956. Evaluación de la aptitud de un procedimiento de medida por comparación con una incertidumbre de medida requerida.
- UNE-EN 15267-3. 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 las emisiones de fuentes estacionarias.
- UNE 77209. Emisiones gaseosas. Características de los monitores en continuo para la medida de la opacidad.
- UNE-ISO 10396. Emisiones de fuentes estacionarias. Muestreo para la determinación automática de las concentraciones de gas de emisión para sistemas de medida instalados permanentemente. (Sustituye a UNE 77218).
- UNE 77219. Emisiones de fuentes estacionarias. Medición automática de la concentración de partículas. Características de funcionamiento, métodos de ensayo y especificaciones.
- UNE 77222. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de dióxido de azufre. Características de funcionamiento de los métodos automáticos de medida.
- UNE 77224. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de óxido de nitrógeno. Características de funcionamiento de los métodos automáticos de medida.
- UNE 77227. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de caudal volumétrico en corriente de gases en conductos. Método automático.
- UNE-EN-ISO 6141. Análisis de gas. Requisitos de los certificados de los gases y mezclas de gases para calibración.

Nota: las normas se indican sin fecha para incluir siempre la última versión de las mismas.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

3.- DEFINICIONES

Se entiende por:

- **Analizador, medidor:** instrumento que responde específicamente y cuantitativamente a una característica de las sustancias que circulan por un conducto.
- **Calibración:** conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por el sistema completo de medida y los valores correspondientes a esta magnitud, determinados utilizando métodos de referencia patrón o materiales de referencia.
- **Condiciones normales:** condiciones de temperatura (273,15 K) y presión (101,3 kPa), utilizadas para la transformación de las concentraciones medidas.
- **Condiciones de referencia:** condiciones especificadas en la normativa aplicable. Típicamente son las condiciones normales, expresadas en gas seco, y en algunos casos, adicionalmente, vienen referenciadas a un contenido de O₂ seco.
- **Dato bruto del SAM:** es el dato que se obtiene directamente del SAM antes de la aplicación de la función de calibración. En función del tipo de SAM, el dato bruto puede venir expresado en diferentes unidades, por ejemplo: mA, mV, ppm, mg/m³, mg/Nm³, etc.
- **Dato calibrado del SAM:** es el dato que se obtiene del SAM después de la aplicación de la función de calibración.
- **Densidad de carga másica:** cociente entre la carga másica emitida por el conducto y el área correspondiente de la sección transversal (unidad de masa/unidad de tiempo y unidad de área).
- **Deriva:** cambio monotónico de la función característica del SAM 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).
- **Estratificación:** falta de homogeneidad en la concentración de los contaminantes en el plano de medida.
- **Exactitud:** aptitud de un analizador de medida para dar respuestas próximas a un valor cierto.
- **Fondo de escala:** límite superior de la escala de un analizador.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- **Función analítica:** función que incorpora los cálculos matemáticos para transformar los datos calibrados del SAM a valores expresados en las condiciones de referencia del VLE. Para ello se consideran los datos obtenidos por los SAM periféricos.
- **Función de calibración:** relación lineal entre los valores del Método de Referencia Patrón (MRP) y el SAM asumiendo una desviación típica residual constante.
- **Función característica del instrumento:** describe la dependencia de la respuesta del instrumento a la presencia de aquel componente para la medición del cual está específicamente diseñado. Está vinculada esencialmente al principio de medida del analizador. Para establecerla y verificarla, se utilizan materiales de referencia.
- **Gas de referencia:** material de referencia gaseoso. Incluye el gas cero y el gas de rango.
- **Gas cero:** sustancia o mezcla de sustancias, caracterizada por contener un determinado componente que no puede ser detectado por el método de medición aplicada, considerando un nivel de concentración mínima.
- **Gas de rango, gas de concentración, gas span:** sustancia o mezcla de sustancias caracterizada por contener un determinado componente en una concentración e incertidumbre conocidas.
- **Incertidumbre:** parámetro asociado con el resultado de una medida que caracteriza la dispersión de los valores que podrían razonablemente atribuirse al mensurando.
- **Incertidumbre expandida:** magnitud que define un intervalo entorno al resultado de una medición y en el que se espera encontrar una fracción importante de la distribución de valores que podrían ser atribuidos razonablemente al mensurando. El intervalo alrededor del mensurando de una medición se establece habitualmente para un nivel de confianza del 95%.
- **Indicador de dilución:** gas empleado para expresar las concentraciones medidas de un contaminante a las condiciones de referencia marcadas por la legislación. Habitualmente el oxígeno.
- **Inestabilidad:** cambio en el valor medido por el SAM, incluyendo la deriva y dispersión resultante durante un periodo establecido de operación desatendida, para un valor dado de emisión. La deriva y dispersión representan respectivamente, el cambio monótonico y aleatorio con el tiempo, de la señal de salida.
- **Informe de certificación NGC 1:** documento en el que vienen descritas las pruebas realizadas a un SAM, para la obtención del certificado NGC 1. Por tanto, la información que contiene es mucho más completa que la reflejada en el certificado NGC 1.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- **Interferencia:** error sistemático producido en un SAM por una sustancia distinta a la que se pretende cuantificar. Esta sustancia se llama interferente.
- **Interferencia total:** valor obtenido en el NGC 1 y en el NGC 2 en la evaluación de efectos de compuestos interferentes.
- **Material de referencia:** material o sustancia en la cual uno o más valores de sus propiedades son suficientemente homogéneas y están bien definidas (valor nominal e incertidumbre) para permitir su utilización en la calibración de un instrumento, en la evaluación de un método de medida o en la asignación de valores a otros materiales. Este material suele ser: botellas patrón, dilución a partir de las mismas, sistemas de generación del compuesto in-situ, filtros de gas, filtros de rejilla, etc.
- **Material de referencia certificado:** material de referencia, acompañado de un certificado, en el cual uno o más valores de sus propiedades están certificados por un procedimiento que establece su trazabilidad respecto a patrones primarios internacionales. Cada valor certificado se acompaña de una incertidumbre con la indicación de un nivel de confianza. Estos Materiales de Referencia están Certificados por Laboratorios reconocidos internacionalmente.
- **Medida del instrumento:** respuesta de un SAM en relación al valor de un parámetro de emisión. Esta respuesta puede leerse en términos de la magnitud característica del instrumento (unidades de absorción, de intensidad lumínica, etc.), en términos analógicos (mA, V, etc.), y como concentraciones o concentraciones corregidas (por ejemplo, base seca, % O₂ de referencia, etc.).
- **Método de referencia:** método de medición tomado como referencia por convenio para determinar un parámetro de emisión. El valor obtenido se considera la medida objetiva del parámetro a determinar.
- **Método de referencia patrón (MRP):** método de referencia prescrito por la legislación europea, nacional o autonómica.
- **Muestreo en un punto único:** es el que se realiza extrayendo muestra de un único punto del interior del conducto en el cual se dan unas emisiones que son representativas de la media de los valores que pueden encontrarse en toda la sección de medición. Se aplica tanto a métodos de referencia como sistemas de medición continua.
- **Muestreo isocinético:** muestreo a un caudal tal, que, en el punto de muestreo, la velocidad de aspiración y la dirección del flujo de aspiración que entra en la boquilla de la sonda, son iguales a la velocidad y la dirección del flujo de emisión, en el foco o conducto en ese punto.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- **Muestreo punto a punto o muestreo en rejilla:** es el que se realiza extrayendo muestra en diferentes puntos del mismo plano, de acuerdo a la norma UNE-EN 13284-1 y la UNE-EN 15259, para tener en cuenta las heterogeneidades espaciales y temporales de los gases emitidos en un conducto y obtener la máxima representatividad de una muestra.
- **Parámetro de emisión:** propiedad cuantificable de la corriente de gases confinada en un conducto antes de su emisión a la atmósfera (temperatura, presión, velocidad, humedad, etc.).
- **Periodo de funcionamiento desatendido:** intervalo de tiempo máximo admisible en el que las características de funcionamiento estarán dentro de un intervalo predefinido sin mantenimiento externo, por ejemplo, calibración, ajuste, etc.
- **Plano de medición o sección de medida:** plano imaginario del interior de un conducto, en el cual se efectúan las tomas de muestras o se realizan las medidas tanto por SAM extractivos o in-situ o por un MRP. En sistemas extractivos las secciones de medida son perpendiculares a su eje, no obstante, existen SAM no extractivos que miden en planos que forman un ángulo distinto a 90° con el eje del conducto.
- **Precisión:** grado de concordancia entre los resultados obtenidos con el SAM en lecturas sucesivas de cero y gas de rango, en intervalos de tiempos definidos.
- **Procedimiento para la transmisión de los datos de los medidores en continuo:** procedimiento a partir del cual cada instalación industrial elabora el fichero de los datos obtenidos por los SAM, que se transmiten a la Comunidad de Madrid. Regula igualmente el acceso de las instalaciones industriales para la transmisión de los datos.
- **Procedimiento para la Validación de datos de los SAM en focos estacionarios:** procedimiento interno de cada instalación industrial, realizado por dicha instalación y aprobado por la Comunidad de Madrid, que siguiendo los criterios establecidos en la guía correspondiente de la Comunidad de Madrid, describe los pasos y la metodología a seguir, para obtener los datos de los SAM que se comunican a la Comunidad de Madrid.
- **Rango de medida del SAM o intervalo de medida del SAM:** amplitud de las medidas que nominalmente puede efectuar un aparato. Es una característica determinada primeramente por el fabricante y posteriormente concretada mediante la función de calibración.
- **Rango de certificación:** rango para el que se ensaya y certifica el SAM. (Viene reflejado en el NGC 1). El límite superior del rango de certificación de un SAM (el que figura en su NGC1) no deberá

superar un valor máximo que se obtiene multiplicando el VLE más restrictivo por un factor previamente establecido.

- **Rango válido de calibración:** rango de calibración obtenido en el NGC 2 de acuerdo con esta Instrucción Técnica.
- **Sistema de gestión de datos (SGD):** dispositivo que adquiere las señales generadas por uno o diferentes SAM (a menudo incluyendo los SAM periféricos), aplica las funciones matemáticas necesarias, obteniendo valores de emisión, y los transmite.
- **Sistema Automático de Medida (SAM):** equipamiento necesario para medir en continuo los parámetros físicos y químicos necesarios para la correcta cuantificación de una emisión. Incluye analizador y todos los elementos necesarios para cuantificar la emisión (típicamente dispositivos para la toma y acondicionamiento de la muestra, dispositivos de ensayo y ajuste requeridos para las verificaciones periódicas de su funcionamiento, etc.)
- **SAM periférico:** sistema automático de medida usado para recoger los datos requeridos para convertir los valores medidos a condiciones de referencia, es decir SAM para humedad, temperatura, presión, oxígeno y caudal.
- **Sistema de Medición de Emisiones en Continuo (SMEC):** equipamiento necesario para medir en continuo todos los parámetros físicos y químicos necesarios para la correcta cuantificación de una emisión, y combinar éstos con la medida para expresar de forma conveniente el valor de emisión de un contaminante. Usualmente incluye: SAM, SGD, etc.
- **Sistema extractivo de medición:** sistema de medición que dispone de una sonda de extracción de la muestra, elementos para el acondicionamiento de ésta y su transporte al analizador, donde se efectúa la determinación o ensayo.
- **Sistema no extractivo de medida o in situ:** sistema de medición en el cual la determinación se efectúa directamente en la corriente de gases dentro el conducto y no implica la extracción de la muestra.
- **Sonda multipunto:** sonda de extracción de muestra diseñada para aspirar la muestra en varios puntos del interior de un conducto.
- **Tiempo de respuesta:** intervalo de tiempo comprendido entre el momento en que un contaminante sufre un cambio brusco conocido y el momento en que la señal de salida llega y se mantiene dentro de límites especificados alrededor de su valor final en régimen estable. A los efectos de esta Instrucción Técnica, este valor será el 90% del valor final de la concentración aplicada.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- **Validación de datos:** proceso que consta de dos fases, en la primera se determina y señala la calidad de un conjunto de datos de emisión, a través de la evaluación de la consistencia temporal, de orden y magnitud, etc., de los mismos, localizando valores erróneos y descartándolos y en la segunda, a cada dato válido se le descuenta la incertidumbre expandida permitida correspondiente obteniéndose finalmente el dato validado.
- **Valor de referencia:** valor conocido de un material de referencia utilizado para la calibración de un analizador.
- **Variabilidad:** desviación típica de las diferencias de medidas paralelas entre el método de referencia y el SAM.

Abreviaturas:

- **EAS:** Ensayo Anual de Seguimiento (en la versión española, AST en la versión inglesa).
- **IPPC:** Prevención y Control Integrado de la Contaminación.
- **MRP:** Método de referencia patrón.
- **NGC:** Nivel de Garantía de Calidad (versión española de la norma UNE, que corresponden a los niveles QAL de la versión inglesa).
- **SAM:** Sistema automático de medida.
- **SGD:** Sistema de adquisición, tratamiento y comunicación de datos.
- **SMEC:** Sistema de medición de emisiones en continuo.
- **VLE:** Valor límite de emisión.
- **COT:** Carbono orgánico total.

Para aquellos términos que no se encuentren recogidos en esta Instrucción Técnica y que sean necesarios para su aplicación, se utilizarán como referencia las definiciones del *Vocabulario internacional de términos fundamentales y generales de metrología*, publicado por el Centro Español de Metrología.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

4.- ASPECTOS GENERALES

4.1. ESQUEMA A SEGUIR POR INSTALACIONES QUE DEBEN CUMPLIR NORMA CEN.

Los SAM de las instalaciones que deben cumplir normas CEN, según lo indicado en el punto 2 de esta Instrucción Técnica, aplicarán para el aseguramiento de la calidad de sus mediciones esta Instrucción Técnica y las normas UNE-EN 14181, UNE-EN 13284-2 y UNE-EN 14884, según sean de aplicación.

La norma UNE-EN 14181 establece tres niveles de garantía de calidad (NGC en la versión española de la norma UNE, que corresponden a los niveles QAL de la versión inglesa) y un ensayo anual de seguimiento (EAS en la versión española, AST en la versión inglesa):

- **NGC 1 (QAL 1):**

Procedimiento para demostrar, antes de la instalación de los SAM, que éstos son adecuados para los objetivos de medida, y que cumplen los requisitos y la incertidumbre establecidos en la legislación aplicable. También incluye la necesidad de disponer de un certificado emitido por un laboratorio de ensayo acreditado o reconocido por la autoridad competente, donde se evaluó la aptitud del equipo, a partir de ensayos de laboratorio y de campo, con referencia a la norma UNE-EN 14956 o UNE-EN15267-3. Ver punto 5.1.1. de esta Instrucción Técnica.

- **NGC 2 (QAL 2):**

Procedimiento para calibrar el SAM una vez está instalado en el foco de emisión, y con el SAM y el proceso funcionando normalmente. Comprende un ensayo de funcionalidad y una comparación con métodos de referencia patrón para obtener una función de calibración. Ver punto 8.2. de esta Instrucción Técnica.

El ensayo NGC 2 debe realizarse:

- Cuando se instala el equipo (en el plazo máximo indicado por la Autoridad competente).
- Al menos cada tres años en instalaciones afectadas por el R.D 653/2003, cada cuatro años en instalaciones afectadas por el R.D 430/2004.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- En el resto de instalaciones que deban cumplir normas CEN, con la periodicidad que se indique en la normativa sectorial aplicable, en la resolución que emita la Autoridad competente y en su defecto cada cuatro años.
- Siempre que haya un cambio significativo en la planta que afecte a las emisiones, tal como cambio de combustible, capacidad de producción, elementos de depuración, etc.
- Después de una reparación importante que afecte a la calibración. Se entenderá reparación importante aquella en la que se reemplacen o reparen componentes que puedan modificar la función característica del equipo, como por ejemplo, el detector correspondiente.
- Tras realizar cambios en el principio de medida o en el del acondicionamiento de la muestra.

- NGC 3 (QAL 3):

Procedimiento que sirve para demostrar que la calidad requerida del SAM se mantiene dentro de las especificaciones requeridas de incertidumbre. Para ello se comprueba que la deriva de cero y de rango no superan un determinado criterio de aceptación durante el funcionamiento normal del SAM. Ver punto 8.5. de esta Instrucción Técnica.

La periodicidad del ensayo NGC3 será:

- La que establezca la legislación aplicable en cada caso.
- En caso de no existir legislación aplicable, la periodicidad se basará en el intervalo de mantenimiento determinado durante la realización de los ensayos para la certificación NGC1.
- Si no es ningún caso de los anteriores, la establecida en el manual del fabricante o suministrador. En este caso, la periodicidad no será superior a 3 meses.
- Si no existe información en el manual del fabricante, se establecerá una periodicidad corta, por ejemplo, semanalmente, y se irá ampliando el intervalo de los controles en base a la experiencia del comportamiento del SAM. En este caso, la periodicidad no será superior a 3 meses.

- EVALUACION DEL RANGO VALIDO DE CALIBRACION:

Verificación semanal de que los valores medidos por el SAM no quedan fuera del rango válido de calibración establecido por el laboratorio de ensayo. Ver punto 8.4. de esta Instrucción Técnica.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- EAS (AST):

Procedimiento a realizar en instalaciones obligadas a utilizar normas CEN para evaluar que el SAM funciona correctamente y que la función de calibración obtenida durante NGC 2 todavía es válida. Ver punto 8.3. de esta Instrucción Técnica. Como su propio nombre indica, el EAS (ENSAYO ANUAL DE SEGUIMIENTO) tiene una periodicidad anual. No será necesaria la realización del EAS en los años en los que se realice el NGC 2.

4.2. ESQUEMA A SEGUIR POR INSTALACIONES NO OBLIGADAS A CUMPLIR NORMA CEN.

Las instalaciones no obligadas a cumplir norma CEN aplicarán un procedimiento reducido, basado en las normas CEN de aplicación, que se describe en esta Instrucción Técnica:

- NGC 1 (QAL 1):

Similar a las instalaciones obligadas a seguir normas CEN. No obstante, para SAM instalados con anterioridad a la publicación de esta Instrucción Técnica, se podrán admitir certificados de homologación realizados expresamente para esos SAM. Ver punto 5.1.1. de esta Instrucción Técnica.

- NGC 2 (QAL 2):

Basado en el de las instalaciones obligadas a seguir normas CEN, Ver punto 8.2. de esta Instrucción Técnica, con las siguientes simplificaciones:

- Se realizará cada seis años.
- Se reduce el número de medidas en paralelo con MRP de quince a nueve y el número de días mínimo para su realización de tres a dos.

Otra diferencia es que el ensayo de funcionalidad previo al NGC 2 de estas instalaciones, debe incluir la determinación de la linealidad.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- NGC 3 (QAL 3):

Con el mismo objetivo que en las instalaciones obligadas a seguir normas CEN, pudiendo utilizar un criterio de valoración más simple, denominado opción simplificada, descrita en el punto 8.5.4., de esta Instrucción Técnica.

- EVALUACION DEL RANGO VALIDO DE CALIBRACION:

Verificación semanal de que los valores medidos por el SAM no quedan fuera del rango válido de calibración establecido por el laboratorio de ensayo. Ver punto 8.4. de esta Instrucción Técnica.

- EBS:

El EBS (Ensayo Bienal de Seguimiento) tiene el mismo objetivo que al EAS, al que sustituye, pero se realiza cada dos años. No será necesaria la realización del EBS en los años en los que se realice el NGC 2. Su ensayo funcional previo, no requiere la determinación de los efectos de compuestos interferentes. Ver punto 8.3. de esta Instrucción Técnica.

4.3. RESPONSABILIDADES.

Las responsabilidades para aplicar estos criterios de garantía de calidad en el ámbito de esta instrucción técnica son:

- FABRICANTES, SUMINISTRADORES, INTEGRADORES Y MANTENEDORES DEL SAM

- Disponer de SAM con certificación NGC 1 y mantener ésta según las normas aplicables.
- Suministrar, instalar correctamente y mantener apropiadamente SAM homologados en las instalaciones.
- Aportar la documentación necesaria del SAM (manual de mantenimiento, usuario, etc.).
- Cooperar con los responsables de planta y los laboratorios de ensayo para realizar las operaciones de calibrado.

- LABORATORIOS DE ENSAYO (NGC 1)

- Disponer y mantener acreditación UNE-EN-ISO 17025 para certificar los SAM, aplicando las normas CEN correspondientes.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- Emitir los informes y certificados correspondientes al NGC 1, o en su caso los informes y certificados equivalentes, con el contenido necesario para la ulterior realización de NGC2, NGC3 y EAS/EBS.

- LABORATORIOS DE ENSAYO (NGC 2, EAS Y EBS)

- Disponer y mantener acreditación UNE-EN-ISO 17025 para calibrar los SAM.
- Utilizar métodos de referencia patrón (normas CEN siempre que haya disponibles, el que establezca el órgano competente, etc.), para las medidas paralelas incluidas en NGC 2, EAS y EBS.
- Realizar el ensayo de funcionalidad previo al NGC 2 y EAS/EBS, para lo cual podrá ser necesaria la participación de personal de la instalación ya sea propio o externo.
- Remitir los informes correspondientes al NGC 2 y al EAS/EBS a la instalación.

- RESPONSABLES DE PLANTA

- Presentar a la administración competente, un proyecto técnico con el contenido mínimo indicado en el anexo I de esta Instrucción Técnica. Se requiere dicha presentación en los siguientes casos: previo a la instalación de SAM nuevos, previo a modificaciones sustanciales (cambio de ubicación, cambio del sistema de acondicionamiento de muestra, etc.), y previo a la sustitución de los SAM existentes.
- Utilizar SAM homologados de acuerdo a los criterios de la norma UNE-EN 14181 con las matizaciones de esta Instrucción Técnica.
- Comprobar que el rango de medida del SAM de partículas, una vez obtenida la función de calibración en el NGC2 cubre, al menos, el VLE menos restrictivo.
- Implantar en el SMEC la función de calibración del SAM obtenida por un laboratorio de ensayo mediante el NGC 2. Esta función debe estar protegida frente a cambios no deseados.
- Implantar en el SMEC la función analítica adecuada, en relación con el SAM implantado. Esta función debe estar protegida frente a cambios no deseados.
- Mantener los SAM en perfecto estado de operación, realizando para ello las tareas de mantenimiento en función de lo indicado por el fabricante, instalador y de la experiencia de la operación del sistema en la planta.
- Realizar el procedimiento NGC 3.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- Evaluar semanalmente que el rango de calibración sigue siendo válido.
- Mantener los registros correspondientes al NGC 2, NGC 3 y EAS/EBS el tiempo indicado por la administración competente o la legislación aplicable.
- Remitir los informes correspondientes al NGC 2 y al EAS/EBS a la administración competente.
- Obtener, validar y transmitir los datos a la administración competente, siguiendo procedimientos aprobados por dicho organismo.
- Comunicar al organismo competente cualquier cambio en la planta o en el SAM que pueda afectar a los resultados de las mediciones y al aseguramiento de la calidad de las mismas.
- Disponer de la documentación necesaria, establecida en el punto 5.4.

- ADMINISTRACIÓN COMPETENTE:

La responsabilidad de la Administración competente quedará determinada por lo establecido al respecto en la resolución de Autorización de la instalación industrial (Autorización ambiental integrada o Autorización APCA).

En la Comunidad de Madrid, la empresa que realice el suministro, instalación o mantenimiento de un SAM o SMEC, no puede realizar NGC 1, EAS, NGC 2, EBS, en dichos sistemas.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

5. CONSIDERACIONES QUE SE DEBEN VALORAR ANTES DE LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE EMISIONES EN CONTINUO (SMEC).

5.1. CARACTERÍSTICAS PROPIAS DE LOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE MEDIDA.

5.1.1. HOMOLOGACIÓN.

Los sistemas automáticos de medida (SAM) en continuo y el SAM periférico de O₂, de nuevas instalaciones o modificaciones sustanciales de instalaciones existentes en cualquier actividad, deberán disponer de un certificado oficial de homologación donde se haga referencia al cumplimiento de los requisitos establecidos por el NGC 1. Este certificado deberá estar emitido por alguno de los organismos reconocidos a tal efecto en los estados miembros de la Unión Europea firmantes del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo.

Igualmente, en instalaciones que deben cumplir normas CEN, los SAM de H₂O (humedad) deben disponer de NGC 1.

El NGC1 debe emitirse para un SAM completo, con todas sus partes listadas (sonda, línea de muestreo -indicando preferentemente la longitud de la misma-, acondicionador de muestra, etc.). De acuerdo con el punto 6.1. de la norma EN15267-3:2007, el uso de líneas de muestreo más largas queda cubierto por el ensayo NGC 2.

Los SAM que sólo tengan NGC 1 del analizador, se considerarán válidos siempre que los componentes instalados sean tecnológicamente similares (mismo principio de toma de muestra, acondicionamiento y tratamiento de la misma) a los utilizados en el ensayo de campo del NGC 1. Estos componentes suelen estar descritos, al menos, en el informe de certificación correspondiente. Estos aspectos serán comprobados por el laboratorio de ensayo durante el ensayo funcional (ver punto 8.1.2. Sistema de muestreo).

En el caso de SAM instalados con anterioridad a la fecha de publicación de la presente Instrucción Técnica y que puedan demostrar que son equivalentes (certificado del fabricante, información pública



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

disponible, etc.) a versiones actualizadas de los mismos que dispongan de certificado NGC 1, el órgano competente de la Comunidad de Madrid, podrá hacer extensible este certificado al SAM instalado o exigir la sustitución del mismo.

Igualmente, en el caso de SAM ya instalados en procesos a los que no se exija la aplicación de normas CEN (ver punto 2) se podrán admitir certificados de homologación emitidos por laboratorios de calibración acreditados. Este certificado podrá obtenerse de forma específica para el equipo instalado en el foco correspondiente. Estos certificados de homologación deberán contener el rango de certificación y toda la información necesaria para poder realizar NGC 2, NGC 3.

Los certificados NGC 1 deben venir referidos de forma expresa al parámetro que se pretende medir. Estos certificados pueden ser consultados en las páginas WEB de los laboratorios que los emiten, como por ejemplo:

http://www.tuv.com/de/en/suitability_testing_cems.html (Alemania)

<http://www.siraenvironmental.com/UserDocs/mcerts/MCERTSCertifiedProductsCEMS.pdf> (Reino Unido)

<http://www.lne.fr/certificats-ddc/131-Instrumentation-pour-l-environnement.html> (Francia)

En el caso de compuestos orgánicos, hay SAM con certificados NGC 1 para compuestos orgánicos específicos, por ejemplo, metano, propano, etc. Estos SAM no son adecuados para la medición de COT, puesto que no cuantifican todos los compuestos orgánicos que puedan existir en la emisión. No obstante, en casos excepcionales, donde se pueda demostrar que la presencia de los compuestos orgánicos para los que el SAM está certificado es superior o igual al 95% de los compuestos orgánicos totales, dicho SAM puede ser autorizado para medir COT previo estudio por parte de la Comunidad de Madrid.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

5.1.2. INTERVALO DE MEDIDA

Se deben evaluar el rango de certificación y el rango de medida del SAM.

El límite superior del **rango de certificación** de un SAM debe ser igual o inferior a:

- 1,5 veces el VLE diario en el caso de incineración de residuos.
- 2,5 veces el VLE diario en el caso de grandes instalaciones de combustión.
- 3 veces el VLE más restrictivo para el resto de instalaciones.

Generalmente los SAM con rangos certificados bajos responden satisfactoriamente a rangos más altos.

En el caso de que en ningún certificado NGC 1 disponible para el SAM (TÜV, MCERTS, etc.) aparezca expresado el rango de certificación, se considera como rango de certificación el intervalo comprendido desde cero hasta el valor para el que se ha calculado y certificado la incertidumbre expandida (Uc).

El **rango de medida del SAM** será, para incineración de residuos y grandes instalaciones de combustión, como mínimo el mayor de los siguientes valores:

- Dos veces el límite superior del rango de certificación permitido.
- Dos veces el VLE menos restrictivo.

Para el resto de instalaciones, el rango de medida del SAM será como mínimo dos veces el VLE menos restrictivo.

Para todas las instalaciones, el límite superior del rango de medida del oxígeno ha de ser, al menos, del 20,9 %.

No obstante, y previa aceptación de la Comunidad de Madrid, este intervalo de medida podrá variarse en instalaciones donde la emisión real se encuentre sistemáticamente en valores muy inferiores al rango de medida calculado aplicado el criterio anteriormente citado.

Para el establecimiento del rango de medida del SAM, que en cada instalación se precise, habrá que tener en cuenta que los VLE fijados vienen expresados en Condiciones Normales de presión y



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

temperatura, gas seco, y en su caso, a un porcentaje de oxígeno de referencia, por lo que puede ser necesario disponer previamente de valores reales o previstos de emisión.

En el Anexo II se incluye un ejemplo para calcular el rango de medida del SAM.

En el caso de que sean aplicables varios límites de emisión para un mismo contaminante, asociados a condiciones de proceso diferentes, habrá que cumplir lo especificado anteriormente en relación con los rangos de certificación y rangos de medida para cada uno de los valores límites de emisión establecidos, pudiendo ser necesaria la instalación de varios SAM o la utilización de SAM con diferentes escalas de medida.

En cualquier caso, los criterios definidos anteriormente se utilizarán para la aplicación del ensayo de funcionalidad, mientras que el rango válido de calibración se determinará mediante el NGC 2.

5.1.3. INCERTIDUMBRE DE LOS SAM

Los valores de incertidumbre de un SAM deberán cumplir en cada momento los requisitos establecidos en los niveles de garantía de calidad NGC 1, NGC 2, EAS/EBS y NGC 3 (ver Tabla 1).

En primer lugar, deberá demostrarse que la incertidumbre total de un SAM, determinada a partir de los ensayos realizados durante el NGC 1 e indicada en dicho certificado (o en el certificado de homologación sustitutorio), cumple la especificación de incertidumbre establecida en la normativa aplicable para las medidas en continuo correspondientes.

En segundo lugar y una vez instalado el SAM, la incertidumbre de las medidas obtenida durante el ensayo de variabilidad, realizado en el NGC 2 y expresada como desviación típica absoluta, deberá cumplir la especificación prevista para superar dicho ensayo. En este requisito también se tiene en cuenta el límite superior admisible para la incertidumbre de las medidas establecido en la normativa aplicable.

Con respecto a la incertidumbre del SAM obtenida durante el ensayo de variabilidad realizado en el EAS/EBS, se deberá cumplir nuevamente el límite reglamentado aplicable a cada caso.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Por último, durante la aplicación del procedimiento de control previsto en el NGC 3, la variabilidad de los resultados deberá cumplir los criterios establecidos al efecto. En el caso de CUSUM, Shewhart y EWMA, los criterios anteriores estarán relacionados directamente con el valor de la incertidumbre total del SAM recogido en el NGC 1.

En cualquier caso, cada medición en continuo de contaminantes proporcionada por un SAM deberá cumplir con el siguiente requisito de calidad: la incertidumbre expandida correspondiente a un intervalo de confianza del 95% asociada a las medidas de contaminantes sujetos a valores límites de emisión (VLE), no será superior en cada caso a los valores máximos permitidos relacionados en la siguiente tabla, en donde quedan fijados como un porcentaje del VLE aplicable a cada uno.

Tabla 1. Incertidumbre expandida correspondiente a un intervalo de confianza del 95% que deben cumplir los SAM	
Contaminante	Incertidumbre expandida permitida (U_{perm})
Monóxido de carbono	10 % del VLE
Dióxido de azufre	20 % del VLE
Dióxido de nitrógeno	20 % del VLE
Partículas totales	30 % del VLE
Carbono orgánico total	30 % del VLE
Cloruro de hidrógeno	40 % del VLE
Fluoruro de hidrógeno	40 % del VLE
Otros	40 % del VLE

Este requisito de calidad exigido a los resultados de las mediciones en continuo se satisface de modo automático cuando el SAM que proporciona los datos cumple los niveles de garantía de calidad (NGC 1, NGC 2, EAS, NGC 3) anteriormente citados.

En el caso de los SAM de O₂ y H₂O (humedad) se considera que cumplen lo exigido en lo relativo a la incertidumbre, cuando exista un certificado NGC 1 favorable del mismo.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

5.1.4. EVALUACIÓN DE INTERFERENCIAS.

En equipos nuevos, la instalación deberá valorar si el SAM que se pretende instalar es adecuado para su utilización en el foco en cuestión. Para ello, considerará la información disponible sobre las interferencias que pueden afectar al SAM (certificados NGC 1, información aportada por el fabricante, etc.), y los compuestos potencialmente presentes en la corriente de gases emitidos.

En el punto 8.1.9 se dan unas pautas que pueden seguir las instalaciones para valorar si las interferencias que pueden afectar al SAM son significativas.

5.1.5. SAM DE MEDIDA DE PARTÍCULAS

Los SAM de medida de partículas serán aquellos que permitan cuantificar adecuadamente y de forma automática las concentraciones de partículas totales emitidas por un foco estacionario. Estos SAM pueden ser tanto extractivos como de medida in situ (no extractivos).

Para más información se pueden consultar las Normas UNE 77209, UNE 77219 y la UNE-EN-13284-2.

5.1.5.1. Extractivos

La medida se realiza en el interior del SAM, para lo cual se requiere extraer una muestra isocinética de un punto representativo de la emisión media del foco. La muestra extraída se lleva a un sistema de cuantificación, basado típicamente en radiación beta o en contador láser. Los componentes habituales son:

Sonda de toma de muestra. Elemento que se ubica en el interior del foco tomando muestra del punto representativo de forma paralela al flujo de emisión. La sonda debe de estar construida con materiales que resistan la temperatura, humedad y componentes corrosivos de las emisiones. Para evitar la degradación de la muestra, la sonda suele ser calefactada.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Sistema de medición de velocidad del flujo de emisión (comúnmente basado en sensores de presión, como por ejemplo tubos de pitot), que ofrezcan al SAM la información necesaria para regular la aspiración de la muestra y conseguir condiciones de isocinetismo.

Línea de muestreo o transporte de muestra. Este componente es crítico y para evitar pérdidas de partículas, su longitud debe ser mínima y exenta de codos. Habitualmente el extremo de la sonda contrario a la toma de muestra está directamente conectado con la unidad de cuantificación. Para evitar la degradación de la muestra, la línea de muestreo suele ser calefactada.

Para evitar obturaciones de la línea de muestreo y alteraciones en las medidas, es recomendable dotar al sistema de un retrosoplado (suministro de aire a presión en sentido contrario a la aspiración enviando las partículas depositadas hacia el interior del foco), que realice la limpieza periódica del interior de la sonda.

Unidad de Cuantificación. Unidad sensible a alguna propiedad de las partículas de la muestra, que produce una señal detectable que se puede correlacionar con la concentración másica. Las más usadas son:

- Radiación beta. Cuantifica la masa de partículas midiendo la atenuación que sufre una radiación beta que se hace incidir en la muestra de partículas extraída.
- Contador láser. Se hace pasar el caudal de muestreo a través de una señal láser que realiza el conteo por interferencia con las partículas.

Algunas características de los SAM extractivos son:

- Adecuados para emisiones con niveles muy altos de humedad (pues secan la muestra).
- El color de la partícula y el tamaño de la misma no crea interferencias.
- Las necesidades de mantenimiento son muy altas.
- Es necesario garantizar que el punto de muestreo es representativo mediante una prueba de estratificación y homogeneidad (ver punto 7 de la presente instrucción).



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

5.1.5.2. Sistemas no extractivos

Son sistemas que no requieren extracción ni transporte de muestra, puesto que la cuantificación de las partículas se realiza mediante medida directa en el flujo de emisión en el interior del conducto o foco.

Los componentes habituales dependen de la técnica de cuantificación utilizada. Las técnicas más implantadas son:

SAM óptico de medida de OPACIDAD (Extinción de luz). El sistema emite una señal electromagnética conocida, que atraviesa el flujo de emisión, midiéndose en un receptor la intensidad resultante. La diferencia de señal, o extinción de la misma, es proporcional a la concentración de partículas que se emite.

Los componentes habituales son: emisor, receptor (o retroreflector, cuando el emisor es a la vez receptor, y se realiza un doble paso por la emisión) y unidad de evaluación.

El ensuciamiento de las lentes alteraría la medida, por lo que estos SAM deben de disponer de un sistema de aire a presión que mantenga las ópticas en perfecto estado.

En instalaciones con gases a altas temperaturas es recomendable contar con sistemas de protección de las ópticas, que garanticen la durabilidad de las mismas.

Una característica de los sistemas de extinción de luz es que tienen un amplio rango de medida y son aptos para medición de altas concentraciones de partículas. Su límite de detección es más elevado que el de otras técnicas, por lo que, para bajas concentraciones, pueden ser inadecuados.

SAM óptico de medida por DISPERSIÓN de luz (comúnmente conocido como "scattering"). El sistema emite una señal electromagnética conocida, que incide sobre un volumen de emisión determinado, produciéndose en las partículas una reflexión de la señal. Se mide la intensidad de la señal reflejada en una determinada dirección, siendo esta señal proporcional a la concentración de partículas que se emite.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Los componentes habituales son: conjunto cabezal con emisor y receptor integrados y unidad de evaluación.

El ensuciamiento de las lentes alteraría la medida, por lo que estos SAM deben de disponer de un sistema de aire a presión que mantenga las ópticas en perfecto estado.

En instalaciones con gases a altas temperaturas es recomendable contar con sistemas de protección de ópticas, que garanticen la durabilidad de las mismas.

Algunas características de los sistemas de dispersión de luz son:

- Capaces de medir bajas concentraciones.
- Puede existir dificultad para cuantificar partículas con características reflectantes especiales.

Una precaución común a todos los equipos ópticos es la de evitar su ubicación cercana a la boca de salida del foco emisor, por la posible influencia de la luz exterior.

SAM triboeléctrico. El roce de las partículas en la sonda triboeléctrica genera una señal en microamperios proporcional al caudal de emisión y a la concentración de partículas.

Los componentes habituales son: sonda de medida y unidad electrónica de control.

La deposición de partículas en el dieléctrico que separa la sonda de la pared del foco puede crear un arco conductor que anule la señal triboeléctrica. Es recomendable dotar a estos SAM de aire de purga que elimine estas deposiciones.

Algunas características de los sistemas triboeléctricos son:

- Capaces de medir bajas concentraciones.
- Posible interferencia con las variaciones de velocidad de la emisión, con las variaciones de humedad y con los campos electromagnéticos de los electrofiltros, en su caso.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

5.1.6. SAM DE MEDIDAS DE GASES

Los SAM para medidas de gases serán aquellos que permitan cuantificar representativamente y de forma automática las concentraciones del parámetro o los parámetros gaseosos emitidos a la atmósfera por una fuente estacionaria.

En el Anexo III se incluye una tabla con las técnicas analíticas más utilizadas en función de los gases a evaluar. Se podrá utilizar un SAM de cualquier otra técnica siempre que disponga de certificado NGC 1.

Estos SAM pueden ser tanto extractivos como de medida in situ (o no extractivos).

5.1.6.1. Sistemas Extractivos

Los sistemas extractivos de medición de emisiones en continuo, están basados en la extracción de una muestra del gas del foco de emisión, y transporte de la misma hasta el analizador donde es cuantificada.

Para asegurar la calidad de la medición, es necesario garantizar que la muestra sea representativa, es decir, que el gas que llega al analizador, no sufra alteraciones que modifiquen la medida. Para ello es necesario seleccionar un sistema de tratamiento, en función del proceso existente y de los parámetros a medir, que evite reacciones o condensaciones de la muestra. La captación de muestra, el acondicionamiento y el transporte de la misma, suelen generar una incertidumbre mayor que la de los analizadores, por lo que a la hora de evaluar los datos es preciso tener en cuenta las incertidumbres del sistema completo.

Los sistemas de tratamiento y acondicionamiento de muestras más utilizados son:

Sistemas por dilución. La muestra es diluida en aire seco y libre de contaminantes. El contenido de agua, en valores absolutos, permanece constante después de la dilución, pero la humedad relativa disminuye.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Los componentes habituales son:

- Sonda extractiva (con filtro en cabeza, entrada de aire de dilución, salida de muestra y entrada de gas de calibración).
- Sistema de generación de aire de dilución.
- Líneas neumáticas (línea de aire de dilución, línea de muestreo, línea de gas de calibración, línea de aire de purga).
- Bomba de vacío (para extracción y transporte de muestra).
- Analizadores de los contaminantes a evaluar.

Las características de los sistemas acondicionados por dilución son:

- La dilución da una medida en base húmeda.
- Es necesario seleccionar el rango de medida de los instrumentos de análisis teniendo en cuenta la concentración real de los contaminantes después de la dilución, por lo que los analizadores deberán ser de bajo rango y disponer de adecuados límites de detección. De esta manera, la dilución no permite, en la actualidad, la evaluación de HF, HCl, etc.
- Es preciso filtrar la muestra antes de la dilución y mantener estos filtros en buen estado, evitando que la línea se ensucie con partículas. La relación entre caudal de muestra y caudal de dilución debe ser constante y controlada. Cuando se utilicen orificios críticos, deben de ser periódicamente comprobados y limpiados. Por todo ello las necesidades de mantenimiento suelen ser muy altas.
- El aire de dilución debe de estar exento de contaminantes y de compuestos que puedan interferir con la analítica y debe de ser seco, libre de aceites y de partículas.

Sistemas de Permeación. El acondicionamiento de la muestra se realiza forzando el paso de la misma a través de un secador de permeación, que permite escapar el vapor de agua, manteniendo constante la concentración de la mayoría de los contaminantes. El secador de permeación está formado por una serie de finos capilares de membrana de nafión, que elimina selectivamente el vapor de agua a través de la membrana, debido a la diferencia de presión de vapor parcial en cada uno de los lados de dicha membrana. La muestra acondicionada es enviada a los equipos de análisis, siendo equivalente, para muchos contaminantes, a la extraída del flujo de gases.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Los componentes habituales son:

- Sonda extractiva (con filtro en cabeza, salida de muestra, entrada de gas de calibración, entrada de aire de purga).
- Línea calefactada hasta el acondicionador de muestra.
- Acondicionador por permeación (con filtro fino de partículas, separador de líquidos y nieblas, tubos de nafión, entrada de muestra húmeda, salida de muestra seca, entrada de aire seco y venteo o salida de aire húmedo).
- Líneas neumáticas (línea de aire seco, línea de muestreo, línea de gas de calibración, línea de aire de purga).
- Bomba de vacío (para extracción y transporte de muestra).
- Analizadores de los contaminantes a evaluar.

Los puntos más importantes a tener en cuenta son:

- La permeación da una medida en base seca y no permite medir el contenido de H₂O.
- Para conseguir la diferencia de presión de vapor parcial es necesario crear en las paredes exteriores de nafión, un ambiente muy seco, para lo que se requiere la generación de un aire de instrumentación de máxima calidad.
- Los tubos de nafión no son permeables al agua en estado líquido, por lo que es preciso separar las nieblas y agua líquida de la muestra antes del secador de nafión (se taponan los capilares de permeación).
- Para evitar que los capilares de nafión se obstruyan es preceptivo filtrar las partículas superiores a 1 µm.
- El nafión es permeable e incluso reacciona con algunos compuestos, como el NH₃, por lo que no podrán ser evaluados y deberá conocerse la concentración de estos compuestos para estimar la duración del tubo de permeación, de forma que se desaconseja la permeación en plantas con emisiones de NH₃ o sistemas de reducción de NO_x por inyección de NH₃, urea, etc.
- Permite la evaluación de los gases más comunes, incluyendo HF, HCl, oxígeno (por paramagnetismo), etc.
- Para conseguir un correcto funcionamiento es imprescindible mantener en perfecto estado los filtros, secadores de aire, etc., por lo que las necesidades de mantenimiento suelen ser muy altas.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Sistemas de Condensación. El acondicionamiento se realiza enfriando la muestra y retirando el agua, de forma que la muestra seca pueda ser transportada sin pérdida de analitos hasta los analizadores.

Los componentes habituales son:

- Sonda extractiva (con filtro en cabeza, salida de muestra, entrada de gas de calibración, entrada de aire de purga).
- Línea calefactada hasta el acondicionador de muestra. No será necesario calefactar la muestra si se demuestra que el gas llega al acondicionador con una temperatura superior a la del punto de rocío.
- Acondicionador por condensación.
- Líneas neumáticas (línea de muestreo no calefactada desde el acondicionador al analizador, línea de gas de calibración, línea de aire de purga).
- Bomba de vacío (para extracción y transporte de muestra).
- Analizadores de los contaminantes a evaluar.

Las características de los sistemas acondicionados por condensación son:

- La condensación da una medida en base seca y no permite medir el contenido de H₂O.
- El enfriamiento de la muestra debe realizarse lo más rápidamente posible, con una humedad residual que garantice que el punto de rocío de la muestra sea inferior a la temperatura mínima del emplazamiento. Este sistema debe ser cuidadosamente estudiado y calculado antes de su utilización para determinar gases solubles en agua (SO₂, NO₂, HF, HCl, etc).
- Para conseguir un correcto funcionamiento es imprescindible mantener en perfecto estado los filtros, secadores de aire, etc., por lo que las necesidades de mantenimiento suelen ser muy altas.

Sistemas con línea calentada. La muestra se lleva mediante una línea calentada hasta los instrumentos de análisis de forma que se impide que su temperatura disminuya, y se evitan condensaciones en el transporte. Los analizadores reciben la muestra calentada y en condiciones húmedas, por lo que este tipo de tratamiento es internacionalmente conocido como "Hot Wet".

Los componentes habituales son:

- Sonda extractiva (con filtro en cabeza, salida de muestra, entrada de gas de calibración, entrada de aire de purga).



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- Línea de muestreo calefactada.
- Otras líneas neumáticas (línea de gas de calibración, línea de aire de purga).
- Bomba de vacío (para extracción y transporte de muestra).
- Analizadores de los contaminantes a evaluar (a menudo se usa un único analizador multiparamétrico).

Los puntos más importantes a tener en cuenta son:

- La medición es en base húmeda.
- La línea calentada tiene un número finito de sensores y puntos de control de temperatura por lo que deben estudiarse en detalle las posibles variaciones de temperatura a lo largo de la línea, y minimizar los puntos fríos. Para minimizar la degradación de la muestra se deben proyectar sistemas con líneas lo más cortas posibles y evitar codos o curvas pronunciadas. La longitud de las líneas también es crítica para el tiempo de respuesta del sistema. De esta manera, líneas largas aumentarán de forma importante los tiempos de comprobación y aseguramiento de la calidad y por tanto reducirán la disponibilidad de datos.
- Muy utilizados para medida de SO₂, NO_x, CO, HCl, y HF, etc.
- Para conseguir un correcto funcionamiento es imprescindible mantener en perfecto estado los filtros, caudales de muestra, etc. Las necesidades de mantenimiento suelen ser inferiores al resto de sistemas extractivos.

La utilización de sistemas extractivos es muy apropiada en emisiones homogéneas y con bajos niveles de partículas y de contenido de agua.

Es importante tener en cuenta que los gases son medidos en el interior de los analizadores por lo que los componentes internos deben de ser revisados con asiduidad.

Independientemente del sistema de acondicionamiento de muestra seleccionado, es necesario poner un filtro en cabeza que evite la entrada de partículas al sistema. Para evitar altas demandas de mantenimiento se debe evaluar la instalación del sistema automático de limpieza del filtro a contra corriente, tipo "blow back", que realice frecuentemente un soplido de aire a presión en sentido inverso al del flujo de gases.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

En todos los sistemas extractivos, el gas de calibración siempre debe introducirse en la sonda, y recorrer el mismo camino que los gases a analizar.

5.1.6.2. Sistemas no extractivos

Los sistemas no extractivos o in-situ están basados en la medición directa en la corriente de gases, evitando la extracción, el acondicionamiento y transporte de la muestra y por tanto los problemas asociados. Miden los contaminantes en las condiciones de emisión, por lo tanto, la medida es en base húmeda.

Las tecnologías in-situ más utilizadas son:

Sonda de inserción con sensor. Están compuestas por un sensor, o sistema óptico de medida, soportado en una sonda que es insertada en el conducto. De esta manera la medida se realiza directamente en el interior del flujo de gases.

Los componentes habituales son:

- Sonda de medición.
- Línea neumática de aire de purga
- Unidad de cuantificación.

Los puntos más importantes a tener en cuenta son:

- La medición es en base húmeda.
- El sensor está en contacto con el flujo de gases, por lo que es necesario seleccionarlo adecuadamente de forma que soporte las condiciones de temperatura y corrosividad de los gases.
- Es necesario evitar condensaciones de gases en el sensor, siendo preferible calentar la sonda de forma que el sensor esté siempre a temperaturas superiores al punto de rocío ácido de los gases.
- Los sistemas de inserción basados en métodos ópticos deben disponer de un flujo constante de aire de purga que mantenga limpias las lentes.
- La sonda debe ser revisada con frecuencia y el sensor o la óptica, sustituidos periódicamente, por lo que las necesidades de mantenimiento suelen ser, en función de las concentraciones en foco, altas o muy altas.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Sistemas cross-stack o de medida de paso. Una señal electromagnética (UV, IR, Láser, luz policromática, etc) atraviesa el flujo de gases de un extremo a otro del foco de emisión. La señal resultante es enviada por fibra óptica al analizador que evalúa el espectro y determina las concentraciones de los contaminantes.

Los componentes habituales son:

- Emisor y receptor (montados en lados opuestos del foco).
- Línea óptica hasta el analizador
- Unidad de cuantificación.

Algunas características son:

- Medida en base húmeda.
- Al medir a lo largo de un camino óptico, en vez de un punto, la medida es en gran medida representativa del flujo de gases.
- Muy utilizados para medida de SO₂, NO_x, CO, NH₃, H₂O, HCl, y HF, etc.
- No existe contacto entre el sistema y el flujo de gases, por lo que los componentes no se degradan por la acción de los gases de emisión, lo que determina bajas necesidades de mantenimiento.

5.1.7. SAM PERIFÉRICOS

Los valores límites de emisión comúnmente vienen expresados a condiciones de referencia (condiciones normales de presión y temperatura, gas seco y en algunos casos referidos a un porcentaje de oxígeno seco). Por tanto, además de medir el parámetro contaminante, es necesario según los casos, medir la temperatura, presión, humedad y oxígeno, esto se realiza con sistemas que denominaremos SAM periféricos.

A este criterio general, se pueden establecer las siguientes excepciones:

- No será necesario medir humedad si el SAM mide en condiciones secas (gases y partículas).
- No será necesario medir presión y temperatura en aquellos casos en los que el SAM mida directamente en condiciones normales (usualmente, equipos extractivos de gases).



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- En instalaciones no obligadas a cumplir normas CEN, previa solicitud de la instalación en la que se aporte información relativa a la magnitud que se pretende no medir, la Comunidad de Madrid podrá autorizar las siguientes exenciones:

- Medida de humedad, cuando los valores sean muy constantes e inferiores al 3%. En estos casos se implementará en la función analítica el valor medio medido por los laboratorios acreditados para UNE-EN 14181 cuando realicen NGC 2, EAS o EBS.
- Medida de presión cuando los valores de la misma sean muy constantes. En estos casos se implementará en la función analítica el valor medio medido por laboratorios acreditados para UNE-EN 14181 cuando realicen NGC 2, EAS o EBS.
- Medida de temperatura cuando los valores de la misma sean muy constantes. En estos casos se implementará en la función analítica el valor medio medido por laboratorios acreditados para UNE-EN 14181 cuando realicen NGC 2, EAS o EBS.

Siempre que el VLE venga referido a un valor de O₂, será necesario medir este parámetro.

La medición de caudal será necesaria, exclusivamente, cuando así se haya establecido en la Resolución correspondiente del órgano competente de la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio.

El aseguramiento de la calidad de los SAM periféricos consistirá con carácter general en la superación del ensayo de variabilidad de los parámetros contaminantes en el NGC 2, EAS/EBS. Adicionalmente, se deberá tener en cuenta:

- En el caso de analizadores de O₂, la homologación establecida en el punto 5.1.1., el ensayo de funcionalidad que se describe en el punto 8.1 para estos SAM y la realización del NGC 3.
- En los SAM de caudal, se seguirá, cuando sea de aplicación, los criterios de la legislación existente que lo regule. En instalaciones para las que no existan criterios legales, se comparará la media de los valores medidos por el SAM de caudal con la medida obtenida por el laboratorio durante las mediciones para NGC 2, EAS/EBS. Se revisará y ajustará el sistema si la diferencia entre ambos valores es superior a 15%.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

5.1.8. OTROS REQUISITOS DE LOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE MEDIDA

Todos los SAM (principales y periféricos) deberán disponer de salidas analógicas y/o digitales suficientes para conectar, por un lado el sistema de adquisición de datos de la propiedad y por otro el sistema de adquisición de datos de la Comunidad de Madrid.

Las salidas analógicas destinadas al sistema de adquisición de datos de la Comunidad de Madrid, serán independientes a las utilizadas por la empresa para la comunicación de datos a la administración. Así mismo, estarán configuradas, operativas (con sus bornes puenteados para protección), y generando una señal 4-20 mA proporcional a los valores brutos medidos por los SAM. La señal 4 mA corresponderá con la medida de cero del SAM, y los 20 mA corresponderán con el rango de medida del SAM.

Estas salidas analógicas serán para acceso exclusivo de la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio, y podrán ser utilizadas para obtención de datos tanto de forma puntual, como en continuo, mediante la instalación de los registradores necesarios.

5.2. CRITERIOS DE INSTALACIÓN

La instalación de los SAM debe realizarse de forma que asegure el correcto funcionamiento de los mismos a lo largo del tiempo. Para ello es necesario, a la hora de proyectar la instalación, tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Plano de muestreo. Dado que las concentraciones de contaminantes en los distintos puntos internos del foco de emisión no tienen por qué ser homogéneas, y que los SAM deben garantizar que la medición es representativa de las condiciones medias de emisión, éstos deben realizar la medición o toma de muestras en un plano o punto de muestreo representativo. Para ello se seguirán las directrices indicadas en el punto 6 de la presente Instrucción Técnica.
- Espacio para instalación y mantenimiento. Los SAM deben disponer de un espacio adecuado para su correcto funcionamiento, que cumplirá las especificaciones del fabricante o instalador y permitirá la realización de las tareas necesarias de mantenimiento de todos los equipos, tanto principales como periféricos. Teniendo en cuenta que los SAM requieren trabajos de mantenimiento y calibración de

alta complejidad técnica, es preciso garantizar un acceso sencillo y un lugar de trabajo adecuado y seguro.

- Suministro de alimentación eléctrica. Los SAM pueden ser sensibles a las variaciones de tensión, desfases de corriente y tensión, y en muchos casos los ruidos eléctricos, armónicos, interferencias e inducciones generados por otros consumos cercanos, afectan al resultado de las medidas. Por ello es necesario garantizar la estabilidad de la alimentación eléctrica de los SAM, utilizando cuando se requiera sistemas estabilizadores, sistemas de alimentación ininterrumpida, etc.

- Debería evitarse alimentar los SAM con la misma línea con la que se alimentan consumos con carga inductiva (por ejemplo: compresores de aire acondicionado), pues el desfase tensión/intensidad, crea importantes picos de tensión en los SAM.

- Aire de instrumentación. El funcionamiento adecuado de los SAM requiere, en general, del suministro de aire a presión. La calidad de este aire dependerá de la tecnología usada en el SAM, pero en todo caso, debe ser aire seco, libre de partículas y de aceites (por ejemplo con la instalación de un filtro coalescente para partículas y humedad, y trampa de aceite). Un error común en las instalaciones es el suministro de aire de planta sin tratar, que incluye aceites y humedad que alteran la medida y deterioran el interior de los SAM.

- Ausencia de vibraciones. Los SAM están fabricados con equipos electrónicos y piezas mecánicas de alta sensibilidad y pueden sufrir desajustes e incluso averías por la existencia de vibraciones. Para evitar estos inconvenientes es preciso instalar todos los equipos en zonas con ausencia de vibraciones y en su defecto corregir o amortiguar dichas vibraciones para que no afecten al equipo. Igualmente, es recomendable la selección de equipos que hayan superado pruebas de vibración.

- Condiciones ambientales y protección climatológica. Los SAM incluyen equipos de análisis que deben de operar en las condiciones de temperatura y humedad especificadas por el fabricante. Es necesario prever sistemas que protejan los componentes del SAM de la radiación solar directa, de la lluvia, de sustancias corrosivas y en función del sistema, dotarlos de armarios o casetas de protección equipados con sistemas de control y acondicionamiento de temperatura e incluso de humedad.

- Protección frente a campos electromagnéticos elevados. En aquellas plantas donde puedan existir campos electromagnéticos que puedan afectar al funcionamiento de los equipos (por ejemplo en plantas de electrólisis), se implantarán sistemas de protección adecuados (por ejemplo jaulas de Faraday).



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

5.3. MATERIALES DE REFERENCIA Y OPERACIÓN DEL SISTEMA

Los SAM de medición de gases suelen requerir un gas cero para ajuste y verificación del cero, acondicionamiento por dilución, combustión de los FID, y un gas de concentración o de rango, comúnmente denominado gas span, para el ajuste y la verificación de rango.

Como gas cero se puede utilizar, en función del SAM empleado, aire sintético, aire de instrumentos, aire ambiente o nitrógeno. En el caso del aire de instrumentos o aire ambiente, se debe asegurar que no afecte a la composición de la muestra ni a las lecturas del SAM. En cualquier caso, el gas cero, salvo excepción establecida en Norma, deberá tener una concentración del gas a medir que no debe exceder de:

Tabla 2. Características genéricas del gas cero

Impureza	Oxígeno O ₂	Monóxido de carbono CO		Óxidos de nitrógeno NO _x		Dióxido de azufre SO ₂		Propano C ₃ H ₈
		mg/Nm ³	ppm	mg/Nm ³	ppm	mg/Nm ³	ppm	
Unidades	% vol	mg/Nm ³	ppm	mg/Nm ³	ppm	mg/Nm ³	ppm	mg C/Nm ³
Valor	0,01	2	1,6	2	0,97	2	0,70	0,2

No obstante, los laboratorios de ensayo utilizan como gas cero botellas de nitrógeno con los siguientes contenidos máximos de impurezas:

Tabla 3. Características del gas cero empleado por los laboratorios de ensayo

Impureza	Oxígeno O ₂	Monóxido de carbono CO	Óxidos de nitrógeno		Dióxido de azufre SO ₂	Propano C _n H _m	H ₂ O	CO ₂
			NO	NO ₂				
Unidades	% vol	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm
Valor	0,0002	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	3	0,1

Adicionalmente, se deberá tener en cuenta que en estos gases no estén presentes interferentes que se hayan identificado en NGC 1.

NOTA: En el caso de los SAM de oxígeno con principios de media paramagnéticos, láser y electroquímicos, el cero se realizará con nitrógeno y en SAM de célula de circonio, con aire (21% de O₂ en volumen). Este aire se puede conseguir con aire de planta debidamente tratado, para eliminar aceites y partículas, o con una botella de aire comprimido o utilizando una botella de aproximadamente 21% de O₂ y resto de N₂.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

El hidrógeno utilizado como gas de combustión, por ejemplo en los SAM de COT, deberá tener una pureza tal que asegure una concentración inferior a 0,2 mg C/Nm³.

Las mezclas patrón que utilizan las instalaciones industriales en los procesos de verificación interna (NGC 3) deberán disponer como mínimo de un certificado de análisis trazable y reflejar su incertidumbre. En la tabla 4 se recogen los valores de incertidumbre expandida para un nivel de confianza del 95%, que deberán acreditar las concentraciones de los gases patrón. Así mismo la concentración de estos gases permitirá verificar el funcionamiento del SAM en condiciones cercanas al VLE menos restrictivos. Si como valor de esta concentración de referencia se utiliza una concentración diferente, por ejemplo en valores de emisión estables e inferiores al VLE, ésta deberá justificarse debidamente.

Los gases de referencia utilizados por las entidades habilitadas para efectuar el ensayo de funcionalidad dispondrán de un certificado emitido por un laboratorio acreditado por ENAC o cualquier entidad de la European Accreditation o reconocida por ésta (según norma EN 17025). Si no existen gases que cumplan el criterio anterior, se podrán utilizar aquellos que dispongan de un certificado con incertidumbre y trazabilidad.

Estos gases deberán disponer de certificado analítico con una incertidumbre expandida según la tabla siguiente, de acuerdo a la norma UNE-EN-ISO 6141. Análisis de gas. Requisitos de los certificados de los gases y mezclas de gas para calibración.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Tabla 4. Características de las mezclas patrón

Contaminante	Intervalo de concentración	Incertidumbre expandida para el ensayo de funcionalidad	Incertidumbre expandida para las operaciones de verificación interna
O ₂	2 – 21 %	± 1 %	± 2 %
CO	10 – 10000 ppm	± 1,5 %	± 2 %
NO	100 – 1000 ppm	± 1,5 %	± 3 %
	1000 – 5000 ppm	± 1,5 %	± 2 %
NO ₂	10 – 200 ppm	± 3 %	± 5 %
SO ₂	10 – 200 ppm	± 2 %	± 5 %
	200 – 5000 ppm	± 2 %	± 2 %
C ₃ H ₈	1 – 10 ppm	± 2,5 %	± 2,5 %
	10 – 1000 ppm	± 1 %	± 2 %
HCl	6~50 ppm	± 5 %	± 5 %
HF	6~50 ppm	± 5 %	± 5 %

Nota 1: A fecha de publicación de esta IT, existen dificultades para obtener materiales de referencia de HCl y HF con la incertidumbre indicada en bajas concentraciones, por lo que de forma justificada se podrán admitir incertidumbres mayores.

Nota 2: Las botellas se utilizarán dentro del período de estabilidad certificada por el fabricante.

Para evitar problemas de interferencias en los equipos o estratificación de componentes en la botella, se recomienda la utilización de mezclas binarias (componente + balance).

El laboratorio de ensayo deberá evaluar (ver apartado 8.1.4. Utilidad) los materiales de referencia utilizados por la instalación para la verificación interna (NGC 3).

En instalaciones que deban seguir normas CEN, se deberán emplear materiales de referencia adecuados. Estos materiales de referencia (botellas de gases, generadores por permeación, filtros de gases, filtros de rejilla, etc.), serán del mismo tipo a los utilizados en la realización del estudio del NGC 1. Adicionalmente, en el caso de SAM de partículas estos materiales de referencia deberán ser proporcionados por el fabricante del SAM.

Las instalaciones que no estén obligadas a seguir normas CEN deberán emplear materiales de referencia adecuados. Estos materiales de referencia (botellas de gases, generadores por permeación, filtros de gases, filtros de rejilla, etc.), serán del mismo tipo a los utilizados en la realización del estudio del NGC 1. En el caso de SAM de partículas ya instalados, si no es factible la utilización de estos



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

materiales de referencia en planta, el estudio de linealidad se limitará a los puntos electrónicos generados por el SAM (como mínimo cero y rango). En el caso de SAM de partículas de nueva instalación para los que no sea factible la utilización de materiales de referencia en planta, se requerirá la autorización previa de la Comunidad de Madrid para su instalación.

Cuando se necesite sistema de dilución/sistema de mezcla de gases, estos sistemas no introducirán una incertidumbre superior al 2% en la concentración final producida. La incertidumbre introducida por estos sistemas en la concentración del gas, deberá demostrarse mediante un procedimiento de cálculo que contemple todas las contribuciones.

5.4. DOCUMENTACIÓN DEL SAM

Las instalaciones que deban seguir normas CEN, deberán disponer de la siguiente documentación relativa a los SAM:

- Proyecto técnico según Anexo I.
- Plano de SAM. Esquemas completos de los componentes que constituyen el SAM, indicando su ubicación en planta, esquemas eléctricos (indicando protecciones y localización de las mismas), y en su caso, esquemas neumáticos e hidráulicos.
- Manuales de mantenimiento, usuario, etc., en castellano, que deberán incluir todos los componentes del SAM.
- Cuaderno (libro de registro de mantenimiento) para documentar posibles malfuncionamientos y acciones tomadas. Registro que incluirá las acciones de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, las incidencias ocurridas en el funcionamiento de los mismos y las actuaciones realizadas para solventarlas.
- Informes de servicio. Documentos explicativos de las acciones más relevantes registradas en el libro de registro de mantenimiento.
- Documentación del NGC 3 incluyendo las acciones tomadas como resultado de situaciones fuera de control, y registro de las características de los materiales de referencia utilizados.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- Procedimientos de sistema de gestión de mantenimiento, calibración y formación, indicando las tareas de mantenimiento, calibración (NGC 2, EAS) y formación, la periodicidad y el alcance de los trabajos, los responsables de los mismos, etc.
- Registros de formación.
- Programas de mantenimiento (planificación anual de mantenimiento con fechas orientativas para la realización de las distintas acciones).
- Relación mínima de repuestos necesarios y herramientas para su correcta instalación.
- Planes de auditoría y registros (planificación anual de auditoría con fechas orientativas para la realización de las distintas acciones).
- NGC 1 o certificado de homologación de los SAM.
- A efectos de control de la Administración, se debe disponer en planta de instrucciones que permitan obtener las señales analógicas de las magnitudes de emisión, incluyendo ubicación de los terminales (adjuntando croquis) y tipo de señal.
- Instrucciones que permitan en cualquier momento verificar la sistemática utilizada para la obtención de datos válidos, incluyendo las constantes introducidas en el sistema, la función de calibración, las condiciones de medida del SAM, y todos los pasos intermedios que existan en las señales utilizadas. Todas estas funciones, constantes y cálculos realizados estarán definidos en el Procedimiento de Validación específico de cada actividad y aprobado al efecto por la Comunidad de Madrid.
- Informes NGC 2 y ensayos de seguimiento (EAS) vigentes en los últimos 5 años.
- Procedimiento para la Validación de datos aprobado por la Comunidad de Madrid, que debe incluir instrucciones para realizar NGC 3 (anexo VI).
- Procedimiento para la transmisión de los datos medidos a la Comunidad de Madrid (anexo VII).

Si la instalación tiene implantado un sistema de gestión de calidad o medio ambiente, deberá incorporar estos requisitos a su sistema.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Las instalaciones no obligadas a seguir normas CEN deberán disponer de la siguiente documentación de los SAM:

- Proyecto técnico según Anexo I.
- Plano de SAM. Esquemas completos de los componentes que constituyen el SAM, indicando su ubicación en planta, esquemas eléctricos (indicando protecciones y localización de las mismas), y en su caso, esquemas neumáticos e hidráulicos.
- Manuales de mantenimiento, usuario, etc., en castellano, que deberán incluir todos los componentes del SAM.
- Cuaderno (libro de registro de mantenimiento) para documentar posibles malfuncionamientos y acciones tomadas.
- Documentación del NGC 3 incluyendo las acciones tomadas como resultado de situaciones fuera de control, y registro de las características de los materiales de referencia utilizados.
- Programas de mantenimiento (planificación anual de mantenimiento con fechas orientativas para la realización de las distintas acciones).
- NGC 1 o certificado de homologación de los SAM.
- A efectos de control de la Administración, se debe disponer en planta de instrucciones que permitan obtener las señales analógicas de las magnitudes de emisión, incluyendo ubicación de los terminales (adjuntando croquis) y tipo de señal.
- Instrucciones que permitan en cualquier momento verificar la sistemática utilizada para la obtención de datos válidos, incluyendo las constantes introducidas en el sistema, la función de calibración, las condiciones de medida del SAM, y todos los pasos intermedios que existan en las señales utilizadas. Todas estas funciones, constantes y cálculos realizados estarán definidos en el Procedimiento de Validación específico de cada actividad y aprobado al efecto por la Comunidad de Madrid.
- Informes NGC 2 y ensayos de seguimiento (EBS) vigentes en los últimos 5 años.
- Procedimiento para la transmisión de los datos medidos a la Comunidad de Madrid.
- Procedimiento para la validación de datos aprobado por la Comunidad de Madrid, que debe incluir instrucciones para realizar NGC 3.

5.5. SISTEMA DE GESTIÓN DE DATOS (SGD)

El sistema de gestión de datos debe permitir la adquisición, tratamiento y transmisión de los datos obtenidos por los SAM, y particularmente:

- El registro de datos de la lectura cero y de rango, ya sea automático o manual; en el caso de SAM con autocorrección, ésta se realizará después de que los datos hayan sido registrados.
- Acceder y visualizar los datos brutos generados por cada sensor y analizador (tanto principales como periféricos). Éstos corresponden a la señal, ya sea analógica o digital, proporcionada por el analizador en las unidades que éste genere. El SGD debe permitir auditar las señales que le llegan de cada sensor y analizador y verificar que no haya pérdidas de transmisión.
- Acceder a la función analítica del SAM.
- Acceder a la función de calibración determinada por el laboratorio de ensayo en el NGC 2 y registrar cualquier cambio que se pueda realizar sobre la misma. El acceso para la modificación de la función de calibración, debe estar restringido a personal autorizado de la instalación.
- Acceder a los datos calculados aplicando las funciones anteriores.
- Registrar los datos de los SAM periféricos (presión, temperatura, humedad y contenido de oxígeno, etc, en función de los requerimientos de la legislación aplicable o Resolución del organismo competente) para tratar los datos obtenidos por el SAM.
- Registrar tanto los valores positivos como negativos (aunque estos últimos no se utilizarán para elaborar los valores que se remiten a la Comunidad de Madrid).
- Siempre que sea posible, también se deberá registrar un parámetro indicativo de las condiciones de producción de la instalación. Este parámetro será imprescindible en los casos donde se obtenga más de una función de calibración dependiendo de las condiciones de producción.
- Cada actividad, con carácter general, registrará los datos con una periodicidad mínima de cinco minutos. No obstante, el órgano competente de la Comunidad de Madrid, podrá ampliar este periodo de registro en instalaciones concretas. Este periodo quedará establecido en el "Procedimiento para la Validación de datos de los SAM en focos estacionarios" específico de cada instalación. El registro debe mantener durante al menos cinco años los datos calibrados, los corregidos sin validar y los datos validados.
- Los sistemas de registro ofrecerán necesariamente datos numéricos.

- Los módulos de adquisición de señales analógicas tendrán una resolución suficiente para no modificar el valor medido por los equipos de medida (mínimo dos decimales para $VLE \leq 10$, un decimal para $10 < VLE \leq 100$, y una unidad para $VLE > 100$) y no distorsionará las señales procedentes de estos equipos.
- El sistema de medición en continuo deberá proporcionar los datos de manera que se pueda verificar directamente el cumplimiento de los límites de emisión aplicables (medias, percentiles, etc.).
- Conservar el número de periodos temporales durante los cuales la media obtenida está por encima del límite de emisión establecido para el contaminante.
- Registro de las señales de alarma respecto al funcionamiento del equipo. Estas han de incluir, como mínimo, fallo del SAM, la falta de alimentación de energía al sistema, la indicación de fuera de servicio por trabajos de mantenimiento (ya sean automáticos o manuales) y, en el caso de sistemas extractivos, el caudal de muestra insuficiente.
- En cuanto al tratamiento de datos, el sistema de adquisición deberá permitir:
 - Visualizar los valores brutos obtenidos por el analizador.
 - Establecer distintos cálculos y promedios a partir de los valores brutos.
 - Disponer de un software adecuado que permita realizar la validación de los datos obtenidos, de acuerdo a lo recogido en el punto 9.

En el caso de que una instalación use los datos de concentración medidos en continuo para proporcionar valores de emisión expresados en carga contaminante, por ejemplo en kg/h observará las siguientes consideraciones:

- El dato de caudal y el dato de concentración de emisión utilizado, deberán ir expresados en las mismas condiciones de normalización (de humedad, presión y temperatura).
- No se realizará la corrección con respecto a oxígeno.
- No se restará la incertidumbre del SAM de la forma establecida en el apartado 9.1.

En cualquier caso, el SGD observará cualquier sistemática de verificación del cumplimiento del límite de emisión que establezca la normativa sectorial aplicable o la correspondiente Resolución del órgano competente.



6. SELECCIÓN Y PREPARACION DE LOS PLANOS DE MEDICIÓN

El emplazamiento del plano de medición debe garantizar que la variación espacial de la concentración de gases y partículas en la sección transversal de dicho plano sea mínima. Adicionalmente el plano de medición debe estar ubicado en una zona de flujo de emisión ausente de turbulencias, de manera que pueda determinarse la velocidad adecuadamente.

Para poder realizar las mediciones, se requiere que en el plano de medición, existan unos puertos de medida (orificios) y unas plataformas de trabajo adecuados.

6.1. EMPLAZAMIENTO, NÚMERO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ORIFICIOS O PUERTOS DE MEDIDA PARA EL MÉTODO DE REFERENCIA PATRÓN

6.1.1. EMPLAZAMIENTO CON RESPECTO A LAS PERTURBACIONES.

En focos nuevos y modificaciones estructurales de los existentes, el plano de medición debe situarse preferiblemente a una distancia mínima de cinco veces el diámetro hidráulico del conducto respecto a la perturbación anterior y a una distancia de dos veces el diámetro hidráulico respecto a la perturbación posterior (5 veces si es la boca de salida del foco).

En focos existentes, se admitirá una reducción de las distancias anteriores siempre que éstas sean superiores o iguales a las mínimas establecidas en el ANEXO III de la Orden Ministerial de 18 de octubre de 1976 (2 veces el diámetro hidráulico del conducto a cualquier perturbación inferior y 0,5 veces a cualquier perturbación superior). Si es este caso, se procurará que la relación distancia a la perturbación inferior/distancia a la perturbación superior sea igual a 4.

Nota: entendemos por diámetro hidráulico el diámetro real interior en un foco circular y el equivalente en un foco rectangular o cuadrado. Para determinar el diámetro equivalente de un foco rectangular o cuadrado se utiliza la siguiente relación:

$$D_e = \frac{2 \times a \times b}{a + b}$$

Siendo:



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

D_e : diámetro equivalente

a y b: lados de la sección interior rectangular o cuadrada.

En cualquier caso, durante la realización de las mediciones, la corriente de emisión en el plano de medida debe cumplir los siguientes requisitos:

- El ángulo de flujo de emisión es inferior a 15° con respecto al eje del conducto.
- No exista en ningún punto flujo negativo (presión negativa).
- Una velocidad mínima, que dependerá del método de medición de caudal utilizado (para tubos de pitot la presión diferencial debe ser mayor a 5 Pa).
- La velocidad mayor medida en todo punto del plano de muestreo, no debe ser superior a tres veces la velocidad menor medida en cualquier punto en dicho plano.

Estos criterios se cumplen normalmente, si por diseño, la ubicación de los puertos de muestreo se ajusta a lo especificado en el primer párrafo del presente punto (distancia mínima de cinco veces el diámetro respecto a la perturbación anterior y dos veces el diámetro respecto a la perturbación posterior, cinco si es la boca de salida del foco).

En focos nuevos y modificaciones estructurales de los existentes, aunque la Orden Ministerial 18 de octubre de 1976 establece que el plano de medición esté entre 0,6 y 1,0 m sobre la plataforma, se recomienda incrementar la altura de los equipos y orificios, ubicándolos entre 1,2 y 1,5 m sobre la plataforma de muestreo.

En la figura 1 se representa la ubicación del plano de medida indicado anteriormente.

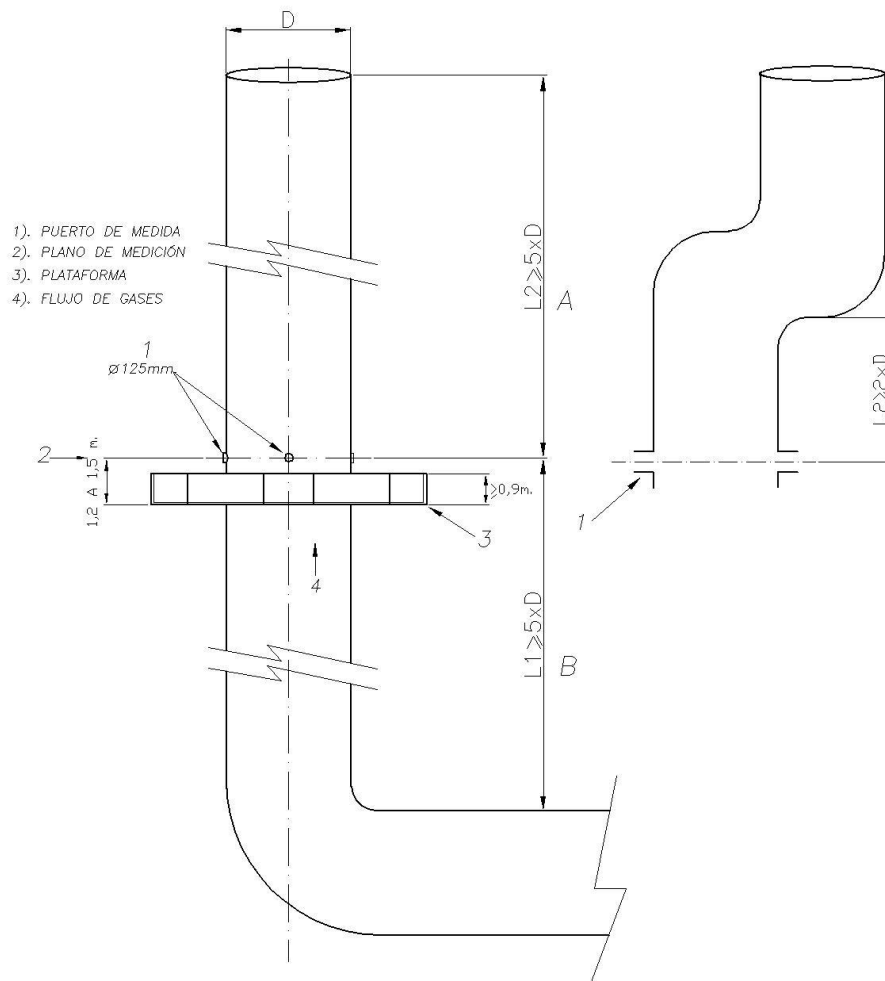


Figura 1

6.1.2. NÚMERO Y UBICACIÓN DE LOS ORIFICIOS DE MUESTREO (PUERTOS DE MEDIDA).

En focos nuevos y modificaciones estructurales de los existentes, el número mínimo de líneas de muestreo que deben disponer los conductos y el número de puntos internos de muestreo por plano que se deben realizar son los que se indican en las tablas 5 y 6 siguientes. Los puntos internos de muestreo donde realizar la medición deben localizarse en el centro de áreas iguales en el plano de muestreo.

En el caso de focos circulares el número de orificios de muestreo coincide con el número de líneas de muestreo o diámetros, no obstante para no utilizar sondas excesivamente largas, en focos que tengan un diámetro interior superior o igual a 2 m, el número de orificios se duplicará para acceder a los puntos internos de muestreo de la misma línea por ambos extremos.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Tabla 5. Número de líneas de muestreo y número mínimo de puntos de muestreo en conductos circulares

Rango de áreas del plano de muestreo m ²	Rangos de diámetros de conductos m	Número de líneas de muestreo (diámetros) ^c	Número de puntos de muestreo por plano
< 0,1	< 0,35	1	1 ^a
0,1 a 1,0	0,35 a 1,1	2	4
1,1 a 2,0	> 1,1 a 1,6	2	8
>2,0	> 1,6	2	Al menos 12 y 4 por m ² ^b

^a La utilización de un único punto de muestreo puede dar lugar a errores mayores que los especificados en las normas europeas

^b Para conductos grandes, son generalmente suficientes 20 puntos de muestreo

^c Cuando sean necesarias dos líneas de muestreo (diámetros), se escogerán dos líneas de muestreo que formen 90°.

En el caso de focos rectangulares el número de orificios de muestreo coincide con el número de divisiones por lado, no obstante para no utilizar sondas excesivamente largas, en focos que tengan el lado más corto superior o igual a 2 m, el número de orificios se duplicará para acceder a los puntos internos de muestreo de la misma división por ambos extremos. Los orificios se encontrarán sobre el lado más largo y se distribuirán de forma simétrica a lo largo de ese lado.

Tabla 6. Número de líneas de muestreo y número mínimo de puntos de muestreo en conductos rectangulares

Rango de áreas del plano de muestreo m ²	Número mínimo de divisiones por lado ^a	Número mínimo de puntos de muestreo por plano
< 0,1	1	1 ^b
0,1 a 1,0	2	4
1,1 a 2,0	3	9
>2,0	≥ 3	Al menos 12 y 4 por m ² ^c

^a Pueden ser necesarias otras divisiones laterales, por ejemplo si la longitud del lado mayor del conducto es más de dos veces la longitud del lado menor (ver punto D.1.2 de la norma UNE-EN 15259:2008). Las divisiones por lado se colocarán sobre el lado más largo y distribuidas de forma simétrica en ese lado.

^b La utilización de un único punto de muestreo puede dar lugar a errores mayores que los especificados en las normas europeas

^c Para conductos grandes, son generalmente suficientes 20 puntos de muestreo

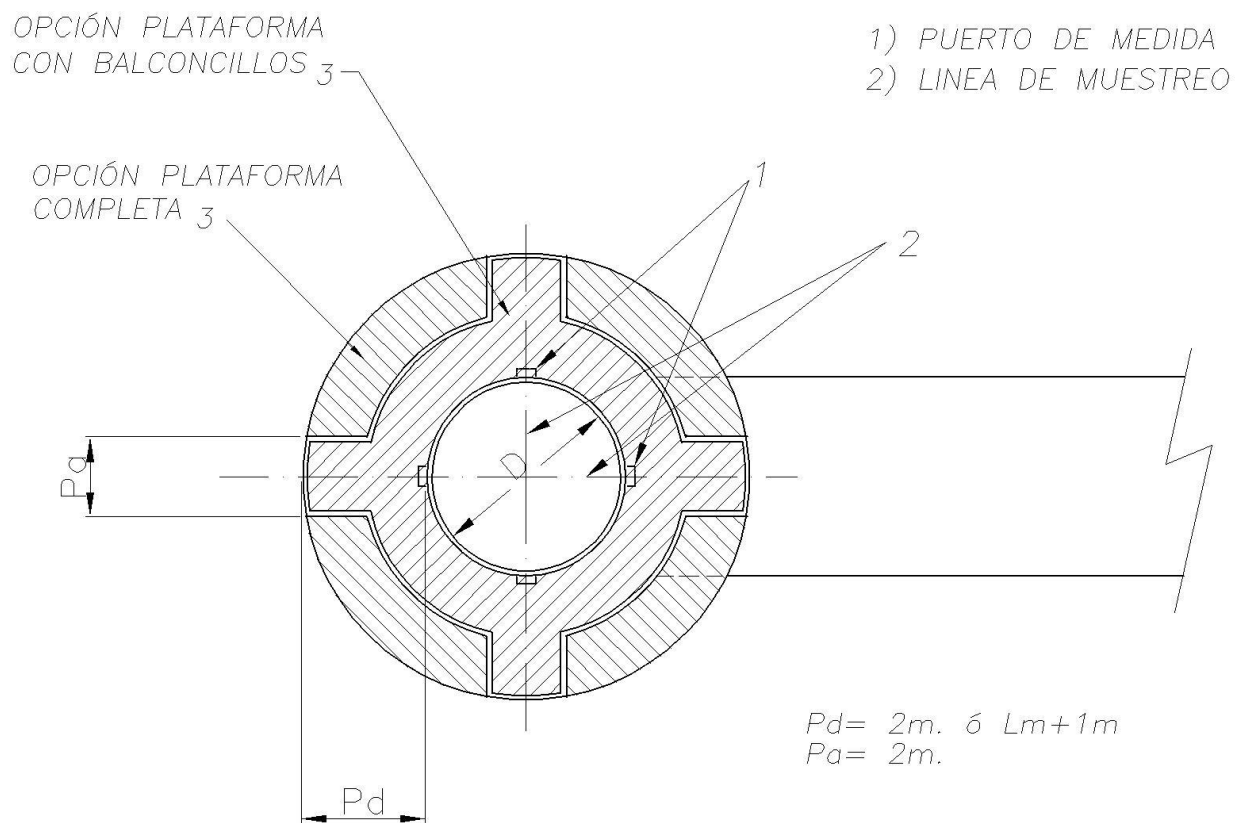


Figura 2

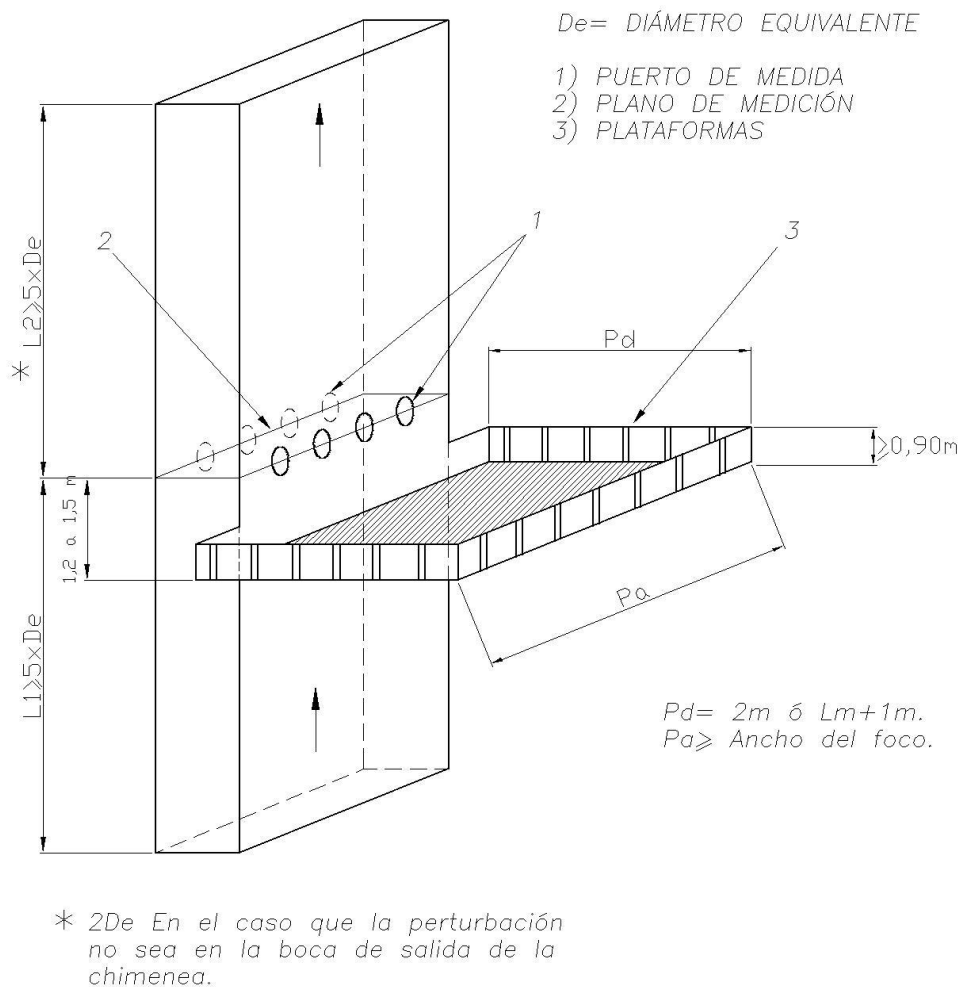


Figura 3

En focos de instalaciones existentes, se admitirá el número y ubicaciones de puertos de muestreo que se indican en el Anexo III de la Orden Ministerial 18 de Octubre de 1976. A continuación se resumen estos aspectos.

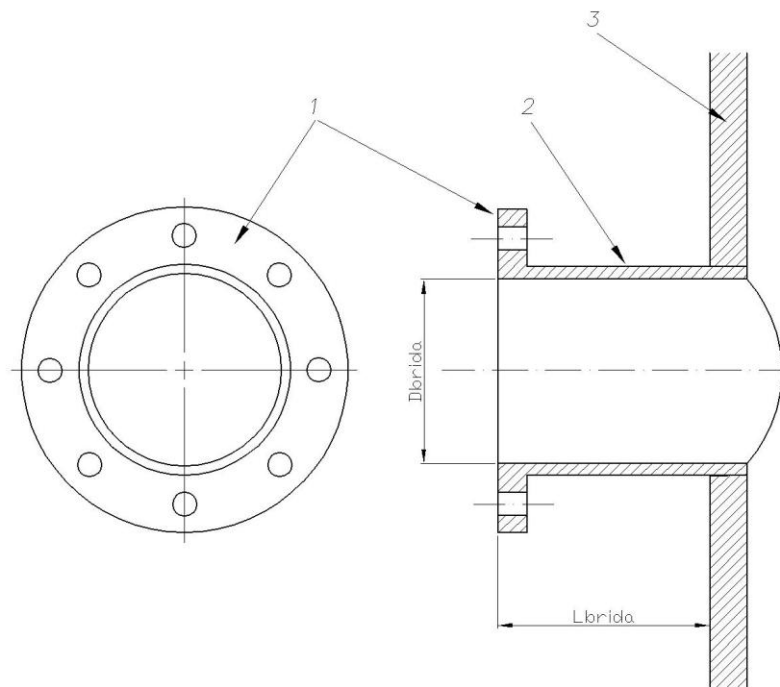
El número de puertos de muestreo será de 2 en focos circulares situados en diámetros perpendiculares y de 3 en focos de sección rectangular. No obstante en focos de diámetro hidráulico o equivalente inferior a 70 cm. se admite un único orificio en el centro.

En estos casos, siempre que se pueda, se utilizará el número mínimo de puntos de muestreo por plano que se han indicado en las tablas 5 y 6 anteriores. Si no fuera posible, el laboratorio de ensayo deberá

asegurar un muestreo representativo aumentando el número de puntos de medición y distribuyéndolos entre los orificios de muestreo disponibles de forma simétrica.

6.1.3. DIMENSIONES DE LOS ORIFICIOS O PUERTOS DE MEDIDA.

Las dimensiones de los orificios o puertos de medida para la toma de muestras serán las suficientes para permitir la utilización de los métodos de referencia establecidos.



- 1) BRIDA CON DIÁMETRO INTERNO $D_{brida} = 125 \text{ mm}$
- 2) TUBO CORTO CON DIÁMETRO INTERNO $D_{brida} = 125 \text{ mm}$ Y LONGITUD MÍNIMA $L_{brida} = 75 \text{ mm}$ DESDE LA PARED DE CONDUCTO (recomendado 100mm)
- 3) PARED DEL CONDUCTO

Figura 4



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Normalmente, bastará con que el orificio tenga entre 100 mm y 125 mm de diámetro interior (D_{brida}) y al cuál vaya solidario un tubo o casquillo de 75 a 100 mm de longitud (L_{brida}) que permita adaptar la sonda del MRP. El casquillo deberá estar dotado de la correspondiente tapa para mantenerse cerrado cuando no se utilice.

6.2. UBICACIÓN DE LOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE MEDIDA EN RELACIÓN CON LOS ORIFICIOS PARA EL MRP.

A fin de conseguir medidas comparables entre el SAM y el MRP, la situación de ambos planos de medición debe estar tan próxima como sea posible (por ejemplo ≤ 50 cm.), evitando siempre la interferencia mutua y en una posición que permita la manipulación segura y simultánea de ambos sistemas. Si fuera necesario, la distancia anterior se puede ampliar, siempre que ambos planos de medición se encuentren a una distancia menor de tres veces el diámetro hidráulico o diámetro equivalente del foco de emisión. En instalaciones existentes, previa aprobación de la administración, esta distancia podrá aumentarse.

Debido a la necesidad particular de medición de cada instalación y a las características dimensionales del foco, puede ser necesario establecer distintos planos de medición para los distintos contaminantes, lo que se realizará de forma que cada SAM y su correspondiente MRP cumplan los criterios anteriores.

Los SAM periféricos se ubicarán tan próximos como sea posible a los SAM principales. En el caso de que existan varias ubicaciones de los SAM principales, la distancia a los SAM principales será inferior a tres diámetros hidráulicos o equivalentes.

En lo que se refiere al número de orificios y sus dimensiones para la instalación de los SAM dependerá de los parámetros a medir, de la tecnología a utilizar y el modelo de cada fabricante. Por ello se observarán las especificaciones que indique el fabricante o el instalador del SAM.

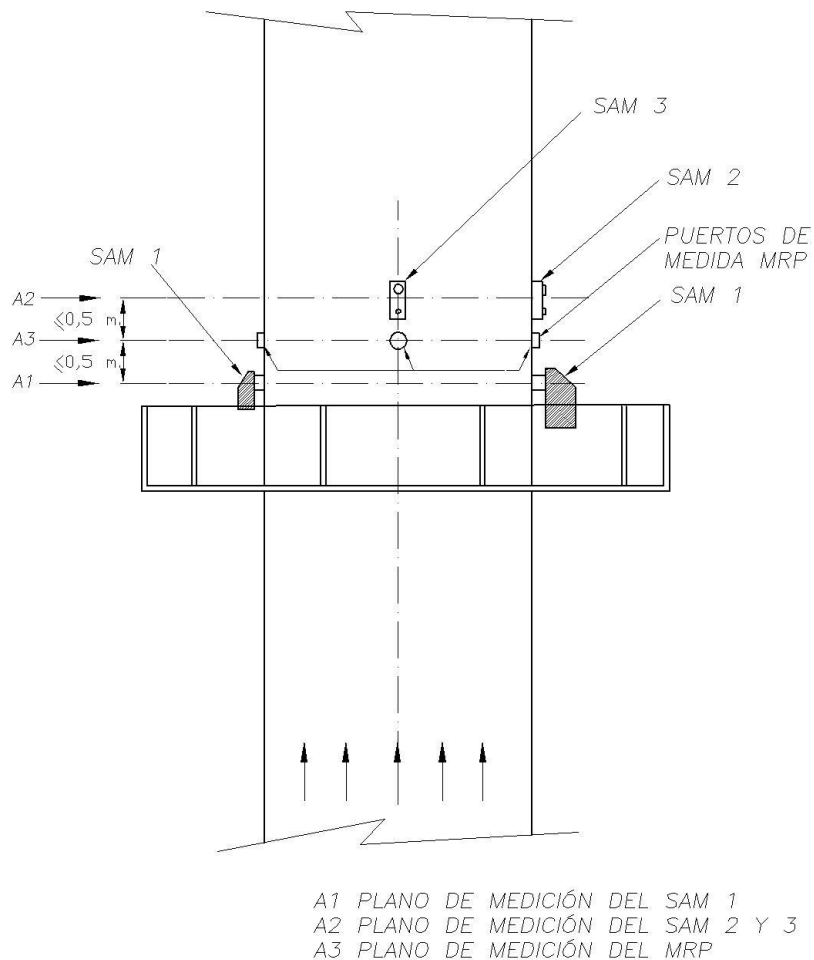


Figura 5

6.3. ACCESIBILIDAD, SEGURIDAD Y SERVICIOS

Las plataformas y los accesos al punto de toma de muestras se ceñirán a lo que establece la normativa vigente, que en el momento de preparación de este documento es la siguiente:

- Orden del 18 de octubre de 1976, sobre prevención y corrección de la contaminación industrial de la atmósfera.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales (BOE núm. 264, de 10.11.95), modificada por la Ley 54/2003 (BOE núm. 298, de 13.12.2003) y la Ley 25/2009 (BOE núm. 308, de 23.12.2009).
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo (BOE núm. 97, de 23.04.97).



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los puestos de trabajo. (BOE núm. 97, de 23.04.97).
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que impliquen riesgos, en particular dorsolumbares para los trabajadores. (BOE núm. 97, de 23.04.97).
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual (BOE núm. 140, de 12.06.97).
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo (BOE núm. 188, de 07.08.97), modificado por el Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura (BOE núm. 274, de 13.11.2004).
- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo (BOE núm 104, de 01.05.2001).
- UNE-EN ISO 14122-2: Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanente en máquinas e instalaciones industriales. Parte 2: Plataformas de trabajo y pasarelas.
- UNE-EN 15259: Calidad del aire. Medida de emisiones de fuentes estacionarias. Requisitos de las secciones y sitios de medición y para el objetivo, plan e informe de medición.
- UNE-EN 13284-1: Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de partículas a baja concentración. Método gravimétrico manual.

Cualquier nueva norma que sea de aplicación se deberá incorporar al listado anterior, de forma que sea aplicable a las instalaciones, tanto nuevas como existentes.

Las plataformas de trabajo deben proporcionar suficiente área de trabajo y altura (espacio de trabajo) para el objetivo de medición, es decir, para manipular las sondas y operar con los instrumentos de medida. El área despejada de la plataforma de trabajo debe dimensionarse adecuadamente. No debería haber dificultades para introducir y extraer la sonda, por ejemplo, por barandillas de seguridad u otros elementos de construcción.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

En cuanto a sus dimensiones, en instalaciones nuevas, así como en focos nuevos y modificaciones estructurales de focos existentes, la plataforma tendrá un área mínima de 5 m², una anchura (Pa) enfrente de cada puerto de medición de 2 m, y una profundidad mínima delante de los puertos de medición (Pd) de 2 metros o de la longitud mínima de la sonda necesaria para el muestreo (Lm) incrementada en 1 metro, el mayor de los dos. Se entiende por longitud mínima de la sonda necesaria:

- En focos en las cuales se accede a todos los puntos de la línea de muestreo por un único orificio es la suma del diámetro interior del foco, el espesor de la pared del foco y la longitud del casquillo del orificio.
- En focos en las cuales se puede acceder a todos los puntos de la línea de muestreo por dos orificios es la suma del radio interior del foco, el espesor de la pared del foco y la longitud del casquillo del orificio.

En la figura 2 y figura 3 quedan representados la ubicación de las plataformas y sus dimensiones mínimas.

En instalaciones existentes, se recomiendan los criterios anteriores; en todo caso, se debe cumplir lo establecido en el anexo III de la Orden 18 de octubre de 1976.

En instalaciones nuevas, las plataformas de trabajo deben de ser capaces de soportar al menos una carga puntual de 400 Kg.

Como elementos de seguridad debe estar dotada de una barandilla (con altura mínima de 0,9 m de alto) y rodapiés (de aproximadamente 0,25 m). En el caso de existir escaleras de acceso, deben disponer de barandillas móviles, con cadenas, puertas de cierre, etc., que permitan garantizar la seguridad después de haber accedido a la plataforma.

A efectos de esta Instrucción Técnica no se admitirán plataformas de trabajo temporal.

En las inmediaciones del punto de muestreo y lo más próximo a éste que sea posible deberán existir los siguientes servicios:

- Tomas de corriente, que en caso de estar expuestos a intemperie, deberán ser estancos.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- Luz artificial.
- Ventilación artificial en el caso de que la ventilación natural no sea suficiente.
- Medios de elevación (poleas, polipastos, ascensores, etc.) de la instrumentación y equipos auxiliares hasta la plataforma de medida siempre que no sea posible realizarlo por una escalera de servicio adecuada. No se consideran adecuadas las escaleras de “gato” ni las de “caracol”, etc.

Adicionalmente, pueden ser necesarios los siguientes servicios:

- Protección frente a la intemperie para el personal y los equipos de medición.
- Aire comprimido y/o de instrumentos.
- Agua corriente.
- Evacuación de aguas residuales (lavado de material, agua de refrigeración). En ningún caso se verterán por este desagüe reactivos químicos, sustancias tóxicas, corrosivas, inflamables, etc.

En todo caso, si a criterio de la Comunidad de Madrid se considera que la plataforma no reúne las condiciones de espacio, accesibilidad, protecciones frente a intemperie, servicios, etc. para realizar las distintas actividades de aseguramiento de la calidad y de la seguridad según se describe en esta Instrucción Técnica, se podrá requerir a la instalación la modificación que se considere oportuna de los aspectos mencionados.

7. COMPROBACIÓN DE LA REPRESENTATIVIDAD DEL PUNTO DE MUESTRAS. PRUEBA DE ESTRATIFICACIÓN

Los SAM instalados permanentemente utilizan habitualmente un único punto de toma de muestras o, en algunos casos, un camino óptico en el interior del foco. Estos puntos o líneas se deben localizar de forma que se obtenga una muestra representativa del contaminante a medir. Los SAM y los puertos de medición para el método de referencia patrón deben posicionarse de manera que no se interfieran entre sí.

7.1. CUÁNDO EFECTUAR ESTA PRUEBA

Esta prueba debe realizarse la primera vez que se instala un SAM, o cuando haya modificaciones de las características del conducto o modificaciones significativas de los gases emitidos por el foco.

En conductos en los que ya hay instalado un medidor en continuo, si el ensayo de variabilidad del NGC 2 sale positivo, se considera que la ubicación es correcta, si no es así, se investigará si la causa puede ser la inadecuada ubicación del SAM y en su caso, se procederá a la reubicación del mismo.

Cuando un SAM existente de parámetros gaseosos se encuentra instalado en el mismo plano de medición que el puerto de muestreo del MRP (distancia entre ambos ≤ 50 cm.), la prueba de estratificación que se realiza de forma previa a la utilización de un MRP se puede utilizar para verificar la correcta ubicación del SAM.

7.2. METODOLOGÍA

Esta prueba se realizará con la instalación funcionando en condiciones habituales y siempre en el mismo plano de medición donde se pretenden emplazar los analizadores (o donde estén instalados). Dado que es necesario que el punto de medida sea representativo de la densidad de carga másica y, a menudo, de la concentración de oxígeno, se seguirá el siguiente procedimiento:

- Se calculan el número de puntos de toma de muestras y su ubicación de acuerdo a los criterios establecidos para una determinación de partículas sólidas, según la norma UNE-EN 13284-1.
- Se instala la sonda de medida para la determinación de los parámetros elegidos en todos los puntos definidos de acuerdo al párrafo anterior.
- Se instala la sonda de medida de un sistema independiente, que se considerará medida de referencia, en un punto fijo de la sección de medición. La medición con este aparato permite descartar variaciones en la concentración causadas por otros factores que no sean la distribución espacial en el foco.
- Se ajusta el caudal de aspiración, con el objetivo de tener tiempos de respuesta iguales en ambos equipos. Si esto no fuera posible, se tendrán en cuenta las diferencias en los tiempos de respuesta para poder comparar los datos facilitados por ambos equipos.
- Se realiza una medición en rejilla y mediciones en paralelo en un punto fijo en la sección de medición, con un tiempo de muestreo de al menos cuatro veces el tiempo de respuesta del sistema de medición, pero siempre igual o superior a tres minutos en cada punto de toma de muestras.
- Se registra para cada punto de rejilla, los siguientes parámetros:
 - Los valores observados en el punto de referencia:



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- Temperatura (T_{ref})
- Velocidad (V_{ref})
- Oxígeno (O_{ref})
- Concentración másica (C_{ref})
- Los valores observados de la medición de perfil:
 - Temperatura (T_{grid})
 - Velocidad (V_{grid})
 - Oxígeno (O_{grid})
 - Concentración másica (C_{grid})

- Para cada punto se calcula el factor $F_{rep,i}$ de acuerdo a la fórmula:

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

NOTA: Los términos $(21\% - O_{ref,i}) / (21\% - O_{grid,i})$ y $(T_{ref,i} / T_{grid,i})$ se usarán únicamente si ocurren variaciones de temperatura y/o contenido en oxígeno en el plano de medición.

7.3. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

El mejor punto de muestreo disponible del SAM para mediciones de concentración es el punto donde $F_{rep,i}$ está próximo al valor medio de todos los puntos en la rejilla (F_{rep}). La sonda del SAM debería colocarse tan cerca como sea posible de ese punto.

La desviación restante de la representatividad se incorpora mediante la calibración del SAM con métodos de referencia patrón, de acuerdo con la norma UNE-EN 14181. Un ejemplo para decidir la ubicación de un analizador se encuentra el Anexo E.2 de la norma EN 15259:2007.

En el caso de SAM que realizan la medición a lo largo de un camino óptico en el interior del foco, se elegirá aquella que obtenga un valor medio de todos los puntos en la línea ($F_{rep,linea}$) más próximo al



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

valor medio de todos los puntos en la rejilla (F_{rep}). Se podrán evaluar tantas líneas como se consideren necesarias.

8. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS SAM

Se debe seguir el siguiente esquema para el aseguramiento de la calidad de los SAM:

- NGC 2: cada tres años para instalaciones afectadas por el R.D. 653/2003 y cada cuatro para instalaciones afectadas por el R.D. 430/2004. Para otros tipos de instalaciones que requieran medición en continuo (en las que no se exija la aplicación de normas CEN), se aplicará una sistemática basada en la norma UNE-EN 14181 y se deberá realizar un NGC 2 cada seis años como mínimo. Este NGC 2 corresponde al apartado 8.2 de esta Instrucción Técnica.
- EAS: cada año para instalaciones que les aplique normas CEN (siempre que ese año no corresponda realizar NGC 2).
- EBS: similar al EAS, pero de periodicidad bienal. Se aplicará a las instalaciones que requieran medición en continuo a las cuales se exija la aplicación de una sistemática basada en norma CEN. Las pruebas correspondientes al EAS y EBS corresponden al apartado 8.3 de esta Instrucción Técnica.
- Ensayo de Funcionalidad: previo a un NGC 2, EAS o EBS (lo que corresponda), deberá realizarse un ensayo de funcionalidad. Este ensayo de funcionalidad se contempla en el apartado 8.1 de esta Instrucción Técnica.
- NGC 3: el responsable de la instalación debe llevar a cabo, con la periodicidad requerida, los controles correspondientes al NGC 3 como se detalla en el apartado 8.5 de esta Instrucción Técnica.
- Evaluación del rango válido de calibración: el responsable de la instalación evaluará semanalmente la validez del rango de calibración. Esta evaluación se detalla en 8.4. de esta Instrucción Técnica.

A efectos de garantizar la disponibilidad de datos exigida, es recomendable que el NGC 3 de todos los parámetros se realice en un tiempo inferior al establecido para considerar el día inválido (2,5 horas diarias en instalaciones afectadas por el R.D. 653/2003, 3 horas en instalaciones afectadas por el R.D. 430/2004 y 6 horas en el resto de instalaciones).

Igualmente, el resto de operaciones de calibración (EAS, EBS, NGC 2), incluyendo el ensayo funcional correspondiente, se realizarán en un plazo máximo de 30 días. Así mismo, el informe correspondiente



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

debe estar disponible en la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio, en un plazo máximo de mes y medio contado a partir de haber realizado los trabajos de calibración en la instalación. En el caso de instalaciones con más de un foco emisor con obligación de medir en continuo, si pretenden realizar los ensayos de forma conjunta, se ampliarán los plazos a 40 días naturales para las operaciones de calibración y a dos meses para la disponibilidad del informe.

8.1. ENSAYO DE FUNCIONALIDAD

El ensayo de funcionalidad aplica los SAM de los parámetros contaminantes y al SAM periférico de O₂, y debe realizarse siempre, previo a la realización del NGC 2, al EAS y por similitud, al EBS.

Antes de realizar el ensayo de funcionalidad, se debe realizar el ajuste del equipo (cero y rango), dejando registro del mismo. Este ajuste lo realizará el personal de la instalación (a través de sus instrumentistas o de personal externo), utilizando sus materiales de referencia, por punta de sonda en equipos extractivos y siguiendo su sistemática habitual.

En la tabla siguiente se observan las pruebas a realizar durante el ensayo de funcionalidad de un NGC2 y de un EAS (EBS en su caso).



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Tabla 7. Pruebas a realizar durante el ensayo de funcionalidad previo a un NGC 2 y a un EAS (EBS en su caso)

Actividad	NGC 2		EAS o EBS	
	Extractivo SAM	No extractivo SAM	Extractivo SAM	No extractivo SAM
Alineamiento y limpieza		X		X
Sistema de muestreo	X		X	
Documentación y registros	X	X	X	X
Utilidad	X	X	X	X
Ensayo de fugas	X		X	
Verificación de cero y rango	X	X	X	X
Linealidad	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾	X	X
Interferencias			X ⁽²⁾	X ⁽²⁾
Deriva de cero y rango (auditoria)			X	X
Tiempo de respuesta	X	X	X	X
Informe	X	X	X	X

(1) A realizar siempre en instalaciones que realicen EBS (instalaciones con sistemática basada en norma CEN) salvo el primer NGC 2 para SAM nuevos. Es recomendable en el resto de instalaciones.

(2) A realizar únicamente en instalaciones afectadas por normas CEN.

Se deberá disponer de personal, ya sea de la instalación o externo, ajeno al laboratorio de ensayo, con conocimientos suficientes sobre los equipos para realizar la manipulación de los SAM en todas las operaciones descritas en esta Instrucción Técnica.

8.1.1. ALINEAMIENTO Y LIMPIEZA

Tomando como referencia los manuales del SAM, debe realizarse una inspección visual, verificando los siguientes puntos del mismo (cuando sean de aplicación):

- Verificación interna del analizador (verificación de los parámetros de uso y señales de control y alarma).
- Verificación de la limpieza de los componentes ópticos (en general consiste en verificar las señales del SAM que indican el estado de limpieza de las ópticas).
- Suministro de aire a presión y verificación de conexiones neumáticas (sellado y estado de juntas, etc.).
- Obstrucción del paso óptico.
- Correcta alineación emisor-receptor, según las especificaciones del fabricante (en general consiste en verificar las señales del SAM que indican el estado de alineamiento).

- Temperaturas de trabajo de los elementos del sistema adecuadas, según las especificaciones del fabricante.
- Verificar la existencia de un sistema antivibratorio en el caso de que el fabricante lo requiera.
- Verificación de limpieza de filtros (internos del SAM para ventilación, filtros de limpieza del aire de combustión, dilución o permeación), y cualquier otro filtro existente en el SAM.
- Verificar el estado de las conexiones eléctricas.

8.1.2. SISTEMA DE MUESTREO (SÓLO EN SISTEMAS EXTRACTIVOS)

El laboratorio de ensayo debe realizar una inspección del sistema, verificando que los componentes instalados sean tecnológicamente similares (mismo principio de toma de muestra, acondicionamiento y tratamiento de la misma) a los utilizados para el ensayo de campo del NGC 1 y que estarán descritos en el informe de certificación correspondiente, anotando las condiciones de los siguientes componentes, cuando corresponda:

- Sonda de muestreo (verificando la temperatura, estado de limpieza del filtro y del interior de la sonda, limpieza de los orificios críticos, ausencia de condensaciones, ausencia de precipitados de sales, ausencias de corrosiones, etc.).
- Sistemas de acondicionamiento de gas (verificando la calidad del aire utilizada, el estado de filtros y depósitos de condensados, la ausencia de aceites, temperaturas de funcionamiento, etc.).
- Bombas.
- Todas las conexiones eléctricas y neumáticas.
- Líneas de muestreo (ausencia de condensaciones, partículas, temperatura, radios de curvatura pronunciada y ausencia de estrangulaciones, deterioro del material).
- Suministros de energía.
- Filtros.
- Verificación interna del analizador (verificación de los parámetros de uso y señales de control y alarma).
- Suministro de aire a presión y verificación de conexiones neumáticas (sellado y estado de juntas, etc.).

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

En caso de disponer de una línea calefactada, asegurar que se mantiene 15 K por encima de la temperatura del punto de rocío de la muestra. Si no se dispone de datos, una temperatura de acondicionamiento adecuada puede ser entre 160 °C – 180 °C.

8.1.3. DOCUMENTACIÓN Y REGISTROS

Debe controlarse la existencia y disponibilidad de las versiones vigentes de la siguiente documentación:

- Plano de SAM. Esquemas completos de los componentes que constituyen el SAM, indicando su ubicación en planta, esquemas eléctricos (indicando protecciones y localización de las mismas), y en su caso, esquemas neumáticos e hidráulicos.
- Manuales de usuario, instrucciones de mantenimiento a nivel usuario, etc., en castellano.
- Documentación del NGC 3 incluyendo las acciones tomadas como resultado de situaciones fuera de control.
- NGC 1 o certificado de homologación de los SAM.
- Instrucciones que permitan obtener las señales analógicas de las magnitudes de emisión, incluyendo ubicación de los terminales (adjuntando croquis) y tipo de señal.
- Instrucciones que permitan en cualquier momento verificar la sistemática utilizada para obtención de datos válidos, incluyendo las constantes introducidas en el sistema, la función de calibración, las condiciones de medida del SAM, y todos los pasos intermedios que existan en las señales utilizadas. Todas estas funciones, constantes y cálculos realizados estarán definidos en el PROCEDIMIENTO DE VALIDACION específico de cada actividad y aprobado al efecto por la Comunidad de Madrid.
- Informes de NGC 2 y de ensayos de seguimiento (EAS o EBS) de los últimos 5 años.

8.1.4. UTILIDAD

El laboratorio de ensayo comprobará que disponen de:

- Un documento firmado por un técnico titulado con nivel superior de Prevención de Riesgos Laborales evaluando que las zonas de trabajo ofrecen condiciones adecuadas para el mantenimiento de los SAM y la calibración mediante MRP. Los aspectos mínimos contemplados en dicho documento son:
 - Seguridad, limpieza y protecciones frente a la intemperie de las plataformas de trabajo.
 - Acceso fácil y seguro a todos los elementos del SAM y a la plataforma de trabajo.
 - Adecuado sistema de elevación de equipos y materiales, cuando sea necesario.
- Los repuestos necesarios para el correcto funcionamiento de los SAM y las herramientas necesarias para su instalación. Esto se comprobará mediante el listado de repuestos disponibles de almacén o contrato de mantenimiento con empresa externa que asegure la disponibilidad de estos materiales.

A fin de realizar los ensayos de forma efectiva, además de los requisitos para ensayos del SAM y los requisitos para la localización del muestreo y la plataforma de trabajo que se requieren en los NGC 2 y NGC 3, debe proporcionarse la infraestructura necesaria para introducir los materiales de referencia, en la entrada de la línea de muestreo (si es extractivo) y en el analizador (si no es extractivo).

El laboratorio de ensayo debe identificar y registrar los materiales de referencia utilizados por la instalación para la verificación interna de NGC 3 (tipo, concentración/es nominal/es, caducidades de los mismos, balance de las mezclas, etc.).

8.1.5. PRUEBA DE ESTANQUEIDAD O ENSAYO DE FUGAS (SÓLO EN SISTEMAS EXTRACTIVOS)

8.1.5.1. Cuándo hacer la prueba

Se debe realizar antes de cualquier comprobación del sistema.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

8.1.5.2. Metodología

La prueba debe incluir todo el recorrido de los gases, desde el cabezal de la sonda hasta la entrada en el analizador y debe realizarse de acuerdo a los manuales del SAM. Como posibles ejemplos, se indican dos casos prácticos.

Caso 1: el sistema de medición dispone de analizador de oxígeno acoplado en serie.

La prueba consiste en introducir nitrógeno al sistema, que recorra toda la línea de muestra y que llegue al analizador con una presión equivalente a la de trabajo. Se mide el oxígeno y si hay estanqueidad, deberá dar un valor de 0%. (Nota: Trabajar a presiones superiores a las que se puedan generar en una aspiración normal del SAM puede provocar que las posibles entradas de aire de dilución se conviertan en fugas del gas utilizado en la prueba, provocando resultados satisfactorios falsos).

En el caso de que el analizador de oxígeno no pueda medir una concentración del 0%, hay que sustituir el nitrógeno por una concentración de oxígeno conocida inferior a 20,9% y superior a su límite de detección. Si hay estanqueidad, el valor obtenido debe ser el nominal de la concentración introducida.

Caso 2: el sistema de medición no dispone de analizador de oxígeno acoplado en serie.

Se puede realizar la prueba de fugas instalando un rotámetro a la salida del analizador y tapando todas las posibles vías de gas (sonda, venteos, etc.), comprobando que el rotámetro indique la ausencia de caudal.

Una segunda posibilidad de comprobación es mediante el uso de un gas de rango, realizando inicialmente una medida directa en el equipo y posteriormente una medida a través de la sonda y línea de muestreo hasta el equipo.

Otros sistemas podrán ser aceptados si se demuestra que dan resultados adecuados para la determinación de la estanqueidad.

8.1.5.3. Criterios de valoración.

En el caso 1, con utilización de nitrógeno, el error por dilución o por falta de estanqueidad no puede superar el 0,5 % absoluto de oxígeno. En el caso de utilizar una concentración de oxígeno conocida, se considerará que el equipo supera el test de fugas si el valor de oxígeno obtenido está dentro del intervalo de la concentración de la botella ± 2 x incertidumbre de la concentración del gas.

En el caso 2, con utilización de un rotámetro, se considera que no existen fugas si el caudal que mide es inferior a un 2% del caudal al que el analizador muestrea habitualmente. En el caso de utilizar gas de rango se considera que no existen fugas si las diferencias entre ambas medidas es inferior o igual al 2 %.

Si no se supera este ensayo, la instalación ha de identificar y solucionar el problema.

8.1.6. TIEMPO DE RESPUESTA

Se evaluará inmediatamente después de que la instalación realice la prueba de estanqueidad. El laboratorio de ensayo valorará para cada contaminante individualmente el tiempo de respuesta.

8.1.6.1. Metodología

Esta prueba necesita una válvula de 3 vías ubicada tan próxima a la sonda de muestreo del SAM como sea posible; a esta válvula se conectan los gases de cero y gas patrón (en una concentración próxima al valor límite de emisión).

Para garantizar que toda la línea de subida de los gases de referencia al cabezal de la sonda esté llena de gas patrón, primeramente se abre la botella de gas patrón y se satura el analizador con gas patrón hasta que la lectura se estabiliza en el valor del gas patrón. A continuación se actúa sobre la válvula de 3 vías cerrando la entrada de gas de concentración y abriendo el gas cero. Se mantiene la entrada de gas cero hasta que el equipo mida el valor de cero de forma estable. Por último, se vuelve actuar sobre la válvula de 3 vías para conseguir que se cierre la entrada de gas cero y se abra la del gas patrón, y se cuenta el tiempo que tarda el SAM en medir el 90 % del valor de concentración introducido.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

En el caso de partículas se utilizarán los materiales de referencia internos (cero y rango) o externos.

8.1.6.2. Evaluación de resultados

Idealmente, el tiempo de respuesta no debe superar el valor medio determinado en NGC 1 para cada parámetro. No obstante, se aceptarán los siguientes resultados:

Inferior o igual a 200 segundos para CO, NO, NO₂, SO₂, O₂ y COT.

Inferior o igual a 400 segundos para HCl, HF y NH₃.

Para otros gases reactivos, los tiempos de respuesta deberán indicarse en el Informe del ensayo de funcionalidad.

Si no se supera este ensayo, la instalación ha de identificar y solucionar el problema.

8.1.7. VERIFICACIÓN DE CERO Y RANGO.

Se realizará inmediatamente después de evaluar el tiempo de respuesta.

El laboratorio de ensayo debe usar materiales de referencia de cero y rango para verificar las correspondientes lecturas del SAM.

Las diferencias obtenidas entre las lecturas y el valor de rango del material de referencia deben ser inferiores o iguales al 10%. Si esto no se cumple, se analizarán las causas.

Las diferencias obtenidas entre las lecturas y el valor de cero del material de referencia deben ser inferiores o iguales a 2 veces S_{SAM} . Si esto no se cumple, se analizarán las causas.

En caso de SAM no extractivo de gases, deben realizarse verificaciones de cero y rango mediante una vía de referencia exenta de gas efuente.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

En el caso de SAM extractivos, la prueba debe realizarse incluyendo todo el recorrido de los gases, desde el cabezal de la sonda hasta el analizador.

En caso de no existir material de referencia para los SAM de partículas (tanto extractivos como no extractivos), deben realizarse verificaciones de cero y rango usando la referencia interna del equipo (cero y rango electrónicos). Si se detectan problemas se valorará la necesidad de utilizar una vía exenta de partículas, dispositivos ópticos, etc.

8.1.8. ENSAYO DE LINEALIDAD.

Esta prueba se realizará inmediatamente después de realizar la verificación de cero y rango.

El objetivo de esta prueba es comprobar la linealidad de la respuesta del analizador respecto a concentraciones conocidas del parámetro que se quiere determinar. Los patrones a utilizar serán los que se indican en el punto 5.3. Materiales de referencia y operación del sistema.

8.1.8.1. Metodología

Antes de iniciarse la prueba, el analizador debe ajustarse con materiales de referencia de la forma indicada en el manual técnico del equipo. Se efectúan mediciones con el analizador introduciendo patrones (cero, alternado con otros patrones de concentración aproximada al 20%, 40%, 60% y 80% de 2 veces el VLE menos restrictivo, y de nuevo patrón cero). En el caso de SAM extractivos de gases, el patrón se introducirá por el cabezal de la sonda a la presión habitual de trabajo, ya que la concentración medida por el SAM puede verse alterada por la variación de la presión de trabajo, y con un caudal ligeramente superior al demandado por el SAM, de forma que se evite la entrada al SAM de gases de chimenea durante el ensayo. En el caso de SAM no extractivos, el patrón se introducirá en las celdas de calibración. Después de cada cambio de concentración, la primera lectura instrumental debe tomarse después de un período de tiempo de, al menos, tres veces el tiempo de respuesta del equipo. Para cada concentración del material de referencia, se deben hacer al menos tres lecturas, tomando el valor medio de las mismas. El período de tiempo entre el inicio de cada una de las tres lecturas debe ser, al menos, cuatro veces el tiempo de respuesta. En el caso de gases, si no se dispone de botellas patrón de las



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

concentraciones requeridas, se pueden efectuar diluciones a partir de un gas patrón, siempre que este método (gas cero y sistema de dilución) no introduzca una incertidumbre adicional superior al 2% en la concentración final producida.

Aquellos compuestos que por su naturaleza reactiva etc., requieran su generación in situ (por ejemplo HF), el valor de la incertidumbre de la concentración generada no debe ser superior al 5 %.

El aumento en la incertidumbre de la concentración del gas deberá demostrarse mediante un procedimiento de cálculo que contemple todas las contribuciones (gas cero y sistema de dilución). Igualmente, se deberá disponer de información o procedimiento de cálculo de la incertidumbre de la concentración preparada por los equipos de generación in situ.

Se debe anotar el valor estable indicado por el analizador para cada concentración de gas patrón o material de referencia y registrar la incertidumbre final del patrón de referencia.

En el caso de SAM de partículas instalados en plantas no obligadas a seguir normas CEN, si no es factible la utilización de estos materiales de referencia en foco, el estudio de linealidad se limitará a los puntos electrónicos generados por el SAM (mínimo cero y rango).

8.1.8.2. Criterios de valoración

En instalaciones obligadas a cumplir normas CEN, la linealidad debe evaluarse de acuerdo al procedimiento establecido en el anexo B de la norma UNE-EN 14181.

En instalaciones no obligadas a cumplir normas CEN, el residuo, calculado tal como se indica en el anexo B de la mencionada norma, no superará el 5% del VLE diario.

En ambos casos, si no se supera este ensayo, la instalación ha de identificar y solucionar el problema.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

8.1.9. EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE COMPUESTOS INTERFERENTES.

Únicamente se realizará esta evaluación en SAM de sustancias gaseosas de instalaciones que estén obligadas a aplicar normas CEN.

8.1.9.1. Información previa a la determinación de compuestos interferentes

Esta información debe ser aportada por el fabricante del SAM y, generalmente, está incluida en su certificado NGC 1.

A efectos de esta Instrucción Técnica se entiende por “conocidos interferentes”, aquellos que hayan cuantificado interferencia (positiva o negativa) en el NGC1.

8.1.9.2. Cuándo hacer la prueba

La determinación de interferencias se debe realizar en el ensayo de funcionalidad previo al EAS siempre que los gases de emisión contengan componentes que sean “conocidos interferentes” en una concentración superior a la que se ha utilizado en el ensayo NGC 1. Si no se dispone de datos reales de concentración emitida para estos potenciales interferentes, se podrá utilizar la información técnica que exista al respecto y en su defecto puede ser necesario realizar mediciones en el foco de estos potenciales interferentes.

Adicionalmente, si por el foco se emite un compuesto característico del proceso, sobradamente conocido, que no se ha evaluado como interferente en el NGC 1, será necesario considerarlo en la prueba de interferentes.

No obstante, a solicitud de la instalación y aportando la información que se considere necesaria, la Comunidad de Madrid podrá simplificar e incluso eximir de la realización de la evaluación de compuestos interferentes.

8.1.9.3. Metodología



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Se introducirán mezclas de gas de ensayo en la entrada del SAM completo, recorriendo en sistemas extractivos, el mismo camino que el gas de emisión. Las mezclas de gas deben producirse con un sistema de mezcla, en el cual se añade un interferente a los gases para el punto cero y punto de rango. Los materiales de referencia y el sistema de mezcla deben cumplir lo establecido en el punto 5.3 de esta Instrucción Técnica.

Los interferentes deben introducirse individualmente.

Se aplicará un gas de ensayo sin interferentes y después con interferentes. Las señales medidas del SAM deben determinarse para cada gas de ensayo, esperando al menos tres veces el tiempo de respuesta del SAM determinado por el laboratorio, y después registrando las tres lecturas individuales consecutivas. Deben promediarse las tres lecturas individuales.

Se determinarán para cada interferente las desviaciones entre las lecturas medias con interferente y la lectura media sin el interferente, para el punto cero y para el punto de rango.

8.1.9.4. Criterios de valoración

Deben sumarse en el punto cero y en el rango, por un lado, todas las desviaciones positivas superiores al 0,5 % de la concentración del gas de rango, y por otro, todas las desviaciones negativas inferiores a -0,5 % de la concentración del gas de rango. El máximo de los valores absolutos de las cuatro sumas debe ser $\leq 4\%$ del límite superior del rango de certificación.

8.1.10. CONTROL DE LA DERIVA DEL CERO Y DEL RANGO (AUDITORIA).

El laboratorio de ensayo debe comprobar si la instalación obtiene y evalúa la deriva de cero y rango a partir de los registros obtenidos durante el NGC 3, y que ha actuado de forma adecuada para mantener el SAM bajo control (ver 8.5).



8.2. REALIZACIÓN DEL NGC2

La calibración del SAM (NGC 2) debe realizarse en los supuestos indicados en el punto 4.- Aspectos Generales”, de esta Instrucción Técnica.

El ensayo NGC 2 debe ser realizado por un laboratorio de ensayo acreditado, e incluye:

- Un ensayo de funcionalidad previo.
- El establecimiento de la función de calibración.

La función de calibración obtenida en el primer NGC 2 estará implantada en el plazo que se establezca en el documento normativo que fije la necesidad de medir en continuo, y en su defecto, en un plazo no superior a los doce meses contados a partir de la fecha de promulgación de dicho documento normativo.

8.2.1. ENSAYO DE FUNCIONALIDAD

La primera etapa del NGC 2 es la realización de un ensayo de funcionalidad de acuerdo a los criterios establecidos en el punto 8.1 de esta Instrucción Técnica.

8.2.2. ESTABLECIMIENTO DE LA FUNCIÓN DE CALIBRACIÓN

El laboratorio de ensayo determinará una función llamada “función de calibración” que permite obtener el valor de concentración del parámetro contaminante para su comparación con el VLE. Esta función deberá ser implantada en el SMEC por el titular de la instalación, y no podrá ser modificada a posteriori sin la correspondiente justificación y puesta en conocimiento del órgano competente.

8.2.2.1. Procedimiento

Se realizarán medidas paralelas entre el SAM y el MRP. Los métodos de referencia patrón, quedan recogidos a modo informativo en el anexo IV.

En instalaciones obligadas a seguir normas CEN se obtendrá un mínimo de quince parejas válidas de valores correspondientes a las lecturas del sistema en continuo y a las obtenidas mediante mediciones



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

con el método de referencia. Estas medidas deben estar uniformemente distribuidas en, al menos, tres días y en cada uno de los días a lo largo de 8 a 10 horas y realizarse en un periodo máximo de cuatro semanas. Si se considera de utilidad para poder evaluar diferentes situaciones de funcionamiento normal de la instalación, este plazo podrá ser aumentado, previa aceptación de la Comunidad de Madrid.

Si el tiempo de muestreo es menor de 1h, entonces el intervalo de tiempo entre el inicio de muestreos consecutivos debe ser mayor de 1 h.

En instalaciones no obligadas a seguir normas CEN, se obtendrá un mínimo de nueve parejas válidas de valores correspondientes a las lecturas del SAM y a las obtenidas mediante mediciones con el método de referencia. Estas medidas deben estar uniformemente distribuidas en, al menos, dos días y en cada uno de los días a lo largo de 8 a 10 horas de duración, y realizarse en un periodo máximo de cuatro semanas. Si se considera de utilidad para poder evaluar diferentes situaciones de funcionamiento normal de la instalación, este plazo podrá ser aumentado, previa aceptación de la Comunidad de Madrid.

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 de 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 que no supongan un cambio importante en la operación de la planta (por ejemplo, cambio de combustible).

Cada una de las medidas individuales en paralelo durará un mínimo de 30 minutos.

Se recomienda que los días de medida en paralelo no sean consecutivos.

En cuanto a SAM de partículas, y en el caso de que los datos disponibles indiquen que las emisiones son inferiores al 30% del valor límite de emisión, y previa aprobación de la Comunidad de Madrid, el número de medidas puede reducirse a 5, realizadas durante al menos tres días. El tiempo de muestreo



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

total con el MRP será igual o superior a siete horas y treinta minutos. Si alguna de estas 5 medidas supera este 30% del valor límite de emisión, la calibración deberá realizarse con el número total de medidas inicialmente indicadas (15 ó 9).

A efectos de esta Instrucción Técnica, cuando se aplica la norma UNE-EN 13284-1 para determinar partículas, es necesario que se realicen los lavados de sonda para la recuperación de los depósitos anteriores al filtro, de forma independiente para cada muestreo y no al final de cada serie de medidas. En cualquier caso, el muestreo deberá tener un límite de detección suficiente en función del intervalo a calibrar.

Los laboratorios deben tomar los valores medidos por el SAM del punto donde el riesgo de alteraciones de datos sea mínimo. Las instalaciones utilizan un SGD que recibe las señales del SAM, aplica la función de calibración, las convierte en unidades de concentración, etc. Para evitar un error en la adquisición o tratamiento de datos, a efectos de esta Instrucción Técnica, los laboratorios deben tomar los datos brutos en las condiciones de medida del analizador, en el registro inmediatamente anterior a aplicar la función de calibración.

En caso de calibrar la respuesta de un equipo que mide en base húmeda, se deberá expresar el resultado de la medida de referencia también en base húmeda. En caso de analizadores de partículas discontinuos, la medida con el método de referencia debe iniciarse al principio de un nuevo ciclo de medida del sistema, y realizarse durante un número completo de ciclos de medida.

Si hay diferencias en el proceso productivo que supongan un cambio importante en la operación de la planta (hacen variar las características de las emisiones, como por ejemplo cambio de combustible), puede ser necesario obtener funciones de calibración para cada condición de producción. En este caso, se debe incorporar en el tratamiento de datos un parámetro de producción que permita elegir la función correspondiente.

8.2.2.2. Criterios de valoración



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

El cálculo de la función de calibración así como su validez deberá realizarse de acuerdo a la metodología definida en la norma UNE-EN 14181. También es necesario realizar el ensayo de variabilidad indicado en la misma norma ya que los valores obtenidos por el sistema sólo podrán utilizarse para demostrar el cumplimiento del límite de emisión aplicable si el sistema ha superado este ensayo de variabilidad.

Cuando el SAM cumple el ensayo de variabilidad, se considera que cumple con el requisito de incertidumbre en el valor límite de emisión ya que la variabilidad se considera constante en todo el rango. La recta de calibración obtenida, si se puede considerar correcta, se deberá incluir en el sistema de adquisición y gestión de datos desde el momento de su obtención. Considerando que las rectas de calibración pueden realizarse enfrentando diferentes unidades, tanto en lo referente al MRP como al SAM, y en diferentes condiciones de medida (de presión, temperatura y humedad), el informe final debería indicar de forma muy clara a qué datos se aplica la función de calibración obtenida, indicando dónde se toman los valores que alimentan esta función y cómo se aplican los valores medidos por los SAM periféricos necesarios a posteriori (normalmente esto se cumple si se aportan los datos que indica el anexo E de la norma EN-14181).

8.2.2.3. Caso especial: punto de acumulación o “cluster”

Considerando la dispersión de datos medidos como la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo, en los casos en que la dispersión de los valores obtenidos con el MRP sea inferior al 15 % del VLE diario, o en su defecto del límite que se haya establecido, se entenderá que los valores medidos forman un cluster.

Para obtener la función de calibración se seguirá el procedimiento b de la norma (punto 6.4.2), entendiendo por “z” la diferencia entre la lectura del cero del SAM y el cero (por ejemplo un SAM cuya señal de salida sea 4-20 mA, “z” será 4).

A veces, con dispersiones de valores ligeramente superiores al 15% del VLE diario, o en su defecto del límite que se haya establecido, se obtienen funciones no adecuadas (por ejemplo, con pendientes negativas).



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

En el caso en que la dispersión de los valores obtenidos con el MRP sea inferior al 15 % del VLE diario, o en su defecto del límite que se haya establecido y además se cumpla el criterio del punto 8.2.2.4 “cluster de cero”, se procederá como se indica en el punto 8.2.2.4.

8.2.2.4. Caso especial: valores agrupados en cero o “cluster de cero”

En el caso de que todas las medidas obtenidas con el MRP se encuentren por debajo del “porcentaje del intervalo de confianza del 95 %” del contaminante en cuestión (tabla 1) del VLE diario o en su defecto del límite que se haya establecido, se considerará que los valores forman un “cluster de cero”. En estos casos, la determinación de la recta de calibración se realizará utilizando un material de referencia de cero y un material de referencia alejado del cero (por ejemplo el más alejado del cero utilizado por el laboratorio en el ensayo funcional), por tanto, no se tendrán en cuenta los valores obtenidos en las mediciones en paralelo.

No obstante, cuando previamente al ensayo y a partir de los datos de emisión existentes se hubiera podido deducir que las medidas del foco en cuestión pueden constituir un caso de cluster próximo a cero, si las 5 primeras medidas obtenidas cumpliesen el criterio anterior, el laboratorio de ensayo podrá concluir que se trata de un “cluster de cero” sin necesidad de realizar la totalidad de las medidas inicialmente exigidas.

En todo caso, el rango válido de calibración se seguirá determinando a partir de los valores medidos con el MRP.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

8.2.2.5. Caso especial: calibración de NO_x (NO y NO_2)

En el caso de que una instalación no deba medir NO_2 puesto que en sus emisiones la relación de concentraciones NO_2/NO (expresadas ambas concentraciones como NO_2) es inferior a un 5 % (ver punto 9.5), la calibración se realizará comparando la medida del NO del laboratorio de calibración con la medida de NO del SAM.

La relación de concentraciones NO_2/NO (expresadas ambas concentraciones como NO_2) debe ser comprobada por el laboratorio de ensayo durante el NGC 2.

En el caso de que una instalación deba medir NO y NO_2 , la calibración del SAM se realizará comparando la señal de NO_x del laboratorio de calibración con la suma de las señales de NO y NO_2 obtenidas en el SAD. En este caso será necesario que el laboratorio compruebe el cálculo usado por la planta para obtener NO_x a partir de las señales de NO y NO_2 .

Adicionalmente, en caso de SAM que utilicen un convertidor para determinar el NO_2 , será necesario que el laboratorio de ensayo compruebe, en la realización del EAS, que la eficacia de conversión de NO_2 a NO es superior al 90%.

8.2.2.6. Comprobación del rango de medida en los SAM de partículas.

En ciertos SAM de medición de partículas, el rango que establece el fabricante no viene expresado en las unidades de concentración del contaminante medido, sino en unidades relativas a su principio de medida (ópticas, eléctricas, etc.), y el rango de medida del SAM se obtendrá aplicando la función de calibración. Por tanto, una vez determinada la función de calibración, se calcula el nuevo rango de medida. Este rango debe cubrir, al menos, el VLE menos restrictivo.

Si no lo cumpliera, se deberá actuar en el SAM, por ejemplo ajustando la sensibilidad del mismo. Con ello conseguiríamos evitar que valores muy bajos de concentración de contaminante se correspondan con valores muy altos de señal. Este ajuste, no exige la realización de un nuevo NGC2, si el fabricante garantiza que el ajuste de sensibilidad no supone alteración de la función característica del instrumento.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

En todo caso, se deberá recalcular la función de calibración utilizando en los pares de valores que la determinan (valores del SAM/valores del MRP), los nuevos valores que proporcionaría el SAM tras el ajuste.

8.3. ENSAYO ANUAL DE SEGUIMIENTO (EAS) o ENSAYO BIENAL DE SEGUIMIENTO (EBS)

La realización del EAS o en su caso del EBS debe realizarse con la periodicidad establecida en el punto “4.- Aspectos Generales” de esta Instrucción Técnica.

La realización del EAS o EBS en su caso, incluye un ensayo de funcionalidad previo y unas medidas en paralelo.

8.3.1. ENSAYO DE FUNCIONALIDAD

Antes de la realización de un ensayo anual de seguimiento, se debe realizar el ensayo funcional, de acuerdo a los criterios establecidos en la tabla indicada en el punto 8.1 de esta Instrucción Técnica.

8.3.2. VERIFICACION DE LA FUNCION DE CALIBRACION

8.3.2.1. Procedimiento

Durante el EAS se deben realizar al menos cinco medidas paralelas. El objetivo es verificar si la función de calibración del sistema todavía es válida y si la precisión aún está dentro de los límites requeridos. Si éste es el caso y si estas medidas incluyen resultados fuera del rango válido de calibración, este rango válido puede ampliarse con la utilización de estos resultados.

Esta evaluación debe realizarse con un mínimo de cinco medidas válidas dentro del rango de calibración y distribuidas uniformemente a lo largo del día de medida. Para un analizador de partículas, si el límite superior del rango de calibración es inferior al 30% del valor límite de emisión, el número de medidas paralelas puede reducirse a 3 medidas. El tiempo de muestreo de cada medida debe ser el mismo que el utilizado durante la calibración inicial (NGC 2). El tiempo de muestreo debe ser, como mínimo, de 30 minutos o cuatro veces el tiempo de respuesta del sistema total, el que sea mayor. En cualquier caso,



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

para determinar este tiempo, al igual que durante el NGC 2, se deberá considerar el límite de cuantificación del método utilizado y las emisiones reales de la instalación a calibrar.

8.3.2.2. Criterios de valoración

Los datos obtenidos deberán evaluarse de acuerdo a los criterios establecidos en la norma UNE-EN 14181, en cuanto al ensayo de variabilidad y la validez de la función de calibración (puntos 8.4 y 8.5). En cualquier caso, los resultados de las medidas obtenidas durante un EAS no pueden utilizarse con las de calibración más reciente para determinar un nuevo NGC 2, pero sí pueden utilizarse para aumentar el rango válido de calibración hasta las cantidades máximas medidas (siempre que no sean superiores al 50% del VLE).

En el anexo X se proporciona una tabla de valores de k_v que deben aplicarse en función del número de medidas en paralelo.

8.4. EVALUACION DEL RANGO VÁLIDO DE CALIBRACION

Es necesario evaluar si el analizador dispone de un rango válido de calibración adecuado a las emisiones reales de la instalación. Así, la función de calibración es válida si la planta emite concentraciones de los contaminantes medidos en continuo dentro del rango válido de calibración dado por el laboratorio de ensayo en su NGC 2.

El responsable de la planta debe evaluar el rango válido semanalmente (de lunes a domingo), y se implementará un nuevo NGC 2 en un plazo inferior a seis meses si:

En instalaciones obligadas a seguir normas CEN:

- Más del 40% de los valores medidos por el SAM están fuera del rango válido de calibración durante una semana.
- Más del 5% de los valores medidos en un periodo semanal están fuera del rango válido de calibración durante más de cinco semanas en un período entre dos EAS.

En el resto de instalaciones:



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- Más del 60% de los valores medidos por el SAM están fuera del rango válido de calibración durante una semana.
- Más del 10% de los valores medidos en un periodo semanal están fuera del rango válido de calibración durante más de diez semanas en un período entre dos EBS.

No obstante, en todas las instalaciones, si el valor más alto medido que se encuentra fuera del rango válido es inferior al 50% del VLE, se podrá realizar un EAS (o EBS) en lugar de un NGC 2. Si el EAS o EBS demuestra que la función de calibración implantada es válida por encima del rango de calibración, se ampliará el rango de calibración hasta las cantidades máximas medidas (que no sean superiores al 50 % del VLE) determinadas durante el EAS (o EBS).

En las instalaciones que se haya obtenido una función de calibración a partir de un *cluster* próximo a cero, el rango válido de calibración se considerará desde cero hasta el 30% del VLE.

Hasta que se haya implantado la nueva función de calibración, se deberá usar la función de calibración existente. El plazo máximo para implantar la nueva función de calibración es de 6 meses, por lo que superado el mismo, los datos obtenidos mediante la función existente deben considerarse como no válidos.

8.5. REALIZACIÓN DEL NGC 3

Tras la puesta en marcha del SAM, y de manera permanente, se deben efectuar procedimientos de control por parte de los operadores de planta, de forma que se asegure que los valores obtenidos por el SAM cumplen la incertidumbre establecida durante todo el tiempo de funcionamiento del mismo mediante la comprobación de los valores de deriva del cero y rango. Para ello se comparan los valores brutos medidos por el SAM con los valores de los materiales de referencia.

En SAM extractivos de gases, la prueba debe incluir todo el recorrido de los gases, desde el cabezal de la sonda hasta la entrada en el analizador.

Los SAM periféricos, excepto O₂, no requieren NGC 3, pues el control se lleva a cabo a través del correcto mantenimiento según el manual de funcionamiento.

8.5.1. PERIODICIDAD

La periodicidad máxima de los controles será:

- La que establezca la legislación aplicable en cada caso.
- En caso de no existir legislación aplicable, la periodicidad se basará en el intervalo de mantenimiento determinado durante la realización de los ensayos para la certificación NGC 1.
- Si no es ningún caso de los anteriores, la establecida en el manual del fabricante o suministrador. En este caso, la periodicidad no será superior a 3 meses.
- Si no existe información en el manual del fabricante, se establecerá una periodicidad corta, por ejemplo cada quince días, y se irán modificando los intervalos de los controles en base a la experiencia del comportamiento del SAM. En este caso, la periodicidad no será superior a 3 meses.

En todo caso, la frecuencia de los controles aumentará si los resultados de este control salen fuera de los criterios de evaluación fijados.

En el caso de que el SAM se encuentre dentro de los criterios de evaluación fijados, no será necesario efectuar ningún ajuste sobre el mismo.

Con el objetivo de ser verificados por el laboratorio de calibración durante el NGC 2, estos controles deberán estar disponibles al menos en formato gráfico, indicando si se ha realizado ajuste o no.

8.5.2. MATERIALES CON LOS QUE SE DEBE REALIZAR EL NGC3

Se utilizarán materiales de referencia trazables a estándares nacionales o internacionales para las verificaciones de cero y rango.

- Materiales utilizados en el NGC3 para SAM de gases:
 - Se seguirán las pautas establecidas en el punto 5.3 de la presente instrucción.
 - En el caso de gases inestables (HF, etc.), con el objeto de asegurar la concentración de verificación, se recomienda su generación in situ, por ejemplo mediante un horno de permeación.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- Materiales utilizados en el NGC3 para SAM de partículas.

A fecha de la redacción de la presente instrucción no se tiene constancia de que exista material de referencia de partículas certificado. Algunos equipos disponen de material de referencia del fabricante (implementado internamente o para uso externo). La mayoría disponen de verificación electrónica de cero y rango.

Hay que tener en cuenta que estos materiales de referencia vienen calibrados para una señal eléctrica y que su conversión a unidades de concentración (mg/Nm^3) debe hacerse para cada SAM aplicando la función de calibración implementada en el NGC 2.

Idealmente se deberá disponer de información sobre la incertidumbre del material de referencia. Sólo se dará por válida la verificación electrónica de cero y rango cuando el SAM no tenga posibilidad real de utilizar materiales de referencia.

8.5.3. AUTOAJUSTES DE CERO Y RANGO

En aquellos SAM que realizan de forma automática autoajuste de cero y rango, y su ensayo del NGC 1 se haya realizado con estos autoajustes programados, la implementación del NGC 3 se podrá realizar a partir de estos autoajustes siempre que se registren los datos antes y después del mismo y se evalúen mediante los gráficos de control apropiados (CUSUM, Shewhart, EWMA, etc.).

El SAM no realizará autoajuste cuando la deriva obtenida sea superior al criterio de aceptación que se establezca en el NGC 3. En estos casos, el SAM o el SGD deberán generar una alarma y se procederá a realizar el mantenimiento del sistema.

No se permitirá el autoajuste de rango a aquellos SAM que no lo hayan utilizado y evaluado en su NGC 1.

Es recomendable que los SAM que realizan autoajuste de cero, registren la lectura anterior al autoajuste. Cuando esto no sea posible, se deberá garantizar que la deriva de cero no es superior al



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

criterio de aceptación establecido en el NGC 3 (por ejemplo, realizando periódicamente una verificación de cero inmediatamente antes de la realización del autoajuste).

8.5.4. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para evaluar el NGC 3 de cada contaminante se utilizan gráficos de control de calidad elaborados separadamente para el cero y rango. En plantas CEN se usarán gráficos CUSUM, Shewhart, EWMA, u otros, previa aprobación de la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio. En plantas no obligadas a cumplir normas CEN se podrá usar estos gráficos u otros más sencillos (opción simplificada), siempre que permitan evaluar el criterio de aceptación para estas plantas.

8.5.4.1. Gráficos de control Shewhart

Una posibilidad para verificar el cumplimiento de la incertidumbre, determinando la deriva y la precisión combinada del SAM, es utilizar un gráfico de control Shewhart.

El procedimiento sería el siguiente:

Se determina la desviación típica del SAM (S_{SAM}) para cero y rango separadamente a partir de los valores obtenidos durante el NGC 1, pero considerando las condiciones reales y no las condiciones incluidas en el certificado del ensayo NGC 1. Así, se calculan ambos S_{SAM} según la fórmula siguiente:

$$S_{SAM} = \sqrt{u_{inest}^2 + u_{temp}^2 + u_{volt}^2 + u_{pres}^2 + u_{ref}^2 + u_{otras}^2}$$

Siendo,

u_{inest} : es la incertidumbre debida a la inestabilidad y deriva

u_{temp} : es la incertidumbre debida a las variaciones en la temperatura ambiente

u_{volt} : es la incertidumbre debida a las variaciones en el voltaje

u_{pres} : es la incertidumbre debida a las variaciones en la presión ambiente



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

U_{ref} : es cualquier incertidumbre debida al material de referencia (por ejemplo, dilución, la propia del material de referencia, etc.)

U_{otras} : es la incertidumbre debida a otras fuentes

Nota: dado que el ensayo en condiciones reales no supone la presencia de interferentes, no se tendrá en cuenta la incertidumbre debida a interferentes para el cálculo del S_{SAM} .

Se determina la diferencia entre los valores medidos y los valores certificados de cero y rango. El gráfico Shewhart refleja la evolución en el tiempo de los valores de estas diferencias, que se compararán con los niveles de evaluación establecidos en el párrafo siguiente. Se realiza cada lectura de cero y rango un mínimo de tres veces esperando entre cada una de ellas un tiempo superior al ciclo de medida del SAM, reflejándose el valor medio de las medidas. El valor del material de referencia de rango debe ser del orden del VLE menos restrictivo.

Nota: se entiende por ciclo de medida de un SAM el tiempo empleado para obtener dos datos consecutivos. Este dato es proporcionado por el fabricante o configurado en la puesta en servicio del sistema.

A efectos de esta Instrucción Técnica, se utilizarán los siguientes niveles de evaluación respecto al nivel de referencia:

- Nivel de no ajuste, que corresponde a 0,5 veces el valor de S_{SAM} .
- Nivel de alerta, que corresponde a 1,5 veces el valor de S_{SAM} .
- Nivel de actuación, que corresponde a 2 veces el valor de S_{SAM} .

Criterios de actuación:

- Cuando un valor supere el nivel de actuación se revisará y ajustará el SAM, y se realizará un nuevo NGC 3 en la mitad del periodo habitual. Si la revisión implica una reparación importante que pueda afectar a la calibración (ver punto 4 de esta Instrucción Técnica) se realizará un nuevo NGC 2.
- Cuando se dé cualquiera de las siguientes situaciones, se ajustará el SAM:
 - Tres puntos consecutivos superen el nivel de alerta.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- Ocho puntos consecutivos, fuera del intervalo de no ajuste, estén dispuestos en el mismo lado del valor objetivo (cero y rango).
- Seis puntos consecutivos, fuera del intervalo de no ajuste, estén aumentando o disminuyendo continuamente.

8.5.4.2. Gráficos de control CUSUM .

Si se quiere controlar por separado la deriva y la precisión, pueden utilizarse los gráficos de control CUSUM.

El procedimiento sería el siguiente:

- Se determina la desviación típica del SAM (S_{SAM}) de la misma manera que los gráficos Shewhart.
- Se determina la diferencia entre los valores medidos y los valores certificados de cero y span. El valor del material de referencia de span debe ser del orden del VLE menos restrictivo.
- Se aplica la metodología y los criterios del anexo C de la norma UNE-EN 14181 que nos indicarán si el SAM está funcionando adecuadamente o si requiere ajuste o mantenimiento.

Cabe mencionar que los gráficos de control CUSUM alcanzan su óptima efectividad con periodicidades no superiores a una semana.

8.5.4.3. Gráficos de control EWMA.

Al igual que CUSUM, permite evaluar la deriva y precisión de forma separada.

Los denominados gráficos de control EWMA (Exponentially Weighted Moving Average) son otra opción de control de un SAM durante la operación. Presentan una mejor eficiencia en la detección de un cambio lento y gradual en la precisión y la exactitud del SAM debido a la deriva de cero y/o rango, sin necesidad de tener que aumentar el número de controles a realizar, es decir, sin incrementar el coste ni disminuir la disponibilidad de datos del SAM. Esto es posible gracias que en el gráfico EWMA se consideran de manera ponderada los resultados de las mediciones anteriores a la última comprobación.

Las características principales del gráfico EWMA son:

- El formato es similar al del gráfico Shewhart, constando de una línea central y de unos límites superior e inferior entorno a ella.
- Es más sencillo de configuración y de uso que el gráfico CUSUM.
- Aplica una sola regla de decisión: la obtención de un punto fuera del intervalo definido por los límites de control indica la necesidad de una acción sobre el SAM, aunque no se precise si ésta debe ser un ajuste o una revisión.
- Facilita la detección precoz de derivas pequeñas y medianas al considerar resultados de medidas previas.
- Reduce los riesgos de falsas alarmas de situación fuera de control producidas simplemente por la variabilidad natural del proceso.

En este tipo de gráfico es posible seleccionar diferentes parámetros de ajuste. Asumiendo la elección habitual para los valores de estas constantes (ver Anexo V), la variable a representar gráficamente y los límites de control se determinarán utilizando los siguientes algoritmos:

- Variable a representar gráficamente Z_i :

$$Z_i = 0,35 X_i + 0,65 Z_{i-1}$$

Siendo:

Z_i es la media ponderada tomando en cuenta datos previos y la última verificación

Z_{i-1} es la media ponderada tomando en cuenta datos previos a la última verificación

X_i es la lectura del SAM para la última verificación

El valor de Z_i inicial, para el primer control que se realice, será el valor del material de referencia de cero o de rango.

- Línea central y Límites de control:

Línea central: $LC = m_0$

Límite de control superior: $UCL = m_0 + 1,356 S_{SAM}$

Límite de control inferior: $LCL = m_0 - 1,356 S_{SAM}$

Siendo:

m_0 = valor de referencia de cero o rango



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Cuando un valor de Z_i supere el límite de control establecido se revisará y/o ajustará el SAM, y el siguiente NGC 3 se realizará en la mitad del periodo habitual. Si la revisión implicase una reparación importante que pudiese afectar a la calibración del SAM (ver punto 4 de esta Instrucción Técnica) se realizará un nuevo NGC 2.

En el anexo V se incluyen explicaciones adicionales sobre los gráficos de control de Shewhart, CUSUM y la carta EWMA.

Opción simplificada

Las plantas no obligadas por legislación a seguir Normas CEN, pueden realizar el NGC 3 introduciendo materiales de referencia cero y gas de rango al SAM y comparando los resultados obtenidos con los valores nominales de los materiales de referencia. En la siguiente tabla se indican los niveles de evaluación para este tipo de control:



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Tabla 8. Niveles de evaluación de la opción simplificada

PARÁMETRO	GAS CERO			GAS RANGO		
	Nivel de no ajuste % VLE	Nivel de alerta % VLE	Nivel de actuación % VLE	Nivel de no ajuste % VLE	Nivel de alerta % VLE	Nivel de actuación % VLE
CO	0,5	1,5	2	1	3	4
NO _x	0,5	1,5	2	1	3	4
SO ₂	0,5	1,5	2	1	3	4
COT	0,25	2,75	3	1,5	4,5	6
HCL	2,5	7,5	10	5	15	20
HF	5	15	20	10	30	40
PARTÍCULAS	2,5	7,5	10	5	15	20

Nota: Como VLE, se entiende el valor establecido en los documentos normativos de aplicación, sin realizar ninguna transformación ni conversión (por ejemplo a valor de oxígeno real).

La opción simplificada utilizará los mismos criterios de actuación que los establecidos en Shewhart.

9. VALIDACION DE DATOS

9.1. CRITERIOS GENERALES

Cada una de las instalaciones que deba medir en continuo, elaborará un procedimiento para la validación de datos de los SAM, que será aprobado por la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio.

El contenido mínimo de este procedimiento, se incluye en el anexo VI de esta Instrucción Técnica.

Se consideran válidos aquellos datos que se hayan obtenido con un SAM que haya superado el ensayo de variabilidad recogido en la norma UNE-EN 14181, con las particularidades que se han introducido en esta Instrucción Técnica.

Las instalaciones obtendrán, como mínimo, un dato cada cinco minutos, realizándose con éstos, promedios temporales.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Para poder realizar promedios temporales, los datos deberán cumplir los siguientes criterios:

- a) Sólo se tendrán en cuenta los datos obtenidos cuando el proceso que genera las emisiones esté en funcionamiento. No se considerarán periodos de funcionamiento los arranques y paradas del proceso.
- b) Sólo se utilizarán datos válidos. Deberán excluirse para la realización de estos promedios los datos obtenidos durante los periodos de mantenimiento, calibración o durante cualquier otra incidencia que pueda haber afectado a la respuesta del SAM.
- c) Los valores a utilizar para establecer estos promedios temporales, serán aquellos que se obtienen del SAM después de aplicar la función de calibración y normalizados a condiciones de presión y temperatura, en base seca y corregidos, en su caso, al porcentaje de oxígeno seco de referencia.
- d) Los valores de comprobación del equipo (verificación de cero, de rango, autocalibración, etc.), no se incluirán en los cálculos.
- e) No se tendrán en cuenta los valores negativos obtenidos por los SAM, en estos casos se utilizará el valor cero.
- f) Cuando se obtengan medidas obtenidas por encima del rango válido de calibración, se utilizará el valor medido por el SAM.

La comprobación del cumplimiento de los límites de emisión aplicables se llevará a cabo utilizando únicamente datos válidos validados. Para obtener estos datos válidos validados, es necesario tener en cuenta la incertidumbre de los SAM, por ello a los valores normalizados y corregidos, en su caso, a condiciones de oxígeno de referencia, se les aplicará el siguiente tratamiento:

- Si el Dato válido normalizado \geq VLE: Dato validado = Dato válido – (X% x VLE).
- Si el Dato válido normalizado < VLE: Dato validado = Dato válido – (X% x Dato válido normalizado)

Donde X% es para:

- Monóxido carbono: 0,1
- Dióxido de azufre: 0,2
- Dióxido de nitrógeno: 0,2
- Partículas totales: 0,3
- Carbono orgánico total: 0,3
- Cloruro de hidrógeno: 0,4



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- Fluoruro de hidrógeno: 0,4
- Otros contaminantes: 0,4

Ejemplo:

Valor límite de emisión (VLE) para partículas = 40 mg/Nm³; Valor Intervalo confianza permitido = 30%

*Dato medido = 30 mg/Nm³, dato validado = 21 mg/Nm³ (30 - 30*0.3 = 30 - 9)*

*Dato medido = 60 mg/Nm³, dato validado = 48 mg/Nm³ (60 - 40*0.3 = 60 - 12)*

Esta incertidumbre se restará a cada dato válido obtenido o a la media cincominutal, no pudiendo restarse del promedio temporal al que se reporta a la Consejería, ni al que venga referido el VLE.

No obstante, previa autorización de la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio, la incertidumbre se puede restar al promedio quinceminutal. Para ello, estos valores quinceminutales deberán ser habitualmente inferiores al VLE.

Adicionalmente, la validación implica asignar a los promedios temporales, unos códigos, denominados códigos flag, que hacen referencia a la situación en la que se encuentra el proceso que genera las emisiones y al estado operativo del SAM. La relación completa de códigos flag que se pueden utilizar, viene indicada en el procedimiento de validación de datos de los analizadores en continuo de focos estacionarios de la Comunidad de Madrid. Cada instalación utilizará los que se adecuen al funcionamiento de su proceso y de su SAM, previa aprobación de la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio. Un ejemplo de estos códigos para indicar la situación del proceso es P, que indica instalación parada; un ejemplo de códigos que indican la operativa del SAM es M, que implica dato nulo por mantenimiento. Estos códigos flag deben ser asignados tras el análisis pormenorizado de los datos. Para agilizar el proceso se recomienda automatizar, en la medida de lo posible, la asignación de códigos flag. No obstante hay eventos y situaciones del proceso y de los SAM que requieren una revisión y validación manual por un operador.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

9.2. CRITERIOS DE INSTALACIONES AFECTADAS POR EL REAL DECRETO 653/2003

En instalaciones afectadas por el Real Decreto 653/2003, además de obtener datos como mínimo cada cinco minutos, se elaborarán medias semihorarias, que serán las que se remitan a la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio, y si es de aplicación, diezminutales; en estos casos se remitirán las medias diezminutales en vez de las semihorarias. Para elaborar una media válida (semihoraria o diezminutal) se deberá disponer de al menos el 66% de los datos medidos dentro de ese periodo. Por debajo de esta cobertura de datos no podrá calcularse el promedio temporal correspondiente.

La Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio, elaborará las medias que correspondan, a partir de estos datos semihorarios, siendo para ello necesario, que por fallos de funcionamiento o por mantenimiento del SAM, no se hayan descartado más de cinco valores medios semihorarios en el día. Por debajo de esta cobertura de datos, se considerarán datos no disponibles y no podrá calcularse el promedio diario correspondiente.

Adicionalmente, no podrá descartarse por fallos de funcionamiento o por mantenimiento del SAM, más de 10 valores medios diarios al año (días no válidos).

Si el fallo afecta a SAM periféricos, se deberán reparar lo antes posible y durante este periodo se podrán utilizar valores medios históricos. En caso de que hayan transcurrido 10 días hábiles en esta situación y no se haya solucionado la avería, se realizarán tres medidas diarias con una duración de una hora cada una de ellas hasta que el SAM periférico en cuestión esté operativo.

9.3. CRITERIOS DE INSTALACIONES AFECTADAS POR EL REAL DECRETO 430/2004

En instalaciones afectadas por el Real Decreto 430/2004, además de obtener datos como mínimo cada cinco minutos, se seguirán los criterios establecidos en la Orden ITC/1389/2008 de 19 de mayo, por la que se regulan los procedimientos de determinación de las emisiones de contaminantes atmosféricos SO₂, NO_x y partículas, procedentes de grandes instalaciones de combustión, el control de los aparatos de medida y el tratamiento y remisión de la información relativa a dichas emisiones, y la Resolución de 8



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

de julio de 2009, de la Secretaría de Estado de Energía, por la que se precisan determinados aspectos relativos a la aplicación de la Orden ITC/1389/2008, de 19 de mayo y de la Orden PRE/3539/2008, de 28 de noviembre, respecto a la remisión de información y al seguimiento y control de las emisiones a la atmósfera procedentes de las grandes instalaciones de combustión.

9.4. CRITERIOS APLICABLES AL RESTO DE INSTALACIONES

Las instalaciones obtendrán, como mínimo, una medida cada cinco minutos, y calcularán al menos el promedio temporal horario, que será el que se remita a la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio. No obstante, en casos excepcionales, y previa autorización del Órgano Competente, se podrán autorizar periodos más amplios de medida.

Para calcular el promedio horario será preciso disponer de al menos un 75% de datos válidos dentro de este periodo.

La Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio, elaborará las medias diarias a partir de estos datos horarios, siendo para ello necesario, que se dispongan del 75% de las medias horarias durante el periodo de funcionamiento de la instalación en el día considerado. Por ejemplo, si un proceso funciona ocho horas al día, será necesario, para hacer la media diaria, que la instalación haya comunicado seis datos horarios válidos.

Por debajo de esta cobertura de datos, se considerarán datos no disponibles y no podrá calcularse el promedio temporal correspondiente.

Si por fallo de funcionamiento o mantenimiento de los SAM se invalidan más de 10 valores medios diarios consecutivos o más de 20 valores medios diarios en un año, se informará a la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio de las causas y medidas correctoras adoptadas. Igualmente, en caso de superar los diez días consecutivos, se realizará una medición manual antes del día 13 y semanal a partir de ese día si se mantiene el fallo. En el caso de superarse los 20 días al año se realizarán mediciones cada día que el equipo no esté en funcionamiento. Las mediciones se llevarán a cabo por Laboratorios de ensayo o Entidades de Inspección acreditadas, realizándose para ello tres



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

medidas de una hora de duración cada una de ellas realizadas en un periodo de 8 horas de los parámetros afectados.

Si el fallo afecta a SAM periféricos, se deberán reparar lo antes posible y durante este periodo se podrán utilizar valores medios históricos. En caso de que hayan transcurrido 10 días hábiles en esta situación y no se haya solucionado la avería, se realizarán tres medidas de una hora de duración cada una de ellas, cada tres días de proceso operativo, hasta que el SAM periférico en cuestión mida adecuadamente.

9.5. CÁLCULOS PARA TRANSFORMAR LAS CONCENTRACIONES MEDIDAS A LAS QUE VENGA REFERIDO EL VLE

La función analítica general para la corrección de los datos calibrados del SAM a condiciones a los que viene referido el VLE es la que se indica a continuación. Se aplicará en cada caso la parte de la misma que sea necesaria, dependiendo de las condiciones de medición del SAM. (por ejemplo: si un SAM mide en base seca, no aplicará la parte correspondiente a corrección de humedad):

$$C_E = C \times \frac{21 - O_R}{21 - O_2} \times \frac{T}{273} \times \frac{101,3}{P} \times \frac{100}{100 - h}$$

Siendo:

C_E = Concentración contaminante corregida a condiciones normales y base seca, y al O_2 de referencia.

C = Concentración de contaminante sin corregir. (dato calibrado del SAM).

O_R = Concentración de O_2 de referencia (en %).

O_2 = Concentración de O_2 medida en base seca (en %).

T = Temperatura gases emisión (en K). Habitualmente no aplica a SAM extractivos.

P = Presión gases emisión (en kPa). Habitualmente no aplica a SAM extractivos.

h = Contenido de humedad absoluta en los gases (en %).

En el caso de que el dato calibrado del SAM venga expresado en ppm (partes por millón) en volumen y sea necesario expresar esta concentración en unidades de mg/Nm^3 , se deberá multiplicar el valor de la medida en ppm por un coeficiente (sin perjuicio de tener que realizar otras correcciones como la de



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

humedad y oxígeno). Los coeficientes y los criterios de utilización de estos coeficientes son los siguientes:

Tabla 9: coeficiente de conversión de ppm a mg/Nm ³	
PARÁMETRO	COEFICIENTE DE CONVERSION
SO ₂	2,858
NO _x	Se deberá expresar en NO ₂ , por lo que el coeficiente a utilizar será 2,054. Cuando pueda demostrarse que la relación de NO ₂ /NO en las emisiones es inferior o igual al 5%, podrá medirse únicamente NO, debiéndose multiplicar el anterior coeficiente de 2,054 por 1,05 para obtener la concentración de NO _x expresada como NO ₂ . Si esta condición no pudiese demostrarse, se deberá medir simultáneamente NO y NO ₂ o directamente NO _x .
CO	1,25
COT	(Nº carbonos del gas de calibración * 12)/22,4. Por ejemplo, para el propano: (3*12)/22,4 = 1,607
HCl	1,627
HF	0,937

En el caso de partículas, los valores de concentración de emisiones expresados en mg/Nm³, se obtendrán aplicando a la señal del SAM la función de calibración y la función analítica.

10. TRANSMISION DE DATOS

Cada una de las instalaciones que deba medir en continuo, elaborará un procedimiento para la transmisión de los datos medidos por el SAM, que será aprobado por la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio.

La Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio, previa solicitud de la empresa, asignará una serie de códigos para la identificación inequívoca de la emisión que es objeto de medición en continuo. Así se asignará un código de empresa, uno de instalación y uno de foco.

El contenido mínimo de este procedimiento, se incluye en el anexo VII de esta Instrucción Técnica.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Los datos validados serán enviados a la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio con frecuencia diaria. Los datos serán enviados antes de pasadas 24 horas del siguiente día laborable a su generación.

11. INFORME DE RESULTADOS

Los laboratorios de ensayo deberán plasmar los trabajos de aseguramiento de la calidad (NGC 2, EAS y EBS) en un informe cuyo contenido mínimo respectivo se establece en el anexo IX de esta instrucción técnica.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

ANEXOS



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Anexo I. Contenido mínimo del proyecto técnico del SAM.

Una vez se haya decidido el SAM a adquirir y previamente a su adquisición e instalación, se deberá elaborar un proyecto técnico que deberá remitirse a la Consejería de Medio Ambiente Vivienda y Ordenación de Territorio. Asimismo, la información que contiene este proyecto técnico debe estar disponible en todas las instalaciones con obligaciones de medir en continuo.

El contenido del proyecto se ajustará la estructura siguiente. Para disponer la versión más actualizada de este proyecto y poder elaborar a partir éste el específico de la empresa, se podrá bajar el archivo "Contenido mínimo del proyecto técnico del SAM" en formato "WORD" de la página WEB de la Comunidad de Madrid.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

**Contenido mínimo del proyecto
técnico del SAM**

Elaborado por:

Aprobado por:

Fecha y firma

Fecha y firma



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

1.- IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

DATOS DE LA EMPRESA				
Razón Social			CIF	
Dirección				
CP		Municipio		
Teléfono		Fax		e mail

DATOS DE LA INSTALACIÓN				
Denominación			NIMA	
Dirección				
CP		Municipio		
Teléfono		Fax		e-mail
Persona de contacto				



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

2.- IDENTIFICACIÓN DE FOCOS CON SAM

IDENTIFICACIÓN DE LOS FOCOS CON SAM	
Denominación Foco 1:	
Denominación Foco 2:	
Denominación Foco n:	

IDENTIFICACIÓN DE LOS FOCOS CON SAM				
Número de foco		Coordenadas	X	Y
Proceso asociado				
Sistema (s) de depuración			Fecha de instalación	
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS				
Parámetro contaminante (unidad) ¹	Concentración mínima	Concentración media	Concentración máxima	VLE
Otros parámetros emitidos (unidad) ^{1 y 2}	Concentración mínima	Concentración media	Concentración máxima	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS				
	Mínima	Media	Máxima	
Temperatura (° C)				
Presión (kPa)				
Humedad (%)				
Caudal (Nm ³ /h) y seco.				
<p>NOTA 1: los valores de concentración así como del resto de parámetros deberán expresarse, cuando sea de aplicación, en las mismas unidades en las que viene expresado el VLE.</p> <p>NOTA 2: parámetros emitidos que puedan influir, condicionar o crear interferencias en el comportamiento del SAM.</p>				



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

3.- DESCRIPCIÓN DEL SAM

CARACTERÍSTICAS DEL SAM			
Contaminante a medir ¹		¿SAM extractivo? <input type="checkbox"/>	¿SAM extractivo? <input type="checkbox"/>
Marca		Modelo	
Distribuidor		¿Dispone de NGC1?	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Principio de medida			
Condiciones optimas de trabajo (temperaturas, humedades, etc.)			
Aspectos críticos (atenciones especiales o puntos clave de mantenimiento)			
Limitaciones de uso (% máximo de humedad, temperatura, partículas u otros agentes, etc.)			
Condiciones de la medida (base seca o húmeda; condiciones de chimenea, normalizadas, etc.)			
Evaluación del rango de certificación	Cumple <input type="checkbox"/>	No cumple <input type="checkbox"/>	No evaluado <input type="checkbox"/>
Evaluación del rango de medida	Cumple <input type="checkbox"/>	No cumple <input type="checkbox"/>	No evaluado <input type="checkbox"/>
Rango de medida dado por el Fabricante (unidad)	Rango de certificación -NGC 1- (unidad)	VLE2	Límite de detección (unidad)
Evaluación de las interferencias	Cumple <input type="checkbox"/>	No cumple <input type="checkbox"/>	No evaluado <input type="checkbox"/>
¿Posibilidad de verificación de cero y rango con el equipo montado? Breve descripción de la verificación, indicando si se puede hacer de forma programada.	SI <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
<p>Se deberá adjuntar a este proyecto los certificados NGC1 (QAL 1) de aquellos SAM que se deban calibrar de acuerdo a la norma UNE-EN 14181 y, para el resto de los equipos, el Certificado de homologación del equipo emitido por un laboratorio de calibración de algún país de la Unión Europea.</p> <p>Los valores de concentración así como del resto de parámetros deberán expresarse con su unidad de medida correspondiente, expresada en el informe del cual se aporta la información.</p> <p>NOTA 1: expresar en las unidades del valor límite de emisión legal.</p> <p>NOTA 2: Si se usa un SAM multiparamétrico, se adjuntará una tabla por cada parámetro medido.</p>			



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

PERIFÉRICOS ASOCIADOS AL SAM			
Periférico a medir			
Marca		Modelo	
Distribuidor		Dispone de NGC1?	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Principio de medida		Rango de medida (unidad)	
Límite de detección (unidad)		¿Mismo plano que el SAM?	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Condiciones de la medida			
¿Posibilidad de verificación de cero y rango con el equipo montado? Breve descripción de la verificación, indicando si se puede hacer de forma programada.	SI <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	

COMPONENTES DEL SISTEMA IN SITU (sólo para sistemas in situ, incluyendo periféricos)			
Tipo	PUNTUAL <input type="checkbox"/>	DE PASO <input type="checkbox"/>	Observaciones
Muestreo	Longitud camino de medida (m)		Material
Sonda de medida (medida dentro de la sonda)	Longitud de la sonda (m)		Material
	Longitud del camino óptico (m)		¿Autolimpieza? SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

COMPONENTES DEL SISTEMA EXTRACTIVO (sólo para sistemas extractivos incluyendo periféricos)			
¿Todos los elementos del SAM extractivo se incluyen en el NGC1?	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Observaciones	
Sonda de muestreo	Longitud (m)		Material
	¿Calefactada?	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Temperatura de control (°C)
Línea de muestreo	Longitud (m)		Material
	¿Calefactada?	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Temperatura de control (°C)
	Nº de codos		
Dilución del sistema	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Error en la generación aire dilución	
	Obtención de aire de dilución		
Eliminación de la humedad	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Situación	Inmediatamente posterior a la sonda <input type="checkbox"/> Inmediatamente anterior al analizador <input type="checkbox"/>
	Principio de eliminación		



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

5.- UBICACIÓN DE LOS SAM /SAM PERIFÉRICOS

Se deberá incorporar la siguiente información para cada foco en el que se disponga de SAM periféricos.

ESQUEMAS ACOTADOS DE (para ello se pueden utilizar los esquemas de las Figuras correspondientes de esta instrucción técnica):

Plataforma (Figura 2)

Esquema del foco con ubicación de los planos de muestreo del MRP (Figura 2 y Figura 5)

Ubicación de los SAM principales y del SATC (Figura 5)

Ubicación de los SAM periféricos

Perturbaciones (Figura 1)

Accesos a la plataforma

En caso de que el conducto sea rectangular basarse en la Figura 3 para realizar los esquemas de la ubicación de los diferentes elementos.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

6.- DATOS DE LA CHIMENEA Y DEL PUNTO DE TOMA DE MUESTRAS

DATOS DE LA CHIMENEA Y DEL PUNTO DE MUESTREO ¹			
Tipo	CIRCULAR <input type="checkbox"/>	RECTANGULAR <input type="checkbox"/>	Diámetro interior D ó De (m)
Cotas (m)	Chimenea		
	Al punto de muestreo del SAM		
	Del punto de muestreo del SAM al MRP		
Distancias de los SAM (m)	A la perturbación anterior (L1 o B)		
	A la perturbación posterior (L2 o A)		
Muestreo MRP	Distancia (m)	A la perturbación anterior	
		A la perturbación posterior	
Plataforma de los SAM	Superficie de la plataforma (m ²)		
Plataforma muestreos MRP	Dimensión de los orificios (mm) (D brida y L brida)		
	Superficie de la plataforma de muestreo (m ²) (Pa * Pd)		
	Forma de acceso a plataforma de muestreo		
Indicar las instalaciones de las que dispone el personal que realice trabajos en plataforma		ILUMINACIÓN <input type="checkbox"/> CORRIENTE <input type="checkbox"/> POLIPASTO <input type="checkbox"/> SEÑALES ANALÓGICAS SAM <input type="checkbox"/>	
NOTA 1: Según esquemas de las Figuras 1, 2 y 3			



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

7.- SISTEMA DE GESTION DE DATOS

Se indicará para cada contaminante los datos validados que genera el sistema de tratamiento de datos. Se aportará un esquema de la transmisión de señales donde figuren todos los sistemas que intervienen desde los diferentes SAM, hasta el SAD que genera el registro que se envía a la Consejería. Este esquema indicará con claridad:

- Señales analógicas utilizadas: tipo de señal, rango, parámetro asociado.
- Señales de estado y alarma.
- Comunicaciones digitales.
- Sistemas en los que se incorporan funciones matemáticas de adquisición o tratamiento de señales, tales como: función característica, función analítica, y función de calibración.

GESTIÓN DE LOS DATOS			
Describir el sistema de registro de datos			
Describir la validación de datos			
Periodicidad de la adquisición de los datos			
Datos comprobados automáticamente		Datos comprobados manualmente	
Periodo de integración del sistema		Observaciones	

Configuración de Salidas Analógicas duplicadas (para la administración)			
PARAMETRO	UNIDAD	CONCENTRACION PARA 0 (4) mA	CONCENTRACION PARA 20 mA



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

8.- MANTENIMIENTO DEL SMEC

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SMEC			
A realizar por	Personal fábrica <input type="checkbox"/>	Empresa externa <input type="checkbox"/>	
Periodicidad		Contrato	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Mantenimiento programado	Trabajos		
	Tiempo de respuesta a averías		

9.- ANEXOS

Se adjuntará información específica sobre los detalles y particularidades de los SAM, su instalación y calibración, tal como:

- 1- Fotografías
- 2- Catálogos de SAM
- 3- Certificados de SAM
- 4- Certificados de SAM periféricos
- 5- Informe de laboratorio acreditado de Comprobación de la representatividad del plano y punto de toma de muestra de acuerdo al punto 7 de la presente Instrucción técnica



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Anexo II. Cálculo de rango.

Ejemplo para determinar si las características de los SAM son adecuadas a los criterios establecidos en relación con el rango de certificación y rango de medida en una incineradora de residuos sólidos urbanos y en una gran instalación de combustión.

Parámetro a medir: NO_x (todas las concentraciones de NO_x de las tablas están expresadas como NO₂)

Rango de certificación del SAM (indicado en el NGC1): 0-100 ppmv de NO.

Rango de medida del SAM (indicado por el fabricante): 0-400 ppmv de NO.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

INSTALACIÓN INCINERADORA		
PARÁMETROS	VALOR A CUMPLIR	CUMPLIMIENTO
VLE (diario -más restrictivo-) de NOx del R.D 653/2003	200 mg/Nm ³	---
VLE (menos restrictivo) de NOx del R.D 653/2003	400 mg/Nm ³	---
Rango máximo de certificación permitido	1,5 * VLE (diario –más restrictivo)= 1,5 * 200=300 mg/Nm ³	---
Rango de certificación del SAM evaluado	100 ppmv = 100 * (46/22,4) mg/Nm ³ = 205 mg/Nm ³ donde 46 es el peso molecular del NO ₂	
Criterio de aceptación del Rango de certificación	Rango de certificación del SAM evaluado ≤ Rango máximo de certificación permitido 205 mg/Nm ³ < 300 mg/Nm ³	SI
Rango mínimo de medida exigido	a) 2 * Rango máximo de certificación permitido= 2*300= 600 mg/Nm ³ b) 2* VLE menos restrictivo= 2*400 = 800 mg/Nm ³	---
Rango de medida dado por el fabricante	400 ppmv= 400 * (46/22,4) mg/Nm ³ = 820 mg/Nm ³	---
Criterio de aceptación del Rango de medida	a) Rango de medida del fabricante ≥ Rango de medida exigido 820 mg/Nm ³ > 600 mg/Nm ³ b) Rango de medida del fabricante ≥ 2*VLE menos restrictivo 820 mg/Nm ³ > 800 mg/Nm ³ en aquellos casos en los cuales el SAM obtenga resultados en las mismas condiciones en las que se expresa el VLE	SI



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

INSTALACIÓN INCINERADORA		
PARÁMETROS	VALOR A CUMPLIR	CUMPLIMIENTO
<p>Otras consideraciones a tener en cuenta para evaluar el rango de medida: Equipos extractivos que secan la muestra y miden en condiciones normales. El oxígeno se mide directamente en chimenea, es decir en condiciones reales de emisión.</p> <p>Ejemplo</p> <p>O₂ real en condiciones de emisión= 12 % (húmedo)</p> <p>Humedad gases: 13 %</p> <p>VLE en mg/Nm³ en gas seco y al 11 % O₂ seco</p>	<p>Valor límite de emisión menos restrictivo 400 mg/Nm³. Ejemplo hay que cumplir que el rango sea 2 * VLE menos restrictivo = 2 * 400= 800 mg/Nm³ ¿A cuánto equivale este valor en condiciones de medida del equipo, es decir cual es el valor superior del rango en condiciones de medida?</p> $C_{\text{rango en condiciones de medida}} = C_{\text{rango}} * [(21 - O_{2\text{ch seco}}) / (21 - O_{2\text{ref}})]$ $O_{2\text{seco}} = O_{2\text{ch húmedo}} * [100 / (100 - H_{\text{ch}})] = 12 * [100 / (100 - 13)] = 13,8 \%$ $C_{\text{rango en condiciones de medida}} = C_{\text{rango}} * [(21 - 13,8) / (21 - 11)] = 800 * 7,2 / 10 = 576 \text{ mg/Nm}^3$ <p>Como 820 mg/Nm³ > 576 mg/Nm³, el equipo SI que cumpliría las condiciones del rango en relación con el VLE.</p> <p>C_{rango} en condiciones de medida: Valor superior del rango en condiciones de medida reales del equipo</p> <p>C_{rango}: Valor superior del rango que debe ser capaz de medir el equipo relacionado con el VLE</p>	SI
<p>Otras consideraciones a tener en cuenta para evaluar el rango de medida: Equipos extractivos que secan la muestra y miden en condiciones normales. El oxígeno real de foco se mide directamente en chimenea.</p> <p>Ejemplo</p> <p>O₂ real en condiciones de emisión = 8 % (húmedo)</p> <p>Humedad gases: 13 %</p> <p>VLE en mg/Nm³ en gas seco y al 11 % O₂ seco</p>	<p>Valor límite de emisión menos restrictivo 400 mg/Nm³. Ejemplo: hay que cumplir que el rango sea 2 * VLE menos restrictivo = 2 * 400= 800 mg/Nm³ ¿A cuánto equivale este valor en condiciones de medida del equipo, es decir cual es el valor superior del rango en condiciones de medida?</p> $C_{\text{rango en condiciones de medida}} = C_{\text{rango}} * [(21 - O_{2\text{ch seco}}) / (21 - O_{2\text{ref}})]$ $O_{2\text{seco}} = O_{2\text{ch húmedo}} * [100 / (100 - H_{\text{ch}})] = 8 * [100 / (100 - 13)] = 9,2 \%$ $C_{\text{rango en condiciones de medida}} = C_{\text{rango}} * [(21 - 9,2) / (21 - 11)] = 800 * 11,8 / 10 = 944 \text{ mg/Nm}^3$ <p>Como 820 mg/Nm³ < 944 mg/Nm³, el equipo NO que cumpliría las condiciones del rango en relación con el VLE.</p> <p>C_{rango} en condiciones de medida: Valor superior del rango en condiciones de medida reales del equipo</p> <p>C_{rango}: Valor superior del rango que debe ser capaz de medir el equipo relacionado con el VLE</p>	NO



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

INSTALACIÓN INCINERADORA		
PARÁMETROS	VALOR A CUMPLIR	CUMPLIMIENTO
<p>Otras consideraciones a tener en cuenta para evaluar el rango de medida. Equipos extractivos que <u>no</u> secan muestra y miden en condiciones normales de P y Tª. El oxígeno real de foco se mide directamente en chimenea.</p> <p>Ejemplo</p> <p>O₂ real en condiciones de emisión= 8 % (húmedo)</p> <p>Humedad gases: 13 %</p> <p>VLE en mg/Nm³ en gas seco y al 11 % O₂ seco</p>	<p>Valor límite de emisión menos restrictivo 400 mg/Nm³. Ejemplo: hay que cumplir que el rango sea 2 * VLE menos restrictivo = 2 * 400= 800 mg/Nm³ ¿A cuánto equivale este valor en condiciones de medida del equipo, es decir cual es el valor superior del rango en condiciones de medida?</p> $C_{\text{rango en condiciones de medida}} = C_{\text{rango}} * [(21 - O_{2\text{ch seco}}) / (21 - O_{2\text{ref}})] * [(100 - H_{\text{ch}}) / 100]$ $O_{2\text{seco}} = O_{2\text{ch húmedo}} * [100 / (100 - H_{\text{ch}})] = 8 * [100 / (100 - 13)] = 9,2 \%$ $C_{\text{rango en condiciones de medida}} = C_{\text{rango}} * [(21 - 9,2) / (21 - 11)] * (87 / 100) = 800 * (11,8 / 10) * (87 / 100) = 821,3 \text{ mg/Nm}^3$ <p>Como 820 mg/Nm³ < 821,3 mg/Nm³, el equipo NO que cumpliría las condiciones del rango en relación con el VLE.</p> <p>C_{rango en condiciones de medida}: Valor superior del rango en condiciones de medida reales del equipo</p> <p>C_{rango}: Valor superior del rango que debe ser capaz de medir el equipo relacionado con el VLE</p>	<p>NO</p>
<p>Otras consideraciones a tener en cuenta para evaluar el rango de medida. Equipos no extractivos que miden las condiciones del foco el O₂, Tª, P y Humedad.</p> <p>Ejemplo:</p> <p>O₂ real en condiciones de emisión: 8 % (húmedo)</p> <p>Tª en chimenea 180°C= 453 K</p> <p>P en chimenea = 105 kPa</p> <p>Humedad de gases = 13 %</p> <p>VLE en mg/Nm³ en gas seco y al 11 % O₂ seco</p>	<p>Valor límite de emisión menos restrictivo 400 mg/Nm³. Ejemplo: hay que cumplir que el rango sea 2 * VLE menos restrictivo = 2 * 400= 800 mg/Nm³ ¿A cuánto equivale este valor en condiciones de medida del equipo, es decir cual es el valor superior del rango en condiciones de medida?</p> $C_{\text{rango en condiciones de medida}} = C_{\text{rango}} * [(21 - O_{2\text{ch seco}}) / (21 - O_{2\text{ref}})] * [273 / (T_{\text{ch}} + 273)] * (P_{\text{ch}} / 101,3) * [(100 - H_{\text{ch}}) / 100]$ $O_{2\text{seco}} = O_{2\text{ch húmedo}} * [100 / (100 - H_{\text{ch}})] = 8 * [100 / (100 - 13)] = 9,2 \%$ $C_{\text{rango en condiciones de medida}} = 800 * [(21 - 9,2) / (21 - 11)] * [(273 / 453)] * (105 / 101,3) * [(100 - 13) / 100] = 513 \text{ mg/Nm}^3$ <p>Como 820 mg/Nm³ > 513 mg/Nm³, el equipo SI que cumpliría las condiciones del rango en relación con el VLE.</p> <p>C_{rango en condiciones de medida}: Valor superior del rango en condiciones de medida reales del equipo</p> <p>C_{rango}: Valor superior del rango que debe ser capaz de medir el equipo relacionado con el VLE</p>	<p>SI</p>



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

GRAN INSTALACIÓN DE COMBUSTIÓN		
PARÁMETROS	VALOR A CUMPLIR	CUMPLIMIENTO
VLE (diario -más restrictivo-)de NOx del R.D 430/2004	50 mg/Nm ³	---
VLE (más tolerante) de NOx del R.D 430/2004	55 mg/Nm ³	---
Rango máximo de certificación permitido	$2,5 * \text{VLE (diario -más restrictivo-)} = 2,5 * 50 = 125 \text{ mg/Nm}^3$	---
Rango de certificación del SAM	100 ppmv = 205 mg NO ₂ /Nm ³ $(100 * 46/22,4=205)$ 100 ppmv = $100 * (46/22,4) \text{ mg/Nm}^3 = 205 \text{ mg/Nm}^3$ donde 46 es el peso molecular del NO ₂	
Criterio de aceptación del Rango certificado	Rango certificado \leq Rango de certificación $205 \text{ mg/Nm}^3 > 125 \text{ mg/Nm}^3$	NO
Rango mínimo de medida exigido	a) $2 * \text{Rango máximo de certificación permitido} = 2 * 125 = 250 \text{ mg/Nm}^3$ b) $2 * \text{VLE (más tolerante)} = 2 * 55 = 110 \text{ mg/Nm}^3$	---
Rango de medida dado por el fabricante	$400 \text{ ppmv} = 400 * (46/22,4) \text{ mg /Nm}^3 = 820 \text{ mg/Nm}^3$	
Criterio de aceptación del rango de medida	Rango de medida dado por el fabricante \geq Rango mínimo de medida exigido $820 \text{ mg/Nm}^3 > 250 \text{ mg/Nm}^3$ en aquellos casos que el SAM obtenga los resultados en las mismas condiciones en las que se expresa el VLE.	SI



Comunidad
de Madrid

Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

COMENTARIO EN RELACIÓN CON EL RANGO DE MEDIDA

Como se puede observar, si el rango del SAM dado por el fabricante cumple, por comparación directa, el criterio que establece la I.T, es muy probable que el SAM cumpla con el criterio de rango en las condiciones de medida del SAM. Es decir, las condiciones de P, T y humedad en las que mide el SAM frente a las condiciones normales de P, T y gas seco en las que viene expresado el VLE, favorecen cumplir el rango de medida necesario. Sólo actúa en contra el oxígeno y siempre que la concentración del O₂ medido en el foco sea inferior a la del O₂ de referencia.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Anexo III. Técnicas analíticas más utilizadas en función de los gases a evaluar.

A continuación, a modo de orientación, se señalan algunas técnicas analíticas utilizadas para la medición en continuo de los distintos contaminantes, incluyéndose algunos comentarios que se deberán tener en cuenta a la hora de seleccionar e instalar estos SAM.

Los SAM utilizados, estarán basados en estas tecnologías, o en otras que en su caso se desarrollen, siendo imprescindible que cumplan con lo descrito en el punto 5.1. de la presente Instrucción Técnica.

Parámetro	SAM	Técnica de medida	Comentarios
Dióxido de azufre SO ₂	Extractivo	Fluorescencia UV	---
		Absorción UV	---
		DOAS (3)	---
		NDIR (1)	---
		FTIR (2)	---
	Celda electroquímica	Puede presentar problemas en medidas a largo plazo (interferencias, humedad, degradación de la célula). No es común su utilización para medición en continuo	
	In situ	DOAS	Permite determinar SO ₂ y SO ₃ .
		NDIR	Pueden presentar problemas en el caso de alta humedad en la emisión y/o concentración de partículas alta
NDUV (4)		---	
Óxidos de nitrógeno NO _x (NO, NO ₂)	Extractivo	Quimioluminiscencia	---
		NDIR	---
		DOAS	Permite determinar NO, NO ₂ y NO ₃ .
		NDUV	Pueden producirse interferencias con el SO ₂
		FTIR	---
	Celda electroquímica	Puede presentar problemas en medidas a largo plazo. No es común su utilización para medición en continuo	
	In situ	DOAS	Permite determinar NO, NO ₂ y NO ₃ .
		NDIR	Pueden presentar problemas en el caso de alta humedad en la emisión y/o concentración de partículas alta
		NDUV	Pueden producirse Interferencias con el SO ₂



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Parámetro	SAM	Técnica de medida	Comentarios
Monóxido de carbono CO	Extractivo	NDIR	Requiere secado de la muestra y filtrado de partículas. Pueden producirse Interferencias con COVs.
		FTIR	---
		DOAS	---
		Celda electroquímica	Puede presentar problemas en medidas a largo plazo. No es común su utilización para medición en continuo.
	In situ	DOAS	---
		TDL	---
Cloruro de hidrógeno HCl	Extractivo	NDIR	Requiere secado de la muestra y filtrado de partículas.
		DOAS	---
		FTIR	---
	In situ	DOAS	---
		NDIR	Pueden presentar problemas en el caso de alta humedad en la emisión y/o concentración de partículas alta
		TDL (5)	---
Fluoruro de hidrógeno HF	Extractivo	NDIR	Requiere secado de la muestra y filtrado de partículas.
		FTIR	---
		DOAS	---
		IMS (6)	---
		TDL	---
	In situ	DOAS	---
		TDL	---
Sulfuro de hidrógeno H ₂ S	Extractivo	Fluorescencia UV + Conversión catalítica	Requiere eliminación previa de los óxidos de azufre
		Celda electroquímica	Inadecuado para medidas a largo plazo
		FPD (7)	Medida indirecta de implementación compleja
		Cromatografía de gases + TCD (8)	---
	In situ	DOAS	---
		TDL	---



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Parámetro	SAM	Técnica de medida	Comentarios
Amoniac NH ₃	Extractivo	NDIR	Requiere secado de la muestra y filtrado de partículas. Interferencia con NO _x
		NDUV	Pueden producirse interferencias con el SO ₂
		Quimioluminiscencia + Conversión catalítica	---
		DOAS	---
		FTIR	---
	In situ	DOAS	---
		NDIR	Pueden presentar problemas en el caso de alta humedad en la emisión y/o concentración de partículas alta
IMS		---	
TDL	--		
Compuestos Orgánicos Volátiles COT	Extractivo	FID (9)	Requiere el uso de H ₂
Dióxido de carbono CO ₂	Extractivo	NDIR	Requiere secado y filtrado de la muestra. Interferencia de CO y COVs
		DOAS	---
		FTIR	---
	In situ	DOAS	---
		NDIR	Pueden presentar problemas en el caso de alta humedad en la emisión y/o concentración de partículas alta. Pueden producirse Interferencias con el CO y los COVs
Oxígeno O ₂	Extractivo	Paramagnetismo	Pueden producirse interferencias con los NO _x y los COVs
		Celda electroquímica	Puede presentar problemas en medidas a largo plazo.
		TDL	
		Célula de Óxido de Circonio	Pueden producirse interferencias con el CO y con los COVs
	In situ	Célula de Óxido de Circonio	Pueden producirse interferencias con el CO y con los COVs
		TDL	---
Vapor de agua/humedad H ₂ O	Extractivo	NDIR	---
		Paramagnetismo	Medida indirecta de H ₂ O obtenida a partir de medida de O ₂ seco y O ₂ húmedo. Pueden producirse interferencias con los NO _x y los COVs
		FTIR	---
		Célula de Óxido de Circonio	Medida indirecta de H ₂ O obtenida a partir de medida de O ₂ seco y O ₂ húmedo
	In situ	DOAS	---
		Célula de Óxido de Circonio	Medida indirecta de H ₂ O obtenida a partir de medida de O ₂ seco y O ₂ húmedo
		TDL	
NDIR	Pueden presentar problemas en el caso de alta humedad en la emisión y/o concentración de partículas alta.		



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Parámetro	SAM	Técnica de medida	Comentarios
Partículas	Extractivo	Atenuación β	Pueden requerir mayor mantenimiento. Es un aspecto crítico la longitud de línea.
		Dispersión de luz (scattering)	Pueden requerir mayor mantenimiento. Es un aspecto crítico la longitud de línea.
		Triboelectricidad	Pueden requerir mayor mantenimiento. Es un aspecto crítico la longitud de línea.
	In situ	Transmisión de luz (opacidad)	Pueden ser inadecuados para bajas concentraciones
		Triboelectricidad	Pueden ser inadecuados en el caso de altas variaciones de humedad o de existir grandes variaciones de velocidad.
		Dispersión de luz (scattering)	Pueden ser inadecuados para humedad alta.
Velocidad gases/caudal	In situ	Ultrasonidos	Suelen ser inadecuados para régimen turbulento
		Presión dinámica	---
		Triboelectricidad	Pueden ser inadecuados para humedad alta
		Dispersión térmica	Su uso está condicionado por la temperatura de las emisiones

- (1) NDIR: Non Dispersive Infrared (Absorbancia no dispersiva en el Infrarrojo)
 DOAS: Differential Optical Absorption Spectrometry (Espectrometría de Absorción Óptica Diferencial)
 FTIR: Fourier Transform Infrared (Espectrometría de Transformada de Fourier en el Infrarrojo)
 NDUV: Non Dispersive Ultraviolet (Absorbancia no dispersiva en el Ultravioleta)
 TDL: Tunable Diode Laser (Espectrometría con diodo láser sintonizable)
 IMS: Ion Mobility Spectrometry (Espectrometría de movilidad iónica)
 FPD: Flame Photometric Detector (Detección fotométrica en llama)
 TCD: Thermal Conductivity Detector (Detección de conductividad térmica)
 FID: Flame Ionization Detector (Detección de ionización por llama)

Anexo IV. Materiales de los equipos.

La información que se incluye a continuación se ha obtenido de la UNE-ISO 10396:2009. Emisiones de fuentes estacionarias. Muestreo para la determinación automática de concentraciones de gas de emisión para sistemas de medida instalados permanentemente.

1.- COMPONENTES DE LA MUESTRA

La elección de los materiales de construcción adecuados es una parte muy importante del diseño de una interfase de muestreo. Los materiales de construcción aceptables deben cumplir tres criterios:

- Deben tener suficiente resistencia química para soportar los constituyentes corrosivos de la muestra.
- No deben mostrar una interacción excesiva (reacción, absorción y adsorción) con los gases de la muestra.
- Cuando se utilizan en o cerca de la chimenea deben ser resistentes al calor.

Para un sistema de muestreo de diseño mínimo, los criterios anteriores deben examinarse a la luz de los costes de material.

2.- RESISTENCIA QUÍMICA.

Los constituyentes corrosivos encontrados en el seguimiento de fuentes son gases alcalinos o gases ácidos tales con dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, ácido nítrico diluido, ácido sulfuroso diluido, ácido sulfúrico concentrado o diluido [Trióxido de azufre húmedo (SO_3) o niebla ácida], amoníaco y cloruro de hidrógeno. Las resistencias químicas de diversos materiales a estos constituyentes se han recogido a partir de una serie (de 8 a 12) de fuentes y se resumen en la tabla A.1 y en la tabla A.2. Todos los materiales se evalúan a temperatura ambiente y pueden ser considerablemente menos resistentes a temperaturas más altas.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

De los metales, el acero inoxidable Carpenter 20 SS y los Hastelloys son los más resistentes, seguidos del 316 SS, 304 SS, y finalmente el aluminio. El vidrio borosilicato y el PTFE (Teflón®¹) son bastante resistentes a todos los componentes de la muestra. El cloruro de polivinilo (PVC) es algo menos resistente a todos los componentes, excepto al ácido nítrico concentrado que no está previsto que se encuentre en la interfase de muestreo. EL PVC es resistente a la corrosividad, pero puede reaccionar con los constituyentes corrosivos. Para las mediciones de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en bajas concentraciones en muestras húmedas, se recomiendan el PTFE, vidrio borosilicato y sílice vítrea. El polietileno y el polipropileno tienen casi la misma resistencia química y son aceptables para su utilización, excepto cuando está presente ácido nítrico concentrado (niebla ácida de la planta de ácido sulfúrico). El Nylon es un material de utilidad aparentemente limitada en los sistemas de muestreo; si bien las fuentes difieren en el rendimiento del Vitón®¹) durante los ensayos de resistencia.

¹ Teflón® y Vitón® son ejemplos de productos adecuados disponibles comercialmente. Esta información se da para la comodidad de los usuarios de esta instrucción técnica.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Tabla A.1 - Resistencia química de diversos materiales (líneas de muestreo, sonda de toma de muestras)

Material	Seco	Seco	Diluido	Diluido	Diluido	Concentrado ^b	Concentrado	Diluido							Temp. Max
	SO ₂ ^a	NO ₂ ^a	HNO ₃	H ₂ SO ₃	H ₂ SO ₄	HNO ₃	H ₂ SO ₄	H ₂ S	HCN	NH ₃	Cl ₂	HCl	HF	Mercaptano	K
Acero Inoxidable tipo 304 SS	S (algunas picaduras observadas)	S	S	C	NS	S	NS	S	S	S	S	S	S	S	1075
Acero Inoxidable Tipo 316 SS ^d	S	S	S (<0,051) ^c	S	S o C (<0,508)	S o C (<0,508)	NS (>1,27)	S	S	S	NS	S	S	S	1075
Acero Inoxidable Tipo Carpenter 20 SS ^d	S	S	S	S	S o C	S	S	S	S	S	NS	S	S	S	1075
Hastelloy®	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
Aluminio	S	N/D	S (0,127 a 0,508)	S (0,127 a 0,508)	C (0,508 A 1,127)	NS (>0,127)	NS (>0,127)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Vidrio Borosilicato	S	S	S (<0,127)	N/D	S (<0,127)	S (<0,127)	S (<0,127)	S	S	S	S	S	S	S	675
Sílice vítrea	S	S	S (<0,127)	N/D	S (<0,127)	S (<0,127)	S (<0,127)	S	S	S	S	S	NS	S	1275
Politetrafluoroetileno	S	S	S	S	S o C	S	S	S	S	S	NS	S	S	S	475
Cloruro de Polivinilo no plastificado	S	S	S	S	C	NS	S o C	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Cloruro de Polivinilo	S	S	S o C	S	S	C o NS	S o C	S	S	NS	S	S	S	NS	345
Polietileno	S	S	S o C	S	S	NS	C o NS	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Polipropileno	S	S	S	S	S	NS	C o NS	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Nylón	-	S	S	NS	NS	NS	NS	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Viton	S o NS	S	S	S	S	S o C	S o C	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	

S = Satisfactorio, C = Cuestionable, NS = No satisfactorio; N/D= Dato no disponible

^a Recomendación: Si la corrosividad influye puede utilizarse politetrafluoroetileno (Teflón®) para SO₂ seco y NO₂ seco; ^b No se esperan concentraciones altas de HNO₃ en la interfase de muestreo.

^c Las magnitudes entre paréntesis indican velocidades de corrosión, en milímetros por año.

^d Acero inoxidable que contiene Mo introduce un error positivo cuando está presente NH₃ en la medida de NO₂ debido a la acción catalítica del Mo contenido en el acero inoxidable sobre el amoníaco.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Tabla A.2 – Resistencia química de diversos materiales (línea de conexión, filtro)

Partes	Material	Seco	Seco	Diluido							Temp. máx
		SO ₂ ^a	NO ₂ ^a	H ₂ S	HCN	NH ₃	Cl ₂	HCl	HF	Mercaptano	K
Filtro	Vidrio Borosilicato sintetizado	S	S	S	S	S	S	S	NS	S	675
	Acero inoxidable en malla b	S	S	S	S	S	NS	NS	NS	NS	975
	Acero inoxidable sintetizado b	S	S	S	S	S	NS	NS	NS	NS	975
	Hastelloy	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
	Cerámicas porosas	S	S	S	S	S	NS	S	NS	NS	1275
	Politetrafluoroetileno	S	S	S	S	S	NS	S	S	NS	475
Línea de Conexión	Caucho fluorado	S	S	S	S	S	S	S	S	S	455
	Caucho de silicona	S	S	S	S	S	NS	S	S	S	425
	Caucho de cloropreno	S	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	355

S = Satisfactorio, C = Cuestionable, NS = No Satisfactorio

a Recomendación: si la corrosividad influye puede utilizarse politetrafluoroetileno (Teflón®) para SO₂ seco y NO₂ seco

b Acero inoxidable que contiene Mo introduce un error positivo cuando está presente NH₃ en la medida de NO₂, debido a la acción catalítica del Mo contenido en el acero inoxidable sobre el amoníaco.

Tabla A.2 – Información adicional.

SUS 316 y SUS 316L introducen un error positivo cuando el NH₃ está presente en la medición del NO₂ debido a la acción catalítica del Mo contenido en el acero inoxidable sobre el amoníaco.

En el caso de un corto tiempo de aplicación, la resina de tetrafluoruro de etileno puede soportar temperaturas de hasta 535 K.

Debido a que existen varios tipos de materiales de acero inoxidable, tales como 304 SS, 316 SS, Carpenter 20 SS, etc., deberían escogerse según el tipo de gas y sus acompañantes.

La razón para la utilización de vidrio borosilicato y de la no utilización de la sílice vítrea para la sonda para fluoruro de hidrógeno es que, aunque ambos materiales se recogen en el absorbente como tetrafluoruro de silicio después de la corrosión, la sílice vítrea es más corrosiva que el vidrio borosilicato y muy costosa. Por otra parte, la razón para la utilización del acero inoxidable para la sonda, y de la no utilización del acero inoxidable sintetizado para materiales filtrantes es que se debe utilizar un material de poro de 0,8 µm como material filtrante de compuestos fluorados.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

La razón para la utilización del titanio para el cloruro de hidrógeno, pero no para cloro es debido a que, a pesar de que el titanio resiste el cloro húmedo, reacciona de forma explosiva con el cloro gas seco.

La temperatura máxima de uso del acero inoxidable y del vidrio borosilicato, se recomienda que sea 100 K por debajo de la temperatura de uso general que es de 1175 K y 775 K, respectivamente. La razón es que el acero inoxidable tiende a aumentar el número de poros a alta temperatura y se vuelve más quebradizo a 1175 K y superiores. Debido a que 775 K es la temperatura límite de la fase líquida y la fase sólida del borosilicato, la sonda insertada en el punto de muestreo tiende a doblarse y/o provocar un bloqueo dependiendo de la velocidad del gas efluente. Estas recomendaciones responden a objetivos de seguridad. En cualquier caso, la temperatura de 1175 K y 775 K son la de los procesos de combustión y no se trata de una temperatura razonable a la que llevar a cabo un muestreo de gas efluente.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Tabla A.3 - Composición general y características del acero inoxidable.

Acero inoxidable	Composición general	Características y uso
SUS 304	18Cr-8Ni	El más ampliamente usado como acero resistente al calor para preparación de alimentos y servicios químicos generales.
SUS 316	18Cr-12 Ni- 2,5 Mo	Mejores propiedades no corrosivas y frente a picaduras que el SUS 304 con el agua del mar y otros medios.
SUS 316 J1	18Cr-12 Ni- 2Mo-2Cu	Materia resistente al ácido sulfúrico, mejores propiedades no corrosivas y frente a picaduras que SUS 316.
SUS 317	18Cr-12 Ni- 3,5 Mo	Mejores propiedades frente a picaduras que SUS 316J1, se usa para material de procesos de teñido.
SUS 317 J1	18Cr-12 Ni-5 Mo	Utilizando para intercambiador de calor, planta de ácido nítrico, planta de ácido fosfórico, proceso de blanqueamiento, los cuales usan disolución que contiene ión cloro.
SUS 329J1	25Cr-4,5Ni-2Mo	Material de estructura en dos fases, que es altamente ácido y resistente a las picaduras y alta resistencia, utilizando como material resistente al agua del mar
SUS 329J2L	25Cr-6Ni-3,5Mo-0,2N	Altamente no corrosivo frente a cloruros densos y agentes ambientales, tales como el agua del mar, etc., la resistencia y otras características son las mismas o mejores que SUS 329J1
Carpenter 20 SS	20Cr-29Ni-2Mo-3Cu	Altamente resistente al ácido sulfúrico.
Hastelloy A	57Ni-20Mo-20Fe	Altas propiedades mecánicas a elevada temperatura y altamente resistentes a la oxidación.
Hastelloy B	64Ni-28Mo-6Fe	
Hastelloy C	57Ni-17Mo-6Fe-15Cr-4W	
Como el Mo añadido actúa como catalizador en el caso de medida de bajo contenido, es decir, inferior a 50 ppm de dióxido de nitrógeno en gas efuente, suceden errores negativos en el valor de medida		



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Tabla A.4 – Características generales de la resina de fluoruro

Nombre químico			Politetrafluoroetileno	Copolimero de Tetrafluoroetileno - Perfluoroalquilmilietero	Copolimero de Tetrafluoroetileno - Hexafluoro propileno	Policlorotrifluoro-etileno	Fluoruro de plivinilideno	Copolimero de Tetrafluoroetileno-etileno	Copolimero de tetrafluoroetileno-etileno: con sílice vítrea	Copolimero de clorotrifluoroetileno
Marca comercial y otros*			Teflón® Poliflón® Aflor®	Teflón®	Teflón® Neoflón®	Diflón®	Polímero KF Kainer	Tefzer afrom COP	Teflón® con sílice vítrea	Teflón®
Acronimo			PTFE	PFA	FEP	PCTFE	PVDF	ETFE	ETFE	ECTFE
Características	Unidad	ASTM								
Física										
Punto de fusión	K	-	600	583	548	493	444	533	543	518
Gravedad específica		D792	2,14 - 2,20	2,21 - 2,17	2,21 - 2,17	2,1 - 2,2	1,75 - 1,78	1,70	1,80	1,68 - 1,69
Térmica										
Conductividad al calor	10 ⁻⁴ cal-m-sec-K	C 177	6,0	6,0	6,5	4,7 5,3	3,0	5,7	5,7	5,8
Calor específico	Cal/K/g	N/D	0,25	0,25	0,28	0,22	0,33	0,46 -0,47	N/D	N/D
Coefficiente de expansión lineal	10 ⁻⁵ /K	D 696	10	12	8,3 - 10,5	4,5 - 7,0	8,5	9 - 9,93	1,7 -3,2	8
Punto de deformación térmica		D 648								
18, 5 kg/cm ²	K		328	320	323	N/D	363	347	483	350
4,6 5 kg/cm ²	K		394	347	345	399	405 - 422	377	538	389
Temperatura máx. de uso	K	(no carga)	533	533	473	450 - 473	423	423 - 453	473	438 -453
Durabilidad etc.										
Absorción de agua (24h)	%	D 570	0,00	0,03	< 0,01	0,00	0,04	0,029	0,022	0,001
Combustibilidad [1/8 de espesor]	-	(UL-94)	V-0	V-0	V-0	V-0	N/D	V-0	V-0	V-0
Índice de oxígeno	-	D 2863	> 95	> 95	> 95	> 95	N/D	30	N/D	60
Efecto de la luz solar	-	-	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	N/D	ninguno
Efecto de ácido débil	-	D 543	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	N/D	ninguno
Efecto de ácido fuerte	-	D 543	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	Degradado con ácido sulfúrico fumante	ninguno	N/D	ninguno
Efecto de álcali débil	-	D 543	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	N/D	ninguno
Efecto de álcali fuerte	-	D 543	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	N/D	ninguno
Efecto disolvente	-	D 543	ninguno	ninguno	ninguno	Una pequeña expansión con compuestos de halógeno	Resistente frente a casi todos los disolventes	ninguno	N/D	Alta duración

Fuentes: la Enciclopedia Moderna de Plásticos 76/77 con datos adicionales de Du Pont Corp.

La resistencia al calor de la resina de tetrafluoruro de etileno difiere de la temperatura máxima de uso en el caso de medida continua. Es de hacer notar que la del Teflón PFA es inferior a 473 K. la de Neoflón FEP la de Neoflón es 473 K y la de Diflón CTFE es inferior a 393 K. La temperatura de calentamiento debe elegirse en función de los materiales utilizados

* Teflón®, Poliflón®, Aflor® y Diflón® son ejemplos de productos adecuados disponibles comercialmente. Esta información se da para la comodidad de los usuarios de esta instrucción técnica.



Anexo V. CONCEPTOS ESTADÍSTICOS Y SU APLICACIÓN AL CONTROL DE CALIDAD DURANTE LA OPERACIÓN DEL SAM

1. INTRODUCCIÓN:

El propósito de cualquier medición es determinar experimentalmente el valor de una cierta magnitud de interés: el mensurando. En términos generales, la realización sucesiva de mediciones sobre un mensurando estable no garantiza la obtención de resultados repetitivos porque ninguna medición puede ser exacta ya que el resultado de cualquier observación depende del procedimiento de medida, el instrumento, el operador, el entorno, etc. En consecuencia, durante un proceso de medida sólo se puede obtener un conjunto de valores más o menos cercanos al valor verdadero del mensurando, en principio desconocido, y esta incógnita será despejada a partir de estos resultados. La mayor o menor dispersión de los valores obtenidos durante las medidas determinará a su vez la incertidumbre asociada al valor final resultante lo que proporcionará una idea de su calidad. También será posible establecer un intervalo de valores dentro del cual se considera que debe encontrarse el valor real del mensurando, con una probabilidad determinada.

Como el comportamiento de cualquier instrumento de medida puede variar con el tiempo, para asegurar que sus lecturas no presentan sesgos o anomalías y que mantienen su calidad en el tiempo, los instrumentos deben ser controlados periódicamente durante su operación para asegurar que la incertidumbre asociada a las medidas se encuentra dentro de los límites acordes a los parámetros de diseño.

2. FUNCIÓN DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD DE UNA DISTRIBUCIÓN DE GAUSS:

Denominemos X a la variable aleatoria continua determinada experimentalmente por un instrumento de medida. X puede tomar cualquier valor dentro de un cierto intervalo de resultados posibles y la probabilidad de que ello suceda está descrita por una función $f(x)$ denominada **función de densidad de probabilidad o función densidad** que nos da la distribución de probabilidad asociada a cada punto del espacio de X . De este modo la probabilidad de que X tome un determinado valor comprendido dentro de cierto intervalo de valores posibles será igual a la integral de la función de densidad sobre dicho rango de valores. En general, se puede considerar, al menos en primera aproximación, que la función de densidad de probabilidad está bien representada utilizando una función de **distribución Normal o de Gauss**.

Se dice que una variable aleatoria continua X sigue una **distribución Normal** o de **Gauss** con parámetros de localización μ y de escala σ , y se denota habitualmente como $X \sim N(\mu, \sigma)$ ó $X \sim N(\mu, \sigma^2)$, si su función de densidad de probabilidad $f(x)$ está dada por:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad x \in \mathfrak{R}$$

dónde el parámetro μ es la **media de la distribución**, el parámetro σ es la **desviación típica** y σ^2 la **varianza**.

La representación gráfica de la **función de densidad de una distribución de Gauss** es una curva simétrica en forma de campana (fig 1), que se extiende sin límite tanto en la dirección positiva como en la negativa, alrededor de la media de la distribución.

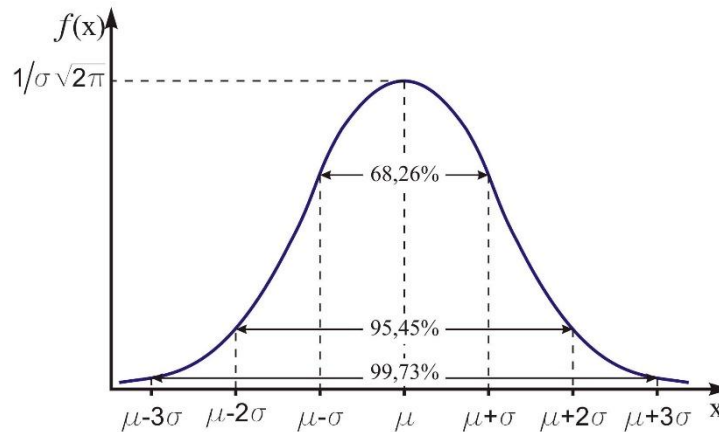


Fig. 1 Representación gráfica de la Distribución Normal o de Gauss.

La **probabilidad** de que el valor de una variable aleatoria X , con función de densidad Normal, se encuentre dentro de un cierto intervalo de valores (x_1, x_2) viene dada por la expresión:

$$P(x_1 \leq X \leq x_2) = \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx$$

que es igual al área acotada por la función de densidad y las rectas $X = x_1$ y $X = x_2$, como se muestra en la figura 2.

Para simplificar el cálculo de esta probabilidad se recurre normalmente al siguiente cambio de variable:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

denominado tipificación de la variable X de forma tal que la función de densidad Normal $f(x)$ se transforma en $f(z)$ que es una distribución Normal estándar con parámetros $\mu = 0$ y $\sigma^2 = 1$, quedando expresada como:

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} \quad z \in \mathcal{R}$$

En consecuencia, la tipificación sirve para transformar cualquier distribución Normal $N(\mu, \sigma)$ en una distribución Normal estándar $N(0, 1)$. La ventaja de ello consiste en que para $N(0, 1)$ los valores de la función de densidad de probabilidad están tabulados, y la probabilidad que podemos denotar por Φ también. Estas tablas de valores para $\Phi(t)$ proporcionan la probabilidad $P(Z \leq t)$, siendo Z la variable tipificada de X y su expresión matemática es:

$$P(Z \leq t) = \Phi(t) = \int_{-\infty}^t \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

En consecuencia, para calcular la probabilidad $P(x_1 \leq X \leq x_2)$ se tendrá que calcular para $N(0,1)$ las probabilidades $\Phi(z_1) = P(Z \leq z_1)$ y $\Phi(z_2) = P(Z \leq z_2)$

en donde : $z_1 = \frac{x_1 - \mu}{\sigma}$; $z_2 = \frac{x_2 - \mu}{\sigma}$. Después restando ambos valores se obtendrá la probabilidad buscada :

$$P(x_1 \leq X \leq x_2) = P\left(\frac{x_1 - \mu}{\sigma} \leq \frac{X - \mu}{\sigma} \leq \frac{x_2 - \mu}{\sigma}\right) = P(Z \leq z_2) - P(Z \leq z_1) = \Phi(z_2) - \Phi(z_1)$$

Cuyo significado se puede visualizar en la figura 2.

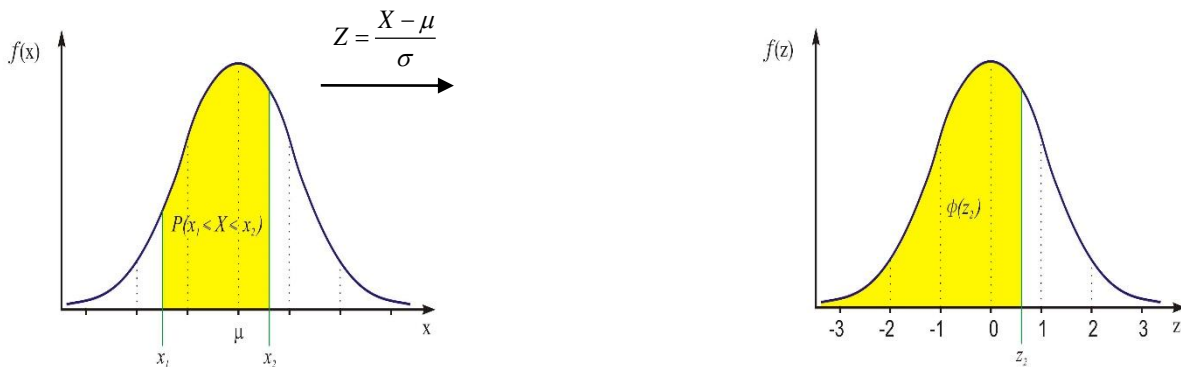


Fig. 2. Cálculo de la probabilidad $P(x_1 \leq X \leq x_2)$

3. INTERVALO DE CONFIANZA.

Para analizar estadísticamente el conjunto de los resultados potencialmente observables para un mensurando único utilizando un método de medida concreto, plenamente operativo y funcionando correctamente, suele recurrirse al estudio de una muestra de dicha población extraída aleatoriamente (en este caso, un conjunto finito de mediciones del SAM). La fiabilidad de la posterior extrapolación de estos resultados al conjunto de la población de resultados posibles dependerá de la representatividad de la muestra manejada.

Sea x_1, \dots, x_n una muestra de una variable aleatoria X y sea θ un parámetro poblacional (por ejemplo la media de la población) desconocido. Se puede estimar un intervalo (T_1, T_2) en la población de resultados en donde cabe esperar que se encuentre el valor de θ con una cierta probabilidad $P(T_1 \leq \theta \leq T_2)$. El intervalo así definido se denomina **intervalo de confianza** y sus extremos son los llamados **límites de confianza**. Cada intervalo de confianza lleva asociado un **nivel de significación α** tal que:

$$P(T_1 \leq \theta \leq T_2) = 1 - \alpha \quad ; \quad \alpha: \text{ es un número real comprendido entre 0 y 1}$$

α es la probabilidad de que el valor verdadero del parámetro poblacional θ esté fuera del intervalo de confianza estimado, es decir, representa la probabilidad de fallar en nuestra estimación de θ .

En definitiva, el objetivo de definir intervalos de confianza consiste en proporcionar, a partir de la muestra de resultados medidos, intervalos en los que se puede encontrar el parámetro poblacional de interés con una determinada probabilidad o con un determinado nivel de confianza. Una vez seleccionado el nivel de significación α para el intervalo, los límites T_1 y T_2 quedan automáticamente determinados puesto que su dependencia con α es tal que se debe cumplir: $P(T_1 \leq \theta \leq T_2) = 1 - \alpha$. No hay que olvidar que los intervalos de confianza calculados dependen lógicamente de los datos de la muestra manejada y que siempre existe una probabilidad α de que el valor verdadero del parámetro θ no se encuentre dentro del intervalo de confianza establecido.

Comúnmente se construyen intervalos de confianza con $\alpha = 0.05$ ($1 - \alpha = 0.95$), entendiéndose que se trata de intervalos para los que existe un nivel de confianza del 95%.

Ejemplo: Cálculo del intervalo de confianza con un nivel de confianza del 95% para la media de una distribución Normal.

Supongamos, por ejemplo, una variable aleatoria X con distribución Normal de media μ desconocida y desviación típica σ conocida. La construcción del intervalo de confianza (T_1, T_2) para la media μ en el caso concreto de un conjunto de n de valores observados (siendo n suficientemente grande) seguirá los siguientes pasos:

- 1) Se fija el nivel de confianza $1 - \alpha = 0,95$
- 2) Escogemos la media muestral \bar{X} como el estadístico para estimar μ y asumimos que su función de densidad de probabilidad se distribuye como $N(\mu, \sigma_o)$. Tipificamos \bar{X} de forma que el nuevo estadístico a determinar será $Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma_o} = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$ que sigue una distribución Normal estándar $N(0,1)$.
- 3) El intervalo de confianza a determinar para μ será $(-z_{1-\alpha/2}, +z_{1-\alpha/2})$ que debe verificar:

$$P\left(-z_{1-\alpha/2} \leq \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma_o} \leq +z_{1-\alpha/2}\right) = 1 - \alpha = 0,95$$

Operando adecuadamente con la desigualdad queda como:

$$P\left(\bar{X} - z_{1-\alpha/2} \sigma_o \leq \mu \leq \bar{X} + z_{1-\alpha/2} \sigma_o\right) = 1 - \alpha$$

por tanto: $(T_1, T_2) = (\bar{X} - z_{1-\alpha/2} \sigma_o, \bar{X} + z_{1-\alpha/2} \sigma_o)$

T_1 y T_2 deben elegirse de forma que el área de la función de densidad de probabilidad de X centrada en μ y comprendida entre ambos límites sea igual a $1-\alpha = 0,95$. Esto significa que fuera del intervalo se dejarán dos colas laterales iguales cuyas áreas deben sumar el nivel de significación correspondiente, al intervalo de confianza al 95%, $\alpha = 0,05$. En estas condiciones, la tabla de la distribución Normal estándar proporciona como valor crítico $z_{1-\alpha/2} = z_{0,95} = 1,96$.

En consecuencia, si el tamaño de la muestra es suficientemente grande, el intervalo de confianza al 95% para la media será:

$$I \left[\bar{X} - 1,96 \sigma_o, \bar{X} + 1,96 \sigma_o \right]$$

$$I = T_2 - T_1 = 2 \cdot 1,96 \sigma_o$$

Siendo σ_o la desviación típica asociada al intervalo de confianza al 95%.

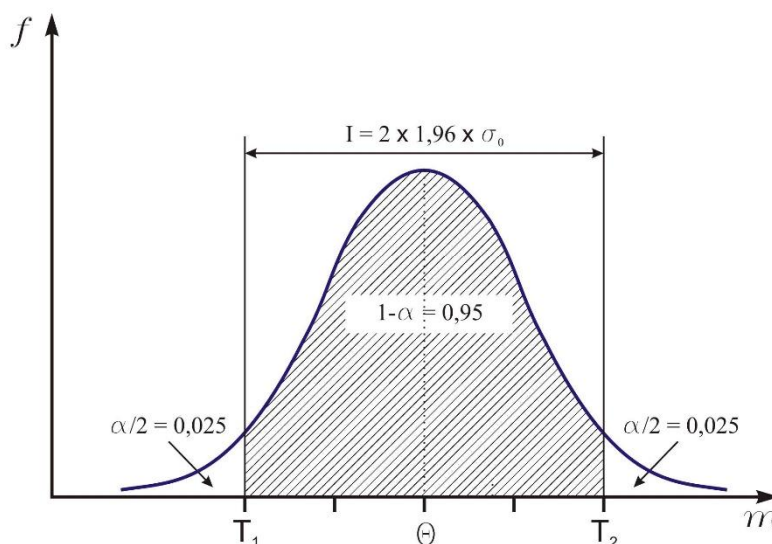


Fig. 3 Intervalo de confianza al 95% de una distribución Normal.

4. INCERTIDUMBRE DE UNA MEDIDA.

Cuando se indica el resultado de una medición se debe incluir el valor de la estimación obtenida para el mensurando y la incertidumbre asociada. La incertidumbre es un parámetro que caracteriza el intervalo de valores que pueden ser asociados razonablemente al mensurando, en definitiva la incertidumbre aporta información sobre la calidad de la estimación del mensurando ya que proporciona un intervalo alrededor del valor estimado dentro del cual se puede encontrar el valor considerado verdadero. La incertidumbre puede expresarse de distintas formas, por ejemplo, como **incertidumbre típica combinada**, como función de un **nivel de confianza** dado, etc., por ello siempre es preciso indicar el modo en que está expresada.

Asumiendo que los valores del mensurando siguen una distribución Normal, se denomina **incertidumbre típica combinada** u_c al intervalo de valores que contiene el valor verdadero del mensurando



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

(desconocido), centrado en la mejor estimación del mensurando obtenida a partir de las medidas con una probabilidad o **nivel de confianza p** del 68,26 %.

Cuando se desea fijar el intervalo con un nivel de confianza superior se debe ampliar el intervalo asociado a la incertidumbre típica combinada multiplicándolo por un factor **k** , llamado **factor de cobertura**. De este modo se obtiene la denominada **incertidumbre expandida U** . En otras palabras, para calcular la incertidumbre expandida del resultado de una medición para un **nivel de confianza p** debe multiplicarse la incertidumbre típica (combinada) u_c por un factor de cobertura **k** correspondiente al **nivel de confianza p** elegido:

$$U = k u_c$$

La incertidumbre expandida U puede considerarse como la fracción **p** de la distribución de valores atribuibles al mensurando que está comprendida por el intervalo $[x-U; x+U]$ alrededor del resultado x de una medición. Este intervalo puede ser escogido a conveniencia fijando el nivel de confianza p que se desea para el mismo.

La relación entre el factor de cobertura k y el nivel de confianza p dependen del tipo de distribución de probabilidad que sigue el mensurando y también depende del número de grados de libertad ν de la incertidumbre típica obtenida a partir del número n de observaciones realizadas.

Considerando que la incertidumbre típica tiene suficiente fiabilidad porque está basada en un n suficiente ($n > 10$; UNE-EN ISO 14956:2003), y asumiendo que los resultados siguen una distribución Normal, los valores típicamente utilizados para los factores de cobertura k y los niveles de confianza p asociados son:

p	k
68,26%	1
95%	1,96
95,45%	2
99,73%	3

Cuando el resultado de una medición se exprese con su incertidumbre expandida, deben indicarse el valor del nivel de confianza **p** o del factor de cobertura **k** .

Cuando el valor de la incertidumbre expandida u_c coincide con el de la incertidumbre típica combinada σ , entonces $k = 1$ y $p = 68,26\%$.

4.1. Incertidumbre de las medidas obtenidas con un SAM.

Como se ha indicado en el texto de esta Instrucción Técnica, las incertidumbres máximas admisibles para las medidas proporcionadas por un SAM son las fijadas en la legislación, varían en función del contaminante medido, y se han definido como valores máximos de la **incertidumbre expandida** correspondientes a un nivel de confianza del 95%. En cada caso estos valores se obtienen aplicando sobre el VLE un cierto porcentaje fijado en la legislación. Esto significa que cada dato proporcionado por un SAM tiene que tener asociada una incertidumbre expandida inferior al valor que le corresponda según la Tabla 1.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

En la norma UNE-EN 14181:2005 este mismo concepto se recoge bajo la de nominación de *Incertidumbre derivada de los requisitos de la legislación*, que es la incertidumbre máxima admisible y se asimila a una desviación típica absoluta máxima, que se denota como σ_0 (NGC2) y se calcula aplicando la siguiente

$$\text{expresión: } \sigma_0 = \frac{P \cdot VLE}{1,96} = \frac{U_{perm}}{1,96}$$

en donde: P es el porcentaje previsto en la legislación según el contaminante; VLE el Valor Límite de Emisión aplicable ; U_{perm} la Incertidumbre expandida permitida en la legislación (Tabla 1).

Contaminante	Incertidumbre expandida permitida (U_{perm})
Monóxido de carbono	10 % del VLE
Dióxido de azufre	20 % del VLE
Dióxido de nitrógeno	20 % del VLE
Partículas totales	30 % del VLE
Carbono orgánico total	30 % del VLE
Cloruro de hidrógeno	40 % del VLE
Fluoruro de hidrógeno	40 % del VLE
Otros	40 % del VLE

A efectos de la UNE-EN 14181 se supone que un SAM satisface este requisito cuando sus datos cumplen los diferentes niveles de garantía de calidad aplicables (NGC1, NGC2, EAS, NGC3).

5. GRÁFICOS DE CONTROL PARA LA GARANTÍA DE CALIDAD DURANTE LA OPERACIÓN DE UN SAM.

Uno de los objetivos de calidad asociados a la operación de cualquier instrumento de medida consiste en asegurar que el equipo mantiene la misma operatividad que cuando fue instalado y que, por tanto, mantiene un funcionamiento compatible con sus propias características de diseño y con los límites marcados en la normativa vigente. En la UNE-EN 14181 (2005) este objetivo de garantía de calidad del SAM se denomina NGC3 y se establece que su implementación será responsabilidad del titular del sistema. En el NGC3 se comprobará que el SAM está bajo control estadístico y para ello se deberá estudiar periódicamente la variabilidad y la deriva de los puntos de cero y rango al objeto de asegurar que permanecen bajo control. Ello supone que los resultados obtenidos en la verificación de ambos puntos se cumplen un conjunto de criterios establecidos al efecto que estarán directamente relacionados con las incertidumbres totales del SAM (S_{SAM}) en los puntos de cero y rango, calculadas considerando las condiciones reales de la planta y no las del ensayo NGC1.

La UNE-EN 14181 plantea que el NGC3 se implemente utilizando los denominados **gráficos de control**.

En este apartado del presente Anexo se introducen los conceptos y principios generales de algunos de los distintos tipos de gráficos de control que existen y se ilustran con algunos ejemplos.

Los gráficos de control están diseñados para la detección precoz de variabilidades anómalas en un proceso. Este tipo de herramientas se basan en la realización periódica de contrastes de hipótesis respecto de la distribución de probabilidad del resultado del proceso que se pretende controlar, en este caso el funcionamiento del SAM. Cualquier gráfico de control tiene por objetivo informar de si el proceso vigilado sigue o no bajo control, es decir, de si se cumplen o no los requisitos de calidad establecidos previamente. Ello se hace a partir de la obtención y análisis de un cierto verificador X_i o de una muestra del mismo ($X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}$). Con este propósito en este tipo de gráficos se representa la evolución temporal de un cierto estadístico relacionado con el verificador X y se establecen unos límites de control que delimitan la región de aceptación y de rechazo del test, de forma que si el punto graficado cae dentro de los límites fijados para ese tipo de gráfico se concluye que el proceso sigue bajo control y si cae fuera de dichos límites se considera que el proceso está fuera de control y deben acometerse acciones correctoras.

En la aplicación de los gráficos de control existe el riesgo de cometer dos tipos de posibles errores:

- a) **Error tipo I:** Se genera una alarma falsa. En este caso se rechaza un punto aceptable, es decir, se identifica como situación fuera de control una que no lo es. La probabilidad de ocurrencia de esta situación se denota por α y está condicionada por la elección de los límites de control.
- b) **Error tipo II:** Se acepta como correcta una situación fuera de control. Esta situación se produce cuando en un proceso que no cumple las hipótesis previamente establecidas se obtiene, sin embargo, un punto dentro de los límites de control establecidos. En este caso no se genera alarma aunque la situación real sí lo requiera. La probabilidad de que se produzca este tipo de error se denota por β .

La elección de los límites de control depende de la característica o estadístico que se represente sobre el gráfico utilizado pero en definitiva debe estar orientada a la minimización de ambos tipos de errores. Las situaciones de pérdida de control se pueden producir por distintas causas: cambio en el valor medio de la distribución (deriva), incremento de la varianza de la distribución (mayor dispersión de las medidas, ruido), cambio en la forma de la distribución (aparición de sesgos en la distribución de probabilidad de los resultados de las medidas). En cualquier caso es muy difícil determinar cuál de estas posibles causas es la que origina una pérdida de control porque los parámetros de la nueva distribución se desconocen, pero el diseño de los gráficos de control puede ayudar a ello. A través de un ejemplo se pueden ilustrar estos conceptos.

Ejemplo:

Consideremos que el estadístico de control representado presenta un valor medio μ_0 (el valor esperado) con desviación típica prevista de σ .

Consideremos también la siguiente definición genérica para los límites de control y la línea central:

- Límite Superior de Control: $LSC = \mu_0 + k \sigma$
- Línea Central: $LC = \mu_0$
- Límite Inferior de Control: $LIC = \mu_0 - k \sigma$

En caso de que la distribución del estadístico no fuera simétrica alrededor de su media estas definiciones podrían variar.

Cuando se produce un desplazamiento $\pm c\sigma$ en el valor medio de la distribución, μ_0 pasa a ser $\mu_1 = \mu_0 \pm c\sigma$ y dependiendo de la magnitud del cambio el proceso puede quedar fuera de control. Tras ese cambio en el valor medio, el significado de las probabilidades α y β vinculadas a la posibilidad de cometer errores (tipo I o II) en el diagnóstico del estado del proceso se ilustran esquemáticamente en la figura 4.

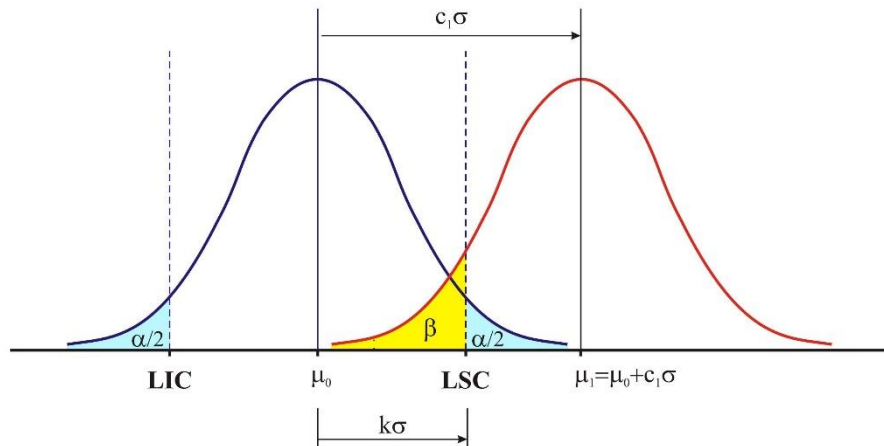


Fig. 4 Explicación esquemática del significado de los errores Tipo I y II y de sus probabilidades respectivas α y β ante un cambio en el valor medio de la distribución.

En este ejemplo, la elección del parámetro k para fijar los límites de control condiciona la probabilidad de que se produzcan ambos tipos de errores asociados al gráfico de control, de forma que un valor elevado de k disminuye la probabilidad del error de tipo I pero aumenta la probabilidad del error de tipo II.

En el diseño y construcción de la rutina de control será preciso especificar también el tamaño de las muestras a tomar y la frecuencia de muestreo. Hay que tener en cuenta que no sólo se trata de reducir la incidencia de falsas alarmas (errores tipo I) sino de conseguir minimizar la ocurrencia de errores tipo II, lo que equivale a maximizar la probabilidad de detectar rápidamente situaciones fuera de control.

Los diferentes tipos de gráficos de control tienen distintas capacidades para detectar las posibles variaciones que se produzcan en el proceso por lo que dependiendo de la aplicación a que se destinen estos gráficos no todos serán igualmente adecuados.

Existen varias formas de evaluar la sensibilidad de un gráfico de control, entre las que cabe destacar el denominado tiempo medio de detección ARL (average run length). El $ARL(c)$ es el número medio de puntos que hay que representar en el gráfico para llegar a registrar un punto fuera de los límites de control cuando se produce de forma sostenida una variación de c unidades en la media de la característica de calidad controlada. Lo deseable es que cuando el proceso vigilado esté bajo control el gráfico presente un $ARL(0)$ elevado, es decir, que cuando el proceso esté controlado se tengan que realizar muchos controles antes de detectar una situación falsa de fuera de control, y que cuando el proceso esté descontrolado el $ARL(c)$ tenga un valor bajo, es decir, que con pocos controles la existencia de un desajuste c se pueda detectar.

Entre los diferentes tipos de gráficos de control diseñados para el seguimiento de una característica de calidad la norma UNE-EN 14181:2005 sólo describe dos: los gráficos tipo Shewhart, que determinan la

deriva y precisión combinada del SAM y que sólo utilizan la información derivada de la última medida de control, y los gráficos tipo CUSUM, que determinan separadamente la deriva y la precisión y tienen en cuenta la evolución temporal de los resultados de los controles efectuados. Otro tipo de gráficos no mencionados en la citada norma son los denominados EWMA que al igual que los CUSUM utilizan en sus algoritmos la información aportada por el historial de puntos de control previamente observados. Los diferentes tipos de gráficos de control pueden ser complementarios y para una mejor gestión de los sistemas de medida a controlar se recomienda la combinación de gráficos Shewhart con gráficos CUSUM o EWMA.

A continuación se describen algunos aspectos particulares de cada uno de estos gráficos de control.

5.1 GRÁFICOS DE CONTROL SHEWHART.

El gráfico de control Shewhart o gráfico \bar{x} definido para el NGC3 se construye de forma que en el eje de abscisas se representa el tiempo y en el eje de ordenadas el parámetro de control que para este tipo de gráfico puede ser o el valor medio (\bar{x}_i) de los resultados del parámetro vigilado (cero o rango) o la diferencia d_i entre el valor medio \bar{x}_i de dichos resultados y el correspondiente valor certificado, $d_i = \bar{x}_i - \mu_o$. De este modo, la Línea Central (LC) queda determinada en el primer caso como el valor de referencia y en el segundo como $y = 0$. Entorno a la LC se establece un intervalo máximo para la variación admisible del parámetro de control debida únicamente a causas aleatorias. Este intervalo está definido por unos límites inferior y superior de control (Niveles de Actuación) que no deberán sobrepasarse. Junto a estos límites máximos se definen también otros límites intermedios dentro del intervalo de control. La incorporación de estos límites auxiliares y el estudio de las pautas de evolución del parámetro de control con respecto a estos límites trata de mejorar la sensibilidad de este tipo de gráfico y sirve de ayuda al usuario para prevenir una evolución anómala del funcionamiento del instrumento bajo control.

Existen distintas opciones para la fijación de todos estos límites y en esta Instrucción Técnica se han definido los siguientes:

- Niveles de actuación : $LC \pm 2 s_{SAM}$
- Niveles de alerta: $LC \pm 1,5 s_{SAM}$.
- Niveles de no ajuste : $LC \pm 0,5 s_{SAM}$

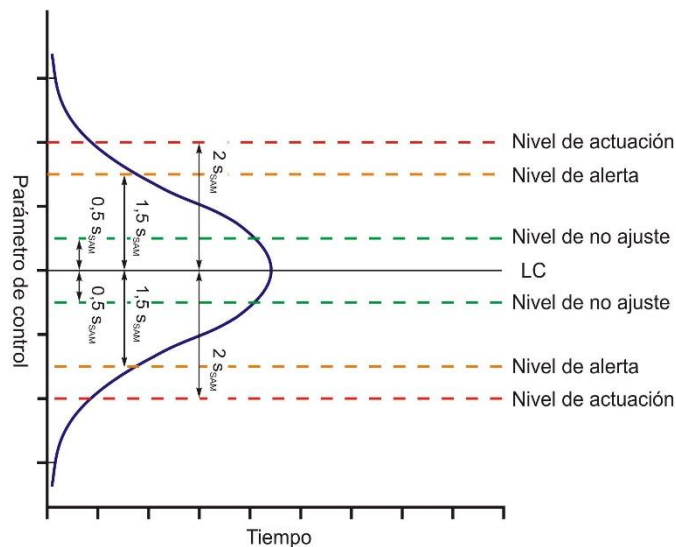


Fig. 5 Esquema de Gráfico de Control Shewhart.

Para evaluar si un **sistema se encuentra o no bajo control** debe analizarse visualmente el gráfico. Se considera que un SAM está fuera de control cuando el parámetro de control graficado quede fuera del intervalo definido por los niveles de actuación. Normalmente, antes de que esta situación se produzca suelen producirse síntomas indicativos en el gráfico de control que pueden servir para identificar la presencia de anomalías en el funcionamiento del equipo que finalmente pudieran devenir en una pérdida de control. Estos indicios son aprovechados para identificar, prevenir y corregir ciertos problemas en la operación de los instrumentos. En todo caso, cuando el funcionamiento del sistema se desvíe y el parámetro de control quede fuera del rango admisible se considerará que sobre el instrumento están actuando causas especiales que deberán ser identificadas y eliminadas.

Además de asumir como regla general que fuera de los niveles de actuación no puede haber valores del parámetro de control, para determinar el estado del sistema se pueden establecer distintos criterios de decisión aplicables durante el análisis del gráfico. Estos criterios implican reglas de decisión relativas a puntos situados dentro de los límites de control y se refieren a situaciones especiales como, por ejemplo, patrones inusuales en la evolución de los datos aunque estos se encuentren dentro de los límites establecidos, concentración de puntos cerca de los límites de control, etc. (ver apartado 8.5.4.1). Cuando el parámetro de control representado se sitúe fuera de los niveles de no ajuste pero dentro de los niveles de actuación será preciso una supervisión de la evolución de la respuesta del instrumento siguiendo los criterios de decisión previamente especificados. Cuando los puntos del gráfico se encuentren dentro de los niveles de no ajuste la operación se considerará óptima y esos puntos no se tendrán en cuenta para ningún tipo de cómputo relacionado con la aplicación de los criterios de decisión.

El gráfico de control Shewhart sólo tiene en cuenta la información presente del proceso por lo que resulta un procedimiento poco potente para detectar cambios o desviaciones de la media de pequeña magnitud.

5.2 GRÁFICOS DE CONTROL CUSUM.

El gráfico de control CUSUM (Cumulative Sum) constituye una herramienta más sensible que los gráficos Shewhart frente a cambios de pequeña magnitud en el funcionamiento del proceso controlado. Esto es debido a que, en lugar de manejar como elemento fundamental la información contenida en el último punto graficado (gráficos Shewhart), en un gráfico CUSUM, por definición, no sólo se tiene en cuenta el resultado del último control sino que también se considera la evolución de los puntos de control anteriores.

Para construir los gráficos CUSUM correspondientes al control de cero y rango del NGC3 también se parte de la diferencia $d_i = \bar{x}_i - \mu_0$ entre la media \bar{x}_i de n lecturas instrumentales ($n \geq 1$) de cero o rango y el valor de referencia correspondiente μ_0 . Es recomendable que $n \geq 3$.

El procesado de las diferencias d_i según las definiciones contenidas en la UNE-EN 14181: 2005 Anexo C, permite evaluar el estado operativo del SAM en relación a la posible existencia de derivas en su respuesta o a la aparición de una pérdida de precisión en la misma.

Para el control de la precisión el parámetro representado es S_t , que es la “suma provisional normalizada de las desviaciones típicas del SAM en el tiempo t ”, y se corresponde con la siguiente definición:

$$s_p = s_{t-1} + \frac{(d_t - d_{t-1})^2}{2} - k_s$$

$$s_t = \max(0, s_p) \quad ; \quad \begin{array}{l} \text{Si } s_t = s_p \Rightarrow N(s)_t = N(s)_{t-1} + 1 \\ \text{Si } s_t = 0 \Rightarrow N(s)_t = 0 \end{array}$$

Para el control de la deriva se utilizan dos parámetros:

- $\sum(pos)_t$, “sumatorio normalizado de la deriva positiva del SAM en el tiempo t ”
- $\sum(neg)_t$, “sumatorio normalizado de la deriva negativa del SAM en el tiempo t ”

según las siguientes definiciones:

$$\sum(pos)_p = \sum(pos)_{t-1} + d_t - k_x$$

$$\sum(neg)_p = \sum(neg)_{t-1} - d_t - k_x$$

$$\sum(pos)_t = \max(0, \sum(pos)_p); \text{ si } \sum(pos)_t = \sum(pos)_p \Rightarrow N(pos)_t = N(pos)_{t-1} + 1$$

$$\text{ si } \sum(pos)_t = 0 \Rightarrow N(pos)_t = 0$$

$$\sum(neg)_t = \max(0, \sum(neg)_p); \text{ si } \sum(neg)_t = \sum(neg)_p \Rightarrow N(neg)_t = N(neg)_{t-1} + 1$$

$$\text{ si } \sum(neg)_t = 0 \Rightarrow N(neg)_t = 0$$

En la definición de cada uno de estos tres parámetros de control (s_t , $\sum(pos)_i$, $\sum(neg)_i$) se encuentran los factores k_s y k_x , respectivamente, que son los que determinan la sensibilidad de cada gráfico de control CUSUM. A través de esos parámetros se fija para cada gráfico el umbral a partir del cual la desviación acumulada será considerada significativa. En este sentido, si la suma acumulada hasta la observación i -ésima es menor que el correspondiente k entonces se considera que la desviación acumulada para ese parámetro es cero. De este modo cada gráfico de control presenta una clara insensibilidad ante desviaciones no significativas, que es lo que permite que puedan detectarse aquellas desviaciones que sí lo son.

Los valores que vayan obteniendo los parámetros de control se deben comparar con los valores máximos admisibles h_s y h_x fijados respectivamente para el control de la precisión y la deriva, en cero y rango. Cuando alguno de estos límites sea superado se considerará que el SAM se encuentra fuera de control.

La elección de los factores k y h se realiza en función de la magnitud de los cambios o desviaciones con respecto a la media que se deseen determinar tanto en la precisión como en la deriva, y también en función de las frecuencias de falsas alarmas que se establezcan como admisibles (ARL). Normalmente una vez escogido k , el parámetro h correspondiente se determina de forma que se obtenga un valor elevado de $ARL(0)$, es decir, para cuando no ha habido cambios, en combinación con un $ARL(c)$ suficientemente bajo para cuando el resultado del proceso bajo control ha cambiado en c unidades. Los factores k y h elegidos (UNE-EN 14181: 2005 Anexo C) son:

Para la precisión	$k_s = 1.85 s_{SAM}^2$	$h_s = 6.90 s_{SAM}^2$
Para la deriva	$k_x = 0.501 s_{SAM}$	$h_x = 2.85 s_{SAM}$

Aunque la efectividad del gráfico CUSUM en el rango de desviaciones pequeñas es a priori mayor que la del Shewhart, este último, con la aplicación de los criterios de decisión sobre la evolución temporal de los puntos de control puede llegar a ofrecer prestaciones parecidas.

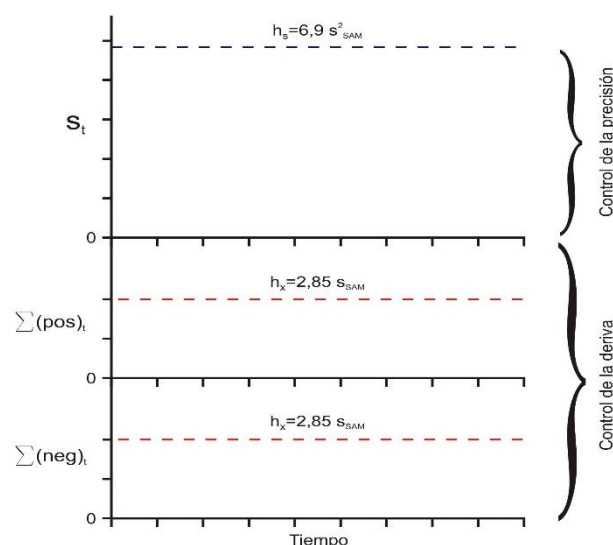


Fig. 6 Esquema de los Gráficos de Control CUSUM.

5.3 GRÁFICOS DE CONTROL EWMA.

El gráfico de control EWMA (Exponentially Weighted Moving Average) pretende ser una herramienta con prestaciones intermedias entre el gráfico Shewhart y los gráficos CUSUM. El gráfico EWMA está basado en la media móvil geométrica realizada combinando el resultado del último control efectuado y los resultados de los controles realizados anteriormente, pero asignando de manera progresiva mayor peso a los más recientes. El parámetro de control que se grafica es z_i , que se compara con los límites de control establecidos. Las definiciones aplicadas son las siguientes:

- $$z_i = \lambda \bar{x}_i + (1 - \lambda) z_{i-1}$$

donde el valor inicial de $z_{i=0}$ es igual al valor de referencia establecido (m_0) y donde el parámetro λ puede tomar valores en el rango $0 < \lambda < 1$.

- Límite de control superior:
$$LCS = m_0 + L \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}} = m_0 + k s_{SAM}$$
- Línea central:
$$LC = m_0$$
- Límite de control inferior:
$$LCI = m_0 - L \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}} = m_0 - k s_{SAM}$$

Los factores L y λ permiten establecer los límites de control, siendo λ un factor que además regula la profundidad de la memoria de un gráfico EWMA, es decir, la capacidad de incorporar al procedimiento de evaluación la información correspondiente a los controles efectuados previamente. Dependiendo de los valores que λ tome, el alcance de la memoria se puede situar entre la del gráfico Shewhart y la de los gráficos CUSUM. Eligiendo λ próximo a 0, el peso de los resultados de los controles anteriores aumentará, pudiéndose detectar mejor la existencia de pequeñas desviaciones persistentes, aunque será más difícil detectar derivas repentinas importantes. Si λ toma un valor próximo a 1, el algoritmo concederá menos importancia a los resultados previos y su respuesta ante desviaciones súbitas mejorará, aunque se reducirá su sensibilidad frente a pequeñas derivas.

De una selección acertada de los parámetros L y λ dependerá que se puede alcanzar el objetivo de calidad que se haya establecido previamente a través de un valor determinado para el ARL(c). El acierto en la elección dependerá en gran medida del conocimiento y de la experiencia que se tenga del comportamiento del SAM a controlar y por ello puede ser necesario ir ajustando los valores de L y λ a lo largo del tiempo.

En aquellos casos en que se espere una deriva del SAM muy lenta convendría seleccionar un λ cercano a 0,25 y un k próximo a 1,113. Si por el contrario se supiera que con frecuencia el comportamiento del SAM registra cambios repentinos, el valor de λ debería seleccionarse próximo a 0,5 y k tomaría valores cercanos a 1,7.

Para simplificar la elección inicial de los criterios de decisión del gráfico EWMA, se tomarán por defecto las constantes: $\lambda = 0,35$ y $k = 1,356$ (que se corresponden con una elección de $n=1$ y $ARL(1)=29$), quedando configurado el gráfico del siguiente modo:

- Límite de control superior : $LCS = LC + 1,356 S_{SAM}$
- Línea central : $LC = m_0$
- Límite de control inferior : $LCI = LC - 1,356 S_{SAM}$

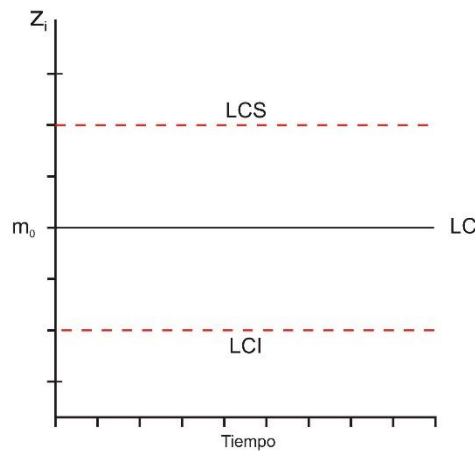


Fig. 7 Esquema del Gráfico de Control EWMA.

En un gráfico EWMA el criterio de decisión para considerar un SAM fuera de control es la obtención de un valor de z_i fuera de los límites de control establecidos. Cuando eso suceda deberá procederse según el procedimiento previsto en la Instrucción Técnica.

5.4 EJEMPLOS PRÁCTICOS.

Para ilustrar las prestaciones de los diferentes gráficos de control se presentan dos series de datos con problemáticas diferentes. Se presentan dos series de 15 valores cada una, obtenidos en muestreos programados para el control de Cero y Rango de un SAM. En ambos casos se supone una respuesta del instrumento según una distribución normal y los datos del valor de referencia y de S_{SAM} son los indicados en cada caso.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Ejemplo 1: CONTROL DEL CERO DE UN SAM
 Valor de referencia: 0,0 mg/m³; $S_{SAM} = 2,5 \text{ mg/m}^3$

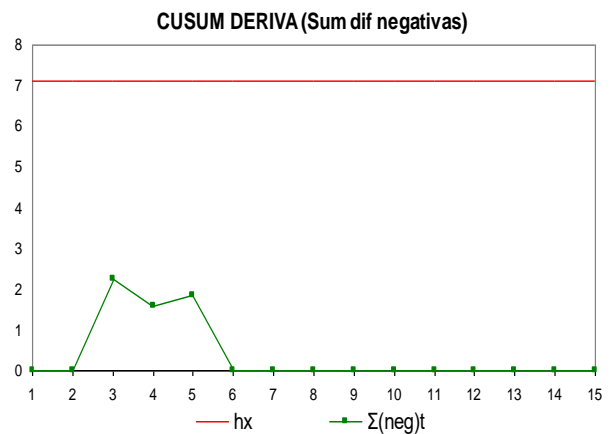
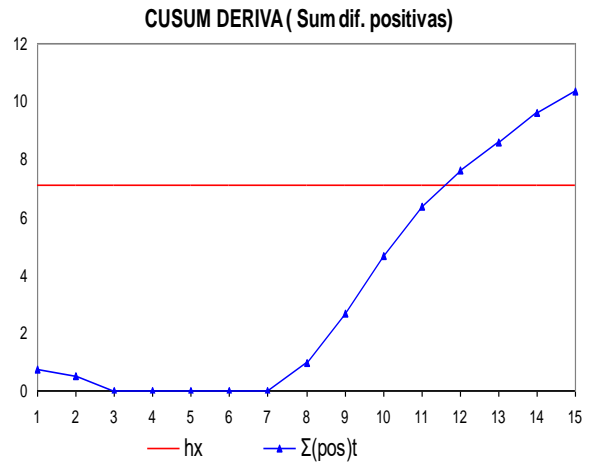
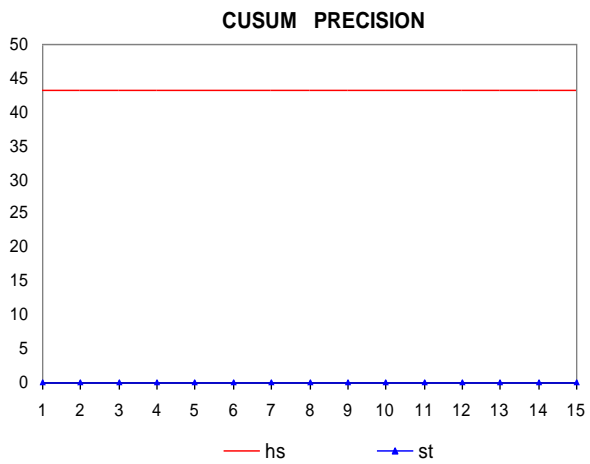
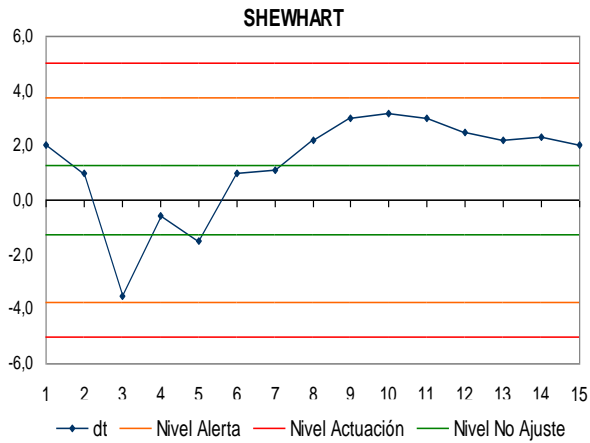
Datos de los controles realizados y resultados numéricos de su procesado dependiendo del tipo de Gráfico de control utilizado:

DIA	\bar{x}	Shewhart	CUSUM deriva				CUSUM precisión		EWMA
		d_t	$\Sigma(\text{pos})_t$	$N(\text{pos})_t$	$\Sigma(\text{neg})_t$	$N(\text{neg})_t$	s_t	$N(\text{sp})_t$	z_i
1	2,0	2,0	0,75	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70
2	1,0	1,0	0,49	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,81
3	-3,5	-3,5	0,00	0,00	2,25	1,00	0,00	0,00	-0,70
4	-0,6	-0,6	0,00	0,00	1,59	2,00	0,00	0,00	-0,67
5	-1,5	-1,5	0,00	0,00	1,84	3,00	0,00	0,00	-0,96
6	1,0	1,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,27
7	1,1	1,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
8	2,2	2,2	0,95	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,91
9	3,0	3,0	2,69	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,64
10	3,2	3,2	4,64	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,18
11	3,0	3,0	6,39	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,47
12	2,5	2,5	7,64	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,48
13	2,2	2,2	8,58	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,38
14	2,3	2,3	9,63	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,35
15	2,0	2,0	10,38	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,23



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Resultados según el tipo de gráfico de control :





Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Conclusión:

El análisis de los distintos gráficos de control aplicados a este ejemplo muestra que los tres gráficos muestran la existencia de un proceso de deriva en el valor de cero del SAM pero cada uno lo detecta en un momento distinto. El gráfico Shewhart no presenta ningún punto fuera de los límites de actuación pero aplicando los criterios de decisión se observa que cuando se obtiene el punto 15 ya se han acumulado 8 puntos al mismo lado de la línea central y por encima del límite de no actuación y por tanto se requiere realizar un ajuste del SAM. El gráfico CUSUM no muestra ningún problema en la precisión de las medidas de cero del SAM pero a partir del punto 12 indica que el equipo tiene una deriva en su valor de cero. En el caso de EWMA si se toman los límites de control para $n=1$ (color rosa) el gráfico no es sensible a las variaciones en la respuesta del SAM pero si se toman para $n=3$ (color verde) entonces permite detectar la deriva en el punto 10, es decir, incluso antes que CUSUM.

Ejemplo 2: CONTROL DEL RANGO DE UN SAM
 Valor de referencia: 100,0 mg/m³; $S_{SAM} = 2,5 \text{ mg/m}^3$

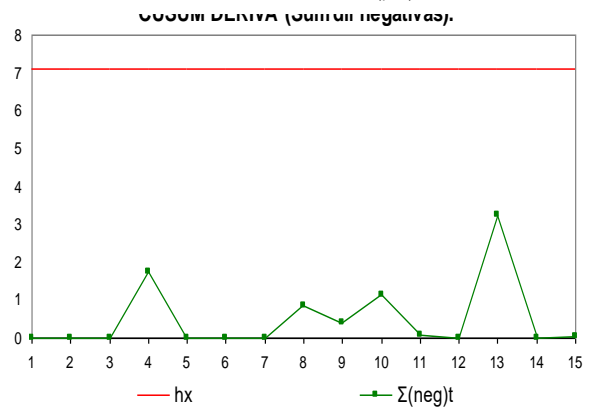
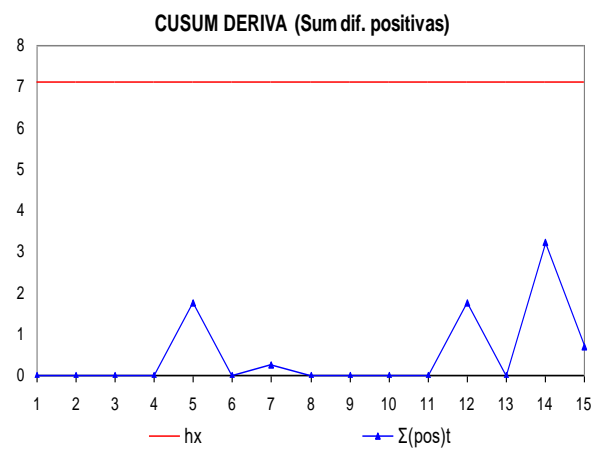
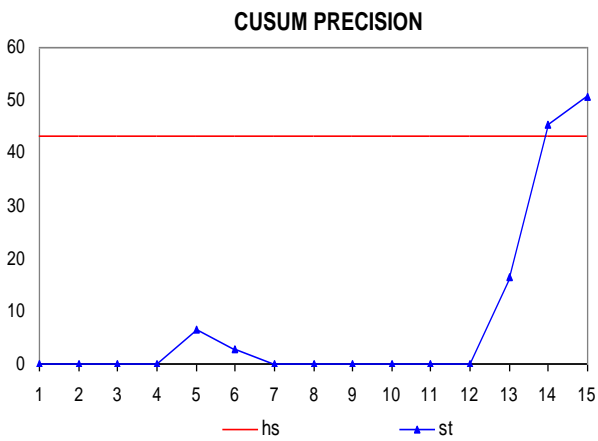
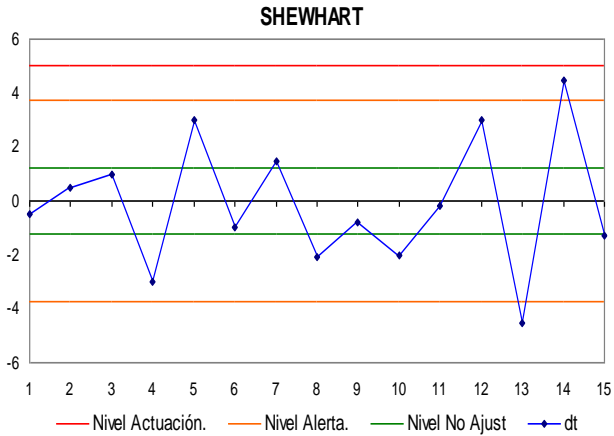
Datos de los controles realizados y resultados numéricos de su procesado dependiendo del tipo de gráfico de control utilizado:

DIA	\bar{x}	Shewhart	CUSUM deriva				CUSUM precisión		EWMA
		d_t	$\Sigma(\text{pos})_t$	$N(\text{pos})_t$	$\Sigma(\text{neg})_t$	$N(\text{neg})_t$	s_t	$N(\text{sp})_t$	z_t
1	99,5	-0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	99,83
2	100,5	0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,06
3	101,0	1,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,39
4	97,0	-3,0	0,00	0,00	1,75	1,00	0,00	0,00	99,20
5	103,0	3,0	1,75	1,00	0,00	0,00	6,44	1,00	100,53
6	99,0	-1,0	0,00	0,00	0,00	0,00	2,88	2,00	100,00
7	101,5	1,5	0,25	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,52
8	97,9	-2,1	0,00	0,00	0,85	1,00	0,00	0,00	99,60
9	99,2	-0,8	0,00	0,00	0,39	2,00	0,00	0,00	99,46
10	98,0	-2,0	0,00	0,00	1,14	3,00	0,00	0,00	98,95
11	99,8	-0,2	0,00	0,00	0,09	4,00	0,00	0,00	99,25
12	103,0	3,0	1,75	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,56
13	95,5	-4,5	0,00	0,00	3,25	1,00	16,56	1,00	98,79
14	104,5	4,5	3,25	1,00	0,00	0,00	45,50	2,00	100,79
15	98,7	-1,3	0,69	2,00	0,05	1,00	50,76	3,00	100,06



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Resultados según el tipo de gráfico de control:





Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Conclusión:

En este ejemplo de control de rango de un SAM se observa que ninguno de los tres tipos de gráfico muestra la existencia de un proceso de deriva en la respuesta del SAM frente al valor de referencia. Según el gráfico Shewhart todos los datos representados pueden considerarse dentro de la normalidad puesto que ninguno de ellos cae fuera de los límites de actuación y tampoco se incumple ninguno de los criterios de decisión previstos. Con respecto a los gráficos CUSUM y EWMA es evidente que ninguno de ellos detecta tampoco problemas de deriva. Sin embargo, el gráfico CUSUM de control de la precisión sí señala a partir del punto 14 la existencia de una pérdida de precisión en el SAM. En este caso el gráfico CUSUM ha sido suficientemente sensible como para detectar el problema rápidamente.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Anexo VI. Contenido del procedimiento para validación de datos de los SAM.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

**Procedimiento para la
validación de los datos de los
SAM en focos estacionarios**

Elaborado por:	Aprobado por:	Consejería competente:
Fecha y firma	Fecha y firma	Fecha y firma



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Para la elaboración del procedimiento de validación específico de cada empresa, se tendrá en cuenta el presente anexo y el punto 9. VALIDACION DE DATOS de la Instrucción Técnica ATM-E-MC-01.

1.- Distribución del documento.

Indicar las empresas, entidades, departamentos, etc., que van a disponer de copias controladas del documento.

2.- Objeto o ámbito de aplicación

El objeto de este procedimiento es establecer una metodología interna de la empresa (Razón Social de la empresa) para la validación de los datos generados por los SAM de medida ubicados en los focos de emisión estacionarios de dicha empresa.

Durante la validación, se asigna a los datos un marcador individual que define la circunstancia bajo la cual fue generado dicho dato, se observa la tendencia y se localizan fallos instrumentales y errores. El objetivo final de la validación es la obtención de valores de calidad conocida en base a criterios previamente definidos. Con esta validación se pretende contribuir al aseguramiento de la calidad de los datos obtenidos.

Adicionalmente, en este documento se reflejarán los aspectos más importantes de las actuaciones de aseguramiento de la calidad (NGC 2, EAS, EBS, NGC 3).

3.- Documentos relacionados

Se nombrarán los documentos de interés necesarios para aplicar el procedimiento de validación. Entre ellos las normas aplicables del anexo VIII, el contenido mínimo del proyecto técnico del SAM (anexo I), etc.

4.- Descripción del proceso que genera las emisiones

Se describirá brevemente el proceso haciendo hincapié en aquellos aspectos que influyan en la medida, tales como horarios de funcionamiento, puestas en marcha, paradas programadas, paradas por averías, regímenes de funcionamiento (carga de proceso), anomalías que pueden producirse en el proceso, etc. En



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

su caso, el funcionamiento del proceso se deberá tener en cuenta en la sistemática de validación de datos y deberá quedar adecuadamente descrita la actuación en cada caso.

5.- Datos válidos

Se consideran datos válidos aquellos que hayan sido obtenidos con SAM que cumplan lo establecido en la Instrucción Técnica ATM-E-MC-01.

6.- Descripción de la función analítica utilizada.

Se describirá la función analítica utilizada para cada parámetro medido en continuo. Para ello, partiendo de la fórmula y coeficientes que se indican en el punto 9.5. CALCULO PARA TRANSFORMAR LAS CONCENTRACIONES MEDIDAS A LAS QUE VENGA REFERIDO EL VLE, y en función del tipo de medida realizado por el SAM (medias normalizadas o en condiciones de chimenea, secas o húmedas, en ppm o mg/Nm³, etc.), se determinarán los cálculos específicos para la conversión de cada parámetro.

En el caso que se autorice no medir determinados parámetros auxiliares como puede ser la humedad, etc, por ser de escasa magnitud y poco variables, se indicará el valor que se tomará, tanto si es fijo como si se actualizará periódicamente a través de medidas realizadas por una Entidad de Inspección o Laboratorio de Ensayo. En este caso se indicará la periodicidad de las mediciones.

7.- Periodicidad de las actuaciones del NGC 2, EAS y EBS.

Se hará referencia a la periodicidad, número de medidas y otras consideraciones necesarias para la realización del NGC 2, Ensayo periódico de seguimiento (EAS o EBS).

8.- Metodología y Periodicidad del NGC 3.

Se hará referencia a la periodicidad, a la metodología, etc. del NGC 3 descritas en el punto 4 del anexo I: contenido mínimo del proyecto técnico del SAM.

9.- Descripción particular del sistema de validación



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

La empresa describirá de forma práctica la sistemática de validación de los datos empleada, incluyendo pantallazos del sistema informático utilizado.

Así mismo, si hay instrumentos específicos que requieran comprobación, como por ejemplo SAM de caudal, se especificarán los criterios de comprobación utilizados en dichos instrumentos.

Durante la validación, se debe asignar a los datos obtenidos, un marcador individual que define la circunstancia bajo la cual fueron generados dichos datos, se observará la tendencia y se localizarán posibles fallos instrumentales y errores.

En la tabla siguiente se exponen todos los Códigos Flag que se podrán utilizar en el sistema de validación de datos. Según el sistema de validación establecido se usaran algunos o todos los códigos descritos en la siguiente tabla:

COD_FLAG	DESCRIPCION
C	Dato nulo por calibración de SPAN
D	Dato nulo por fallo tecnico
E	Dato procedente de cálculos externos
M	Dato nulo por mantenimiento
N	Dato nulo, no valido o anulado
O	Dato procedente de estimación desde otro analizador
P	Instalación parada, en proceso de arranque o en proceso de parada
R	Dato calculado mediante datos históricos de algún periférico (aplicable a instalaciones que tengan obligación de disponer de SAM periféricos y alguno de éstos falla)
T	Dato temporal pendiente de validar
V	Dato validado
Z	Dato nulo por calibración de CERO
Y	Dato nulo por calibración de (CERO-SPAN)
S	Dato mayor al límite superior del rango de calibración

Para sistematizar la validación, a continuación, a modo de pauta, se describen diferentes niveles que podrán ser de aplicación en función del SAM instalado y del proceso productivo de la planta:

9.1.- Primer nivel de validación de datos: Flags del SAM.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Para efectuar el primer nivel de validación de datos los SAM asignarán automáticamente una serie de códigos Flag en función de su estado de operación: funcionamiento correcto, avería, calibración, mantenimiento, etc.

En el caso de eventos que desestabilicen el SAM, como por ejemplo un corte de energía eléctrica, se esperará hasta que los datos posteriores a ese evento se estabilicen, es decir, presenten valores similares en varias medidas, evitando validar valores extremos. Los valores extremos se marcan con la etiqueta de (N) nulo y se escribe una nota en la base de datos indicando el motivo correspondiente, para que quede reflejada toda la información posible.

9.2.- Segundo nivel de validación de datos: Flags relativos al proceso.

En función de las condiciones del proceso que genera las emisiones se podrán asignar códigos Flag que relacionen las medidas obtenidas con el estado del proceso: arranque, funcionamiento normal, parada, etc.

Sería aconsejable automatizar la asignación de estos códigos, mediante la utilización de señales de estado, relacionadas con el funcionamiento del proceso. Por ejemplo temperatura, %O₂, presión, etc.

9.3.- Tercer nivel de validación de datos: Flags relativos al estadístico de datos.

Personal de planta revisará el histórico y la tendencia de los datos obtenidos por el SAM con el fin de detectar posibles anomalías en el funcionamiento de los sistemas (datos constantes o demasiado variables, atípicos o extremos u otros datos que no correlacionen con el funcionamiento del proceso). Si se confirman irregularidades, se asignará la etiqueta de (N) nulo y se escribe una nota en la base de datos indicando el motivo correspondiente, para que quede reflejada toda la información posible.

9.4.- Cuarto nivel de validación de datos: Hace referencia a la disponibilidad de los datos mínimos requeridos para realización de medias.

Cuando no se alcance el porcentaje de datos mínimos disponibles requeridos en el punto 9, debido a causas tales como avería, mantenimiento, autoajuste, NGC 3, fallo de tensión, ensayo funcional, etc., se asignará el código correspondiente.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

En el caso que el SAD no tenga la capacidad de asignación de alguno de los códigos Flag que se precisen, se asignarán manualmente en base a registros tales como partes diarios, partes de Sala de Control u otros sistemas informáticos.

10.- Archivo de la base de datos validada.

Con los datos obtenidos se elaborará un archivo de datos con la estructura que se establece en el anexo VII.
Procedimiento para la transmisión de datos.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Anexo VII. Contenido del procedimiento para la transmisión de datos de los SAM.

Para disponer la versión más actualizada de este procedimiento de transmisión de datos y poder elaborar a partir este procedimiento el específico de la empresa, se podrá bajar el archivo “Procedimiento para la transmisión de los datos de los medidores en continuo” en formato “WORD” de la página WEB de la Comunidad de Madrid.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

**Procedimiento para la
transmisión de los datos de los
SAM en focos estacionarios**

Elaborado por:	Aprobado por:	Consejería competente:
Fecha y firma	Fecha y firma	Fecha y firma



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

1.- ENVÍO DE DATOS

La empresa especificará las condiciones concretas que va a seguir para la transmisión de los datos de los medidores en continuo a la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio.

Los datos se enviarán al servidor FTP de la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio donde cada empresa tendrá asignado un directorio único para dejar sus datos.

La referencia del servidor, el login y password para acceder a dicho servidor ftp será asignado por la Consejería una vez se haya solicitado el alta de los focos.

Con carácter general, los archivos con los datos validados serán enviados a la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio con frecuencia diaria y antes de pasadas 24 horas del siguiente día laborable a su generación. Los datos validados relativos a festivos o a sábados, podrán ser enviados el primer día laborable posterior a la fecha a la que se refieren los datos.

2.- DESCRIPCION DEL FICHERO DIARIO DE TRANSFERENCIA DE DATOS DE EMISIONES

2.1. Criterios generales

La comunicación se realizará a través de ficheros de texto ASCII con las siguientes características:

- El nombre del fichero se compone de los cuatro dígitos del código de empresa seguidos de dos dígitos del año, dos dígitos del mes, dos del día. Ejemplo: E001101218.txt (Teniendo en cuenta la descripción de códigos que figura más abajo, este fichero se correspondería con los datos del día 18 de diciembre de 2010 de la empresa Cementos Pérez).

Cada fichero tendrá tantas líneas como focos, parámetros y periodos temporales de integración sean necesarios comunicar. A modo de ejemplo, el fichero de una empresa con dos focos, tres parámetros a comunicar en cada foco y periodo de integración horario, tendrá $2 \times 3 \times 24 = 144$ líneas.

Para cada parámetro se enviará un único valor de integración, así, si el periodo que se debe comunicar es horario, las medidas diarias que sean necesarias obtener para comprobar el VLE, se calcularán en la Consejería a partir de los datos horario comunicados, por tanto en este ejemplo sólo se enviará el valor de integración horario.

- Cada línea tendrá 19 campos, que son:
 1. **Código de foco emisor** (10 caracteres alfanuméricos)
 2. **Fecha** (6 caracteres formato fecha: aammdd)
 3. **Hora** (4 caracteres formato hora: hhmm)
 4. **Periodo de integración** (1 carácter numérico según tabla código de integración)
 5. **Código de parámetro** (3 caracteres numéricos según tabla código parámetro)
 6. **Unidades en las que vienen expresados los campos 8 y 9** (caracteres según tabla código de unidades)

7. **Código de transformación de los datos calibrados a las condiciones en las que viene expresado el Valor Límite de Emisión –VLE-.** Este código hace referencia a las condiciones de medida del SAM (2 caracteres numéricos según tabla código tabla transformación condiciones en las que viene expresado el VLE)
 8. **Valor en Condiciones Normales de gas seco sin corregir al O₂ de referencia** (campo numérico con dos decimales)
 9. **Valor en las Condiciones en las que viene referido el VLE- restado la incertidumbre** (campo numérico con dos decimales). En el caso de instalaciones cuyo VLE no venga referido a unas condiciones de O₂ de referencia, se reflejará en este campo el valor del campo 8, al cual se le ha restado la incertidumbre. En el caso de instalaciones cuyo VLE venga referido a unas condiciones de O₂ de referencia, se reflejará el valor corregido al O₂ de referencia mencionado, al cual se le ha restado la incertidumbre.
 10. **Flag: carácter identificativo del estado del dato enviado en el campo 9** (1 carácter alfanumérico según tabla código de flag)
 11. **Dato calibrado** (campo numérico con dos decimales)
 12. **Porcentaje de corrección de O₂.** Valor de O₂ al que viene referido el VLE (campo numérico con dos decimales)
 13. **Valor de O₂ en %.** Valor medido de oxígeno seco (campo numérico con dos decimales)
 14. **Valor de Humedad en %.** Valor medido de H₂O (campo numérico con dos decimales)
 15. **Valor de Temperatura de la emisión en °C** (campo numérico con dos decimales)
 16. **Valor de Presión absoluta en el conducto en kPa** (campo numérico con dos decimales)
 17. **Caudal seco en Nm³/h** (campo numérico con dos decimales)
 18. **Caudal húmedo en m³/h** (campo numérico con dos decimales).
 19. **Unidades del dato calibrado -campo 11-**. (caracteres según tabla código de unidades)
- Cada uno de los campos se separará con el carácter “;”
 - En cada uno de los campos se separará la parte entera de la decimal por una “,”
 - Todos los campos deberán rellenarse. Si en alguna empresa no corresponde reportar alguno de los campos, se pondrá “0” (diferente a “0,00” que se corresponde con un valor comunicado de 0).
 - Todas las líneas del fichero terminarán con los caracteres CTR+LF (es decir fin de línea, esto sólo afecta a los ficheros generados bajo sistema operativo UNIX).
 - Ejemplo de fichero de instalación con dos focos, dos parámetros y un periodo de integración horario. En este caso el archivo contendrá las siguientes 96 líneas:

```
E001I01F01;101218;0100;5;001;06;14;987,06;773,50;V;587,44;10,00;8,57;7,00;150,32;100,52;16262,82;27326,00;103
E001I01F01;101218;0100;5;003;06;14;987,06;773,50;V;587,44;10,00;8,57;7,00;150,32;100,52;16262,82;27326,00;103
E001I01F01;101218;0200;5;001;06;14;987,06;773,50;V;587,44;10,00;8,57;7,00;150,32;100,52;16262,82;27326,00;103
E001I01F01;101218;0200;5;003;06;14;987,06;873,50;V;587,44;10,00;8,57;7,00;150,32;100,52;16262,82;27326,00;103
... hasta 48 líneas (para el foco 1 las 24 medias horarias de cada uno de los dos parámetros: SO2 y partículas)
E001I01F02;101218;0100;5;001;06;14;987,06;773,50;V;587,44;10,00;8,57;7,00;150,32;100,52;16262,82;27326,00;103
E001I01F02;101218;0100;5;003;06;14;987,06;873,50;V;587,44;10,00;8,57;7,00;150,32;100,52;16262,82;27326,00;103
E001I01F02;101218;0200;5;001;06;14;987,06;773,50;V;587,44;10,00;8,57;7,00;150,32;100,52;16262,82;27326,00;103
E001I01F02;101218;0200;5;003;06;14;987,06;773,50;V;587,44;10,00;8,57;7,00;150,32;100,52;16262,82;27326,00;103
... hasta 48 líneas (para el foco 2 las 24 medias horarias de cada uno de los dos parámetros: SO2 y partículas).
```

Aunque en este ejemplo se ha ordenado por hora y parámetro, la aplicación que carga los datos en la base de datos de la Consejería, puede leer las líneas en otro orden, lo importante es que la codificación en cada línea sea correcta y que no haya líneas repetidas.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Ejemplo 1:

A continuación, a modo de ejemplo, se describe la primera línea de datos del archivo anteriormente indicado. Este ejemplo es para un SAM de SO₂ que mide en condiciones de chimenea. El VLE para el SO₂ en esta instalación es de 500 mg/Nm³ (gas seco) referido a un 10% de O₂ de referencia:

- 1.- **E001101F01**: Cementos Pérez, fábrica de Colmenar de Abajo, Horno 1.
- 2.- **101218**: Datos del día 18 de diciembre de 2010.
- 3.- **0100**: La una de la madrugada (datos comprendidos entre la hora 0001 y la hora 0100), hora en la que se calcula la media a la se refieren los datos, en este caso media horaria.
- 4.- **5**: Periodo de integración horario
- 5.- **001**: SO₂
- 6.- **06**: mg/Nm³ y seco
- 7.- **14**: El dato calibrado se tiene que corregir a % de oxígeno, humedad, Temperatura y Presión.
- 8.- **987,06**: Valor obtenido al transformar el dato calibrado – campo 11- (viene en condiciones húmedas y sin normalizar) a condiciones normales y sin corregir al % de O₂ de referencia

$$C_{\text{normalizado sin corregir a oxígeno}} = 587,44 \times \frac{150,32 + 273}{273} \times \frac{101,3}{100,52} \times \frac{100}{100 - 7} = 987,06$$

- 9.- **773,50** Valor obtenido al corregir el dato del campo 8 en función del % de O₂ de referencia y restado la incertidumbre.

$$C_{\text{normalizado a y corregido a oxígeno}} = 987,06 \times \frac{21 - 10}{21 - 8,57} = 873,50$$

La incertidumbre para el SO₂ es del 20 % (ver tabla 1). Como el valor de 873,50 supera el VLE de 500 mg/Nm³, se resta el 20 % de 500 en lugar del 20 % del valor medido, es decir se restan 100 mg/Nm³ (20 x 500/100). Por tanto el resultado a comunicar es 873,50-100= 773,50 mg/Nm³.

Nota: Para indicar la metodología a seguir, en este ejemplo se ha restado la incertidumbre a la media horaria, no obstante, como se ha indicado en la Instrucción Técnica, la forma correcta de realizar la resta de la incertidumbre es restándola a los valores cincominutales o en su caso quinceminutales.

- 10.- **V**: Valor valido
- 11.- **587,44**: Valor del dato calibrado obtenido por el SAM
- 12.- **10,00**: El Valor Límite de Emisión viene referido a un 10 % de O₂ seco de referencia
- 13.- **8,57**: Valor de oxígeno seco medido en la emisión expresado en %
- 14.- **7,00**: Valor de humedad en la emisión expresado en %.
- 15.- **150,32**: Valor de la temperatura de emisión en °C.
- 16.- **100,52**: Valor de la presión en la chimenea kPa
- 17.- **16262,82**: Valor del caudal de emisión seco y en condiciones normales. Campo calculado partiendo del campo 18.

$$Q_{\text{normalizado o y seco}} = 27326 \times \frac{273}{150,32 + 273} \times \frac{100,52}{101,3} \times \frac{100 - 7}{100} = 16262,82$$

- 18.- **27326,00**. Valor del caudal de emisión húmedo en m³/h (en condiciones de chimenea)
- 19.- **103**: El dato calibrado del SAM se obtiene en mg/m³ (condiciones húmedas y sin normalizar)



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Ejemplo 2:

A continuación, se describe la línea de datos que se indica. Este ejemplo es para un SAM de SO₂ extractivo que seca los gases antes de medir. La curva de calibración SAM/laboratorio de ensayo se ha expresado en mA/mg/Nm³, es decir el SAM proporciona los datos de emisión de contaminante en mg/Nm³ de gas seco. El VLE para el SO₂ en esta instalación es de 500 mg/Nm³ (gas seco) referido a un 10% de O₂ de referencia:

E001I01F01;101218;0100;5;001;06;01;100,69;71,28;V;35,23;10,00;8,57;7,00;150,32;100,52;16262,82;27326,00;08

- 1.- **E001I01F01**: Cementos Pérez, fábrica de Colmenar de Abajo, Horno 1.
- 2.- **101218**: Datos del día 18 de diciembre de 2010.
- 3.- **0100**: La una de la madrugada (datos comprendidos entre la hora 0001 y la hora 0100), hora en la que se calcula la media a la se refieren los datos, en este caso media horaria.
- 4.- **5**: Periodo de integración horario
- 5.- **001**: SO₂
- 6.- **06**: mg/Nm³ y seco
- 7.- **01**: El dato calibrado se tiene que corregir a % de oxígeno
- 8.- **35,23**: Mismo valor que el dato calibrado puesto que ya viene expresado en mg/Nm³ de gas seco y sin corregir al % de O₂ de referencia.
- 9.- **24,74**: Valor obtenido al corregir el dato del campo 8 en función del % de O₂ de referencia y restado la incertidumbre.

$$C_{\text{normalizada y corregida a oxígeno}} = 35,23 \times \frac{21 - 10}{21 - 8,57} = 31,18$$

La incertidumbre para el SO₂ es del 20 % (ver tabla 1). Como el valor de 31,18 no supera el VLE de 500 mg/Nm³, se resta el 20 % del valor medido, es decir se restan 6,24 mg/Nm³ (20 x 31,18/100). Por tanto el resultado a comunicar es 31,18 – 6,24 = 24,94 mg/Nm³.

Nota: Para indicar la metodología a seguir, en este ejemplo se ha restado la incertidumbre a la media horaria, no obstante, como se ha indicado en la Instrucción Técnica, la forma correcta de realizar la resta de la incertidumbre es restándola a los valores cincominutales o en su caso quinceminutales.

- 10.- **V**: Valor valido
- 11.- **35,23**: Valor del dato calibrado obtenido por el SAM
- 12.- **10,00**: El Valor Límite de Emisión viene referido a un 10 % de O₂ seco de referencia
- 13.- **8,57**: Valor de oxígeno seco medido en la emisión expresado en %
- 14.- **7,00**: Valor de humedad en la emisión expresado en %.
- 15.- **150,32**: Valor de la temperatura de emisión en °C.
- 16.- **100,52**: Valor de la presión en la chimenea kPa
- 17.- **16262,82**: Valor del caudal de emisión seco y en condiciones normales. Campo calculado partiendo del campo 18.

$$Q_{\text{normalizado y seco}} = 27326 \times \frac{273}{150,32 + 273} \times \frac{100,52}{101,3} \times \frac{100 - 7}{100} = 16262,82$$

- 18.- **27326,00**. Valor del caudal de emisión húmedo en m³/h (en condiciones de chimenea)
- 19.- **08**: El dato calibrado del SAM se obtiene en mg/Nm³ en gas seco



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

2.2. Descripción de los códigos empleados

- **Código de foco emisor**

Se obtiene mediante la unión del código de empresa, código de instalación y código de foco.

- Código empresa:

La Administración competente asignará un código a cada empresa que tenga obligación de medir en continuo.

CODIGO EMPRESA	DESCRIPCION
E001	Cementos Pérez

- Código de la Instalación:

La Administración competente asignará un código a cada instalación de una misma empresa que tenga la obligación de medir en continuo.

CODIGO INSTALACIÓN	DESCRIPCION
E001101	Fábrica de Colmenar de Abajo
E001102	Fábrica de Colmenar de Arriba

- Código de foco:

En función de la documentación suministrada por cada empresa, la Administración competente asignará un código a cada foco de la instalación que tenga obligación de medir en continuo.

CODIGO FOCO	DESCRIPCION
F01	Horno 1
F02	Horno 2
F03	Horno 3

- **Campo Hora**

Para la elaboración del campo hora, se deberán observar los siguientes criterios:

- 1.- Las horas van desde las "0010" hasta las "2400"
- 2.- Las medias calculadas, se guardarán en la hora del último periodo que integre la medida.

Ej: las medias horarias calculadas a partir de datos quinceminutales se guardarán así

0015 – 0030 – 0045 – 0100 → Media horaria de la 0100

- 3.- En el fichero que se envía a la Consejería, deberán aparecer todas las horas del día. Si no hubiera valor para un periodo en concreto, los valores se pondrán a 0 con flag "P".



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

4.- Los periodos en los que se podrán guardar el valor son:

- 0010 – 0020 - – 2340 – 2350 – 2400 → Datos Diezminutales
- 0015 – 0030 - – 2330 – 2345 – 2400 → Datos Quinceminutales
- 0030 – 0100 - – 2300 – 2330 – 2400 → Datos Semihorarios
- 0100 – 0200 - – 2200 – 2300 – 2400 → Datos Horarios
- 0000 **Hora que aparecerá exclusivamente para medias diarias**

5.- El campo hora es un campo numérico y no podrá haber signos de puntuación “:” “,” “;”, etc.

- **Código de periodo de integración:**

CODIGO PERIODO NTEGRACION	DESCRIPCION
2	10 minutos
3	15 minutos
4	30 minutos
5	Horario

- **Código de parámetro:**

Se utilizarán los siguientes códigos de parámetros:

CODIGO DE PARAMETRO	PARAMETRO	DESCRIPCION
001	SO ₂	Anhídrido Sulfuroso
003	PST	Partículas Totales (PST)
005	CO ₂	Dióxido de carbono
006	CO	Monóxido de carbono
007	NO	Monóxido de nitrógeno
008	NO ₂	Dióxido de nitrógeno
012	NO _x	Óxidos de nitrógeno totales (como NO ₂)
022	Hg	Mercurio y sus compuestos
029	P	Presión de interior chimenea
032	T	Temperatura de gases Chimenea
052	VOC	Compuestos orgánicos volátiles medido en COT
054	HF	Fluoruro de hidrógeno
058	HCl	Ácido clorhídrico
068	H ₂ O	Humedad Gases chimenea
095	Q	Caudal de emisión



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- Código de Unidades

Se utilizarán los siguientes códigos de unidades:

CODIGO UNIDADES	DESCRIPCION	UNIDADES
05	Metro cúbico por hora seco y en condiciones normales.	m ³ N/h
06	Miligramos por metro cúbico seco y condiciones normales	mg/m ³ N
07	Porcentaje	%
08	Partes por millón en volumen de gas seco	ppmv
09	Partes por millón en volumen de gas húmedo	ppmv
20	Metros cúbicos por hora	m ³ /h
99	Kilopascales	kPa
103	Miligramos por metro cúbico seco	mg/m ³
104	Miligramos por metro cúbico húmedo	mg/m ³
105	Grado centígrado	°C
106	Miligramos por metro cúbico húmedo y condiciones normales	mg/m ³ N

- Código de transformación de los datos calibrados a las a condiciones en las que viene expresado el valor límite de emisión:

Se describen en esta tabla todas las transformaciones posibles del dato calibrado obtenido por el SAM para transformarlo a las condiciones a las que viene referido el VLE.

CODIGO TRANSFORMACIÓN DATOS CALIBRADOS	DESCRIPCION
00	No procede corrección a CN
01	Dato corrección a % de O ₂
02	Dato corregido en humedad
03	Dato corregido en temperatura y presión
04	Dato corregido en humedad y oxígeno
14	Dato corregido a % de O ₂ , humedad, temperatura y presión
15	Dato corregido a humedad, temperatura y presión



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- Código de flag:

Cada media temporal que se comunice a la administración para comprobar el cumplimiento del VLE, deberá ir acompañado de un carácter identificativo del estado del mismo:

COD_FLAG	DESCRIPCION
C	Dato nulo por calibración de SPAN
D	Dato nulo por fallo técnico
E	Dato procedente de cálculos externos
M	Dato nulo por mantenimiento
N	Dato nulo, no válido o anulado
O	Dato procedente de estimación desde otro analizador
P	Instalación parada, en proceso de arranque o en proceso de parada
R	Dato reconstruido
T	Dato temporal pendiente de validar
V	Dato validado
Z	Dato nulo por calibración de CERO
Y	Dato nulo por calibración de (CERO-SPAN)
S	Dato mayor al límite superior del rango de calibración



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Anexo VIII. Métodos de referencia.

Los métodos de referencia que se indican a continuación son los que deben utilizar los laboratorios de ensayo para realizar el NGC 2 y el EAS. Cualquier modificación del método establecido en la norma CEN o la utilización de cualquier procedimiento alternativo que se pretenda utilizar deberá ser justificado por el laboratorio de ensayo y en cualquier caso deberá ser aprobado previamente por la Consejería de Medio Ambiente Vivienda y Ordenación del Territorio.

Las nuevas normas CEN que se publiquen sobre medidas de contaminantes en emisión de focos estacionarios pasarán a formar parte de esta **lista**.

PARÁMETRO	NORMA
Aspectos generales	UNE-EN 15259. Emisiones de fuentes estacionarias. Requisitos de las secciones y sitios de medición y para el objetivo, plan e informe de medición
Partículas sólidas	UNE-EN 13284-1. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de partículas a baja concentración. Parte 1: Método gravimétrico manual.
Dióxido de azufre	UNE-EN 14791. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de dióxido de azufre. Método de referencia
Óxidos de Nitrógeno	UNE-EN 14792. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de óxidos de nitrógeno (NOx). Método de referencia. Quimioluminiscencia
Carbono Orgánico Total	UNE-EN 12619. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de carbono orgánicos total gaseoso en bajas concentraciones en gases de combustión. Método continuo por ionización de llama.
	UNE-EN 13526. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración decarbono orgánico gaseoso total en gases efluentes de procesos que usan disolventes. Método continuo por ionización de llama
Monóxido de carbono	UNE-EN 15058. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de monóxido de carbono (CO). Método de referencia. Espectrometría infrarroja no dispersiva
Cloruro de Hidrógeno	UNE-EN 1911 Emisiones de fuentes estacionarias. Método manual de determinación de HCl
Fluoruro de Hidrógeno	UNE-ISO 15713. Emisiones de fuentes estacionarias. Muestreo y determinación del contenido de fluoruro gaseosos.
Mercurio	UNE-EN 13211 Y UNE-EN 13211/AC. Emisiones de fuentes estacionarias. Método manual de determinación de la concentración de mercurio total.
Oxígeno	UNE-EN 14789. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración volumétrica de oxígeno (O ₂). Método de referencia. Paramagnetismo
Humedad	ENE.-EN 14790. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación del vapor de agua en conductos
Caudal	UNE 77227. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación del caudal volumétrico de corriente de gases en conductos. Método automático.

Nota: las normas se indican sin fecha para incluir siempre la última versión de las mismas.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Anexo IX. Contenidos de los informes a elaborar por los laboratorios de ensayo.

Contenido mínimo de los informes debe cumplir con el contenido mínimo del punto “9 INFORME DE MEDICIÓN NORMA 15259”. Este apartado aplica a los laboratorios de ensayo que realizan los controles de aseguramiento de calidad.

Adicionalmente, en aquellos casos en que sean de aplicación, se deberán incluir en el informe los contenidos que se establezcan en las normas individuales relativas a los MRP utilizados.

El contenido de los informes varía según el tipo de control de aseguramiento de la calidad que se realice Ensayo funcional, NGC 2, EAS o EBS. Así, si al realizar un NGC 2 o un EAS/EBS el resultado del Ensayo funcional es negativo, de forma que no permite continuar con el NGC 2, EAS/EBS, se emitirá únicamente el informe de Ensayo funcional. En el resto de casos se podrán realizar los dos informes independientemente (Ensayo funcional y NCG 2, EAS/EBS) o bien un único informe incorporando el contenido del Ensayo funcional en el punto correspondiente (no es necesario duplicar la información común).

A.- INFORME DE ENSAYO FUNCIONAL.

- 1.- Identificación del documento: Identificación individual, Título y fecha de emisión.
- 2.- Identificación del laboratorio de ensayo acreditado (Central y delegación)
 - Nombre o razón social
 - Acreditación del laboratorio de ensayo
 - N.I.F
 - Dirección social
 - Teléfono, fax y e-mail
 - Persona de contacto
- 3.- Identificación del cliente
 - Nombre o razón social
 - N.I.F
 - Dirección social
 - Teléfono, fax y e-mail
 - Persona de contacto
- 4.- Identificación del establecimiento o planta objeto del informe.
 - Nombre o razón social
 - N.I.F
 - Dirección social
 - Teléfono, fax y e-mail
 - Persona de contacto
- 5.- Descripción del trabajo objeto del informe (objetivo de medición)
- 6.- Fechas de realización de los trabajos
- 7.- Identificación de ítem ensayado
 - Clasificación general (grupo y epígrafe) de la actividad según el Catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera vigente
 - Actividad principal
 - Actividad del proceso donde está ubicado el SAM
 - N° de días de trabajo/año



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- Nº de horas de funcionamiento reales al año de la actividad
 - Nº de turnos de trabajo y nº de horas de trabajo al día
- 8.- Descripción del SAM
- Marca
 - Modelo
 - Nº de serie
 - Parámetro medido
 - Principio de medida
 - Rango certificado (NGC1)
 - Rango de medida (fabricante)
 - Localización
 - Condiciones de medida de los SAM, es decir si miden en condiciones de la emisión, en condiciones normalizadas, en condiciones normalizadas y secas, etc.
- 9.- PROCEDIMIENTOS Y NORMAS UTILIZADAS
- 10.- PATRONES UTILIZADOS
- Componente o magnitud del patrón
 - Nº de patrón
 - Nº de certificado.
 - Fabricante
 - Concentración real
 - Incertidumbre
 - Vigencia del patrón
- 11.- PERSONAL DE LABORATORIO QUE LLEVA CABO EL ENSAYO
- 12.- PERSONAL DE LA PLANTA O DEPENDIENTE DE ELLA QUE ESTÁ PRESENTE DURANTE LOS TRABAJOS
- Nombre de la persona (indicando si es personal de la planta, fabricante del SAM, responsable mantenimiento externo, etc., y el cargo que desempeña)
 - Razón social de la empresa externa
 - N.I.F de la empresa externa
 - Teléfono, fax y correo electrónico de la empresa externa
- 13.- DESARROLLO DE LOS TRABAJOS
- 13.1.- Comprobaciones y verificaciones
- La correcta alineación emisor-receptor, según las especificaciones del fabricante
 - Las temperaturas de trabajo del sistema están de acuerdo con las especificaciones del fabricante
 - Las condiciones en que se encuentra el aparato: sometido a vibraciones, suciedad en las lentes, verificación del sistema de purga, funcionamiento correcto de las pestañas de protección
- 13.2.- Supervisor general de los elementos del sistema:
- Analizador
 - Comprobación de la seguridad del sistema de transmisión de señales
- 13.3.- Límite de detección para cada contaminante
- 13.4.- Control de la deriva de cero y span para cada contaminante. Se incluirá la descripción de la metodología utilizada, los resultados obtenidos y su valoración así como el intervalo mínimo de mantenimiento periódico.
- 13.5.- Evaluación de los efectos de las sustancias interferentes



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

13.6.- Comprobación del test de linealidad

- Copia de los certificados de los materiales de referencia utilizados, incluidos los diluidores, hornos de permeación, etc.
- Resultados y su valoración

13.7.- Prueba de estanquidad: descripción de la metodología utilizada y valoración de los resultados

13.8.- Tiempo de respuesta para cada contaminante: descripción de la metodología utilizada y valoración de los resultados

13.9.- Interpretación y valoración global de los resultados de las prueba realizadas.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

B.- INFORME DE CALIBRACIÓN NGC2.

- 1.- Identificación del documento: Identificación individual, Título y fecha de emisión.
- 2.- Identificación del laboratorio de ensayo acreditado (Central y delegación).
 - Nombre o razón social
 - Acreditación del laboratorio de ensayo
 - N.I.F
 - Dirección social
 - Teléfono, fax y e-mail
 - Persona de contacto
- 3.- Identificación del cliente
 - Nombre o razón social
 - N.I.F
 - Dirección social
 - Teléfono, fax y e-mail
 - Persona de contacto
- 4.- Identificación del establecimiento o planta objeto del informe.
 - Nombre o razón social.
 - N.I.F
 - Dirección social
 - Teléfono, fax y e-mail
 - Persona de contacto
- 5.- Descripción del trabajo objeto del informe (objetivo de medición)
- 6.- Fechas de realización de los trabajos
- 7.- Identificación de ítem inspeccionado
 - Clasificación general (grupo y epígrafe) de la actividad según el Catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera vigente
 - Actividad principal
 - Actividad del proceso donde está ubicado el SAM
 - Nº de días de trabajo/año
 - Nº de horas de funcionamiento reales al año de la actividad
 - Nº de turnos de trabajo y nº de horas de trabajo al día
 - Identificación de la sección de medición y sitio de medición
8. Descripción del SAM
 - Marca
 - Modelo
 - Nº de serie
 - Parámetro medido
 - Principio de medida
 - Rango certificado (NGC 1).
 - Rango de medida (fabricante)
 - Localización
 - Esquema de la instalación ensayada
 - Condiciones de medida de los SAM, es decir si miden en condiciones de la emisión, en condiciones normalizadas, en condiciones normalizadas y secas, etc.
- 9.- PROCEDIMIENTOS Y NORMAS UTILIZADAS



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

- Detalles de las características y elementos que intervienen en la representatividad de los MRP
 - MRP escogidos en cada caso y justificación de la elección
 - Descripción del MRP usado: mesurando, principio, tipo, rango de operación, repetibilidad y/o incertidumbre de medida.
- 10.- EQUIPOS UTILIZADOS PARA MRP
- Marca
 - Modelo
 - N° de serie
 - N° de equipo de laboratorio.
 - Parámetro medido
 - Principio de medida
 - Rango de medida
 - Incertidumbre
 - Certificados de calibraciones vigentes.
 - Observaciones
- 11.- PATRONES UTILIZADOS
- Componente o magnitud del patrón
 - N° de patrón
 - N° de certificado.
 - Fabricante
 - Concentración real
 - Incertidumbre
 - Vigencia del patrón
- 12.- PERSONAL DE LABORATORIO QUE LLEVA A CABO EL ENSAYO indicando las tareas realizadas por cada técnico.
- 13.- ENSAYO DE FUNCIONALIDAD. Se adjuntará el informe del apartado A.
- 14.- CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DURANTE LAS MEDIDAS EN PARALELO CON EL MRP.
- Condiciones de operación en las que se desarrolla de actividad de instalación durante los ensayos
 - Materiales manipulados
 - Medidas correctoras y sistemas de depuración
 - Combustibles utilizados
- 15.- FUNCIÓN DE CALIBRACIÓN
- Fecha y hora en la cual se realizaron las medidas en paralelo
 - Información detallada de todos los valores medidos por el SAM y el MRP, promediada en los periodos pertinentes.
 - Función de calibración indicando el método utilizado para obtenerla y rango válido de calibración
 - Resultados del ensayo de variabilidad
 - Todos los datos usados para el cálculo de la función de calibración y realización de los ensayos de variabilidad
 - Gráfico X e Y de las medidas paralelas, incluyendo en rango válido de calibración
 - Interpretación y valoración de los resultados obtenidos
- 16.- CONCLUSIONES Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD DEL SISTEMA.
- Se deberán recoger las conclusiones obtenidas en el ensayo, indicando cualquier desviación a la metodología establecida en la Instrucción Técnica para el aseguramiento de la calidad de Sistemas Automáticos de Medida de Emisiones a la atmósfera en focos estacionarios en la Comunidad de



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Madrid, Norma UNE-EN 14181, y otras normas utilizadas, indicando la posible influencia sobre los resultados obtenidos.

17.- FUNCIÓN ANALÍTICA

El laboratorio de ensayo deberá indicar claramente la naturaleza de los valores obtenidos por el SAM a los que se aplica la función de calibración obtenida. Igualmente se indicarán los periféricos que deben utilizarse por parte de la instalación y los cálculos matemáticos que se deben realizar para transformar los datos obtenidos, tras aplicar la función de calibración, para obtener los datos en las condiciones en las que viene expresado el VLE.

18.- ANEXOS DEL INFORME

Se incluirán todos los datos que permitan calcular los parámetros que deben estar incluidos en el informe.

Nota: Se deberán incluir en el informe los contenidos que se establezcan en las normas individuales relativas a los MRP utilizados.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

C.- INFORME DE ENSAYO ANUAL DE SEGUIMIENTO (EAS) o INFORME DE ENSAYO BIENAL DE SEGUIMIENTO (EBS)

- 1.- Identificación del documento: Identificación individual, Título y fecha de emisión.
- 2.- Identificación del laboratorio de ensayo acreditado (Central y delegación).
 - Nombre o razón social.
 - Acreditación del laboratorio de ensayo
 - N.I.F
 - Dirección social
 - Teléfono, fax y e-mail
 - Persona de contacto
- 3.- Identificación del cliente
 - Nombre o razón social.
 - N.I.F
 - Dirección social
 - Teléfono, fax y e-mail
 - Persona de contacto
- 4.- Identificación del establecimiento o planta objeto del informe.
 - Nombre o razón social.
 - N.I.F
 - Dirección social
 - Teléfono, fax y e-mail
 - Persona de contacto
- 5.- Descripción del trabajo objeto del informe (objetivo de medición)
- 6.- Fechas de realización de los trabajos
- 7.- Identificación de item ensayado
 - Clasificación general (grupo y epígrafe) de la actividad según el Catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera vigente.
 - Actividad principal
 - Actividad del proceso donde está ubicado el SAM
 - Nº de días de trabajo/año
 - Nº de horas de funcionamiento reales al año de la actividad
 - Nº de turnos de trabajo y nº de horas de trabajo al día
 - Identificación de la sección de medición y sitio de medición
8. Descripción del SAM
 - Marca
 - Modelo
 - Nº de serie
 - Parámetro medido
 - Principio de medida
 - Rango certificado (NGC 1)
 - Rango de medida (fabricante)
 - Localización
 - Esquema de la instalación ensayada
 - Condiciones de medida de los SAM, es decir si miden en condiciones de la emisión, en condiciones normalizadas, en condiciones normalizadas y secas, etc.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

9.- PROCEDIMIENTOS Y NORMAS UTILIZADAS

- Detalles de las características y elementos que intervienen en la representatividad de los MRP
- MRP escogidos en cada caso y justificación de la elección
- Descripción del MRP usado: mesurando, principio, tipo, rango de operación, repetibilidad y/o incertidumbre de medida.

10.- EQUIPOS UTILIZADOS PARA MRP

- Marca
- Modelo
- N° de serie
- N° de equipo de laboratorio.
- Parámetro medido
- Principio de medida
- Rango de medida
- Incertidumbre
- Certificados de calibraciones vigentes.
- Observaciones

11.- PATRONES UTILIZADOS

- Componente o magnitud del patrón
- N° de patrón
- N° de certificado.
- Fabricante
- Concentración real
- Incertidumbre
- Vigencia del patrón

12.- PERSONAL DE LABORATORIO QUE LLEVA A CABO EL ENSAYO indicando las tareas realizadas por cada técnico.

13.- ENSAYO DE FUNCIONALIDAD. Se adjuntará el informe del apartado A.

14.- CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DURANTE LAS MEDIDAS EN PARALELO CON EL MRP.

- Condiciones de operación en las que se desarrolla de actividad de instalación durante los ensayos
- Materiales manipulados
- Medidas correctoras y sistemas de depuración
- Combustibles utilizados

15.- ENSAYO DE SEGUIMIENTO

- Valores de calibración del último NGC2 y rango válido de calibración
- Fecha y hora en la cual se realizaron las medidas en paralelo
- Información detallada de todos los valores medidos por el SAM y el MRP, promediada en los periodos pertinentes.
- Resultados del ensayo de validez de la precisión y calibración
- Todos los datos usados para el cálculo de la función de calibración y realización de validez de la precisión y calibración
- Procedimiento de cálculo
- Interpretación y valoración de los resultados obtenidos

16.- CONCLUSIONES Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD DEL SISTEMA.

Se deberán recoger las conclusiones obtenidas en el ensayo, indicando cualquier desviación a la metodología establecida en la Instrucción Técnica para el aseguramiento de la calidad de Sistemas



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Automáticos de Medida de Emisiones a la atmósfera en focos estacionarios en la Comunidad de Madrid, Norma UNE-EN 14181, y otras normas utilizadas, indicando la posible influencia sobre los resultados obtenidos.

17.- ANEXOS DEL INFORME

Se incluirán todos los datos que permitan calcular los parámetros que deben estar incluidos en el informe.

Nota: Se deberán incluir en el informe los contenidos que se establezcan en las normas individuales relativas a los MRP utilizados.



Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida (SAM) de las emisiones a la atmósfera en focos estacionarios

Anexo X. Tabla de coeficientes 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
16	0,9777	1,753
17	0,9791	1,746
18	0,9803	1,740
19	0,9814	1,734
20	0,9824	1,729
25	0,9861	1,711
30	0,9885	1,701

Normalmente son necesarios entre 3 y 8 pares de datos para realizar un EAS y al menos 15 medidas para un NGC 2. Si hay más de 30 pares de datos para un NGC 2, entonces se elegirá el K_v y el $t_{0,95}(N-1)$ correspondiente al 30.