
 Castilla-La Mancha	Emisiones a la atmósfera provenientes de emisiones difusas	IT-CLM-AT-I-08
	Determinación de las emisiones difusas mediante captadores pasivos Instrucción Técnica para la determinación de diferentes contaminantes mediante captadores pasivos	


Determinación de las emisiones difusas mediante captadores pasivos

Instrucción Técnica para la determinación de diferentes contaminantes mediante captadores pasivos

 Castilla-La Mancha	Emisiones a la atmósfera provenientes de emisiones difusas	IT-CLM-AT-I-08
	Determinación de las emisiones difusas mediante captadores pasivos Instrucción Técnica para la determinación de diferentes contaminantes mediante captadores pasivos	

ÍNDICE

1. OBJETO.....	3
2. ALCANCE Y ÁMBITO DE APLICACIÓN	3
3. DEFINICIONES	3
4. FUNDAMENTO DEL MÉTODO	4
5. CRITERIOS GENERALES	6
6. EQUIPOS Y MATERIAL DE MUESTREO	6
7. ELEMENTOS DE CAPTACIÓN	10
8. OPERATIVA.....	10
9. PARÁMETROS ESPECÍFICOS DEL MUESTREO.....	13
10. VALIDACIÓN DEL MUESTREO	15
11. CÁLCULOS.....	15
12. RESPONSABILIDADES	16
13. REFERENCIAS	17
14. ANEXO I	17

 Castilla-La Mancha	Emisiones a la atmósfera provenientes de emisiones difusas	IT-CLM-AT-I-08
	Determinación de las emisiones difusas mediante captadores pasivos Instrucción Técnica para la determinación de diferentes contaminantes mediante captadores pasivos	

1. OBJETO

La presente Instrucción Técnica tiene como objeto describir y definir la metodología para la determinación de la concentración de contaminantes gaseosos a través de la captación mediante adsorbedores pasivos.

2. ALCANCE Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

El método es aplicable para la determinación de la concentración de aquellos parámetros gaseosos presentes en el aire ambiente, compatibles con la captación pasiva, de aquellas instalaciones incluidas en el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras a la atmósfera (CAPCA) vigente y en el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, que incluyan obligaciones en materia emisiones en sus autorizaciones, ubicadas en el territorio de la Comunidad autónoma de Castilla-La Mancha.

El alcance incluye aquellos parámetros, únicamente en fase gaseosa o vapor, incluidos en la IT-CLM-AT-I-01, para los que se ha establecido metodología compatible con este medio de captación.

Para garantizar la correcta realización de las medidas, el Organismo de Control en Atmósfera debe disponer de equipos que cumplan las especificaciones y tolerancias que se detallan en la presente Instrucción Técnica.

3. DEFINICIONES

A efectos de esta Instrucción Técnica se establecen las siguientes definiciones:

Aire ambiente: El aire exterior de la baja troposfera, con exclusión de los lugares de trabajo.

Autoridad competente: organización que aplica los requisitos de las directivas de la Unión Europea (UE) y regula las instalaciones conforme a los requisitos de las normas europeas aplicables.

Blanco de campo: Muestra de ensayo obtenida de acuerdo al procedimiento de blanco de campo.

Condiciones ambientales: Se consideran condiciones ambientales, las existentes durante el periodo de medición.

Contaminante: Cualquier sustancia presente en el aire ambiente, que pueda tener efectos nocivos sobre la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.

Control (o campaña de muestreo): La totalidad de los muestreos realizados para determinar la calidad del aire, (emisiones difusas y en ocasiones inmisión), en una determinada instalación en un periodo de tiempo.

Equipos de medición: El conjunto de dispositivos instrumentales necesarios para medir la concentración de un contaminante en una determinada localización.

Emisiones difusas: Toda descarga a la atmósfera, no realizada por focos canalizados, continua o discontinua, de partículas o gases procedentes directa o indirectamente de cualquier fuente susceptible de producir contaminación atmosférica. Quedan incluidas las emisiones no capturadas liberadas al ambiente exterior por ventanas, puertas, respiraderos y aberturas similares, o directamente generadas en exteriores.

Exactitud de la medida: Grado de concordancia entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mesurando. (El concepto de “exactitud” es cualitativo. No debería utilizarse el término “precisión” para la “exactitud”).


Gradiente de concentraciones: Región del espacio a través de la cual cambia la concentración de sustancias.

Objetivo de medición: Alcance del programa de medición.

Organismo de Control en Atmósfera (OCA): Organismo de control acreditado por parte de un organismo de acreditación que forma parte del Acuerdo ILAC (Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios), como LE (Laboratorio de ensayos) de acuerdo con la norma de referencia UNE-EN ISO/IEC 17025, incluida en el Registro de Organismos de Control en Atmósfera de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha.

Organismo competente: Organización que puede demostrar sus competencias para una tarea específica a la autoridad competente del Estado Miembro de la UE.

Plan de medición: Procedimiento estructurado para cumplir un objetivo de medición definido.

 Castilla-La Mancha	Emisiones a la atmósfera provenientes de emisiones difusas	IT-CLM-AT-I-08
	Determinación de las emisiones difusas mediante captadores pasivos Instrucción Técnica para la determinación de diferentes contaminantes mediante captadores pasivos	

Valor límite (VL): Un nivel fijado basándose en conocimientos científicos, con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana, para el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza, que debe alcanzarse en un periodo determinado y no superarse una vez alcanzado.

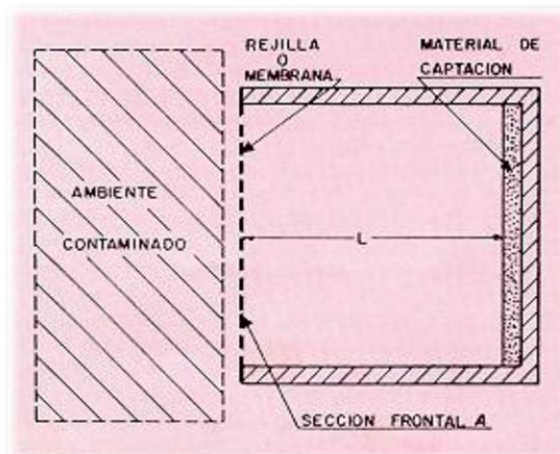
4. FUNDAMENTO DEL MÉTODO

Fundamento teórico

El método consiste en la captación pasiva de sustancias, en fase gaseosa o vapor, a través de un mecanismo (difusor adsorbedor) fundamentado en los fenómenos de difusión y permeación, por lo cuales, las moléculas de un gas, que están en constante movimiento, son capaces de penetrar y difundirse espontáneamente a través de la masa de otro gas, hasta repartirse uniformemente en su seno, así como de atravesar una membrana sólida que le presente una determinada capacidad de permeación.


En el difusor pasivo se produce un gradiente de concentraciones del contaminante a determinar, entre la concentración en el ambiente exterior y la concentración nula de este contaminante en el aire interior del agente adsorbente. Este gradiente de concentraciones es la fuerza que mueve por difusión al contaminante desde el ambiente exterior, a través del captador, hasta llegar al adsorbente. Dicho de otra manera, debido a estos fenómenos, un dispositivo situado en un ambiente contaminado durante cierto tiempo será capaz de incorporar sobre el material captador dispuesto en su interior una determinada cantidad del contaminante que será proporcional, entre otros factores, a la concentración ambiental del mismo.

Por ello, la sensibilidad del captador pasivo a factores ambientales físicos y químicos deberá ser mínima.



Fundamento práctico

Considerando las leyes físicas de la difusión, como la ley de Fick (basada en que las moléculas de gas se difunden en todas direcciones con igual probabilidad, entendiéndose también como si la difusión intentara eliminar el gradiente de concentraciones existente en un determinado espacio, con el movimiento de moléculas hacia las zonas donde hay carencia de ellas) se llega a la expresión:

 Castilla-La Mancha	Emisiones a la atmósfera provenientes de emisiones difusas	IT-CLM-AT-I-08
	Determinación de las emisiones difusas mediante captadores pasivos Instrucción Técnica para la determinación de diferentes contaminantes mediante captadores pasivos	

$$C = \frac{M \times L}{D \times A \times T}$$

Donde:

- **C:** Concentración ambiental media del contaminante en moles por centímetro cúbico (mol/cm³).
- **M:** Masa de contaminante captada
- **L:** Longitud del espacio interno de difusión
- **D:** Coeficiente de difusión del contaminante
- **A:** Sección frontal del dispositivo de captación
- **T:** Tiempo de captación

Simplificando la expresión, se puede obtener la concentración ambiental promedio de un contaminante X, como función de tres parámetros:

- **La masa (M)** del componente adsorbido.
 - Cantidad de gas en moles, que ha difundido a través del captador.
- **El tiempo (T)** de exposición o de muestreo.
 - En minutos.
- **El coeficiente de captación (Q) o la tasa de muestreo:** obtenido a partir de 3 variables.
 - **D:** Coeficiente de difusión del contaminante, en centímetros cuadrados por minuto (cm²/min)
 - **A:** Área o sección del difusor (cm²).
 - **L:** Longitud de la zona de difusión (cm)

$$Q = \frac{D \times A}{L}$$

Nota: Los valores de Q deben ser determinados para cada analito y modelo de captador y suele facilitarlos el fabricante del dispositivo de muestreo.


Resultando una expresión más sencilla, para la concentración ambiental del contaminante captado:

$$C = \frac{M}{Q \times T}$$

Donde:

- **C:** Concentración ambiental media del contaminante
- **M:** Masa de contaminante captada
- **Q:** Coeficiente de captación
- **T:** Tiempo de captación

Nota: En cualquiera de las expresiones indicadas para la concentración ambiental del contaminante, el valor de M corresponde a la masa del contaminante realmente captada, por lo cual el valor analítico encontrado deberá corregirse siempre que el coeficiente de recuperación analítico sea inferior a la unidad. La determinación de estos coeficientes se puede realizar mediante procedimientos semejantes a los empleados con el mismo fin en los captadores activos y sus valores suelen facilitarlos también los fabricantes de los dispositivos pasivos.

 Castilla-La Mancha	Emisiones a la atmósfera provenientes de emisiones difusas	IT-CLM-AT-I-08
	Determinación de las emisiones difusas mediante captadores pasivos Instrucción Técnica para la determinación de diferentes contaminantes mediante captadores pasivos	

5. CRITERIOS GENERALES

Ante la indefinición de un emplazamiento concreto en el método de medida, deberá actuarse según lo indicado en el documento normativo de referencia, ya sea de ámbito autonómico o nacional.

No obstante, la metodología de actuación que se propone se basa en hipótesis conservadoras, intentando buscar siempre las condiciones más desfavorables posibles, tanto desde el punto de vista de generación de contaminantes, como de su dispersión. Asegurando así que, si en estas condiciones adversas no se superan los valores límites legales, se puede tener una certidumbre razonable de que dicha superación no se dará en el resto de las situaciones.

Por tal motivo, el ensayo se llevará a cabo cuando queden aseguradas las condiciones normales de operación y/o en las que se estime que se genera la mayor carga contaminante. Se evitarán, asimismo, los periodos en los que las condiciones meteorológicas pudieran incidir significativamente en la generación y dispersión de los contaminantes a evaluar.

Con antelación suficiente, se realizará la adecuada planificación del muestreo, que tendrá en cuenta entre otros, los siguientes aspectos:

- Solicitud de información al titular de la instalación.
- Objeto del estudio.
- Características y croquis de planta señalando la ubicación de las fuentes de emisión.
- Condiciones de proceso durante la actuación.
- Dirección de los vientos dominantes en la zona.
- Ubicación de áreas vulnerables de afección.
- Topografía del terreno.
- Criterios de microimplantación.
- Condiciones meteorológicas previstas durante la campaña.
- Emisiones de contaminantes de fuentes naturales.
- Contaminación de fondo.

Esta información, y la específica del parámetro objeto de evaluación, deberá ser recogida en el plan de muestreo previo a la actuación y deberá ser valorada y validada posterior a las mediciones atendiendo a lo que establece la IT-CLM-AT-I-02.


6. EQUIPOS Y MATERIAL DE MUESTREO

La variedad de modelos de muestreadores pasivos disponibles en el mercado es creciente. La diferencia fundamental entre ellos se concreta en los materiales empleados como soporte de captación, que incluyen una amplia gama de sustancias, algunas de las cuales son las mismas que se utilizan en los sistemas activos. En general, los captadores pasivos pueden clasificarse en dos tipos:

- Específicos: diseñados para la captación de un compuesto o un reducido grupo de compuestos en concreto, utilizando un material captador apropiado, que suele actuar por Adsorción química del analito.
- Inespecíficos: los captadores inespecíficos, en cambio, permiten el muestreo de un conjunto de compuestos muy amplio, utilizando un material captador de tipo adsorbente, por lo general.

Otra posible distinción entre los muestreadores pasivos se basa en:

- Utilización de una rejilla o placa porosa: para cerrar la boca del captador, propia de los dispositivos normales de difusión.

	Emisiones a la atmósfera provenientes de emisiones difusas	IT-CLM-AT-I-08
	Determinación de las emisiones difusas mediante captadores pasivos Instrucción Técnica para la determinación de diferentes contaminantes mediante captadores pasivos	

- Empleo como cierre de una membrana permeable: característico de los dispositivos que actúan mediante permeación-difusión.

En cuanto a la estructura física, se da una cierta variedad de modelos, presentándose con formas circulares, rectangulares o cilíndricas, construidas con materiales diversos, siempre de dimensiones y peso muy reducidos.

Coeficientes de muestreo de diferentes modelos:

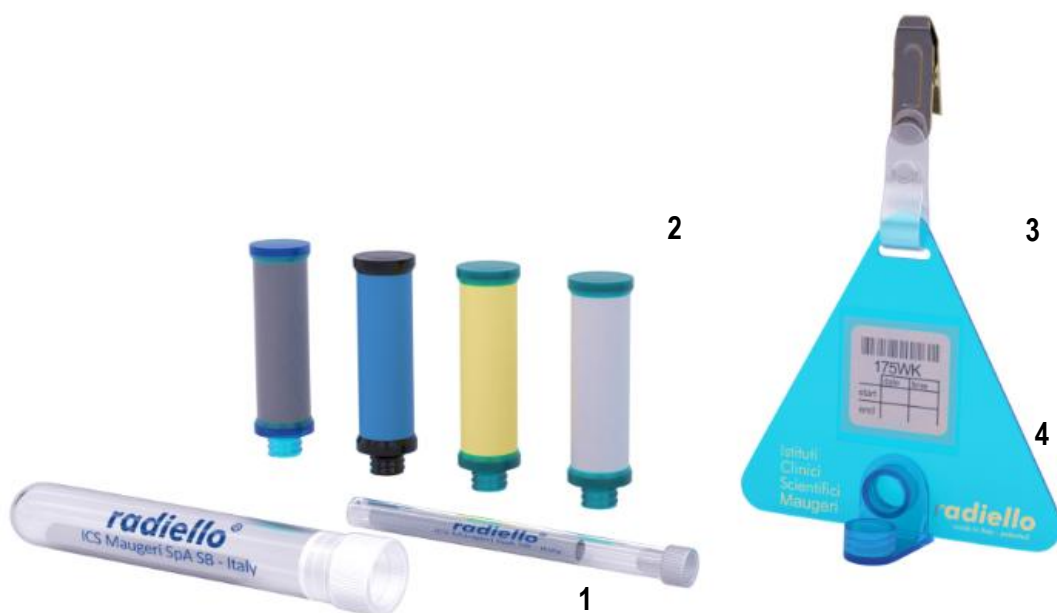
- Los captadores que tienen forma de tubo (muestreo a través de un extremo abierto –sección pequeña-), tienen generalmente coeficientes de muestreo pequeños, del orden de 1 ml/min o menos.
- Los captadores en forma de disco o placa (badge-type), tienen un coeficiente de captación intermedio, del orden de 10 ml/min.
- Los captadores radiales, en forma de tubo, pero muestreando a través de las paredes y no por un extremo abierto, tienen los coeficientes de muestreo más elevados, del orden de 100 ml/min.


Nota: Para una estandarización en la determinación y presentación de resultados, esta Instrucción Técnica va a desarrollar el método de medición pasivo “tipo radial”, dado que este captador permite unas velocidades de difusión del gas extremadamente elevadas y constantes y unas superficies de difusión mayores, repercutiendo en una mayor sensibilidad para medir la concentración de los contaminantes. Además, los captadores “tipo tubo”, con carcasa protectora, normalmente no se ven afectados por las bajas velocidades del aire (velocidad del viento mínima de 0,25 m/s).

Componentes

Los componentes esenciales de un medidor pasivo “tipo radial” (p.ej. Radiello) son el cartucho adsorbente, el cuerpo difusor, la placa de soporte y la etiqueta adhesiva con la indicación del código de barras. Salvo el cartucho adsorbente, a menos que se indique lo contrario, todos los demás componentes se pueden utilizar para numerosos experimentos de muestreo.

1. Cartucho adsorbente
2. Cuerpo difusor
3. Placa de soporte
4. Etiqueta adhesiva




 Castilla-La Mancha	Emisiones a la atmósfera provenientes de emisiones difusas	IT-CLM-AT-I-08
	Determinación de las emisiones difusas mediante captadores pasivos Instrucción Técnica para la determinación de diferentes contaminantes mediante captadores pasivos	

Descripción de las principales partes de un captador pasivo tipo Radiello:

Este tipo de captador tiene una geometría radial, la cual permite unas velocidades de difusión del gas extremadamente elevadas y constantes. El diseño radial permite una superficie de difusión mayor, lo cual repercute en una mayor sensibilidad para medir la concentración de los contaminantes. Este captador está formado por los siguientes componentes:

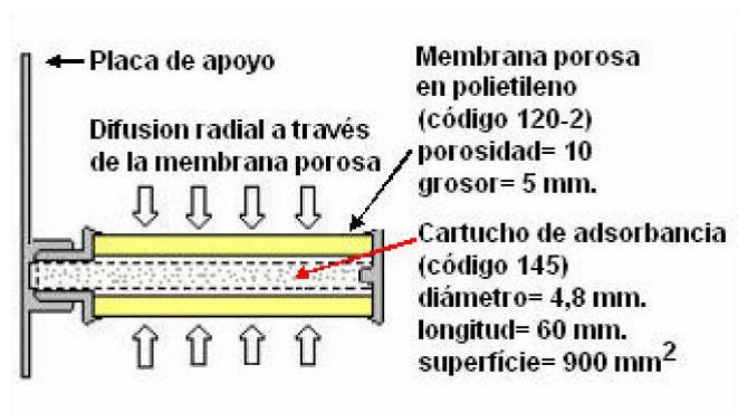
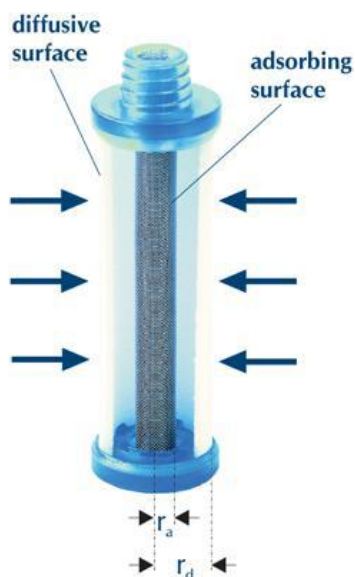
Radiello		
Elemento	Características	
Cartucho adsorbente	Tipo	<p>En función del compuesto contaminante que se quiera muestrear, existen distintos tipos de cartuchos de adsorción o de adsorción química.</p> <p>Sus dimensiones son las mismas para todos: 60 mm de longitud y 4,8 o 5,8 mm de diámetro. Se encuentran contenidos en tubos de vidrio o plástico, envueltos en una bolsa de polietileno transparente termosoldada.</p> <p>El código numérico, impreso en la bolsa junto con el número de lote y la fecha de caducidad, indica el tipo de cartucho.</p> <p>A excepción de los cartuchos de desorción térmica, todos los demás tipos, son de un solo uso.</p>
	Material	Debe estar construido en acero inoxidable o en un material resistente a la corrosión.
Cuerpo difusor	Tipo	Existen cuatro tipos de cuerpos difusores con dimensiones exteriores de: 60 mm de altura y 16 mm de diámetro.
	Material	<p>El cuerpo difusor blanco, código 120, de uso general, está fabricado en polietileno microporoso de 1,7 mm, de espesor y porosidad media de $25 \pm 5 \mu\text{m}$. La longitud del camino difusor es de 18 mm.</p> <p>El cuerpo difusor azul, código 120-1, tiene las mismas propiedades que el blanco, pero es opaco a la luz, es adecuado para el muestreo de compuestos sensibles a la luz.</p> <p>El cuerpo difusor amarillo, código 120-2, se debe utilizar siempre que se deba reducir la frecuencia de muestreo; está hecho de polietileno microporoso de 5 mm de espesor y porosidad promedio de $10 \pm 2 \mu\text{m}$. La longitud del camino difusor es de 150 mm.</p> <p>El cuerpo difusor permeable, código 120-3, es una membrana de silicona de $50 \mu\text{m}$ de espesor reforzada por una red de acero inoxidable. Se utiliza para el muestreo de gases y vapores anestésicos.</p>
Placa de soporte	Aspectos clave	<p>Actúa a la vez como cierre y soporte del cuerpo difusor, que se debe enroscar en su orificio. Dispone de clip y de bolsillo adhesivo transparente, para sujetar la etiqueta. Las tres piezas se deben ensamblar, antes de su uso.</p> <p>El adaptador sirve para cambiar la orientación del tubo difusor, permitiendo el muestreo en posición vertical y horizontal.</p>
	Material	Fabricado en policarbonato.
Etiqueta	Características	Permite una identificación inequívoca del tubo de muestreo en campo y en el laboratorio, para el análisis posterior.


 Castilla-La Mancha	Emisiones a la atmósfera provenientes de emisiones difusas	IT-CLM-AT-I-08
	Determinación de las emisiones difusas mediante captadores pasivos Instrucción Técnica para la determinación de diferentes contaminantes mediante captadores pasivos	



Material complementario		
Elemento	Características	
Estación meteorológica	Tipo	<p>Estación meteorológica: compuesta de anemómetro, veleta, termómetro, higrómetro y barómetro.</p> <p>Debido a la influencia de los agentes externos, se deberá instalar siempre y durante todo el periodo de muestreo una estación meteorológica, que registre datos en continuo de temperatura, presión, humedad, pluviometría, velocidad y dirección del viento, para evaluar y validar las condiciones ambientales.</p>
Carcasa protectora	Características	<p>Conveniente para muestreo en exteriores, está diseñada para proteger los filtros de las inclemencias atmosféricas como la lluvia, el viento, etc.</p>

Esquema del fundamento de la difusión radial.



 Castilla-La Mancha	Emisiones a la atmósfera provenientes de emisiones difusas	IT-CLM-AT-I-08
	Determinación de las emisiones difusas mediante captadores pasivos Instrucción Técnica para la determinación de diferentes contaminantes mediante captadores pasivos	

7. ELEMENTOS DE CAPTACIÓN

A modo de ejemplo, se exponen algunos de los captadores Radiello, que pueden ser utilizados en función de los contaminantes (Ver anexo I).

8. OPERATIVA

Colocación del punto de muestreo: Cada uno de los captadores, se situará en un lugar tal que cumpla los criterios establecidos en la Instrucción Técnica IT-CLM-AT-I-02. Debiendo estar basada en el criterio de la representatividad, buscando las zonas de máximo impacto de las emisiones de la instalación, en relación con la presencia de las áreas próximas más sensibles, entendiendo como tales zonas de viviendas, núcleos habitados, ecosistemas naturales de especial relevancia, etc.

Aspectos para considerar:


- Deberán ser colocados en lugares despejados para evitar interferencias, tales como: apantallamientos de árboles, muros verticales, edificios u otros elementos que puedan perturbar la toma de muestra.
- Es muy importante evitar los lugares en los que el aire pudiera estar en completo reposo.
 - En las tomas de muestras de aire ambiente, una velocidad frontal del aire mayor de 0,25 m/s es suficiente para evitar cualquier factor de desviación por este motivo.
- No se colocarán en las proximidades de cualquier fuente de emisión directa del contaminante a determinar, interna o ajena a la planta.
- Los captadores se colocarán protegidos de la lluvia y, según los casos, protegidos de la radiación solar.
- En caso de instalarse más de un dispositivo, en puntos diferentes, éstos se ubicarán lo más distantes que se pueda entre ellos, dentro de la propiedad de la instalación y en los límites de esta.
- En los casos de toma de muestras simultáneas de diferentes contaminantes en un mismo punto, para evitar una captación competitiva, es recomendable no acumular demasiados dispositivos en una vecindad inmediata. De producirse esta situación, los resultados proporcionados serían inferiores a los reales.

La captación de aire para la toma de muestras deberá reunir las siguientes condiciones:

- El soporte se pondrá a una altura mínima de 1,5 metros.
- En horizontal no existirá ningún obstáculo, en un radio inferior a 4 metros.
- La distancia entre el equipo de captación y el límite de la propiedad debe ser como máximo de 3 metros (en caso contrario se especificará este hecho en el informe).
- No acumular demasiados dispositivos de diferentes contaminantes en un mismo punto.
- Es importante no usar rotuladores indelebles en el marcado de ningún equipo, porque el disolvente es un componente adsorbible por los captadores pasivos.

Efectos de los factores ambientales: Entre ellos, podemos destacar la velocidad del aire, las variaciones bruscas de la concentración en el exterior de los contaminantes, la humedad, la temperatura y la presión. Los más importantes de todos ellos son la temperatura y la presión.

- Temperatura y presión: Son los más importantes porque afectan directamente al coeficiente de difusión D y pueden afectar también la capacidad de Adsorción del adsorbente.
 - Influencia de la temperatura: En cuanto a la influencia de la temperatura, debe tenerse en cuenta que los valores extremos, pueden producir ligeras variaciones en los resultados de los muestreos. En general, se considera posible una variación máxima en el valor experimental de la cantidad de analito captada de un 0,2% por cada $\pm 1^\circ\text{C}$ de diferencia de temperatura.

 Castilla-La Mancha	Emisiones a la atmósfera provenientes de emisiones difusas	IT-CLM-AT-I-08
	Determinación de las emisiones difusas mediante captadores pasivos Instrucción Técnica para la determinación de diferentes contaminantes mediante captadores pasivos	

- La humedad: Esta puede afectar a la capacidad de Adsorción de adsorbentes hidrofílicos, tal como el carbón vegetal.
 - La humedad normalmente reduce el tiempo de exposición a una concentración determinada, puesto que aparece una concentración de analito en la superficie adsorbente, que hace que el muestreo pase a ser no lineal.
 - La condensación en las paredes internas expuestas de los captadores “tipo tubo” o en las rejillas de corriente, producidas por elevadas humedades, puede alterar el comportamiento de Adsorción.
 - Algunos adsorbentes sólo son efectivos en condiciones húmedas, por lo que una sequedad excesiva, puede llegar a paralizar el proceso de Adsorción.
- Velocidad del viento: El movimiento del viento y la orientación de la muestra pueden afectar al funcionamiento de los captadores pasivos, debido a su influencia sobre la longitud de paso difusiva.
 - Los captadores “tipo tubo” normalmente no se ven afectados por las bajas velocidades del aire, a excepción de aquellos que no tengan una carcasa protectora, que sí pueden verse afectados.
 - Los captadores “tipo radial” necesitan una velocidad del viento mínima de 0,25 m/s.

En cualquier caso, es necesario conocer la temperatura y la presión medias, así como velocidad y dirección del viento, a lo largo del periodo de muestreo.

- Variaciones bruscas de la concentración exterior de los contaminantes:
 - El problema ha sido discutido de forma teórica y práctica, demostrándose que no hay problema, siempre y cuando, el tiempo de muestreo total sea como mínimo, diez veces superior a la constante de tiempo (r: en segundos) del captador pasivo.

$$r < \frac{L^2}{D}$$

Preparativos:

Deberá asegurarse de que el captador se encuentre dentro del periodo de caducidad establecido por el fabricante. Generalmente 2 años incluido el periodo previo a su uso.


Los distintos materiales que componen los captadores pasivos deben encontrarse perfectamente limpios.

La apertura y preparación de estos dispositivos se realizarán en una zona limpia y utilizando guantes de látex o similares y deberá realizarse inmediatamente antes de iniciar la toma de muestras.

Blanco

En cada campaña de medición, se tomará al menos, un blanco de captador pasivo por campaña y por contaminante medido, realizado en dos fases, la de instalación y la de recogida, y realizado en el punto considerado más desfavorable de los elegidos:

- Para ello, el blanco de captador pasivo, será sometido a las mismas operaciones de manipulación, incluida su apertura, que los captadores pasivos de muestra. El blanco de captador pasivo, una vez abierto, se cerrará de forma que no exista difusión de aire en su interior y se almacenará adecuadamente.
- Cuando se recojan las muestras, también se realizará otra manipulación del blanco, para ello se volverá a abrir y a cerrar, en el punto de muestreo. A continuación, se someterán a las mismas precauciones de almacenamiento y transporte, que los captadores pasivos de muestra.

 Castilla-La Mancha	Emisiones a la atmósfera provenientes de emisiones difusas	IT-CLM-AT-I-08
	Determinación de las emisiones difusas mediante captadores pasivos Instrucción Técnica para la determinación de diferentes contaminantes mediante captadores pasivos	

Influencia del tiempo: Debido a las características de los captadores pasivos, la toma de muestras sólo admite la elección de la duración del tiempo muestreo como variable.

El tiempo total de muestreo será el que se establezca en las normas aplicables. Por ello, se utilizarán captadores pasivos cuyas especificaciones permitan su utilización durante el tiempo de muestreo necesario, que vendrá determinado por el valor máximo de concentración estimada.

El valor máximo para este tiempo dependerá del caudal equivalente del contaminante a determinar, de su concentración ambiental estimada y de la capacidad de carga límite M_{max} del muestreador, debiéndose cumplir la relación:

$$t < \frac{M_{max}}{C \times Q}$$

Donde:

- **M max:** Capacidad de carga límite
- **C:** Concentración ambiental (mol/cm^3)
- **Q:** Caudal equivalente

El caudal equivalente Q (o la constante K) y también la capacidad de carga límite M_{max} , son datos específicos que debe suministrar el fabricante del dispositivo utilizado.

Cuando puedan estar presentes en el ambiente varios contaminantes, se deberá considerar especialmente el tiempo de muestreo, para evitar la saturación del captador por el conjunto de los contaminantes o la posible disminución de la capacidad límite para alguno de ellos por la influencia de otro.


Transcurrido el periodo de muestreo, se completará la identificación de los captadores pasivos, anotando los correspondientes tiempos de muestreo, las condiciones climáticas durante el muestreo, y otros aspectos que pudieran tener influencia en los resultados de la medida.

Muestreo: Una vez seleccionado el punto de colocación, se etiquetará el captador pasivo (no utilizar rotulador indeleble), de tal forma que permita registrar de forma trazable, al menos, los siguientes datos:

- El lugar de muestreo.
- El contaminante para captar.
- El día y la hora de colocación.
- Las condiciones climáticas durante la colocación.

A continuación, se procederá a:

- Colocar la caseta protectora en el punto de muestreo a una altura comprendida entre 1,5 m y 4 m.
- Abrir el tubo que contiene el cartucho adsorbente a montar.
- Colocar el tubo adsorbente, en el cuerpo difusor correspondiente.
 - La colocación se realizará sin tocar directamente con las manos el cartucho, utilizando el tubo y sosteniendo el cuerpo difusor en posición vertical con la otra mano.
 - El cartucho estará bien puesto si no sobresale del cuerpo difusor y se encuentra centrado.
- Atornillar el cuerpo difusor al soporte de montaje, sosteniéndolo en posición vertical, para evitar que el cartucho adsorbente se salga.
- Colocar la pegatina de identificación del cartucho en el soporte.
- Colgar el soporte en el sitio habilitado para ello de la caseta protectora.

	Emisiones a la atmósfera provenientes de emisiones difusas	IT-CLM-AT-I-08
	Determinación de las emisiones difusas mediante captadores pasivos Instrucción Técnica para la determinación de diferentes contaminantes mediante captadores pasivos	



Nota: En cada caseta protectora, cabe un máximo de cuatro soportes de muestreo. Si se requiere poner más en un punto determinado, se debe utilizar otra caseta protectora, que deberá alejarse unos metros para evitar una captación competitiva.

Repetir la misma metodología en cada punto de muestreo, para montar los captadores pasivos.

Recuperado de las muestras: En ausencia de fuentes de posible contaminación, utilizando guantes de látex o similar y bajo condiciones seguras, se volverán a cerrar los captadores con cuidado, y se almacenarán y transportarán al laboratorio, atendiendo a todas las especificaciones que indique el fabricante y las siguientes consideraciones:


- Los distintos componentes de los captadores deberán transportarse en condiciones que impidan su ensuciamiento.
- Deberán mantenerse refrigerados y protegidos de la luz y de la humedad en los casos en los que sea necesario.
- Deben mantenerse en todo momento, salvo el periodo de muestreo, perfectamente cerrados y al abrigo de la exposición con el exterior, en sus envoltorios de protección.

Nota: Los cuerpos difusores se pueden reutilizar para varios controles. Tras 30 días de controles, o si antes de ese tiempo se observa suciedad por polvo ambiente, se deben sumergir en una solución de agua y jabón durante 20 minutos, aclarar con abundantes cantidades de agua desionizada y dejar secar completamente al aire. Este lavado se puede llevar a cabo un máximo de 5 veces o hasta que se observe un deterioro en el estado del cuerpo difusor.


9. PARÁMETROS ESPECÍFICOS DEL MUESTREO

Aspectos y requisitos para tener en cuenta, previos y durante el muestreo:

Parámetros específicos del muestreo		
Requisito	Valor/Características	
Período de toma de muestra	Variable	Lo determina el contaminante y captador pasivo. Generalmente, muchos captadores tienen un tiempo de muestreo establecido entre 8 h y hasta 7 días.
Tiempo de muestreo	> 10 veces a la constante de tiempo del captador pasivo.	2 condicionantes: Tiempo de muestreo total, sea como mínimo diez veces superior a la constante de tiempo (r: en segundos) del captador pasivo. $r < \frac{L^2}{D}$

 Castilla-La Mancha	Emisiones a la atmósfera provenientes de emisiones difusas	IT-CLM-AT-I-08
	Determinación de las emisiones difusas mediante captadores pasivos Instrucción Técnica para la determinación de diferentes contaminantes mediante captadores pasivos	

Parámetros específicos del muestreo		
Requisito	Valor/Características	
		<p>El tiempo total de muestreo, será el que se establezca en las normas aplicables.</p> <p>Por ello, se utilizarán captadores pasivos cuyas especificaciones permitan su utilización durante el tiempo de muestreo necesario, que vendrá determinado por el valor máximo de concentración estimada.</p> $t < \frac{M_{\max}}{C \times Q}$
Número de captadores	3	3 dispositivos colocados lo más distantes que se pueda entre ellos, dentro de la propiedad de la instalación y en los límites de esta.
Blanco de campo	1 por contaminante en 2 fases	Un blanco de captador pasivo por contaminante medido realizado en dos fases, la de instalación y la de recogida.
Aspectos de colocación a considerar	Diferentes condicionantes	<p>La captación de aire para la toma de muestras deberá reunir las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El soporte se pondrá a una altura mínima de 1,5 metros. - No existirá ningún obstáculo en horizontal en un radio inferior 4 metros. - La distancia entre el equipo de captación y el límite de la propiedad debe ser como máximo de 3 metros (en caso contrario, se especificará este hecho en el informe). - No acumular demasiados dispositivos de diferentes contaminantes, en un mismo punto. - Es importante no usar rotuladores indelebles, en el marcado de ningún equipo, porque el disolvente es un componente adsorbible por los captadores pasivos.
Aspectos climatológicos a considerar	P, Tª, H, viento y lluvia	<p>Los factores ambientales pueden afectar a los captadores pasivos. Entre ellos, podemos destacar la velocidad del aire, las variaciones bruscas de la concentración en el exterior de los contaminantes, la humedad, la temperatura y la presión.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Temperatura y presión</u>: Son los importantes porque afectan directamente al coeficiente de difusión D y pueden afectar también a la capacidad de Adsorción del adsorbente. • <u>La humedad</u>: Esta puede afectar a la capacidad de Adsorción de adsorbentes hidrofílicos, también las condensaciones e las paredes internas expuestas de los captadores. • <u>Viento</u>: Evitar los lugares en los que el aire pudiera estar en completo reposo. Los captadores "tipo radial", necesitan una velocidad del viento mínima de 0,25 m/s. • <u>Protección de la lluvia</u>: Deberá estar protegido de la lluvia. <p>En cualquier caso, es necesario conocer la temperatura y la presión medias, así como velocidad y dirección del viento, a lo largo del periodo de muestreo.</p> <p>Influencia de la temperatura: corrección del factor Q, por temperatura media obtenida.</p>
Parámetros auxiliares	Control sobre las condiciones ambientales	Será necesario instalar una estación meteorológica en el perímetro de los muestreos, para evaluar y validar las condiciones ambientales, registrando datos en continuo de temperatura, presión, humedad, pluviometría, velocidad y dirección del viento.
Conservación de las muestras	Control de Tª y luz	<p>Lo determina el contaminante y captador pasivo a utilizar.</p> <p>Prestar especial atención a: formaldehído, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, ácido fluorhídrico, entre otros (Conservación < a 4 °C en ausencia de luz, p. ej.)</p>

 Castilla-La Mancha	Emisiones a la atmósfera provenientes de emisiones difusas	IT-CLM-AT-I-08
	Determinación de las emisiones difusas mediante captadores pasivos Instrucción Técnica para la determinación de diferentes contaminantes mediante captadores pasivos	

10. VALIDACIÓN DEL MUESTREO

Aspectos y requisitos para tener en cuenta, después del muestreo, y que deben ser comprobados para dar validez al mismo y sus resultados.

Se desestimará cualquier muestra que tenga signos evidentes de manipulación, interferencia o alteración de esta.

Control de calidad de los muestreos		
Requisito	Valor / Características	
Periodo de toma de muestra	≥15 días	≥15 días y/o no inferior, al periodo establecido en la normativa de referencia
Aspectos climatológicos para considerar	Control sobre las condiciones ambientales	Comprobar y validar que las condiciones ambientales, no han interferido en el muestreo, tales como: <ul style="list-style-type: none"> Si por efecto del viento, algún elemento de muestreo (soporte, difusor y cartucho adsorbente) se hubiera volado. Si los valores de la presión, la humedad y la velocidad de viento, están fuera de los intervalos para los que la tasa de muestreo es conocida.
Parámetros auxiliares	Control sobre las condiciones ambientales	Disponer al final del muestreo de datos en continuo de temperatura, presión, humedad, pluviometría, velocidad y dirección del viento, para evaluar y validar las condiciones ambientales.
Blanco de campo	< al 10% del VL	Valor del blanco inferior al 10 % del valor límite.
Variaciones bruscas de la concentración exterior de los contaminantes	Diez veces superior a la constante de tiempo del captador pasivo.	El problema ha sido discutido de forma teórica y práctica, demostrándose que no hay problema, siempre y cuando, el tiempo de muestreo total sea como mínimo, diez veces superior a la constante de tiempo del captador pasivo.
Conservación de las muestras	Control de Tª y luz	Se debe evitar conservar las muestras por encima de la temperatura permitida por el fabricante, para cada parámetro. <ul style="list-style-type: none"> Las condiciones de almacenamiento adecuadas son, oscuridad y temperaturas inferior a 4°C (formaldehído, NO₂, HF y SO₂) y 20 °C para el resto de los parámetros. Se deberá dejar registro de esta temperatura. Los captadores pasivos deben mantenerse en todo momento, salvo en el periodo de muestreo, perfectamente cerrados y al abrigo en sus envoltorios de protección Se debe evitar conservar las muestras con exposición de luz solar, atendiendo a las especificaciones dadas por el fabricante para cada parámetro Las muestras se deberán analizar en un periodo no superior a un mes desde la recogida.


11. CÁLCULOS

Concentración del contaminante muestreado

La concentración del contaminante muestreado (C_E), se obtiene con la fórmula siguiente:

$$C_E = f \times \frac{M}{Q \times t}$$

Donde:

 Castilla-La Mancha	Emisiones a la atmósfera provenientes de emisiones difusas	IT-CLM-AT-I-08
	Determinación de las emisiones difusas mediante captadores pasivos Instrucción Técnica para la determinación de diferentes contaminantes mediante captadores pasivos	

- **C_E**: concentración másica o volumétrica (depende del compuesto) del componente E.
- **f**: factor de conversión.
- **M**: masa del componente muestreado captada en el cartucho adsorbente
- **t**: tiempo de exposición del cartucho (en min).

El valor de **Q** depende de la temperatura media durante el muestreo, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Q = Q_{298} \cdot \left(\frac{K}{298} \right)^e$$

Donde:

- **Q₂₉₈**: coeficiente de captación para una temperatura de 298 K.
- **K**: temperatura media durante el muestreo (en K).
- **e**: exponente de la regresión


Los resultados de concentración se expresarán, a menos que el documento normativo de referencia diga lo contrario, en las condiciones de referencia de temperatura de 20 °C y presión de 101,3 KPa.

12. RESPONSABILIDADES

Es responsabilidad del Organismo de Control en Atmósfera:

- Adecuarse a esta Instrucción Técnica, en la disponibilidad de equipos que cumplan las especificaciones y tolerancias que se detallan en la misma y aquellas definidas en las normas de referencia.
- Adecuarse a criterios de obligado cumplimiento recogidos en la presente Instrucción Técnica y no contemplados de manera explícita, en las normas de referencia.
- Todo el instrumental de medida descrito en la presente Instrucción Técnica deberá estar en disposición del Organismo de Control en Atmósfera.
- Dotar de material suficiente y en estado óptimo de medida al personal técnico para el objeto de la actuación a desarrollar.
- Deberán mantener y asegurar la trazabilidad de los registros primarios con los resultados de las medidas declaradas.

Nota: Dispondrá de un periodo transitorio de 1 año para adecuar su alcance de acreditación a dicha IT. No obstante, la aplicación de esta IT será de obligado cumplimiento a los 6 meses del momento de su publicación.

 Castilla-La Mancha	Emisiones a la atmósfera provenientes de emisiones difusas	IT-CLM-AT-I-08
	Determinación de las emisiones difusas mediante captadores pasivos Instrucción Técnica para la determinación de diferentes contaminantes mediante captadores pasivos	


13. REFERENCIAS

- Normas de referencia como UNE-EN 15259.
- NTP 151: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Toma de muestras con captadores pasivos.
- Manual Radiello.
- Instrucciones Técnicas de la Consejería de Medio Ambiente, ordenación del territorio y sostenibilidad de la Comunidad de Madrid.
- Medida de contaminantes atmosféricos. Métodos pasivos frente a métodos automáticos. Dpto. de Química Inorgánica y Orgánica, Universidad Jaume I, Castellón.
- Documentación técnica de la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC).

14. ANEXO I

Tipo de Radiello, en función del contaminante a captar:

Parámetro	Código	Color	Cartucho
Acetato de etilo	RAD120	Blanco	RAD130
Acetato de Iso-Butilo	RAD120	Blanco	RAD130
Acetato de isopropilo	RAD120	Blanco	RAD130
Acetato de metilo	RAD120	Blanco	RAD130
Acetato de n-butilo	RAD120	Blanco	RAD130
Acetato de n-propilo	RAD120	Blanco	RAD130
Acetona	RAD120	Blanco	RAD130
Ácido Clorhídrico	RAD120	Blanco	RAD169
Ácido Fluorhídrico	RAD120	Blanco	RAD166
Alcohol isobutílico	RAD120	Blanco	RAD130
Amoníaco	RAD1201	Azul	RAD168
Benceno	RAD120	Blanco	RAD130
Ciclohexano	RAD120	Blanco	RAD130
Ciclohexanona	RAD120	Blanco	RAD130
Clorobenceno	RAD120	Blanco	RAD130
Diacetona alcohol	RAD120	Blanco	RAD130
Dióxido de azufre	RAD1201	Azul	RAD166
Dióxido de nitrógeno	RAD1201	Azul	RAD166
Estireno	RAD120	Blanco	RAD130
Etanol	RAD120	Blanco	RAD130
Etilbenceno	RAD120	Blanco	RAD130
Formaldehído	RAD1201	Azul	RAD165
Hexano (Otros isómeros)	RAD120	Blanco	RAD130
Isocitanos	RAD120	Blanco	RAD130
Isopropanol	RAD120	Blanco	RAD130
Isopropilbenceno	RAD120	Blanco	RAD130
Metil-isobutilcetona	RAD120	Blanco	RAD130
Naftaleno	RAD120	Blanco	RAD130
n-Butanol	RAD120	Blanco	RAD130
n-Decano	RAD120	Blanco	RAD130
n-Dodecano	RAD120	Blanco	RAD130
n-Eicosano	RAD120	Blanco	RAD130
n-Heptadecano	RAD120	Blanco	RAD130
n-Heptano	RAD120	Blanco	RAD130
n-Hexadecano	RAD120	Blanco	RAD130
n-Hexano	RAD120	Blanco	RAD130
n-Nonadecano	RAD120	Blanco	RAD130

 Castilla-La Mancha	Emisiones a la atmósfera provenientes de emisiones difusas	IT-CLM-AT-I-08
	Determinación de las emisiones difusas mediante captadores pasivos Instrucción Técnica para la determinación de diferentes contaminantes mediante captadores pasivos	

n-Octadecano	RAD120	Blanco	RAD130
n-Octano	RAD120	Blanco	RAD130
Nonano (Todos los isómeros)	RAD120	Blanco	RAD130
n-Pentadecano	RAD120	Blanco	RAD130
n-Pentano	RAD120	Blanco	RAD130
n-Tetradecano	RAD120	Blanco	RAD130
n-Tridecano	RAD120	Blanco	RAD130
n-Undecano	RAD120	Blanco	RAD130
Óxido Nitroso	RAD1203	Gris	RAD132
Ozono	RAD1201	Azul	RAD172
Sulfuro de hidrógeno	RAD120	Blanco	RAD170
Tetracloroetileno	RAD120	Blanco	RAD130
Tolueno	RAD120	Blanco	RAD130
Tricloroetileno	RAD120	Blanco	RAD130
Xileno (Orto, Meta y Para)	RAD120	Blanco	RAD130
&Metilestireno	RAD120	Blanco	RAD130
1,2,3-Trimetilbenceno	RAD120	Blanco	RAD130
1,2,4-Trimetilbenceno	RAD120	Blanco	RAD130
1,3,5-Trimetilbenceno	RAD120	Blanco	RAD130

Método de captación en función del Radiello a utilizar:

Tipos de Radiellos	
Cartucho	Método
RAD130	Desorción de CS ₂ , carbón activado
RAD132	w/mix of molecular sieve & activated charcoal
RAD165	w/2,4-DNPH coated Florisil®
RAD166	microporous PE coated w/ wet TEA
RAD168	microporous PE impregnated w/phosphoric acid
RAD169	w/silica gel
RAD170	microporous PE tube with silica gel coated with 4,4' dipyridylethylene
RAD172	microporous PE tube with silica gel coated with 4,4' dipyridylethylene

Enlaces de interés

<https://radiello.com/methods/>