

## 1. Disposiciones generales

### CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

*ORDEN de 19 de abril de 2012, por la que se aprueban instrucciones técnicas en materia de vigilancia y control de las emisiones atmosféricas.*

La Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, establece en su artículo 53.1.f) que corresponde a la Consejería competente en materia de medio ambiente la vigilancia, inspección y ejercicio de la potestad sancionadora en relación con las emisiones producidas por las actividades sometidas a autorización ambiental integrada, autorización ambiental unificada y autorización de emisión a la atmósfera, así como con las emisiones de compuestos orgánicos volátiles reguladas en el Real Decreto 117/2003, de 31 de enero, sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades.

El artículo 7 del Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación, determina que el muestreo y análisis de los contaminantes y parámetros complementarios, así como los métodos de control de referencia para calibrar los sistemas automáticos de medición, se realizarán con arreglo a las normas existentes del Comité Europeo de Normalización (en adelante, CEN), matizando que este aspecto no será exigible en los casos en que el órgano competente establezca otras especificaciones técnicas equivalentes. La presente Orden da respuesta a lo anterior, fijando otros criterios equivalentes en determinados casos, como alternativa a la utilización de normas CEN.

Existen algunas normativas en materia de control de las emisiones a la atmósfera como el Real Decreto 430/2004, de 12 de marzo, por el que se establecen nuevas normas sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión, y se fijan ciertas condiciones para el control de las emisiones a la atmósfera de las refinerías de petróleo, o el Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos en las que se incluye la obligatoriedad de realizar las medidas de acuerdo a lo definido en las normas CEN de aplicación, cuando estén disponibles, lo cual se contempla en las instrucciones técnicas que se aprueban en esta Orden. En estos supuestos, se establece un escenario perfectamente definido para la realización de las medidas de emisiones, pero solamente para determinadas instalaciones que se encuentran dentro del ámbito de aplicación de la normativa que obliga a seguir dichas normas CEN. Sin embargo, en gran número de situaciones, se utilizan procedimientos de medida y de interpretación de resultados no contemplados en normas CEN, sino en otro tipo de normas y, en ocasiones, procedimientos internos desarrollados por los distintos usuarios.

En este contexto, se plantea la necesidad de definir unos criterios estándares para la realización del control de las emisiones, objeto al que responde la presente Orden mediante el establecimiento de una serie de Instrucciones Técnicas que definan la sistemática de toma de muestra para los distintos contaminantes, así como los criterios y formatos que contribuyan a que las medidas realizadas sean representativas y se lleven a cabo de modo que se obtengan resultados fiables y comparables con independencia de quien realice las medidas.

Igualmente, esta Orden aprueba nuevas Instrucciones Técnicas relativas a las medidas de emisiones, sobre todo en lo referente a las características que deben cumplir los focos de emisión, periodicidad y duración de las medidas y sustituye, en las materias que regula, a la Orden de 18 de octubre de 1976, sobre prevención y corrección de la contaminación de origen industrial, derogada en virtud del apartado segundo de la disposición derogatoria del Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación.

Finalmente, en la elaboración de las Instrucciones Técnicas se han tenido en cuenta las propuestas, mejoras y observaciones formuladas por los organismos, organizaciones y asociaciones representativas de los intereses implicados con ocasión del trámite de audiencia establecido al efecto.

En su virtud, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 44.2 de la Ley 6/2006, de 24 de octubre, del Gobierno de la Comunidad Autónoma de Andalucía, y la disposición final segunda de la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental,

### D I S P O N G O

Artículo 1. Objeto.

Es objeto de la presente Orden aprobar las instrucciones técnicas en materia de control de las emisiones contaminantes a la atmósfera que se insertan en la misma.

#### Artículo 2. Ámbito de aplicación.

Las Instrucciones Técnicas que se aprueban por esta Orden se aplicarán por la Consejería competente en materia de medio ambiente en el ejercicio de sus funciones inspectoras en materia de control de las emisiones contaminantes a la atmósfera, así como por sus Entidades Colaboradoras para el ejercicio de las funciones que tengan legalmente atribuidas.

Asimismo, estas Instrucciones Técnicas deberán aplicarse en la realización de los controles internos exigibles a las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera de acuerdo con la normativa vigente.

#### Disposición final primera. Ejecución.

Se habilita a la persona titular de la Dirección General competente en la materia para dictar las resoluciones que resulten necesarias para la ejecución de la presente Orden.

#### Disposición final segunda. Entrada en vigor.

La presente Orden entrará en vigor a los seis meses de su publicación en el Boletín Oficial de la Junta de Andalucía.

### INSTRUCCIONES TÉCNICAS

Instrucción Técnica 1. Acondicionamiento de los puntos de toma de muestra.

Instrucción Técnica 2. Criterios para garantizar la representatividad de las tomas de muestra y medidas a realizar en un foco emisor.

Instrucción Técnica 3. Número y situación de los puntos de medida. Acondicionamiento de los focos.

Instrucción Técnica 4. Criterios para definir métodos de referencia para la determinación de contaminantes.

Instrucción Técnica 5. Interpretación de resultados.

Instrucción Técnica 6. Aseguramiento de la calidad en las medidas de emisiones.

Instrucción Técnica 7. Contenido de mínimo de informe. Informe tipo.

Instrucción Técnica 8. Métodos de medidas no normalizados.

1. Determinación de la velocidad y caudal.

2. Medida de Opacidad Bacharach.

3. Medida de gases de combustión mediante células electroquímicas.

4. Medida de compuestos orgánicos volátiles, COV.

5. Medida de carbono orgánico total, COT.

Instrucción Técnica 9. Inspecciones reglamentarias de emisiones fugitivas.

Instrucción Técnica 10. Aprobación del SAM. Contenido del proyecto.

Instrucción Técnica 11. Integración de los datos del SAM.

Instrucción Técnica 12. Sistemas Automáticos de Medida, SAM, en instalaciones que no están obligadas por legislación específica.

Instrucción Técnica 13. Sistemas Automáticos de Medida, SAM, en instalaciones que están obligadas por legislación específica.

Sevilla, 19 de abril de 2012

JOSÉ JUAN DÍAZ TRILLO  
Consejero de Medio Ambiente en funciones

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

# Instrucción técnica

## IT-ATM-01

### Acondicionamiento de los puntos de toma de muestra



Unión Europea

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional

## Í N D I C E

1. OBJETO.
  2. ALCANCE.
  3. DEFINICIONES.
  4. REQUISITOS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO:
    - 4.1. GENERALIDADES
    - 4.2. ACCESOS A LA PLATAFORMA DE TRABAJO
    - 4.3. PLATAFORMA Y ÁREA DE TRABAJO
    - 4.4. BOCAS DE MUESTREO
  5. RESPONSABILIDADES.
  6. REFERENCIAS.
  7. ANEXOS.
- Anexo I: Planos de elementos de sujeción de los equipos.

1. Objeto.

El acondicionamiento de los focos de emisión a la atmósfera, en lo referente a los puntos habilitados para la toma de muestra (bocas de muestreo), debe ser el adecuado para poder realizar la misma. Por tanto, es objeto de esta instrucción técnica definir los requisitos mínimos que deberán cumplir las bocas de muestreo y las plataformas donde se realicen las medidas de emisiones.

El número de bocas y la ubicación de éstas respecto a su situación en el foco de emisión quedan definidos en la IT-ATM.03.

2. Alcance y ámbito de aplicación.

El alcance incluye todos los focos de emisión de las instalaciones en las que se desarrollan actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera, tanto nuevas como existentes (conforme a lo establecido en el Decreto 239/2011, de 12 de julio, por el que se regula la calidad del medio ambiente atmosférico y se crea el Registro de Sistemas de Evaluación de la Calidad del Aire en Andalucía). Las instalaciones existentes podrán solicitar una exención de este cumplimiento conforme a lo establecido en la disposición transitoria séptima del citado Decreto, en el plazo máximo de un año desde su entrada en vigor.

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

3. Definiciones.

A efectos de esta instrucción técnica, se entenderá como:

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

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

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

**Sección de medida:** Tramo de la chimenea o conducto de gas residual que incluye el(los) plano(s) de medida y las secciones de entrada y salida.

**Plano de medida o muestreo:** Plano perpendicular al eje del conducto en la posición de muestreo.

**Línea de medida o muestreo:** Línea en el plano de muestreo a lo largo de la cual se localizan los puntos de muestreo, limitada por la pared interna del conducto.

**Punto de medida o muestreo:** Posición en el plano de muestreo en el cual se extrae la corriente de muestra o se obtienen directamente los datos de medida de gas residual.

**Boca de medida o muestreo:** Abertura en el conducto de gas residual a lo largo de la línea de medida, a través de la cual se realiza el acceso al gas residual.

**Área libre de obstáculos:** Área del espacio libre en la plataforma de trabajo fuera del conducto de gas residual sin obstáculos en el cual se mueven y manipulan las sondas de medida apropiadas.

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

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

Magnitud de referencia: Magnitud física o química que es necesario determinar para convertir el mensurando a condiciones normales.

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

#### 4. Requisitos de los puntos de muestreo.

##### 4.1. Generalidades.

Las bocas de muestreo son las aberturas en el conducto a través de las cuales se realiza la toma de muestra; estas bocas deben cumplir, por una parte, los requisitos de diseño y ubicación respecto al foco de emisión que están definidos en la IT-ATM-03 y, por otra, los requisitos referentes a la boca de muestreo y del acceso a estas bocas (acceso y características de plataforma de trabajo).

En la toma de muestra de gases emitidos a la atmósfera se tendrá en cuenta el cumplimiento de unos criterios de obligado cumplimiento en las características y ubicación de las bocas de muestreo y, al mismo tiempo, unos requisitos mínimos de seguridad para la subida de equipos a la plataforma de trabajo, el acceso a ella y la realización de la toma de muestra, de forma que permitan obtener:

- Resultados fiables desde el punto de vista técnico.
- Seguridad y espacio de trabajo apropiado, que permitan realizar este tipo de tareas lo más adecuadamente posible.
- Facilidad en las labores de inspección.

Para ello, a continuación se indican una serie de criterios.

##### 4.2. Acceso a la plataforma de trabajo.

Para la correcta realización de las tomas de muestra, desde un punto de vista técnico y de seguridad, en el lugar donde se coloquen las bocas de muestreo debe instalarse una plataforma que permita su realización. Por tanto, para poder llegar a esa plataforma, tendrá que habilitarse un acceso adecuado a la misma.

El acceso a la plataforma de trabajo podrá ser mediante:

- Escalera de peldaños.
- Escalera vertical o de gato.
- Ascensor o montacargas.

Los elementos de accesos deben cumplir con sus correspondientes normativas, tanto técnicas, como de prevención de riesgos laborales.

En el caso de instalar una escalera de gato se prolongará ésta, poniendo peldaños hasta un metro por encima del nivel de la plataforma de trabajo. El hueco de la escalera deberá protegerse, colocando un elemento de protección, como una trampilla, cadena..., que evite el riesgo de caída a través del mismo.

La instalación debe disponer de un acceso fácil y seguro al sitio de medida, que permita la subida del personal y equipos necesarios en un tiempo máximo de 30 minutos.

Cuando el acceso a la plataforma se realice mediante ascensor, deberá preverse un medio alternativo de bajada (escaleras).

Cuando la subida de equipos se realice mediante montacargas, se deberá habilitar un medio de subida adecuado para el personal.

##### 4.3. Plataforma y área de trabajo.

Las plataformas de trabajo deben proporcionar un área y altura (espacio de trabajo) suficiente para el objetivo de medida, es decir, para manipular las sondas y operar los instrumentos de medida. Para ello, deben disponer de un área libre de obstáculos, que permita la toma de muestra con total facilidad, así como la entrada y retirada de las sondas de muestreo del interior del conducto.

La anchura de la plataforma será de, aproximadamente, 1,25 m y se adaptará a lo establecido en la norma UNE-EN 15259:2008. El piso de la plataforma ha de extenderse hasta la pared de la chimenea y deberá ser capaz de soportar al menos el peso de 3 hombres y 250 kg de equipos.

El suelo debe ser de rejilla o antideslizante y debe estar construido de forma que se evite la acumulación de agua o grasa sobre su superficie.

La plataforma deberá ir provista de barandilla de seguridad de al menos 1 m de altura, cerrada con luces de unos 0,30 m y con rodapiés de 0,20 m de altura.

Sin detrimento de lo recogido en las normas de seguridad y prevención de riesgos laborales de aplicación, la plataforma de muestreo debe:

- Disponer de corriente eléctrica, para lo que, cerca de la boca de muestreo, deberá instalarse una toma de corriente de 220 V, con protección a tierra y unos 2.500 W de potencia.
- Disponer de iluminación artificial, que permita la realización de tomas de muestras nocturnas o en situaciones de baja visibilidad con las garantías de seguridad y técnicas suficientes.
- Proporcionar una ventilación suficiente, que evite la acumulación de gases.
- En el caso de instalaciones en las que, para el acceso a la plataforma de trabajo, sea necesaria la elevación o el acarreo de forma manual de los equipos de muestreo y deba salvarse una diferencia de altura, desde el suelo hasta ese lugar, de 10 metros o más, estar dotada, como parte de su infraestructura, de los medios mecánicos adecuados para la ascensión de los equipos, bien sean grúas, polipastos, poleas o medios equivalentes. Se deberá disponer de medios elevadores eléctricos para el izado de los equipos, para aquellos sitios de medida situados a más de 20 metros de altura. Se entiende por suelo la cota desde la que es necesario izar los equipos, por ejemplo, si el punto de medida está situado a 50 metros de altura pero un ascensor llega hasta los 48 metros, la altura desde el suelo hasta el punto de toma de muestra se considera de 2 metros.
- Evitar situarse cerca de las áreas de influencia de fuentes que emitan inesperadamente, válvulas de seguridad, discos de rotura, etc.
- Evitar áreas de presión positiva significativa, para impedir la proyección de partículas y gases en condiciones desfavorables.
- Disponer de medidas de seguridad, que permitan al personal que lleva a cabo las medidas de emisión estar informado de cualquier fallo de operación que les ponga en peligro.
- Situarse, en la medida de lo posible, dentro del edificio de la planta.
- Proporcionar protección del área de trabajo contra el calor y las partículas.
- Disponer de medidas de protección para asegurar las condiciones ambientales necesarias para el personal y el equipo utilizado; por ejemplo, protección a la intemperie y calentamiento.

En aquellos casos en los que resulte muy difícil la instalación de una plataforma fija (extremo que deberá estar debidamente justificado), dicha plataforma podrá sustituirse por un andamio provisional o una plataforma móvil de tijera (nunca por una canastilla elevada con una grúa «pluma») cuya instalación pueda realizarse en un tiempo inferior a tres horas y que cumpla con todas las condiciones de seguridad y espacio que se ha indicado anteriormente para las plataformas o construcciones fijas. Tanto los andamios como las plataformas móviles seguirán las recomendaciones de las Notas Técnicas de Prevención –NTP– de aplicación. La implantación de estas medidas de seguridad deberá ser aprobada por un técnico con titulación, al menos, de nivel intermedio en prevención de riesgos laborales, área de seguridad en el trabajo.

Se aceptarán, previa justificación, mediciones realizadas en techos, siempre y cuando, éstos sean visitables y cumplan con las características apropiadas en cuanto a resistencia, material de fabricación y carezcan de ondulaciones y pendientes.

El techo debe contar con barandas y condiciones seguras de acceso y transporte de equipos. Si el sitio de medida está suficientemente alejado de los bordes del techo no será necesaria la instalación de barandilla, cambiándose esta medida por otra necesaria, como puede ser una línea de vida. En el caso de que el techo no sea practicable y la toma de muestra esté sobre éste, se habrá de instalar una plataforma de muestreo y una pasarela de acceso a la misma. Las medidas de seguridad a aplicar sobre las medidas en techo deberán ser aprobadas por un técnico con titulación, al menos, de nivel intermedio en prevención de riesgos laborales, área de seguridad en el trabajo.

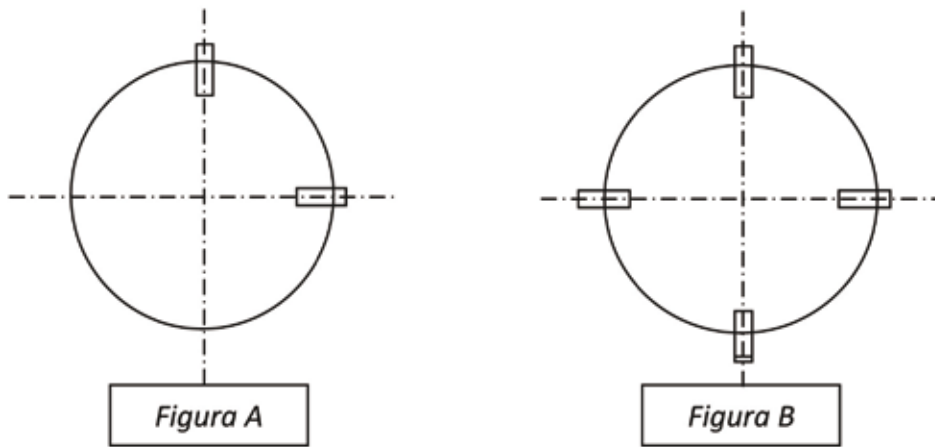
#### 4.4. Bocas de muestreo.

La chimenea o conducto debe disponer de bocas de muestreo que permitan la toma de muestra representativa en toda la sección.

Para diámetros menores o iguales a 2,7 metros, el número de bocas se define en la IT-ATM-03; si, por el contrario, el diámetro de la chimenea es mayor o los equipos utilizados no tienen unas dimensiones que garanticen que dicha toma se pueda realizar en todos los puntos definidos en las normas de aplicación y no permita tomar la muestra en todo el diámetro desde una única boca de muestreo, se debe habilitar otra boca a 180°, por lo que, en total, habrá 4 bocas de muestreo a 90°.

En el caso de conductos horizontales, habrá dos bocas a 90°, situadas en los ejes vertical y horizontal de la sección del conducto. Una de ellas estará en la parte superior, tal y como se muestra en la siguiente figura

A. En el supuesto de que dicho conducto tenga un diámetro superior a 2,7 m, debe estar dotado de 4 bocas en los ejes vertical y horizontal de la sección del conducto, tal y como se muestra en la siguiente figura B.



En el caso de conductos rectangulares, las bocas de medida deben instalarse en el lado de mayor longitud.

Estas bocas están destinadas exclusivamente a medidas por métodos manuales y no pueden albergar cualquier otro tipo de sonda fija (de parámetros de procesos o de SAM) u otro equipo que impida el uso para el que están previstas.

Deben proporcionarse bocas de muestreo adicionales en el mismo plano de muestreo o sección para permitir medidas de otras magnitudes (por ejemplo, velocidad de flujo, temperatura, vapor de agua) cuando se requiera en el objetivo de medida.

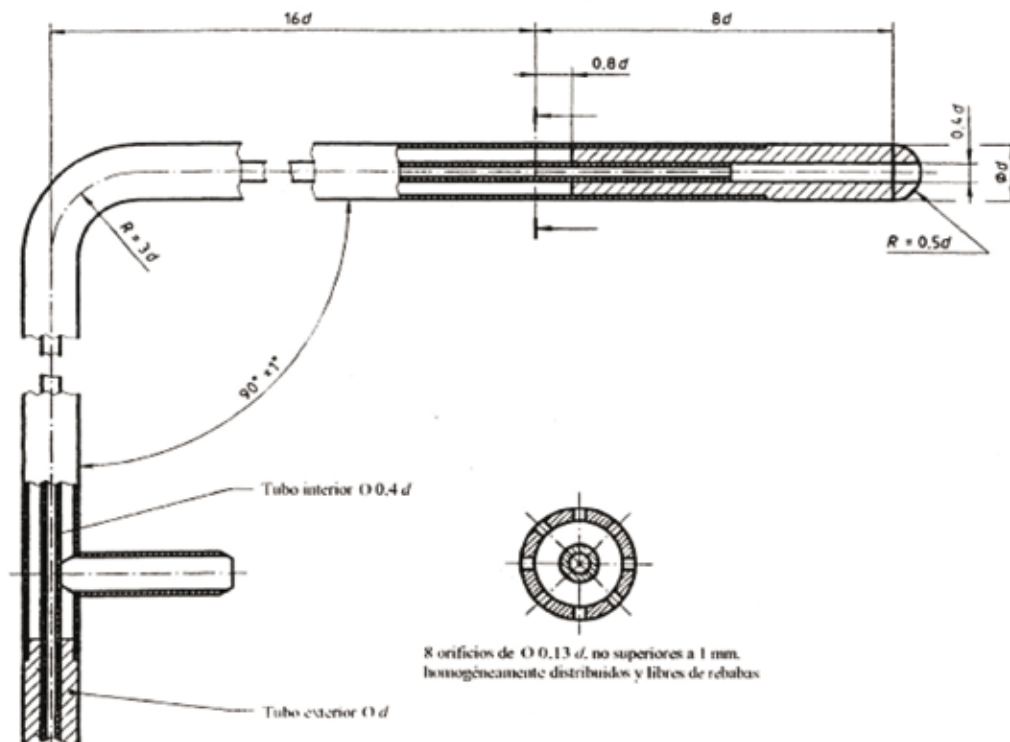
La boca de muestreo debe estar situada a una altura del suelo de la plataforma de medida entre 1,2 m y 1,6 m, teniendo en cuenta la altura de la barandilla de seguridad y el espacio libre de obstáculo para el introducción de los equipos de toma de muestra en la chimenea.

En todos los casos, incluyendo aquellos focos de emisión que sólo tienen valores límite de emisión para gases de combustión, la boca de muestreo debe tener un diámetro interno de al menos 100 mm y debe dotarse de los anclajes necesarios que permitan la instalación de los equipos de toma de muestras manuales (ver figuras en anexo I). Esta boca estará dotada con un cierre de brida con 4 tornillos situados a 90°.

Para aquellos casos en que el diámetro de la chimenea sea inferior a 150 mm, se debe practicar un orificio de 30 mm (o una ranura vertical) que permita la introducción de un tubo de pitot tipo L.

A efectos de comprobar la idoneidad del orificio o ranura practicada, ésta debe ser capaz de permitir la introducción en la chimenea del tubo de pitot, con un diámetro entre 4 y 10 mm y un diseño de acuerdo a lo definido en la siguiente figura.

En cualquier caso debe permitir la introducción de una boquilla para el caso de medida de partículas.



Para poder instalar los equipos de medida se colocará una pletina (ver planos en anexo I) a 0,15 m por encima de la boca y un gancho situado a unos 0,8 m por encima de la pletina.

#### 5. Responsabilidades.

Es responsabilidad del titular de la instalación adaptar sus focos de emisión a la presente instrucción técnica, así como facilitar en todo momento el que la inspección se realice de acuerdo a ella.

Es responsabilidad de quien realice la toma de muestra disponer de equipos que se adapten a lo recogido en la presente instrucción técnica y, en cualquier caso, efectuar la toma de muestra de manera adecuada.

#### 6. Referencias.

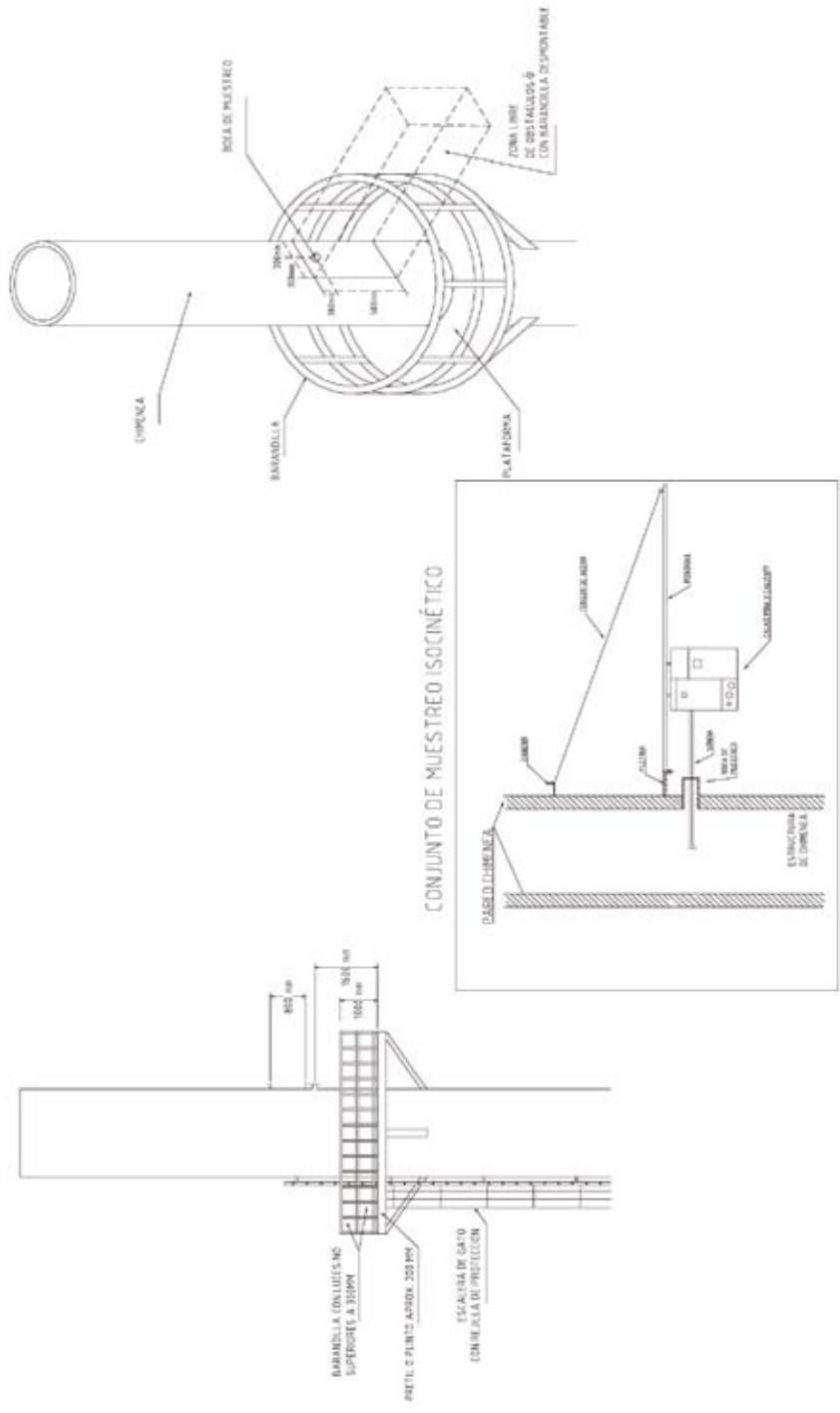
UNE-EN 15259:2008. Calidad del aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Requisitos y sitios de medición y para el objetivo, plan e informe de medición.

#### 7. Anexos.

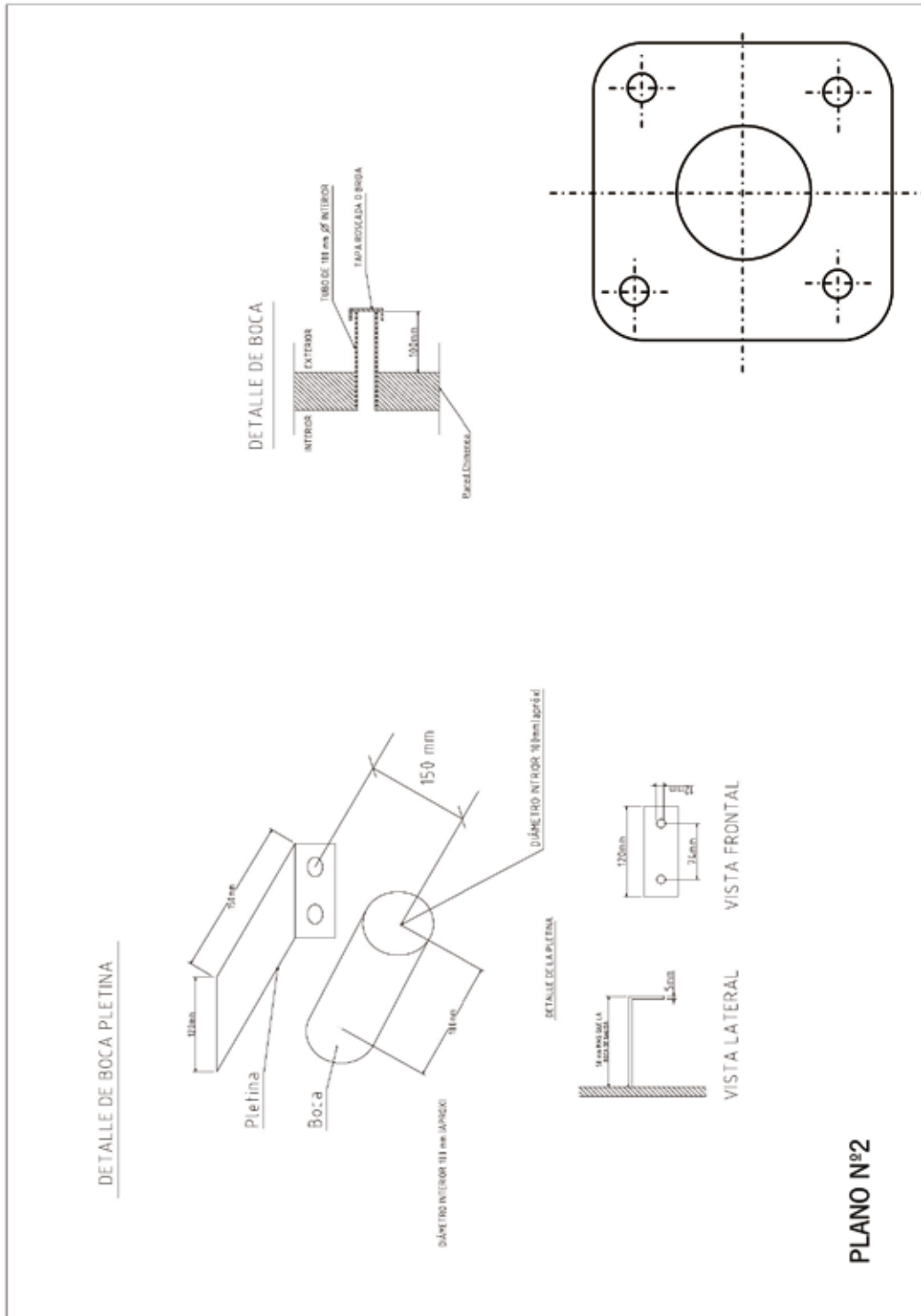
Anexo I: Planos de elementos de sujeción de los equipos.



PLATAFORMA DE TRABAJO Y MONTAJE DE EQUIPO DE MEDIDA



PLANO Nº1



CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

# Instrucción técnica IT-ATM-02

Criterios para garantizar la representatividad de las tomas de muestra y medidas a realizar en un foco emisor



Unión Europea

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional

## Í N D I C E

1. OBJETO.
2. ALCANCE.
3. DEFINICIONES.
4. DESARROLLO:
  - 4.1. REPRESENTATIVIDAD TEMPORAL
  - 4.2. REPRESENTATIVIDAD EN FUNCIÓN DEL TIPO DE PROCESO
  - 4.3. REPRESENTATIVIDAD EN FUNCIÓN DE LA CARGA
5. RESPONSABILIDADES.

1. Objeto.

El objeto de esta instrucción técnica es establecer unos criterios homogéneos, con el fin de garantizar la representatividad en la toma de muestra y ensayos de emisiones in situ, durante las inspecciones que se realizan en los focos emisores y, por tanto, que los valores obtenidos puedan ser comparados con los valores límites de emisión que les son de aplicación.

Existe una gran casuística en la generación de emisiones gaseosas, que viene definida en función del propio proceso productivo y de la misma demanda de producción; es por ello que, en la presente instrucción técnica, se establezcan las bases para poder realizar la toma de muestra o la medida in situ en la mayor parte de situaciones predecibles.

2. Alcance y ámbito de aplicación.

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

En el caso de focos pertenecientes a instalaciones afectadas por una legislación donde se recojan criterios de representatividad, serán válidos los criterios recogidos en la presente instrucción siempre que no entren en conflicto con aquellos.

El ámbito de aplicación es la Comunidad Autónoma de Andalucía. Aplica a las Entidades Colaboradoras en el desempeño de sus funciones, a los titulares de las instalaciones en la realización de los controles internos y a la Consejería de Medio Ambiente –CMA– en su labor inspectora.

3. Definiciones.

A efectos de esta Instrucción Técnica se entenderá como:

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

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

**Procesos continuos:** Aquellos en los que las condiciones de operación y las propiedades de los combustibles y materiales utilizados, además del modo de operación de la planta, permanecen constantes a lo largo de un período de tiempo relativamente largo. Las emisiones generadas en este tipo de procesos pueden considerarse estables en el tiempo o continuas.

**Procesos cíclicos o por lotes:** Proceso con unas etapas definidas y una duración determinada en cada una de ellas, que se repiten en cada ciclo. Se caracteriza porque el final de un ciclo coincide con el inicio del siguiente. La operación y, como consecuencia de ello, las emisiones pueden variar en función del material y/o el tiempo. El plan de medida debe tener en cuenta estas circunstancias. Por ejemplo, el proceso de fusión, afino y colada en una planta metalúrgica.

**Procesos puntuales:** son procesos con una duración determinada y sin continuidad en el tiempo; pueden ser cíclicos, por ejemplo, una cremación de un cadáver, o no, por ejemplo, una cocción en un horno artesanal cerámico.

**Procesos bajo demanda:** Proceso que funciona a demanda de la instalación a que pertenece. Por ejemplo, el funcionamiento de una caldera destinada a suministrar vapor o agua caliente en un matadero.

**Valor límite de emisión:** Nivel de emisión de un contaminante, cuyo valor no debe superarse dentro de uno o de varios períodos determinados.

**Muestreo isocinético:** Muestreo a caudal tal que, la velocidad y dirección del gas que entra en la boquilla de muestreo, son las mismas que las del gas en el conducto, en los puntos de muestreo.

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

Duración de la medida: Periodo de tiempo durante el cual se toma la muestra o medida.

Serie de medidas: Conjunto de muestras o medidas tomadas a lo largo de un periodo de muestreo.

Periodo de muestreo: Periodo que se corresponde con el que transcurre entre el inicio de la primera muestra y el final de la última. La duración del periodo de muestreo normalmente será de seis horas como mínimo (salvo que se especifique lo contrario en la presente instrucción técnica).

#### 4. Desarrollo.

Existen múltiples situaciones en función de las condiciones de funcionamiento de cada proceso y, por tanto, se pueden encontrar dificultades extraordinarias para obtener una serie de medidas representativas a lo largo de una jornada de muestreo.

La representatividad de la inspección quedará definida en función de su alcance temporal y del tipo de proceso inspeccionado.

La toma de muestra se realizará en los puntos definidos en la instrucción técnica IT-ATM-03.

Dentro de las distintas situaciones que se puedan dar, se definen las siguientes:

##### 4.1. Representatividad temporal.

Como criterio general y salvo las excepciones que se indican en la presente instrucción técnica y en la legislación específica que afecte al foco emisor inspeccionado, la duración mínima del periodo de muestreo será de 6 horas y, durante el mismo, se tomará un mínimo de tres muestras.

##### 4.1.1. Duración de las medidas.

Como regla general, la duración de las medidas será de una hora.

Como excepción de la regla general, se establecen aquellas medidas en las que el proceso tiene una duración inferior a una hora; en concreto, se contemplan dos casos:

- Si el proceso dura igual o más de 30 minutos, entonces la medida durará al menos 30 minutos (con el objeto de abarcar dos ciclos de 15 minutos para el caso de los gases de combustión de acuerdo a lo definido en la IT-ATM-8.3).

- Si el proceso dura menos de 30 minutos, la medida abarcará dos procesos con el objeto de disponer, para el caso de los gases de combustión, de dos medidas realizadas de acuerdo a lo definido en la IT-ATM-08.3. El periodo de refresco referido en esta instrucción técnica, puede realizarse mientras el proceso está parado, por lo que con un funcionamiento de 7 minutos sería suficiente para poder cubrir los periodos de subida y estabilización del equipo descritos en la citada instrucción técnica.

En las medidas integradas se considerará un número entero de procesos.

##### 4.2. Representatividad en función del tipo de proceso.

En función del tipo de proceso, se hace necesario aplicar ciertos criterios, que se desarrollan a continuación.

Para los parámetros cuya determinación no tengan una duración definida en la normativa de aplicación, su duración se podrá adaptar en algunos casos determinados para poder realizar la medida en el tiempo disponible. Por ejemplo, en el caso de una incineración a la que no es de aplicación el R.D. 653/2003, podría reducirse la duración de la medida de dioxinas y furanos, siempre y cuando se cumpla la condición de medir al menos 4 m<sup>3</sup> o un volumen suficiente que junto con el límite de cuantificación del laboratorio, permita obtener resultados en las medidas por debajo del VLE; también se puede aumentar el caudal de aspiración, siempre y cuando se mantengan las condiciones de isocinetismo y de la velocidad de paso por la resina captadora. Estas desviaciones de las normas, que pueden poner en cuestión la calidad de las medidas, sólo se podrán usar cuando no exista otra alternativa (por ejemplo crematorios de cadáveres humanos donde sólo se disponga de una cadáver) y se justificarán en el informe.

Otra situación a tener en cuenta son las instalaciones con una bajo valor límite de emisión –VLE- y con emisiones muy bajas y por debajo del límite de cuantificación (por ejemplo, partículas o SO<sub>2</sub> en instalaciones que utilizan gas natural como combustible, metales en algunas incineraciones, etc) se podrá adaptar el número y duración de las medidas a realizar, de forma que se hagan el máximo número con valores por encima del límite de cuantificación. En estos casos, las medidas tendrán que abarcar todo el tiempo disponible, no pudiéndose realizar, por ejemplo, 2 medidas de 2 horas en un periodo de 6 horas, sino que habrá que realizar, o bien 3 medidas de 2 horas, o 2 medidas de 3 horas.

## 4.2.1. Emisiones continuas.

Es el caso más simple, y su realización se corresponde con lo definido en el punto 4.1, es decir, al menos 3 muestras de una hora de duración en un periodo de 6 horas.

Para el caso especial de aquellas emisiones que provengan exclusivamente de procesos de combustión y que no tengan limitadas las emisiones de partículas, se tendrá en cuenta lo siguiente, en función de la potencia térmica nominal (P<sub>tn</sub>):

P <sub>tn</sub> (MWt)	Núm. de medidas	Duración de cada medida	Período de muestreo
P <sub>tn</sub> ≤ 0,07	3	30 minutos	2 horas
0,07 < P <sub>tn</sub> ≤ 2,3	3	30 minutos	4 horas
P <sub>tn</sub> > 2,3	3	60 minutos	6 horas

Tabla 1. Procesos de combustión-emisiones continuas

## 4.2.2. Procesos cíclicos o por lotes y puntuales.

Se tomarán las muestras en número y duración de acuerdo a la siguiente tabla, todo ello teniendo en cuenta que la duración total no será inferior a 6 horas y que el inicio de la inspección debe coincidir con el inicio de la primera muestra.

En cada proceso, la medida o medidas efectuadas en él abarcarán la duración total del ciclo o proceso.

En caso de saturación del soporte de muestreo, se debe cambiar este por otro nuevo, formando parte de la misma muestra.

Núm. de procesos por período de muestreo	Duración del proceso	Procesos a considerar	Medidas por proceso	Medidas totales
≥ 3	---	3	1	3
2	---	2	1	2
1	≤ 2 horas	1	1	1
	> 2 horas y ≤ 3 horas	1	2	2
	> 3 horas	1	3	3

Tabla 2. Procesos cíclicos o por lotes y puntuales

Para el caso de crematorios de cadáveres humanos, la duración de cada muestreo será de una cremación completa. En el caso de que el número de cremaciones al día no permita la determinación de todos los parámetros, se seguirá la siguiente secuencia:

- Primera incineración: toma de muestra de los parámetros partículas, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y COT.
- Sigüientes incineraciones: tomas de muestras de los parámetros ClH, metales (incluyendo mercurio) y dioxinas. El número de incineraciones será el necesario para poder tomar una muestra cuantificable de todos estos parámetros.

## 4.2.3. Procesos bajo demanda.

Es un proceso que es habitual en calderas para aporte de vapor o agua caliente en procesos productivos.

En estos casos, cuando la producción no permita la realización de las tomas de muestra y en la duración indicada en el punto 4.1, se ampliará dicha duración forzando el proceso (abriendo purgas, etc...) hasta disponer de una duración total que permita la realización del número de muestras y en una duración de acuerdo a la siguiente tabla:

Duración del proceso	Núm. de medidas	Duración de cada medida	Período de muestreo
≤ 3 horas	3	20 minutos(*)	3 horas
> 3 horas ≤ 6 horas	3	20 minutos	Duración del proceso
> 6 horas	3	1 hora	6 horas

(\*) Forzando el proceso hasta llegar al tiempo establecido

Tabla 3. Procesos bajo demanda

Si se requiere la realización de partículas, la duración de cada medida deberá ser aumentada de 20 a 30 minutos.

#### 4.3. Representatividad en función de la carga.

Para la realización de la inspección, el proceso asociado al foco a inspeccionar, debe tener una carga al menos del 70% de su carga nominal o del 80% de la carga promedio anual, excepto en aquellos casos en que esté establecida en su autorización una carga distinta.

Cualquier variación respecto a esta carga para la realización de la inspección, tendrá que ser comunicada previamente a la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente, que deberá aprobarla.

#### 5. Responsabilidades.

Es responsabilidad del titular de la instalación facilitar en todo momento el que la inspección se realice de acuerdo a la presente instrucción técnica.

En caso de que la instalación a inspeccionar no se asimile a ninguna de las situaciones descritas, se propondrá un plan de muestreo que deberá ser aprobado previamente a su ejecución por la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente.

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

# Instrucción técnica IT-ATM-03

## Número y situación de los puntos de medida. Acondicionamiento de los focos



Unión Europea

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



## Í N D I C E

1. OBJETO.
2. ALCANCE.
3. DEFINICIONES.
4. REQUISITOS DE SITIO Y PLANO DE MEDIDA:
  - 4.1. SECCIÓN DE MEDIDA Y PLANO DE MUESTREO:
    - 4.1.1. SECCIÓN DE MEDIDA
    - 4.1.2. PLANO DE MUESTREO
5. DESARROLLO:
  - 5.1. GENERALIDADES
  - 5.2. MUESTREO EN REJILLA
  - 5.3. EVALUACIÓN DE LA HOMOGENEIDAD DE UN PARÁMETRO EN EL PLANO DE MUESTREO
6. RESPONSABILIDADES.
7. REFERENCIAS.
8. ANEXOS.  
Anexo I: Diagrama esquemático de ensayo de homogeneidad.  
Anexo II: Términos relacionados con el sitio de medida y con la sección de medida.

1. Objeto.

El objeto de esta instrucción técnica es definir los requisitos mínimos que deberán cumplir las chimeneas o conductos donde se realicen las medidas de emisiones.

Dentro de la presente instrucción técnica se definen los requisitos que deben cumplir:

- La sección de medida.
- El plano de muestreo.

Además, se recoge la sistemática para verificar la homogeneidad del flujo y definir los puntos donde se realizará el muestreo en rejilla, para el caso de que el muestreo sea isocinético o el flujo no homogéneo.

2. Alcance y ámbito de aplicación.

El alcance incluye todos los focos de emisión de las instalaciones en las que se desarrollen actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera, tanto nuevas como existentes (conforme a lo establecido en el Decreto 239/2011, de 12 de julio, por el que se regula la calidad del medio ambiente atmosférico y se crea el Registro de Sistemas de Evaluación de la Calidad del Aire en Andalucía). Las instalaciones existentes podrán solicitar una exención de este cumplimiento conforme a lo establecido en la disposición transitoria séptima del citado Decreto, en el plazo máximo de un año desde su entrada en vigor.

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

3. Definiciones.

A efectos de esta instrucción técnica, se entenderá como:

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

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

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

Sección de medida: Tramo de la chimenea o conducto de gas residual que incluye el(los) plano(s) de medida y las secciones de entrada y salida.

Plano de medida o muestreo: Plano perpendicular al eje del conducto en la posición de muestreo.

Línea de medida o muestreo: Línea en el plano de muestreo a lo largo de la cual se localizan los puntos de muestreo, limitada por la pared interna del conducto.

Punto de medida o muestreo: Posición en el plano de muestreo en el cual se extrae la corriente de muestra o se obtienen directamente los datos de medida de gas residual.

Punto de medida representativo: Punto de medida en el cual la densidad del flujo másico local de la sustancia a determinar es igual a la densidad del flujo másico promediado en el plano de muestreo.

Medida en rejilla: Determinación de un mensurando en una rejilla dada de puntos de medida en el plano de muestreo.

Boca de medida o muestreo: Apertura en el conducto de gas residual a lo largo de la línea de medida, a través de la cual se realiza el acceso al gas residual.

Área libre de obstáculos: Área del espacio libre en la plataforma de trabajo fuera del conducto de gas residual sin obstáculos en el cual se mueven y manipulan las sondas de medida apropiadas.

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

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

Magnitud de referencia: Magnitud física o química que es necesario determinar para convertir el mensurando a condiciones normales.

Método de Referencia Patrón (MRP): Método descrito y normalizado que se usa por ejemplo para calibrar y validar un SAM y para mediciones periódicas que verifican el cumplimiento del Valor Límite de Emisión.

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

#### 4. Requisitos del sitio y plano de medida.

Para obtener fiabilidad y comparabilidad en resultados de medida de emisión son necesarios secciones y sitios de medida adecuados.

Por ello, en el diseño de una instalación, deberá tenerse en cuenta que habrán de controlarse las emisiones y, por tanto, deben proyectarse unas secciones y sitios de medida apropiados.

El sitio de medida debe estar diseñado de forma que permita a los técnicos el acceso y poder realizar las tomas de muestras y ensayos necesarios para el control de las emisiones. Este diseño debe cumplir los criterios recogidos en la IT-ATM-01.

Por otra parte, la sección de muestreo tendrá que cumplir unos requisitos mínimos con el fin de asegurar la fiabilidad y comparabilidad de los resultados.

En el Anexo II se muestran, sobre una figura, algunos términos relacionados con la sección y sitio de medida.

La correcta realización del control de las emisiones requiere unas condiciones de flujo definidas en el plano de muestreo, es decir, un perfil de flujo ordenado y estable, sin turbulencias ni reflujos, de manera que pueda determinarse la velocidad y la concentración másica del mensurando o parámetro a determinar en el gas residual.

#### 4.1. Sección de medida y plano de muestreo.

##### 4.1.1. Sección de medida.

La sección de medida debe permitir el muestreo y la toma de muestra y ensayos en un plano de muestreo adecuado.

Debe cumplir:

- La sección de medida debe estar situada en un tramo del conducto que cumpla al menos que:

a) Entre el plano de muestreo y la perturbación anterior a éste en el sentido del flujo de los gases (codo, conexión, cambio de sección, etc.), exista al menos una distancia de 5 diámetros hidráulicos de conducto recto.

b) Entre el plano de muestreo y la perturbación posterior a éste en el sentido del flujo de los gases (codo, conexión, cambio de sección, etc.), exista al menos una distancia de dos diámetros hidráulicos de conducto recto. Esta longitud será de cinco diámetros hidráulicos en el caso de que la siguiente perturbación sea la descarga a la atmósfera.

- Debe permitir y estar acondicionada para que puedan tomarse muestras representativas de la emisión en el plano de muestreo para la determinación del flujo volumétrico y de la concentración másica de contaminantes.

- La instalación de secciones de medida en conductos horizontales se admitirá sólo en aquellos casos en que no sea viable su instalación en una parte vertical del conducto. Debe tenerse en cuenta la mayor concentración de partículas en las partes inferiores del conducto horizontal.

##### 4.1.1. Plano de muestreo.

El plano de muestreo debe situarse en una sección del conducto o chimenea donde las condiciones de flujo y concentraciones sean homogéneas, para lo que debe cumplir:

1. La desviación del ángulo del flujo de gas es inferior, respecto al eje del conducto, a 15° en el caso de los tubos pitot tipo L o 13,5° en el caso de tubos pitot tipo S.

2. No existe flujo negativo en ningún punto.
3. La velocidad mínima es más alta que el límite de detección del método utilizado para la medida del caudal (para tubos Pitot, una presión diferencial >5 Pa).
4. La relación entre la velocidad máxima y mínima es inferior a 3:1.

## 5. Desarrollo.

### 5.1. Generalidades.

Los requisitos de la sección de medida dados en el punto 4.1.2, no aseguran por si solos que la composición y parámetros físicos del gas residual sean homogéneos. Por ello, tiene que aplicarse una estrategia de muestreo apropiada.

Para la toma de muestra manual, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Si se dispone de información sobre la distribución del mensurando en el plano de muestreo (por ejemplo, de medidas previas o informes anteriores) no es necesario repetir la evaluación de la homogeneidad, siempre que las condiciones de la medida sean iguales a las existentes cuando se evaluó la homogeneidad, es decir, no haya habido una modificación significativa del proceso, no se haya cambiado de combustible, etc...

b) En el caso de toma de muestra de:

I. Partículas.

II. Compuestos en forma particulada.

III. Compuestos disueltos o adheridos a gotas de agua u otro líquido (por ejemplo, el caso de fluoruros en presencia de gotas de agua).

Las mediciones deben realizarse isocinéticamente, y por tanto, siempre deben hacerse en rejilla.

c) Cuando se midan concentraciones máscas gaseosas, el muestreo podrá ser:

- En cualquier punto si se ha demostrado la homogeneidad.

- En un punto representativo si la distribución no es homogénea, pero sin exceder el valor de la incertidumbre expandida permisible  $U_{\text{punto}} \leq 0,5 U_{\text{permitida}}$ .

- De otro modo, las mediciones tienen que realizarse en rejilla.

d) Si se miden compuestos gaseosos en paralelo con materia particulada, cuando se requiera muestreo isocinético, el caudal en las líneas secundarias, si se necesita, debe ser proporcional al caudal total.

e) Debe mantenerse la eficiencia de absorción o adsorción del medio de captación de la fase gaseosa.

f) Cuando se están midiendo compuestos gaseosos con medida en rejilla, pueden distinguirse dos casos:

1. Si el compuesto a determinar se capta sobre solución captadora, pueden aplicarse los dos procedimientos siguientes:

i. El caudal a través del medio de captación se realiza de forma proporcional a la velocidad del gas (caudal proporcional).

ii. El caudal no puede adaptarse sin disminuir la eficiencia de captación del sistema (algunos métodos manuales) o no puede cambiarse (métodos automáticos); en este caso, la muestra se toma en cada punto durante un periodo de tiempo proporcional a la velocidad local (tiempo proporcional).

2. Si la concentración se determina directamente en los puntos de medida en el plano de muestreo, por ejemplo, utilizando métodos de referencia automáticos, entonces el flujo máscico de muestra por área parcial que se requiere para el cálculo, es decir, la densidad del flujo máscico, se calcula a partir de la combinación de la concentración local y la velocidad local de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\bar{c} = \frac{\sum_{j=1}^n \bar{c}_j \bar{v}_j}{\sum_{j=1}^n \bar{v}_j}$$

Donde:

C = concentración media en el plano;

C<sub>j</sub> = concentración media en el punto j;

V<sub>j</sub> = velocidad media en el punto j.

Esto significa que para calcular la concentración media en el plano de muestreo durante la duración del muestreo, sólo necesitan determinarse la concentración media y la velocidad media en cada punto de medida.

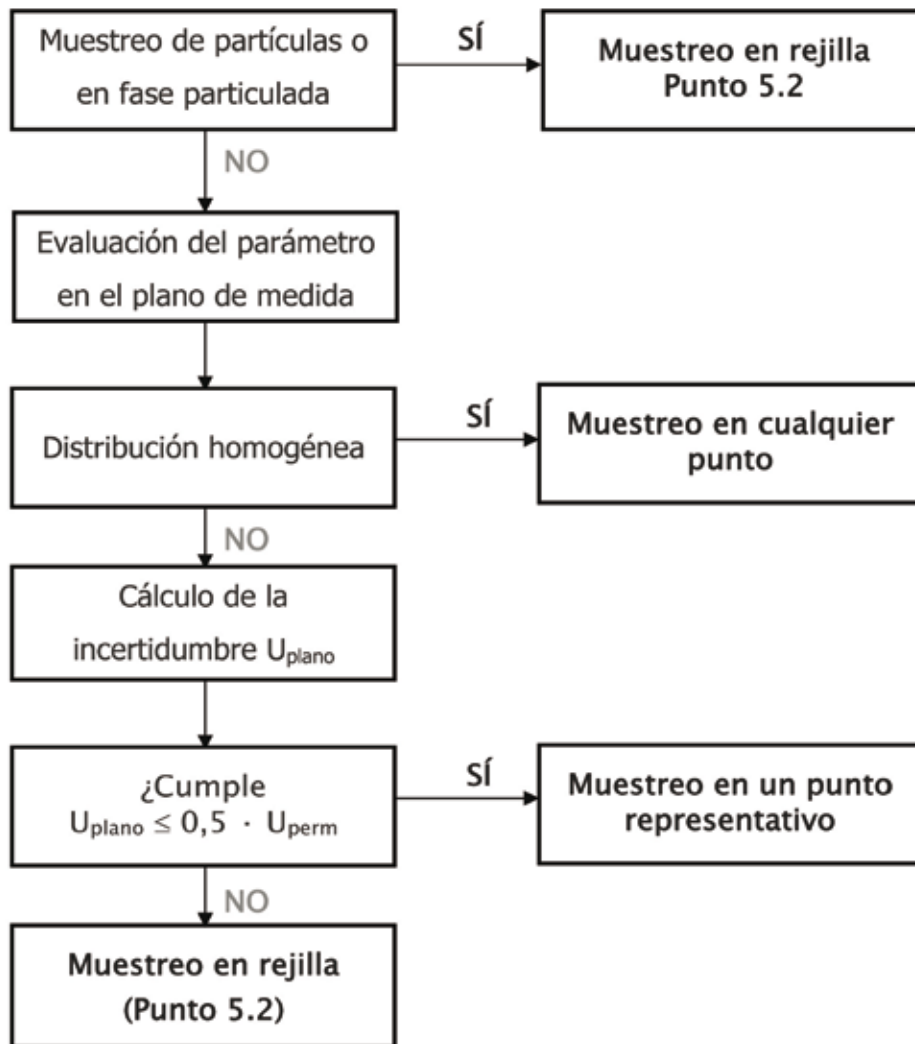


Figura 1. Esquema de la estrategia de muestreo

5.2. Muestreo en rejilla.

5.2.1. Puntos de muestreo.

Las dimensiones del plano de muestreo determinan el número mínimo de puntos de muestreo. Este número se incrementa cuando aumentan las dimensiones del conducto.

Las tablas 1 y 2 especifican el número mínimo de puntos de muestreo a usar para conductos circulares y rectangulares, respectivamente. Los puntos de muestreo a usar deben localizarse en el centro de áreas iguales en el plano de muestreo (véase el punto 5.2.2).

Los puntos de muestreo deben estar separados de la pared interna del conducto más de 5 cm o más del 3% de la longitud de la línea del muestreo, el valor que sea mayor.

Rango de los diámetros de los conductos (m)	Número mínimo de las líneas de muestreo (diámetros)	Número mínimo de puntos de muestreo por plano
< 0,35	-	1
0,35 a 1,1	2	4
1,1 a 1,6	2	8
> 1,6	2	Al menos 12 y 4 por m <sup>2</sup> <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Se considera suficiente un número máximo de 20 puntos de muestreo.

Tabla 1. Número mínimo de puntos de muestreo en conductos circulares

Rango de las áreas del plano de muestreo (m <sup>2</sup> )	Número mínimo de divisiones laterales <sup>a</sup>	Número mínimo de puntos de muestreo por plano
< 0,1	-	1
0,1 a 1,0	2	4
1,1 a 2,0	3	9
> 2,0	≥3	Al menos 12 y 4 por m <sup>2</sup> <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Pueden ser necesarias otras divisiones laterales, por ejemplo si la longitud del lado más largo del conducto es superior al doble de la longitud del lado más corto.

<sup>b</sup> Se considera suficiente un número máximo de 20 puntos de muestreo.

- división lateral es el número de veces en que se divide el lateral del conducto sobre el que se coloca la boca de muestreo.

Tabla 2. Número mínimo de puntos de muestreo en conductos rectangulares

5.2.2. Método para la determinación de las posiciones de los puntos de muestreo en conductos circulares y rectangulares.

Hay dos métodos para la determinación de la posición de los puntos de muestreo en conductos circulares, un método general y otro denominado tangencial. Ambos métodos se consideran equivalentes.

5.2.2.1. Método general para conductos circulares.

En el método general aplicable a conductos circulares, el plano de muestreo se divide en áreas iguales. Los puntos de muestreo, uno en el centro de cada área, se sitúan en dos o más diámetros (líneas de muestreo), y un punto en el centro del conducto (ver la figura 2).

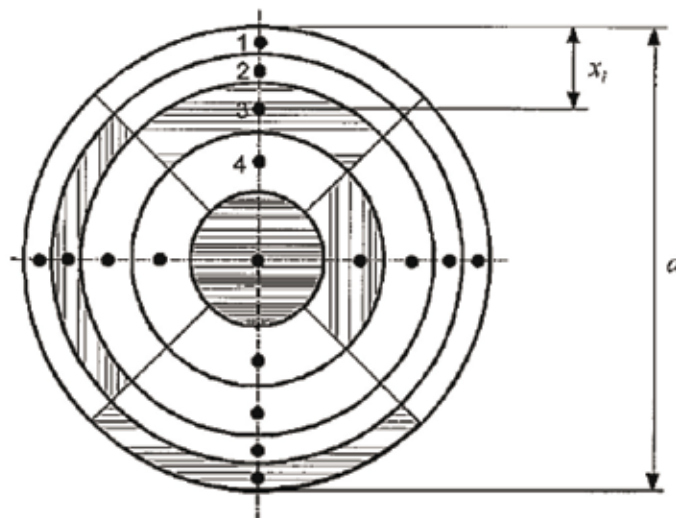


Figura 2. Posiciones de los puntos de muestreo en conductos circulares Método general (ejemplo de conducto Ø > 2 m)

Todas las secciones tienen áreas iguales.

Las localizaciones de los puntos de muestreo dependen del número de puntos de muestreo elegidos.

Para conductos circulares son suficientes dos líneas de muestreo (diámetros), la distancia xi, de cada punto de muestreo desde la pared del conducto puede expresarse como:

$$xi = K_i \cdot d$$

Donde:

K<sub>i</sub> es el valor en porcentaje, de acuerdo con la tabla 3;

d es el diámetro del conducto.

La tabla 3 recoge los valores de K<sub>i</sub> en porcentaje, donde n<sub>d</sub> es el número de puntos de muestreo por línea de muestreo e i es el punto de muestreo individual a lo largo de la línea de muestreo.

i	K <sub>i</sub>			
	n <sub>d</sub> = 3	n <sub>d</sub> = 5	n <sub>d</sub> = 7	n <sub>d</sub> = 9
1	11,3	5,9	4,0	3,0
2	50,0	21,1	13,3	9,8
3	88,7	50,0	26,0	17,8
4		78,9	50,0	29,0
5		94,1	74,0	50,0
6			86,7	71,0
7			96,0	82,2
8				90,2
9				97,0

Tabla 3. Valores de K<sub>i</sub> en porcentaje.  
Método general para conductos circulares

Para conductos circulares donde sea necesario aumentar el número de líneas de muestreo (diámetros) o el número de puntos de muestreo (debido por ejemplo a condiciones de flujo adversas), las fórmulas para calcular la distancia, desde la pared del conducto hasta los distintos puntos de muestreo a lo largo del diámetro son:

PARA:	FÓRMULA
$i < \frac{n_d + 1}{2}$	$x_i = \frac{d}{2} \left[ 1 - \sqrt{\frac{n(n_d - 2i) + 1}{n(n_d - 1) + 1}} \right]$
$i = \frac{n_d + 1}{2}$	$x_i = \frac{d}{2}$
$i > \frac{n_d + 1}{2}$	$x_i = \frac{d}{2} \left[ 1 + \sqrt{\frac{n(2i - 2 - n_d) + 1}{n(n_d - 1) + 1}} \right]$

Tabla 4. Distancia de cada punto de muestreo

Donde:

i es el número de orden del punto de muestreo (1, 2, 3, 4, ... i-1, i) en la línea de muestreo;  
n<sub>d</sub> es el número total de puntos de muestreo a lo largo de cada línea de muestreo (incluyendo el central);

n es el número de líneas, o diámetros de muestreo;

X<sub>i</sub> es la distancia del punto i desde la pared del conducto;

d es el diámetro del conducto.

#### 5.2.2.2. Método tangencial para conductos circulares.

En el método tangencial aplicable a conductos circulares, el plano de muestreo se divide en áreas iguales. Los puntos de muestreo, uno en el centro de cada área, se sitúan en dos o más diámetros (líneas de muestreo), sin que haya un punto en el centro del conducto (véase la figura 3).

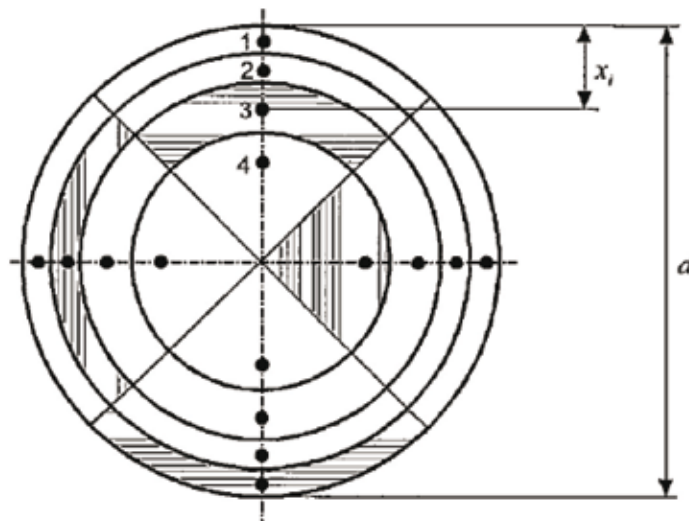


Figura 3. Posiciones de los puntos de muestreo en conductos circulares Método tangencial (ejemplo de conducto Ø > 2 m)

Las localizaciones de los puntos de muestreo en cada diámetro dependen del número de puntos de muestreo en cada diámetro, pero son independientes del número de diámetros de muestreo.

Para conductos circulares en los que son suficientes dos líneas de muestreo, la distancia  $x_i$ , de cada punto de muestreo desde la pared del conducto se puede expresar convenientemente, de acuerdo con la ecuación:

$$x_i = K_i \cdot d$$

Donde

$K_i$  es el valor, en porcentaje, de acuerdo a la tabla 5;

$d$  es el diámetro del conducto.

La tabla 5 da valores de  $K_i$  en porcentaje, donde  $n_d$  es el número de puntos de muestreo por línea de muestreo (diámetro) e  $i$  es el número de puntos de muestreo individuales a lo largo del diámetro.

i	$K_i$			
	$n_d = 2$	$n_d = 4$	$n_d = 6$	$n_d = 8$
1	14,6	6,7	4,4	3,3
2	85,4	25,0	14,6	10,5
3		75,0	29,6	19,4
4		93,3	70,4	32,3
5			85,4	67,7
6			95,6	80,6
7				89,5
8				96,7

Tabla 5. Valores de  $K_i$  como porcentaje. Método tangencial para conductos circulares

Para conductos circulares donde sea necesario aumentar el número de líneas de muestreo (diámetros) o el número de puntos de muestreo, las fórmulas tangenciales para el cálculo de la distancia, desde la pared del conducto a lo largo del diámetro son:

PARA:	FÓRMULA
$i \leq \frac{n_d}{2}$	$x_i = \frac{d}{2} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2i-1}{n}} \right]$
$i > \frac{n_d+1}{2}$	$x_i = \frac{d}{2} \left[ 1 - \sqrt{\frac{2i-1}{n} - 1} \right]$

Donde:

$i$  es el número de orden del punto de muestreo (1, 2, 3, 4, ...  $i-1$ ,  $i$ ) en la línea de muestreo;

$n_d$  es el número de puntos de muestreo a lo largo de cada línea de muestreo (incluyendo el central);

$n$  es el número de líneas, o diámetros de muestreo;

$X_i$  es la distancia del punto  $i$  desde la pared del conducto;

$d$  es el diámetro del conducto.

Este método es particularmente útil para conductos grandes donde sería difícil alcanzar el centro del conducto

#### 5.2.2.3. Método para conductos rectangulares.

En el método aplicable a conductos rectangulares, el plano de muestreo se divide en áreas iguales mediante líneas paralelas a los lados del conducto y situando un punto de muestreo en el centro de cada área (véase la figura 4).

En general, se dividen ambos lados del conducto rectangular en un número igual de partes, resultando áreas que tienen la misma forma que el conducto.

El número de áreas parciales es, por lo tanto, el cuadrado de 1, 2, 3, etc. (véase la figura 4a).



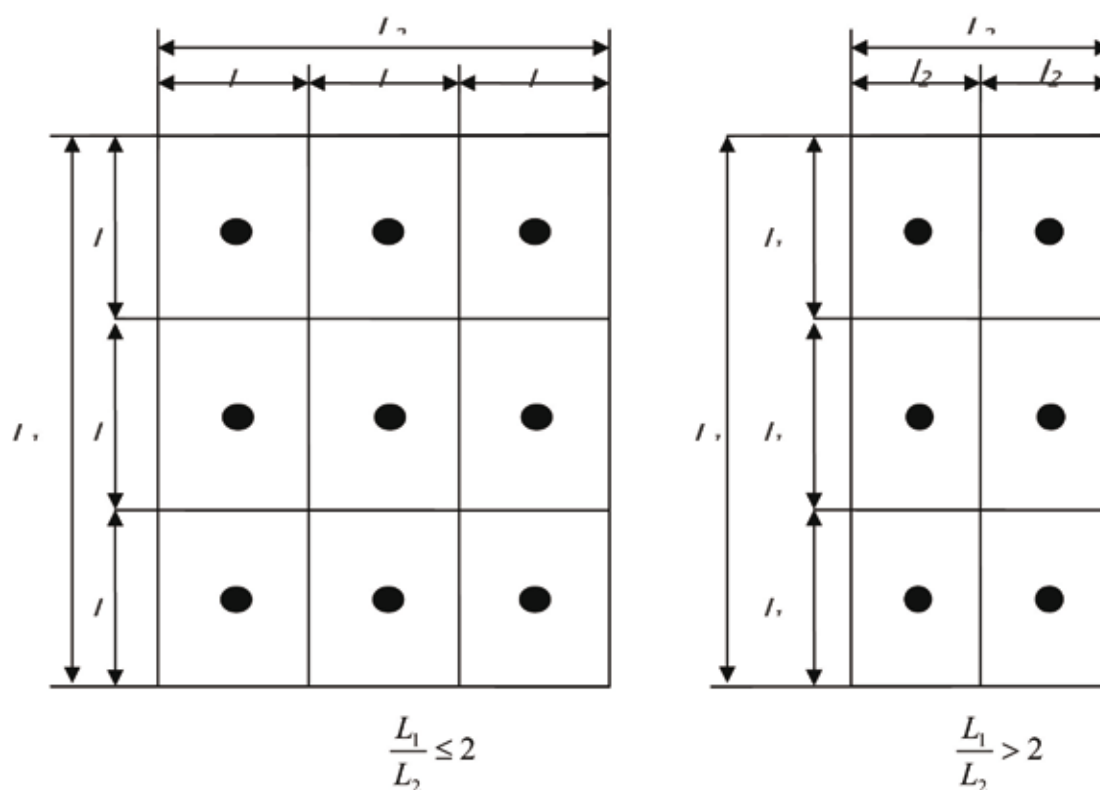
Cuando  $\frac{L_1}{L_2} > 2$ , el lado  $L_1$  debe dividirse en un número de veces mayor que el lado  $L_2$ ,

de forma que para cada sección parcial, la relación  $\frac{l_1}{l_2} < 2$ .

$l_1 = \frac{L_1}{n_1}$ ; Donde,  $n_1$  es el número de veces en que se divide  $L_1$

$l_2 = \frac{L_2}{n_2}$ ; Donde,  $n_2$  es el número de veces en que se divide  $L_2$

Por tanto, la longitud más pequeña desde una pared del conducto es  $l_1/2$  y  $l_2/2$ .



**Figura 4- Representaciones de las posiciones de los puntos de muestreo en conductos rectangulares**

5.3. Evaluación de la homogeneidad de un parámetro en el plano de muestreo.

La homogeneidad de la distribución de un parámetro en el plano de muestreo debe determinarse por una medida en rejilla y en las mismas condiciones en las que se exprese el parámetro.

Puesto que el parámetro también varía con el tiempo debido a fluctuaciones en el proceso, deben realizarse mediciones paralelas simultáneas con un sistema de medida independiente en un punto fijo en la sección de medida (medida de referencia).

Hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. La distribución del parámetro en el plano de muestreo puede no ser homogénea, aunque la distribución de la velocidad del gas sí lo sea.
2. La homogeneidad puede demostrarse para el parámetro considerado o para un parámetro sucedáneo o sustitutivo; por ejemplo, el COT puede usarse como un parámetro indicativo para la homogeneidad de la concentración del tolueno.
3. La homogeneidad, generalmente, se determina una vez.

4. La homogeneidad está influenciada por ciertos factores como la carga o el combustible. Un cambio en tales factores hace necesario una repetición de la determinación de la homogeneidad.

5. La homogeneidad, generalmente, se determina utilizando instrumentos de lectura directa. Para determinar la homogeneidad debe aplicarse el procedimiento siguiente, cubriendo las variaciones espaciales y temporales:

5.3.1. Sistemática a seguir para la determinación de la homogeneidad en el plano de muestreo.

a) Determinar los puntos de muestreo para la medida en rejilla de acuerdo con el apartado 5.2.

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

c) Instalar la sonda de un sistema de medida independiente (medida de referencia) en un punto fijo en la sección de medida.

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

e) Realizar una medida en rejilla y mediciones en paralelo en un punto fijo en la sección de medida, con un tiempo de muestreo de al menos cuatro veces el tiempo de respuesta del sistema de medida, pero no menos de tres minutos en cada punto de muestreo, (i). A la realización de estas medidas destinadas a la realización del estudio de homogeneidad, no le es de aplicación la sistemática definida en la IT-ATM-8.3.

f) Registrar para cada punto de muestreo i, el valor real  $y_{\text{punto}}$  o  $y_p$  del mensurando en la rejilla y el valor  $y_{i,\text{ref}}$  de la medida de referencia.

g) Calcular para cada punto de muestreo i, el cociente  $r_i$  de acuerdo con la fórmula:

$$r_i = \frac{y_{i,\text{punto}}}{y_{i,\text{ref}}}$$

h) Calcular:

- La desviación típica  $S_{\text{punto}}$  de las mediciones en rejilla de acuerdo con la fórmula:

$$S_{\text{punto}} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_{i,P} - \bar{y}_P)^2}$$

- La desviación típica  $S_{\text{ref}}$  de las mediciones de referencia de acuerdo con la fórmula:

$$S_{\text{ref}} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_{i,\text{ref}} - \bar{y}_{\text{ref}})^2}$$

- La media de los  $\bar{r}$  cocientes  $r_i$  de acuerdo con la fórmula:

$$\bar{r} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_i$$

i) Si  $S_{\text{punto}} \leq S_{\text{ref}}$  se considera que el gas es homogéneo. Se puede muestrear en un punto cualquiera del plano de muestreo.

j) Si  $S_{\text{punto}} > S_{\text{ref}}$  se calcula el factor F:

$$F = \frac{S_{\text{punto}}^2}{S_{\text{ref}}^2}$$

Si  $F < F_{N-1, N-1, 0,95}$  para el número de puntos tal y como se dan en la tabla 6 la distribución del gas es homogénea. Se puede muestrear en un punto cualquiera del plano de muestreo.

k) en caso contrario, la distribución se considera no homogénea, y hay que calcular la desviación típica del plano de muestreo  $s_{plano}$  (desviación típica de la medición combinada rejilla y punto de referencia) de acuerdo a la fórmula:

$$s_{plano} = \sqrt{s_{punto}^2 - s_{ref}^2}$$

Y su correspondiente incertidumbre de la medición combinada rejilla y punto de referencia,  $U_{plano}$ , expandida de acuerdo a:

$$U_{plano} = t_{N-1;0,95} \times s_{plano}$$

Si  $U_{plano}$  es menor o igual que el 50% de la incertidumbre expandida permisible, entonces esta se considera despreciable y se puede medir en un punto representativo en el plano de muestreo, puesto que la contribución de la incertidumbre debida a la no homogeneidad del gas residual a la incertidumbre total es despreciable. El punto de rejilla con el cociente  $r_i$  más próximo al valor medio  $\bar{r}$  de los cocientes se asume que es el punto representativo.

Si  $U_{plano}$  es mayor que el 50% de la incertidumbre expandida permitida para el parámetro,  $U_{perm}$  (ver la tabla 7 donde se recogen los valores de las incertidumbres expandidas máximas permitidas), entonces hay que medir en rejilla.

Número de puntos de muestreo N	Factor F $F_{N-1;N-1;0,95}$	Factor t $F_{N-1; 0,95}$	Número de puntos de muestreo N	Factor F $F_{N-1;N-1;0,95}$	Factor t $F_{N-1; 0,95}$
4	9,28	3,182	19	2,22	2,101
5	6,39	2,776	20	2,17	2,093
6	5,05	2,571	21	2,12	2,086
7	4,28	2,447	22	2,08	2,080
8	3,79	2,365	23	2,05	2,074
9	3,44	2,306	24	2,01	2,069
10	3,18	2,262	25	1,98	2,064
11	2,98	2,228	26	1,96	2,060
12	2,82	2,201	27	1,93	2,056
13	2,69	2,179	28	1,90	2,052
14	2,58	2,160	29	1,88	2,048
15	2,48	2,145	30	1,86	2,045
16	2,40	2,131	31	1,84	2,042
17	2,33	2,120	32	1,82	2,039
18	2,27	2,110	33	1,80	2,036

Tabla 6. Factores F y factores t en función del número de puntos de muestreo para un nivel de confianza del 95%

PARÁMETRO	$U_{perm}$	PARÁMETRO	$U_{perm}$
Monóxido de carbono	10%	Mercurio	40%
Dióxido de azufre	20%	Ácido sulfhídrico	30%
Óxidos de nitrógeno	20%	Amoniaco	30%
Partículas	30%	Caudal	20%
Carbono Orgánico Total	30%	Humedad	30%
Cloruro de hidrógeno	40%	Oxígeno:	10%
Fluoruro de hidrógeno	40%	Dióxido de carbono	10%

Tabla 7. Incertidumbres expandidas permitidas

$U_{perm}$  es un valor en porcentaje sobre el valor límite de emisión, VLE; en caso de que el parámetro no tenga definido un VLE de emisión, se tomará como tal, a efectos de cálculos, el correspondiente a 1,6 veces el valor máximo medido durante las medidas actuales en el plano de muestreo o el rango del equipo, el menor de los dos.

La homogeneidad puede demostrarse con un único analizador, midiendo primero en rejilla e inmediatamente después midiendo en el punto de referencia.

Cuando el resultado de las pruebas sea de no homogeneidad y  $U_{plano} \leq 0,5 \cdot U_{perm}$  (muestreo en un punto representativo) y éstas se hayan realizado con un único analizador, este resultado no será válido, debiendo demostrarse esta condición mediante el uso de dos analizadores simultáneamente, uno para la medida en rejilla y otro para el punto de referencia.

El analizador utilizado como de referencia puede ser un SAM certificado de acuerdo a la norma UNE EN 14181:2005.

Toda la secuencia descrita para la comprobación de la homogeneidad, se encuentra esquematizada en el Anexo I.

#### 6. Responsabilidades.

Es responsabilidad del titular de la instalación adaptar sus sitios y secciones de muestreo a la presente instrucción técnica, así como facilitar en todo momento el que la inspección se realice de acuerdo a ella.

#### 7. Referencias.

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

#### 8. Anexos.

Anexo I: Diagrama esquemático del ensayo de homogeneidad.

Anexo II: Términos relacionados con el sitio de medida y con la sección de medida.

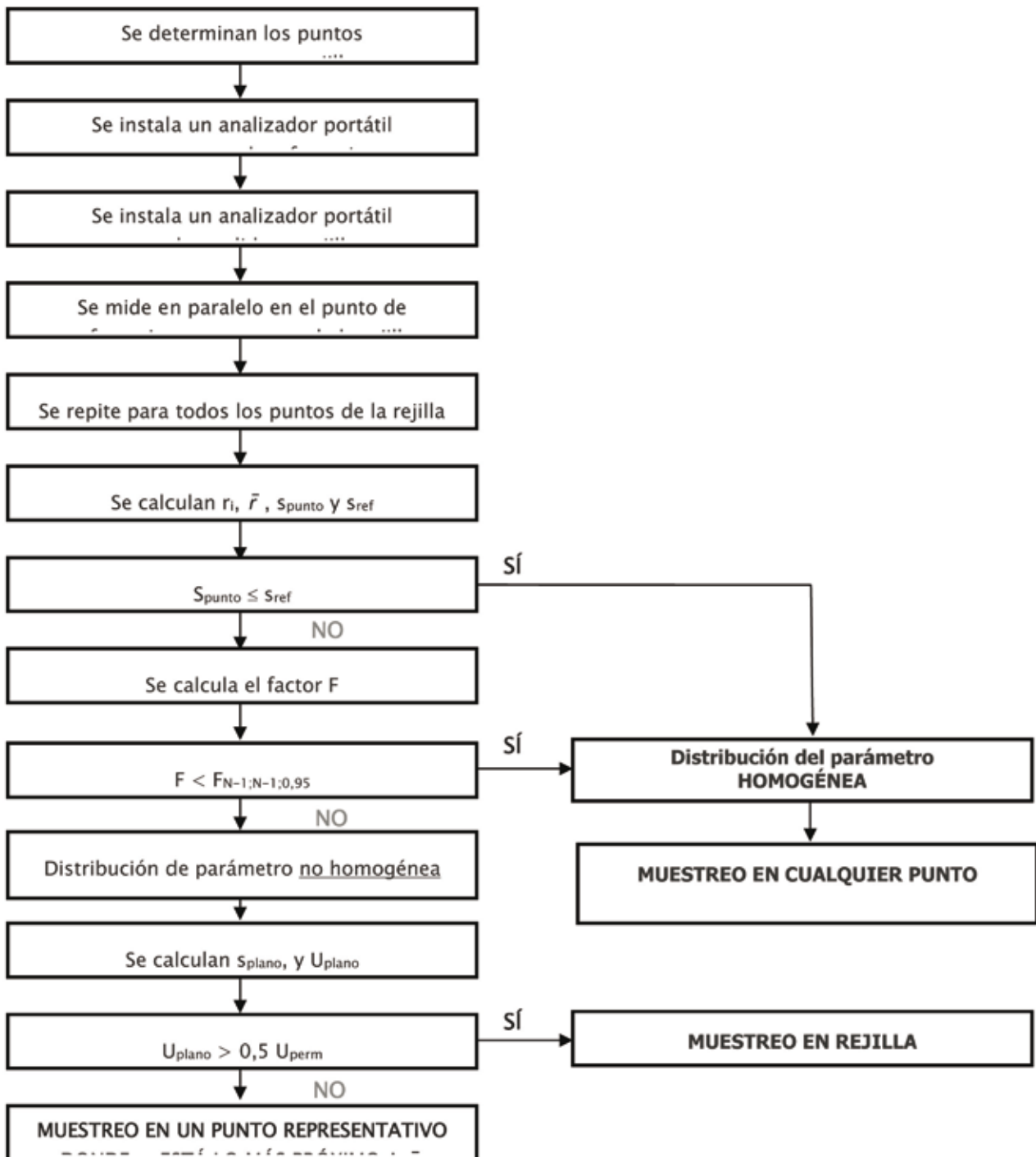
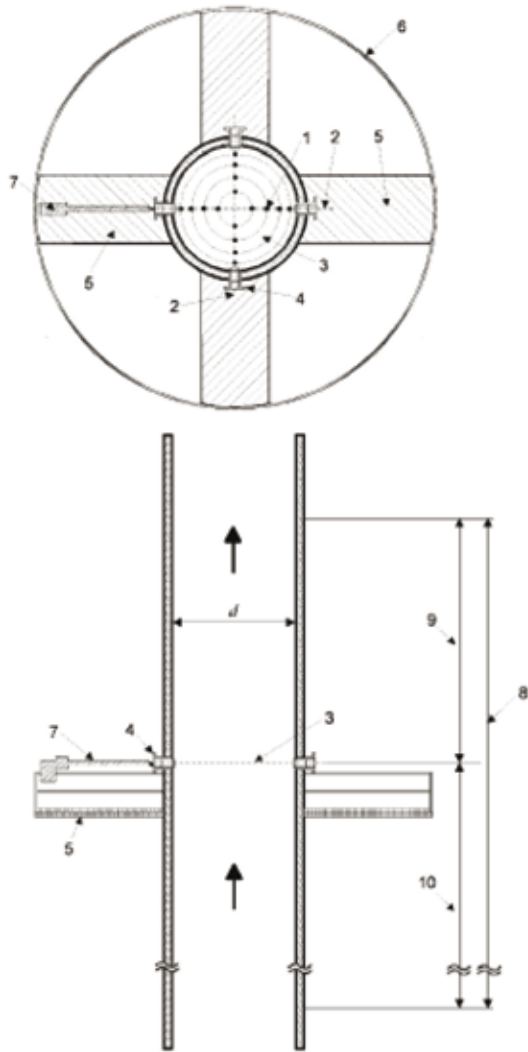


Diagrama esquemático de ensayo de homogeneidad



Leyenda	
1	Punto de medida
2	Línea de medida
3	Plano de muestreo
4	Boca de muestreo
5	Área libre de obstáculos
6	Sitio de medida
7	Tren de muestreo manual
8	Sección de medida
9	Sección de salida
10	Sección de entrada
d	diámetro interno del conducto

Términos relacionados con el sitio y la sección de medida