



# DIRECTRICES PRÁCTICAS DE CARÁCTER NO OBLIGATORIO SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LOS AGENTES QUÍMICOS EN EL TRABAJO

(Artículos 3, 4, 5 y 6, y punto I del anexo II de la Directiva 98/24/CE)

**Comisión Europea**

Dirección General de Empleo, Asuntos Sociales e Igualdad de Oportunidades

Unidad F.4

Texto original terminado en junio de 2005





Documento elaborado a partir del COM/2004/819 final.

Si desean recibir el boletín electrónico de información “ESmail” de la Dirección General de Empleo, Asuntos Sociales e Igualdad de Oportunidades de la Comisión Europea, envíen un mensaje a [empl-esmail@ec.europa.eu](mailto:empl-esmail@ec.europa.eu). Dicho boletín se publica regularmente en alemán, inglés y francés.

***Europe Direct es un servicio destinado a ayudarle a encontrar respuestas a las preguntas que pueda plantearse sobre la Unión Europea***

**Número de teléfono gratuito (\*):  
00 800 6 7 8 9 10 11**

(\*) Algunos operadores de telefonía móvil no autorizan el acceso a los números 00 800 o cobran por ello.

Puede obtenerse información sobre la Unión Europea a través del servidor Europa en la siguiente dirección de Internet: <http://europa.eu>

Al final de la obra figura una ficha bibliográfica.

Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2006

ISBN 92-894-9647-9

© Comunidades Europeas, 2006

Reproducción autorizada, con indicación de la fuente bibliográfica

*Printed in Italy*

IMPRESO EN PAPEL BLANQUEADO SIN CLORO



# Índice

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	5
1. OBJETIVO Y ALCANCE DE LAS DIRECTRICES PRÁCTICAS.....	5
2. DEFINICIONES.....	5
3. MECANISMOS DE GENERACIÓN DE LOS DAÑOS PRODUCIDOS POR LOS AGENTES QUÍMICOS.....	7
4. ESTRUCTURA DE LA GUÍA Y REFERENCIA A LA DIRECTIVA 98/24/CE.....	8
5. LEGISLACIÓN COMPLEMENTARIA A LA DIRECTIVA 98/24/CE.....	8
<b>PARTE I</b> .....	11
<b>IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y CONTROL DE LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA PRESENCIA DE AGENTES QUÍMICOS PELIGROSOS EN EL LUGAR DE TRABAJO</b> .....	13
1. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL RIESGO DERIVADO DE LA PRESENCIA DE AGENTES QUÍMICOS EN EL LUGAR DE TRABAJO.....	13
<b>1.1. Fuentes de información sobre peligrosidad de agentes químicos</b> .....	13
1.1.1. Etiqueta.....	13
1.1.2. Fichas de datos de seguridad.....	14
1.1.3. Valores límite de exposición profesional y valores límite biológicos.....	16
1.1.4. Recomendaciones de la Comisión Europea relativas a los resultados de la evaluación del riesgo y a la estrategia de limitación del riesgo para sustancias.....	18
1.1.5. Otras fuentes.....	19
<b>1.2. Procedimientos de evaluación de riesgos</b> .....	19
2. PRINCIPIOS GENERALES PARA LA PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON AGENTES QUÍMICOS PELIGROSOS.....	23
3. MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA LA PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN PARA EL CONTROL DEL RIESGO QUÍMICO.....	26
<b>3.1. Medidas específicas de prevención y protección, y su priorización</b> .....	26
<b>3.2. Medidas preventivas en el ciclo de vida del producto</b> .....	62
<b>PARTE II</b> .....	67
<b>LA VIGILANCIA DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS AL PLOMO YA SUS DERIVADOS IÓNICOS</b> .....	67
1. VIGILANCIA DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A AGENTES QUÍMICOS PELIGROSOS.....	67
2. NATURALEZA DE LOS EFECTOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL PLOMO Y A SUS DERIVADOS IÓNICOS.....	68
3. CONTENIDO DE LA VIGILANCIA DE LA SALUD.....	68
4. CONTROL BIOLÓGICO DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS AL PLOMO Y A SUS DERIVADOS IÓNICOS.....	70
<b>4.1. Características generales</b> .....	70
<b>4.2. Determinación del plomo en sangre</b> .....	70
<b>4.3. El control biológico como herramienta de la Medicina del Trabajo</b> .....	72

<b>PARTE III</b> .....	77
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	79
1. REGLAMENTOS, DIRECTIVAS Y GUÍAS EUROPEAS CITADOS .....	79
2. NORMAS EUROPEAS .....	81
3. COLECCIONES DE MÉTODOS ANALÍTICOS .....	82
4. BIBLIOGRAFÍA GENERAL .....	82
<b>ANEXOS</b> .....	85
<b>ANEXO 1.</b> Frases R, frases S, y sus combinaciones .....	87
<b>ANEXO 2.</b> Metodologías simplificadas para la evaluación de los riesgos .....	95
<b>ANEXO 3.</b> Ejemplos de aplicación de los principios preventivos y de las medidas específicas en dos procesos industriales .....	111
<b>ANEXO 4.</b> Evaluación cuantitativa de la exposición a agentes químicos .....	115
<b>ANEXO 5.</b> Métodos de medición para los agentes químicos de la lista de valores límite indicativos de la Directiva 2000/39/CE .....	123
<b>ANEXO 6.</b> Fichas de métodos de análisis de plomo y sus compuestos iónicos en aire y en sangre .....	277

# INTRODUCCIÓN

## I. OBJETIVO Y ALCANCE DE LAS DIRECTRICES PRÁCTICAS

La Directiva 98/24/CE, *relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo*, tiene como base jurídica el artículo 137 del Tratado CE y, por lo tanto, establece condiciones mínimas de seguridad y salud que habrán de aplicar los Estados miembros, sin perjuicio de que puedan disponer de legislación más estricta al respecto.

El presente documento cumple con el mandato del artículo 12, apartado 2, de la Directiva 98/24/CE referente a la elaboración de directrices prácticas por parte de la Comisión Europea sobre los artículos 3, 4, 5 y 6, y el punto 1.3 del anexo II de la misma Directiva. Así pues, debe destacarse que no cubre la totalidad del texto de la Directiva sino únicamente los aspectos contenidos en dichos artículos, que son:

- métodos de medición y evaluación de las concentraciones de aire en el lugar de trabajo en relación con los valores límite de exposición profesional de la Directiva 2000/39/CE;
- evaluación de los riesgos;
- principios generales de prevención;
- medidas específicas de prevención y protección;
- vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos al plomo y a sus derivados iónicos.

El objetivo de estas directrices prácticas es ofrecer apoyo a los Estados miembros para desarrollar sus políticas nacionales y facilitar el cumplimiento de su normativa de protección de la seguridad y salud de los trabajadores. Pese a tener carácter orientativo y no obligatorio, los Estados miembros tomarán en cuenta estas directrices en la mayor medida posible, de acuerdo con el artículo 12, apartado 2, de la propia Directiva.

El presente documento establece unas líneas generales de la actuación preventiva frente a agentes químicos y proporciona algunas herramientas prácticas para cumplir con aspectos concretos, como la evaluación de

riesgos. Estas herramientas deben interpretarse como una ayuda a los Estados miembros para lograr un correcto cumplimiento de su normativa nacional, en particular en las pequeñas y medianas empresas, pero en ningún caso como las únicas existentes para tal fin.

Por último, debe señalarse que existen algunos problemas de índole práctica en la identificación de la peligrosidad de los agentes químicos o en la evaluación de los riesgos que de ellos se derivan. Se trata de los siguientes casos:

- sustancias no clasificadas como peligrosas (debido a su no peligrosidad o a que no existe suficiente información, en particular sobre efectos a largo plazo, lo que las lleva a estar consideradas como no peligrosas mientras no se disponga de más datos);
- sustancias con información insuficiente para su correcta clasificación según la Directiva 67/548/CEE, lo que podría conducir a infravalorar o sobrevalorar su peligrosidad, con la consiguiente pérdida de eficacia del sistema de clasificación;
- preparados clasificados de acuerdo con la Directiva 1999/45/CE, para los cuales la valoración de sus propiedades peligrosas puede ser menos estricta que la valoración de las propiedades de cada una de las sustancias que lo componen.

La problemática que se deriva de estos casos no se trata exhaustivamente en este documento, por lo que se recomienda que los Estados miembros desarrollen directrices más detalladas al respecto.

## 2. DEFINICIONES

Para la correcta interpretación de estas directrices prácticas se ofrecen los comentarios oportunos a las definiciones contenidas en el artículo 2 de la Directiva 98/24/CE.

**Agente químico** es todo elemento o compuesto químico, por sí solo o mezclado, tal como se presenta en estado natural o es producido, utilizado o vertido, incluido el vertido como residuo, en una actividad laboral, se haya elaborado o no de modo intencional y se haya comercializado o no.

Es frecuente creer que el uso de agentes químicos, y por tanto los riesgos asociados a ellos, se limita a las industrias químicas y afines, tales como la farmacéutica o la del petróleo, que son las que fundamentalmente fabrican los agentes químicos. Esta creencia es totalmente errónea, pues hoy en día la utilización de agentes químicos es prácticamente universal no solo en el trabajo, sino también (fuera del campo de aplicación de la Directiva 98/24/CE) en actividades domésticas, educativas y recreativas, en forma de productos de limpieza, adhesivos, productos cosméticos, etc. Por ello los riesgos derivados del uso de agentes químicos pueden encontrarse en un gran número de puestos de trabajo, tanto en la industria como en la agricultura o los servicios.

Entre las actividades que, sin ser propiamente «químicas», han registrado en los últimos años un mayor aumento de la utilización de agentes químicos destacaremos las siguientes:

- la construcción y sus actividades complementarias (carpintería, pintura, instalaciones de agua, de gas y de electricidad, etc.);
- la limpieza profesional, especialmente en entornos industriales y de ciertos servicios en los que la calidad de la limpieza es crítica, como los hospitales;
- los hospitales, donde se utiliza una gran variedad de agentes químicos, como anestésicos, esterilizantes, citostáticos, etc.;
- la industria del tratamiento de residuos, donde muy a menudo los propios residuos son o pueden contener agentes químicos y, además, estos se emplean incorporándolos voluntariamente al proceso para conseguir los resultados deseados;
- la agricultura, especialmente la intensiva, donde la combinación del uso de recintos de cultivo cerrados o semicerrados (invernaderos) y el empleo masivo de agentes químicos de diversos tipos, especialmente pesticidas, es muy frecuente.

Señalaremos finalmente un conjunto *no exhaustivo* de actividades «no químicas» en las que la utilización de agentes químicos es muy frecuente:

- industria metal-mecánica,
- talleres mecánicos,
- imprentas,

- tiendas de droguería,
- laboratorios,
- restauración de obras de arte,
- peluquerías.

#### Agente químico peligroso es:

i) cualquier agente químico que cumpla los criterios para su clasificación como sustancia peligrosa con arreglo a los criterios establecidos en el anexo VI de la Directiva 67/548/CEE, independientemente de que la sustancia esté clasificada o no en dicha Directiva, distinto de las sustancias que únicamente cumplen los requisitos para su clasificación como peligrosas para el medio ambiente;

ii) cualquier agente químico que cumpla los criterios para su clasificación como preparado peligroso en el sentido de la Directiva 88/379/CEE (\*), independientemente de que el preparado esté clasificado o no en dicha Directiva, distinto de los preparados que únicamente cumplen los criterios para su clasificación como peligrosos para el medio ambiente;

iii) cualquier agente químico que, aunque no cumpla los criterios para su clasificación como peligroso con arreglo a los incisos i) y ii), pueda representar un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores, debido a sus propiedades fisicoquímicas, químicas o toxicológicas y a la forma en que se utiliza o se halla presente en el lugar de trabajo, incluido cualquier agente químico al que se le haya asignado un valor límite de exposición profesional con arreglo al artículo 3.

(\* Sustituida por la Directiva 1999/45/CE.

Es importante destacar que no solamente las propiedades toxicológicas o fisicoquímicas de los agentes químicos llevan a su consideración como peligrosos a efectos de esta Directiva. En este sentido, la temperatura o la presión a la que se encuentra el agente, su capacidad para desplazar el oxígeno o la forma física en que se usa o manipula constituyen características de peligrosidad en virtud del inciso iii).

Así, el vapor de agua, puede significar un riesgo si se encuentra, por ejemplo, a 150 °C, al igual que un sólido inerte en forma de polvo respirable. (Algunos Estados miembros disponen de valores límite de exposición profesional para este caso, como *partículas no clasificadas de otra forma*).

**Peligro** es la capacidad intrínseca de un agente químico para causar daño.

Según esta definición y las anteriores, tanto las propiedades intrínsecas del agente químico (físicoquímicas y toxicológicas) como la forma en que se utiliza o se halla presente en el lugar de trabajo constituyen la peligrosidad del agente químico cuando son capaces de causar daños.

**Riesgo** es la probabilidad de que la capacidad de daño se materialice en las condiciones de utilización o exposición.

Para valorar el riesgo intervienen, pues, dos variables: el daño y la probabilidad de que este se materialice, y por lo tanto, debe conocerse tanto la peligrosidad intrínseca del agente como las condiciones de uso y manipulación, incluyendo las medidas de prevención y protección existentes.

Así, podemos decir que, ante la presencia de ácido sulfúrico en una empresa, existirá siempre un peligro. Sin embargo, podemos hablar de un nivel de riesgo casi inexistente si el ácido sulfúrico se encuentra envasado en recipientes de seguridad estancos, si el proceso es cerrado, etc.

En el presente documento existen otros conceptos cuya definición no aparece en la Directiva 98/24/CE. A continuación, se definen según el sentido en que se utilizan en estas directrices prácticas:

*Exposición a agentes químicos:* Cualquier situación de trabajo en la que se da la presencia de un agente químico y se produce el contacto de este con el trabajador, normalmente por vía dérmica o inhalatoria.

*Accidente con agentes químicos:* Suceso anormal durante el trabajo que se presenta de forma repentina e inesperada y que provoca una exposición brusca de trabajadores a agentes químicos o a energía liberada por estos.

### 3. MECANISMOS DE GENERACIÓN DE LOS DAÑOS PRODUCIDOS POR LOS AGENTES QUÍMICOS

Los agentes químicos pueden causar daños en el organismo humano bien *directamente* o bien *generando alguna forma de energía* que pueda afectar negativamente la salud humana.

En el *primer caso*, para que un agente químico pueda dañar directamente el organismo humano es condición necesaria (pero no suficiente) que las moléculas del mismo entren en contacto con algún punto del cuerpo.

El daño puede manifestarse de manera rápida o incluso inmediata tras el contacto (*efecto agudo*), o bien manifestarse a largo plazo, normalmente por exposición repetida a lo largo del tiempo (*efecto crónico*).

Por otra parte, el daño puede manifestarse en el punto de contacto entre el agente químico y el organismo (piel, tracto respiratorio, tracto gastrointestinal), en cuyo caso se habla de *efecto local*, o bien manifestarse, tras un proceso de absorción y distribución en el organismo, en puntos de este independientes del lugar donde se produjo el contacto (*efectos sistémicos*). Ejemplos de efectos locales serían la irritación respiratoria producida por inhalación de amoníaco o la quemadura de la piel producida por contacto con ácido sulfúrico; como ejemplos de efectos sistémicos pueden citarse los daños hepáticos producidos por la inhalación de ciertos disolventes o los daños neurológicos producidos por la inhalación de vapores de mercurio.

En el *segundo* de los casos mencionados, el daño lo produce la energía generada por el incendio o la explosión de agentes químicos capaces de dar lugar a este tipo de fenómenos.

Los *incendios* en los lugares de trabajo pueden originar daños graves a los trabajadores, especialmente si no se han adoptado medidas de emergencia apropiadas y, casi invariablemente, generan daños importantes al patrimonio de la empresa.

Las *explosiones* se originan cuando se produce una reacción brusca de oxidación o de descomposición, que produce un incremento de temperatura, de presión o de ambas simultáneamente. Debido a su carácter prácticamente instantáneo, las explosiones acostumbran a tener efectos muy graves tanto sobre las personas como sobre los bienes materiales.

Debido al potencial destructivo de las explosiones, la Unión Europea ha publicado la Directiva 94/9/CE sobre aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas, y la Directiva 1999/92/CE (Directiva ATEX) sobre trabajos en atmósferas explosivas, cuya *Guía de Buenas Prácticas* ha sido publicada por la Comisión Europea.

#### 4. ESTRUCTURA DE LA GUÍA Y REFERENCIA A LA DIRECTIVA 98/24/CE

En la tabla 1 se muestra la correspondencia entre el contenido de la guía y el articulado de la Directiva 98/24/CE.

#### 5. LEGISLACIÓN COMPLEMENTARIA A LA DIRECTIVA 98/24/CE

A continuación se cita un listado no exhaustivo de disposiciones complementarias a la Directiva 98/24/CE

de aplicación en el ámbito de la Unión Europea. Pueden agruparse en los siguientes bloques:

**a) En materia de identificación de agentes químicos peligrosos**

- Directiva 67/548/CEE del Consejo y posteriores modificaciones y adaptaciones al progreso técnico, relativas a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de sustancias peligrosas.
- Directiva 1999/45/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y posteriores adaptaciones al pro-

**Tabla 1.** Contenido de la presente guía y su correspondencia con la Directiva 98/24/CE

PARTE	CAPÍTULO	TÍTULO	Referencia en la Directiva 98/24/CE
I		Identificación, evaluación y control de los riesgos	
	1.	Identificación y evaluación de los riesgos derivados de la presencia de agentes químicos peligrosos	Artículo 4
	2.	Principios de prevención para la eliminación o reducción al mínimo de los riesgos	Artículo 5, apartado 2
	3.	Medidas específicas de protección y prevención para el control de los riesgos	Artículo 6, apartado 2
II		Control biológico y vigilancia de la salud para los trabajadores expuestos al plomo y sus derivados iónicos	Anexo II, punto 1.3
III		Bibliografía	
ANEXOS			
	Anexo 1	Frases R, frases S, y sus combinaciones	
	Anexo 2	Metodologías simplificadas para la evaluación de los riesgos	
	Anexo 3	Ejemplos de aplicación de los principios preventivos y las medidas específicas en dos procesos industriales	
	Anexo 4	Evaluación cuantitativa de la exposición a agentes químicos	
	Anexo 5	Métodos normalizados para la medición de las concentraciones de agentes químicos peligrosos en el aire del lugar de trabajo en relación con los valores límite de exposición profesional	Artículo 3, apartado 10
	Anexo 6	Fichas de métodos de análisis de plomo y sus compuestos iónicos en aire y en sangre	



greso técnico, relativas a la clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.

- Directiva 91/155/CEE de la Comisión y posteriores modificaciones, por la que se definen y fijan las modalidades del sistema de información específica respecto a las sustancias y preparados peligrosos (fichas de datos de seguridad).

#### **b) En materia de seguridad química**

- Directiva 96/82/CE del Consejo, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. Posteriores decisiones de la Comisión concernientes a su aplicación.
- Directiva 94/9/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.
- Directiva 1999/92/CE, relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas.

#### **c) En materia de trabajos con determinados agentes químicos peligrosos**

- Directiva 2003/18/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, por la que se modifica la Directiva 83/477/CEE del Consejo sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al amianto durante el trabajo.
- Directiva 90/394/CEE del Consejo y posteriores modificaciones (Directiva 97/42/CE y Directiva 1999/38/CE), sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

#### **d) En materia de transporte de mercancías peligrosas**

- Instrucciones técnicas para el transporte sin riesgo de mercancías peligrosas por vía aérea (OACI) <sup>(1)</sup>.
- Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG) <sup>(2)</sup>.
- Transporte de mercancías peligrosas por vía fluvial (ADN) <sup>(3)</sup>.
- Propuesta de Directiva del Consejo relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de transporte en buque de mercancías peligrosas por vía navegable (97/C 267/16), y posteriores modificaciones <sup>(4)</sup>.
- Acuerdo europeo referente al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR) <sup>(5)</sup>.
- Reglamento relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por ferrocarril (RID).

Naturalmente, las características particulares de los trabajadores especialmente sensibles también deben contemplarse al aplicar la Directiva 98/24/CE, y en particular la Directiva 94/33/CE, relativa a la protección de los jóvenes en el trabajo, y la Directiva 92/85/CEE, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia.

En la parte III de este documento («Referencias bibliográficas») pueden encontrarse otras Directivas y Reglamentos complementarios a la Directiva 98/24/CE.

<sup>(1)</sup> Organización de la Aviación Civil Internacional.

<sup>(2)</sup> Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas.

<sup>(3)</sup> Recomendación sobre el Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Vía Navegable.

<sup>(4)</sup> Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera.

<sup>(5)</sup> Reglamento Relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril.





# PARTE I





# IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y CONTROL DE LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA PRESENCIA DE AGENTES QUÍMICOS PELIGROSOS EN EL LUGAR DE TRABAJO

## I. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL RIESGO DERIVADO DE LA PRESENCIA DE AGENTES QUÍMICOS EN EL LUGAR DE TRABAJO

### I.1 FUENTES DE INFORMACIÓN SOBRE PELIGROSIDAD DE AGENTES QUÍMICOS

Los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo pueden originar riesgos para la salud o la seguridad de los trabajadores a causa de:

- sus propiedades peligrosas (físicoquímicas o toxicológicas; por ejemplo, producto explosivo o sensibilizante);
- la temperatura o presión a la que se encuentran en el lugar de trabajo (por ejemplo, vapor de agua a 150 °C);
- su capacidad para desplazar el oxígeno atmosférico del lugar de trabajo (por ejemplo, gas inerte a presión);
- la forma en que se hallan presentes en el lugar de trabajo (por ejemplo, sólido inerte en forma de polvo respirable).

Para determinar la posibilidad de que en el lugar de trabajo se puedan originar riesgos derivados de la presencia de agentes químicos, es preciso, conocer las

propiedades peligrosas de los agentes así como la forma en que se utilizan o se hallan presentes.

La información sobre las propiedades peligrosas de los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo —primer paso para la evaluación de dichos riesgos— puede obtenerse de las fuentes que se indican a continuación:

#### I.1.1. Etiqueta

De acuerdo con la legislación derivada de las Directivas europeas sobre clasificación, envasado, etiquetado y sistema de información específica respecto a sustancias y preparados (que denominaremos «productos químicos»), todos los recipientes de productos químicos peligrosos comercializados deben estar etiquetados de acuerdo con un modelo definido. Solo si el producto es suministrado a granel no dispondremos de dicha etiqueta (no obstante, si el producto ha sido transportado, dispondrá de un etiquetado específico para su transporte).

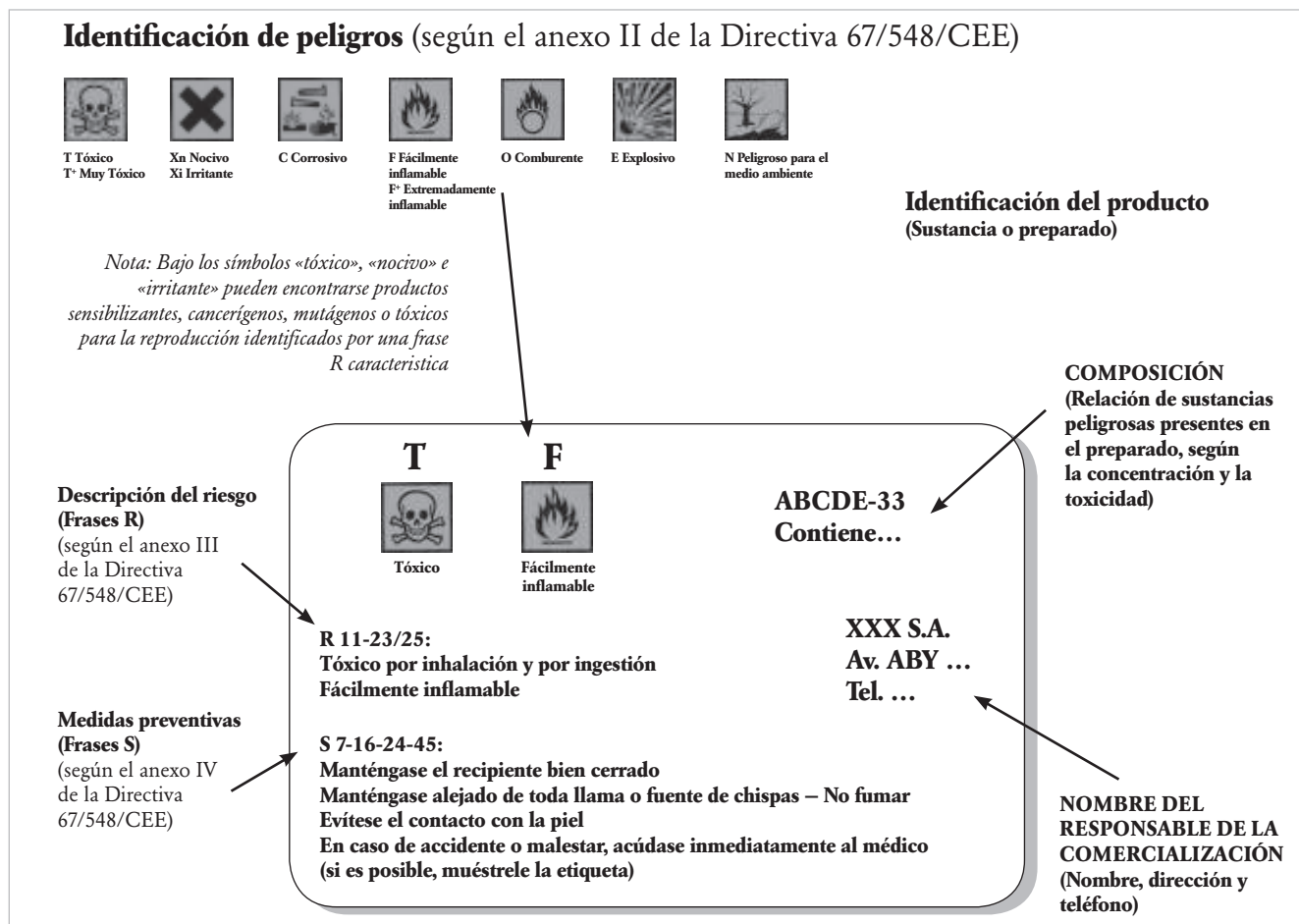
El contenido de la etiqueta (véase la figura I.1) permite obtener información sobre los siguientes puntos:

- a) Identificación del producto químico.
- b) Identificación del fabricante o suministrador.
- c) Peligrosidad intrínseca del producto debida a sus propiedades o efectos. Incluye los siguientes datos:

#### Información sobre la peligrosidad de los agentes químicos

Etiqueta	Pictogramas, frases R y S
Fichas de datos de seguridad	
Recomendaciones de la Comisión Europea	
Valores límite de exposición profesional	
Otras fuentes (bases de datos, Internet, etc.)	

Figura I.1. Etiquetado de los productos químicos



- Clasificación del producto de acuerdo con unas categorías de peligrosidad definidas. Esta clasificación se muestra mediante una combinación de símbolos e indicaciones de peligro de acuerdo con la correspondencia que se indica en el cuadro I.1. Estos símbolos permiten llamar la atención fácilmente sobre las características generales de la peligrosidad del producto.
- Frases R de riesgo asignadas al producto de entre la lista indicada en el anexo 1. Estas frases describen efectos concretos del producto sobre la salud humana, sobre el medio ambiente o características peligrosas para la seguridad, y constituyen una información fundamental a tener en cuenta en la evaluación de los riesgos.
- Frases S de prudencia asignadas al producto de entre la lista indicada en el anexo 1. Constituyen consejos de prudencia a tener en cuenta en relación con la manipulación y utilización del producto.

La información que contiene la etiqueta se encuentra también en las fichas de datos de seguridad, donde se amplía y complementa con otros datos de interés.

### I.1.2. Fichas de datos de seguridad

La ficha de datos de seguridad (FDS) complementa a la etiqueta, ofreciendo información que pudiera no estar contenida en esta.

De acuerdo también con la legislación indicada anteriormente, el suministrador de un agente químico peligroso —envasado o a granel— debe facilitar al usuario profesional una FDS relativa al producto suministrado. El suministrador de un preparado deberá facilitar también, previa solicitud del usuario profesional, una FDS en el caso de que el preparado no esté clasificado como peligroso, pero que contenga una concentración individual  $\geq 1\%$  en peso, para los preparados que no sean gaseosos, y  $\geq 0,2\%$  en volumen, para los preparados gaseosos, de al menos una sustancia que sea peligrosa para la salud o para el medio ambiente, o de una sustancia para la que existan límites de exposición comunitarios en el lugar de trabajo.

**Cuadro I.1.** Clasificación, símbolos e indicaciones de peligro

Propiedades o efectos	Categorías de peligro	Identificación	Propiedades o efectos	Categorías de peligro	Identificación	
Fisicoquímicas	Explosivos		Efectos específicos sobre la salud	Carcinogénicos	Cats. 1 y 2	R45 o R49 
	Comburentes				Cat. 3	R40 
	Extremadamente inflamables				Cats. 1 y 2	R46 
	Fácilmente inflamables			Cat. 3		R68 
	Inflamables	R10		Tóxicos para la reproducción	Cats. 1 y 2	R60, R61 
Muy tóxicos		Cat. 3			R62, R63 	
Tóxicos		Efectos sobre el medio ambiente			Peligrosos para el medio ambiente	R52, R53, R59 <sup>(1)</sup> 
Nocivos						
Corrosivos						
Irritantes						
Toxicológicas	Sensibilizantes		Por inhalación	R42 		
			Por contacto cutáneo	R43 		

<sup>(1)</sup> En este caso, pueden utilizarse indistintamente las frases R o el pictograma.

ambiente, y permitirle evaluar los posibles riesgos que suponga el uso de dichos agentes para los trabajadores, así como evaluar la peligrosidad de otros agentes si se plantea la sustitución.

Estas fichas deben estar escritas en el idioma del país en el que se efectúe el suministro y tienen que estar fechadas. El contenido de las fichas deberá ser actualizado en función de la disponibilidad de nuevos datos, y los cambios se deberán comunicar al destinatario.

El objetivo de la FDS es informar de forma efectiva y suficiente al usuario profesional de la peligrosidad del producto para la salud, la seguridad y el medio

La extensa información contenida en las fichas de datos de seguridad debe presentarse, siguiendo el modelo definido en la Directiva 91/155/CEE, agrupada en los dieciséis apartados siguientes:

1. Identificación de la sustancia o preparado y de la sociedad o empresa
2. Composición/información sobre los componentes
3. Identificación de los peligros
4. Primeros auxilios
5. Medidas de lucha contra incendios
6. Medidas que deban tomarse en caso de vertido accidental
7. Manipulación y almacenamiento

8. Control de exposición/protección individual
9. Propiedades físicas y químicas
10. Estabilidad y reactividad
11. Informaciones toxicológicas
12. Informaciones ecológicas
13. Consideraciones relativas a la eliminación
14. Informaciones relativas al transporte
15. Informaciones reglamentarias
16. Otras informaciones

De acuerdo con su objetivo, el conjunto de información contenido en la FDS es esencial para un análisis efectivo de los peligros asociados a un producto determinado. Por esta razón la FDS es la fuente de información básica para realizar la evaluación de los riesgos debidos a la presencia de agentes químicos en los puestos de trabajo. En el cuadro I.2 se expone un esquema de la aplicación de los datos contenidos en los diferentes apartados de la ficha.

La importancia de las FDS justifica el establecimiento en la empresa de una gestión específica que permita su mejor utilización y aprovechamiento.

En el cuadro I.3 se resumen las diferentes acciones que puede comportar una adecuada gestión de las FDS. Estas acciones tienen varios objetivos:

- Crear y mantener un registro actualizado de las FDS correspondientes a los diversos productos químicos utilizados en la empresa, manteniendo a este efecto el necesario contacto con los proveedores, incluso para recabar información necesaria sobre productos de los cuales no se dispone de FDS.
- Contrastar la información contenida en las FDS con el etiquetado de los productos químicos y las condiciones de su utilización en la empresa; esta comparación será obligatoria siempre que se trate de una nueva FDS o una nueva versión de FDS.
- Utilizar la información contenida en las FDS en las evaluaciones de riesgos en el lugar de trabajo, así como en las acciones que se decidan relativas a:
  - formación de los trabajadores;
  - instrucciones de seguridad;
  - información de los trabajadores;

— procedimientos para emergencias (incluida la información conveniente para los servicios exteriores de auxilio).

- Poner las FDS a disposición de los servicios de Medicina del Trabajo para su utilización en relación con las evaluaciones de riesgos y la vigilancia de la salud y con su posible consejo sobre procedimientos para emergencias.
- Tener siempre las FDS a disposición para su consulta por los trabajadores o sus representantes.

#### I.1.3. Valores límite de exposición profesional y valores límite biológicos

Los valores límite de exposición profesional y los valores límite biológicos constituyen parámetros de referencia específicos aplicables para la valoración de los riesgos por exposición a agentes químicos en los lugares de trabajo.

Los valores límite pueden ser de dos tipos según se hayan establecido teniendo en cuenta exclusivamente criterios de salud o bien teniendo en cuenta, además, criterios de viabilidad. En el primer caso son referencias para asegurar la salud de los trabajadores. En el segundo caso, que incluye los límites de los agentes genotóxicos (cancerígenos o mutágenos), son referencias de niveles de riesgo que no deben ser superados en ningún momento. Las listas de valores límite deben distinguir inequívocamente ambos tipos de valores.

Todos los países miembros de la Unión Europea deben disponer de su propia lista nacional de límites de exposición y límites biológicos según dispone la Directiva 98/24/CE. Los valores límite a utilizar en cada país para la evaluación de riesgos serán los que figuren en dicha lista, aplicándolos de acuerdo con su naturaleza.



**Cuadro I.2.** Aplicación de la ficha de datos de seguridad (FDS) (\*)

<b>Información general</b>	<b>Apartado</b>
— Nombre del fabricante y del suministrador	1
— Composición química	2
— Propiedades fisicoquímicas	9

<b>Utilización</b>	<b>Apartado</b>
— Utilizaciones recomendadas y restricciones	16
— Manipulación y almacenado	7 y 15
— Protección del usuario	8
— Valores límite de exposición	8 y 15
— Limitaciones de comercialización y de empleo	15

<b>Transporte</b>	<b>Apartado</b>
— Precauciones y consejos	14
— Peligrosidad para el transporte	14

<b>Peligros</b>	<b>Apartado</b>
— Seguridad: inflamabilidad, explosividad, reactividad	3, 9 y 10
— Salud: toxicidad	3 y 11
— Medio ambiente: ecotoxicidad	3 y 12

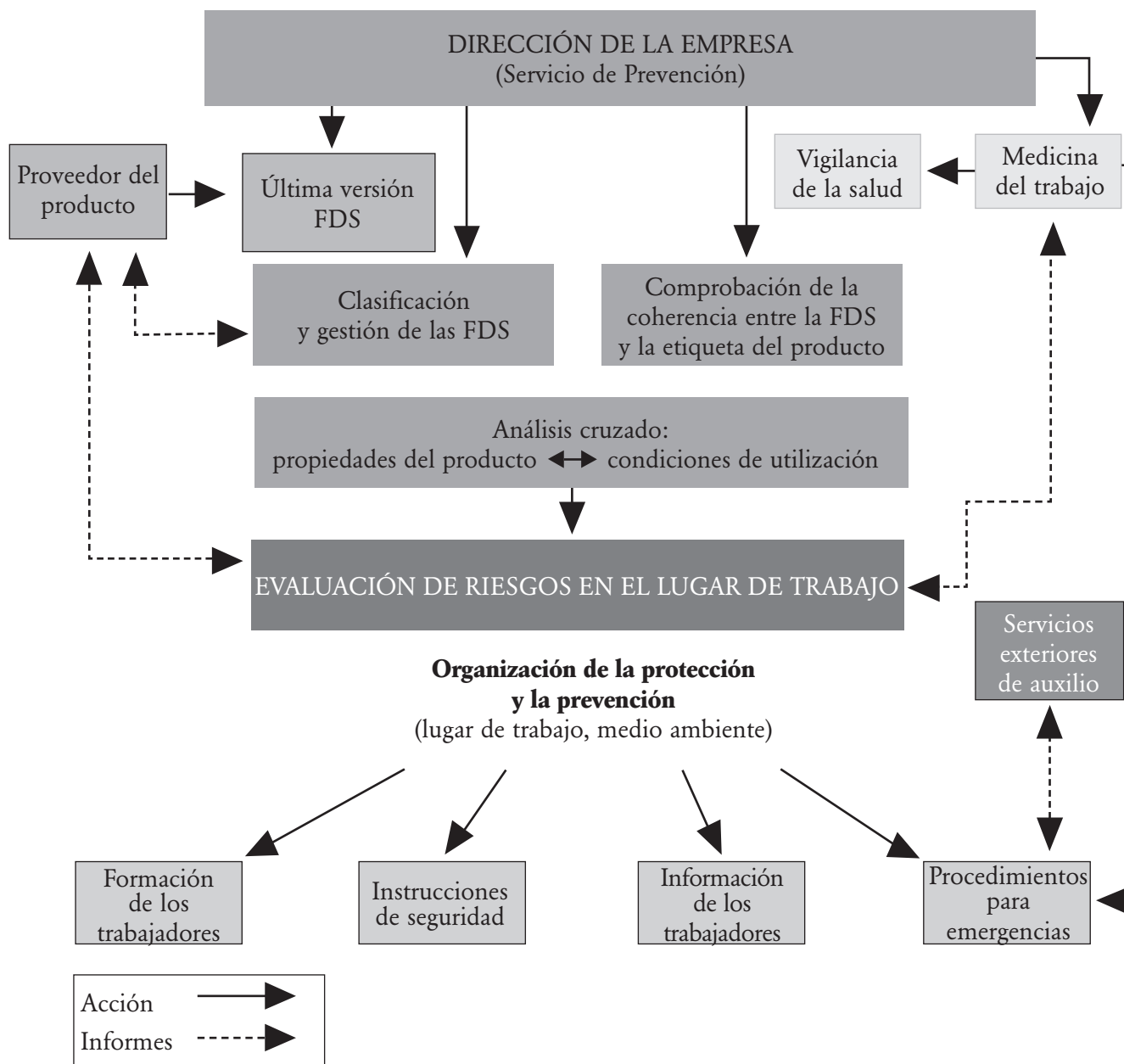
<b>Eliminación</b>	<b>Apartado</b>
— Residuos/Desechos, reciclado	13

<b>Emergencias</b>	<b>Apartado</b>
— Primeros auxilios	4
— Incendio	5
— Fugas/Vertidos	6

(\*) Fuente: Union des industries chimiques (DT 62).

**Cuadro I.3.** Gestión y utilización de la ficha de datos de seguridad (FDS) <sup>(1)</sup>



<sup>(1)</sup> Fuente: Union des industries chimiques (DT 62).

Conviene recordar que, según la legislación comunitaria (Directiva 98/24/CE), toda sustancia que disponga de valor límite de exposición debe ser considerada como una sustancia peligrosa. Es el caso de las partículas de materiales insolubles no clasificables como peligrosos para la salud. Lo mismo ocurre con sustancias que se producen por descomposición o en el tratamiento térmico de algunos materiales, por ejemplo determinados plásticos, algunos metales (soldadura y otras aplicaciones), alquitrán de hulla, etc.

**1.1.4. Recomendaciones de la Comisión Europea relativas a los resultados de la evaluación del riesgo y a la estrategia de limitación del riesgo para sustancias**

Se trata de recomendaciones efectuadas de acuerdo con el Reglamento (CEE) nº 793/93 del Consejo, de 23 de marzo de 1993, sobre evaluación y control del riesgo de las sustancias existentes, y se refieren a sustancias declaradas como prioritarias para su evaluación.

Estas recomendaciones se publican en la serie L del *Diario Oficial de la Unión Europea* y deben figurar en

las fichas de datos de seguridad de los productos correspondientes o en la actualización de las mismas.

#### 1.1.5. Otras fuentes

Si la información contenida en la ficha de datos de seguridad de un producto fuera insuficiente para evaluar correctamente los riesgos de su presencia en los lugares de trabajo o, por tratarse de un agente que no estuviera sometido a las disposiciones sobre comercialización de productos peligrosos, **no fuera obligatorio el suministro de una ficha de datos de seguridad**, el usuario profesional podrá solicitar del productor o del suministrador la información necesaria, en virtud de lo dispuesto en el apartado 3 del artículo 8 de la Directiva 98/24/CE.

En cualquier caso, puede obtenerse información de interés de otras fuentes, como las que se indican a continuación:

- Normativa existente sobre transporte de mercancías peligrosas por carretera (ADR) <sup>(3)</sup>, por ferrocarril (RID) <sup>(4)</sup>, por vía aérea (ICAO-TI) <sup>(5)</sup> y por vía marítima (código IMDG) <sup>(6)</sup> o fluvial (ADN) <sup>(7)</sup>. En ellas se indican clasificaciones de peligrosidad de los productos químicos y sus correspondientes símbolos (pictogramas) e indicaciones.
- Monografías y fichas de datos para sustancias químicas realizadas por distintas instituciones basándose en la información científica y técnica existente, como, por ejemplo, las fichas internacionales de seguridad química, preparadas bajo los auspicios de la ONU <sup>(8)</sup>, de la OIT <sup>(9)</sup> y de la OMS <sup>(10)</sup>, con la colaboración de la Comisión Europea, en las que se recogen, entre otros datos relevantes en prevención de riesgos, los relativos a la toxicidad de la sustancia y a los límites de concentración tolerables.
- Bancos de datos a los que puede accederse por CD-ROM o en conexión en línea.
- Bases de datos bibliográficos en los que se recogen resúmenes de los trabajos publicados en revistas especializadas.

<sup>(3)</sup> Acuerdo europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera.

<sup>(4)</sup> Reglamento relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por ferrocarril.

<sup>(5)</sup> Organización de la Aviación Civil Internacional. Instrucciones técnicas.

<sup>(6)</sup> Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas.

<sup>(7)</sup> Recomendación sobre el transporte internacional de mercancías peligrosas por vía navegable.

<sup>(8)</sup> Naciones Unidas.

<sup>(9)</sup> Organización Internacional del Trabajo.

<sup>(10)</sup> Organización Mundial de la Salud.

## 1.2. PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

Para asegurar que los riesgos para la salud de las personas estarán totalmente controlados, la Directiva 98/24/CE establece para el empresario la obligación de determinar la presencia de agentes químicos peligrosos (AQP) en el lugar de trabajo, eliminarlos y, cuando esto no sea posible, *evaluar el riesgo* al que puedan dar lugar.

El objetivo inicial de la evaluación es conocer los riesgos con el fin de eliminarlos. La eliminación de los riesgos es, de hecho, el primer principio preventivo, según dispone la Directiva marco 89/391/CEE en su artículo 6, apartado 2, letra a). Desgraciadamente no siempre es posible eliminar los riesgos, por lo que la evaluación sirve de base para reducirlos ya que permite establecer prioridades, determinar las medidas de prevención necesarias y conocer la eficacia de las ya existentes.

La evaluación de riesgos es fundamentalmente un proceso informativo y de estudio de las propiedades peligrosas de los agentes químicos presentes así como de las condiciones en que se trabaja con ellos, para determinar los riesgos existentes, las personas expuestas y los posibles daños que pueden ocurrir (incluyendo la posible existencia de susceptibilidad individual) y valorando finalmente la posibilidad de que los daños se materialicen.

Anteriormente hemos indicado que los riesgos de los AQP se materializan bien a través del *contacto directo* entre el AQP y el cuerpo humano, bien a través de la acción que sobre este puede ejercer la *energía generada* cuando el AQP interviene en una reacción química tal como un incendio o una explosión.

Debe entenderse que los riesgos que hay que evaluar en el campo de aplicación de la Directiva 94/28/CE son los derivados de la existencia de agentes químicos peligrosos, que pueden ser uno o varios de los siguientes:

- riesgo de incendio y/o explosión;
- riesgo generados por reacciones químicas peligrosas que puedan afectar a la salud y seguridad de los trabajadores;
- riesgo por inhalación;
- riesgo por absorción a través de la piel;
- riesgo por contacto con la piel o los ojos;
- riesgo por ingestión;
- riesgo por penetración por vía parenteral.

Un factor de riesgo que hay que considerar, con independencia de la peligrosidad intrínseca del agente, es el de los fallos de las instalaciones, que pueden tener consecuencias para la salud y seguridad de los trabajadores, por lo que conviene tener en cuenta los riesgos químicos derivados de tales fallos. En la tabla I.1 se indican de forma esquemática los posibles riesgos debidos a agentes químicos peligrosos así como una relación no exhaustiva de las circunstancias (condiciones, propiedades, factores, etc.) que los acompañan.

Por otra parte, para la aparición de daños a la salud puede requerirse un contacto prolongado (desde algu-

**Tabla I.1.** Riesgos derivados de la existencia de agentes químicos peligrosos

Riesgo	Algunos factores de riesgo
Riesgos de incendio y/o explosión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado físico (gas, vapor, polvo fino, etc.)</li> <li>• Presión/Temperatura</li> <li>• Inflamabilidad del agente químico peligroso</li> <li>• Potencia calorífica de los materiales</li> <li>• Concentración ambiental (límites de inflamabilidad)</li> <li>• Focos de ignición (fumar, operaciones con llama, herramientas, calzado, cargas electrostáticas, reacciones químicas exotérmicas)</li> </ul>
Riesgos por reacciones químicas peligrosas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reactividad e inestabilidad química de los agentes químicos peligrosos</li> <li>• Sistemas de refrigeración insuficientes</li> <li>• Sistema de control de las variables clave de la reacción poco fiable (regulación de presión, temperatura y caudal)</li> </ul>
Riesgos por inhalación del agente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toxicidad del agente químico peligroso</li> <li>• Concentración ambiental</li> <li>• Tiempo de exposición</li> <li>• Trabajadores especialmente sensibles</li> </ul>
Riesgos por absorción a través de la piel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localización y extensión del contacto del agente químico con la piel</li> <li>• Toxicidad del agente químico peligroso por vía dérmica</li> <li>• Duración y frecuencia del contacto</li> <li>• Trabajadores especialmente sensibles</li> </ul>
Riesgos por vía parenteral	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toxicidad del agente químico peligroso</li> <li>• Deterioro de la piel</li> <li>• Trabajadores especialmente sensibles</li> </ul>
Riesgos por ingestión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toxicidad del agente químico peligroso</li> <li>• Hábitos higiénicos personales</li> <li>• Posibilidad de comer, beber o fumar en los puestos de trabajo</li> <li>• Trabajadores especialmente sensibles</li> </ul>
Riesgos por contacto de la piel o los ojos con el agente químico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión incorrecta de equipos de protección individual</li> <li>• Procedimiento de trabajo inadecuado</li> <li>• Sistema de trasvase incorrecto</li> </ul>
Riesgos químicos derivados de las instalaciones que puedan tener consecuencias para la seguridad y salud de los trabajadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrosión de materiales e instalaciones</li> <li>• Inexistencia de medios de control de fugas y derrames (cubetos de retención, protección frente a impactos mecánicos)</li> <li>• Inexistencia de mantenimiento preventivo</li> </ul>

nos minutos hasta años) con el AQP o bien ser suficiente un tiempo relativamente corto o incluso instantáneo. En el primer caso hablaremos de «riesgo por exposición», y en el segundo, de «riesgo de accidente». Dadas las diferencias intrínsecas entre ambas categorías, no es posible un tratamiento único para la evaluación de los consiguientes riesgos, por lo que deben someterse a un tratamiento separado.

La evaluación de los riesgos puede llevarse a cabo con distintos niveles de profundidad. En este sentido, y como alternativa a las evaluaciones pormenorizadas y complejas, en algunos casos puede optarse por metodologías simplificadas de evaluación de los riesgos. En el cuadro I.4 se muestran las diferentes posibilidades para llevar a cabo la evaluación de riesgos debidos a agentes químicos.

(a) La evaluación de los *riesgos por exposición* al agente químico peligroso se lleva a cabo a través de los criterios usualmente empleados por la higiene industrial, teniendo en cuenta las siguientes variables:

- las propiedades peligrosas de los agentes químicos, en particular la información contenida en la ficha de datos de seguridad que el proveedor tiene la obligación de facilitar y los valores límite de exposición profesional o los valores límite biológicos legalmente establecidos;
- el tipo de exposición (dérmica, inhalatoria, etc.);
- la duración de la exposición;
- las condiciones de trabajo con respecto a dichos agentes, incluidas las cantidades de los mismos;

- cuando estén disponibles, las conclusiones extraídas de los estudios de vigilancia de la salud.

En general, *la consideración de las condiciones de trabajo debe incluir los resultados de las mediciones ambientales efectuadas en relación con los valores límite de exposición profesional*; cuando se rebase un valor límite de exposición profesional establecido de forma efectiva en el territorio de un Estado miembro, el empresario actuará de forma inmediata, teniendo en cuenta la naturaleza de dicho límite, para poner remedio a la situación mediante la adopción de medidas de prevención y protección.

No obstante, y acogiéndose a lo previsto por la Directiva 98/24/CE (artículo 6, apartado 4), es posible no realizar mediciones ambientales siempre y cuando «*el empresario demuestre claramente por otros medios de evaluación que se ha logrado una adecuada prevención y protección*». Así, pueden utilizarse, de entrada, sistemas de evaluación simplificados como el que se presenta más adelante (anexo 2, punto I). Este tipo de metodologías simplificadas presentan también la ventaja de permitir una aproximación semicuantitativa a la magnitud del riesgo en ausencia de valor límite de exposición.

En cualquier caso, para la evaluación de la exposición a agentes químicos peligrosos por inhalación puede seguirse la norma EN 689:1995. En el anexo 5 de esta guía se incluyen directrices prácticas al respecto, que están basadas en el contenido de dicha norma.

**Cuadro I.4.** Metodologías de evaluación del riesgo debido a la presencia de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo

	<b>Evaluaciones simplificadas</b>	<b>Evaluaciones complejas</b>
Riesgo por exposición (a)	Véase la metodología propuesta en el anexo 2, punto I	Mediciones ambientales según EN 689:1995 (véanse los anexos 4 y 5)
Riesgo de accidente (b)	Véase la metodología propuesta en el anexo 2, punto II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HAZOP <sup>(1)</sup></li> <li>• Árboles de fallos <sup>(2)</sup></li> <li>• Árboles de sucesos <sup>(3)</sup></li> </ul>

(1) HAZOP (*hazard and operability*) es un método que consiste en un examen crítico, formal y sistemático de un proceso o proyecto de ingeniería de una nueva instalación para evaluar el riesgo potencial de la operación o el funcionamiento incorrecto de los componentes individuales de los equipos y sus efectos sobre la instalación como conjunto. Este método fue desarrollado por ICI (Imperial Chemical Industries) en el Reino Unido para aplicarlo al diseño de fábricas de pesticidas.

(2) El método de análisis de los árboles de fallos (*fault tree analysis*) parte de la previa selección del «suceso no deseado o evento que se pretende evitar» (*top event*). De manera sistemática se representan las distintas combinaciones de situaciones que pueden dar lugar a dicho evento. Cada suceso está generado a partir de sucesos de nivel inferior, siendo el nexo de unión entre niveles los operadores o puertas lógicas «Y» u «O». El árbol de fallos, sirviéndose del álgebra de Boole, permite conocer el «conjunto mínimo de fallos» que pueden conducir al «suceso no deseado».

(3) Los árboles de sucesos son un método inductivo que parte de un suceso iniciador y, en función de las respuestas de los diferentes elementos de seguridad incorporados en la instalación, el árbol describe las secuencias accidentales que pueden conducir a distintos eventos.

(b) La evaluación de los riesgos derivados de la capacidad de los agentes químicos peligrosos para producir accidentes, en particular incendios, explosiones u otras reacciones químicas peligrosas, integra:

- los peligros derivados de la naturaleza fisicoquímica de los agentes químicos;
- los factores de riesgo que se identifican en su almacenamiento, transporte y utilización;
- las consecuencias estimadas en caso de materialización.

Para evaluar este tipo de riesgos existen metodologías complejas como HAZOP, árboles de fallos, árboles de sucesos, etc., que por ser de conocimiento y aplicación universal no vamos a desarrollar. Estas metodologías se utilizarán con los siguientes criterios:

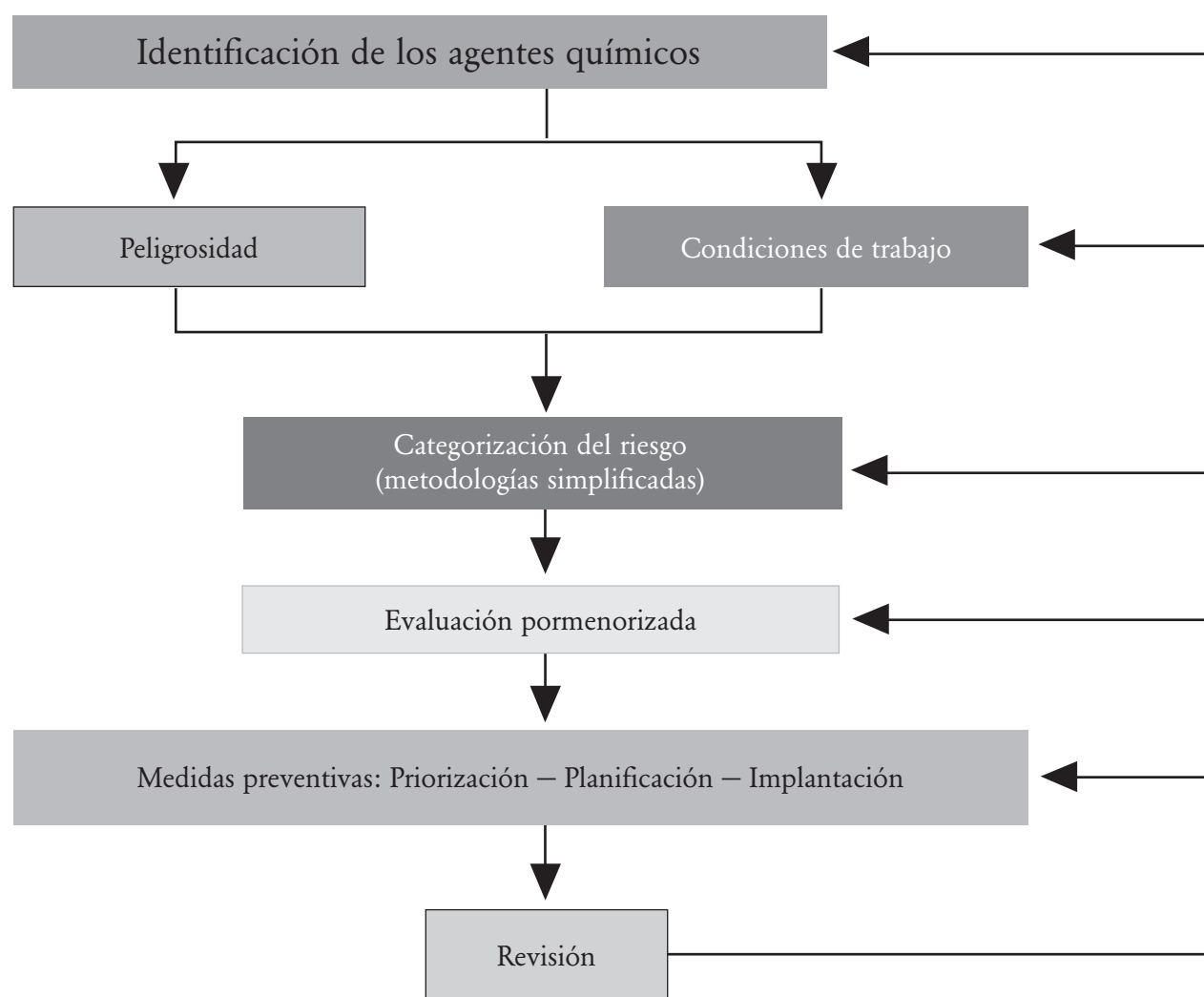
- se emplean cuando las consecuencias de la materialización del riesgo pueden llegar a ser muy graves, tanto en pérdidas humanas como materiales o medioambientales, sean en la propia empresa o ajenas a ella;
- requieren un conocimiento profundo de las instalaciones;
- su aplicación requerirá habitualmente la participación de un equipo de trabajo que garantice el conocimiento profundo de distintas áreas (proceso, instrumentación, mantenimiento, prevención, ingeniería, etc.);
- dada la gravedad de las posibles consecuencias, es habitual centrar el análisis en el daño máximo a que puede dar lugar el accidente (*top event*).

Por otra parte, las evaluaciones simplificadas (como la que se propone en el anexo 2, parte II) se pueden emplear cuando no es razonable prever consecuencias catastróficas como resultado del accidente. En general no tienen por objetivo calcular el valor absoluto del riesgo sino que, en aras de la simplicidad, permiten obtener solo una aproximación al conocimiento de la magnitud del riesgo que a menudo será suficiente para jerarquizar los riesgos y, consecuentemente, fijar prioridades en la acción preventiva.

El cuadro I.5 presenta, de forma esquemática y secuencial, las diferentes etapas que constituyen la prevención de riesgos cuando se trabaja con agentes químicos peligrosos y que son tratadas en su totalidad

en la parte I de estas directrices prácticas. Dentro de la parte I, en el capítulo 1 se ha visto lo referente a identificación y aspectos generales sobre evaluación de los riesgos. En el anexo 2 de estas directrices se ofrecen dos metodologías simplificadas para la categorización del riesgo (paso recomendable antes de pasar a la evaluación pormenorizada de los riesgos). En los capítulos que siguen (2 y 3), se desarrollan, respectivamente, los principios preventivos (aplicables en cualquier situación de trabajo con agentes químicos peligrosos) y las medidas de prevención y protección, donde se incluyen 16 fichas descriptivas de este tipo de medidas.

El diagrama es iterativo en su recorrido, ya que la evaluación de riesgos y la eficacia de las medidas preventivas existentes deben revisarse periódicamente (y necesariamente ante cualquier cambio en los agentes químicos o las condiciones de trabajo).

**Cuadro I.5.** Diagrama de actuación en la evaluación de riesgos y acciones que se derivan

## 2. PRINCIPIOS GENERALES PARA LA PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON AGENTES QUÍMICOS PELIGROSOS

Los principios de la acción preventiva que se desarrollan en este capítulo deben entenderse como una extensión de los enunciados en los apartados 1 y 2 del artículo 6 de la Directiva 89/391/CEE aplicados a las actividades con agentes químicos peligrosos (AQP). Estos principios figuran en el artículo 5 de la Directiva 98/24/CE, tras el siguiente párrafo:

*«Los riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores en trabajos en los que se utilicen agentes químicos peligrosos se eliminarán o se reducirán al mínimo [...]».*

La eliminación del riesgo debido al trabajo con un AQP se produce cuando desaparece dicho agente, por lo que es deseable su sustitución por otro agente o proceso que permita eliminar o reducir el riesgo. Cuando eso no es técnicamente posible, se debe reducir el riesgo aplicando medidas de prevención o protección. Normalmente, el resultado de la evaluación del riesgo y la información que de ella se extrae permiten concretar cuáles son las medidas preventivas que hay que adoptar.

Los principios generales de prevención deben aplicarse siempre que se trabaja con AQP, independientemente de que, además, la evaluación de los riesgos indique la necesidad de aplicación de medidas específicas de prevención. La aplicación de estos principios es la integración de los aspectos básicos de la prevención en la organización del trabajo, y, en general, se trata de trasladar la lógica y el sentido común a la realización de los trabajos con agentes químicos peligrosos.

### PRINCIPIOS DE ELIMINACIÓN O REDUCCIÓN DE LOS RIESGOS

- La concepción y organización de los sistemas de trabajo en el lugar de trabajo.
- El suministro de equipos adecuados para trabajar con agentes químicos, así como los procedimientos de mantenimiento que garanticen la salud y la seguridad de los trabajadores.
- La reducción al mínimo del número de trabajadores expuestos o que puedan estar expuestos.
- La reducción al mínimo de la duración e intensidad de la exposición.
- Medidas de higiene adecuadas.
- La reducción de las cantidades de agentes químicos presentes en el lugar de trabajo al mínimo necesario para el tipo de trabajo de que se trate.
- Los procedimientos de trabajo adecuados, incluidas las medidas para la manipulación, el almacenamiento y el traslado en el lugar de trabajo, en condiciones seguras, de los agentes químicos peligrosos y de los residuos que contengan tales agentes.

#### La concepción y organización de los sistemas de trabajo en el lugar de trabajo

La integración de la prevención en la actividad de la empresa comienza por considerar aquella desde la propia concepción de los procesos productivos: el pintar por inmersión o por proyección, el emplear un proceso químico de alta o de baja presión, y el utilizar un desengrasante de un tipo o de otro, por ejemplo, debe hacerse teniendo no solo en cuenta los aspectos tecnológicos y económicos, sino tomando en consideración, *al mismo tiempo*, los riesgos que para la salud de los trabajadores puedan derivarse de cada una de las posibles opciones.

Aunque la tecnología puede condicionar —y de hecho condiciona a menudo en parte— la organización del trabajo, este condicionamiento suele estar lejos de ser absoluto; por ello suele quedar un margen amplio de opciones organizativas en cuya elección deben también tenerse en cuenta los aspectos preventivos.

#### El suministro de equipos adecuados para trabajar con agentes químicos, así como los procedimientos

#### de mantenimiento que garanticen la salud y la seguridad de los trabajadores

Los equipos se deberán seleccionar e instalar teniendo en cuenta la peligrosidad y las características del agente que va a utilizarse o producirse y del entorno en que va a instalarse (por ejemplo, en equipos destinados para atmósferas explosivas se deberían utilizar sistemas de mando y accionadores totalmente neumáticos o hidráulicos y, de ser eléctricos, serán antiexplosivos). La elección y adquisición de los equipos de trabajo estará sujeta a las exigencias de las Directivas de seguridad en el producto que les sean aplicables (Directivas 98/37/CE, Directiva 94/9/CE, etc.), y la adecuación de los equipos sin marcado «CE» y su utilización se ajustará a los requisitos de la Directiva 89/655/CEE.

Los equipos e instalaciones de cuya idoneidad y correcto estado dependa la seguridad del proceso deben someterse a una planificación estricta de revisiones y mantenimiento, con registro documental de su ejecución.

#### La reducción al mínimo del número de trabajadores expuestos o que puedan estar expuestos

Cuando el riesgo no desaparece, existe la probabilidad de que se materialice y se produzca un daño (consecuencias). Una forma evidente de disminuir la consecuencias es que el número de personas expuestas al riesgo sea lo más pequeño posible. Esta medida, que no reduce el riesgo individual, sí reduce el riesgo global que supone el trabajo con agentes químicos peligrosos. En la práctica esto se consigue mediante la organización de las tareas, de forma que las realice el mínimo número imprescindible de personas; mediante la separación de las zonas de trabajo con agentes químicos peligrosos del resto de actividades de la empresa, y mediante la limitación de acceso a las zonas donde exista el riesgo.

#### La reducción al mínimo de la duración e intensidad de la exposición

La exposición a un agente químico por vía inhalatoria se puede cuantificar de manera simple mediante el producto de la concentración ambiental por el tiempo de exposición al agente. La reducción de cualquiera de las dos variables supone la reducción de la exposición. Es recomendable organizar el trabajo de forma que se minimice el tiempo de exposición, reduciéndolo al imprescindible.



El valor de la concentración ambiental depende de varios factores, entre los que destacan el grado o nivel de generación del agente químico y la ventilación del lugar de trabajo.

La concentración ambiental de un agente químico que se genere durante el trabajo aumenta continuamente en un local no ventilado. Todos los lugares de trabajo (y con mayor motivo aquellos en los que existen agentes químicos peligrosos) deben respetar los requisitos mínimos de ventilación establecidos en la Directiva 89/654/CEE.

La generación de un agente químico tiene que ver con características del proceso como la temperatura o la presión y la energía, en general, involucrada. A menudo, el ajuste de parámetros como los mencionados a los valores que realmente son necesarios para el proceso o, simplemente, la realización cuidadosa de ciertas operaciones manuales proporcionan ya una mejora considerable de las condiciones. Ejemplos de estas actuaciones son:

- adecuar (disminuir) la presión del aire aportado, utilizado en operaciones de proyección de pintura, disolventes, arena, etc.;
- evitar las superficies de evaporación abiertas (baños, tanques, recipientes);
- ajustar la necesaria temperatura o la densidad de corriente eléctrica en reacciones electrolíticas, de baños abiertos, para disminuir la evaporación y el arrastre de aerosoles (nieblas);
- actuar comedidamente en operaciones manuales sencillas que pueden fácilmente contaminar (vertido de sacos, transporte de sacos o bandejas abiertos, limpieza de los equipos por sacudida o aire a comprimido, etc.).

### Medidas de higiene adecuadas

La exposición a un agente químico se puede producir por contacto con la piel. En general se deberá evitar el contacto directo del agente químico con la piel y se procurará su limpieza, con prontitud, cuando se impregne accidentalmente. También la ropa impregnada se debe sustituir inmediatamente, pues ofrece una superficie de contacto y, por lo tanto, de absorción dérmica. Por otra parte; la ropa con suciedad puede suponer un foco adicional de contaminación.

Hábitos contrarios a la higiene más elemental —como el fumar, comer o beber en los lugares de trabajo—

deben erradicarse con mayor motivo cuando se trabaja con agentes químicos peligrosos, pues favorecen la ingestión involuntaria y sistemática de aquellos. Por motivos como los mencionados, es recomendable la implantación de unas buenas prácticas de higiene personal, a través de acciones como las siguientes:

- la prohibición de comer, beber o fumar en las zonas donde pueda haber presencia de agentes químicos peligrosos;
- el mantenimiento de los mínimos de limpieza de la ropa de trabajo y del uso habitual de esta en lugar de la ropa de calle;
- la disponibilidad y la utilización de las instalaciones para la higiene personal antes de las comidas y al finalizar la jornada;
- los productos de limpieza, así como los de cuidado de la piel, en ningún caso serán agresivos;
- la atención a las necesidades particulares de las trabajadoras embarazadas o en período de lactancia.

Por otra parte, es recomendable extender las medidas de higiene a los locales e instalaciones, asegurando que las operaciones de limpieza no constituyen un riesgo adicional para los trabajadores. Las sustancias sólidas en forma de polvo o fibras depositadas en el pavimento y otras superficies pueden volver al ambiente respirable de trabajo debido a corrientes de aire existentes o generadas por el paso de personas o vehículos que a su vez provocan su disgregación en partículas de menor tamaño y facilitan su dispersión por el aire aumentando la concentración ambiental de ellas.

Los derrames de sustancias líquidas sobre el suelo y la maquinaria de trabajo, así como trapos y papeles impregnados, se convierten en focos secundarios de generación de agentes químicos. Así pues, debe fomentarse que los trabajadores mantengan limpia su zona de trabajo y que eviten la acumulación de materiales que contengan agentes químicos peligrosos.

Es recomendable limpiar por aspiración los lugares de trabajo, con una frecuencia adecuada a la magnitud del problema y que debería determinarse a partir de la evaluación de los riesgos. Habitualmente la limpieza del pavimento es necesaria con frecuencia diaria, complementándose con operaciones de limpieza de mayor profundidad que se extiende a paredes y techos y en general lugares de difícil acceso.

La eliminación o limpieza de derrames deberá hacerse, según el caso, con agentes absorbentes o neutralizantes que, una vez usados, se depositarán en recipientes para residuos, para su retirada y, en su caso, posterior tratamiento.

**La reducción de las cantidades de los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo al mínimo necesario para el tipo de trabajo de que se trate**

La magnitud y las consecuencias de una explosión o un incendio dependen de una u otra forma de la cantidad de agente químico presente en el lugar de trabajo. También el riesgo por inhalación o contacto con agentes químicos tiene que ver con dicha cantidad. Efectivamente, aunque la concentración ambiental depende de propiedades y condiciones del agente químico —como la volatilidad y la temperatura—, existe en general una relación entre la concentración de agente químico en el ambiente de trabajo y la cantidad de este que se utiliza (manipula, trasvasa, almacena, transforma, etc.) en el lugar de trabajo. Entendiendo la cantidad como uno de los factores que determinan el riesgo, es necesaria su reducción al mínimo posible, en cada operación, ya que esto permite reducir eficazmente la intensidad de la exposición. La cantidad mínima recomendable de agente químico en el lugar de trabajo no es un valor absoluto, sino que depende de la peligrosidad del agente químico en cuestión, cobrando gran importancia, por ejemplo, en el caso de sustancias inflamables sensibilizantes o carcinógenas (véanse las tablas A2.4 y A2.5 en el anexo 2).

Para poner en práctica este principio de prevención es posible plantear el uso de recipientes de menor capacidad en el puesto de trabajo y el almacenamiento de los recipientes mayores en áreas específicamente destinadas a ello. En este caso, no debe olvidarse considerar los riesgos derivados del trasvase y almacenamiento de agentes químicos (véanse las recomendaciones en las fichas 11 y 7, respectivamente, del capítulo 3 de la parte I de esta guía).

**Los procedimientos de trabajo adecuados, incluidas las medidas para la manipulación, el almacenamiento y el traslado en el lugar de trabajo, en condiciones seguras, de los agentes químicos peligrosos y de los residuos que contengan dichos agentes**

Cuando los procedimientos se conciben correctamente pueden evitar exposiciones innecesarias, resultando técnicamente imprescindibles en algunos casos como:

- La realización de operaciones de riesgo crítico. Por ejemplo, una operación esporádica que pueda ocasionar una contaminación ambiental importante se realizará cuando el taller no esté ocupado, para evitar la exposición de trabajadores no implicados directamente en su ejecución.
- En situaciones de riesgo desconocido. Por ejemplo, en la realización de un proceso del que no se tengan precedentes y cuya evaluación del riesgo sea una estimación puramente teórica. En tales situaciones los procedimientos formarán parte de los permisos de trabajo, que deberán limitar a trabajadores cualificados la ejecución de determinadas tareas.
- En operaciones en las que las medidas de prevención sean insuficientes y se pueda reducir o eliminar el riesgo mediante unas pautas de actuación prefijadas. Por ejemplo, la puesta en marcha del sistema de extracción localizada antes de iniciar una determinada operación que así lo requiera.

La aplicación de estos principios, junto con las acciones de formación e información exigidas en la Directiva 98/24/CE, pueden reducir suficientemente los riesgos de poca entidad (riesgos leves) pero en general si el riesgo no se ha eliminado serán necesarias además medidas específicas adecuadas a cada situación.

En los cuadros A3.1 y A3.2 del anexo 3 de esta guía se exponen ejemplos en los que puede verse la diferencia entre la aplicación de unas reglas generales que afectan fundamentalmente a la organización y las medidas preventivas específicas que en ambos casos se aplican.

### 3. MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA LA PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN PARA EL CONTROL DEL RIESGO QUÍMICO

#### 3.1. MEDIDAS ESPECÍFICAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN, Y SU PRIORIZACIÓN

Si la estrategia global de prevención por aplicación de los principios generales recogidos en el artículo 5 de la Directiva 98/24/CE no resulta suficiente para reducir los riesgos derivados de la presencia de agentes químicos peligrosos (AQP), el empresario debe proceder a la aplicación de las medidas específicas a las que se refie-

**Tabla I.2.** Aplicación de los principios de prevención

PRINCIPIOS GENERALES DE PREVENCIÓN	APLICACIÓN
Reducción al mínimo del número de trabajadores expuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitación de acceso a determinadas zonas, que impidan la exposición innecesaria de los trabajadores de otros puestos de trabajo</li> <li>• Separación física de zonas para realizar determinadas operaciones</li> </ul>
Reducción al mínimo de la duración e intensidad de la exposición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilación suficiente de los locales</li> <li>• Adecuación de variables del proceso sin disminuir el rendimiento</li> </ul>
Medidas de higiene adecuadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuación de zonas para comer y zonas de fumadores</li> </ul>
Reducción de las cantidades de agentes químicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad de los agentes químicos imprescindibles para el trabajo en el lugar de trabajo</li> </ul>
Suministro de equipos adecuados así como procedimientos de mantenimiento seguros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento de las condiciones que deben reunir los equipos de trabajo antes de su adquisición y de los protocolos de las operaciones de mantenimiento</li> </ul>
Concepción y organización de los sistemas de trabajo en el lugar de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminación o adecuación de operaciones en las que, no siendo necesario, exista contacto con los agentes</li> </ul>
Procedimientos de trabajo adecuados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento de directrices escritas de realización de tareas detallando paso a paso los requisitos de seguridad a tener en cuenta</li> <li>• Supervisión de la correcta aplicación de dichas directrices escritas.</li> </ul>

ren los artículos 6, 7 y 10. Estas medidas preventivas pueden aplicarse:

- sobre el propio agente químico,
- sobre el proceso,
- sobre el local de trabajo y/o
- sobre el método de trabajo.

En algunos casos estas medidas permitirán eliminar el riesgo, mientras que en otros solo permitirán una reducción del mismo o se dirigirán a la protección del trabajador. La tabla I.3 resume las principales medidas específicas aplicables dando prioridad a las que elimi-

nan el riesgo frente a las que únicamente lo reducen, y a estas últimas frente a las que tiene como objetivo paliar las consecuencias de la materialización del riesgo y proteger al trabajador. Así pues, *la prioridad de la medida preventiva queda establecida por filas, y dentro de cada fila, de izquierda a derecha.*

A continuación se dan indicaciones resumidas sobre el empleo de cada una de dichas medidas mediante fichas resumen, acompañadas, en algunos casos, de ilustraciones en el reverso. Algunas de las soluciones de estas fichas se corresponden con las estrategias de control de COSHH Essentials. La ficha 6 sobre extracción localizada, por ejemplo, corresponde al nivel 2 de estrategia de control de COSHH Essentials, y la ficha 5 sobre confinamiento, al nivel 3.

**Tabla I.3.** Medidas específicas de prevención y su priorización

Prioridad	Objetivo	Ámbito de aplicación			
		Agente químico	Proceso o instalación	Local de trabajo	Método de trabajo
1. <sup>a</sup>	<i>Eliminación del riesgo</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sustitución total del agente químico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modificación del proceso</li> <li>Utilización de equipos intrínsecamente seguros <sup>(2)</sup></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Automatización</li> </ul>
2. <sup>a</sup>	<i>Reducción. Control del riesgo</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sustitución parcial del agente</li> <li>Cambio de forma o estado físico <sup>(1)</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proceso cerrado</li> <li>Extracción localizada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Almacenamiento seguro</li> <li>Segregación de departamentos sucios</li> <li>Ventilación por dilución</li> <li>Prevención de incendios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manipulación segura</li> <li>Transporte interno seguro</li> </ul>
3. <sup>a</sup>	<i>Protección del trabajador</i>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lavaojos y duchas</li> <li>Protección contra incendios</li> <li>Prevención y protección frente a explosiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipos de protección respiratoria, dérmica u ocular</li> </ul>

<sup>(1)</sup> Por ejemplo, la manipulación de un material sólido por vía húmeda (en forma de pasta o gel) o su encapsulamiento pueden reducir el riesgo por inhalación.

<sup>(2)</sup> Aplicable para eliminar el riesgo de incendio o explosión.

## I. SUSTITUCIÓN (TOTAL O PARCIAL) DEL AGENTE QUÍMICO

### Descripción

De acuerdo con lo que dispone el artículo 6, apartado 2, de la Directiva 98/24/CE, la sustitución del agente químico peligroso será la medida específica preferente para la eliminación o reducción del riesgo químico. La sustitución, sin embargo, presenta dos problemas principales que hacen que su aplicación sea muchas veces dificultosa:

- 1) No es fácil encontrar agentes químicos que sean técnicamente viables como sustitutos.
- 2) Los sustitutos técnicamente viables pueden tener también un cierto grado de peligrosidad, que debe considerarse.

La solución a la primera dificultad depende de las características técnicas del proceso. El segundo problema puede resolverse con alguno de los métodos existentes sobre sustitución de sustancias químicas, tal como el elaborado por el BIA (Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit) que describiremos más abajo.

### Ámbito de aplicación

- Existe un sustituto técnicamente viable.
- Su peligrosidad es menor que la del agente químico peligroso empleado.

### Recomendaciones técnicas

El BIA ha elaborado un método para la evaluación de sustitutos cuya utilización se recomienda en aquellos casos en los que no se disponga de información específica acerca de cuál es el sustituto adecuado desde el punto de vista de la seguridad y la salud.

El método se basa en el análisis de la peligrosidad del agente químico sustituto a través de las frases R que tenga asignadas (tabla I.4). En función de dichas frases, el agente químico usado inicialmente y su potencial sustituto deben ubicarse en una de las casillas de cada una de las cinco columnas de la tabla adjunta. El sustituto será apropiado si presenta un riesgo menor que el agente químico originalmente empleado, *en cada una de las columnas*.

**Ejemplo de aplicación:** En un proceso se desea sustituir el benceno por tolueno. El proceso es cerrado pero existen posibilidades de exposición al tomar muestras.

Las frases R aplicables al benceno son: R11, R45, R48/23/24/25.

Las frases R aplicables al tolueno son: R11, R20.

El tolueno sería un sustituto adecuado para el benceno, puesto que queda en todas las columnas igual o por debajo de aquel tal y como se muestra en la tabla de la página 29.

### Ejemplos de sustitución de sustancias

En la historia de la higiene industrial abundan los ejemplos de sustituciones realizadas con éxito. Una de las clásicas es el cambio del fósforo blanco por fósforo rojo en la fabricación de cerillas, si bien debe señalarse que dicho cambio tuvo lugar como respuesta a un problema fiscal, y no para disminuir los riesgos del proceso, lo que sin embargo se consiguió en gran manera. En el campo del desengrase se han producido una serie de sustituciones bien conocidas: de nafta de petróleo a tetracloruro de carbono, que posteriormente dio paso a los hidrocarburos halogenados, sustituidos a su vez por los fluorados.

Otras sustituciones exitosas han tenido lugar en el campo de los abrasivos, donde la sílice cristalina ha sido sustituida por compuestos sintéticos como el carborundo, de muy baja peligrosidad. Lo mismo puede decirse en el campo de la pintura, donde los disolventes han sido progresivamente sustituidos, en muchas aplicaciones, por agua, que no solo es menos tóxica, sino mucho más barata.



Nivel de riesgo	Riesgo agudo para la salud	Riesgo crónico para la salud	Riesgo de incendio y explosión	Exposición potencial	Peligros asociados al proceso
Muy alto		Benceno (R45)			
Alto	Benceno (R25)		Benceno, Tolueno (R11)	Benceno (presión de vapor: 100 hPa)	
Medio	Tolueno (R20)			Tolueno (presión de vapor: 29 hPa)	Benceno, tolueno
Bajo					
Despreciable					



Nivel de riesgo	Riesgo agudo para la salud	Riesgo crónico para la salud	Riesgo de incendio y explosión	Exposición potencial	Peligros asociados al proceso
Muy alto	R26, R27, R28, R32	R45, R46, R49 Preparados que contienen más del 0,1 % de sustancias cancerígenas de las categorías 1 o 2 (*)	R2, R3, R12, R17	Gases Líquidos con presión de vapor superior a 250 hPa Sólidos que generan polvo Aerosoles	Proceso abierto Posibilidad de contacto directo con la piel Aplicación en un área muy grande
Alto	R23, R24, R25, R29, R31, R35, R42, R43 Sensibilizantes de la piel o el tracto respiratorio. Preparados que contienen sensibilizantes dérmicos o respiratorios en concentración superior o igual al 1 % (en el caso de gases 0,2 %)	R40, R60, R61, R68 Preparados que contienen sustancias tóxicas para la reproducción de categorías 1 o 2 en concentraciones superiores al 0,5 % (en el caso de gases, el 0,2 %). Preparados que contienen más del 1 % de sustancias tóxicas para la reproducción de categoría 3	R1, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R11, R14, R15, R16, R18, R19, R30, R44	Líquidos con presión de vapor entre 50 hPa y 250 hPa	
Medio	R20, R21, R22, R34, R41, R64 Asfixiantes simples	R62, R63 Preparados que contienen más del 5 % (en el caso de gases, el 1 %) de sustancias tóxicas para la reproducción de categoría 3	R10	Líquidos con presión de vapor entre 10 hPa y 50 hPa (excepto agua)	Proceso cerrado pero con posibilidad de exposición al llenar, tomar muestras o limpiar (!)
Bajo	R36, R37, R38, R65, R66, R67 Problemas dérmicos al trabajar en ambientes húmedos		Sustancias poco inflamables (punto de inflamación entre 55 °C y 100 °C)	Líquidos con una presión de vapor entre 2 hPa y 10 hPa	
Despreciable	Agentes químicos no peligrosos		Sustancias no inflamables o de inflamabilidad muy baja (punto de inflamación superior a 100 °C)	Líquidos con una presión de vapor inferior a 2 hPa Sólidos no pulverulentos	Equipo estanco Equipo cerrado con extracción localizada en los puntos de emisión

Tabla I4. Modelo de columnas (!)

PARTE I

(!) En la tabla no se reproduce la columna correspondiente a la peligrosidad para el medio ambiente, puesto que su valoración debe efectuarse teniendo en cuenta las normativas nacionales de los Estados miembros.



## 2. UTILIZACIÓN DE EQUIPOS INTRÍNECAMENTE SEGUROS

### Descripción

- Consiste en adquirir equipos diseñados y construidos con criterios de seguridad intrínseca, habiendo previsto el fabricante del mismo que van a ser usados para la transformación o trasiego de productos con unas determinadas propiedades fisicoquímicas (corrosividad, inflamabilidad) o en unas condiciones de trabajo especialmente agresivas (por ejemplo, para uso en ambientes corrosivos o muy húmedos) o peligrosas (por ejemplo, en atmósferas potencialmente inflamables o explosivas). El marcado «CE» del equipo garantiza tales prestaciones.
- Se deberán seguir criterios análogos, cuando el resultado de la evaluación de riesgos ponga de manifiesto la necesidad de adecuar equipos ya instalados y en uso.

### Ámbito de aplicación

- Cuando se prevea que los productos que se manipulan o transforman con esos equipos, por su peligrosidad intrínseca (inflamabilidad o explosividad) o por las características especialmente agresivas del entorno en que están instalados (corrosividad, atmósferas potencialmente inflamables o explosivas), puedan:
  - dañar el equipo o alguno de sus componentes, disminuyendo su seguridad y poniendo en peligro a los trabajadores;
  - generar deflagraciones o explosiones que pongan en peligro a los trabajadores.
- En el caso de sustancias inflamables y explosivas, cuando no esté garantizado mediante otras acciones técnico-preventivas (por ejemplo, ventilación) que la atmósfera de trabajo se encuentra manifiestamente por debajo del límite inferior de inflamabilidad (LII) y del límite inferior de explosividad (LIE), respectivamente.

### Recomendaciones técnicas

- Los equipos utilizados para la manipulación y el proceso de líquidos peligrosos han de ofrecer la resistencia física y química adecuada a las solicitudes y condiciones de trabajo requeridas.

El diseño de reactores debe facilitar las operaciones de toma de muestras, lectura de instrumentos de medida y operaciones de carga y vaciado manual de productos de manera segura. Se empleará en lo posible sistemas cerrados.

Ante posibles fallos (corte de suministro eléctrico, fallos de elementos de regulación y control del equipo, etc.) deberán existir los medios de seguridad necesarios que permitan su identificación y la conducción del proceso a condiciones seguras.

Los equipos en los que puedan producirse derrames deberán estar equipados con sistemas de recogida y drenaje a un lugar seguro, lo que facilitará su limpieza.

- Las máquinas destinadas para uso en atmósferas potencialmente inflamables o explosivas estarán alimentadas por energías seguras (sistemas y órganos de mando totalmente neumáticos o hidráulicos). Si se usan equipos eléctricos, serán de características antiexplosivas [(Ex) o (EEx)]. Se ajustarán, en cualquier caso, a las exigencias de las Directivas 94/9/CE y 98/37/CE.

### Mantenimiento

Es necesario un programa de mantenimiento preventivo y cuando sea posible predictivo— que garantice la perdurabilidad de las prestaciones iniciales del equipo en lo que a su fiabilidad y seguridad se refiere. Para ello se seguirán las instrucciones del fabricante contenidas en el Manual de Instrucciones y, en ausencia de este o complementariamente al mismo, las prácticas del buen profesional.

### Comprobación de la eficacia

- Se controlará la realización de las operaciones de mantenimiento necesarias y previstas y se registrarán documentalmente las mismas, especificando sus resultados, las mejoras necesarias que se han de incorporar, los plazos, los responsables de ejecución, y los responsables de verificación de su eficacia.
- Se programarán inspecciones de seguridad complementarias al calendario de mantenimiento implantado, a fin de detectar posibles anomalías o disfunciones del equipo que pudieran poner en peligro a los trabajadores.





### 3. AUTOMATIZACIÓN

#### Descripción

La automatización consiste en sustituir, en un proceso, el operador humano por dispositivos mecánicos o electrónicos. De esta forma las personas que trabajan dejan de estar en contacto con los agentes químicos peligrosos (cesa la exposición) o están en contacto durante menos tiempo (disminuye la exposición) o se alejan de los focos (disminuye la intensidad). La automatización supone cambios en el proceso y puede ser parcial o total. La automatización total permite prescindir de la presencia humana, salvo operaciones de mantenimiento o intervenciones puntuales.

#### Ejemplos

- La utilización de sistemas robotizados en las operaciones de pintado por proyección, sustituyendo a los pintores, elimina la exposición humana en un ambiente de trabajo habitualmente muy contaminado tanto por disolventes orgánicos de la pintura como por óxidos de metales constituyentes de los pigmentos.
- El proceso de cromado electrolítico que tradicionalmente ha supuesto la exposición a cromo VI puede ser automatizado parcialmente (utilización de polipastos para alimentación y descarga de cubas) —con lo que aumenta la distancia entre trabajadores y focos de contaminación— o automatizando totalmente —con lo que se evita la exposición a cromo hexavalente—.



## 4. CAMBIO DE FORMA O ESTADO FÍSICO

### Descripción

Cuando se utilizan sustancias en polvo, su tendencia a pasar al ambiente (y, por tanto, el riesgo asociado a su empleo) puede reducirse apreciablemente modificando su forma física y empleándolas en gránulos, granza u otra forma similar más compactada.

### Ejemplos

- Encapsulamiento de enzimas o productos fitosanitarios.
- *Pellets* y escamados en lugar de productos pulverulentos.

## 5. PROCESO CERRADO O CONFINAMIENTO

### Descripción

- Encerrar el conjunto del proceso o ciertas operaciones particularmente contaminantes es una buena solución cuando se trata de agentes químicos de peligrosidad media o alta.
- Encerrar el proceso consiste en emplear una envoltura física estanca o cuasiestanca en cuyo interior se desarrollan sin participación humana directa las operaciones propias del proceso.

### Ámbito de aplicación

- Procesos continuos o no del tipo de los que son habituales en la industria química, farmacéutica o alimentaria.
- Operaciones muy contaminantes cuando forman parte de un proceso poco contaminante.

### Recomendaciones técnicas

Los procesos cerrados revisten una cierta complejidad de diseño, pues muchos de sus elementos deben instalarse para permitir el arranque y la parada del proceso, pero no tienen función alguna durante el funcionamiento ordinario. Un ejemplo de ello lo constituyen los vasos de expansión o las válvulas que se emplean únicamente para el llenado inicial o el vaciado de los circuitos, o los elementos cuya función es únicamente facilitar la realización de reparaciones.

En el confinamiento de operaciones específicas deben respetarse los mismos principios que se emplean para el diseño de las campanas de extracción localizada:

- campanas que encierren lo máximo al foco;
- campanas tan cercanas al foco como sea posible sin que obstaculicen el trabajo;
- la velocidad en conducto debe ser adecuada para evitar la acumulación de las partículas o polvo extraídos.

El diseño del confinamiento debe prestar especial atención a los problemas de electricidad estática en el trasvase de líquidos inflamables y a la posible formación de atmósferas explosivas en aquellos puntos del proceso donde ello pueda producirse.

### Mantenimiento y comprobaciones

En el caso de procesos cerrados debe prestarse fundamentalmente atención a tres tipos de problemas:

- Pérdidas de estanqueidad: fugas que pueden producirse en las discontinuidades del sistema, en particular en las válvulas, bridas, juntas, cierres de bombas, puntos de toma de muestras, etc.
- Control de la electricidad estática: mediante procedimientos de trabajo que minimicen su generación y el empleo sistemático de puestas a tierra.
- Control de las atmósferas inflamables: es muy importante controlar la existencia de atmósferas inflamables (que pueden dar lugar a explosiones devastadoras) mediante el empleo de instrumentos que permitan detectar su existencia (explosímetros) y elementos protectores (véase la guía ATEX).

### Ejemplos de aplicación

El confinamiento del conjunto del proceso es la forma habitual de trabajo en la industria de proceso (química, alimentaria, farmacéutica), donde se manejan grandes cantidades de agentes químicos y al menos algunos de ellos tienen una peligrosidad apreciable. En estos casos los agentes químicos se mantienen permanentemente dentro de recipientes cerrados (reactores, intercambiadores de calor, etc.) y se desplazan de un recipiente a otro mediante tuberías estancas.

El confinamiento específico de ciertas operaciones es una medida habitual que se practica en las entradas y salidas de los procesos (alimentación de materias primas, extracción de productos, etc.) y cuando alguna operación es muy contaminante pero forma parte de un proceso cuyas restantes operaciones no contaminan. La dosificación de fármacos citostáticos en un hospital o el pintado de carrocerías de automóvil en la cadena de producción de estos son ejemplos de este tipo de operaciones. En general, el confinamiento de este tipo de operaciones debe complementarse con el empleo de extracción localizada.

Ficha nº 5. (Proceso cerrado o confinamiento)

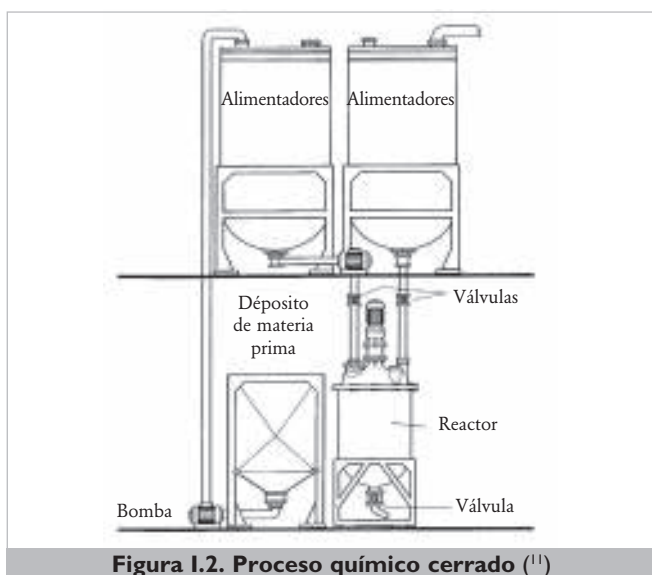


Figura I.2. Proceso químico cerrado <sup>(1)</sup>

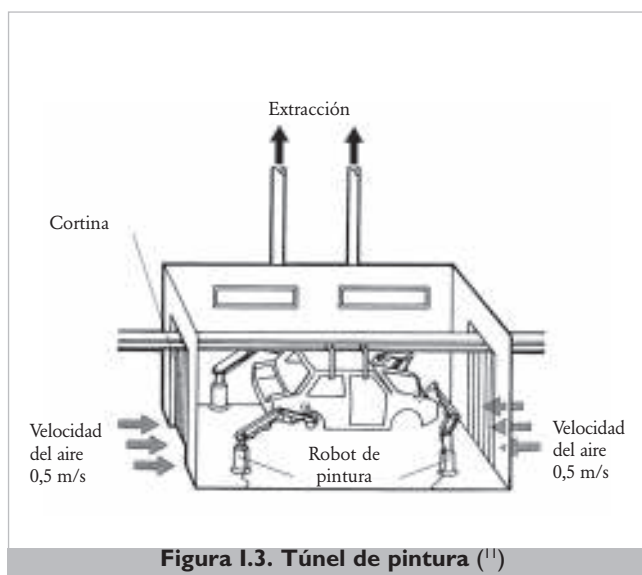


Figura I.3. Túnel de pintura <sup>(1)</sup>

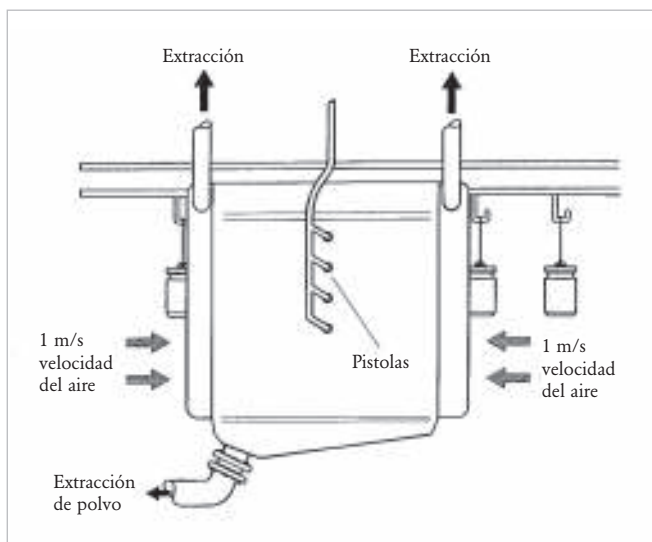


Figura I.4. Cabina de pintado electrostático <sup>(1)</sup>

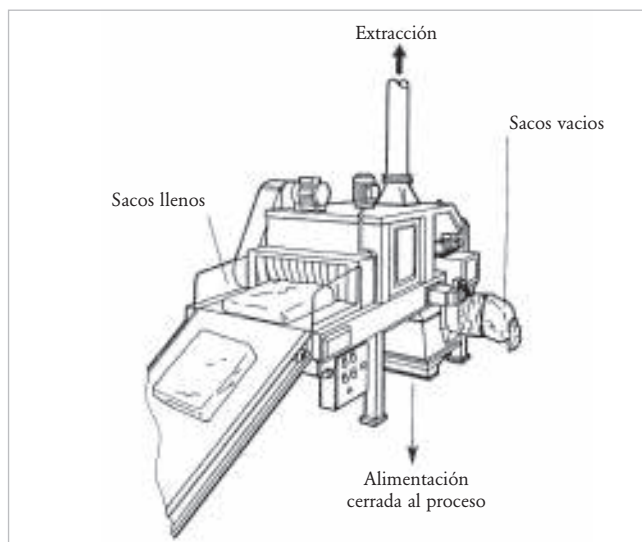


Figura I.5. Artesa de vaciado de sacos <sup>(1)</sup>

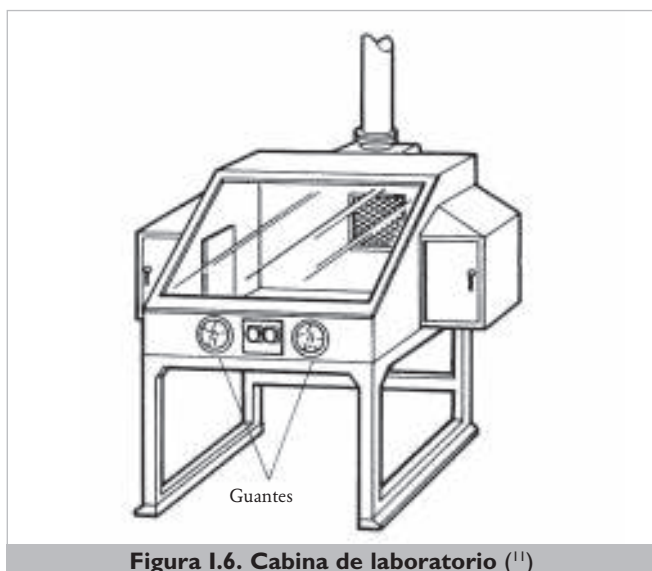


Figura I.6. Cabina de laboratorio <sup>(1)</sup>

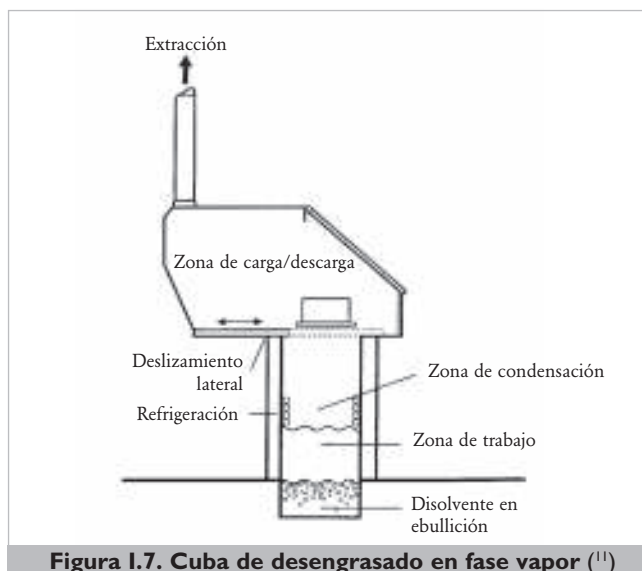


Figura I.7. Cuba de desengrasado en fase vapor <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Adaptado de COSHH Essentials (HSE, 2003).

## 6. EXTRACCIÓN LOCALIZADA

### Descripción

- La extracción localizada crea, mediante aspiración, una corriente de aire para captar los contaminantes ambientales en la vecindad inmediata del foco que los genera.
- La aspiración se realiza lo más cerca posible del foco de emisión.
- Impide que el contaminante se disperse en el ambiente y por lo tanto evita concentraciones peligrosas por exposición inhalatoria o por aproximarse al límite inferior de inflamabilidad (LII) o al límite inferior de explosividad (LIE) de la sustancia, para vapores y polvos explosivos respectivamente.
- Cuando la opción está disponible es recomendable que la extracción localizada la suministre el propio fabricante del equipo, tal como es habitual en ciertos tipos de máquinas, como las de la industria de la madera, por ejemplo. Lo mismo puede decirse de ciertas herramientas portátiles que pueden producir polvo, como las amoladoras, sierras de mano, etc.

### Ámbito de aplicación

- Para cualquier rango de toxicidad de las sustancias.
- Existen pocos focos de emisión y se conoce su ubicación.
- La cantidad de contaminante generada es alta.
- Los trabajadores están cerca de los focos.
- La dispersión del contaminante no es uniforme.

### Recomendaciones técnicas

- Sus componentes son: campanas, conductos, depuradores y ventiladores (figura I.8).
- Debe ser diseñado e instalado por un especialista. Algunos requisitos generales del diseño son:
  - campanas que encierren el foco al máximo;
  - campanas tan cercanas al foco como sea posible, sin que obstaculicen el trabajo;
  - la velocidad del aire en las inmediaciones del foco se elegirá teniendo en cuenta las características del contaminante y el movimiento del aire en la zona;

- la corriente de aspiración no debe llevar el contaminante hacia la zona de respiración del trabajador;
- la velocidad en conducto debe ser adecuada para evitar la acumulación de las partículas o polvo extraídos
- el ventilador se elegirá según el caudal que deba circular y la pérdida de carga del sistema.
- El local debe tener un suministro de aire forzado o unas entradas de aire exterior que puedan proporcionar un caudal de aire exterior igual o superior al que extrae el sistema de extracción localizada.

### Mantenimiento y comprobaciones

- Comprobación de las velocidades de captación en los puntos de generación de contaminantes. Esta comprobación puede ser cuantitativa (anemómetros o velómetros) o cualitativa (tubos de humo o similares).
- Comprobación del caudal aspirado por cada campana (normalmente mediante medida de la presión estática en boca de campana o de la velocidad en conducto después de la campana).
- Verificación de la integridad física de las campanas y los conductos. No deben existir grietas, roturas, tubos desconectados, bridas sueltas, acumulación de suciedad en conductos o en filtros, etc.
- Comprobación de las presiones en puntos significativos del circuito (unión de las campanas con los conductos, la entrada y salida del depurador, si lo hay, y la entrada al ventilador).
- Verificación del ventilador y sus elementos mecánicos (carcasa, rodete, motor, rodamientos, correas de transmisión, etc.).
- El usuario NO DEBE modificar el sistema sin la previa aprobación del diseñador del sistema. En particular no deben añadirse nuevas ramas con ocasión de la instalación de maquinaria adicional.

### Ejemplos de aplicación

Campana de laboratorio (figura I.9), soldadura (figura I.10), cubas de tratamiento de metales (figura I.11), mesas de trabajo para diversas operaciones, como desbarbado de piezas (figura I.12), cabinas de pintura (figura I.13), etc.

Ficha nº 6. (Extracción localizada)

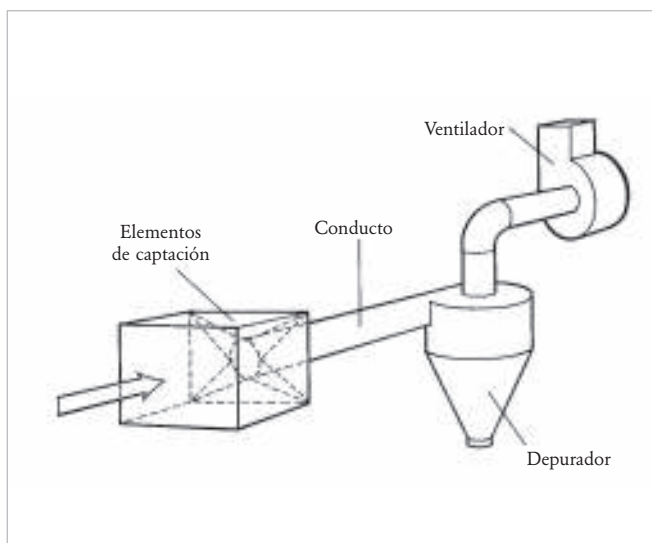


Figura I.8. Elementos de un sistema de extracción localizada



Figura I.9. Campana de laboratorio

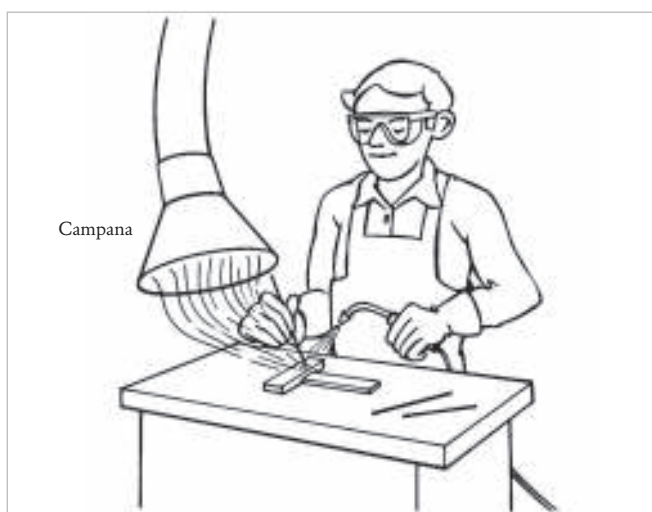


Figura I.10. Operación de soldadura. Campana con brazo desplazable

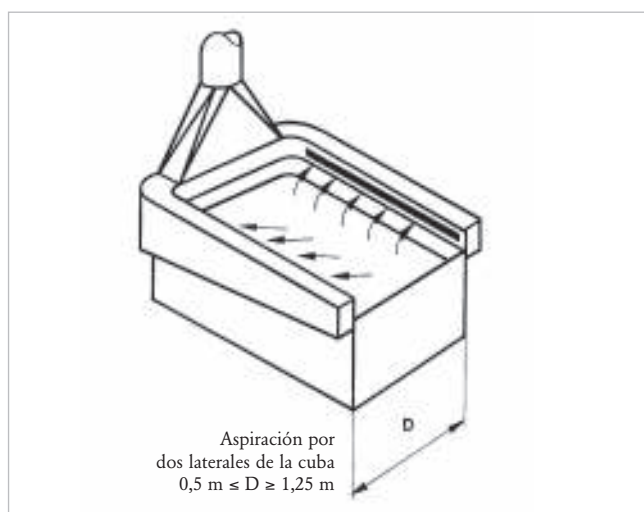


Figura I.11. Cuba de tratamiento electrolítico con aspiración por los dos laterales

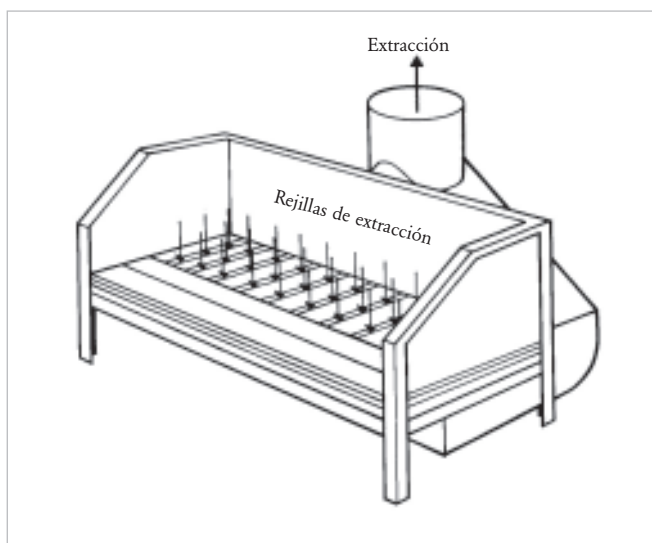


Figura I.12. Mesa de trabajo con extracción localizada

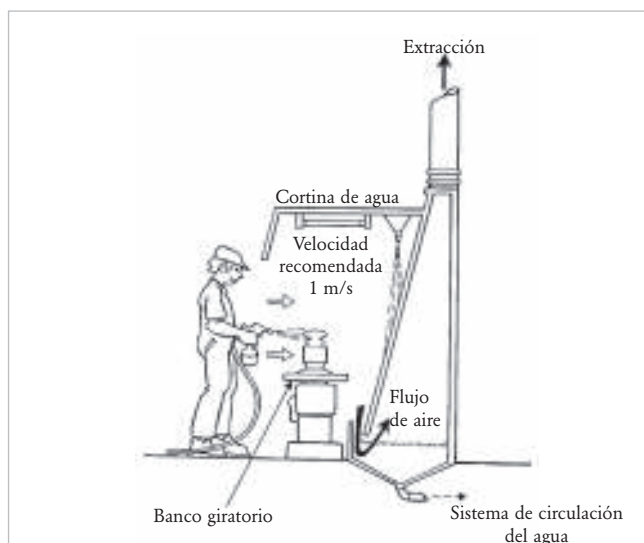


Figura I.13. Cabina de pintura <sup>(12)</sup>

<sup>(12)</sup> Adaptado de COSHH Essentials (HSE, 2003).

## 7. ALMACENAMIENTO SEGURO DE AGENTES QUÍMICOS PELIGROSOS

### Descripción

- El empresario es el responsable de garantizar el acopio seguro de los agentes químicos peligrosos (AQP) existentes en la empresa, ya sea en un recinto específico destinado exclusivamente a almacenamiento o en aquellas situaciones que, por necesidades de proceso, requieran la presencia de cantidades de AQP en el lugar de trabajo.
- El encargado del almacén o el responsable del área de proceso en que se acopien AQP debe disponer de la información facilitada por el fabricante o distribuidor del AQP (FDS, etiquetas) o de cualquier otra fuente sobre las propiedades de los AQP y transmitirla de forma clara y precisa a los trabajadores expuestos a los mismos. A partir de la citada información debe implantar procedimientos de trabajo y controlar su cumplimiento; controlar el perfecto estado de embalajes o recipientes que contienen tales AQP; confeccionar y tener permanentemente actualizado el plan de almacenamiento, y confeccionar y actualizar el plan de emergencia del almacén.
- Los trabajadores deben aplicar estrictamente los procedimientos de trabajo establecidos, informar inmediatamente al responsable de los incidentes o anomalías que se produzcan en el desarrollo de su trabajo y utilizar los equipos de protección individual prescritos.

### Gestión de existencias y organización del almacén

- El plan de almacenamiento debe permitir conocer con rapidez y precisión la naturaleza de los AQP almacenados, su cantidad y localización en el almacén, para actuar con prontitud y eficacia en caso de incidente (fuga, derrame, incendio, etc.). Debe permanecer permanentemente actualizado mediante un registro documental de entradas y salidas.
- Desde el punto de vista preventivo, la principal medida es el mantenimiento de las existencias de AQP al nivel más bajo posible. Una vez aceptado y adoptado este principio, la seguridad del almacén requiere de la aplicación de unas medidas básicas, entre las que cabe citar:
  - Emplazamiento seguro de los almacenes. Alejados de áreas de proceso u otras dependencias de riesgo de la empresa (estación transformadora, central de energía, etc.) como de posibles injerencias externas (riadas, sabotajes, etc.).
  - Productos agrupados por comunidad de riesgo, evitando almacenamiento conjunto de AQP incompatibles (cuadro I.6) o muy reactivos. Las distintas clases de AQP se almacenarán en locales independientes, en el mismo local separados por tabique o pared resistente al fuego, o separados por distanciamiento (figura I.14).
  - Fijar y respetar cantidades máximas de productos químicos almacenados así como alturas máximas de almacenamiento.
  - Productos contenidos en recipientes seguros (suficiente resistencia física, cierre automático, etc.) y adecuados al AQP que contienen (suficiente resistencia química). En su caso serán homologados o certificados, de acuerdo con las exigencias de la reglamentación de cada país.v
  - Medios para garantizar la captación, retención y cuando se precise la conducción a recipientes de reserva, en caso de fuga o derrame de los AQP almacenados (cubetos de retención, revestimientos adecuados del suelo y perimetralmente de la parte baja de tabiques o paredes de recintos a fin de garantizar la estanqueidad al líquido del recinto, drenajes y conducciones a recipientes de reserva, etc.). Lo anterior deberá tenerse asimismo en cuenta, cuando sea necesario, para la captación, retención o control de recogida de aguas residuales provenientes de la actuación ante un incendio.
  - Accesos despejados y vías de tránsito y superficies de almacenamiento señalizadas.
  - Control de accesos a personas y vehículos ajenos a la instalación.
  - Vías de evacuación y salidas de emergencia despejadas y señalizadas.
  - Garantías de identificación de productos. Exigencia de etiquetado y reetiquetado en su caso.
  - Instrucciones precisas de trabajo para las operaciones de almacenaje propiamente dichas y cual-

quier otra que habitualmente se realice en el almacén (apertura y cierre de envases, envasar, transvasar, conectar y retirar tubos para el llenado de recipientes, toma de muestras, etc.).

- Procedimientos escritos de actuación en caso de incidentes (fugas, derrames, emisiones y similares).

#### **Procedimientos de actuación en caso de emergencia**













- Cuando por necesidades de proceso se requiera la presencia de cantidades de productos químicos

peligrosos en el lugar de trabajo, estos se limitarán a la cantidad estrictamente necesaria para el trabajo inmediato (nunca cantidades superiores a las necesarias para el turno o jornada de trabajo) y estarán depositados en recipientes adecuados, armarios protegidos o recintos especiales (figura I.15). Con carácter general, cumplirán con los requisitos descritos anteriormente que les sean aplicables.



## Ficha nº 7. (Almacenamiento seguro)

**Cuadro I.6.** Resumen de incompatibilidades de almacenamiento de sustancias peligrosas

	 E Explosivo	 E Explosivo	 T Tóxico	 Radioactivo	 O Comburente	 Xn Nocivo Xi Irritante
 E Explosivo	+	-	-	-	-	+
 E Explosivo	-	+	-	-	-	-
 T Tóxico	-	-	+	-	-	+
 Radioactivo	-	-	-	+	-	-
 O Comburente	-	-	-	-	+	○
 Xn Nocivo Xi Irritante	+	-	+	-	○	+

- + Se pueden almacenar conjuntamente.
- Solamente podrán almacenarse juntas si se adoptan ciertas medidas específicas de prevención.
- No deben almacenarse juntas.

### Son ejemplos de agentes incompatibles:

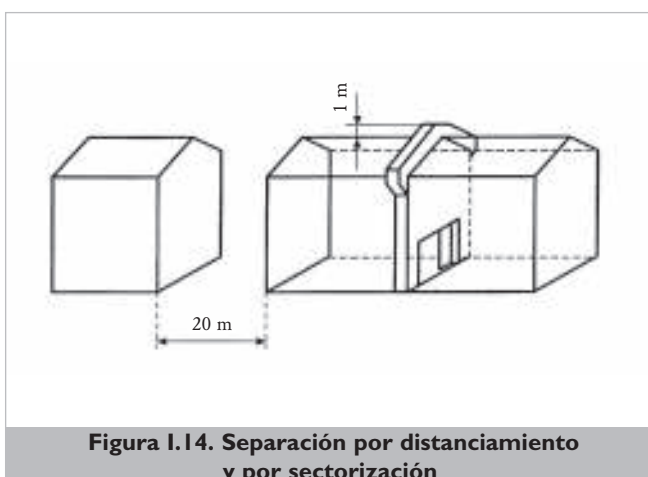
- Oxidantes con: inflamables, carburos, nitruros, hidruros, sulfuros, alquilmetales
- Reductores con: nitratos, cloratos, bromatos, óxidos, peróxidos, flúor
- Ácidos fuertes con bases fuertes
- Ácido sulfúrico con: celulosa, ácido perclórico, permanganato potásico, cloratos

### Son ejemplos de agentes inestables:

- Productos cuyo almacenamiento prolongado entraña la posibilidad de descomposición: amidos alcalinos, ciertas sales de diazonio
- Sustancias fácilmente peroxidables: compuestos alílicos, compuestos vinílicos, estireno
- Compuestos que reaccionan violentamente en contacto con el aire: fosfuros, hidruros
- Monómeros que polimerizan rápidamente: acetato de vinilo, estireno, acrilonitrilo

### Son ejemplos de agentes que reaccionan peligrosamente:

- Con el agua: metales alcalinos, peróxidos inorgánicos, carburos, fosfuros
- Con ácido clorhídrico: sulfuros, hipocloritos, cianuros
- Con ácido nítrico: algunos metales
- Con ácido sulfúrico: ácido fórmico, ácido oxálico, alcohol etílico



**Figura I.14.** Separación por distanciamiento y por sectorización



**Figura I.15.** Armario protegido para almacenamiento de productos inflamables

## 8. SEGREGACIÓN DE DEPARTAMENTOS «SUCIOS»

### Descripción

- Determinadas operaciones o procesos, por su naturaleza y al mediar una intensa acción mecánica sobre los materiales, son especialmente contaminantes ya que generan gran cantidad de materia particulada.
- Así, en los locales donde se llevan a cabo operaciones como el pulido de metales, el aserrado de material plástico, metal o madera, el desbarbado de piezas metálicas, la molienda de sustancias sólidas, el taladrado de metales o madera, se produce la disgregación y difusión de partículas por el ambiente.
- También las superficies de trabajo, mesas, pavimentos y la maquinaria, se cubren de polvo o fibras, que mezclado con aceites de lubricación, pasta de pulir, resinas, etc., genera continuamente suciedad.

### Recomendaciones técnicas

Es práctico apartar y confinar este tipo de operaciones en locales segregados del resto de la fabricación. Se consigue evitar la dispersión del aire contaminado y de la suciedad por otras zonas y concentrar los recursos de ventilación y limpieza en espacios más reducidos, lo que aumenta su eficacia y disminuye el coste de las acciones emprendidas.

## 9. VENTILACIÓN GENERAL POR DILUCIÓN

### Descripción

- Consiste en renovar el aire de un local suministrando una cantidad apropiada de aire exterior limpio y extrayendo una cantidad similar de aire contaminado.
- El aire puede entrar de forma natural (puertas, ventanas, etc.) (figura I.16) o forzada (mediante ventiladores) (figura I.17).
- La ventilación general es, en cualquier caso, un principio de prevención (artículo 5 de la Directiva 98/24/CE) antes que una medida específica. Por ello, en los locales de trabajo debe garantizarse siempre una ventilación general que cumpla con los requisitos establecidos en la Directiva 89/654/CEE sobre requisitos de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Sin embargo, en algunos casos que detallamos a continuación puede considerarse también como una medida específica para el control del riesgo, y por ello es objeto de una ficha.

### Ámbito de aplicación

- Como medida específica para controlar el riesgo por exposición, si se trata de sustancias de toxicidad baja o media por vía inhalatoria ( $VL > 100$  ppm si es vapor).
- Control del riesgo de incendio y explosión en recipientes y equipos, reduciendo la concentración del contaminante por debajo del límite inferior de inflamabilidad (LII) y del límite inferior de explosividad (LIE), para vapores y polvos explosivos, respectivamente.
- Control de olores y sustancias molestas reduciendo los niveles por debajo de los límites recomendables de confortabilidad.

### Recomendaciones técnicas

- Prever sistemas de reposición del aire extraído.
- Dimensionar el sistema de calefacción o enfriamiento del local teniendo en cuenta el caudal de aire de ventilación necesario en el local.
- El caudal necesario de ventilación debe calcularse en función de la velocidad de generación del contaminante y de la concentración ambiental que se quiera mantener.

- Si existen sistemas de extracción localizada, el cálculo del caudal de ventilación del local considerará los requerimientos de dichos sistemas.
- Evitar el reingreso en el local del aire extraído separando los puntos de descarga de las posibles entradas de aire.
- Disponer las entradas y salidas de aire de forma que la circulación del aire recorra todo el recinto evitando zonas muertas con poca ventilación (figuras I.18, I.19 y I.20).
- Computar como aire de ventilación solamente el caudal efectivamente introducido en el recinto desde el exterior, y no los caudales de recirculación.
- Tener en cuenta el requerimiento de caudal de los sistemas de extracción localizada en el cálculo del caudal de ventilación general del local.

### Mantenimiento y comprobaciones

- Seguir las instrucciones del fabricante y/o instalador (ventilación forzada).
- Recabar del fabricante y/o instalador la máxima información acerca de la instalación.
- No cerrar u obstruir las entradas de aire exterior durante la época fría.
- Inspeccionar visualmente posibles daños en el sistema: rotura de conductos, paletas ventilador, etc.
- Medir la concentración ambiental de los contaminantes después de la implementación del sistema.

### Recomendaciones de uso

- Indicado para ventilación de oficinas y locales de uso no industrial y para usos industriales como:
  - ventilación de talleres de transformación de metales, de madera, etc.
  - ventilación de estufas, hornos de secado, salas de bombas o compresores, etc.
- Uso limitado para control del riesgo de incendio y explosión en locales (siempre como medida complementaria de otras acciones).
- Uso desaconsejado:
  - si la cantidad de contaminante generada es alta;
  - si los trabajadores están cerca de los focos;
  - si la dispersión del contaminante no es uniforme.

Ficha nº 9. (Ventilación por dilución)

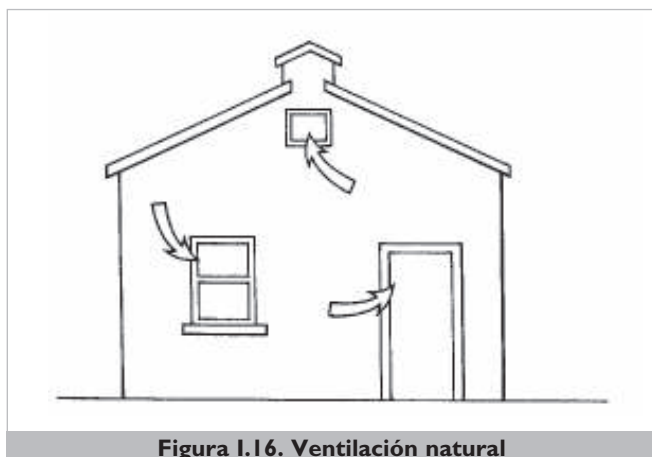


Figura I.16. Ventilación natural



Figura I.17. Ventilación forzada

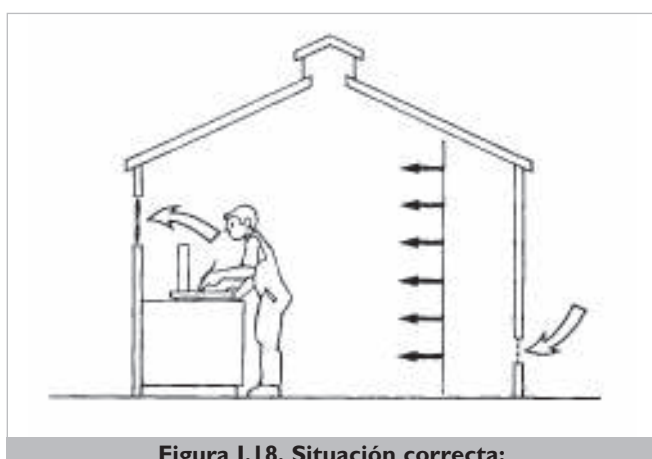


Figura I.18. Situación correcta:

- La distribución del aire en el local es homogénea.
- La salida se sitúa cerca del foco de emisión y el movimiento del aire aleja el contaminante de la zona respiratoria del trabajador.



Figura I.19. Situación incorrecta

- El aire limpio arrastra el contaminante hacia la zona respiratoria del trabajador.



Figura I.20. Situación incorrecta

- Pueden existir zonas muertas con mala o nula ventilación.
- El aire limpio arrastra el contaminante hacia la zona respiratoria del trabajador.
- Existen zonas muertas con mala o nula ventilación.

## 10. PREVENCIÓN DE INCENDIOS

### Objetivo

- Identificar para su eliminación o control los combustibles que, por su estado físico (gas, vapor, sólido finamente dividido) y/o forma de almacenamiento o utilización, puedan prender fácilmente, así como los focos de ignición capaces de aportar la energía precisa para iniciar la reacción. Puntual y excepcionalmente, el objetivo puede extenderse al control del comburente (porcentaje de oxígeno en el ambiente) (figura I.21).

### Medidas de control de combustibles

- Evitar la presencia en el lugar de trabajo de acopios importantes de sustancias inflamables, reduciendo la presencia de las mismas a la cantidad mínima imprescindible para cubrir las necesidades del proceso u operación a realizar por jornada o turno de trabajo.
- Las cantidades de líquidos inflamables que sea preciso almacenar en el área de trabajo deberían guardarse en armarios protegidos, debidamente señalizados con la indicación y el pictograma de «Inflamable» y que tengan una RF-15 como mínimo (figura I.15).
- Los líquidos inflamables presentes en el lugar de trabajo así como sus residuos deberían estar contenidos en recipientes de seguridad herméticos y de cierre automático (figura I.22).
- Las operaciones con gases o líquidos inflamables en las que se produzcan desprendimiento de vapores (trasvase, aplicación aerográfica, etc.) se controlarán mediante sistemas de extracción localizada (véase la medida específica nº 6: extracción localizada) y adecuada ventilación general del área de trabajo (véase la medida específica nº 9: ventilación por dilución), de forma que se garantice una concentración ambiental de los mismos manifiestamente por debajo del LII.
- Se controlarán mediante explosímetros las concentraciones peligrosas de gases o vapores que se puedan generar.
- Los trasvases y demás operaciones en que puedan producirse salpicaduras o derrames se realizarán

en lugares y con medios específicos que eviten su producción y aseguren, en caso necesario, su recogida y drenaje a un lugar seguro y en condiciones adecuadas de ventilación ( $0,3 \text{ m}^3/\text{min}\cdot\text{m}^2$ ; nunca menor de  $4 \text{ m}^3/\text{min}$ ) con alarma para el caso de avería del sistema.

- Se limpiarán los restos en los equipos que hayan contenido líquidos inflamables o combustibles sólidos finamente divididos, así como su entorno, previamente a realizar en los mismos operaciones de mantenimiento o reparación en caliente.

### Medidas de control de focos de ignición

- Uso de equipos de trabajo intrínsecamente seguros. Se ajustarán con carácter general a los requisitos de la Directiva 98/37/CE y específicamente con los de la Directiva 94/9/CE.
- Las operaciones de carga, descarga o trasvase se realizarán evitando la generación de cargas electrostáticas (control de velocidad de trasvase, llenado de recipientes mediante tubo sumergido, etc.) y facilitando su eliminación mediante conexión equipotencial y a tierra de todos los equipos y recipientes (figura I.23).
- La instalación y los equipos eléctricos estarán protegidos frente al riesgo de incendio y explosión («Ex» o «EEx») de acuerdo con las exigencias de seguridad eléctrica en vigor en cada país. Hay que prestar especial atención al uso de equipos móviles y a los accesorios que se utilizan o acoplan a los mismos.
- Se implantará un control exhaustivo de otros focos de ignición:
  - térmicos (fumar, operaciones con llama o chispas, carretillas de manutención y similares),
  - mecánicos (uso de herramientas antichispa en operaciones de apertura o cierre de recipientes, así como en ambientes en que puedan existir concentraciones o acumulaciones peligrosas de productos inflamables; uso de calzado sin partes metálicas, etc.),
  - químicos (calor generado en reacciones exotérmicas, coexistencia de productos químicamente inestables o reactivos, etc.).

### Medidas de control de comburentes

Pueden plantearse cuando existan productos inflamables en estado líquido o combustibles sólidos en estado pulverulento o restos de los mismos y no sea posible actuar sobre ellos. Para ello, la inertiza-

ción resulta imprescindible cuando se deban realizar operaciones de mantenimiento o reparación en caliente de los equipos que hayan contenido agentes químicos inflamables o combustibles, sólidos finamente divididos y no se pueda garantizar su eliminación.

## Ficha nº 10. (Prevención de incendios)

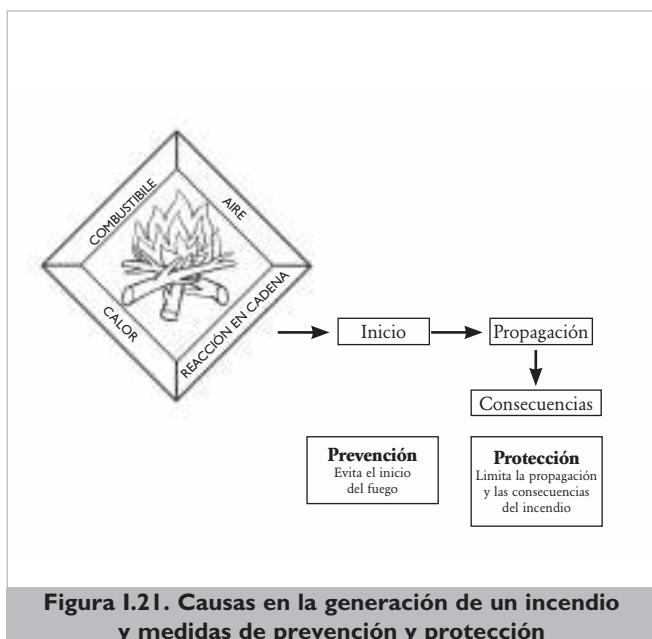


Figura I.21. Causas en la generación de un incendio y medidas de prevención y protección

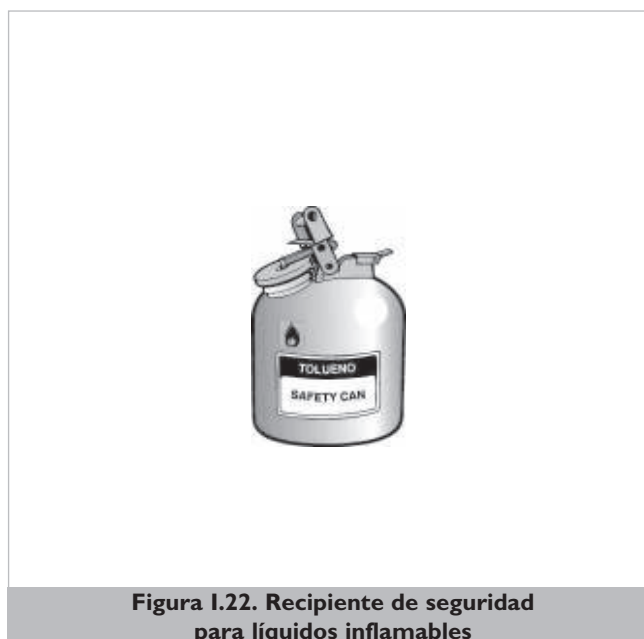


Figura I.22. Recipiente de seguridad para líquidos inflamables

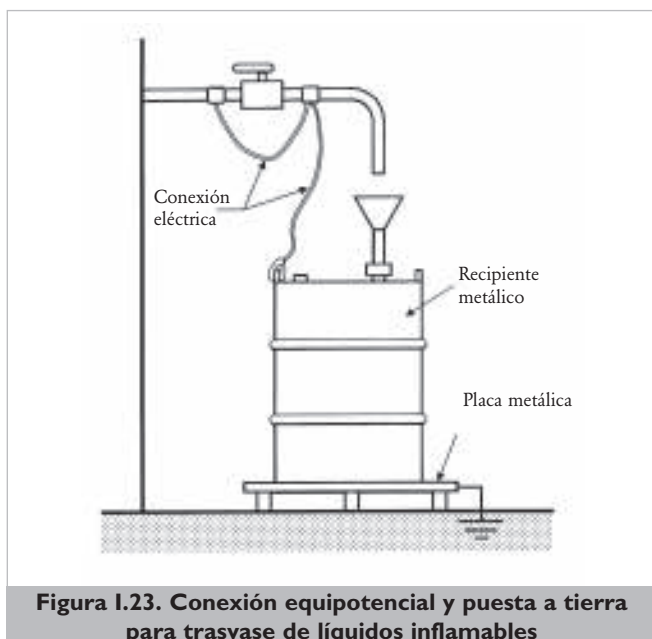


Figura I.23. Conexión equipotencial y puesta a tierra para trasvase de líquidos inflamables

## II. MANIPULACIÓN SEGURA DE AGENTES QUÍMICOS PELIGROSOS

### Descripción

- Consiste en el manejo de agentes químicos peligrosos (AQP), su trasvase, carga o descarga de los mismos en unidades de producción.
- Los equipos utilizados serán preferentemente de tipo fijo e indeformable (canalizaciones fijas) frente a los de tipo móvil (envases, canalizaciones móviles, etc.).
- Los equipos móviles para el trasvase —tanto los de sistema manual como los accionados por sistemas mecánicos— deben ser compatibles con los posibles riesgos del entorno (incendio, explosión y/o corrosión), y los materiales con los que estén fabricados deben ser compatibles con los AQP manipulados.
- Se muestran varios diseños de manipulación segura de AQP en otras fichas de medidas específicas, como por ejemplo I.3, I.6 y I.24.

### Ámbito de aplicación

- Trasiego frecuente de AQP desde grandes depósitos, contenedores y envases a otros de menor capacidad para su uso directo en procesos productivos.
- Utilización de envases móviles para la carga/descarga de equipos de una planta de proceso.
- Trasiego de AQP desde grandes depósitos o contenedores a procesos productivos mediante el uso de canalizaciones fijas o móviles, con conexiones generalmente no permanentes.

### Recomendaciones técnicas

- Solo se utilizarán contenedores, envases o embalajes de materiales compatibles con los productos a transportar, que cumplan los requisitos para el transporte de materias peligrosas por carretera y que tengan estabilidad y resistencia garantizadas frente a posibles agresiones que puedan sufrir durante su utilización.
- Los trasvases se efectuarán preferentemente con bombas de succión de accionamiento manual o

mecánico. Se evitará en lo posible el trasvase por gravedad entre recipientes cuando pueda producirse exposición o contacto con los AQP. Caso de realizarse, se colocará el bidón nodriza horizontalmente sobre una cuna o bastidor fijo o móvil con ruedas bloqueables.

- Para la descarga de productos inflamables, todos los elementos metálicos estarán equipotencialmente conectados y puestos a tierra. En caso de líquidos, el bidón nodriza estará dotado de válvula de descarga con cierre automático.
- En el trasvase por gravedad de líquidos inflamables se utilizarán embudos cuyo cuello debe llegar, como mínimo, hasta 1 cm del fondo del recipiente a llenar.
- En todas las operaciones de trasvase se dispondrán bandejas colectoras bajo los puntos de posible vertido.
- En el trasiego de productos sólidos se evitará la generación de polvo y la entrada incontrolada de aire en los recipientes. Para ello se evitará el trasiego manual y se usarán preferentemente equipos que garanticen la estanqueidad o encerramiento del proceso (por ejemplo, dosificadores por válvulas rotativas, doble compuerta, transportadores de tornillo helicoidal, etc.).
- Los sistemas de canalización fijos o móviles deben garantizar su estabilidad, resistencia y fiabilidad frente a posibles agresiones mecánicas y de los AQP.
- Los acoplamientos y las canalizaciones fijas y móviles deben ser específicos y diferenciados para cada tipo de AQP. Las juntas y uniones deben ser estancas, resistentes al producto y en buen estado.
- En las canalizaciones se utilizarán preferentemente uniones soldadas y no roscadas o con bridas, especialmente en interiores.
- Las canalizaciones en las que pueda quedar retenido un AQP a presión o susceptible de generar presión se protegerán mediante válvulas de seguridad con salida canalizada a lugar seguro (torre de absorción, antorcha, planta de tratamiento, etc.).
- Las canalizaciones que lo requieran dispondrán de elementos para la recogida de derrames o fugas.

- Las canalizaciones móviles estarán dotadas de un dispositivo que permita el vaciado antes de su desconexión.
  - No se realizarán trabajos de trasvase de AQP con equipos o elementos que presenten fugas o defectos (abolladuras, poros, fisuras, bridas deficientes, etc.).
  - Se situará una ducha de seguridad y fuentes lavavojos en las proximidades de las zonas de trasiego.
  - Los efluentes, vertidos y productos de tratamientos se almacenarán en zonas específicas en contenedores certificados, debidamente señalizados, separados físicamente y clasificados por compatibilidad y reactividad.
- Mantenimiento y control**
- Revisión y mantenimiento periódicos de todos los elementos de trasvase interior, registrando las incidencias.
  - Las reparaciones de los equipos de trasvase serán efectuadas por personal autorizado por el usuario o por el fabricante.
  - En las canalizaciones fijas o móviles, antes de efectuar una conexión para la carga y/o descarga de producto se comprobará la ausencia de derrames o fugas. El medio de detección será compatible con el AQP contenido.
  - Todos los equipos de trasvase interior se mantendrán limpios, en buen estado, adecuadamente señalizada su utilización específica y correctamente almacenados cuando no se utilicen.
  - Los equipos rotos o en mal estado se retirarán de forma inmediata para su reposición o reparación, si procede.
  - Se revisará periódicamente, mediante equipos detectores específicos, la presencia de fugas y/o vertidos.
  - Se revisarán periódicamente, y siempre que sea necesario, los sistemas y equipos de tratamiento de efluentes, reparando y/o reponiendo los reactivos que sean precisos para su funcionamiento.



## 12. TRANSPORTE INTERNO SEGURO

### Descripción

- Los medios empleados, manuales o mecánicos, deben ser seguros para las personas y compatibles con los productos manipulados.
- Los equipos utilizados serán preferentemente de tipo fijo e indeformable (canalizaciones fijas) frente a los de tipo móvil (envases, canalizaciones móviles, etc.).

### Ámbito de aplicación

- Traslado de agentes químicos peligrosos (AQP) entre diferentes áreas o procesos de la empresa, especialmente cuando se transporten productos extremadamente inflamables, corrosivos o muy tóxicos.

### Recomendaciones técnicas

- Solo se utilizarán contenedores, envases o embalajes de materiales compatibles con los productos que se han de transportar que cumplan los requisitos para el transporte de materias peligrosas por carretera y que tengan estabilidad y resistencia garantizadas frente a posibles agresiones que puedan sufrir durante su utilización.
- Para el transporte con equipos móviles de contenedores, envases o embalajes, se utilizarán medios de suficiente resistencia, con elementos de sujeción de las cargas.
- Los sistemas de canalización fijos o móviles deben garantizar su estabilidad, resistencia y fiabilidad frente a posibles agresiones mecánicas y de los AQP.
- Los acoplamientos y las canalizaciones fijas y móviles deben ser específicos y diferenciados para cada tipo de AQP. Las juntas y las uniones deben ser estancas, resistentes al producto y estar en buen estado.
- En las canalizaciones se utilizarán preferentemente uniones soldadas y no roscadas o con bridas, especialmente en interiores.
- Se evitarán las canalizaciones enterradas para fluidos inflamables, tóxicos o corrosivos, salvo que las

conducciones dispongan de doble envoltura y control de fugas.

- Las canalizaciones en las que pueda quedar retenido un AQP a presión o susceptible de generar presión se protegerán mediante válvulas de seguridad con salida canalizada a lugar seguro (torre de absorción, antorcha, planta de tratamiento, etc.).
- Las canalizaciones que lo requieran dispondrán de elementos para la recogida de derrames o fugas.
- No se realizarán trabajos de transporte de AQP con equipos u elementos que presenten fugas o defectos (abolladuras, poros, fisuras, bridas deficientes, etc.).
- Los equipos móviles de transporte dispondrán de sistemas de protección adecuados a las zonas clasificadas de riesgo (incendio, explosión o corrosión) y a los AQP transportados.

### Mantenimiento y control

- Revisión y mantenimiento periódicos de todos los elementos de transporte interior, registrando las incidencias.
- Las reparaciones de los equipos de transporte automotores serán efectuadas por personal autorizado del fabricante.
- En las canalizaciones fijas o móviles se comprobará la ausencia de derrames o fugas, con un sistema de detección compatible con el AQP contenido, al efectuar una conexión para la carga y/o descarga de producto.
- Los dispositivos para el transporte y control de AQP deberán llevar marcada de forma visible, legible e indeleble la fecha de su última revisión.
- Los equipos en mal estado se retirarán de forma inmediata para su reposición o reparación.
- Se revisará periódicamente, mediante equipos detectores específicos, la presencia de fugas y/o vertidos.
- Se revisaran periódicamente, y siempre que sea necesario, los sistemas y equipos de tratamiento de efluentes, reparando y/o reponiendo los reactivos que sean precisos para la continuidad de su funcionamiento.

## 13. LAVAJOS Y DUCHAS

### Descripción

- Las duchas de seguridad (figura I.24) constituyen el sistema de emergencia más habitual para casos de proyecciones con riesgo de quemaduras químicas e incluso si se prende fuego en la ropa.
- Las fuentes lavaojos (figura I.25) están ideadas para permitir la descontaminación rápida y eficaz de los ojos; están constituidas básicamente por dos rociadores o boquillas separadas entre 10 y 20 cm capaces de proporcionar un chorro de agua potable para lavar los ojos o la cara; una pileta, de 25 a 35 cm, provista del correspondiente desagüe; un sistema de fijación al suelo o a la pared, y un accionador de pie (pedal) o de codo.

### Características de las duchas

- La ducha deberá proporcionar un caudal de agua suficiente para empapar el sujeto completa e inmediatamente. El agua suministrada debe ser potable, procurando que no esté fría (preferiblemente entre 20 y 35 °C) para evitar el riesgo que supone enfriar a una persona quemada en estado de choque y también que la poca aceptación del agua fría cause una eliminación insuficiente del contaminante, al acortar el período de ducha. Asimismo es conveniente que disponga de desagüe (facilita enormemente su mantenimiento).
- El cabezal debe tener un diámetro suficiente para impregnar totalmente al sujeto (20 cm), con orificios grandes que impidan su obstrucción por la formación de depósitos calcáreos. La distancia desde el suelo a la base del cabezal de la ducha debe permitir el acomodo de la persona erguida (por ejemplo, de 2 a 2,3 m). La separación desde la pared al cabezal debería ser suficiente para acomodar, en caso necesario, a dos personas (por ejemplo, no inferior a 60 cm). También es recomendable que la distancia desde el suelo al pulsador no supere los 2 m.

- La válvula de apertura debe ser de accionamiento rápido, por lo que no deben utilizarse los grifos convencionales. El pulsador/accionador debe ser fácilmente atrapable. Los modelos más adecuados son aquellos que tienen un accionador triangular unido al sistema mediante una barra fija (mejor que con cadena). Los pulsadores de pie no suelen utilizarse dada la facilidad de pisarlos inadvertidamente dando lugar al accionamiento involuntario del sistema y al riesgo de tropezar con ellos; una excepción son los sistemas que se accionan al situarse sobre una plataforma.
- Las llaves de paso de agua de la instalación deben estar situadas en un lugar no accesible para el personal, al objeto de evitar que se corte el suministro de manera permanente por existencia de fugas u otras anomalías, que, por otra parte, deben ser inmediatamente comunicadas y reparadas. De este modo, las llaves se cerrarán exclusivamente en el momento de efectuar la reparación.
- Es útil disponer de un sistema de alarma acústica o visual que se ponga en marcha al utilizar el equipo, y así permita que el resto de personal se entere de que existe un problema y pueda acudir en auxilio. Las duchas colocadas en vestuarios o lavabos pueden realizar las funciones subsidiarias de las duchas de seguridad, especialmente en casos de laboratorios de poca superficie y para pequeñas quemaduras o salpicaduras en la ropa, ya que al hallarse fuera de la vista, permiten a la persona afectada despojarse de aquella sin ningún tipo de complejos.

### Características de las fuentes lavaojos

- El chorro proporcionado por las boquillas debe ser de baja presión para no provocar daño o dolor innecesario. Igual que se ha indicado para la ducha, el agua debe ser potable y es recomendable que sea templada. Con las llaves de paso del agua de la instalación se tendrán las mismas precauciones que para las duchas de seguridad.



Ficha nº 13. (Lavajojos y duchas)



## 14. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

### Objetivo

- Las medidas de prevención descritas en la ficha 10, siendo imprescindibles son insuficientes, ya que en ningún caso garantizan un control exhaustivo del riesgo y, por tanto, se deben tomar medidas de protección complementarias encaminadas a minimizar las consecuencias derivadas de la materialización de un siniestro (figura I.21).

### Medidas de protección a considerar

- Cabe diferenciar entre:
  - medidas de protección pasiva (protección estructural de los elementos portantes para garantizar una determinada estabilidad al fuego; sectorización y compartimentación de áreas de distinto nivel de riesgo garantizando una determinada resistencia al fuego, y utilización de materiales constructivos y de revestimiento de comportamiento ante el fuego conocidos); y
  - medidas de lucha contra incendios propiamente dichas (detección humana o instalaciones de detección automática del incendio; medios ágiles y fiables de transmisión de la alarma; equipos de lucha contra incendios, tanto portátiles como fijos, y tanto de accionamiento manual como de descarga automática; y vías de evacuación suficientes en número, correctamente dimensionadas y adecuadamente distribuidas).
- El conjunto de medidas de lucha contra incendios exigibles en el ámbito de aplicación de la Directiva 98/24/CE deberá adaptarse al marco de las exigencias legales propias de cada país en materia de protección de incendios.
- Con independencia de lo expuesto en el punto anterior se citan seguidamente algunas medidas específicas que hay que considerar:
  - garantizar que la protección estructural de los elementos portantes asegura una determinada estabilidad al fuego del recinto o edificio;
  - controlar la propagación vertical u horizontal de los efectos del incendio, y para ello las áreas de trabajo con riesgo de incendio estarán separadas del resto de dependencias constituyendo sector de incendios de resistencia al fuego adecuada a la carga térmica existente; la sectorización se realizará por distanciamiento o mediante compartimentación con muros y tabiques cortafuegos (figura I.26);
  - garantizar una detección eficaz tanto humana como automática, y unas instalaciones que aseguren una rápida y fiable transmisión de la alarma;
  - disponer de instalaciones adecuadas y suficientes de lucha contra incendios, sean fijas o portátiles, de accionamiento manual o descarga automática; los agentes extintores deben ser adecuados y garantizar la eficacia extintora ante el agente químico peligroso (AQP) que hay que extinguir (por ejemplo, uso de tipo B para líquidos inflamables) y ante el área de aplicación (por ejemplo, evitar usar CO<sub>2</sub> en espacios exteriores); asimismo se garantizará que no se usen agentes extintores incompatibles con el AQP (por ejemplo, no usar agua para extinguir alcalinos);
  - el número y el estado de las vías de evacuación permitirán la evacuación rápida y segura de los ocupantes;
  - cuando se precise, los medios de lucha contra incendios, así como el acceso a las vías de evacuación, estarán señalizados según lo establecido por la Directiva 92/58/CEE;
  - garantizar la eliminación de los humos generados por el incendio mediante exutorios u otros medios de extracción (figura I.27).



Ficha nº 14. (Protección contra incendios)

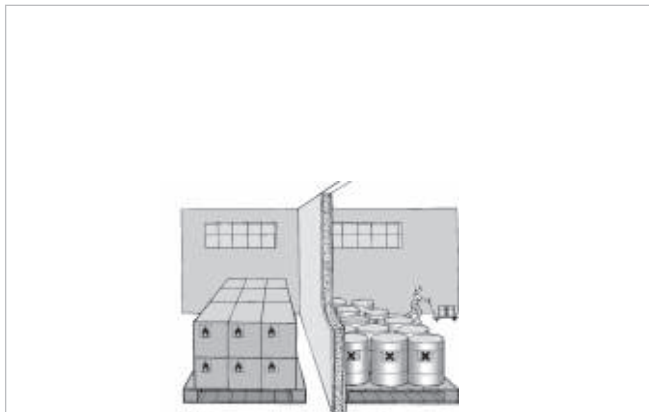


Figura I.26. Sectorización mediante tabique resistente al fuego

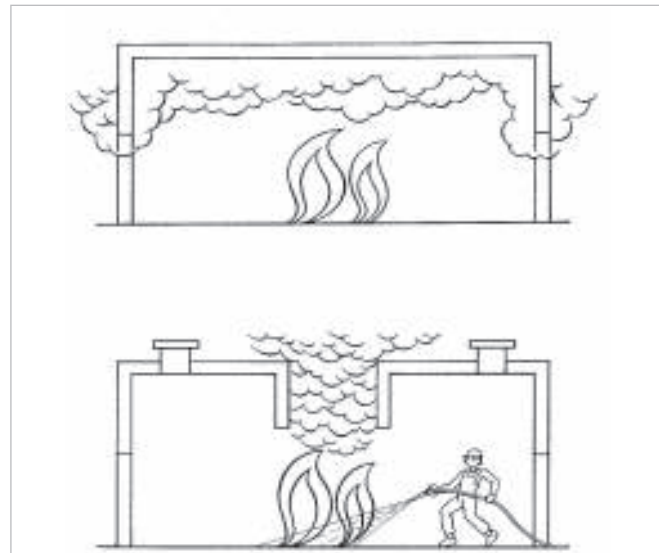


Figura I.27. Exutorios

## 15. PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN DE EXPLOSIONES

Las medidas de prevención y protección que deben ser tenidas en cuenta para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas no se desarrollan en esta guía, al estar este riesgo regulado específicamente por la Directiva 1999/92/CE (véase su correspondiente guía de desarrollo).

Los requisitos esenciales sobre seguridad y salud exigibles a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas se regulan y desarrollan en la Directiva 94/9/CE.



## 16. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)

### Ámbito de aplicación

Los EPI constituyen la última barrera entre el agente químico peligroso y el trabajador, por lo que su utilización se limita a los siguientes casos:

- cuando las medidas de prevención y protección colectivas u organizativas aplicadas sean insuficientes o técnicamente inviables;
- cuando las medidas de prevención y protección colectivas que sean oportunas no puedan adoptarse inmediatamente y se deba recurrir provisionalmente a dicha protección individual;
- en operaciones puntuales o en una situación eventual que no justifique la implantación de medidas permanentes, siempre que el uso de un EPI garantice un nivel de protección equivalente al que proporcionarían las medidas a las que sustituye;
- siempre que se produzcan situaciones de emergencia, rescate o autosalvamento.

### Tipos de equipos de protección

- Respiratoria (véase la medida específica 16.1).
- Ocular (véase la medida específica 16.2).
- Dérmica (guantes y ropa de protección frente a riesgo químico) (véase la medida específica 16.3).



## 16.1. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL RESPIRATORIA

### Tipos

- Equipos filtrantes (1):
  - mascarillas autofiltrantes (figura I.28),
  - semimáscara + filtro (cubre fosas nasales y boca) (figura I.29),
  - máscara + filtro (protege cara y ojos) (figura I.30),
  - boquilla + filtro (figura I.31).
- Equipos aislantes:
  - autónomos (figura I.32),
  - no autónomos o semiautónomos (figura I.33).

### Utilización

- Los equipos filtrantes se utilizarán si la concentración de oxígeno en el ambiente de trabajo es mayor de 17-18%.

- Se selecciona el tipo de equipo filtrante según la concentración ambiental y la necesidad de proteger o no cara y ojos.
- La boquilla se utiliza en situaciones de emergencia.
- Cuando la concentración de oxígeno en el ambiente de trabajo es menor del 17%, deben utilizarse equipos aislantes.
- Estos últimos también deben usarse cuando la concentración ambiental del agente químico es muy elevada: 100 veces el valor límite ambiental o 1000 ppm o superior al índice inmediatamente peligroso para la vida o la salud (IPVS).

### Capacidad de filtros contra gases

- Clase 1: Filtros de baja capacidad (10 veces el valor límite, sin superar 100 ppm)
- Clase 2: Filtros de capacidad media (100 veces el valor límite, sin superar 5 000 ppm)
- Clase 3: Filtros de alta capacidad (100 veces el valor límite, sin superar 10 000 ppm)

FILTROS CONTRA PARTÍCULAS	CÓDIGO	COLOR
80 % de retención	P1	blanco
94 % de retención	P2	blanco
99,95 % de retención	P3	blanco
FILTROS CONTRA GASES Y COMBINADOS		
Gases y vapores orgánicos; punto de ebullición > 65 °C	<b>A</b>	<b>Marrón</b>
Gases y vapores orgánicos; punto de ebullición < 65 °C	<b>AX</b>	<b>Marrón</b>
Gases y vapores inorgánicos	<b>B</b>	<b>Gris</b>
SO <sub>2</sub> y otros gases y vapores ácidos; según especificaciones del fabricante	<b>E</b>	<b>Amarillo</b>
NH <sub>3</sub> y derivados orgánicos del NH <sub>3</sub> según especificaciones del fabricante	<b>K</b>	<b>Verde</b>
Óxidos de nitrógeno	<b>NO-P3</b>	<b>Azul</b>
Mercurio	<b>Hg-P3</b>	<b>Rojo</b>

(1) También existen equipos filtrantes en los que el aire es forzado a atravesar el sistema de filtrado por un pequeño ventilador alimentado por baterías. De esta forma disminuye el esfuerzo que debe realizar el usuario para vencer la pérdida de carga del filtro.





Ficha nº 16.1. (Equipos de protección respiratoria)



Figura I.28. Mascarilla autofiltrante



Figura I.29. Semimáscara



Figura I.30. Máscara



Figura I.31. Boquilla



Figura I.32. Equipo autónomo de respiración

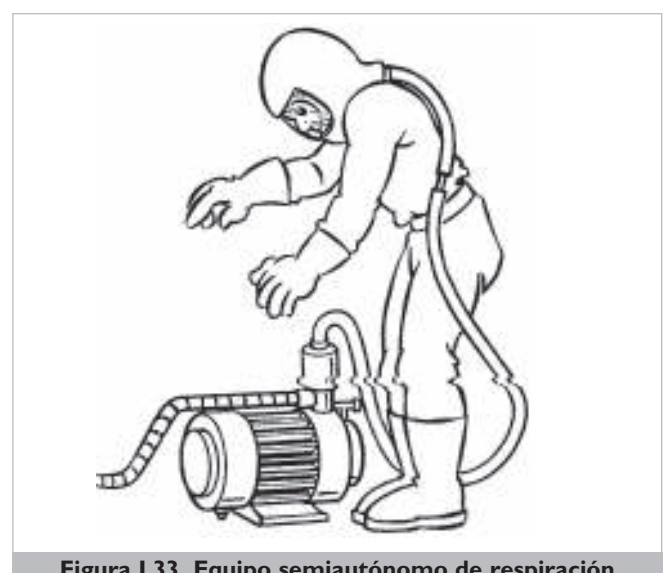


Figura I.33. Equipo semiautónomo de respiración



## 16.2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL OCULAR

### Utilización

Se usarán para evitar el contacto de los ojos con agentes químicos en estado líquido, sólido o gaseoso que los puedan dañar o que pueden ser absorbidos a través de la conjuntiva. Estas circunstancias se pueden producir:

- por salpicaduras o proyecciones de partículas líquidas o sólidas;
- por escapes de gases;
- por existencia de concentraciones elevadas de aerosoles sólidos o líquidos o gases o vapores en el ambiente de trabajo; normalmente coincidirá con la necesidad de uso de equipos de protección respiratoria individual; en este caso, se utilizará máscara o capuz o bien gafas que acompañen a la mascarilla, si es el caso.

(Véanse las figuras I.34 y I.35).

### Marcado de la montura

Código	Aplicación
Sin código	Para riesgos mecánicos no especificados y radiación UV, IR y visible
3	Contra gotas y salpicaduras de líquidos
4	Contra polvo cuyo tamaño de partícula es mayor de 5 µm
5	Contra gases y vapores, nieblas humos y polvo de tamaño de partícula inferior a 5 µm
8	Frente a arco eléctrico producido en cortocircuito eléctrico
9	Contra salpicaduras de metales y penetración de sólidos incandescentes

### Observaciones

- Las prendas deben poseer certificación y marcado «CE» y, en lo que respecta a la protección frente al riesgo químico, los índices de protección «3» o «5» (según el caso) estarán marcados en la montura.
- Debe consultarse el folleto informativo en el que el fabricante indica las prestaciones de la prenda —tipos, índices de protección y sustancias a las que afecta—, así como las condiciones de almacenamiento, limpieza, tallas, etc.
- Se debe prever su sustitución en el período de tiempo que corresponda.



Ficha nº 16.2. (Equipo de protección ocular)



### 16.3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN DÉRMICA. GUANTES Y ROPA DE PROTECCIÓN FRENTE A RIESGO QUÍMICO

#### Utilización

Se utilizan los guantes (figura I.36) y prendas de protección dérmica —como mandiles, polainas o trajes— cuando se desea evitar el contacto de la piel y la ropa de trabajo con las sustancias químicas, bien porque estas se pueden absorber a través de la piel o porque pueden dañarla.

Los guantes y las prendas de protección, en lo que al riesgo químico se refiere, poseen una característica de hermeticidad en la confección (protección frente a la penetración, por juntas, costuras etc.) y resistencia al paso de las sustancia del material que forma el guante o la prenda (protección frente a la permeación). Esta última protección depende de la sustancia

frente a la que proteja y no es permanente, sino que tiene un tiempo máximo de efectividad. De esta forma, cada pareja constituida por el material de fabricación de las prendas y el producto químico frente al que protege tiene un nivel de protección. Existen seis niveles de protección.

	Índice de protección	Tiempo de protección (Breakthrough time)
Tipo de protección frente a la permeación (¹)	1	> 10 minutos
	2	> 30 minutos
	3	> 60 minutos
	4	> 120 minutos
	5	> 240 minutos
	6	> 480 minutos

(¹) Se refiere a una determinada sustancia (por ejemplo, etanol, etc.).

#### Tipos de trajes

Los trajes, que cubren todo el cuerpo, se clasifican además de la siguiente forma:

Tipo de traje	Prestaciones
Tipo 1	Equipo de protección respiratoria en el interior del traje
Tipo 1b	Equipo de protección respiratoria en el exterior del traje
Tipo 1c	Conectados a la línea de aire respirable
Tipo 2	Similares a los de tipo 1c con menor estanqueidad en costuras
Tipo 3	Herméticos a productos químicos en estado líquido (chorro o presión)
Tipo 4	Herméticos a productos químicos pulverizados (aerosol)
Tipo 5	Herméticos a productos químicos en forma de partículas sólidas (polvo)
Tipo 6	Herméticos a pequeñas salpicaduras líquidas



**Observaciones**

Las prendas deben poseer certificación y marcado «CE» y el anagrama de protección frente al riesgo químico que se muestra.

Debe consultarse el folleto informativo en el que el fabricante indica las prestaciones de la prenda —tipos, índices de protección y sustancias a las que afecta—, así como las condiciones de almacenamiento, limpieza, tallas etc.

Se debe prever su sustitución en el período de tiempo que corresponda.



**Ejemplo:**

Índice de protección	Agente químico
3	Amoniaco 25 %
2	Ciclohexilamina
0	Dietiléter
6	Ácido acético 100%

Ficha nº 16.3. (Equipo de protección de las manos)



Figura I.36. Guantes de seguridad



### 3.2. MEDIDAS PREVENTIVAS EN EL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO

Tal y como se ha venido expresando en este capítulo, el riesgo químico viene definido por la *peligrosidad* del agente (propiedades fisicoquímicas o toxicológicas y su forma física) y por sus *condiciones de uso*. Por ello, si no es posible la sustitución del agente, las medidas técnicas y organizativas que se tomarán —siguiendo un orden de prioridad— se encaminarán a establecer unas condiciones de uso en las que el riesgo se reduzca al mínimo. Esto debe ser considerado a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos, desde su fabricación hasta la eliminación y tratamiento posterior a su uso. Lo anterior debe considerarse desde la perspectiva que ofrecen dos de los ejes principales de las actuaciones actuales y futuras de la Unión Europea relacionadas con esta materia.

El *primero* de ellos, de carácter más general, es el *Libro Verde sobre la política de productos integrada* [COM(2001) 68 final], en el que se propugna el establecimiento de un nuevo paradigma del crecimiento y una mayor calidad de vida mediante la creación de riqueza y competitividad sobre la base de productos más ecológicos, y se propone una estrategia para reforzar y reorientar la política medioambiental relativa a los productos con objeto de promover el desarrollo de productos más ecológicos.

Una política de productos integrada es un enfoque que pretende reducir los efectos ambientales de los productos durante su ciclo de vida, que van desde la extracción minera de materias primas hasta la gestión de los residuos, pasando por la producción, la distribución y la utilización. Se trata, en definitiva, de promover la idea del ciclo de vida en toda la economía (incluidos los servicios, cuya utilización puede reducir el consumo de productos), como parte de todas las decisiones relativas a los productos, junto con otros criterios como la funcionalidad, la salud y la seguridad.

El *segundo eje* viene definido por el *Libro Blanco sobre la estrategia para la futura política en materia de sustancias y preparados químicos* [COM(2001) 88 final], cuyo objetivo fundamental es el desarrollo sostenible. En lo referente al objetivo de esta guía, el documento señala que tanto los productores e importadores como los usuarios industriales y los formuladores de sustancias y preparados deberían ser responsables de todos los aspectos relacionados con la seguridad de sus productos y tendrán obligación de evaluar aquella

en la parte del ciclo de vida en la que intervienen, incluidas la eliminación y la gestión de residuos. Asimismo, el documento señala, entre las prioridades de investigación, la de la mejora de los métodos de evaluación del ciclo de vida de las sustancias y de los preparados químicos.

Por ello, y para las sustancias «extremadamente preocupantes», se exigirá que la evaluación del riesgo presentada a las autoridades a fin de conseguir la autorización de estas para comercializar el producto abarque todo el ciclo de vida del producto. Todo ello se integra en un nuevo sistema de control de las sustancias y de los preparados químicos denominado «REACH» [del inglés *Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals* («registro, evaluación y autorización de sustancias y preparados químicos»)] de aplicación en el ámbito comunitario.

En lo que se refiere al campo de aplicación de la Directiva 98/24/CE, las fases del ciclo de vida de los productos son las que se indican a continuación:

- Concepción y diseño del producto: incluye la consideración del riesgo químico previamente a la fabricación de nuevos productos y procesos.
- Producción: debería asumir los principios de minimización, tanto de consumo de energía y recursos naturales como de generación de residuos, incluida la fase de utilización y eliminación del propio producto en su etapa final de vida.
- Manipulación: trasiego del producto dentro de la empresa.
- Almacenamiento: en los locales del productor y/o en almacenes logísticos.
- Envasado, incluida la identificación segura del producto y la eliminación de embalajes.
- Distribución y venta.
- Uso del producto por el cliente —profesional o particular— para su utilización como producto final o como materia prima para un nuevo proceso.
- Eliminación y tratamiento del producto: se encuentra al final de la vida del producto y puede incluir transformaciones del mismo previas a su eliminación. Los residuos deberán eliminarse de forma que no generen un nuevo riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.



El análisis de los riesgos generados en cada fase del ciclo de vida de un producto traspasa el marco de la empresa que lo fabrica. El producto final de una empresa puede ser materia prima de otra, debiéndose usar según las indicaciones proporcionadas por el fabricante, por lo que es importante el flujo de información entre ambas partes y una estrecha colaboración en el caso de tratarse de usuarios profesionales.

La fase final del ciclo implica también los riesgos para el medio ambiente que puede generar la eliminación y el tratamiento del producto después de su uso, aunque no es el propósito de esta guía tratar este último aspecto.

Hay que recordar que los principios preventivos mencionados en el capítulo 2 son de aplicación en cualquier caso; por lo que se refiere a las medidas preventivas específicas desarrolladas en el capítulo 3, deberán elegirse las más indicadas según sea la fase del ciclo de vida del producto en que nos encontremos.







## PARTE II





# LA VIGILANCIA DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS AL PLOMO YA SUS DERIVADOS IÓNICOS

## I. VIGILANCIA DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A AGENTES QUÍMICOS PELIGROSOS

A efectos de la Directiva 98/24/CE —y, por lo tanto, a efectos de esta guía—, la vigilancia de la salud consiste en «[...] el examen de cada trabajador para determinar su estado de salud, en relación con la exposición a agentes químicos específicos en el trabajo» [artículo 2, letra f)].

La vigilancia de la salud *individual* (también denominada «vigilancia médica») consiste en la realización de pruebas y en la aplicación de procedimientos médicos a cada trabajador con el fin de detectar y valorar cambios en su estado de salud o para proceder a la adaptación del puesto de trabajo a sus características personales. Dicha vigilancia puede llevarse a cabo mediante exámenes médicos (lo más frecuente), aunque estos son solo una de las formas posibles. Otras formas serían: cuestionarios de salud, entrevistas, realización de pruebas pre- y postexposición, etc.

A esta orientación individual debería añadirse la *orientación colectiva*, en la cual se procede a la recopilación, análisis e interpretación de los datos individuales para su utilización en la planificación, desarrollo y evaluación de los programas de protección y promoción de la salud.

Entre las obligaciones de los empresarios relativas a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos y de vigilancia de la salud, se hallan:

1. Evaluar los riesgos teniendo en cuenta, cuando estén disponibles, las conclusiones extraídas de los estudios de vigilancia de la salud (artículo 4, punto 1).
2. Actualizar la evaluación del riesgo cuando los resultados de la vigilancia de la salud muestren

que es necesario (artículo 4, punto 2, y artículo 10, punto 4).

3. Revisar las medidas previstas para eliminar o reducir los riesgos teniendo en cuenta los resultados de la vigilancia de la salud (artículo 10, punto 4).

Los pasos a seguir para la implantación de un programa de vigilancia de la salud serán:

1. Decidir, a la luz de la Directiva, si se requiere un programa de vigilancia de la salud.
2. Determinar los procedimientos y la frecuencia adecuados.
3. Proveer los recursos materiales y humanos para que dicha vigilancia se lleve a cabo.
4. Asegurar la adecuada participación e información de los trabajadores y de sus representantes.
5. Aplicar las medidas preventivas necesarias a tenor de los resultados obtenidos.
6. Revisar la efectividad de las medidas preventivas aplicadas.

Sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 14 de la Directiva 89/391/CEE, en las disposiciones específicas o más rigurosas de ámbito europeo o nacional, y en la práctica nacional, el empresario adoptará las medidas necesarias para llevar a cabo la *adecuada* vigilancia de la salud de aquellos trabajadores para los cuales los resultados de la evaluación contemplada en el artículo 4 de la Directiva 98/24/CE hayan revelado un riesgo de salud, como es el caso del plomo y sus derivados iónicos en las condiciones especificadas en el anexo II, riesgo que tiene un valor límite biológico vinculante.

Según el artículo 10 de la Directiva 98/24/CE, la vigilancia de la salud se considerará *adecuada* cuando se cumplan *simultáneamente* las siguientes condiciones:

- la exposición del trabajador a un agente químico peligroso sea tal que con la exposición pueda relacionarse una enfermedad determinada o un efecto adverso para la salud; existencia de una relación entre el agente químico en cuestión y un daño para la salud, y
- exista la probabilidad de que pueda contraerse dicha enfermedad o efecto adverso en las condiciones laborales particulares del trabajador; y
- la técnica de investigación entrañe escaso riesgo para los trabajadores.

## 2. NATURALEZA DE LOS EFECTOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL PLOMO Y A SUS DERIVADOS IÓNICOS

La acumulación de plomo en el organismo va a determinar los efectos sobre los trabajadores. En el lugar de trabajo, el plomo se absorbe principalmente por vía respiratoria (al respirar) y por vía digestiva (al comer, beber, fumar en el lugar de trabajo). Es transportado en un 90 %-95 % por los glóbulos rojos, se acumula en el organismo y su eliminación se hace mayoritariamente por vía renal. El plomo puede tardar muchos meses en eliminarse del organismo, acumulándose preferentemente en los huesos.

El sistema nervioso central (en especial el cerebro) es el más sensible a la exposición al plomo. Otros efectos descritos en trabajadores expuestos al plomo y a sus derivados iónicos son: alteración de los nervios periféricos, alteración del riñón, anemia, aumento de la tensión arterial, y cólicos y dolores abdominales. Mención aparte merecen los efectos que el plomo puede ejercer sobre la reproducción, como infertilidad, abortos, muerte fetal, bajo peso al nacer, parto antes del término o efectos neurocomportamentales en el niño por exposición en el útero de la madre o durante la lactancia.

## 3. CONTENIDO DE LA VIGILANCIA DE LA SALUD

Podemos dividir el programa de vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos al plomo en dos partes bien definidas: el control biológico y los exámenes médicos.

A tenor del anexo II de la Directiva 98/24/CE, deberá procederse a la vigilancia médica:

- cuando la exposición del trabajador supere los 0,075 mg/m<sup>3</sup>, calculados como media ponderada de 40 horas semanales;
- cuando se mida en determinados trabajadores un nivel de plomo en la sangre superior a 40 µg Pb/100 ml.

El contenido del examen médico debería incluir:

- La *historia laboral* completa en la que, además de los datos referentes a exposiciones pasadas a plomo, se tengan en cuenta el uso de prendas o equipos de protección individual y todas aquellas prácticas que puedan aumentar la exposición al agente, como hábitos higiénicos deficientes o comer, beber o fumar en el lugar de trabajo. En esta historia deberán constar los datos de *control ambiental* referentes al puesto de trabajo desempeñado por el trabajador desde su adscripción al mismo.
- La *historia clínica* en la que se explorarán antecedentes y efectos actuales en los órganos diana como la sangre, el sistema nervioso, el aparato digestivo, el riñón y el aparato reproductor. Es especialmente relevante recoger información sobre el hábito tabáquico, la ingesta alcohólica, medicación y exposiciones a plomo de origen no laboral. Algunos de los síntomas que se deberían vigilar en el seguimiento de los trabajadores expuestos al plomo y derivados serían: la fatiga, la pérdida del apetito, dolores o cólicos abdominales, estreñimiento, gusto metálico, depresión o sensación de estar bajo de moral, irritabilidad, dificultades para concentrarse o de memoria, cambios de personalidad, dolores de cabeza, sensación de hormigueo o de acorchamiento en extremidades, debilidad muscular, dolores articulares, pérdida de interés por el sexo y dificultades para tener descendencia.
- La *exploración física* debe centrarse en los aparatos digestivo y cardiovascular (incluida la toma de la tensión arterial) así como en el sistema nervioso.
- *Plomo en sangre* (PbS): la determinación del plomo en sangre tiene dos usos principales: por un lado, como *complemento de la determinación ambiental* (evaluación de la exposición) y, por otro, como *herramienta de la Medicina del Trabajo* integrado en la vigilancia de la salud de los trabajadores expues-

tos. Por su entidad, ambos enfoques se tratarán de forma específica en otro apartado. Sería conveniente que los responsables de la vigilancia de la salud de los trabajadores fueran también los responsables del desarrollo y aplicación del programa de control biológico, independientemente del uso que se pretenda hacer de él en la empresa, manteniendo siempre una estrecha colaboración con los expertos en higiene industrial y preservando la confidencialidad de los datos en lo relativo a la comunicación de las conclusiones, de conformidad con la práctica nacional y con las directrices éticas reconocidas.

- Otras pruebas: teniendo en cuenta las condiciones de exposición, así como las características individuales de los trabajadores expuestos, se pueden incluir, de *forma no rutinaria y siempre según criterio médico*, ciertas exploraciones complementarias comentadas a continuación:

#### *Toma de la tensión arterial*

Los datos actualmente disponibles sugieren una asociación entre la exposición al plomo y un aumento de la tensión arterial. La inocuidad de la medición, así como su simplicidad y bajo coste, aconsejan su utilización sobre todo por su utilidad en la vigilancia de la salud en su aspecto colectivo y a largo plazo. La periodicidad de la misma se establecerá según criterio médico en función de la edad y del tiempo y nivel de exposición. Sería aconsejable la toma de la tensión arterial en el examen previo y durante el examen periódico. La periodicidad mínima de dicha toma (que correspondería a trabajadores normotensos y con cifras de plomo en sangre por debajo de 40 µg/100 ml) sería de una vez al año.

#### *Hematocrito-hemoglobina*

Otro de los efectos del plomo es la producción de una anemia debida al aumento de la destrucción de los glóbulos rojos, así como a la inhibición de la síntesis de la hemoglobina. Por ello, se puede considerar la inclusión de las determinaciones de la concentración de hemoglobina y del valor del hematocrito en sangre venosa. Dicha anemia es más frecuente en los trabajadores con deficiencia de hierro (anomalía más frecuente entre las mujeres), así como en trabajadores con PbS superior a 50 µg/100 ml. Asimismo, sería conveniente considerar la inclu-

sión en el examen previo de otras pruebas, como el estudio de la extensión sanguínea u otros parámetros eritrocitarios para la detección de alteraciones como, por ejemplo, el déficit de glucosa-6-fosfato deshidrogenasa o la talasemia minor, entidades frecuentes en los países mediterráneos, en la población africana y en el sudeste asiático, y que pueden agravarse con la exposición al plomo.

#### *Protoporfirina zinc (PPZ)*

Dado que los niveles de PPZ son indicadores de efecto a largo plazo, su determinación podría ser de utilidad como complemento a la determinación del PbS cuando existen discordancias entre los valores ambientales y los biológicos, máxime cuando se han observado que, en exposiciones intermitentes, el cese de la exposición da lugar a una disminución del PbS manteniéndose los niveles de PPZ elevados.

#### *Pruebas de funcionalismo renal*

Tanto el funcionalismo como la estructura renal pueden verse afectados por la acción del plomo. Uno de los mayores problemas del uso de las pruebas de funcionalismo renal es que muchas de ellas se alteran de forma significativa tan solo cuando dicho funcionalismo ha disminuido a más de la mitad, sirviendo para determinar la gravedad y hacer un seguimiento de la evolución de la lesión, pero no cumpliéndose el requisito de detección precoz, irrenunciable en los exámenes preventivos. Puede considerarse el uso de pruebas como los niveles de N-acetilglucosaminidasa o de β-2-microglobulina en orina para el seguimiento de ciertos colectivos en razón del nivel y del tiempo de exposición.

#### *Estudio de los efectos sobre el sistema nervioso*

Existen pruebas para la detección precoz y la valoración de estos efectos. Básicamente son de dos tipos: neurocomportamentales y electrofisiológicas. Ambos tipos deben emplearse de forma compatible con la historia clínica y con una exploración física y un seguimiento adecuados.

#### *Otros indicadores*

Se han descrito otros indicadores, como el plomo en orina, la actividad de la ALAD eritrocitaria, el ácido delta-aminolevulínico, los nive-

les de coproporfirina en orina e incluso la concentración de plomo en cabello. Las ventajas y desventajas de tales pruebas dependerán de la situación concreta de exposición. Su utilidad será siempre complementaria, no debiendo plantearse nunca como la alternativa al plomo en sangre, sino como complemento del mismo.

La vigilancia de la salud deberá diseñarse de forma que puede detectar trabajadores especialmente sensibles al plomo y a los derivados iónicos, ya de forma permanente ya de forma temporal, como por ejemplo: trabajadores en edad fértil, trabajadoras embarazadas o en período de lactancia, trabajadores con alteraciones en los órganos diana, etc. La detección de los mismos nos permitirá, en la medida de lo posible, adaptar el puesto de trabajo a su condición, estableciendo las medidas preventivas especiales que se requieran para preservar su salud.

El momento del examen médico es ideal para proceder a informar y reforzar los conocimientos de los trabajadores acerca de los riesgos ligados al plomo, así como las medidas higiénicas indispensables para minimizar la exposición y que están en manos de los trabajadores: no beber, ni fumar, ni comer en el lugar de trabajo; limpieza de las manos, brazos, cara, y cepillado de las uñas antes de comer, beber y fumar; ducharse al finalizar el trabajo; utilizar correctamente las prendas de protección individual asignadas a su puesto de trabajo, etc.

## 4. CONTROL BIOLÓGICO DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS AL PLOMO Y A SUS DERIVADOS IÓNICOS

### 4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

En términos generales, el control biológico se puede definir como la medida y valoración de los agentes químicos del lugar de trabajo, de sus metabolitos o sus efectos precoces no patológicos, en un medio biológico adecuado de la persona expuesta. Su finalidad es evaluar la exposición y el riesgo para la salud mediante comparación de los valores obtenidos con una referencia adecuada.

El propio agente químico, los productos de su transformación generados por el organismo, los metabolitos o el cambio bioquímico resultante del referido

efecto —todos ellos objeto de medición—, son lo que se llaman *indicadores*.

Los *medios biológicos* más usuales son la sangre, la orina y el aire espirado, pero para cada agente químico hay uno o unos medios biológicos que son los adecuados para el control biológico y no otros. La parte en concreto que se toma de alguno de esos medios biológicos de un individuo para llevar a cabo la medida constituye la *muestra*.

El *resultado* de la medición permite conocer el grado de exposición del individuo y deducir si el trabajador se encuentra o no en situación de riesgo para su salud cuando se dispone un *valor límite biológico* establecido para ese contaminante, con un criterio de aplicación adecuado a tal fin.

En cuanto al tipo de significado que proporcionan, los resultados del control biológico y sus evaluaciones no se diferencian esencialmente de los que se obtienen mediante las técnicas de control ambiental puesto que, como estas, proporcionan información que hace referencia, como ya se ha señalado, a la exposición actual de los trabajadores y al riesgo potencial para su salud en determinadas condiciones, y no sobre su estado de su salud en el momento actual ni en el futuro.

El control biológico proporciona una medida de la exposición interna del individuo y, como se ha comentado anteriormente, tiene dos enfoques bien diferenciados: el colectivo (como complemento del control ambiental) y el individual (como herramienta de la Medicina del Trabajo, integrado en la vigilancia de la salud). En la tabla II.1 se resumen sus principales indicaciones.

### 4.2. DETERMINACIÓN DEL PLOMO EN SANGRE

Los aspectos generales del control biológico que se acaban de mencionar constituyen la base de la aplicación de esta técnica preventiva a trabajadores expuestos al plomo y sus derivados iónicos, siendo el plomo en sangre el parámetro de elección.

En la fase de ejecución del mismo, se deberá atender a los siguientes aspectos técnicos:

- trabajadores que deben ser sometidos a dicho control;
- fechas de ejecución;

- toma de muestras, almacenamiento y transporte;
- análisis;
- recepción de resultados y del control de calidad;
- definición de las acciones según los resultados obtenidos;
- transmisión de la información.

En el anexo 6 de esta guía se proponen métodos adecuados de toma de muestra y análisis de plomo y sus derivados iónicos en sangre y en aire.

Teniendo en cuenta que el plomo en sangre es el indicador más representativo del estado de equilibrio dinámico alcanzado entre el plomo ambiental y el del organismo *cuando se cumplen ciertas condiciones*, y que a partir de los resultados de la prueba de plomo en sangre *se han de tomar decisiones* de cierta relevancia, es evidente que se requiere la obtención de valores fiables, cuidando en extremo tanto el procedimiento de toma de muestra, recogida y transporte, como el proceso de análisis.

La utilización del valor límite biológico como referencia solo es correcta cuando se cumplen las dos condiciones siguientes:

- 1) que la exposición se mantenga dentro de un patrón estable a lo largo de un cierto tiempo previo (varios meses) a la realización del control biológico;
- 2) que el organismo del trabajador haya realmente alcanzado el citado equilibrio cuando se tome la muestra de sangre, es decir, que no se hayan producido hechos que hayan impedido que se alcance dicho equilibrio o lo hayan distorsionado, como cambios fisiológicos o patológicos importantes.

Si se llevase a cabo un control biológico de los trabajadores expuestos sin que se cumplieran estas condiciones, el resultado que se obtuviese podría no ser representativo de su exposición real y conducir a una conclusión engañosa con respecto a su valoración y a la magnitud real del riesgo en que se encontrasen tales trabajadores.

**Tabla II.1.** Aplicabilidad del control biológico

Es adecuado para...	No es adecuado para...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La confirmación de los resultados de una evaluación ambiental cuando esta ofrezca dudas, por ejemplo si es difícil obtener mediciones ambientales representativas.</li> <li>• Detección de la posible absorción por vías distintas a la respiratoria, pudiendo cambiar la evaluación inicial del riesgo, basada exclusivamente en los datos ambientales.</li> <li>• La comprobación de la eficacia de uso de los equipos de protección individual u otras medidas preventivas introducidas.</li> <li>• La detección de exposiciones no laborales (ambientales, domésticas, en actividades de ocio, etc.).</li> <li>• La detección de individuos con posible sobrecarga física de trabajo en un grupo de trabajadores que opera teóricamente en las mismas condiciones.</li> <li>• La detección de exposiciones que, sin llegar a constituir riesgo, podrán reducirse mejorando los hábitos de trabajo e higiénicos personales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar exposiciones a agentes químicos para los que no se dispone de indicadores fiables.</li> <li>• Sustituir de forma automática el control ambiental en exposiciones a contaminantes químicos de exclusiva penetración por vía inhalatoria.</li> <li>• Evaluar el estado de salud del trabajador, aunque puede tener una clara relación con él.</li> <li>• Hacer el diagnóstico clínico de enfermedad.</li> <li>• Evaluar los riesgos o los efectos por exposiciones agudas.</li> <li>• Determinar la procedencia laboral del contaminante analizado.</li> </ul>

Otra cuestión esencial son los requisitos bajo los que se debe llevar a cabo esta prueba a fin de que los resultados que se obtengan cumplan con las expectativas de utilidad para evaluar la exposición a este metal o a sus derivados iónicos y el riesgo que de ella se deriva para la salud de los trabajadores implicados.

En la práctica, hay dos tipos de requisitos con los que se debe cumplir, unos de gestión y otros de tipo técnico. Por lo que se refiere al laboratorio, los requisitos de gestión abarcan desde la organización del propio laboratorio, la adopción de sistemas de calidad y el control de documentación, entre otros, hasta el sistema de auditorías internas. Los requisitos técnicos incluyen desde el personal, las instalaciones, los métodos de ensayo y la calibración hasta el aseguramiento de la calidad del resultado. En su conjunto e individualmente, tales requisitos son objeto de aplicación de la norma EN-ISO 15189:2003 para la acreditación de los laboratorios de ensayo y calibración, y, en consecuencia, podría ser apropiada para la determinación de plomo en sangre.

Elementos clave para estimar la competencia de un laboratorio de análisis:

- Cumplimiento (si ha lugar) de la legislación específica aplicable.
- Disponibilidad de protocolos de conservación y transporte.
- Instrumentación adecuada y personal cualificado.
- Disponer de una acreditación de calidad a nivel técnico.
- Participación en programas de control de calidad interlaboratorios.

### 4.3. EL CONTROL BIOLÓGICO COMO HERRAMIENTA DE LA MEDICINA DEL TRABAJO

Teniendo en cuenta que existen estudios que relacionan el valor del PbS con ciertos efectos en los órganos diana (tabla II.2), el conocimiento de la concentración de plomo en sangre puede permitirnos, de forma orientativa, establecer criterios para decidir la periodicidad de la vigilancia de la salud, así como plantear valores de corte para aconsejar el cambio de puesto de trabajo o el valor límite biológico para trabajadores especialmente sensibles. Las recomendaciones de este apartado deberán ser revisadas y adaptadas a las con-

diciones concretas de exposición y a las características de la población protegida.

#### Especialmente sensibles

El valor límite de exposición profesional a plomo y sus derivados iónicos, vinculante a escala comunitaria, refleja «además de los factores considerados al establecer los valores límites indicativos, factores de viabilidad» (artículo 3, punto 6, de la Directiva 98/24/CE). Por ello, si se tienen en cuenta los datos referidos a neurotoxicidad, nefrotoxicidad y toxicidad reproductiva, en ciertos colectivos tributarios de una protección especial deberán aplicarse criterios más restrictivos. Esos colectivos serán obviamente las mujeres embarazadas o en período de lactancia y los jóvenes, pero también cualquier trabajador que presente alguna condición o característica que pueda suponer una mayor probabilidad de padecer algún efecto derivado de la exposición, como, por ejemplo, trabajadores y trabajadoras en edad fértil, con problemas renales, neurológicos o hemáticos de cierta consideración, con una carga corporal elevada por exposiciones anteriores, etc.; en suma, cualquier circunstancia que, según criterio médico, represente un mayor riesgo para la salud del trabajador en cuestión o de su descendencia.

#### Cambio de puesto de trabajo

Cuando se haya producido un daño para la salud de un trabajador, manifestado bien sea a través de una enfermedad identificable o a través de unos efectos nocivos, o bien se haya rebasado un valor límite biológico vinculante, la Directiva 98/24/CE (artículo 10, punto 4) establece para el empresario ciertas obligaciones entre las cuales se encuentra la de tener en cuenta las recomendaciones de los especialistas cualificados o de la autoridad competente al aplicar las medidas previstas en el artículo 6 para eliminar o reducir el riesgo, «incluida la posibilidad de asignar al trabajador a otro trabajo donde no exista riesgo de nueva exposición».

La separación del puesto de trabajo de ciertos trabajadores en función del nivel de PbS es una medida de protección que pretende evitar la aparición de posibles daños para la salud, y es conveniente que antes de hacerla efectiva se realice una nueva comprobación del PbS en los 15 días siguientes. Los niveles de corte de PbS recomendables para proceder al cambio de puesto de trabajo de los trabajadores expuestos van a depender principalmente de la edad, del sexo y de ciertas características personales:



Tabla II.2. Concentración de plomo en sangre y efectos observados sobre la salud <sup>(1)</sup>

Criterios de referencia	Nivel más bajo de observación del efecto (µg/dl)	Efectos sobre la sangre	Efectos neurológicos	Efectos renales	Efectos sobre el aparato reproductor	Efectos sobre la descendencia	Efectos cardiovasculares	Nivel de acción
	100-120		Encefalopatía aguda	Nefropatía crónica				
	80	Anemia						
Directiva 98/24/CE	70				Infertilidad (mujeres)	Compromiso de la capacidad reproductiva del feto femenino		
	50	Disminución de la hemoglobina						
	40	Aumento ALAU	Efectos neuro-comportamentales y de los nervios periféricos	Signos precoces de nefrotoxicidad	Infertilidad (hombres)			Directiva 98/24/CE
BEI-ACGIH <sup>(2)</sup> SCOEL <sup>(3)</sup>	30					Abortos espontáneos por exposición paterna. Parto pretérmino y disminución del peso al nacer	Elevación de la tensión arterial	
	25-30	Aumento PPZ (hombres)				Alteraciones funcionales en el recién nacido		
	15-20	Aumento PPZ (mujeres)						
	> 10	Inhibición ALAD						

<sup>(1)</sup> Esta tabla ha sido confeccionada a partir de la figura 1 incluida en el informe de SCOEL/SUM/83 final, de enero 2002, «Recommendation of the scientific committee on occupational exposure limits for lead and its inorganic compounds», y la ficha correspondiente al plomo y sus derivados iónicos del «Documentation of the biological exposure indices – 2001» de ACGIH.

<sup>(2)</sup> Biological exposure indices – American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

<sup>(3)</sup> Scientific Committee on Occupational Exposure Limits.

- La superación del valor límite biológico expresado en el anexo II de la Directiva 98/24/CE conllevará la separación obligatoria del trabajador de su puesto de trabajo y la realización de controles bimestrales hasta que dicho valor se sitúe, en dos ocasiones consecutivas, por debajo del valor límite biológico vinculante vigente a nivel europeo o nacional (si este es más estricto que el europeo).
- La no existencia de valores «seguros» para evitar las repercusiones que sobre el feto o el lactante tiene la exposición al plomo y a sus derivados iónicos aconseja evitar la exposición de la trabajadora embarazada o en período de lactancia a niveles de plomo en sangre superiores a los de la población general de referencia. Por ello, se debe velar por la no superación de dicho nivel y el cambio de puesto de trabajo inmediato en caso contrario.
- En los trabajadores menores de 18 años el nivel de corte será 50 µg/dl, utilizando el mismo procedimiento para la reincorporación que en los trabajadores adultos.
- La prevención de las alteraciones de la reproducción en la población expuesta (tanto en hombres como en mujeres) aconseja disminuir al máximo la exposición al plomo de los trabajadores en edad fértil. En el caso de los hombres, el período crítico será el correspondiente a los 90 días anteriores a la concepción. En la mujer, dado que el plomo es además un tóxico que se acumula en el organismo y que puede ser liberado durante el embarazo o la lactancia, sería aconsejable mantener los niveles de plomo en sangre por debajo de 25-30 µg/dl.

### Tipos y periodicidad de la vigilancia de la salud

Teniendo en cuenta que la vigilancia de la salud nos permite saber si las medidas de prevención y protección adoptadas están protegiendo realmente la salud del trabajador, el contenido y la periodicidad de la misma deben ajustarse a la consecución, en los momentos clave, de los datos necesarios para proceder a dicha comprobación.

#### *Previa a la exposición*

Antes de la adscripción de un trabajador a un puesto de trabajo con exposición al plomo o a sus derivados iónicos, se deberá proceder a un examen médico cuyo contenido se adecuará a los objetivos específicos del programa de prevención y que nos servirá de referencia para estudiar la evolución de la salud del trabajador a lo largo del tiempo. Sería conveniente, además

de lo descrito en el apartado 3 (historia laboral y clínica, exploración física específica y determinación del plomo en sangre), incluir las siguientes pruebas: toma de la tensión arterial, hematocrito y hemoglobina, así como cualquier otra prueba que se considere necesaria para detectar a los trabajadores especialmente sensibles. De especial interés es la repetición del PbS hasta que el trabajador haya alcanzado el equilibrio mencionado anteriormente.

#### *Periódica*

La periodicidad mínima para aquellos trabajadores cuya concentración de plomo en sangre o de plomo en aire sea superior a 40 µg/100 ml o 0,075 mg/m<sup>3</sup> será anual para el examen médico y semestral para el control biológico.

Dependiendo de los resultados obtenidos, dicha periodicidad podrá pasar de forma temporal o permanente a ser semestral, trimestral, mensual, etc., siempre según criterio médico y en función de los hallazgos clínicos, las características personales y las condiciones concretas de exposición. Al contenido de base se le pueden añadir, de forma circunstancial y para clarificar discordancias o para clarificar resultados previos, pruebas complementarias como la PPZ o pruebas neurocomportamentales.

#### *Circunstancial*

En esta categoría entrarían aquellos exámenes médicos motivados por la aparición de un daño en uno o varios trabajadores de un grupo homogéneo de riesgo, por cambios en la exposición laboral (ya por problemas esporádicos, ya por cambios en las condiciones de exposición) o por cambios temporales o permanentes en las características personales de un trabajador.

Al reconocimiento de base se deberán añadir todas aquellas pruebas que se consideren adecuadas para detectar de forma precoz los posibles efectos derivados de esos cambios. Especialmente en las mujeres embarazadas o en período de lactancia cuya exposición sea equiparable a la exposición de la población general de referencia o inferior a 30 µg/100 ml (escogiendo siempre la opción más favorable) se deberán efectuar determinaciones de PbS como mínimo cada tres meses.

Por todo ello, siempre según criterio médico y según las circunstancias de exposición y las características individuales, y para mejorar la protección de la salud de los trabajadores, se consideran apropiadas las recomendaciones que se resumen en la tabla II.3.



**Tabla II.3.** Recomendaciones sobre la vigilancia de la salud y el control biológico

PbS en µg/100 ml	> Valor población de referencia o < 40	41-50	51-60	61-70	> 70
<b>Categoría de trabajadores</b> <sup>(1)</sup>					
<b>Trabajadores en general</b>	Recomendación: VS <sup>(2)</sup> y CB <sup>(3)</sup> según criterio médico	<b>VS y CB obligatorios</b>  Recomendación: VS anual y CB cada seis meses		Recomendación: Revisión de las condiciones y modificaciones operativas, VS anual o más frecuentemente según criterio médico, CB trimestral	<b>Revisión de las condiciones, modificaciones operativas (obligatorio)</b>  Recomendación: Separación del puesto de trabajo <sup>(5)</sup> , VS anual o más frecuentemente según criterio médico y CB bimestral
<b>Mujeres embarazadas, que han dado a luz recientemente o en período de lactancia</b>	Recomendación: Separación del puesto de trabajo <sup>(4)</sup>				
<b>Menores 18 años</b>	Recomendación: VS y CB según criterio médico	Recomendación: Revisión de las condiciones y de las modificaciones operativas, VS anual y CB trimestral	Recomendación: Separación del puesto de trabajo <sup>(5)</sup> , VS anual o más frecuentemente según criterio médico y CB bimestral		

<sup>(1)</sup> La vigilancia de la salud estará sujeta a las características individuales del trabajador en cada caso.  
<sup>(2)</sup> Vigilancia de la salud.  
<sup>(3)</sup> Control biológico.  
<sup>(4)</sup> La vuelta al trabajo se realizará cuando haya cesado el riesgo para la mujer, el feto o el lactante y así lo determine el médico responsable.  
<sup>(5)</sup> La vuelta al trabajo se realizará cuando el valor del plomo en sangre sea inferior al valor límite biológico vinculante a nivel europeo o nacional, preferentemente en dos determinaciones consecutivas (en un intervalo de dos meses).





# PARTE III





# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## I. REGLAMENTOS, DIRECTIVAS Y GUÍAS EUROPEAS CITADOS

Reglamento (CEE) n° 793/93 del Consejo, de 23 de marzo de 1993, sobre evaluación y control del riesgo de las sustancias existentes (DO L 84 de 5.4.1993).

Directiva 67/548/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1967, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de las sustancias peligrosas (DO 196 de 16.8.1967) (y sus modificaciones y adaptaciones al progreso técnico).

Directiva 89/391/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores (DO L 183 de 29.6.1989).

Directiva 89/654/CEE del Consejo, de 30 de noviembre de 1989, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en los lugares de trabajo (primera Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) (DO L 393 de 30.12.1989).

Directiva 89/655/CEE del Consejo, de 30 de noviembre de 1989, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de los equipos de trabajo (segunda Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) (DO L 393 de 30.12.1989).

Directiva 90/394/CEE del Consejo, de 28 de junio de 1990, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos durante el trabajo (sexta Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) (DO L 196 de 26.7.1990).

Directiva 91/155/CEE de la Comisión, de 5 de marzo de 1991, por la que se definen y fijan, en aplicación del artículo 10 de la Directiva 88/379/CEE del Consejo, las modalidades del sistema de información específica, relativo a los preparados peligrosos (DO L 76 de 22.3.1991) (y sus posteriores modificaciones).

Directiva 92/58/CEE del Consejo, de 24 de junio de 1992, relativa a las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo (novena Directiva particular con arreglo a lo dispuesto en el apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) (DO L 245 de 26.08.1992).

Directiva 92/85/CEE del Consejo, de 19 de octubre de 1992, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia (décima Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) (DO L 348 de 28.11.1992).

Directiva 93/75/CEE del Consejo, de 13 de septiembre de 1993, sobre las condiciones mínimas exigidas a los buques con destino a los puertos marítimos de la Comunidad o que salgan de los mismos y transporten mercancías peligrosas o contaminantes (DO L 247 de 5.10.1993).

Directiva 94/9/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de marzo de 1994, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas (DO L 100 de 19.4.1994).

Directiva 94/33/CE del Consejo, de 22 de junio de 1994, relativa a la protección de los jóvenes en el trabajo (DO L 216 de 20.8.1994).

Directiva 96/39/CE del Consejo, de 19 de junio de 1996 (DO L 196 de 7.8.1996) (y sus modificaciones).

Directiva 96/49/CE, del Consejo, de 23 de julio de 1996, sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros relativas al transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril (DO L 235 de 17.9.1996) (y sus modificaciones).

Directiva 96/82/CE del Consejo, de 9 de diciembre de 1996, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (DO L 10 de 14.1.1997).

Directiva 97/42/CE del Consejo, de 27 de junio de 1997, por la que se modifica por primera vez la Directiva 90/394/CEE (DO L 179 de 8.7.1997).

97/C 267/16. Propuesta de Directiva del Consejo relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de transporte en buque de mercancías peligrosas por vía navegable (y sus modificaciones).

Directiva 98/24/CE del Consejo, de 7 de abril de 1998, relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo (decimocuarta Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) (DO L 131 de 5.5.1998).

Directiva 98/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 junio de 1998, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas (DO L 207 de 23.7.1998).

Directiva 1999/38/CE del Consejo, de 29 de abril de 1999, por la que se modifica por segunda vez la Directiva de 90/394/CEE (DO L 138 de 1.6.1999).

Directiva 1999/45/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de mayo de 1999, sobre la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros relativas a la clasificación, el envasado y el etiquetado de preparados peligrosos (DO L 200 de 30.7.1999).

Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 1999, relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas (decimoquinta Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) (DO L 23 de 28.1.2000).

Directiva 2000/39/CE de la Comisión, de 8 de junio de 2000, por la que se establece una primera lista de valores límite de exposición profesional indicativos en aplicación de la Directiva 98/24/CE del Consejo relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo (DO L 142 de 16.6.2000).

Directiva 2001/60/CE de la Comisión, de 7 de agosto de 2001, por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 1999/45/CE (DO L 226 de 22.8.2001).

Directiva 2003/18/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de marzo de 2003, por la que se modifica la Directiva 83/477/CEE del Consejo sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al amianto durante el trabajo (DO L 97 de 15.4.2003).

Resolución 2001/C 121/04 del Parlamento Europeo, sobre el informe de la Comisión sobre la aplicación de la Directiva 92/85/CEE (DO C 121 de 24.4.2001).

COM(2000) 466 final. Comunicación de la Comisión de 5 de noviembre de 2000 sobre las directrices para la evaluación de los agentes químicos, físicos y biológicos, así como los procedimientos industriales considerados como peligrosos para la salud o la seguridad de la trabajadora embarazada, que haya dado luz o en período de lactancia.



European Chemical Industry Council. Guidance on the health protection of pregnant, recently delivered and breast-feeding women at work. Implementation of Directive 92/85/EEC.

COM(2001) 68 final. Comisión de las Comunidades Europeas. Libro Verde sobre la política de productos integrada. Bruselas, 7.2.2001.

COM(2001) 88 final. Comisión de las Comunidades Europeas. Libro Blanco sobre la estrategia para la futura política en materia de sustancias y preparados químicos. Bruselas, 27.2.2001.

## 2. NORMAS EUROPEAS

EN 481:1993 Workplaces atmospheres – Size fraction definitions for measurement of airborne particles.

EN 482:1994 Workplace atmospheres – General requirements for the performance of procedures for measurement of chemical agents.

EN 689:1995 Workplace atmospheres – Guidance for the assessment of exposure to chemical agents for comparison with limit values and measurement strategy.

EN 838:1995 Workplace atmospheres – Diffusive samplers for the determination of gases and vapours – Requirements and test methods.

EN 1076:1997 Workplace atmospheres – Pumped sorbent tubes for the determination of gases and vapours – Requirements and test methods.

EN 1231:1996 Workplace atmospheres – Short term detector tube measurement systems – Requirement and test methods.

EN 1232:1997 Workplace atmospheres – Pumps for personal sampling of chemical agents – Requirements and test methods.

EN 1540:1998 Workplace atmospheres – Terminology.

EN 12919:1999 Workplace atmospheres – Pumps for the sampling of chemical agents with a volume flow rate of over 5 l/min – Requirements and test methods.

EN 13205:2001 Workplace atmospheres – Assessment of performance of instruments for measurement of airborne particle concentrations.

EN 13890:2002 Workplace atmospheres – Procedures for measuring metals and metalloids in airborne particles – Requirements and test methods.

ENV 13936:2001 Workplace atmospheres – Measurement of chemical agents present as mixtures of airborne particles and vapours – Requirement and test methods.

EN 14042:2003 Workplace atmospheres – Guide for the application and use of procedures for the assessment of chemical and biological agents.

EN-DIS 15189:2002 Medical Laboratories. Particular requirements for quality and competence.

## 3. COLECCIONES DE MÉTODOS ANALÍTICOS

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). Analysis Hazardous Substances in air. Vol. 1-6 (2002). DFG Verlag Chemie. Alemania.

Health and Safety Executive (HSE). Methods for the Determination of Hazardous Substances. HSE Occupational Medicine and Hygiene Laboratory. Reino Unido.

Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). Métrologie de Pollutants — Recueil des méthodes de prélèvement et d'analyse de l'air pour l'évaluation de l'exposition professionnelle aux agents chimiques. Francia.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Métodos de Toma de Muestras y Análisis. España.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Documentation of the NIOSH Validation Tests. DHEW (NIOSH) Pub. No. 77-185. Estados Unidos.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). NIOSH Manual of Analytical Methods, 4<sup>th</sup> ed. DHHS (NIOSH) Pub. No. 94-113 (1994). Estados Unidos.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Analytical Methods Manual. OSHA, Estados Unidos.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Sampling and Analytical Methods. OSHA. Estados Unidos.

## 4. BIBLIOGRAFÍA GENERAL

Academic Press. International Safety Academy. Macon, Georgia. 1973. Fine, WT. Mathematical Evaluations for Controlling Hazards (incluido en la obra editada por Widner, J.T: Selected Readings in Safety).

Asociación Internacional de la Seguridad Social. Almacenamiento de sustancias peligrosas. Compendio práctico. ISSA Prevention series n° 2001 (Sp).

Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit. The Colum Model — An aid to risk identification and substitute assessment, 2001.

CNAM-CRAM-INRS. Produits dangereux — Guide d'évaluation des risques.

Coordinamento tecnico per la prevenzione degli assessorati alla sanità delle regioni e province autonome di Trento e Bolzano. Decreto Legislativo n. 626/94. Titolo VII-bis. Protezione da agenti chimici — Linee Guida.

Health and Safety Executive. Biological monitoring in the workplace. A guide to its practical application to chemical exposure. HSE Books. Second edition, 1997.

Health and Safety Executive. COSHH Essentials, 2003.

Health and Safety Executive. Monitoring strategies for toxic substances. HSE Books. 1997.

Hodgkinson, E. Guidelines for the Medical Surveillance of Lead Workers. Nueva Zelanda, 1994

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Duarte G., Piqué T.: «Evaluación del riesgo de incendio». Nota Técnica de Prevención n° 599 (2003).

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Obiols, J.: «Control biológico de los trabajadores expuestos a contaminantes químicos» (1999).

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Bestratén M., Pareja F.: «Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente». Nota Técnica de Prevención n° 330 (1993).



Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Guía Técnica del Real Decreto 374/2001 para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo. INSHT, 2002.

Leidel, Busch y Lynch. Occupational Exposure Sampling Strategy Manual. NIOSH. 1977.

Ministerio de Sanidad y Consumo de España. Plomo – Protocolo de vigilancia sanitaria específica.

Occupational Safety and Health Association (OSHA). Lead – 1910.1025.

Occupational Safety and Health Association (OSHA). Medical surveillance guidelines – 1910.1025 App C

Occupational Safety and Health Association (OSHA). Non Mandatory Protocol for Biological Monitoring – 1910.1027 App F

Rhodia. Guide d'hygiène industrielle. Évaluation quantitative des expositions professionnelles aux agents chimiques par inhalation. Comunicación personal.

TRGS 440 «Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen durch Gefahrstoffe am Arbeitsplatz: Ermitteln von Gefahrstoffen und Methoden zur Ersatzstoffprüfung» (Bundesarbeitsblatt 3/2001, p. 105-112, corrected in BArbBl. 4/2001 p 108, amended 3/2002, p. 67).

Union des Industries Chimiques. Cahier de sécurité n° 13. Sécurité des installations. Methodologie de l'analyse de risque. Document DT 54, marzo de 1998.

Union des Industries Chimiques. Outil d'évaluation des risques liés aux produits chimiques. Document DT 63, octubre de 1999.





# ANEXOS





# ANEXO I

## FRASES R, FRASES S, Y SUS COMBINACIONES

### Frases R de riesgo

R1	Explosivo en estado seco
R2	Riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición
R3	Alto riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición
R4	Forma compuestos metálicos explosivos muy sensibles
R5	Peligro de explosión en caso de calentamiento
R6	Peligro de explosión, en contacto o sin contacto con el aire
R7	Puede provocar incendios
R8	Peligro de fuego en contacto con materias combustibles
R9	Peligro de explosión al mezclar con materias combustibles
R10	Inflamable
R11	Fácilmente inflamable
R12	Extremadamente inflamable
R14	Reacciona violentamente con el agua
R15	Reacciona con el agua liberando gases extremadamente inflamables
R16	Puede explosionar en mezcla con sustancias comburentes
R17	Se inflama espontáneamente en contacto con el aire
R18	Al usarlo pueden formarse mezclas aire-vapor explosivas/inflamables
R19	Puede formar peróxidos explosivos
R20	Nocivo por inhalación
R21	Nocivo en contacto con la piel
R22	Nocivo por ingestión
R23	Tóxico por inhalación
R24	Tóxico en contacto con la piel
R25	Tóxico por ingestión
R26	Muy tóxico por inhalación
R27	Muy tóxico en contacto con la piel
R28	Muy tóxico por ingestión
R29	En contacto con agua libera gases tóxicos
R30	Puede inflamarse fácilmente al usarlo
R31	En contacto con ácidos libera gases tóxicos
R32	En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos
R33	Peligro de efectos acumulativos
R34	Provoca quemaduras

R35	Provoca quemaduras graves
R36	Irrita los ojos
R37	Irrita las vías respiratorias
R38	Irrita la piel
R39	Peligro de efectos irreversibles muy graves
R40 <sup>(1)</sup>	Posibles efectos cancerígenos
R41	Riesgo de lesiones oculares graves
R42	Posibilidad de sensibilización por inhalación
R43	Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel
R44	Riesgo de explosión al calentarlo en ambiente confinado
R45	Puede causar cáncer
R46	Puede causar alteraciones genéticas hereditarias
R48	Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada
R49	Puede causar cáncer por inhalación
R50	Muy tóxico para los organismos acuáticos
R51	Tóxico para los organismos acuáticos
R52	Nocivo para los organismos acuáticos
R53	Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático
R54	Tóxico para la flora
R55	Tóxico para la fauna
R56	Tóxico para los organismos del suelo
R57	Tóxico para las abejas
R58	Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente
R59	Peligroso para la capa de ozono
R60	Puede perjudicar la fertilidad
R61	Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto
R62	Posible riesgo de perjudicar la fertilidad
R63	Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto
R64	Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna
R65	Nocivo. Si se ingiere puede causar daño pulmonar
R66	La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel
R67	La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo
R68	Posibilidad de efectos irreversibles

<sup>(1)</sup> Modificada recientemente. Anteriormente tenía el significado de la actual R68, que fue añadida a propósito de este cambio. Hay que tener en cuenta esta modificación en los casos de etiquetas o fichas de datos de seguridad que no hayan sido actualizadas.



## Combinación de frases R

R14/15	Reacciona violentamente con el agua, liberando gases extremadamente inflamables
R15/29	En contacto con el agua, libera gases tóxicos y extremadamente inflamables
R20/21	Nocivo por inhalación y en contacto con la piel
R20/22	Nocivo por inhalación y por ingestión
R20/21/22	Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel
R21/22	Nocivo en contacto con la piel y por ingestión
R23/24	Tóxico por inhalación y en contacto con la piel
R23/25	Tóxico por inhalación y por ingestión
R23/24/25	Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel
R24/25	Tóxico en contacto con la piel y por ingestión
R26/27	Muy tóxico por inhalación y en contacto con la piel
R26/28	Muy tóxico por inhalación y por ingestión
R26/27/28	Muy tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel
R27/28	Muy tóxico en contacto con la piel y por ingestión
R36/37	Irrita los ojos y las vías respiratorias
R36/38	Irrita los ojos y la piel
R36/37/38	Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias
R37/38	Irrita las vías respiratorias y la piel
R39/23	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación
R39/24	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel
R39/25	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión
R39/23/24	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contacto con la piel
R39/23/25	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación e ingestión
R39/24/25	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel e ingestión
R39/23//24/25	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión
R39/26	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación
R39/27	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel
R39/28	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión
R39/26/27	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contacto con la piel
R39/26/28	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación e ingestión
R39/27/28	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel e ingestión
R39/26//27/28	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión
R42/43	Posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel
R48/20	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación
R48/21	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel

R48/22	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión
R48/20/21	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel
R48/20/22	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión
R48/21/22	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión
R48/20/21/22	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión
R48/23	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación
R48/24	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel
R48/25	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión
R48/23/24	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel
R48/23/25	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión
R48/24/25	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión
R48/23//24/25	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión
R50/53	Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático
R51/53	Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático
R52/53	Nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático
R68/20 <sup>(1)</sup>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación
R68/21 <sup>(1)</sup>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles en contacto con la piel
R68/22 <sup>(1)</sup>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por ingestión
R68/20/21 <sup>(1)</sup>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación y contacto con la piel
R68/20/22 <sup>(1)</sup>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación e ingestión
R68/21/22 <sup>(1)</sup>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles en contacto con la piel e ingestión
R68/20/21/22 <sup>(1)</sup>	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación, contacto con la piel e ingestión

<sup>(1)</sup> Antes de la modificación del texto para la R40 y la adición de la R68 en todas estas combinaciones de frases, la R40 figuraba en lugar de la R68.

## Frases S de prudencia

S1	Consérvese bajo llave
S2	Manténgase fuera del alcance de los niños
S3	Consérvese en lugar fresco
S4	Manténgase lejos de locales habitados
S5	Consérvese en... (líquido apropiado a especificar por el fabricante)
S6	Consérvese en... (gas inerte a especificar por el fabricante)
S7	Manténgase el recipiente bien cerrado
S8	Manténgase el recipiente en lugar seco
S9	Consérvese el recipiente en lugar bien ventilado
S12	No cerrar el recipiente herméticamente
S13	Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos
S14	Consérvese lejos de... (materiales incompatibles a especificar por el fabricante)
S15	Conservar alejado del calor
S16	Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas. No fumar
S17	Manténgase lejos de materiales combustibles
S18	Manipúlese y ábrase el recipiente con prudencia
S20	No comer ni beber durante su utilización
S21	No fumar durante su utilización
S22	No respirar el polvo
S23	No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles [denominación(ones) adecuada(s) a especificar por el fabricante]
S24	Evítese el contacto con la piel
S25	Evítese el contacto con los ojos
S26	En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico
S27	Quítese inmediatamente la ropa manchada o salpicada
S28	En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con... (productos a especificar por el fabricante)
S29	No tirar los residuos por el desagüe
S30	No echar jamás agua a este producto
S33	Evítese la acumulación de cargas electrostáticas
S35	Elimínense los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles
S36	Úsese indumentaria protectora adecuada
S37	Úsense guantes adecuados
S38	En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado
S39	Úsese protección para los ojos/la cara
S40	Para limpiar el suelo y los objetos contaminados por este producto, úsese... (a especificar por el fabricante)
S41	En caso de incendio y/o de explosión, no respire los humos

S42	Durante las fumigaciones/pulverizaciones, úsese equipo respiratorio adecuado [denominación(es) adecuada(s) a especificar por el fabricante]
S43	En caso de incendio, utilizar... (los medios de extinción los debe especificar el fabricante). (Si el agua aumenta el riesgo, se deberá añadir: «No usar nunca agua»)
S45	En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrole la etiqueta)
S46	En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstrole la etiqueta o el envase
S47	Consérvese a una temperatura no superior a... °C (a especificar por el fabricante)
S48	Consérvese húmedo con... (medio apropiado a especificar por el fabricante)
S49	Consérvese únicamente en el recipiente de origen
S50	No mezclar con... (a especificar por el fabricante)
S51	Úsese únicamente en lugares bien ventilados
S52	No usar sobre grandes superficies en locales habitados
S53	Evítese la exposición. Recábense instrucciones especiales antes del uso
S56	Elimínense esta sustancia y su recipiente en un punto de recogida pública de residuos especiales o peligrosos
S57	Utilícese un envase de seguridad adecuado para evitar la contaminación del medio ambiente
S59	Remitirse al fabricante o al proveedor para obtener información sobre su recuperación/reciclado
S60	Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos
S61	Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad
S62	En caso de ingestión no provocar el vómito: acúdase inmediatamente al médico y muéstrole la etiqueta o el envase
S63	En caso de accidente por inhalación, alejar a la víctima fuera de la zona contaminada y mantenerla en reposo
S64	En caso de ingestión, lavar la boca con agua (solamente si la persona está consciente)

## Combinación de frases S

S1/2	Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños
S3/7	Consérvese el recipiente bien cerrado y en lugar fresco
S3/9/14	Consérvese en lugar fresco y bien ventilado y lejos de... (materiales incompatibles, a especificar por el fabricante)
S3/9/14/49	Consérvese únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y bien ventilado y lejos de... (materiales incompatibles, a especificar por el fabricante)
S3/9/49	Consérvese únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y bien ventilado
S3/14	Consérvese en lugar fresco y lejos de... (materiales incompatibles, a especificar por el fabricante)
S7/8	Manténgase el recipiente bien cerrado y en lugar seco
S7/9	Manténgase el recipiente bien cerrado y en lugar bien ventilado
S7/47	Manténgase el recipiente bien cerrado y consérvese a una temperatura no superior a... °C (a especificar por el fabricante)



S20/21	No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización
S24/25	Evítese el contacto con los ojos y la piel
S27/28	Después del contacto con la piel, quítese inmediatamente toda la ropa manchada
S29/35	No tirar los residuos por el desagüe; elimínense los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles
S29/56	No tirar los residuos por el desagüe; elimínese esa sustancia y su recipiente en un punto de recogida pública de residuos especiales o peligrosos
S36/37	Úsense indumentaria y guantes de protección adecuados
S36/37/39	Úsense indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara
S36/39	Úsense indumentaria adecuada y protección para los ojos/la cara
S37/39	Úsense guantes adecuados y protección para los ojos/la cara
S47/49	Consérvese únicamente en el recipiente de origen y a temperatura no superior a... °C (a especificar por el fabricante)



# ANEXO 2

## METODOLOGÍAS SIMPLIFICADAS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS

Las metodologías simplificadas pueden constituir una buena ayuda (especialmente para las pequeñas y medianas empresas) para realizar la evaluación inicial de riesgos y determinar si es necesario recurrir a medidas correctoras. Tal y como muestra el cuadro I.5 de esta guía, el proceso de evaluación de riesgos continúa, la mayor parte de las veces, con la evaluación pormenorizada, a no ser que el riesgo detectado sea leve. Por lo tanto, *a priori*, estas metodologías no constituyen una alternativa a la evaluación pormenorizada, sino que efectúan un primer diagnóstico de la situación a evaluar. Algunas de ellas ofrecen también orientaciones sobre el tipo de medida a implementar, en función del nivel de riesgo y del tipo de operación o proceso evaluado.

### Las variables que generalmente consideran las distintas metodologías son:

- la peligrosidad intrínseca de los agentes químicos;
- la frecuencia/el tiempo de exposición;
- la cantidad de agente químico utilizado o presente;
- la volatilidad o la pulverulencia del agente químico;
- la forma de uso;
- el tipo de control.

Asignando índices semicuantitativos a algunas de estas variables (por tratarse de metodologías simplificadas no se seleccionan normalmente todas ellas), se obtiene una categorización del riesgo.

A modo de ejemplo se ofrecen a continuación:

- 1) Metodología simplificada para la evaluación del riesgo por exposición (inhalatoria o dérmica) a agentes químicos.
- 2) Metodología simplificada para la evaluación del riesgo de accidente derivado de la presencia de agentes químicos.

### I. METODOLOGÍA SIMPLIFICADA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO POR EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS PELIGROSOS

Esta metodología fue elaborada por Health & Safety Executive para la evaluación del riesgo por exposición a agentes químicos peligrosos y se denomina «COSHH Essentials».

Se trata de una metodología para determinar la medida de control adecuada a la operación que se está evaluando, y no propiamente para determinar el nivel de riesgo existente. Este es su punto más fuerte, puesto que proporciona soluciones de índole práctica en forma de numerosas «fichas de control».

En lo sucesivo realizaremos la asunción de que los niveles de control que se obtienen en este método corresponden a niveles de riesgo. Serán niveles de riesgo «potencial», puesto que no intervienen las medidas de control existentes como variable de entrada del método. Una vez categorizado el riesgo en cuatro niveles, se ofrecen algunas indicaciones generales sobre cómo proceder en cada nivel.

A continuación se reproduce la parte relativa a la categorización del riesgo en cuatro grupos <sup>(13)</sup>. Se basa en la consideración de tres variables del proceso:

- a) la peligrosidad intrínseca de la sustancia;
- b) su tendencia a pasar al ambiente;
- c) la cantidad de sustancia que se emplea en cada operación.

- a) La *peligrosidad intrínseca de las sustancias*, según lo indicado en la tabla A2.1, se clasifica en cinco categorías (A, B, C, D y E) en función de las frases R que deben figurar en la etiqueta del producto y en su correspondiente hoja de datos de seguridad.

<sup>(13)</sup> La metodología completa (COSHH Essentials. Health and Safety Executive, 2003) puede consultarse en <http://www.coshh-essentials.org.uk/>

**Tabla A2.1.** Peligrosidad intrínseca por inhalación de las sustancias químicas <sup>(1)</sup>

A	B	C	D	E
R36 R36/38 R38	R20 R20/21 R20/21/22 R20/22	R23 R23/24 R23/24/25 R23/25	R26 R26/27 R26/27/28 R26/28	Mutagénico categoría 3, R40
R65 R67	R21 R21/22	R24 R24/25	R27 R27/28	R42 R42/43
Todas las sustancias que no tengan asignadas frases R que correspondan a los grupos B a E	R22	R25	R28	R45
		R34	Carcinógeno categoría 3, R40	R46
		R35	R48/23 R48/23/24 R48/23/24/25 R48/23/25 R48/24 R48/24/25 R48/25	R49
		R36/37 R36/37/38	R60 R61 R62 R63	
		R37 R37/38		Mutagénico categoría 3, R68
		R41		
		R43		
		R48/20 R48/20/21 R48/20/21/22 R48/20/22 R48/21 R48/21/22 R48/22		

<sup>(1)</sup> El nivel de peligrosidad crece de A hasta E.

Además, algunas sustancias pueden presentar riesgos por contacto con la piel o las mucosas externas; dichas sustancias son aquellas a las que se han asignado las frases R recogidas en la tabla A2.2. Cuando dichos riesgos se presentan de manera inmediata después del contacto (frase R34 «Provoca quemaduras», por ejemplo), la evaluación del riesgo asociado a este efecto se efectuará según lo indicado en el apartado B de este anexo.

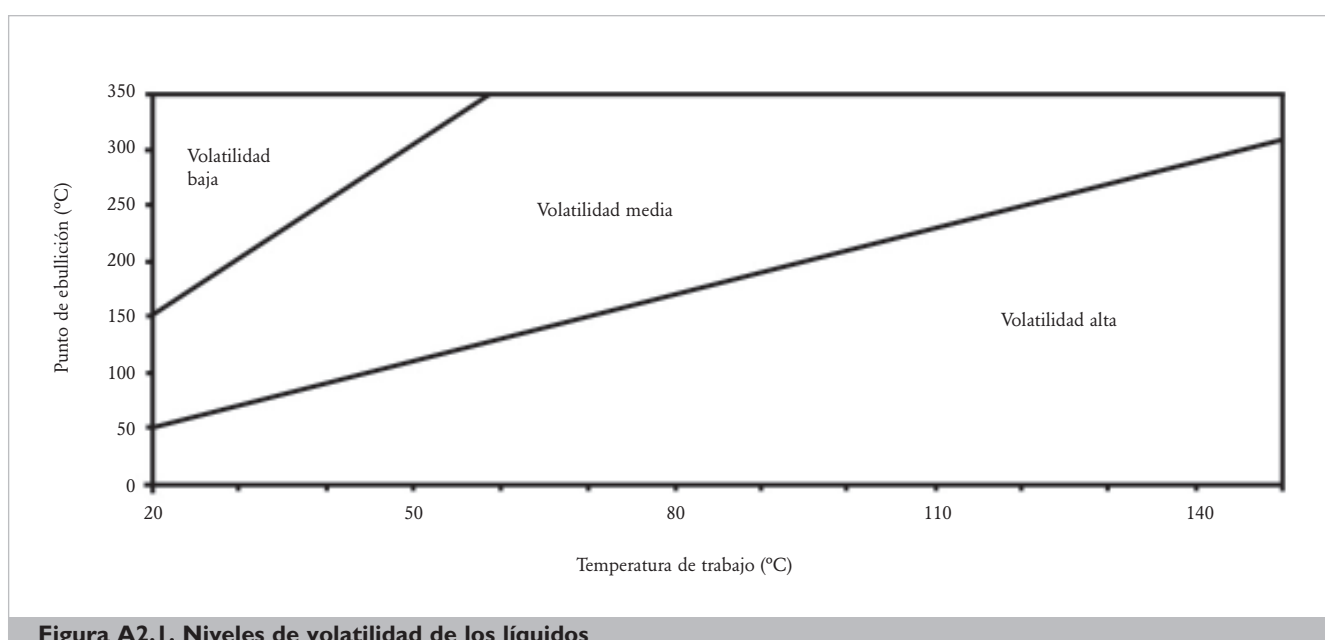
Cuando en lugar (o además) de lo anterior, el AQP presenta riesgos por contacto con la piel a largo plazo (por ejemplo frase R48 «Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada»), deberá recurrirse directamente a la adopción de medidas preventivas orientadas a impedir el contacto del AQP con la piel o las mucosas, ya que en tal caso no se dispone, por el momento, de sistemas de evaluación sencillos <sup>(14)</sup>.

<sup>(14)</sup> El proyecto europeo «Riskofderm» está desarrollando una herramienta para la evaluación y gestión del riesgo por exposición dérmica. Puede consultarse información en *Ann. occup. Hyg.*, vol. 47, nº 8, pp. 629-640 (2003), y en: [http://www.iras.uu.nl/research/projects\\_exp\\_assess\\_occ\\_hyg/ex02.php](http://www.iras.uu.nl/research/projects_exp_assess_occ_hyg/ex02.php)



**Tabla A2.2.** Grupo de riesgo dérmico (S). Sustancias peligrosas en contacto con la piel o los ojos

R21	R27	R38	R48/24
R20/21	R27/28	R37/38	R48/23/24
R20/21/22	R26/27/28	R41	R48/23/24/25
R21/22	R26/27	R43	R48/24/25
R24	R34	R42/43	R66
R23/24	R35	R48/21	
R23/24/25	R36	R48/20/21	
R24/25	R36/37	R48/20/21/22	
	R36/38	R48/21/22	
	R36/37/38		

**Figura A2.1.** Niveles de volatilidad de los líquidos

- b) La *tendencia a pasar al ambiente* se clasifica en alta, media y baja y se mide, en el caso de líquidos, por su volatilidad y la temperatura de trabajo (figura A2.1), que definen la capacidad de evaporación del agente, y en el de sólidos, por su tendencia a formar polvo (tabla A2.3).
- c) La *cantidad de sustancia* empleada se clasifica en pequeña, mediana o grande según lo indicado en la tabla A2.4.

Con estas tres informaciones, la tabla A2.5 indica el nivel de riesgo previsible en función de la categoría de peligrosidad, de la tendencia a pasar al ambiente y de la cantidad de sustancia empleada. Se han considerado cuatro niveles, a cada uno de los cuales corresponde

una estrategia preventiva que se describe a continuación y que, en todo caso, debe incluir la aplicación de los principios generales de prevención (artículo 5 de la Directiva) que se tratan más adelante en esta guía.

Una vez determinado el nivel de riesgo, el método ofrece soluciones técnicas de distinto tipo según la operación que se esté evaluando. No reproducimos exactamente aquí estas fichas de control, pero en el capítulo 3 de la parte I («Medidas específicas para la prevención y protección para el control del riesgo químico») se muestra en el reverso de cada ficha algunas de estas soluciones.

Las acciones que hay que tomar después de categorizar el riesgo pueden resumirse del siguiente modo:

**Tabla A2.3.** Tendencia de los sólidos a formar polvo <sup>(1)</sup>

Baja	Media	Alta
Sustancias en forma de granza ( <i>pellets</i> ) que no tienen tendencia a romperse. No se aprecia producción de polvo durante su empleo. Ejemplos: granza de PVC, escamas enceradas, pepitas, etc.	Sólidos granulares o cristalinos. Cuando se emplean se observa producción de polvo que se deposita rápidamente y se observa sobre las superficies adyacentes. Ejemplo: polvo de detergente	Polvos: finos y de baja densidad. Cuando se emplean se observa que se producen nubes de polvo que permanecen en el aire durante varios minutos. Ejemplos: cemento, negro de humo, tiza, etc.

<sup>(1)</sup> En caso de duda, elijase la categoría superior.

**Tabla A2.4.** Cantidad de sustancia utilizada (en orden de magnitud)

Cantidad de sustancia	Cantidad empleada por operación
Pequeña	Gramos o mililitros
Mediana	Kilogramos o litros
Grande	Toneladas o metros cúbicos

#### Nivel de riesgo 1

En general, en estas situaciones el riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores podrá considerarse *leve* en el sentido del artículo 5, apartado 4, de la Directiva 98/24/CE. Si *además* la aplicación de los principios generales de prevención (capítulo 2 de la parte I de las directrices prácticas) es suficiente para reducir dicho riesgo, el artículo 5, apartado 4, de la Directiva establece que no será necesario aplicar lo dispuesto en los artículos 6, 7 y 10.

En consecuencia, estas situaciones no requerirán en general que se compruebe la eficacia de las medidas preventivas mediante la realización de mediciones ambientales, salvo que lo requiera alguna disposición nacional.

En general, el control de estas situaciones podrá lograrse mediante el empleo de ventilación general.

#### Nivel de riesgo 2

En las situaciones de este tipo habrá que recurrir a medidas específicas de prevención para el control del riesgo. El tipo de instalación específica más utilizado es la extracción localizada, para cuyo diseño y construcción es necesario, en general, recurrir a suministradores especializados.

Es importante elegir el suministrador atendiendo a su experiencia demostrada en este tipo de instalaciones, así como especificar con claridad que el objetivo de la instalación es conseguir que en los puestos de trabajo la concentración de las sustancias químicas se encuentre tan por debajo del valor límite como sea posible.

#### Nivel de riesgo 3

En las situaciones de este tipo habrá que acudir al empleo de confinamiento o de sistemas cerrados mediante los cuales no exista la posibilidad de que la sustancia química pase a la atmósfera durante las operaciones ordinarias. Siempre que sea posible, el proceso deberá mantenerse a una presión inferior a la atmosférica a fin de dificultar el escape de las sustancias.

En los *niveles de riesgo 2 y 3*, una vez implantadas las instalaciones de control adecuadas, o corregidas las existentes para adaptarlas al diseño y funcionamiento apropiados, se procederá a la evaluación cuantitativa de la exposición, siguiendo lo dispuesto en el anexo 4 de estas directrices prácticas para la estrategia de muestreo y la valoración, y en el anexo 5 para la toma de muestras y el análisis. Cuando se sospeche que las exposiciones son claramente inferiores a los valores límite, la confirmación de este resultado puede abordarse con procedimientos de evaluación menos exigentes que los citados.

Tabla A2.5. Determinación del nivel de riesgo <sup>(1)</sup>

<b>Grado de peligrosidad A</b>				
	<b>Volatilidad/Pulverulencia</b>			
<b>Cantidad usada</b>	<i>Baja volatilidad o pulverulencia</i>	<i>Media volatilidad</i>	<i>Media pulverulencia</i>	<i>Alta volatilidad o pulverulencia</i>
<i>Pequeña</i>	1	1	1	1
<i>Mediana</i>	1	1	1	2
<i>Grande</i>	1	1	2	2
<b>Grado de peligrosidad B</b>				
	<b>Volatilidad/Pulverulencia</b>			
<i>Pequeña</i>	1	1	1	1
<i>Mediana</i>	1	2	2	2
<i>Grande</i>	1	2	3	3
<b>Grado de peligrosidad C</b>				
	<b>Volatilidad/Pulverulencia</b>			
<i>Pequeña</i>	1	2	1	2
<i>Mediana</i>	2	3	3	3
<i>Grande</i>	2	4	4	4
<b>Grado de peligrosidad D</b>				
	<b>Volatilidad/Pulverulencia</b>			
<i>Pequeña</i>	2	3	2	3
<i>Mediana</i>	3	4	4	4
<i>Grande</i>	3	4	4	4
<b>Grado de peligrosidad E</b>				
En todas las situaciones con sustancias de este grado de peligrosidad, se considerará que el nivel de riesgo es 4.				

<sup>(1)</sup> Los niveles de riesgo que se obtienen con este método son 1, 2, 3 o 4.

De los resultados de esta evaluación cuantitativa inicial se deducirá la necesidad o no de medidas preventivas adicionales y de un programa de mediciones periódicas de la exposición (véase el anexo 4).

En todo caso, será preceptivo verificar periódicamente los parámetros de funcionamiento de las instalaciones de control, para garantizar la continuidad de su eficacia a lo largo del tiempo.

#### *Nivel de riesgo 4*

Las situaciones de este tipo son aquellas en las que, o bien se utilizan sustancias extremadamente tóxicas o bien se emplean sustancias de toxicidad moderada en grandes cantidades y estas pueden ser fácilmente liberadas a la atmósfera. Si se emplean sustancias reguladas por la Directiva 90/394/CEE del Consejo, de 28 de junio de 1990, relativa a la protección de los traba-

jadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos durante el trabajo (sexta Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva marco 89/391/CEE), deberá además respetarse lo dispuesto en la misma y en sus disposiciones nacionales de transposición. Esta Directiva ha sido modificada por la Directiva 97/24/CE y por la Directiva 1999/38/CE, que incorpora los agentes mutágenos a su ámbito de aplicación.

En estos casos es imprescindible adoptar medidas específicamente diseñadas para el proceso en cuestión recurriendo al asesoramiento de un experto. Este nivel de riesgo requiere la evaluación cuantitativa de la exposición, según los procedimientos establecidos en los anexos 4 y 5 de estas directrices prácticas, así como extremar la frecuencia de la verificación periódica de la eficacia de las instalaciones de control.

## 2. METODOLOGÍA SIMPLIFICADA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE ACCIDENTE, INCENDIO Y EXPLOSIÓN DEBIDO A LA PRESENCIA DE AGENTES QUÍMICOS PELIGROSOS

La metodología de evaluación del riesgo de accidente químico que seguidamente se expone es una propuesta encaminada a facilitar a las empresas que trabajan con agentes químicos peligrosos (AQP) —sean o no industria química, y especialmente a las pequeñas y medianas empresas— la tarea de identificar los peligros y evaluar los riesgos asociados a la utilización de los citados productos a fin de poder realizar una correcta y objetiva planificación preventiva a partir de los resultados obtenidos con su aplicación.

Esta metodología, aplicada específicamente al riesgo asociado al almacenamiento y utilización de agentes químicos peligrosos, se centra en el daño esperado —y no en el daño máximo— e incorpora y desarrolla la experiencia de aplicación de metodologías simplificadas basadas en la estimación de la probabilidad de materialización de la situación de peligro que se analiza, la frecuencia de exposición a la misma y las consecuencias normalmente esperadas en el supuesto de que llegara a materializarse. Estos parámetros los tienen en cuenta el método W.T. Fine y diferentes metodologías elaboradas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo español (INSHT), siendo también los criterios contemplados por algu-

nas normas armonizadas elaboradas por el Comité Europeo de Normalización (CEN), entre ellas la EN 1050 y la EN 1127-1.

La metodología que se propone permitirá cuantificar la magnitud de los riesgos existentes y, consecuentemente, jerarquizar racionalmente su prioridad de corrección. Para ello se parte de la identificación de las deficiencias existentes en las instalaciones, equipos, procesos, tareas, etc., con AQP. Tales deficiencias o incumplimientos se relacionan con las frases R asignadas a los distintos AQP que intervienen, obteniendo de este modo el nivel de peligrosidad objetiva (NPO) de la situación. A continuación se establece el nivel de exposición al nivel de peligrosidad identificado y, teniendo en cuenta la magnitud esperada de las consecuencias (las consecuencias normalmente esperadas habrán de ser preestablecidas por la persona que aplica la metodología), se evalúa el riesgo, obteniendo el nivel de riesgo estimado para la situación valorada.

Así pues, este método evalúa el nivel de riesgo como el producto de tres variables:

$$NR = NPO \times NE \times NC$$

Siendo	NR:	Nivel de riesgo
	NPO:	Nivel de peligrosidad objetiva
	NE:	Nivel de exposición
	NC:	Nivel de consecuencias

La información que aporta este método es orientativa, y su objetivo es facilitar al empresario la priorización de sus actuaciones preventivas con criterios objetivos y, consecuentemente, ayudarle en su planificación preventiva. A continuación se describe el proceso para la estimación de las variables citadas.

### 1. NIVEL DE PELIGROSIDAD OBJETIVA

Llamamos nivel de peligrosidad objetiva (NPO) a la magnitud de la vinculación esperable entre el conjunto de factores de riesgo considerados y su relación causal directa con el posible accidente. Los valores numéricos empleados en esta metodología y el significado de los mismos se indica en la tabla A2.6.

Para la evaluación del NPO se propone el empleo de un cuestionario (tabla A2.7), complementado con la tabla A2.8. A cada pregunta del cuestionario se le asigna, en función de su respuesta, una calificación que en algunos casos es independiente del AQP impli-

cado (y se indica en el propio cuestionario) pero que, en general, depende de las frases R asignadas al AQP.

Así, por ejemplo, una respuesta negativa a la cuestión 5 conducirá a una calificación de mejorable si el AQP tiene asignada la frase R21, o a una calificación de muy deficiente si tiene asignada alguna de las frases R1 a R6.

El cuestionario está planteado para verificar el grado de adecuación respecto a una serie de cuestiones que se presumen básicas para establecer el nivel de deficiencia en las instalaciones, equipos, procesos, tareas, etc., con AQP. Cabe, obviamente, concretar su contenido sustituyendo o complementando las cuestiones planteadas por otras que se ajusten a las exigencias legales o reglamentarias o a la situación o necesidades de la empresa que lo aplica.

Se podría asimismo segregar del cuestionario aquellas cuestiones planteadas para la identificación de las deficiencias cuyo incumplimiento puede dar lugar a que se produzca un incendio o explosión (deficiente o insuficiente control de combustible y focos de ignición). Los datos obtenidos de estas cuestiones determinan la probabilidad de inicio que, valorada conjuntamente con el grado de cumplimiento de las medidas

de protección contra incendios reglamentariamente exigibles, proporciona información sobre el nivel de riesgo de incendio. Actuando de este modo, se precisa y profundiza más en la evaluación del riesgo de incendio o explosión.

Así pues, *para cada cuestión se obtiene una calificación* que puede ser muy deficiente, deficiente o mejorable (en caso de que la cuestión sea procedente) en función de los factores de riesgo presentes y de la peligrosidad intrínseca del AQP conocida por sus frases de riesgo R. No se califica la cuestión nº 1, ya que al plantearse como una cuestión «llave», su respuesta negativa significa que en la empresa no existen AQP y que, por tanto, no procede seguir cumplimentando el cuestionario.

En función del conjunto de todas las respuestas se obtiene una *calificación global del nivel de deficiencia*, que puede ser muy deficiente, deficiente, mejorable o aceptable según los siguientes criterios:

- a) La calificación global será muy deficiente si alguna de las cuestiones es calificada de muy deficiente o bien si más del 50 % de las cuestiones aplicables reciben la calificación de deficiente.

**Tabla A2.6.** Determinación del nivel de peligrosidad objetiva (NPO)

PELIGROSIDAD OBJETIVA	NPO	SIGNIFICADO
Aceptable	—	No se han detectado anomalías destacables. El riesgo está controlado. Comporta tomar las medidas establecidas en el nivel de riesgo 1 de la tabla A2.12.
Mejorable	2	Se han detectado factores de riesgo de menor importancia. El conjunto de medidas preventivas existentes con respecto al riesgo admite mejoras.
Deficiente	6	Se han detectado factores de riesgo que precisan ser corregidos. El conjunto de medidas preventivas existentes con respecto al riesgo no garantiza un control suficiente del mismo.
Muy deficiente	10	Se han detectado factores de riesgo significativos. El conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo resulta ineficaz.



- b) La calificación global será deficiente si, no siendo muy deficiente, alguna de las cuestiones es calificada de deficiente o bien si más del 50 % de las cuestiones aplicables reciben la calificación de mejorable.
- c) La calificación global será mejorable si, no siendo muy deficiente ni deficiente, alguna de las cuestiones es calificada como mejorable.
- d) La calificación global será aceptable en los demás casos.





Tabla A2.7. Cuestionario de chequeo para la identificación de factores de riesgo de accidente por agentes químicos peligrosos (AQP) (\*)

ANEXO 2

	SÍ	NO	No procede	Respuesta negativa implica	Calificación
1. Se almacenan, usan, producen, etc., agentes químicos peligrosos, ya sean materias primas, productos intermedios, subproductos, productos acabados, residuos, productos de limpieza, etc.				No debe cumplimentarse el cuestionario	
<b>Sobre identificación de agentes químicos</b>					
2. Están identificados e inventariados los AQP presentes durante el trabajo, sea con carácter ordinario o con carácter ocasional.					Muy deficiente
3. Están correctamente señalizados por etiqueta los envases originales de los AQP.					Muy deficiente
4. La señalización anterior se mantiene cuando se trasvasa el AQP a otros envases o recipientes.					Muy deficiente
5. En tuberías por las que discurren AQP se han pegado, fijado o pintado etiquetas de identificación del producto y el sentido de circulación de los fluidos.				Véase la tabla A2.8	
6. Las etiquetas se han colocado a lo largo de la tubería en número suficiente y en zonas de especial riesgo (válvulas, conexiones, etc.).					Mejorable
7. Se dispone de la ficha de datos de seguridad de todos los AQP que están o pueden estar presentes durante el trabajo y, en su caso, de información suficiente y adecuada de aquellos AQP que no dispongan de ficha de seguridad (residuos, productos intermedios, etc.).				Véase la tabla A2.8	
<b>Sobre almacenamiento/envasado de agentes químicos</b>					
8. Los AQP se almacenan en recintos especiales, agrupados por comunidad de riesgo y suficientemente aislados (por distancia o por pared divisoria) de los incompatibles o que pueden generar reacciones peligrosas.				Véase la tabla A2.8	
9. El área de almacenamiento está correctamente ventilada, sea por tiro natural o forzado.					Deficiente
10. Las áreas de almacenamiento, utilización y/o producción, cuando la cantidad y/o la peligrosidad del producto lo requieran, garantiza la recogida y conducción a una zona o recipiente seguro de fugas o derrames de AQP en estado líquido.					Deficiente
11. Está prohibida la presencia o el uso de focos de ignición «sin control» en el almacén de AQP inflamables y se verifica y garantiza exhaustivamente el cumplimiento de tal prohibición.				Véase la tabla A2.8	



	SÍ	NO	No procede	Respuesta negativa implica	Calificación
12. Los envases y embalajes que contienen AQP ofrecen suficiente resistencia física o química y no presentan golpes, cortes o deformaciones.				Véase la tabla A2.8	
13. Los envases que contienen AQP son totalmente seguros (cierre automático, cierre de seguridad con enclavamiento, doble envoltente, revestimiento amortiguador de choques, etc.).				Véase la tabla A2.8	
14. El transporte de envases, sea por medios manuales o mecánicos, se realiza mediante equipos y/o implementos que garantizan su estabilidad y correcta sujeción.				Véase la tabla A2.8	
<b>Sobre utilización/proceso de agentes químicos</b>					
15. En el lugar de trabajo sólo permanece la cantidad de AQP estrictamente necesaria para el trabajo inmediato (nunca cantidades superiores a las necesarias para el turno o jornada de trabajo).					Mejorable
16. Los AQP existentes en el lugar de trabajo para el uso en el turno o jornada y no utilizados en ese momento están depositados en recipientes adecuados, armarios protegidos o recintos especiales.					Mejorable
17. Se evita trasvasar AQP por vertido libre.				Véase la tabla A2.8	
18. Se controla rigurosamente la formación y/o acumulación de cargas electrostáticas en el trasvase de líquidos inflamables.				Véase la tabla A2.8	
19. La instalación eléctrica en las zonas con riesgo de atmósferas inflamables es antiexplosiva, al tiempo que están controlados los focos de ignición de cualquier tipología (2).				Véase la tabla A2.8	
20. La instalación eléctrica de equipos, instrumentos, salas y almacenes de productos corrosivos es adecuada.				Véase la tabla A2.8	
21. Las características de los materiales, equipos y herramientas son adecuadas a la naturaleza de los AQP que se utilizan.				Véase la tabla A2.8	
22. Se comprueba la ausencia de fugas y, en general, el correcto estado de las instalaciones y/o equipos antes de su uso.				Véase la tabla A2.8	
23. En aquellos equipos o procesos que lo requieren, existen sistemas de detección de condiciones inseguras (nivel del límite inferior de inflamabilidad en un túnel de secado, temperatura/presión de un reactor, nivel de llenado de un depósito, etc.) asociados a un sistema de alarma.				Véase la tabla A2.8	



	SÍ	NO	No procede	Respuesta negativa implica	Calificación
24. Los sistemas de detección existentes, cuando se precisa ante situaciones críticas, actúan sobre el paro del proceso.					Deficiente
25. Los venteos y salidas de los dispositivos de seguridad para productos inflamables/explosivos están canalizados a lugar seguro y, cuando se precisa, dotados de antorchas.				Véase la tabla A2.8	
26. Existen dispositivos para el tratamiento, absorción, destrucción y/o confinamiento seguro de los efluentes de los dispositivos de seguridad y de los venteos.				Véase la tabla A2.8	
27. Las operaciones con posibles desprendimiento de gases, vapores, polvos, etc., de AQP se realizan mediante procesos cerrados o, en su defecto, en áreas bien ventiladas o en instalaciones dotadas de aspiración localizada.				Véase la tabla A2.8	
28. Con carácter general, se han implantado las medidas de protección colectiva necesarias para aislar los AQP y/o limitar la exposición y/o contacto de los trabajadores a los mismos.				Véase la tabla A2.8	
<b>Sobre organización de la prevención en el uso de agentes químicos</b>					
29. Se exige autorización de trabajo para la realización de operaciones con riesgo en recipientes, equipos o instalaciones que contienen o han contenido AQP.				Véase la tabla A2.8	
30. Está garantizado el control de accesos de personal foráneo o personal no autorizado a zonas de almacenamiento, carga/descarga o proceso de AQP.				Véase la tabla A2.8	
31. Los trabajadores han sido adecuadamente informados de los riesgos asociados a los AQP y formados correctamente sobre las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse.				Véase la tabla A2.8	
32. Los trabajadores tienen acceso a la ficha de seguridad suministrada por el proveedor.					Mejorable
33. Se dispone de procedimientos escritos de trabajo para la realización de tareas con AQP.				Véase la tabla A2.8	
34. Existe un programa de mantenimiento preventivo, así como mantenimiento predictivo, de aquellos equipos o instalaciones de cuyo correcto funcionamiento dependa la seguridad del proceso.					Deficiente
35. Está garantizada la limpieza de puestos y locales de trabajo. (Se ha implantado un programa y se controla su aplicación).					Mejorable
36. Se dispone de medios específicos para la neutralización y limpieza de derrames y/o para el control de fugas, y existen instrucciones de actuación.					Deficiente

	SÍ	NO	No procede	Respuesta negativa implica	Calificación
37. Existe un programa de gestión de residuos y se controla su aplicación.					Deficiente
38. Se han implantado normas de higiene personal correctas (lavarse las manos; cambiarse de ropa; prohibición de comer, beber o fumar en los puestos de trabajo, etc.) y se controla su aplicación.					Mejorable
39. Se dispone de un plan de emergencia ante situaciones críticas en las que se vean involucrados AQP (fugas, derrames, incendio, explosión, etc.).					Muy deficiente
40. Con carácter general, se han implantado las medidas organizativas necesarias para aislar los AQP y/o limitar la exposición y/o contacto de los trabajadores a los mismos.				Véase la tabla A2.8	
<b>Sobre uso de equipos de protección individual (EPI) e instalaciones de socorro</b>					
41. Se dispone y se controla el uso eficaz de los EPI necesarios en las distintas tareas con riesgo de exposición o contacto con AQP.				Véase la tabla A2.8	
42. Existen duchas descontaminadoras y fuentes lavaojos próximas a los lugares donde sea factible la proyección de AQP.				Véase la tabla A2.8	
43. Con carácter general, se hace una correcta gestión de los EPI y de la ropa de trabajo.					Deficiente
44. Se aprecian otras deficiencias o carencias en cuanto a las protecciones colectivas, medidas organizativas y uso de EPI. Citarlas y valorarlas.					

(1) Cuestionario propuesto a título orientativo y abierto; en ningún caso debe considerarse exhaustivo y cerrado.

(2) Para conocer si hay riesgo de atmósfera explosiva tendría que previamente clasificarse la zona de trabajo en función de la presencia de sustancias inflamables y, en su caso, verificarlo con un explosímetro.

Tabla A2.8. Criterios de valoración

CUESTIÓN Nº	MUY DEFICIENTE	DEFICIENTE	MEJORABLE
5, 7 8	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R27, R28, R35, R39	R8, R9, R11, R18, R24, R25, R30, R34, R37, R41, R44	R10, R21, R22, R36, R38
11	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19	R8, R9, R11, R18, R30, R44	R10
12, 13, 14	R1 a R6, R7, R12, R17, R19, R27, R35, R39	R9, R11, R24, R34, R37, R41	R10, R21, R36, R38
17	R7, R12, R17, R27, R35, R39	R11, R18, R24, R30, R34, R37, R41	R10, R21, R36
18	R7, 12	R11, R18, R30	R10
19	R1 a R6, R12, R15	R8, R11, R18, R30	
20	R35	R34	
21, 22, 23	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R27, R35, R39	R8, R9, R11, R18, R24, R30, R34, R37, R41, R44	R10, R21, R36, R38
24		R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R27, R35, R39	R8, R9, R10, R11, R18, R21, R24, R30, R34, R36, R37, R38, R41, R44
25	R2, R3, R5, R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19	R8, R9, R11, R18, R30, R44	R10
26	R27, R35, R39	R24, R34, R37, R41	R21, R36, R38
27	R7, R12, R27, R35, R39	R11, R18, R24, R30, R34, R37, R41	R10, R21, R36
28 29	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R27, R28, R35, R39	R8, R9, R11, R18, R24, R25, R30, R34, R37, R41, R44	R10, R21, R22, R36, R38 R10
30, 31 33	R1 a R6, R7, R12, R14, R15, R16, R17, R19, R27, R28, R35, R39	R8, R9, R11, R18, R24, R25, R30, R34, R37, R41, R44	R10, R21, R22, R36, R38 R10
40	R8, R9, R11, R18, R24, R25, R30, R34, R37, R41, R44	R8, R9, R11, R18, R24, R25, R30, R34, R37, R41, R44	R10, R21, R22, R36, R38
41, 42	R27, R35, R39	R24, R34, R39, R41	R21, R36

## 2. Nivel de exposición

El nivel de exposición (NE) es un indicador de la frecuencia con la que se presenta la exposición al riesgo. El nivel de exposición se puede estimar en función de los tiempos de permanencia en áreas y/o tareas en que se haya identificado el riesgo. Su significado se muestra en la tabla A2.9.

**Tabla A2.9.** Determinación del nivel de exposición (NE)

NE	SIGNIFICADO
1	Ocasionalmente
2	Alguna vez en su jornada laboral y con período corto de tiempo.
3	Varias veces en su jornada laboral en tiempos cortos
4	Continuamente. Varias veces en su jornada laboral con tiempo prolongado

Los valores asignados, como puede observarse en la tabla A2.6, son inferiores a los asignados para el nivel de peligrosidad objetiva, ya que, si la situación de riesgo está controlada, una exposición alta no debería ocasionar el mismo nivel de riesgo que una deficiencia alta con exposición baja.

## 3. Nivel de consecuencias (NC)

Se considerarán las consecuencias normalmente esperadas en caso de materialización del riesgo. Se estable-

cen cuatro niveles de consecuencias (NC), que categorizan los daños personales previsiblemente esperadas en caso de que el riesgo se materialice.

Como puede observarse en la tabla A2.10, el valor numérico asignado a las consecuencias es muy superior a los de peligrosidad objetiva y exposición, ya que la ponderación de las consecuencias debe tener siempre un mayor peso en la valoración del riesgo.

**Tabla A2.10.** Determinación del nivel de consecuencias (NC)

NC	SIGNIFICADO
10	Pequeñas lesiones
25	Lesiones normalmente reversibles
60	Lesiones graves que pueden ser irreversibles
100	Uno o varios muertos

## 4. Nivel de riesgo (NR)

Todos los pasos seguidos hasta aquí conducen a la determinación del nivel de riesgo (NR), que se obtiene multiplicando el nivel de peligrosidad objetiva (NPO) por el nivel de exposición (NE) por el nivel de consecuencias (NC) (tabla A2.11).

En la tabla A2.12 se detalla el significado de los cuatro niveles de riesgo obtenidos.

**Tabla A2.11.** Determinación del nivel de riesgo (NR)

		NPO x NE			
		2 - 4	6 - 8	10 - 20	24 - 40
NC	10	20 - 40	60 - 80	100 - 200	240 - 400
	25	50 - 100	150 - 200	250 - 500	600 - 1 000
	60	120 - 240	360 - 480	600 - 1 200	1 440 - 2 400
	100	200 - 400	600 - 800	1 000 - 2 000	2 400 - 4 000

**Tabla A2.12.** Significado de los diferentes niveles de riesgo (NR)

<b>NIVEL DE RIESGO</b>	<b>NR</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
1	40 - 20	Mejorar en lo posible. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas actuales
2	120 - 50	Establecer medidas de reducción del riesgo e implantarlas en un período determinado
3	500 - 150	Corregir y adoptar medidas de control a corto plazo
4	4 000 - 600	Situación que precisa de una corrección urgente



# ANEXO 3

## EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LOS PRINCIPIOS PREVENTIVOS Y DE LAS MEDIDAS ESPECÍFICAS EN DOS PROCESOS INDUSTRIALES

### I. APLICACIÓN A UNA OPERACIÓN DE SOLDADURA ELÉCTRICA AL ARCO DE PLANCHAS DE HIERRO CON ELECTRODO REVESTIDO DE RUTILO

Esta operación genera humos de óxidos de metales, componentes del electrodo, como el óxido de titanio y del metal base como el óxido de hierro. Se les denomina «humos de soldadura» y su inhalación puede dar lugar a irritaciones del tracto respiratorio y a efectos de tipo neumoconiótico. Además se forman gases como el monóxido y dióxido de carbono (asfixiantes), dióxido de nitrógeno y ozono (irritantes del tejido pulmonar). Este último se genera por acción de la radiación ultravioleta, emitida en el arco eléctrico, sobre los átomos de oxígeno del aire.

La generación de humos y gases es mayor cuanto mayor es la densidad de la corriente eléctrica empleada en la soldadura. Además, si las piezas que se deben soldar contienen restos de aceite o desengrasante, se pueden generar otros agentes químicos, como acroleína y fosgeno, también irritantes del tejido pulmonar.

En el cuadro A3.1 se muestran las acciones preventivas que se han de tomar al aplicar los principios generales y las medidas específicas adecuadas a una operación como la descrita.

### 2. APLICACIÓN A UNA OPERACIÓN DE PINTADO DE PIEZAS POR PROYECCIÓN AEROGRÁFICA Y SECADO DEL DISOLVENTE

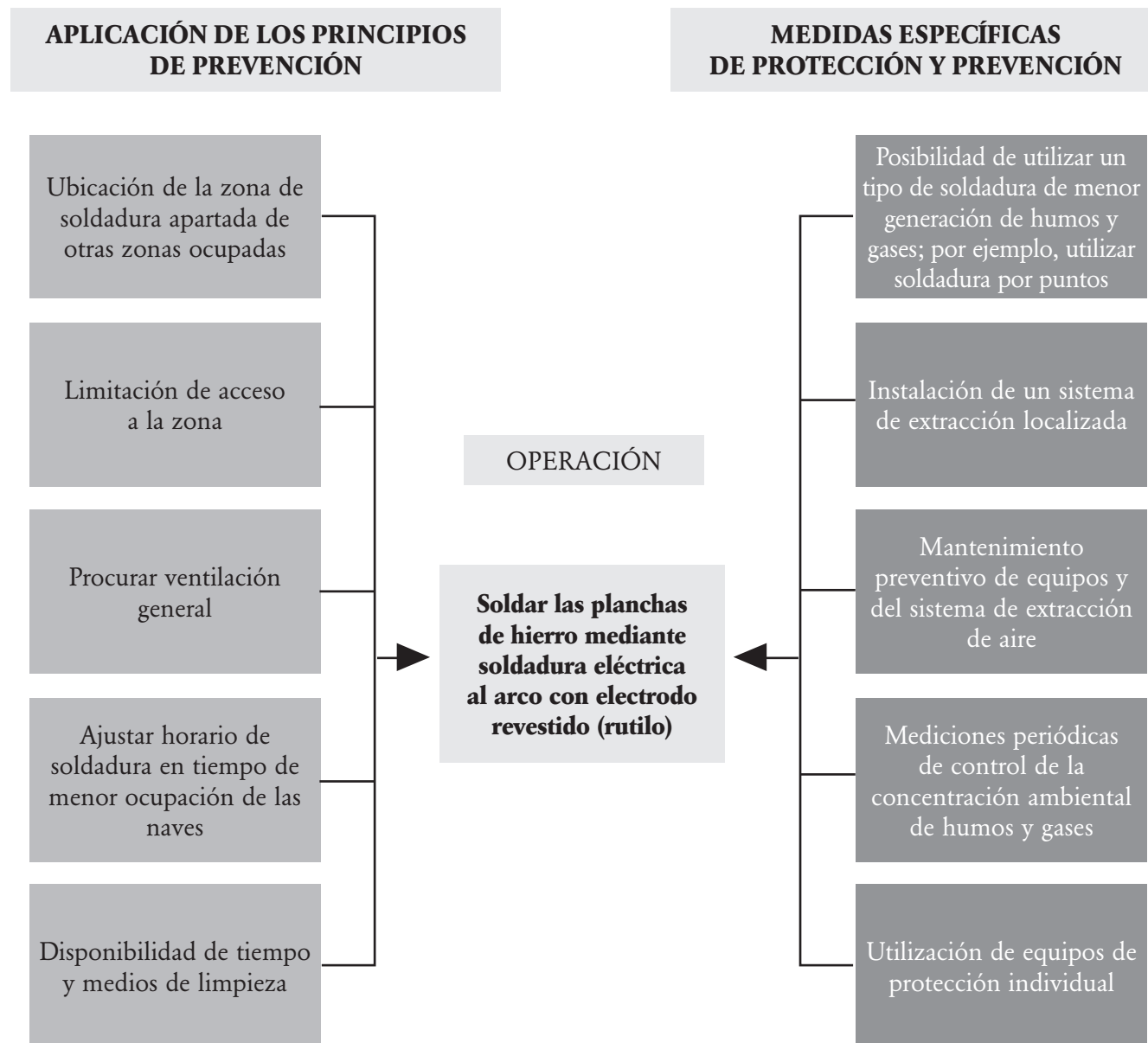
La pintura por proyección aerográfica consiste en la utilización de aire comprimido para impulsar la pintura pulverizada sobre la pieza que hay que pintar. La dirección se consigue con un útil de uso manual denominado «pistola», por lo que también se denomina «pintura a pistola». La pintura se seca al cabo de un tiempo al evaporarse el disolvente, formado por sustancias muy volátiles. La evaporación del disolvente da lugar a la formación de vapores, como el tolueno, uno de los más utilizados. Estos vapores son en general tóxicos del sistema nervioso central, irritantes del tracto respiratorio y tóxicos hepáticos.

Por otra parte, los pigmentos y otros componentes de la pintura (resina) se proyectan a gran velocidad sobre la pieza, por lo que debido a la inercia que llevan muchas partículas rebotan sobre ella y vuelven a la zona de respiración del pintor. A menudo, los pigmentos, que dan color a la pintura, son las sustancias de mayor toxicidad, como por ejemplo los óxidos de cromo o plomo.

La proyección de pintura genera aerosoles y vapores en función de la presión que se aplica a la pistola. La temperatura ambiente interviene en la velocidad de evaporación del disolvente.

En el cuadro A3.2 se muestran las acciones preventivas que se han de tomar al aplicar los principios generales y las medidas específicas adecuadas a una operación como la descrita.

**Cuadro A3.1.** Principios generales y medidas específicas de prevención. Ejemplo de aplicación a una operación de soldadura





**Cuadro A3.2.** Principios generales y medidas específicas de prevención. Ejemplo de aplicación a una operación de pintura



# ANEXO 4

## EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS

### 1. EVALUACIÓN DEL RIESGO Y EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

La evaluación del riesgo por exposición <sup>(15)</sup> a agentes químicos pretende alcanzar los mismos tres objetivos que la de cualquier otro tipo de riesgo, a saber:

- 1) decidir sobre la necesidad o no de adoptar medidas preventivas adicionales a las ya existentes;
- 2) determinar la índole de las medidas preventivas que hay que adoptar;
- 3) priorizar las medidas preventivas necesarias.

Por otra parte, siempre que no haya dificultades insalvables de orden práctico, o que no resulte, ya de entrada, totalmente evidente la conclusión, la evaluación del riesgo debe basarse en una evaluación cuantitativa de la exposición, ya que, de esta forma, el error puede ser menor que si se basara en la consideración directa de los factores de riesgo materiales y organizativos que dan lugar a dicha exposición. Este modo de actuación es el característico de la higiene industrial y constituye su contenido técnico específico.

No obstante, la evaluación de la exposición a un agente químico solamente nos proporciona una estimación de la probabilidad (o, mejor aún, un juicio sobre ella) de que ese agente químico llegue a producir su efecto característico, pero no nos dice nada sobre la gravedad de ese efecto. Puesto que hay que tener en cuenta este parámetro para evaluar el riesgo, la evaluación de la exposición solo será una parte del proceso.

Así, no debemos perder de vista que, una vez completada la evaluación de todas las exposiciones de interés, aún se habrán de considerar las peligrosidades intrínsecas de los diversos agentes químicos, antes de establecer la preferencia de las respectivas medidas pre-

ventivas. Solo en el caso de que todas las exposiciones lo fueran a un mismo agente, la jerarquía de las exposiciones traduciría fielmente la de los correspondientes riesgos.

### 2. EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS

#### 2.1. INDICACIONES

El procedimiento de evaluación de la exposición que se describirá en los siguientes apartados constituye un complemento y no una alternativa a la metodología simplificada que recoge el punto 1.2.2 de este documento. Debe ser aplicado, por tanto, en los casos en que aquella aboque a la necesidad de mediciones ambientales, que son todos salvo los de nivel de riesgo 1, y en los momentos procesales que allí se especifican.

En resumen, la medición es una opción que se ha de justificar y no una rutina, pero cuando está indicada ha de ajustarse a un procedimiento normalizado que garantice una mínima fiabilidad y validez de sus resultados.

#### 2.2. GRUPOS DE EXPOSICIÓN HOMOGÉNEA (GEH)

Un grupo de exposición homogénea viene definido por la asociación entre una función de trabajo y un agente químico (o varios que producen el mismo efecto), en un ambiente dado <sup>(16)</sup>.

Así, en principio, entre los trabajadores que desempeñan el mismo puesto de trabajo <sup>(17)</sup>, habrá tantos GEH como agentes químicos de efectos independientes a los que estén expuestos.

<sup>(15)</sup> En este texto, como es habitual, cuando se habla de «exposición», sin adjetivos, ha de entenderse «por inhalación».

<sup>(16)</sup> Definición tomada del documento de Rhodia referenciado en parte IV («Bibliografía general»).

<sup>(17)</sup> Un puesto de trabajo se define por el ejercicio de una función en un ambiente específico.

Todo el procedimiento de evaluación de la exposición descrito en este anexo y, por tanto, también las conclusiones del mismo se aplican a cada grupo de exposición homogénea.

Naturalmente, la principal utilidad de este concepto es permitir el establecimiento de conclusiones sobre el grupo basándose en mediciones realizadas para algunos de sus miembros. La norma EN 689:1995<sup>(18)</sup> admite una proporción tan baja como uno de cada diez.

### 2.3. CLASIFICACIÓN DE LAS EXPOSICIONES

La conclusión del proceso de evaluación cuantitativa será la clasificación de la exposición de cualquier GEH en una de las tres categorías siguientes:

**Exposición aceptable:** No requiere seguimiento mediante mediciones periódicas.

**Exposición tolerable:** Presenta riesgos de deriva y, por tanto, es tributaria de seguimiento mediante mediciones periódicas.

**Exposición inaceptable:** Necesita corrección para reducir la exposición y, posteriormente, una nueva evaluación.

## 3. EVALUACIÓN INICIAL

Si se pretende medir la exposición real de los trabajadores, las mediciones de concentración han de ser personales, esto es, efectuadas mediante equipos que portan los sujetos mientras trabajan, y cuya cabeza de captación está situada en la zona de respiración<sup>(19)</sup>.

Las mediciones de área, es decir, las realizadas en posiciones fijas, pueden servir en ocasiones para evaluar la exposición por exceso, por lo que no deben descartarse totalmente.

### 3.1. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN DIARIA (ED)

La ED es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida, o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real, y referida a una jornada estándar de 8 horas. Referir la concentración media a dicha jornada estándar implica considerar el conjunto de las distintas exposiciones del trabajador a lo largo de la jornada real de trabajo, cada una con su correspondiente duración, como equivalente a una única exposición uniforme de 8 horas.

Es evidente que solo procederá la evaluación de la ED a un agente químico cuando se haya definido un valor límite para aquella. En tal caso, el procedimiento habrá de comenzar por la determinación de uno o más valores de ED en el GEH, por lo que, lo primero que se ha de establecer es cómo se determina la ED de una jornada.

#### 3.1.1. Determinación de la ED de una jornada

Esta determinación se lleva a cabo mediante un proceso de tres etapas sucesivas.

##### **Primera etapa: División de la jornada en períodos de exposición uniforme**

Consiste, como se indica, en dividir la jornada de trabajo del GEH en tareas bien definidas en las que la exposición pueda considerarse uniforme<sup>(20)</sup>. De este modo, la concentración estaría sujeta a variaciones sistemáticas entre períodos y a variaciones únicamente aleatorias dentro de cada uno.

Esta primera fase no sería imprescindible si se optase por medir la jornada completa, aunque, incluso así, resultaría conveniente, por proporcionar más información, salvo que razones de otro orden aconsejasen tomar una muestra única.

##### **Segunda etapa: Muestreo y cálculo de la concentración media de cada período de exposición uniforme**

El siguiente paso es decidir el tipo de muestreo que va a utilizarse para medir la concentración en cada período de exposición uniforme. Las estrategias posibles (cuadro A4.1) son:

<sup>(18)</sup> Véase la referencia en la parte IV («Referencias bibliográficas»).

<sup>(19)</sup> Véase su definición en la norma EN 1540:1998 («Atmósferas en el lugar de trabajo. Terminología»).

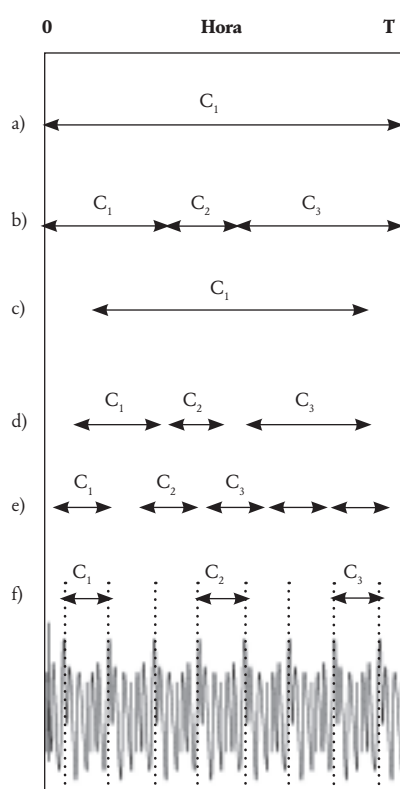
<sup>(20)</sup> Debería reconsiderarse la división si se encontrasen posteriormente, caso de que el método de muestreo lo permita, concentraciones muestrales, dentro de un período, inferiores a la mitad o superiores al doble de la media del período.

- Período completo — Muestra única
- Período completo — Muestras consecutivas
- Período parcial — Muestra única
- Período parcial — Muestras consecutivas
- Muestreo puntual aleatorio
- Muestreo de ciclos

Respecto de estas modalidades conviene señalar lo siguiente:

- La inequívoca preferencia de las dos modalidades de período completo (a y b) sobre las de período parcial. En estas últimas se acepta de entrada un error que, por otra parte, no puede estimarse. En cualquier caso, de acuerdo con el anexo A de EN 689:1995, el muestreo habría de abarcar, al menos, el 25 % del período representado.
- En el muestreo puntual aleatorio, cada muestra tiene la duración mínima compatible con el método de medida, todas tienen la misma duración y se toman en momentos elegidos al azar de la totalidad del período representado. Este muestreo es el que produce el mayor margen de error en la estimación de la media del período.

**Cuadro A4.1.** Estrategias de muestreo



- El denominado «muestreo de ciclos» tiene también carácter aleatorio, pero cada muestra abarca, necesariamente, un ciclo completo o un número entero de ciclos. Es, pues, una modalidad limitada a períodos en los que la exposición tenga ese carácter cíclico y, por tanto, no constituye una opción para todos los casos.

A partir de las concentraciones muestrales, la concentración media del período de exposición uniforme ( $C$ ) se obtendría, para las distintas estrategias, mediante las expresiones siguientes:

- Período completo — Muestra única

$$C = c$$

Siendo  $c$  la única concentración muestral

- Período completo — Muestras consecutivas

$$C = \sum c_i t_i / T$$

Siendo  $c_i$  las concentraciones muestrales,  $t_i$  las duraciones de las respectivas muestras y  $T$  la total del período, que coincidirá, lógicamente, con  $\sum t_i$ .

- Período parcial — Muestra única

$$C = c$$

Siendo  $c$  la concentración muestral única.

- Período parcial — Muestras consecutivas

$$C = \sum c_i t_i / \sum t_i$$

Siendo  $c_i$  las concentraciones muestrales y  $t_i$  las duraciones de las muestras respectivas.

- Muestreo puntual aleatorio

$$C = \sum c_i / n$$

Siendo  $c_i$  las concentraciones muestrales y  $n$  el número de muestras.

- Muestreo de ciclos

$$C = \sum c_i / n$$

Siendo  $c_i$  las concentraciones muestrales y  $n$  el número de muestras.

### Tercera etapa: Cálculo de la ED de la jornada

Se obtiene a partir de las concentraciones medias de los períodos de exposición uniforme ( $C_i$ ) y de las respectivas duraciones de estos en horas ( $T_i$ ), por la siguiente fórmula:

$$ED = \sum C_i T_i / 8$$

#### 3.1.2 Valoración de la ED a largo plazo

Como es sabido, la ED de un GEH no es una constante a lo largo del tiempo, sino que varía de una jornada a otra aun cuando no puedan apreciarse diferencias sistemáticas entre ellas en lo que se refiere a las

condiciones de trabajo. Con carácter general, según consideraciones teóricas y la evidencia empírica, se acepta que la ED se comporta como una variable aleatoria de distribución logarítmico-normal.

Así pues, la valoración de la ED de una jornada solo tiene interés desde la perspectiva de una Administración inspectora que se planteara la comprobación puntual del cumplimiento de una disposición reglamentaria. Para el empresario, que ha de deducir de la evaluación del riesgo la planificación de su actividad preventiva, únicamente la valoración a largo plazo puede fundamentar una predicción fiable y, por tanto, tiene interés y sentido.

A continuación se exponen los dos procedimientos de valoración de la ED a largo plazo que recogen los anexos de EN 689. Ambos establecen como requisito para su aplicación que no haya diferencias sistemáticas en las condiciones de trabajo entre jornadas. No obstante, si las hubiera, aún sería posible aplicarlas al conjunto de jornadas más desfavorables, en una estrategia de evaluación de la exposición por exceso.

### 3.1.2.1. Basada, inicialmente, en un solo valor de ED

La principal ventaja de este método es que minimiza el número de mediciones de partida y va ampliándolo a la medida de las necesidades en función de los resultados anteriores<sup>(21)</sup>. Su mayor inconveniente es que no permite caracterizar la distribución de ED estimando sus parámetros.

Si, de acuerdo con la composición del GEH, fuera preciso medir la exposición de más de un trabajador, el procedimiento debería aplicarse a cada uno por separado, y decidir para el conjunto en base al caso más desfavorable.

La sistemática es como sigue:

1. Obtener un valor de ED
  2. Calcular la ED relativa ( $ED_r$ ) dividiendo ED por el valor límite aplicable (VL-ED)
- $$ED_r = ED/VL-ED$$

3. Si  $ED_r \leq 0,1$ , *exposición aceptable*  
Si  $ED_r > 1$ , *exposición inaceptable*  
Si  $0,1 < ED_r \leq 1$ , determinar, al menos, dos nuevos valores de  $ED_r$ <sup>(22)</sup>
4. Si  $ED_{r1}$  y  $ED_{r2}$  y ...  $ED_{rn} \leq 0,25$ , *exposición aceptable*
5. Si  $ED_{r1}$  o  $ED_{r2}$  o...  $ED_{rn} > 1$ , *exposición inaceptable*
6. Si alguna  $ED_r > 0,25$  pero todas  $\leq 1$  y  $MG$ <sup>(23)</sup>  $\leq 0,5$ , *exposición tolerable*
7. Si  $MG > 0,5$ , caben las siguientes opciones:
  - Mejorar el control de la exposición y repetir el procedimiento de evaluación
  - Obtener nuevos valores de  $ED_r$  y seguir el procedimiento a partir del punto 4, hasta alcanzar una conclusión

### 3.1.2.2. Basada en seis o más valores de ED

El anexo G de EN 689:1995 recoge el procedimiento gráfico de esta valoración.

Aquí solo se reflejará la versión analítica<sup>(24)</sup>, que no está desarrollada en la norma, utilizando algunas aproximaciones del manual NIOSH de estrategia de muestreo<sup>(25)</sup>. El proceso es el siguiente:

1. Obtener al menos 6 ED, aleatoriamente, en el GEH.
  2. Comprobar la homogeneidad<sup>(26)</sup> de la exposición en el GEH.
  3. Transformar las ED en  $ED_r$ , dividiéndolas por el valor límite correspondiente (VL-ED).
- $$ED_r = ED/VL-ED$$
4. Calcular los logaritmos neperianos de las  $ED_r$
- $$y_i = \ln ED_{ri}$$

<sup>(21)</sup> Ello facilita la aplicación a procesos de trabajo no demasiado estables en los que puede ser difícil predecir con cierta antelación si en un día determinado se van a dar las condiciones deseadas.

<sup>(22)</sup> Correspondientes a dos nuevas jornadas, preferentemente no consecutivas y elegidas al azar.

<sup>(23)</sup> Media geométrica de los valores de ED<sub>r</sub>.

<sup>(24)</sup> La desventaja fundamental que presenta respecto a la gráfica es que no se comprueba el ajuste de la distribución empírica al modelo logarítmico-normal.

<sup>(25)</sup> Leidel, Busch y Lynch: *Occupational Exposure Sampling Strategy Manual*, NIOSH (1977).

<sup>(26)</sup> Si la ED de algún trabajador es menor que la mitad o mayor que el doble de la media aritmética del grupo, habrá que replantearse la clasificación de los sujetos.

5. Calcular la media muestral ( $Y$ ) y la cuasidesviación típica muestral ( $S_{n-1,y}$ ), según las siguientes fórmulas:

$$Y = \sum y_i/n$$

$$S_{n-1,y} = \sqrt{\sum (y_i - Y)^2/n - 1}$$

6. Tipificar la transformada del valor límite,  $\ln(VL-ED/VL-ED)$ , calculando el estadístico:

$$Z^{(27)} = (0 - Y)/S_{n-1,y}$$

7. Buscar en la tabla de la distribución normal tipificada (tabla A5.I), la probabilidad ( $p$ ) de superar el valor de  $Z$  calculado. Esa será la probabilidad de que la ED de una jornada cualquiera supere el valor límite.

Si  $p \leq 0,1$  %, *exposición aceptable*. Situación verde.

Si  $p > 5$  %, *exposición inaceptable*. Situación roja.

Si  $0,1$  %  $< p \leq 5$  %, *exposición tolerable*. Situación naranja.

### 3.2. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN (EC)

Por EC ha de entenderse la concentración media de cualquier período de 15 minutos de la jornada de trabajo. Así, a diferencia de la ED, de la que no puede haber más que un valor por jornada, GEH y agente químico, de EC puede haber tantos como períodos de 15 minutos quepan en ella, que, si admitimos solapes, serán prácticamente infinitos.

Si el agente químico en cuestión tiene asignado un valor límite para la EC (VL-EC), que será cuando haya que hacer esta evaluación, el objetivo será asegurarse de que ninguna exposición de corta duración lo supere; por tanto, el primer paso consistirá en determinar la máxima EC de la jornada.

#### 3.2.1. Determinación de la máxima EC

La selección del período o períodos de 15 minutos sospechosos de la máxima exposición ha de hacerse de modo sistemático, es decir, mediante un análisis de las tareas y sus circunstancias, que ponga de manifiesto las más desfavorables.

Si el número de períodos seleccionado de esta forma fuera razonable, se mediría la EC de cada uno y el valor más alto obtenido sería la máxima EC buscada.

Si, por el contrario, el número fuera muy elevado, habría que proceder a extraer aleatoriamente de entre ellos una muestra de períodos a medir. Sería, también ahora, la EC más alta obtenida la que utilizaríamos para la valoración en primera instancia, pero, a diferencia del caso anterior, sin la seguridad de que hubiéramos determinado la máxima EC.

#### 3.2.2. Valoración de la EC

El procedimiento se resume en los siguientes pasos:

1. Se compara el máximo valor de EC medido con el VL-EC.

- Si lo supera, acaba la valoración con la conclusión de que la exposición es *inaceptable*.

- Si no lo supera y la selección de los períodos de medida ha sido puramente sistemática, también hay que dar por terminado el proceso con la conclusión de que la exposición es *tolerable* (máx EC  $> 0,5$  VL-EC) o *aceptable* (máx EC  $\leq 0,5$  VL-EC).

- Si no lo supera, pero la selección de los períodos ha comportado una fase aleatoria, hay que continuar el procedimiento de valoración hasta estimar la probabilidad de superación del valor límite en el conjunto de los períodos sospechosos no medidos.

Para ello se parte, al igual que se hizo en la valoración a largo plazo de la ED, de la suposición, ampliamente admitida, de que la EC, cuando no hay diferencias sistemáticas entre períodos, se comporta como una variable aleatoria de distribución logaritmo-normal. Así, si se dispone de una muestra al azar de valores de EC, como es el caso, es posible estimar los parámetros de la distribución y, basándose en ellos, llegar a conocer la probabilidad buscada. El procedimiento, en buena parte análogo al del punto 3.1.2.2., continúa como sigue:

2. Transformar las EC medidas en  $EC_r$ , dividiéndolas por VL-EC.

3. Calcular los logaritmos neperianos de las  $EC_r$

$$y_i = \ln EC_{ri}$$

<sup>(27)</sup> Realmente este estadístico no es  $Z$  sino  $t$ , ya que en el denominador no aparece la desviación típica de la población sino su estimador muestral, pero se ha considerado suficiente aproximación asumir, siguiendo el manual NIOSH, la distribución normal.

4. Calcular la media muestral ( $\bar{Y}$ ) y la cuasidesviación típica muestral ( $S_{n-1,y}$ ), que son los mejores estimadores de la media y la desviación típica poblacionales, mediante las siguientes fórmulas:

$$\bar{Y} = \sum y_i/n$$

$$S_{n-1,y} = \sqrt{\sum (y_i - \bar{Y})^2/n - 1}$$

5. Tipificar la transformada del valor límite,  $ln$  (VL-EC/VL-EC), calculando el estadístico

$$Z = (0 - \bar{Y})/S_{n-1,y}$$

6. Buscar, en la tabla de la distribución normal tipificada (tabla A5.I), la probabilidad ( $p$ ) de superación del valor  $Z$  obtenido. Como  $p$  es la probabilidad de que uno cualquiera de los períodos no medidos supere el valor límite,  $1 - p$  será la probabilidad de que no lo supere y  $p' = (1 - p)^{k-i}$ , siendo  $k$  el total de períodos sospechosos e  $i$  el de medidos, será la probabilidad de que no se supere en ninguno de los períodos no medidos.

7. Si  $p' > 0,9$  (90 %), la exposición será *aceptable*.

Si  $p' < 0,1$  (10 %), la exposición será *inaceptable*.

Si  $0,1 \leq p' \leq 0,9$ , la exposición se considerará solo *tolerable*.

- a) Establecer la tendencia de la exposición, de modo que se puedan aplicar medidas correctoras, si fuera necesario, antes de que se produzca la superación del valor límite.
- b) Ajustar de modo flexible la frecuencia de las mediciones a la entidad real de la exposición.

Para ello, es necesario que las mediciones periódicas respondan a un programa, elaborado desde el primer momento, que establezca claramente qué medir, dónde o a quién, cuándo, cómo y con qué frecuencia. De este modo, los resultados que se vayan obteniendo serán comparables entre sí y sus diferencias obedecerán solamente a las variaciones de la exposición y no a distintos criterios de medición.

El análisis de la tendencia de la exposición a partir de los datos de las mediciones periódicas puede efectuarse según el método de la media ponderada móvil, que recoge el anexo G de EN 689.

Por otra parte, los anexos D y F de la misma norma incluyen dos sistemas para establecer la frecuencia de medida, de los cuales se expone aquí el más sencillo. La periodicidad inicial se fija en 16 semanas, con los siguientes criterios de variación:

## 4. MEDICIONES PERIÓDICAS DE EXPOSICIÓN

Por mediciones periódicas se entiende un modo de seguimiento de la exposición que se instaura cuando los resultados de la evaluación inicial no permiten considerarla aceptable ni inaceptable, y tampoco se estima justificado introducir medidas adicionales de control hasta incluirla en la primera categoría. Se parte, por tanto, de una exposición tolerable —puesto que no se ha sustanciado ninguna superación del valor límite—, pero que presenta riesgo de deriva.

Las mediciones periódicas no constituyen evaluaciones sucesivas de la exposición y, por consiguiente, no han de seguir los procedimientos descritos anteriormente. Tampoco han de confundirse con el seguimiento de las medidas de control del riesgo, como, por ejemplo, las comprobaciones periódicas de los sistemas de ventilación, que han de realizarse siempre, tanto si es preciso llevar a cabo mediciones periódicas de la exposición, como si no.

Las mediciones periódicas han de permitir alcanzar un doble objetivo:

1. Si el resultado de una medición es tal que la exposición es igual o inferior al 25 % del valor límite, la siguiente medición se realizará al cabo de 64 semanas.
2. Si el resultado de la medición es tal que la exposición está comprendida entre el 25 % y el 50 % del valor límite, la siguiente medición se realizará a las 32 semanas.
3. Si el resultado de la medición es que la exposición está comprendida entre el 50 % y el 100 % del valor límite, la siguiente medición se efectuará a las 16 semanas.
4. Si varias mediciones sucesivas dan valores de exposición inferiores al 10 % del valor límite, se puede reconsiderar la necesidad del propio programa de mediciones periódicas.
5. Si de alguna medición se deduce una exposición superior al valor límite, se han de aplicar las medidas preventivas necesarias y, con posterioridad, repetir la evaluación inicial siguiendo alguno de los procedimientos establecidos.



Tabla A4.1. Distribución normal estándar

Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p
3,49	0,9998	2,99	0,9986	2,49	0,9936	1,99	0,9767	1,49	0,9319	0,99	0,8389	0,49	0,6879
3,48	0,9997	2,98	0,9986	2,48	0,9934	1,98	0,9761	1,48	0,9306	0,98	0,8365	0,48	0,6844
3,47	0,9997	2,97	0,9985	2,47	0,9932	1,97	0,9756	1,47	0,9292	0,97	0,8340	0,47	0,6808
3,46	0,9997	2,96	0,9985	2,46	0,9931	1,96	0,9750	1,46	0,9279	0,96	0,8315	0,46	0,6772
3,45	0,9997	2,95	0,9984	2,45	0,9929	1,95	0,9744	1,45	0,9265	0,95	0,8289	0,45	0,6736
3,44	0,9997	2,94	0,9984	2,44	0,9927	1,94	0,9738	1,44	0,9251	0,94	0,8264	0,44	0,6700
3,43	0,9997	2,93	0,9983	2,43	0,9925	1,93	0,9732	1,43	0,9236	0,93	0,8238	0,43	0,6664
3,42	0,9997	2,92	0,9982	2,42	0,9922	1,92	0,9726	1,42	0,9222	0,92	0,8212	0,42	0,6628
3,41	0,9997	2,91	0,9982	2,41	0,9920	1,91	0,9719	1,41	0,9207	0,91	0,8186	0,41	0,6591
3,4	0,9997	2,9	0,9981	2,4	0,9918	1,9	0,9713	1,4	0,9192	0,9	0,8159	0,4	0,6554
3,39	0,9997	2,89	0,9981	2,39	0,9916	1,89	0,9706	1,39	0,9177	0,89	0,8133	0,39	0,6517
3,38	0,9996	2,88	0,9980	2,38	0,9913	1,88	0,9699	1,38	0,9162	0,88	0,8106	0,38	0,6480
3,37	0,9996	2,87	0,9979	2,37	0,9911	1,87	0,9693	1,37	0,9147	0,87	0,8078	0,37	0,6443
3,36	0,9996	2,86	0,9979	2,36	0,9909	1,86	0,9686	1,36	0,9131	0,86	0,8051	0,36	0,6406
3,35	0,9996	2,85	0,9978	2,35	0,9906	1,85	0,9678	1,35	0,9115	0,85	0,8023	0,35	0,6368
3,34	0,9996	2,84	0,9977	2,34	0,9904	1,84	0,9671	1,34	0,9099	0,84	0,7995	0,34	0,6331
3,33	0,9996	2,83	0,9977	2,33	0,9901	1,83	0,9664	1,33	0,9082	0,83	0,7967	0,33	0,6293
3,32	0,9995	2,82	0,9976	2,32	0,9898	1,82	0,9656	1,32	0,9066	0,82	0,7939	0,32	0,6255
3,31	0,9995	2,81	0,9975	2,31	0,9896	1,81	0,9649	1,31	0,9049	0,81	0,7910	0,31	0,6217
3,3	0,9995	2,8	0,9974	2,3	0,9893	1,8	0,9641	1,3	0,9032	0,8	0,7881	0,3	0,6179
3,29	0,9995	2,79	0,9974	2,29	0,9890	1,79	0,9633	1,29	0,9015	0,79	0,7852	0,29	0,6141
3,28	0,9995	2,78	0,9973	2,28	0,9887	1,78	0,9625	1,28	0,8997	0,78	0,7823	0,28	0,6103
3,27	0,9995	2,77	0,9972	2,27	0,9884	1,77	0,9616	1,27	0,8980	0,77	0,7794	0,27	0,6064
3,26	0,9994	2,76	0,9971	2,26	0,9881	1,76	0,9608	1,26	0,8962	0,76	0,7764	0,26	0,6026
3,25	0,9994	2,75	0,9970	2,25	0,9878	1,75	0,9599	1,25	0,8944	0,75	0,7734	0,25	0,5987
3,24	0,9994	2,74	0,9969	2,24	0,9875	1,74	0,9591	1,24	0,8925	0,74	0,7704	0,24	0,5948
3,23	0,9994	2,73	0,9968	2,23	0,9871	1,73	0,9582	1,23	0,8907	0,73	0,7673	0,23	0,5910
3,22	0,9994	2,72	0,9967	2,22	0,9868	1,72	0,9573	1,22	0,8888	0,72	0,7642	0,22	0,5871
3,21	0,9993	2,71	0,9966	2,21	0,9864	1,71	0,9564	1,21	0,8869	0,71	0,7611	0,21	0,5832
3,2	0,9993	2,7	0,9965	2,2	0,9861	1,7	0,9554	1,2	0,8849	0,7	0,7580	0,2	0,5793
3,19	0,9993	2,69	0,9964	2,19	0,9857	1,69	0,9545	1,19	0,8830	0,69	0,7549	0,19	0,5753
3,18	0,9993	2,68	0,9963	2,18	0,9854	1,68	0,9535	1,18	0,8810	0,68	0,7517	0,18	0,5714
3,17	0,9992	2,67	0,9962	2,17	0,9850	1,67	0,9525	1,17	0,8790	0,67	0,7486	0,17	0,5675
3,16	0,9992	2,66	0,9961	2,16	0,9846	1,66	0,9515	1,16	0,8770	0,66	0,7454	0,16	0,5636
3,15	0,9992	2,65	0,9960	2,15	0,9842	1,65	0,9505	1,15	0,8749	0,65	0,7422	0,15	0,5596
3,14	0,9992	2,64	0,9959	2,14	0,9838	1,64	0,9495	1,14	0,8729	0,64	0,7389	0,14	0,5557
3,13	0,9991	2,63	0,9957	2,13	0,9834	1,63	0,9484	1,13	0,8708	0,63	0,7357	0,13	0,5517
3,12	0,9991	2,62	0,9956	2,12	0,9830	1,62	0,9474	1,12	0,8686	0,62	0,7324	0,12	0,5478
3,11	0,9991	2,61	0,9955	2,11	0,9826	1,61	0,9463	1,11	0,8665	0,61	0,7291	0,11	0,5438
3,1	0,9990	2,6	0,9953	2,1	0,9821	1,6	0,9452	1,1	0,8643	0,6	0,7257	0,1	0,5398
3,09	0,9990	2,59	0,9952	2,09	0,9817	1,59	0,9441	1,09	0,8621	0,59	0,7224	0,09	0,5359
3,08	0,9990	2,58	0,9951	2,08	0,9812	1,58	0,9429	1,08	0,8599	0,58	0,7190	0,08	0,5319
3,07	0,9989	2,57	0,9949	2,07	0,9808	1,57	0,9418	1,07	0,8577	0,57	0,7157	0,07	0,5279
3,06	0,9989	2,56	0,9948	2,06	0,9803	1,56	0,9406	1,06	0,8554	0,56	0,7123	0,06	0,5239
3,05	0,9989	2,55	0,9946	2,05	0,9798	1,55	0,9394	1,05	0,8531	0,55	0,7088	0,05	0,5199
3,04	0,9988	2,54	0,9945	2,04	0,9793	1,54	0,9382	1,04	0,8508	0,54	0,7054	0,04	0,5160
3,03	0,9988	2,53	0,9943	2,03	0,9788	1,53	0,9370	1,03	0,8485	0,53	0,7019	0,03	0,5120
3,02	0,9987	2,52	0,9941	2,02	0,9783	1,52	0,9357	1,02	0,8461	0,52	0,6985	0,02	0,5080
3,01	0,9987	2,51	0,9940	2,01	0,9778	1,51	0,9345	1,01	0,8438	0,51	0,6950	0,01	0,5040
3	0,9987	2,5	0,9938	2	0,9772	1,5	0,9332	1	0,8413	0,5	0,6915	0	0,5000

Tabla A4.I. Distribución normal estándar (continuación)

Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p
-3,49	0,0002	-2,99	0,0014	-2,49	0,0064	-1,99	0,0233	-1,49	0,0681	-0,99	0,1611	-0,49	0,3121
-3,48	0,0003	-2,98	0,0014	-2,48	0,0066	-1,98	0,0239	-1,48	0,0694	-0,98	0,1635	-0,48	0,3156
-3,47	0,0003	-2,97	0,0015	-2,47	0,0068	-1,97	0,0244	-1,47	0,0708	-0,97	0,1660	-0,47	0,3192
-3,46	0,0003	-2,96	0,0015	-2,46	0,0069	-1,96	0,0250	-1,46	0,0721	-0,96	0,1685	-0,46	0,3228
-3,45	0,0003	-2,95	0,0016	-2,45	0,0071	-1,95	0,0256	-1,45	0,0735	-0,95	0,1711	-0,45	0,3264
-3,44	0,0003	-2,94	0,0016	-2,44	0,0073	-1,94	0,0262	-1,44	0,0749	-0,94	0,1736	-0,44	0,3300
-3,43	0,0003	-2,93	0,0017	-2,43	0,0075	-1,93	0,0268	-1,43	0,0764	-0,93	0,1762	-0,43	0,3336
-3,42	0,0003	-2,92	0,0018	-2,42	0,0078	-1,92	0,0274	-1,42	0,0778	-0,92	0,1788	-0,42	0,3372
-3,41	0,0003	-2,91	0,0018	-2,41	0,0080	-1,91	0,0281	-1,41	0,0793	-0,91	0,1814	-0,41	0,3409
-3,4	0,0003	-2,9	0,0019	-2,4	0,0082	-1,9	0,0287	-1,4	0,0808	-0,9	0,1841	-0,4	0,3446
-3,39	0,0003	-2,89	0,0019	-2,39	0,0084	-1,89	0,0294	-1,39	0,0823	-0,89	0,1867	-0,39	0,3483
-3,38	0,0004	-2,88	0,0020	-2,38	0,0087	-1,88	0,0301	-1,38	0,0838	-0,88	0,1894	-0,38	0,3520
-3,37	0,0004	-2,87	0,0021	-2,37	0,0089	-1,87	0,0307	-1,37	0,0853	-0,87	0,1922	-0,37	0,3557
-3,36	0,0004	-2,86	0,0021	-2,36	0,0091	-1,86	0,0314	-1,36	0,0869	-0,86	0,1949	-0,36	0,3594
-3,35	0,0004	-2,85	0,0022	-2,35	0,0094	-1,85	0,0322	-1,35	0,0885	-0,85	0,1977	-0,35	0,3632
-3,34	0,0004	-2,84	0,0023	-2,34	0,0096	-1,84	0,0329	-1,34	0,0901	-0,84	0,2005	-0,34	0,3669
-3,33	0,0004	-2,83	0,0023	-2,33	0,0099	-1,83	0,0336	-1,33	0,0918	-0,83	0,2033	-0,33	0,3707
-3,32	0,0005	-2,82	0,0024	-2,32	0,0102	-1,82	0,0344	-1,32	0,0934	-0,82	0,2061	-0,32	0,3745
-3,31	0,0005	-2,81	0,0025	-2,31	0,0104	-1,81	0,0351	-1,31	0,0951	-0,81	0,2090	-0,31	0,3783
-3,3	0,0005	-2,8	0,0026	-2,3	0,0107	-1,8	0,0359	-1,3	0,0968	-0,8	0,2119	-0,3	0,3821
-3,29	0,0005	-2,79	0,0026	-2,29	0,0110	-1,79	0,0367	-1,29	0,0985	-0,79	0,2148	-0,29	0,3859
-3,28	0,0005	-2,78	0,0027	-2,28	0,0113	-1,78	0,0375	-1,28	0,1003	-0,78	0,2177	-0,28	0,3897
-3,27	0,0005	-2,77	0,0028	-2,27	0,0116	-1,77	0,0384	-1,27	0,1020	-0,77	0,2206	-0,27	0,3936
-3,26	0,0006	-2,76	0,0029	-2,26	0,0119	-1,76	0,0392	-1,26	0,1038	-0,76	0,2236	-0,26	0,3974
-3,25	0,0006	-2,75	0,0030	-2,25	0,0122	-1,75	0,0401	-1,25	0,1056	-0,75	0,2266	-0,25	0,4013
-3,24	0,0006	-2,74	0,0031	-2,24	0,0125	-1,74	0,0409	-1,24	0,1075	-0,74	0,2296	-0,24	0,4052
-3,23	0,0006	-2,73	0,0032	-2,23	0,0129	-1,73	0,0418	-1,23	0,1093	-0,73	0,2327	-0,23	0,4090
-3,22	0,0006	-2,72	0,0033	-2,22	0,0132	-1,72	0,0427	-1,22	0,1112	-0,72	0,2358	-0,22	0,4129
-3,21	0,0007	-2,71	0,0034	-2,21	0,0136	-1,71	0,0436	-1,21	0,1131	-0,71	0,2389	-0,21	0,4168
-3,2	0,0007	-2,7	0,0035	-2,2	0,0139	-1,7	0,0446	-1,2	0,1151	-0,7	0,2420	-0,2	0,4207
-3,19	0,0007	-2,69	0,0036	-2,19	0,0143	-1,69	0,0455	-1,19	0,1170	-0,69	0,2451	-0,19	0,4247
-3,18	0,0007	-2,68	0,0037	-2,18	0,0146	-1,68	0,0465	-1,18	0,1190	-0,68	0,2483	-0,18	0,4286
-3,17	0,0008	-2,67	0,0038	-2,17	0,0150	-1,67	0,0475	-1,17	0,1210	-0,67	0,2514	-0,17	0,4325
-3,16	0,0008	-2,66	0,0039	-2,16	0,0154	-1,66	0,0485	-1,16	0,1230	-0,66	0,2546	-0,16	0,4364
-3,15	0,0008	-2,65	0,0040	-2,15	0,0158	-1,65	0,0495	-1,15	0,1251	-0,65	0,2578	-0,15	0,4404
-3,14	0,0008	-2,64	0,0041	-2,14	0,0162	-1,64	0,0505	-1,14	0,1271	-0,64	0,2611	-0,14	0,4443
-3,13	0,0009	-2,63	0,0043	-2,13	0,0166	-1,63	0,0516	-1,13	0,1292	-0,63	0,2643	-0,13	0,4483
-3,12	0,0009	-2,62	0,0044	-2,12	0,0170	-1,62	0,0526	-1,12	0,1314	-0,62	0,2676	-0,12	0,4522
-3,11	0,0009	-2,61	0,0045	-2,11	0,0174	-1,61	0,0537	-1,11	0,1335	-0,61	0,2709	-0,11	0,4562
-3,1	0,0010	-2,6	0,0047	-2,1	0,0179	-1,6	0,0548	-1,1	0,1357	-0,6	0,2743	-0,1	0,4602
-3,09	0,0010	-2,59	0,0048	-2,09	0,0183	-1,59	0,0559	-1,09	0,1379	-0,59	0,2776	-0,09	0,4641
-3,08	0,0010	-2,58	0,0049	-2,08	0,0188	-1,58	0,0571	-1,08	0,1401	-0,58	0,2810	-0,08	0,4681
-3,07	0,0011	-2,57	0,0051	-2,07	0,0192	-1,57	0,0582	-1,07	0,1423	-0,57	0,2843	-0,07	0,4721
-3,06	0,0011	-2,56	0,0052	-2,06	0,0197	-1,56	0,0594	-1,06	0,1446	-0,56	0,2877	-0,06	0,4761
-3,05	0,0011	-2,55	0,0054	-2,05	0,0202	-1,55	0,0606	-1,05	0,1469	-0,55	0,2912	-0,05	0,4801
-3,04	0,0012	-2,54	0,0055	-2,04	0,0207	-1,54	0,0618	-1,04	0,1492	-0,54	0,2946	-0,04	0,4840
-3,03	0,0012	-2,53	0,0057	-2,03	0,0212	-1,53	0,0630	-1,03	0,1515	-0,53	0,2981	-0,03	0,4880
-3,02	0,0013	-2,52	0,0059	-2,02	0,0217	-1,52	0,0643	-1,02	0,1539	-0,52	0,3015	-0,02	0,4920
-3,01	0,0013	-2,51	0,0060	-2,01	0,0222	-1,51	0,0655	-1,01	0,1562	-0,51	0,3050	-0,01	0,4960
-3	0,0013	-2,5	0,0062	-2	0,0228	-1,5	0,0668	-1	0,1587	-0,5	0,3085	0	0,5000

# ANEXO 5

## MÉTODOS DE MEDICIÓN PARA LOS AGENTES QUÍMICOS DE LA LISTA DE VALORES LÍMITE INDICATIVOS DE LA DIRECTIVA 2000/39/CE

### I. MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS

Para obtener resultados fiables en las mediciones de los agentes químicos que tienen valor límite de exposición laboral (VL), es necesario utilizar métodos que reúnan las características adecuadas, aplicarlos siguiendo las instrucciones y recomendaciones contenidas en ellos y realizar un control adecuado en todas las fases de ejecución del método.

Las normas europeas elaboradas por el Comité Técnico 137 de CEN <sup>(28)</sup> «*Assesment exposure at the workplace*» establecen los requisitos para las características de los métodos de medición que determinan su idoneidad para la determinación de las concentraciones de las sustancias químicas en el aire de los lugares de trabajo.

De acuerdo con la norma EN 482:1994, las mediciones cuyo objeto es la comparación con los valores límite de exposición profesional son las que «*proporcionan información exacta y fiable sobre la concentración media ponderada en el tiempo de un agente químico específico en el aire que puede ser inhalado o bien permiten su predicción*». Para ello, según indica la norma citada, la incertidumbre global para estas mediciones debe ser  $\leq 30\%$  para el intervalo 0,5 VL a 2 VL y  $\leq 50\%$  para el intervalo de 0,1 VL a 0,5 VL. El método de medición debe cumplir estos requisitos con tiempos de toma de muestra iguales o inferiores al período de referencia del valor límite y en las condiciones ambientales típicas de los lugares de trabajo. Además, los procedimientos y equipos que se utilizan en la medición de las sustancias químicas deberían ser conformes a las normas específicas derivadas de la EN 482:1994 que sean de aplicación en cada caso (véanse los aparta-

dos 2.1 y 2.2 de este anexo y la parte III de estas directrices prácticas: «Referencias bibliográficas»).

Los métodos que normalmente cumplen los requisitos anteriores son los métodos con etapas separadas de toma de muestra y análisis. Un Método de Toma de Muestras y Análisis (MTA) es un conjunto ordenado de operaciones o procedimientos de trabajo que permite obtener respuesta a un requerimiento de medición específico, tal como determinar la concentración de un agente químico en el aire o en una matriz concreta.

En los métodos de toma de muestra y análisis se pueden diferenciar tres etapas:

- la toma de muestra, donde se indica el procedimiento que se debe seguir para obtener las muestras;
- el transporte y almacenamiento, donde se indican las precauciones y las recomendaciones para evitar alteraciones de las muestras una vez obtenidas, y
- el análisis, que describe el tratamiento a aplicar a las muestras en el laboratorio.

Los métodos quedan básicamente definidos por:

- la(s) sustancia(s) concreta(s) que determina(n);
- el sistema de toma de muestra (activo/pasivo, soporte de captación, etc.);
- la técnica analítica a utilizar.

Los métodos de toma de muestra y análisis que se incluyen en este documento se han seleccionado en función del grado de cumplimiento de las normas europeas. Se ha partido de los métodos publicados

<sup>(28)</sup> Comité Europeo de Normalización.

existentes, redactados en forma normalizada, con protocolos de validación conocidos e informes de validación accesibles. Las características de los métodos seleccionados se han comparado con los requisitos de las normas europeas con el fin de determinar su idoneidad. Los protocolos de validación varían dependiendo de su origen, por lo que ha sido necesario estimar algunos de los parámetros indicados en las normas europeas a partir de la información disponible.

## 2. REQUISITOS DE LOS MÉTODOS DE MEDICIÓN

### 2.1. REQUISITOS GENERALES

Los requisitos generales, contenidos en la norma EN 482:1994, para las mediciones de agentes químicos en el lugar de trabajo, cuyo objeto es la comparación con los valores límite (VL), son los siguientes:

**Intervalo de medida mínimo.** El intervalo de medida del procedimiento de medición debe comprender el valor límite y extenderse de 0,1 VL a 2 VL. Esto quiere decir que para todo este intervalo la incertidumbre global debe situarse entre los límites especificados (véase más abajo la definición de incertidumbre global).

**Tiempo de ponderación.** Es el período de tiempo para el que el procedimiento de medida proporciona un resultado individual. Para un método con etapas separadas de toma de muestra y análisis el tiempo de ponderación es equivalente al tiempo de muestreo. Para los métodos de medida cuyo objeto es la comparación con los valores límite, el tiempo de muestreo debe ser menor o igual que el período de referencia del valor límite.

**Incertidumbre global.** De forma general, se entiende por «incertidumbre de medida» la estimación que caracteriza el intervalo de valores en el que se sitúa, generalmente con una alta probabilidad dada, el valor verdadero de la magnitud medida [UNE-EN 30012-1, 3.7:1994]. En el campo de la medición de agentes químicos, el término «incertidumbre global» se utiliza para definir la cantidad utilizada para caracterizar, como un todo, la incertidumbre del resultado dado por un equipo o un procedimiento de medición. Cuantitativamente, se expresa, en porcentaje, por una combinación del sesgo y de la precisión, generalmente de acuerdo con la fórmula [UNE-EN 482:1994, 3.7:1995]:

$$\frac{|\bar{X} - X_{ref}|}{X_{ref}} + 2s \times 100$$

donde:

$\bar{X}$  es el valor medio de los resultados de un número  $n$  de mediciones repetidas;

$X_{ref}$  es el valor de referencia verdadero o aceptado de la concentración;

$s$  es la desviación típica de las mediciones.

La incertidumbre global, calculada según la fórmula anterior, debe ser  $\leq 30\%$  para el intervalo de 0,5 VL a 2 VL y  $\leq 50\%$  para el intervalo de 0,1 VL a 0,5 VL.

**Integridad física y química de la muestra.** El almacenamiento y el transporte deben realizarse de tal manera que se mantenga la integridad física y química de la muestra. El método debe incluir las condiciones de transporte y almacenamiento (temperatura, protección de la luz, máximo tiempo de almacenamiento, etc.).

**Condiciones ambientales.** Los requisitos anteriores deberían cumplirse en las condiciones ambientales que se presentan en el lugar de trabajo, típicas de la utilización que se pretende del procedimiento. Se consideran normalmente las informaciones sobre la influencia de la temperatura en el intervalo 5 °C-40 °C, de la humedad en el intervalo 20 %-80 % de humedad relativa, presión y otros parámetros.

**Selectividad.** Se entiende por «selectividad» el grado de independencia del método frente a las interferencias [UNE-EN 482, 3.9:1995]. También se define como el grado por el cual un método puede determinar un analito particular dentro de una mezcla compleja, sin ser interferido por otros componentes de la mezcla [WELAC/Eurachem:93]. El procedimiento de medición debe tener en cuenta las posibles interferencias y proporcionar información para minimizar sus efectos.

**Descripción del método.** La descripción del método seguirá preferentemente las indicaciones de la norma ISO 78/2:1982 (véase la parte III). Debe contener toda la información necesaria para que el procedimiento llegue a buen término e indicar, además, la incertidumbre global alcanzable, el intervalo de medida, el tiempo de ponderación, las interferencias, y las informa-

ciones relativas a las condiciones ambientales u otras que pudiesen influir.

La redacción formal del método siguiendo las indicaciones de la norma ISO 78/2:1982 dispone la información en los siguientes apartados:

- Introducción (opcional)
- Objeto y campo de aplicación
- Definiciones
- Fundamento del método
- Reactivos y productos
- Aparatos y material
- Toma de muestra
- Procedimiento de análisis
- Cálculos
- Precisión y exactitud
- Bibliografía.

**Expresión de los resultados.** El resultado final que proporcione el método de medición debe estar expresado en las mismas unidades que las del valor límite.

## 2.2. REQUISITOS ESPECÍFICOS

Además de los requisitos generales, y dependiendo del estado físico del agente químico en la atmósfera, de su naturaleza química, de la especie del agente químico que debe medirse, del tipo de muestreo (activo o pasivo) y del elemento de captación, deberán considerarse las normas que se indican a continuación (véase la parte III):

- Para todos los métodos que utilicen sistemas de muestreo activo, las bombas de muestreo personal serán conformes a la norma EN 1232:1997, y las bombas para caudales superiores a 5 l/min, a la norma EN 12919:1999.
- Los métodos para la determinación de agentes químicos presentes en la atmósfera como gases y vapores cumplirán además los requisitos de la EN 1076:1997 si utilizan tubos adsorbentes, o los de la EN 838:1995 si se trata de muestreadores pasivos por difusión.

- Los métodos para la determinación de agentes químicos presentes en la atmósfera como partículas y que requieran de selectores de tamaños tendrán en cuenta las normas EN 481:1993 y EN 13205:2001. Los métodos para la determinación de metales y metaloides deberán además cumplir con los requisitos de la norma EN 13890:2002, y los métodos para la determinación de agentes químicos presentes como mezclas de partículas y vapores deberán cumplir con los requisitos de la norma ENV 13936:2001.

## 2.3. VALIDACIÓN DEL MÉTODO

Los métodos a utilizar deberán ser métodos validados que garanticen la obtención de resultados con el grado de fiabilidad requerido. La validación de un procedimiento de medición establece, mediante estudios sistemáticos de laboratorio, que las características de dicho procedimiento cumplen las especificaciones relativas al uso previsto de los resultados analíticos. El proceso de validación permite el conocimiento de las características de funcionamiento del método y proporciona un alto grado de confianza en el mismo y en los resultados obtenidos al aplicarlo.

A fin de establecer los métodos para la determinación de la concentración de los contaminantes químicos es necesario prefiar unos criterios de comportamiento que incluyan, entre otros valores, los valores máximos del sesgo y de la precisión que se deben conseguir bajo condiciones de laboratorio similares a las reales. Estos criterios, que también deberán incluir las posibles influencias ambientales, suelen plasmarse en documentos denominados «protocolos de validación».

El protocolo de validación debe ser tal que permita determinar la incertidumbre global (precisión y sesgo) del método y debe estar fundamentado en mediciones repetidas bajo condiciones definidas. El número mínimo de mediciones repetidas para un conjunto dado de condiciones será de seis. La incertidumbre global relativa deberá determinarse a las concentraciones correspondientes a los límites inferior y superior del intervalo de medida mínimo (0,1 VL a 2 VL) y, al menos, a otra concentración intermedia.

Dependiendo del fundamento del método, el protocolo deberá incluir el ensayo de la influencia de los parámetros ambientales y de las interferencias que puedan afectar a los resultados de la medición. Además deberían considerarse otros factores cuya influencia deberá ser tomada en cuenta en caso necesario como, por ejemplo, la velocidad y la dirección

del viento o la dirección del orificio de entrada del aire en el muestreo. Si se aplican factores de corrección para un sesgo conocido y explicable surgido de las influencias ambientales, dichos factores deberán estar justificados y registrados en el informe de validación.

## 2.4. OTRAS CARACTERÍSTICAS QUE SE HAN DE EVALUAR

Entre las características no técnicas puede ser de especial interés para el usuario disponer de una valoración sobre la dificultad en la aplicación del método y el coste económico del instrumental necesario. La valoración de estas características está muy condicionada por la situación de la entidad que realice las mediciones y del lugar de trabajo a evaluar, así como por el número de mediciones (muestras a tomar y analizar) y el número de determinaciones (analitos) para cada muestra.

**Grado de dificultad.** Para valorar la dificultad en la aplicación de cada método seleccionado se han considerado los siguientes factores:

- los equipos y accesorios necesarios pueden adquirirse en el mercado;
- los patrones de calibración pueden prepararse simplemente por disolución;
- no existen limitaciones o dificultades en la toma de muestra (por ejemplo, utilización de borboteadores);
- no se exigen períodos mínimos de toma de muestra muy largos (por ejemplo, 4 horas o más);
- el transporte y almacenamiento de las muestras no necesita de ninguna precaución especial aparte de las generales indicadas en el apartado siguiente y de «mantener a 4 °C»;
- no hay restricciones ni limitaciones a las condiciones en todo el campo de aplicación del método;
- el analito es estable y no hay tendencias en los valores de incertidumbre global con la concentración u otras condiciones.

Las categorías que se han aplicado en relación con el grado de dificultad han sido: aplicación sencilla, aplicación compleja y aplicación muy compleja. Se considera *aplicación sencilla* si se cumplen las características indicadas anteriormente y *aplicación compleja* y *aplicación muy compleja* si no se cumplen dos o más de dos

de las condiciones anteriores (sería el caso de un método que requiere un soporte de captación impregnado que no está comercializado).

**Coste económico.** Aunque los equipos de análisis químico son normalmente mucho más caros que los utilizados para la toma de muestra, se han considerado en conjunto de cara a realizar la estimación del coste económico. Se ha utilizado el criterio siguiente:

- *bajo* (< 12 000 euros);
- *medio* (de 12 000 a 42 000 euros);
- *alto* (> 42 000 euros).

## 3. INSTRUCCIONES GENERALES PARA LA EJECUCIÓN DEL MÉTODO

La ejecución de las tres partes que constituyen el método de medición (toma de muestra, transporte, y conservación y análisis instrumental) suele ser llevada a cabo por distintas personas, lo que implica que debe disponerse de sistemas que garanticen la integridad y custodia de la muestra a lo largo de todo el proceso.

### 3.1. TOMA DE MUESTRA

La toma de muestra es necesaria en todas aquellas determinaciones analíticas que deben efectuarse en el laboratorio. Es la primera etapa del método de medición, perfectamente diferenciada de la determinación analítica, tanto por su distinta problemática específica como por su diferente ejecución en el tiempo, y en la mayoría de ocasiones por operadores distintos; sin embargo, la toma de muestra y la determinación analítica están totalmente relacionadas y son dependientes entre sí.

La toma de muestra debe realizarse siguiendo las indicaciones del método de medición seleccionado. Antes de llevarla a la práctica debería asegurarse que los equipos que se utilicen están adecuadamente calibrados y mantenidos y que los soportes de retención son los recomendados en el método, han estado almacenados en las condiciones recomendadas por el fabricante y no se ha superado la fecha de caducidad cuando proceda.

En el caso de muestreo pasivo por difusión, debe tenerse en cuenta que la velocidad de captación indicada en el método es válida únicamente para el modelo de muestreador utilizado en la validación. En el

caso de utilizar un modelo de muestreador diferente, el usuario debe calcular la velocidad de captación o bien obtenerla del fabricante.

Es importante que las muestras se identifiquen de forma inequívoca y que se recojan todos los datos e informaciones sobre el lugar de trabajo que sean pertinentes. Asimismo debería existir un registro de las muestras en el que se consignara como mínimo la referencia asignada, lugar donde se ha tomado, equipos utilizados, condiciones en las que se ha realizado, persona que lo ha llevado a cabo y laboratorios a los que se envían las muestras para su análisis.

### 3.2. TRANSPORTE Y CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS

La parte del método de medición que comprende el transporte y el almacenamiento o conservación de la muestra es de vital importancia, ya que un tratamiento inadecuado de las muestras durante esta etapa afecta a su integridad e invalida todo el proceso de medición. Para asegurar el control continuado de que las muestras están en las condiciones adecuadas, debe ponerse especial cuidado en que no queden espacios de tiempo y de lugar en los que las muestras tomadas no tengan un responsable (no estén bajo custodia).

El método de medición establece las condiciones de transporte y conservación que deben respetarse: temperatura, protección de la luz, humedad recomendada y tiempo máximo de almacenamiento. Es conveniente que el tiempo desde que se toma la muestra hasta su recepción por el laboratorio que vaya a realizar el análisis sea lo más corto posible.

Las principales recomendaciones son:

- Precintar o cerrar las muestras inmediatamente después de su captación.
- Empaquetar las muestras en contenedores adecuados para su transporte.
- Incluir en cada lote de muestras, una «muestra blanco» (muestra por la que no se ha hecho pasar aire).
- No colocar en la misma caja o contenedor muestras ambientales y muestras de materias primas (*bulk samples*).
- Evitar alteraciones de las muestras por calentamiento excesivo o por exposición intensa a la luz solar.

- No almacenar las muestras, enviarlas inmediatamente al laboratorio.
- Conservar las muestras adecuadamente según las indicaciones del método analítico y no manipularlas hasta el momento de ser analizadas.

### 3.3. ANÁLISIS

Es conveniente que el laboratorio que realice los análisis cumpla las exigencias de la norma EN-ISO/CEI 17025:1999 y especialmente en lo que respecta a los siguientes aspectos:

- Tener implantado un sistema de calidad.
- Disponer de un plan de mantenimiento y calibración de sus equipos.
- Aplicar Procedimientos Normalizados de Trabajo (PNT) para sus actividades.
- Aplicar métodos de medición validados.
- Disponer de personal con la formación y experiencia necesaria.
- Participar en programas de evaluación externa de la calidad o pruebas de intercomparación.

## 4. SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS

### 4.1. COLECCIONES DE MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS

La selección de métodos de toma de muestra y análisis para los agentes químicos de la Directiva 2000/39/CE se ha realizado entre los métodos publicados existentes, redactados en forma normalizada, con protocolos de validación conocidos e informes de validación accesibles.

Para ello, en la primera fase de la selección se han considerado las colecciones de métodos publicadas por instituciones competentes de países de la UE citados en la norma EN 14042:2003. De estos se han considerado, siempre que ha sido posible, aquellos en los que los protocolos de validación y los datos de validación estaban publicados o eran accesibles. Las colecciones de métodos consideradas han sido las que se citan en la parte III de este documento («Referencias bibliográficas»).

Los métodos de estas colecciones disponen, en muchos casos, de protocolos de validación o resultados de validación propios publicados. En caso contrario, se utilizan los datos de validación de NIOSH y OSHA. Ha sido necesario recurrir, por tanto, a las colecciones de métodos de NIOSH y OSHA porque son referencia general en la mayoría de los países de la UE, incluso en el caso de que se disponga de colecciones de métodos publicadas. Las colecciones de métodos de NIOSH y OSHA se encuentran también entre las referencias de la EN 14042:2003. Estas instituciones publican tanto los protocolos de validación como los resultados del proceso de validación.

En algunos casos, cuando la información no era suficiente, ha sido necesario recurrir a artículos publicados en revistas científicas.

#### 4.2. RECOGIDA DE INFORMACIÓN DE LOS MÉTODOS PARA CADA AGENTE QUÍMICO

Para muchas de las sustancias hay más de un método publicado. Puede tratarse de métodos iguales o equivalentes o bien de métodos diferentes. Se considera que los métodos son iguales o equivalentes cuando el

método y los equipos de toma de muestra y análisis que utiliza son los mismos y los procedimientos son similares. Puede haber diferencias en el campo de aplicación de los métodos iguales o equivalentes debido a las diferencias en los valores límite, tanto por las diferencias que existen entre los valores establecidos en los diferentes países como por las modificaciones (normalmente disminuciones, a veces drásticas) de los valores límite a lo largo del tiempo.

Para cada método o grupo de métodos iguales, se recogieron, en tablas similares a la que se da a continuación (tabla A5.1), todos los datos disponibles, tanto los contenidos en el propio método como en los informes de validación correspondientes, para obtener la información sobre el campo de aplicación, la toma de muestra, transporte y almacenamiento, análisis y cualquier otra información de interés.

#### 4.3. EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS

Los métodos se han evaluado en función del grado de cumplimiento de los requisitos indicados en el apartado 2, agrupando los métodos iguales o equivalentes. Se han valorado en primer lugar las características de

Tabla A5.1. Recogida de información para cada método

(Nombre del agente químico)	VL (corto plazo) = mg/m <sup>3</sup>	VL (8 h) = mg/m <sup>3</sup>		
		Método 1	Método 2	Método 3
Volumen de ruptura ( <i>Breakthrough volume</i> )	Concentración de la atmósfera mg/m <sup>3</sup> (x VL)			
	Humedad relativa (%)			
	Caudal ( <i>Flow rate</i> ) (l/min)			
Eficacia de desorción ( <i>Desorption efficiency</i> )	Masa adicionada (mg por muestra)			
	Caudal ( <i>Flow rate</i> ) (l/min)			
Ensayos Muestreo/Análisis	Volumen de muestreo (l)			
	Concentración de la atmósfera mg/m <sup>3</sup> (x VL)			
	Humedad relativa (%)			
	mg recogidos			
	Concentración de la atmósfera mg/m <sup>3</sup> (x VL)			
Ensayo de almacenamiento	Humedad relativa (%)			
	Condiciones de almacenamiento (refrigerado/ambiente)			
	Tiempo de almacenamiento (días)			
	Otras informaciones	Interferencias, limitaciones, etc.		



funcionamiento (técnicas) y, en segundo, otras características. Las características del método candidato se han contrastado con los requisitos establecidos en las normas europeas. Como referencia básica y general se han tomado los requisitos que la norma EN 482:1994 da para las mediciones cuyo objeto es la comparación con los valores límite (apartado 2.1). Se han considerado igualmente todas las normas específicas derivadas de la norma EN 482:1994, citadas anteriormente en 2.2, en las que se detallan los requisitos para distintos tipos de procedimientos y equipos que se utilizan en la medición de las sustancias químicas.

En la evaluación y selección de los métodos se ha tenido en cuenta la información de la validación disponible. Los protocolos de validación varían dependiendo de su origen, por lo que ha sido necesario estimar algunos de los parámetros indicados en las normas europeas a partir de información disponible. La EN 482:1994 indica que la validación de un método para comparar con los VL debe efectuarse en el intervalo 0,1 VL a 2 VL. Este criterio que gira en torno al VL hace que el intervalo de trabajo deba cambiar cada vez que lo hace el valor límite. Los métodos publicados han sido validados, al menos en algunos casos, para unos valores límite sensiblemente superiores y a veces inferiores a los VL de la Directiva y en todos los casos para el VL de 8 horas. Esto hace que para aprovechar el trabajo de validación efectuado en su día sobre los métodos, las condiciones de la validación deban ser extrapoladas a las necesidades actuales. Así, cuando ha sido necesario, el volumen de muestra se ha adaptado de tal forma que las cantidades absolutas de muestra recogidas, con el caudal recomendado, se encuentren dentro del intervalo de concentraciones al que se refieren los datos de validación. En el campo de los disolventes orgánicos captados sobre un adsorbente sólido, es posible esta extrapolación siempre que se respeten algunos conceptos fundamentales en la validación como lo es el volumen de ruptura (*breakthrough volume*) que, en la práctica, consiste en evitar que se supere la capacidad de adsorción del adsorbente utilizado lo cual invalidaría la muestra recogida.

## 5. FICHAS DE MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS PARA LOS AGENTES QUÍMICOS DE LA DIRECTIVA 2000/39/CE

Se ha elaborado una ficha del método de toma de muestra y análisis (dos en algunos casos) para cada sustancia química contenida en la lista de valores límite de la Directiva 2000/39/CE.

Las fichas recogen la información fundamental para todas las partes del método de medición: toma de muestra, transporte y almacenamiento, y análisis con el fin de que sea de utilidad tanto para el trabajo en campo como para el del laboratorio. La información está dividida en bloques según el modelo de la figura A5.2 (modelo de ficha y explicación de los contenidos).

En los casos en los que, para una misma sustancia, existan varios métodos, los datos que se incluyen en la ficha son los del método seleccionado que es el que se ha validado de forma más próxima a las normas europeas para el intervalo de concentraciones de interés (0,1 VL a 2 VL de la Directiva 2000/39/CE), y los valores de precisión, sesgo e incertidumbre global que se incluyen son los del método seleccionado. La información de los otros métodos, sean equivalentes o sean distintos, se indica en el apartado de la ficha «Otros métodos», incluyendo, si es el caso, información de los datos relevantes de los métodos equivalentes que pueden complementar al recomendado y de las alternativas de toma de muestra y análisis que ofrecen los métodos distintos.

En la tabla A5.3 se presenta el listado de las fichas. La primera columna es el número de identificación de la ficha asignado correlativamente según el orden de la lista de valores límite de la Directiva 2000/39/CE. La siguiente columna es el nombre del agente químico. En la tercera columna se indica el intervalo de medida específico (definición en el apartado 2.1) de acuerdo con la norma EN 482:1994. La cuarta columna contiene el intervalo validado que corresponde al método seleccionado que se indica en la quinta columna. La sexta columna contiene observaciones relativas a las limitaciones en la aplicabilidad de dicho método para la medición de las concentraciones de agentes químicos peligrosos en el aire en el lugar de trabajo en relación con los valores límite de exposición profesional.

En las tablas A5.4 y A5.5 se muestra el índice de las fichas ordenado por el número CAS y por orden alfabético, respectivamente.

Figura A5.2. Modelo de ficha y explicación de los contenidos

**NOMBRE DEL AGENTE QUÍMICO**

Nombre del agente químico de la lista de VL de la Directiva 2000/39/CE seguido, en ocasiones, del sinónimo de mayor uso.

**Nº CAS:** Nº de registro del Chemical Abstract Service

**FICHA Nº —**

Número de orden de la lista de VL

**Fecha de elaboración o de la última actualización**

**VL (8 h):** — mg/m<sup>3</sup>, — ppm

**VL (corto plazo):** — mg/m<sup>3</sup>, — ppm

Valores límite de exposición profesional indicativos del anexo de la Directiva 2000/39/CE

**RESUMEN DEL MÉTODO**

Breve descripción del método recomendado indicando el sistema de toma de muestra y de análisis y los datos básicos que proporcionen una primera idea global del método.

**CAMPO DE APLICACIÓN**

Escala de concentraciones indicando los niveles mínimo y máximo de medición. Se expresa como un intervalo de concentraciones (masa/volumen) de la sustancia química por metro cúbico de aire, para el volumen de muestra recomendado. Las concentraciones mínima y máxima se corresponden con 0,1 VL y 2 VL para el volumen recomendado. Información disponible sobre las limitaciones del método, es decir, sobre las condiciones ambientales u otras circunstancias que pueden restringir el campo de aplicación. Información sobre las posibilidades de aplicación del método a otras sustancias químicas.

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

La información técnica más relevante para la aplicación del método está dividida en cuatro grupos: toma de muestra, análisis, transporte y almacenamiento, y datos de evaluación del método.

**TOMA DE MUESTRA**

Descripción del sistema de captación y de las condiciones de toma de muestra.

**Elemento de captación:** Descripción de las características.

**Bomba de muestreo:** Tipo de bomba.

**Caudal recomendado:** —l/min Caudal de la bomba utilizado en la validación del método.

**Volumen recomendado:** — l Volumen de aire a muestrear en litros.

**ANÁLISIS**

Información de las condiciones de la preparación de la muestra y de la determinación instrumental.

**Preparación:** Descripción del tratamiento de la muestra.

**Técnica analítica:** Descripción de las características fundamentales de la técnica de análisis.

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

Condiciones (temperatura, protección de la luz, etc.) en las que debe realizarse el transporte y el almacenamiento de las muestras con el fin de mantener su integridad. Indicación del tiempo máximo que puede transcurrir hasta que se realice el análisis en las condiciones especificadas.

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

En este apartado se recogen los valores de las características de funcionamiento obtenidas en el proceso de validación del método (precisión, sesgo e incertidumbre global), expresados en porcentaje. En los métodos cromatográficos se incluye también la eficacia de desorción en porcentaje. Cuando la información disponible es incompleta o ha sido necesario realizar modificaciones al método o cualquier otra circunstancia, se reseñan las observaciones pertinentes en el bloque «Otras informaciones de interés». La información es diferente según el organismo emisor del método por lo que ha sido necesario volver a calcular algunos valores.

**Precisión:** — %

**Sesgo:** — %

**Incertidumbre global:** — %

**NOMBRE DEL AGENTE QUÍMICO**

Nombre del agente químico de la lista de VL de la Directiva 2000/39/CE seguido, en ocasiones, del sinónimo de mayor uso.

**N° CAS:** N° de registro del Chemical Abstract Service

**FICHA N° —**

Número de orden de la lista de VL

**Fecha de elaboración o de la última actualización**

**VL (8 h):** — mg/m<sup>3</sup>, — ppm

**VL (corto plazo):** — mg/m<sup>3</sup>, — ppm

Valores límite de exposición profesional indicativos del anexo de la Directiva 2000/39/CE

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

*Evaluación del grado de dificultad y coste económico según los criterios del apartado 2.3.*

**Grado de dificultad:** *Aplicación sencilla, aplicación compleja, aplicación muy compleja.*

*Aplicación sencilla si se cumplen las características indicadas en el apartado 2.3 y aplicación compleja y aplicación muy compleja si no se cumplen 2 o más de 2 de las condiciones anteriores. (Por ejemplo: requiere un soporte de captación impregnado que no está comercializado).*

**Coste económico:** *Bajo, medio, alto.*

*Coste valorado estimando únicamente los precios del mercado para los equipos necesarios para la toma de muestra y el análisis.*

**OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS**

*Información sobre la posibilidad de utilización del método para los VL de corto plazo.*

*Informaciones aclaratorias sobre las características técnicas del método y su aplicabilidad. Según el caso puede contener alguno o todos los bloques de información siguientes:*

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO**

*Intervalo de concentraciones para el que el método está validado indicando la concordancia con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas. Información de las condiciones en las que se han realizado los ensayos de validación y se han obtenido la precisión, el sesgo, la eficacia de desorción (cuando proceda) y estudio de almacenamiento de las muestras.*

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

*Descripción de la posibilidad de adecuación del volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Este apartado se incluye en los casos en los que el intervalo de concentraciones en el que el método fue validado no coincide, en todo o en parte, con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.*

**INFORMACIONES ADICIONALES Y NOTAS**

*Informaciones adicionales, advertencias y notas de interés sobre la utilización del método de medición.*

**REFERENCIAS**

*Referencias bibliográficas del método que corresponde a la información contenida en la ficha (método «recomendado»).*

[1]

[2]

**OTROS MÉTODOS**

*Referencias de otros métodos publicados, sean equivalentes o distintos, incluyendo información de los datos relevantes de los métodos equivalentes que pueden complementar al recomendado y de las alternativas de toma de muestra y análisis que ofrecen los métodos distintos.*

*La numeración de las referencias es correlativa a la del bloque anterior «Referencias».*

[3]

[4]

...

**Tabla A5.3.** Resumen de los métodos de toma de muestra y análisis para las sustancias de la Directiva 2000/39/CE

Ficha nº	Nombre del agente químico	Intervalo 0,1 VL-2 VL (mg/m <sup>3</sup> )	Intervalo validado (mg/m <sup>3</sup> )	Método Institución-Referencia	Observaciones
1	Dietil éter	30-616	125 – 2 470	INSHT-MA 047/A01	
2	Acetona	121-2420	130 – 2 560	INSHT-MA 031/A96	
3	Cloroformo	1-20	5 – 113	INSHT-MA 042/A99	
4	1,1,1-tricloroetano	55-1110	127 – 3 816	INSHT-MA 013/R87	
5	Etilamina	0,94-18,8	-- 20	OSHA-Method 36	No aplicable de 0,1 VL a 0,5 VL.
6	1,1-dicloroetano	41,2-824	38 – 835	INSHT-MA 043/A99	
7	Fosgeno	0,008-0,16	-- 1,6	OSHA-Method 61	No aplicable.
8	Clorodifluorometano	360-7200	1 780 – 6 890	NIOSH-Method 1018-1	
9	Butanona	60-1200	58 – 1 150	INSHT-MA 031/A96	
10	Acido propiónico	3,1-62	- - -	OSHA-IMIS 2168	No validado.
11-1 11-2	o-xileno	22,1-442	22 – 450 -- 96 --	INSHT-MA 030/A92 OSHA-Method 1002	Método validado para p-xileno (ficha nº 19).
12	1,2-diclorobenceno	12,2-244	12 – 225	INSHT-MA 053/A02	
13	1,2,4-trimetilbenceno	10-200	16 – 310	INSHT-MA 030/A92	
14	Cumeno	10-200	120 – 479	NIOSH-Method 1501	Almacenamiento no estudiado. Efecto de la humedad no estudiado.
15	2-fenilpropeno	24,6-492	236 – 943	NIOSH-Method 1501	Almacenamiento no estudiado. Efecto de la humedad no estudiado.
16-1 16-2	Etilbenceno	44,2-884	49 – 942 - 73 --	INSHT-MA 030/A92 OSHA-Method 1002	
17	Caprolactama (polvo y vapor)	1-20	-- - -	OSHA-Method PV 2012	No validado.
18	Heptan-3-ona	9,5-190	100 – 463	NIOSH-Method 1301	Almacenamiento no estudiado. Efecto de la humedad no estudiado.
19-1 19-2	p-xileno	22,1-442	50 – 850 -- 90 --	INSHT-MA 030/A92 OSHA-Method 1002	
20	1,4-diclorobenceno	12,2-244	208 – 831	NIOSH-Method 1003	Almacenamiento no estudiado. Efecto de la humedad no estudiado. Intervalo no confirmado.

Ficha n°	Nombre del agente químico	Intervalo 0,1 VL-2 VL (mg/m <sup>3</sup> )	Intervalo validado (mg/m <sup>3</sup> )	Método Institución-Referencia	Observaciones
21	Alcohol alílico	0,48-9,6	1,8 – 8,4	NIOSH-Method 1402	Almacenamiento no estudiado. Efecto de la humedad no estudiado.
22	Etilenglicol	5,2-104	---	OSHA-Method PV 2024	Parcialmente validado.
23	1-metoxipropan-2-ol	37,5-750	32 - 760	INSHT-MA 017/A89	
24	4-metilpentan-2-ona	8,3-166	22 - 440	INSHT-MA 031/A96	
25-1 25-2	M-xileno	22,1-442	50 – 850 48 - --	INSHT-MA 030/A92 OSHA-Method 1002	Método validado para p-xileno (ficha n° 19).
26	Acetato de 1-metil-2-metioxetilo	27,5-450	2 – 50	INSHT-MA 024/A92	
27	Mesitileno (trimetilbencenos)	10-200	16 – 310	INSHT-MA 030/A92	Método validado para 1,2,4-trimetilbenceno (ficha n° 13).
28	Clorobenceno	4,7-94	4,5 – 95	INSHT-MA 042/A99	
29	Ciclohexanona	4,08-81,6	9,8 – 188	INSHT-MA 052/A02	
30	Fenol	0,78-15,6	1,8 – 43	INSHT-MA 040/A98	
31	Tetrahidrofurano	15-300	13 – 270	INSHT-MA 049/A01	
32	5-metilhexan-2-ona	9,5-190	2,29 - --	OSHA-Method PV 2042	Parcialmente validado
33	Heptan-2-ona	23,8-476	197- 925	NIOSH-Method 1301	Almacenamiento no estudiado. Efecto de la humedad no estudiado.
34	Piperacina	0,01-0,2	---	OSHA-IMIS P 250	No validado.
35	2-butoxietanol	9,8-196	-- 96 --	OSHA-Method 83	
36	Acetano de 2-butoxietilo	13,3-266	5 – 300	DFG-AHSA Vol. 2	Efecto de la humedad no estudiado. Falta información sobre el sesgo y el almacenamiento.
37	Dimetil éter	192-3840	190 – 3 850	INSHT-MA 047/A01	
38	1,2,4-triclorobenceno	1,51-30,2	0,002 – 100	NIOSH-Method 5517	Efecto de la humedad no estudiado.
39	Trietilamina	0,84-16,8	-- - 96	OSHA-Method PV 2060	Parcialmente validado.
40	Acetato de isopentilo	27-540	24 – 550	INSHT-MA 041/A99	
41	Dimetilamina	0,38-7,6	7,3 – 30,6	NIOSH-Method 2010	No aplicable.

Ficha nº	Nombre del agente químico	Intervalo 0,1 VL-2 VL (mg/m <sup>3</sup> )	Intervalo validado (mg/m <sup>3</sup> )	Método Institución-Referencia	Observaciones
42	N,n-dimetilacetamida	3,6-72	18 - 105	NIOSH-Method 2004	Efecto de humedad no estudiado. No hay información sobre el sesgo.
43	N-acrilato de butilo	1,1-22	-- - 56	OSHA-Method PV 2011	Parcialmente validado.
44	N-heptano	208,5-4170	134 - 2 955	INSHT-MA 029/A92	
45	1,2,3-trimetilbenceno	10-200	15 - 310	INSHT-MA 030/A92	Método validado para 1,2,4-trimetilbenceno (ficha nº 13).
46	5-metilheptan-3-ona	5,3-106	57 - 272	NIOSH-Method 1301	Efecto de la humedad no estudiado. Almacenamiento no estudiado.
47	Acetato de 1-metilbutilo	27-540	24- 550	INSHT-MA 041/A99	Método validado para acetato de isopentilo (ficha 40)
48	Acetato de pentilo	27-540	24- 550	INSHT-MA 041/A99	Método validado para acetato de isopentilo.
49	Acetato de pentilo-3	27-540	24- 550	INSHT-MA 041/A99	Método validado para acetato de isopentilo.
50	Acetato de amilo,ter	27-540	24- 550	INSHT-MA 041/A99	Método validado para acetato de isopentilo.
51	Xileno, mezcla de isómeros, puro	22,1-442	50 - 850	INSHT-MA 030/A92	Método validado para p-xileno (ficha nº 19).
52	Sulfotep	0,01-0,2	-- --	NIOSH-Method 5600	Método validado para otros pesticidas organofosforados.
53	Fluoruro de hidrógeno	0,15-3	(75 - 300) (*)	HSE-MDHS 35/2	Faltan las condiciones de almacenamiento.
54-1 54-2	Plata, metálica	0,01-0,2	(1 - 4) (*) ( 2,2-10,1) (*)	OSHA-Method ID-121 OSHA-Method ID-206	
55	Cloruro de hidrógeno	0,8-16	0,14 - 14	NIOSH-Method 7903	Volumen de muestreo sin confirmar. No hay datos de sesgo.
56	Acido ortofosfórico	0,1-2	(42 - 840) (*)	DFG-AHSA Vol. 6	

Ficha nº	Nombre del agente químico	Intervalo 0,1 VL-2 VL (mg/m <sup>3</sup> )	Intervalo validado (mg/m <sup>3</sup> )	Método Institución-Referencia	Observaciones
57	Amoniaco, anhidro	1,4-28	21,8 - 72,2	OSHA-Method ID-188	
58	Flúor	0,158-3,16	--- --	OSHA-IMIS 1270	No validado.
59	Seleniuro de dihidrógeno	0,007-0,14	--- --	OSHA-IMIS 1474	No validado.
60	Bromuro de hidrógeno	6,7 (VL de corto plazo)	2 - 20	NIOSH-Method 7903	No aplicable a muestreos de 15 min.
61	Aziduro de sodio	0,01-0,2	0,15 - 0,71	OSHA-Method ID-211	
62	(Metil-2-metoxietoxi) propanol	30,8-616	-- - 606	OSHA-Method 101	
63	Fluoruros, inorgánicos	0,25-5	G (*):(7,5 - 300) (*) P (*):(36 - 4 800) (*)	HSE-MDHS 35/2	

(\*) G = Fluoruros gaseosos. P = Fluoruros particulados

(\*) Los intervalos entre paréntesis están dados en microgramos (µg) por muestra. En estos casos, los ensayos de validación se han realizado con muestras adicionadas.

**Tabla A5.4** Índice por número de ficha y número CAS

Ficha nº	Nº CAS	Nombre del agente químico
1	60-29-7	Dietil éter
2	67-64-1	Acetona
3	67-66-3	Cloroformo
4	71-55-6	1,1,1- Tricloroetano
5	75-04-7	Etilamina
6	75-34-3	1,1- Dicloroetano
7	75-44-5	Fosgeno
8	75-45-6	Clorodifluorometano
9	78-93-3	Butanona
10	79-09-4	Acido propiónico
11	95-47-6	<i>o</i> - Xileno
12	95-50-1	1,2- Diclorobenceno
13	95-63-6	1,2,4- Trimetilbenceno
14	98-82-8	Cumeno
15	98-83-9	2- Fenilpropeno
16	100-41-4	Etilbenceno
17	105-60-2	<i>e</i> - Caprolactama (polvo y vapor)
18	106-35-4	Heptan-3-ona
19	106-42-3	<i>p</i> - Xileno
20	106-46-7	1,4- Diclorobenceno
21	107-18-6	Alcohol alílico
22	107-21-1	Etilenglicol
23	107-98-2	1- Metoxipropan-2-ol
24	108-10-1	4- Metilpentan-2-ona
25	108-38-3	<i>m</i> - Xileno
26	108-65-6	Acetato de 1-metil-2-metioxetilo
27	108-67-8	Mesitileno (trimetilbencenos)
28	108-90-7	Clorobenceno
29	108-94-1	Ciclohexanona
30	108-95-2	Fenol
31	109-99-9	Tetrahidrofurano
32	110-12-3	5- Metilhexan-2-ona
33	110-43-0	Heptan-2-ona
34	110-85-0	Piperacina
35	111-76-2	2- Butoxietanol
36	112-07-2	Acetano de 2-butoxietilo
37	115-10-6	Dimetil éter
38	120-82-1	1,2,4- Triclorobenceno
39	121-44-8	Trietilamina
40	123-92-2	Acetato de isopentilo



<b>Ficha nº</b>	<b>Nº CAS</b>	<b>Nombre del agente químico</b>
41	124-40-3	Dimetilamina
42	127-19-5	N,n-dimetilacetamida
43	141-32-2	Acrilato de n-butilo
44	142-82-5	N-heptano
45	526-73-8	1,2,3- Trimetilbenceno
46	541-85-5	5- Metilheptan-3-ona
47	626-38-0	Acetato de 1-metilbutilo
48	628-63-7	Acetato de pentilo
49	620-11-1	Acetato de 3-pentilo
50	625-16-1	Acetato de teramilo
51	1330-20-7	Xileno, mezcla de isómeros, puro
52	3689-24-5	Sulfotep
53	7664-39-3	Fluoruro de hidrógeno
54	7440-22-4	Plata, metálica
55	7647-01-0	Cloruro de hidrógeno
56	7664-38-2	Acido ortofosfórico
57	7664-41-7	Amoniac, anhidro
58	7782-41-4	Flúor
59	7783-07-5	Seleniuro de dihidrógeno
60	10035-10-6	Bromuro de hidrógeno
61	26628-22-8	Aziduro de sodio
62	34590-94-8	(Metil-2-metoxietoxi)-propanol
63	---	Fluoruros, inorgánicos

**Tabla A5.5.** Índice alfabético

Nombre del agente químico	Nº CAS	Ficha nº
Acetato de 2-butoxietilo	112-07-2	36
Acetato de 1-metil-2-metoxietilo	108-65-6	26
Acetato de 1-metilbutilo	626-38-0	47
Acetato de 3-pentilo	620-11-1	49
Acetato de isopentilo	123-92-2	40
Acetato de pentilo	628-63-7	48
Acetato de teramilo	625-16-1	50
Acetona	67-64-1	2
Acido ortofosfórico	7664-38-2	56
Acido propiónico	79-09-4	10
Acrilato de n-butilo	141-32-2	43
Alcohol alílico	107-18-6	21
Amoniaco, anhidro	7664-41-7	57
Aziduro de sodio	26628-22-8	61
Bromuro de hidrógeno	10035-10-6	60
Butanona	78-93-3	9
2- Butoxietanol	111-76-2	35
e- Caprolactama (polvo y vapor)	105-60-2	17
Ciclohexanona	108-94-1	29
Clorobenceno	108-90-7	28
Clorodifluorometano	75-45-6	8
Cloroformo	67-66-3	3
Cloruro de hidrógeno	7647-01-0	55
Cumeno	98-82-8	14
1,2- Diclorobenceno	95-50-1	12
1,4- Diclorobenceno	106-46-7	20
1,1- Dicloroetano	75-34-3	6
Dietil éter	60-29-7	1
Dimetil éter	115-10-6	37
N,N- Dimetilacetamida	127-19-5	42
Dimetilamina	124-40-3	41
Etilamina	75-04-7	5
Etilbenceno	100-41-4	16
Etilenglicol	107-21-1	22
2- Fenilpropeno	98-83-9	15
Fenol	108-95-2	30
Flúor	7782-41-4	58
Fluoruro de hidrógeno	7664-39-3	53
Fluoruros, inorgánicos	—	63

Nombre del agente químico	Nº CAS	Ficha nº
Fosgeno	75-44-5	7
Heptan-2-ona	110-43-0	33
Heptan-3-ona	106-35-4	18
n- Heptano	142-82-5	44
Mesitileno (trimetilbencenos)	108-67-8	27
5- Metilheptan-3-ona	541-85-5	46
(Metil-2-metoxietoxi)-propanol	34590-94-8	62
5- Metilhexan-2-ona	110-12-3	32
4- Metilpentan-2-ona	108-10-1	24
1- Metoxipropan-2-ol	107-98-2	23
Piperacina	110-85-0	34
Plata, metálica	7440-22-4	54
Seleniuro de dihidrógeno	7783-07-5	59
Sulfotep	3689-24-5	52
Tetrahidrofurano	109-99-9	31
1,2,4- Triclorobenceno	120-82-1	38
1,1,1- Tricloroetano	71-55-6	4
Trietilamina	121-44-8	39
1,2,3- Trimetilbenceno	526-73-8	45
1,2,4- Trimetilbenceno	95-63-6	13
<i>m</i> - Xileno	108-38-3	25
<i>o</i> - Xileno	95-47-6	11
<i>p</i> - Xileno	106-42-3	19
Xileno, mezcla de isómeros, puro	1330-20-7	51



**DIETILÉTER**  
**N° CAS: 60-29-7**

**FICHA N° I**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 308 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

**VL (corto plazo): 616 mg/m<sup>3</sup>, 200 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 8 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 14 días. El dietiléter se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de dietiléter en aire, en un intervalo de concentración de 30 mg/m<sup>3</sup> a 620 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 8 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros éteres, tales como éter diisopropílico, éter metil-terbutílico [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 8 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna capilar de SE-30 o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 14 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 100 % (CV = 1,7 %)

**Precisión:** 1,2 %

**Sesgo:** - 5,2 %

**Incertidumbre global:** 7,6 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de dietiléter recogida será de 1 850 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

**DIETILÉTER**  
**N° CAS: 60-29-7**

**FICHA N° I**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 308 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

**VL (corto plazo): 616 mg/m<sup>3</sup>, 200 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 125 mg/m<sup>3</sup> a 2 470 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo **no** concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 2 l de aire, captadas a 0,2 l/min en atmósferas generadas, con y sin humedad, en un intervalo de concentración de 125 mg/m<sup>3</sup> a 2 470 mg/m<sup>3</sup> de dietiléter, equivalentes a 250 µg/muestra y 5 000 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 24 muestras en el intervalo de 230 µg/muestra a 4 200 µg/muestra.

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberían muestrear como mínimo **8 l**, a un caudal comprendido entre 0,1 l/min y 0,2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

**REFERENCIAS**

[1] **INSHT.** «Determinación de éteres I (éter dietílico, éter diisopropílico, éter metil ter-butílico) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA-047/A01.

**OTROS MÉTODOS**

[2] **NIOSH.** «Ethyl Ether», Method 1610 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

**ACETONA**  
**N° CAS: 67-64-1**

**FICHA N° 2**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 1 210 mg/m<sup>3</sup>, 500 ppm**

**VL (corto plazo):**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 1 l de aire a través de un tubo relleno con 150/75 mg de gel de sílice mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 0,05 l/min. La muestra puede ser almacenada refrigerada durante 14 días. La acetona se desorbe con dimetilformamida, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de acetona en aire, en un intervalo de concentración de 130 mg/m<sup>3</sup> a 2 570 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 1 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otras cetonas tales como metil etil cetona; metil isobutil cetona [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de gel de sílice (150 mg/75mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** 0,05 l/min.

**Volumen recomendado:** 1 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de dimetilformamida.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna capilar de SE-30 o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan refrigeradas y se analizan dentro de los 14 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 101,1 % (CV = 3,9 %)

**Precisión:** 2,6 %

**Sesgo:** - 6,7 %

**Incertidumbre global:** 11,9 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

##### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 130 mg/m<sup>3</sup> a 2 560 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 1 l de aire, captadas a 0,05 l/min en atmósferas generadas, con y sin humedad, en un intervalo de concentración de 130 mg/m<sup>3</sup> a 2 560 mg/m<sup>3</sup> de acetona equivalentes a 130 µg/muestra y 2 600 µg/muestra.

**ACETONA**  
**N° CAS: 67-64-1**

**FICHA N° 2**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h):** 1 210 mg/m<sup>3</sup>, 500 ppm

**VL (corto plazo):**

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 35 muestras en el intervalo de 140 µg/muestra a 5 000 µg/muestra.

**INFORMACIONES ADICIONALES**

No debería utilizarse carbón activo para muestrear acetona debido a los problemas de estabilidad planteados [2] [3].

El tubo adsorbente de Carbosieve S-III [4] puede utilizarse como sistema de captación alternativo,.

**REFERENCIAS**

[1] **INSHT.** «Determinación de cetonas (acetona, metil etil cetona, metil isobutil cetona) en aire. Método de adsorción en gel de sílice/Cromatografía de gases», MTA/MA-031/A96

**OTROS MÉTODOS**

[2] **Carl J. Elskamps y col.** «An alternate sampling and analytical method for 2-butanone», *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 44 (3), 201 (1983)

[3] **J. O. Levin y col.** «Evaluation of solids sorbents for sampling ketones in work-room air», *Ann. Occup. Hyg.*, 31 (1), 31 (1987)

[4] **OSHA.** «Acetone», Method 69 [tubo de carbosieve S-III/cromatografía de gases (FID)]



**CLOROFORMO (Triclorometano)**  
**N° CAS: 67-66-3**

**FICHA N° 3**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 10 mg/m<sup>3</sup>, 2 ppm**

**VL (corto plazo):**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 60 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,2 l/min y 0,3 l/min. La muestra puede ser almacenada refrigerada durante 14 días. El cloroformo se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de cloroformo en aire, en un intervalo de concentración de 1 mg/m<sup>3</sup> a 20 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 60 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos clorados tales como tetracloruro de carbono, clorobenceno [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0, 2 l/min y 0,3 l/min.

**Volumen recomendado:** 60 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna capilar de FFAP o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan refrigeradas y se analizan dentro de los 14 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 99,2 % (CV = 3,9 %)

**Precisión:** 4 %

**Sesgo:** 4,4 %

**Incertidumbre global:** 12,4 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

##### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 5 mg/m<sup>3</sup> a 113 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo no concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 15 l de aire, captadas a 0,3 l/min en atmósferas generadas, con y sin humedad, en un intervalo de concentración de 5 mg/m<sup>3</sup> a 113 mg/m<sup>3</sup> de cloroformo, equivalentes a 75 µg/muestra y 1 700 µg/muestra.

**COLORFORMO (Triclorometano)**  
**Nº CAS:A 67-66-3**

**FICHA Nº 3**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 10 mg/m<sup>3</sup>, 2 ppm**

**VL (corto plazo):**

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 34 muestras en el intervalo de 77 µg/muestra a 2 140 µg/muestra.

#### ADAPTACIÓN DEL MÉTODO

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberían muestrear como mínimo **60 l**, a un caudal comprendido entre 0,2 l/min y 0,3 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

#### REFERENCIAS

[1] **INSHT.** «Determinación de hidrocarburos clorados II (tetracloruro de carbono, cloroformo, clorobenceno) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA 042/A99

#### OTROS MÉTODOS

[2] **OSHA.** «Chloroform», Method 5 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

[3] **NIOSH.** «Hydrocarbons, Halogenated», Method 1003 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

**1,1,1-TRICLOROETANO (Metil cloroformo)****N° CAS: 71-55-6****FICHA N° 4****Octubre de 2004****VL (8 h): 555 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm****VL (corto plazo): 1 110 mg/m<sup>3</sup>, 200 ppm****RESUMEN DEL MÉTODO**

La muestra se recoge haciendo pasar 17 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada durante 14 días a temperatura ambiente. El 1,1,1-tricloroetano se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

**CAMPO DE APLICACIÓN**

El método es aplicable a la determinación de vapores de 1,1,1-tricloroetano en aire, en un intervalo de concentración de entre 55 mg/m<sup>3</sup> y 1 110 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 17 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos clorados tales como tricloroetileno, tetracloroetileno [1].

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS****TOMA DE MUESTRA**

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 17 l.

**ANÁLISIS**

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna capilar de SE-30 o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan refrigeradas y se analizan dentro de los 21 días siguientes a su captación.

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

**Eficacia de desorción:** 99,2 % (CV = 2,2 %)

**Precisión:** 2,4 %

**Sesgo:** - 3,4 %

**Incertidumbre global:** 8,2 %

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

**OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS**

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de 1,1,1-tricloroetano recogida será de 3 330 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

**1,1,1-TRICLOROETANO (Metil cloroformo)**

**N° CAS: 71-55-6**

**FICHA N° 4**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 555 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

**VL (corto plazo): 1 110 mg/m<sup>3</sup>, 200 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 127 mg/m<sup>3</sup> a 3 816 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo no concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 5 l de aire, captadas a 0,2 l/min en atmósferas generadas, con 40 % de humedad, en un intervalo de concentración de 127 mg/m<sup>3</sup> a 3 816 mg/m<sup>3</sup> de 1,1,1-tricloroetano, equivalentes a 640 µg/muestra y 19 100 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 15 muestras en el intervalo de 940 µg/muestra a 19 140 µg/muestra.

Asimismo se han llevado a cabo pruebas de interlaboratorio, de acuerdo con la norma ISO 5725.

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberán muestrear como mínimo **17 l**, a un caudal comprendido entre 0,1 l/min y 0,2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

**REFERENCIAS**

**[1] INSHT.** «Determinación de hidrocarburos clorados (tricloroetileno, tetracloroetileno, 1,1,1 tricloroetano) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA 013/R87

**OTROS MÉTODOS**

**[2] DFG.** «1,1,1-Trichloroethane», *Analysis Hazardous Substances in air*, vol. 3, p. 165 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)].

**[3] OSHA.** «1,1,1-Trichloroethane», Method 14 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)].

**[4] NIOSH.** «Hydrocarbons, Halogenated», Method 1003 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)].

**ETILAMINA**  
**N° CAS:75-04-7**
**FICHA N° 5**  
**Octubre de 2004**
**VL (8 h): 9,4 mg/m<sup>3</sup>, 5 ppm**
**RESUMEN DEL MÉTODO**

La muestra se recoge haciendo pasar 20 l de aire a través de un tubo relleno con 80/40 mg de XAD-7 impregnado con 10 % NBD cloruro (7-cloro-4-nitrobenzo-2-oxa 1,3-diazol) mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 14 días. La etilamina se desorbe con una disolución de tetrahidrofurano que contiene un 5 % de NBD cloruro, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de líquidos equipado con detector de fluorescencia y/o visible.

**CAMPO DE APLICACIÓN**

El método no es aplicable en el intervalo de 0,1 VL a 0,5 VL (véase el apartado «Otras informaciones de interés»).

El método es aplicable a la determinación de etilamina en aire, en un intervalo de concentración de 5 mg/m<sup>3</sup> (0,5 VL) a 19 mg/m<sup>3</sup> (2 VL), para muestras de 20 l de aire [1].

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**
**TOMA DE MUESTRA**

**Elemento de captación:** Tubo de XAD-7 impregnado con 10 % NBD cloruro (7-cloro-4-nitrobenzo-2-oxa 1,3-diazol).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 20 l.

**ANÁLISIS**

**Preparación:** Desorción con 2 ml de tetrahidrofurano que contiene un 5 % (p/v) de NBD cloruro, a los que se añaden 25 mg de CO<sub>3</sub>HNa. Se agita 30 min y se calienta durante 2,5 h en un baño de agua a 60 °C. Se deja enfriar antes de analizar.

**Técnica analítica:** Cromatografía de líquidos con detector de fluorescencia y columna Waters Radial CN o similar.

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan refrigeradas y se analizan dentro de los 14 días siguientes a su captación.

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

**Eficacia de desorción:** 82,7 % (CV = 2,5 %)

**Precisión:** 6,8 %

**Sesgo:** - 7,9 %

**Incertidumbre global:** 21,5 %

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

**Grado de dificultad:** Aplicación compleja

**Coste económico:** Alto

**OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS**

El tubo adsorbente utilizado no está comercializado. La impregnación deberá realizarla el usuario.

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está validado para la concentración de 20 mg/m<sup>3</sup> (2 VL). Este valor concuerda con el límite superior del intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

**ETILAMINA**  
**N° CAS:75-04-7**

**FICHA N° 5**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 9,4 mg/m<sup>3</sup>, 5 ppm**

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 10 l de aire, captadas a 0,2 l/min en atmósferas generadas, con 80 % de humedad, y a una concentración de 20 mg/m<sup>3</sup>, lo que equivale a 200 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 18 muestras en el intervalo de 92 µg/muestra a 370 µg/muestra.

#### ADAPTACIÓN DEL MÉTODO

Para utilizar el método [1] aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de 92 µg/muestra a 370 µg/muestra en el que el método fue estudiado.

Para ello se deberían muestrear como mínimo **100 l**, para concentraciones en aire entre 0,1 VL (0,9 mg/m<sup>3</sup>) y 0,5 VL (4,7 mg/m<sup>3</sup>), y **20 l** para concentraciones en aire entre 0,5 VL (4,7 mg/m<sup>3</sup>) y 2 VL (19 mg/m<sup>3</sup>) a un caudal de 0,2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permitiría asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones de 0,5 VL a 2 VL.

#### NOTA:

Al tratarse de un sistema de captación que incluye un proceso de derivatización, cualquier modificación al método debería ser comprobada.

#### REFERENCIAS

[1] OSHA. «Ethylamine», Method 36

**1,1-DICLOROETANO**  
**N° CAS: 75-34-3**

**FICHA N° 6**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 412 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 4 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 14 días. El 1,1-dicloroetano se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de 1,1-dicloroetano en aire, en un intervalo de concentración de 38 mg/m<sup>3</sup> a 835 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 4 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos clorados tales como 1,2-dicloroetano, 1,2-dicloropropano [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 4 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna capilar de FFAP o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 14 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 100,1 % (CV = 0,9 %)

**Precisión:** 1,7 %

**Sesgo:** - 7,9 %

**Incertidumbre global:** 11,3 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

##### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 38 mg/m<sup>3</sup> a 835 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 4 l de aire, captadas a 0,1 l/min en atmósferas generadas, con y sin humedad, en un intervalo de concentración de 38 mg/m<sup>3</sup> a 835 mg/m<sup>3</sup> de 1,1 dicloroetano, equivalentes a 150 µg/muestra y 3 340 µg/muestra.

**I,1-DICLOROETANO**

**N° CAS: 75-34-3**

**FICHA N° 6**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 412 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 22 muestras en el intervalo de 120 µg/muestra a 3 000 µg/muestra.

#### REFERENCIAS

[1] **INSHT.** «Determinación de hidrocarburos clorados III en aire. Método de adsorción en carbón activo/ Cromatografía de gases», MTA/MA 043/A99

#### OTROS MÉTODOS

[2] **NIOSH.** «Hydrocarbons, Halogenated», Method 1003 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]



**FOSGENO (Cloruro de carbonilo)**  
**N° CAS: 75-44-5**

**FICHA N° 7**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 0,08 mg/m<sup>3</sup>, 0,02 ppm**

**VL (corto plazo): 0,4mg/m<sup>3</sup>, 0,1 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 240 l de aire a través de un tubo relleno con 150/75 mg de XAD-2 impregnado con 2-HMP [2-(hidroximetil) piperidina] mediante una bomba de muestreo a un caudal de 1 l/min. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 14 días. El fosgeno se desorbe con tolueno, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector selectivo de nitrógeno-fósforo.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método no es aplicable en el intervalo de 0,1 VL a 2 VL (véase el apartado «Otras informaciones de interés»).

El método es aplicable a la determinación de fosgeno en aire, en un intervalo de concentración de 0,2 mg/m<sup>3</sup> (2,5 VL) a 0,8 mg/m<sup>3</sup> (10 VL), para muestras de 240 l de aire [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo de XAD-2 impregnado con 2-HMP [2-(hidroximetil) piperidina].

**Bomba de muestreo:** Personal polivalente.

**Caudal recomendado:** 1 l/min.

**Volumen recomendado:** 240 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción durante 1 h con 1 ml de tolueno.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector nitrógeno-fósforo, y columna de vidrio con 10 % UCON 50-HB-5100 con 2 % KOH o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 19 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 94,9 % (CV = 2,0 %)

**Precisión:** 3,2 %

**Sesgo:** 2,8 %

**Incertidumbre global:** 9,2 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación compleja

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

No está comprobada la aplicabilidad del método para realizar mediciones para comparar con el valor límite de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal recomendado (1 l/min), la cantidad de fosgeno recogida será de 6 µg/muestra, cantidad no incluida en el intervalo de aplicación del método.

Se recomienda mantener los patrones unas 16 h a temperatura ambiente antes del análisis.

**FOSGENO (Cloruro de carbonilo)**  
**N° CAS: 75-44-5**

**FICHA N° 7**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 0,08 mg/m<sup>3</sup>, 0,02 ppm**

**VL (corto plazo): 0,4mg/m<sup>3</sup>, 0,1 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está validado para la concentración de 1,6 mg/m<sup>3</sup> (20 VL). Este valor **no** está incluido en el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas. La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 60 l de aire, captadas a 1 l/min en atmósferas generadas, con 61 % de humedad, y a una concentración de 1,6 mg/m<sup>3</sup>, lo que equivale a 96 µg/muestra

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 18 muestras en el intervalo de 53 µg/muestra a 196 µg/muestra.

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, sería necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de 53 µg/muestra a 196 µg/muestra en el que el método fue estudiado. Para ello se deberían muestrear como mínimo **6 600 l**, para concentraciones en aire entre 0,1 VL (53 µg/muestra) y 0,4 VL (211µg/muestra), y **1 300 l** para concentraciones en aire entre 0,5 VL (52 µg/muestra) y 2 VL (208 µg/muestra) a un caudal de 1 l/min, lo cual hace inviable su aplicación.

Por ello **no** es posible asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

**NOTA:**

Al tratarse de un sistema de captación que incluye un proceso de derivatización, cualquier modificación del método debería ser comprobada, ya que está demostrado que existe una influencia en la capacidad de captación del muestreador con la humedad, tipo de muestreador y caudal.

**REFERENCIAS**

**[1] OSHA.** «Phosgene», Method 61

**OTROS MÉTODOS**

**[1] James P. Hendershott.** «The simultaneous determination of chloroformates and phosgene at low concentrations in air using a solid sorbent sampling-gas chromatographic procedure», *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 47(12), 742-746 (1986).

**CLORODIFLUOROMETANO (Freón 22)**  
**N° CAS: 75-45-6**

**FICHA N° 8**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 3 600 mg/m<sup>3</sup>, 1 000 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar un volumen de aire a través de un conjunto de dos tubos rellenos con (400/200 mg) y (100/50 mg) de carbón activo, mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 0,025 l/min. La muestra debe ser refrigerada inmediatamente. El clorodifluorometano se desorbe con cloruro de metileno, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de clorodifluorometano en aire, en un intervalo de concentración de 360 mg/m<sup>3</sup> a 7 200 mg/m<sup>3</sup>, para muestras entre 5 l y 1 l de aire [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Dos tubos de carbón activo (400/200mg) y (100/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** 0, 025 l/min.

**Volumen recomendado:** 5 l y 1 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 20 ml de cloruro de metileno.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna capilar DB-1 o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Una vez finalizado el muestreo, las muestras deben refrigerarse inmediatamente y analizarse antes de los 15 días siguientes a su captación

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 96,5 % (CV = 5,5 %)

**Precisión:** 5,5 %

**Sesgo:** 1,2 %

**Incertidumbre global:** 12,2 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

##### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1] y [2]

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 1 780 mg/m<sup>3</sup> a 6 970 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo **no** concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo del método corresponden a muestras generadas con una humedad relativa del 80 % y en un intervalo de concentración de 1 780 mg/m<sup>3</sup> a 6 970 mg/m<sup>3</sup>.

La eficacia de desorción corresponde a muestras en el intervalo de 530 µg/muestra a 10 400 µg/muestra.

**CLORODIFLUOROMETANO (Freón 22)**

**Nº CAS: 75-45-6**

**FICHA Nº 8**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 3 600 mg/m<sup>3</sup>, 1 000 ppm**

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberían muestrear como mínimo **5 l**, para concentraciones de 0,1 VL (360 mg/m<sup>3</sup>) a 0,5 VL (1 800 mg/m<sup>3</sup>), y **1 l** para concentraciones de 0,5 VL (1 800 mg/m<sup>3</sup>) a 2 VL (7 200 mg/m<sup>3</sup>) a un caudal de 0,025 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

**REFERENCIAS**

**[1] NIOSH.** «Chlorodifluoromethane», Method 1018-1

**[2] SEYMOUR, M.J.** «Evaluation of sampling and analytical methods for the determination of chlorodifluoromethane in air», *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 54, 253-259 (1993)

**2-BUTANONA (Metiletil cetona)**  
**N° CAS: 78-93-3**

**FICHA N° 9**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 600 mg/m<sup>3</sup>, 200 ppm**

**VL (corto plazo): 900 mg/m<sup>3</sup>, 300 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 1 l de aire a través de un tubo relleno con 150/75 mg de gel de sílice mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 0,05 l/min. La muestra puede ser almacenada refrigerada durante 14 días. La 2-butanona se desorbe con dimetilformamida, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de 2-butanona en aire, en un intervalo de concentración de 58 mg/m<sup>3</sup> a 1 150 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 1 l de aire.

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otras cetonas tales como acetona, metil isobutil cetona [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de gel de sílice (150 mg/75mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** 0,05 l/min.

**Volumen recomendado:** 1 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de dimetilformamida.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna capilar SE-30 o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan refrigeradas y se analizan dentro de los 14 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 101,8 % (CV = 3,6 %)

**Precisión:** 3,3 %

**Sesgo:** - 5,1 %

**Incertidumbre global:** 11,7 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal recomendado (0,05 l/min), la cantidad de 2-butanona recogida será de 675 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

**2-BUTANONA (Metiletil cetona)**

**N° CAS: 78-93-3**

**FICHA N° 9**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 600 mg/m<sup>3</sup>, 200 ppm**

**VL (corto plazo): 900 mg/m<sup>3</sup>, 300 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1] y [2]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 58 mg/m<sup>3</sup> a 1 150 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 1 l de aire, captadas a 0,05 l/min en atmósferas generadas, con y sin humedad, en un intervalo de concentración de 58 mg/m<sup>3</sup> a 1 150 mg/m<sup>3</sup> de 2-butanona, equivalentes a 58 µg/muestra y 1 150 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 35 muestras en el intervalo de 63 µg/muestra a 2 000 µg/muestra

**INFORMACIONES ADICIONALES**

No debe utilizarse carbón activo para muestrear 2-butanona debido a los problemas de estabilidad planteados [2] [3].

Los tubos adsorbentes de Carbosieve S-III [5], Anasorb 747 [6] o Anasorb CMS [7] pueden utilizarse como sistema de muestreo alternativo.

**REFERENCIAS**

[1] **INSHT.** «Determinación de cetonas (acetona, metil etil cetona, metil isobutil cetona) en aire. Método de adsorción en gel de sílice/Cromatografía de gases», MTA/MA-031/A96

**OTROS MÉTODOS**

[2] **Carl J. Elskamps y col.** «An alternate sampling and analytical method for 2-butanone», *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 44 (3), 201 (1983)

[3] **J. O. Levin y col.** «Evaluation of solids sorbents for sampling ketones in work-room air», *Ann. Occup. Hyg.*, 31 (1), 31 (1987)

[4] **OSHA.** «2-Butanone», Method 16 [tubo de gel de sílice/cromatografía de gases (FID)]

[5] **OSHA.** «2-Butanone», Method 84 [tubo de carbosieve S-III/cromatografía de gases (FID)]

[6] **NIOSH.** «Methyl Ethyl Ketone», Method 2500 [tubo de anasorb 747/cromatografía de gases (FID)]

[7] **OSHA.** «2-Butanone», Method 1004 [tubo de anasorb CMS/cromatografía de gases (FID)]

[8] **INRS.** «Cetones I». FICHA 020 [tubo de carboxen 1000/cromatografía de gases (FID)]

**ÁCIDO PROPIÓNICO**  
**N° CAS:79-09-4**
**FICHA N° 10**  
**Octubre de 2004**
**VL (8 h): 31 mg/m<sup>3</sup>, 10 ppm**
**VL (corto plazo): 62 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**
**RESUMEN DEL MÉTODO**

La muestra se recoge haciendo pasar 18 l de aire a través de un tubo relleno con de gel de sílice (520/260 mallas) mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 0,2 l/min. El ácido propiónico se desorbe con una disolución de acetona-agua (1:1) y se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama o por cromatografía iónica con detector de conductividad.

**CAMPO DE APLICACIÓN**

No determinado.

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**
**TOMA DE MUESTRA**

**Elemento de captación:** Tubo de gel de sílice (520/260 mallas).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 18 l.

**ANÁLISIS**

**Preparación:** Desorción con una disolución de acetona-agua (1:1).

**Técnica analítica:** Cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama o cromatografía iónica con detector de conductividad.

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

No estudiada.

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

**Eficacia de desorción:** No se dispone de datos

**Precisión:** No se dispone de datos

**Sesgo:** No se dispone de datos

**Incertidumbre global:** No se dispone de datos

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

**REFERENCIAS**

[1] OSHA. «Chemical Sampling Information Propionic Acid». IMIS: 2168





**o-XILENO**  
**N° CAS: 95-47-6**

**FICHA N° 11-1**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 221 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**VL (corto plazo): 442 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 10 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada refrigerada durante 21 días. El o-xileno se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de o-xileno en aire, en un intervalo de concentración de 22 mg/m<sup>3</sup> a 450 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 10 l de aire[1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos aromáticos tales como p-xileno, etilbenceno, etc. [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 10 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna capilar FFAP o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan refrigeradas y se analizan dentro de los 21 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO (Véase el apartado «Otras informaciones de interés»)

**Eficacia de desorción:** 98,5 % (CV = 1 %)

**Precisión:** 1,3 %

**Sesgo:** - 7,6 %

**Incertidumbre global:** 10,2 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de o-xileno recogida será de 1 326 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

**o-XILENO**  
**N° CAS: 95-47-6**

**FICHA N° 11-I**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 221 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**VL (corto plazo): 442 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

**INFORME DE VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

Los datos, tanto de eficacia de desorción como de precisión, sesgo e incertidumbre global, corresponden a los obtenidos para el p-xileno en la validación del mismo. Dado que el o-xileno, el m-xileno y el p-xileno tienen el mismo valor límite y se les supone un comportamiento similar en la captación en carbón activo y posterior desorción con sulfuro de carbono, se asume para los tres xilenos los mismos datos de validación.

**REFERENCIAS**

**[1] INSHT.** «Determinación de hidrocarburos aromáticos (benceno; tolueno; etilbenceno; p-xileno; 1,2,4 trimetilbenceno) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA-030/A92

**OTROS MÉTODOS**

**[2] OSHA.** «Xylenes (o-,m-,p-xylene), Ethylbenzene», Method 1002 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

**o-XILENO**  
**N° CAS: 95-47-6**

**FICHA N° 11-2**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 221 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**VL (corto plazo): 442 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge con un muestreador pasivo que contiene 500 mg de anasorb 747. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 16 días. El o-xileno se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de o-xileno en aire, en un intervalo de concentración de 22 mg/m<sup>3</sup> a 450 mg/m<sup>3</sup>, para muestras captadas por difusión a una velocidad de captación de 14,24 ml/min durante 240 minutos.

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos aromáticos tales como m-xileno, p-xileno, etilbenceno y xileno (mezcla de isómeros) [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Muestreador pasivo conteniendo 500 mg de anasorb 747.

**Velocidad de captación:** 14,24 ml/min.

**Tiempo de muestreo:** 240 min.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 2 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar DB Wax o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 21 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 89,4 % (CV = 3,2 %)

**Precisión:** 0,3 %

**Sesgo:** - 3,5 %

**Incertidumbre global:** 4,1 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Este método **no** puede ser utilizado para realizar mediciones para comparar con el valor límite de corto plazo.

**o-XILENO**  
**N° CAS: 95-47-6**

**FICHA N° 11-2**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 221 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**VL (corto plazo): 442 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está validado para la concentración de 96 mg/m<sup>3</sup> (0,4 VL). Este valor está incluido en el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

Los datos de precisión y sesgo reflejados en la ficha corresponden a 3 muestras de 3,42 l, captadas en una atmósfera generada con una humedad relativa del 83 % y a una concentración de 96 mg/m<sup>3</sup>, lo que equivale a 330 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al valor medio de 35 muestras correspondientes a 1,075 µg/muestra, 73 µg/muestra, 146 µg/muestra, 292 µg/muestra, 728 µg/muestra, 1 456 µg/muestra y 2 913 µg/muestra.

El dato de la velocidad de captación indicada solo es válido para el muestreador pasivo por difusión utilizado en la validación (SKC 575-002).

**REFERENCIAS**

**[1] OSHA.** «Xylenes (o-,m-,p-xylene), Ethylbenzene», Method 1002 [muestreador pasivo anasorb 747/cromatografía de gases (FID)]

**1,2-DICLOROBENCENO**  
**N° CAS: 95-50-1**

**FICHA N° 12**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 122 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 306 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 20 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 14 días. El 1,2-diclorobenceno se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de 1,2-diclorobenceno en aire, en un intervalo de concentración de 12 mg/m<sup>3</sup> a 230 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 20 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otro hidrocarburo aromático clorado como el cloruro de bencilo [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 20 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna capilar SE-30 o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 14 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 89,8 % (CV = 2,3 %)

**Precisión:** 2,7 %

**Sesgo:** - 4,7 %

**Incertidumbre global:** 10,1 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de 1,2-diclorobenceno recogida será de 918 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

**1,2-DICLOROBENCENO**  
**Nº CAS: 95-50-1**

**FICHA Nº 12**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 122 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 306 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 12 mg/m<sup>3</sup> a 225 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 20 l de aire, tomadas de atmósferas generadas, con y sin humedad, en un intervalo de concentración de 12 mg/m<sup>3</sup> a 225 mg/m<sup>3</sup> de 1,2-diclorobenceno, equivalentes a 240 µg/muestra y 4 500 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 24 muestras en el intervalo de 250 µg/muestra a 4 800 µg/muestra.

**REFERENCIAS**

**[1] INSHT.** «Determinación de hidrocarburos aromáticos clorados (cloruro de bencilo, 1,2-diclorobenceno) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA-052/A02

**OTROS MÉTODOS**

**[2] NIOSH.** «Hydrocarbons, Halogenated», Method 1003 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

**1,2,4-TRIMETILBENCENO**  
**N° CAS: 95-63-6**

**FICHA N° 13**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 100 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 8 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada refrigerada durante 21 días. El 1,2,4-trimetilbenceno se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de 1,2,4 trimetilbenceno en aire, en un intervalo de concentración de 10 mg/m<sup>3</sup> a 200 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 8 l de aire.

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos aromáticos tales como benceno, tolueno, etilbenceno y p-xileno [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 8 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar FFAP o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Máximo de 21 días a 4 °C

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 96,8 % (CV = 1 %)

**Precisión:** 3,1 %

**Sesgo:** - 7,5 %

**Incertidumbre global:** 13,7 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

##### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 16 mg/m<sup>3</sup> a 310 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo **no** concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 5 l de aire, tomadas de atmósferas generadas, con y sin humedad, en un intervalo de concentración de 16 mg/m<sup>3</sup> a 310 mg/m<sup>3</sup> de 1,2,4 trimetilbenceno equivalentes a 80 µg/muestra y 1 550 µg/muestra.

**1,2,4-TRIMETILBENCENO**

**Nº CAS: 95-63-6**

**FICHA Nº 13**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 100 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 15 muestras en el intervalo de 90 µg/muestra a 1 500 µg/muestra

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberían muestrear como mínimo **8 l**, a un caudal comprendido entre 0,1 l/min y 0,2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

**REFERENCIAS**

**[1] INSHT.** «Determinación de hidrocarburos aromáticos (benceno; tolueno; etilbenceno; p-xileno; 1,2,4 trimetilbenceno) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA-030/A92



**CUMENO (Isopropilbenceno)**  
**N° CAS: 98-82-8**

**FICHA N° 14**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 100 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 250 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar un volumen de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. El cumeno se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de cumeno en aire, en un intervalo de concentración de 10 mg/m<sup>3</sup> a 200 mg/m<sup>3</sup> para muestras entre 80 l de aire y 14 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos aromáticos tales como benceno, tolueno, etilbenceno, xileno, naftaleno,  $\alpha$ -metilestireno, estireno etc. [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** Entre 80 l y 14 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar FFAP o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

No estudiado.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 103,2 % (CV = 2,2 %)

**Precisión:** 4,2 %

**Sesgo:** 3,5 %

**Incertidumbre global:** 11,9 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de cumeno recogida será de 750  $\mu$ g/muestra, cantidad no incluida pero próxima al intervalo de aplicación del método.

**CUMENO (Isopropilbenceno)**  
**N° CAS: 98-82-8**

**FICHA N° 14**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 100 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 250 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1] y [2]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 120 mg/m<sup>3</sup> a 479 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo no concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras tomadas de atmósferas generadas sin humedad y a una concentración entre 120 mg/m<sup>3</sup> y 479 mg/m<sup>3</sup> de cumeno, para muestras de 7 l de aire, equivalente a 840 µg/muestra y 3 353 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 18 muestras en el intervalo de 860 µg/muestra a 3 460 µg/muestra.

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberían muestrear como mínimo **80 l**, para concentraciones entre 0,1 VL (10 mg/m<sup>3</sup>) y 0,5 VL (20 mg/m<sup>3</sup>), y **14 l** para concentraciones entre 0,5 VL (50 mg/m<sup>3</sup>) y 2 VL (200 mg/m<sup>3</sup>) y a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

**REFERENCIAS**

- [1] **NIOSH**. «Hydrocarbons, Aromatics», Method 1501
- [2] **Documentation of the NIOSH Validation Tests**, S 23. DHEW (NIOSH), Publication No 77-185

**2-FENILPROPENO ( $\alpha$ -Metilestireno)**  
**N° CAS: 98-83-9**

**FICHA N° 15**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 246 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**VL (corto plazo): 492 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar un volumen de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. El 2-fenilpropeno se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de 2-fenilpropeno en aire, en un intervalo de concentración de 25 mg/m<sup>3</sup> a 500 mg/m<sup>3</sup> para muestras entre 25 l de aire y 6 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos aromáticos tales como benceno, tolueno, etilbenceno, xileno, naftaleno, cumeno, estireno etc. [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 25 l y 6 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar FFAP o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

No estudiado.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 91,7 % (CV = 1,5 %)

**Precisión:** 4,8 %

**Sesgo:** - 10,8 %

**Incertidumbre global:** 20,4 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal recomendado (0,2 l/min), la cantidad de 2-fenilpropeno recogida será de 1 476  $\mu$ g/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

#### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1] y [2]

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 236 mg/m<sup>3</sup> a 943 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo no concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

**2-FENILPROPENO ( $\alpha$ -Metilestireno)**

**N° CAS: 98-83-9**

**FICHA N° 15**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 246 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**VL (corto plazo): 492 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras tomadas de atmósferas generadas sin humedad y a una concentración entre 236 mg/m<sup>3</sup> y 943 mg/m<sup>3</sup> de 2-fenilpropeno, para muestras de 3 l de aire, equivalente a 700 µg/muestra y 2 830 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 18 muestras en el intervalo de 687 µg/muestra a 3 570 µg/muestra.

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberían muestrear como mínimo **25 l**, para concentraciones entre 0,1 VL (25 mg/m<sup>3</sup>) y 0,5 VL (123 mg/m<sup>3</sup>), y **6 l** para concentraciones entre 0,5 VL (123 mg/m<sup>3</sup>) y 2 VL (492 mg/m<sup>3</sup>) y a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

**REFERENCIAS**

[1] **NIOSH.** «Hydrocarbons, Aromatics», Method 1501

[2] **Documentation of the NIOSH Validation Tests**, S 26. *DHEW (NIOSH), Publication No 77-185*

**ETILBENCENO**  
**N° CAS: 100-41-4**

**FICHA N° 16-1**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 442 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

**VL (corto plazo): 884 mg/m<sup>3</sup>, 200 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 5 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada refrigerada durante 21 días. El etilbenceno se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de etilbenceno en aire, en un intervalo de concentración de 50 mg/m<sup>3</sup> a 950 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 5 l de aire.

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos aromáticos tales como p-xileno, benceno, tolueno y 1,2,4 trimetilbenceno [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 5 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar FFAP o similar

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan refrigeradas y se analizan dentro de los 21 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 100 % (CV = 1,1 %)

**Precisión:** 1,9 %

**Sesgo:** - 4,9 %

**Incertidumbre global:** 8,7 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2/min), la cantidad de etilbenceno recogida será de 2 650 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

**ETILBENCENO**  
**N° CAS: 100-41-4**

**FICHA N° 16-I**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 442 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

**VL (corto plazo): 884 mg/m<sup>3</sup>, 200 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 49 mg/m<sup>3</sup> a 942 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 5 l de aire, tomadas de atmósferas generadas, con y sin humedad, en un intervalo de concentración de 49 mg/m<sup>3</sup> a 942 mg/m<sup>3</sup> de etilbenceno equivalentes a 245 µg/muestra y 4 700 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 15 muestras en el intervalo de 257 µg/muestra a 4 000 µg/muestra.

**REFERENCIAS**

**[1] INSHT.** «Determinación de hidrocarburos aromáticos (benceno; tolueno; etilbenceno; p-xileno; 1,2,4-trimetilbenceno) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA-030/A92

**OTROS MÉTODOS**

**[2] NIOSH.** «Hydrocarbons, Aromatics», Method 1501[tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

**[3] OSHA.** «Xylenes (o-,m-,p-xylene), Ethylbenzene», Method 1002 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

**ETILBENCENO**  
**N° CAS: 100-41-4**

**FICHA N° 16-2**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 442 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

**VL (corto plazo): 884 mg/m<sup>3</sup>, 200 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge con un muestreador pasivo por difusión que contiene 500 mg de anasorb 747. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 16 días. El etilbenceno se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de etilbenceno en aire, en un intervalo de concentración de 45 mg/m<sup>3</sup> a 890 mg/m<sup>3</sup>, para muestras captadas por difusión en un muestreador pasivo a una velocidad de muestreo de 13,83 ml/min durante 240 minutos [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos aromáticos tales como m-xileno, p-xileno, o-xileno y xileno (mezcla de isómeros) [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Muestreador pasivo conteniendo 500 mg de anasorb 747.

**Velocidad de captación:** 13,83 ml/min.

**Tiempo de muestreo:** 240 min.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 2 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar DB Wax o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 21 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 99,1 % (CV = 2,8 %)

**Precisión:** 0,4 %

**Sesgo:** - 2,2 %

**Incertidumbre global:** 3 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Este método **no** puede ser utilizado para realizar mediciones para comparar con el valor límite de corto plazo.

**ETILBENCENO**  
**Nº CAS: 100-41-4**

**FICHA Nº 16-2**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 442 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

**VL (corto plazo): 884 mg/m<sup>3</sup>, 200 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está validado para la concentración de 73 mg/m<sup>3</sup> (0,16 VL). Este valor está incluido en el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

Los datos de precisión y sesgo reflejados en la ficha corresponden a 3 muestras de 3,32 l, captadas en una atmósfera generada con una humedad relativa del 83 % y a una concentración de 73 mg/m<sup>3</sup>, lo que equivale a 240 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al valor medio de 35 muestras correspondientes a 1,06 µg/muestra, 74 µg/muestra, 147 µg/muestra, 294 µg/muestra, 736 µg/muestra, 1 471 µg/muestra y 2 942 µg/muestra.

El dato de la velocidad de captación indicada solo es válido para el muestreador pasivo por difusión utilizado en la validación (SKC 575-002).

**REFERENCIAS**

**[1] OSHA.** «Xylenes (o-,m-,p-xylene), Ethylbenzene», Method 1002 [muestreador pasivo anasorb 747/cromatografía de gases (FID)]



**CAPROLACTAMA (polvo y vapor)**  
**N° CAS: 105-60-2**

**FICHA N° 17**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 10 mg/m<sup>3</sup>**

**VL (corto plazo): 40 mg/m<sup>3</sup>**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 100 l de aire a través de un muestreador OVS-7, que contiene un filtro de fibra de vidrio y dos secciones con 270/140 mg de XAD-7, mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 1 l/min. La caprolactama se desorbe por separado tanto del filtro como de ambas secciones de adsorbente con metanol, y las disoluciones resultantes se analizan en un cromatógrafo de líquidos equipado con detector de ultravioleta.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

No está confirmada la aplicabilidad del método [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Muestreador OVS-7, que contiene un filtro de fibra de vidrio y dos secciones con 270/140 mg de XAD-7.

**Bomba de muestreo:** Personal polivalente.

**Caudal recomendado:** 1 l/min.

**Volumen recomendado:** 100 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción de cada componente del tubo por separado con 4 ml de metanol durante 1 h.

**Técnica analítica:** Cromatografía de líquidos con detector ultravioleta y columna de 0,25 m de LC-DB18 o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

No estudiado.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** No se dispone de datos

**Precisión:** No se dispone de datos

**Sesgo:** No se dispone de datos

**Incertidumbre global:** –

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación compleja

**Coste económico:** Alta

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

##### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

El método está clasificado como parcialmente validado por la OSHA.

Los datos aportados en dicho método no son ni suficientes ni concluyentes para efectuar la evaluación del método

**CAPROLACTAMA (polvo y vapor)**

**N° CAS: 105-60-2**

**FICHA N° 17**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 10 mg/m<sup>3</sup>**

**VL (corto plazo): 40 mg/m<sup>3</sup>**

**REFERENCIAS**

- [1] **OSHA.** «Caprolactam», Method PV-2012
- [2] **OSHA.** «Chemical Sampling Information Caprolactam (vapor)». IMIS: 0524
- [3] **OSHA.** «Chemical Sampling Information Caprolactam (dust)». IMIS: 0523

**3-HEPTANONA (Etilbutil cetona)****N° CAS: 106-35-4****FICHA N° 18****Octubre de 2004****VL (8 h): 95 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm****RESUMEN DEL MÉTODO**

La muestra se recoge haciendo pasar un volumen de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La 3-heptanona se desorbe con sulfuro de carbono que contiene un 1 % de metanol, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

**CAMPO DE APLICACIÓN**

El método es aplicable a la determinación 3-heptanona en aire, en un intervalo de concentración de 9,5 mg/m<sup>3</sup> a 190 mg/m<sup>3</sup>, para muestras entre 100 l de aire y 26 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otras cetonas tales como metil amil cetona, óxido de mesitilo, etc. [1].

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS****TOMA DE MUESTRA**

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** Entre 100 l y 26 l.

**ANÁLISIS**

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono que contiene un 1 % de metanol.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar FFAP o similar.

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

No estudiado.

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

**Eficacia de desorción:** 94 % (CV = 2,2 %)

**Precisión:** 12,5 %

**Sesgo:** - 3,1 %

**Incertidumbre global:** 28,1 %

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

**OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS****INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1] y [2]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 100 mg/m<sup>3</sup> a 463 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo no concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

**3-HEPTANONA (Etilbutil cetona)**

**N° CAS: 106-35-4**

**FICHA N° 18**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 95 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras captadas en atmósferas generadas sin humedad y a una concentración entre 100 mg/m<sup>3</sup> y 463 mg/m<sup>3</sup> de 3-heptanona, para muestras de 10 l de aire, equivalente a 1 000 µg/muestra y 4 630 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 18 muestras en el intervalo de 1 150 µg/muestra a 4 600 µg/muestra.

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberían muestrear como mínimo **100 l**, para concentraciones entre 0,1 VL (9,5 mg/m<sup>3</sup>) y 0,5 VL (47 mg/m<sup>3</sup>), y **26 l** para concentraciones entre 0,5 VL (47 mg/m<sup>3</sup>) y 2 VL (190 mg/m<sup>3</sup>) y a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

**REFERENCIAS**

[1] NIOSH. «Ketones II», Method 1301

[2] **Documentation of the NIOSH Validation Tests**, S 16. DHEW (NIOSH), Publication No 77-185

**p-XILENO**  
**N° CAS: 106-42-3**

**FICHA N° 19-1**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 221 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**VL (corto plazo): 442 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 10 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada refrigerada durante 21 días. El p-xileno se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de p-xileno en aire, en un intervalo de concentración de 22 mg/m<sup>3</sup> a 450 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 10 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos aromáticos tales como etilbenceno, benceno, tolueno y 1,2,4 trimetilbenceno [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 10 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar FFAP o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a refrigeradas y se analizan dentro de los 21 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 98,5 % (CV = 1 %)

**Precisión:** 1,3 %

**Sesgo:** - 7,6 %

**Incertidumbre global:** 10,2 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de p-xileno recogida será de 1 326 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

**p-XILENO**  
**Nº CAS: 106-42-3**

**FICHA Nº 19-1**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 221 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**VL (corto plazo): 442 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

#### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 50 mg/m<sup>3</sup> a 850 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo no concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 5 l de aire, tomadas de atmósferas generadas, con y sin humedad, en un intervalo de concentración de 50 mg/m<sup>3</sup> a 850 mg/m<sup>3</sup> de p-xileno equivalentes a 250 µg/muestra y 4 250 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 20 muestras en el intervalo de 257 µg/muestra a 4 040 µg/muestra.

#### ADAPTACIÓN DEL MÉTODO

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberían muestrear como mínimo **10 l**, a un caudal comprendido entre 0,1 l/min y 0,2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

#### REFERENCIAS

[1] **INSHT.** «Determinación de hidrocarburos aromáticos (benceno; tolueno; etilbenceno; p-xileno; 1,2,4 trimetilbenceno) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA-030/A92

#### OTROS MÉTODOS

[2] **NIOSH.** «Hydrocarbons, Aromatics», Method 1501[tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

[3] **OSHA.** «Xylenes (o-,m-,p-xylene), Ethylbenzene», Method 1002 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

**p-XILENO**  
**N° CAS: 106-42-3**

**FICHA N° 19-2**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 221 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**VL (corto plazo): 442 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge con un muestreador pasivo por difusión que contiene 500 mg de anasorb 747. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 16 días. El p-xileno se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de p-xileno en aire, en un intervalo de concentración de 45 mg/m<sup>3</sup> a 890 mg/m<sup>3</sup>, para muestras captadas por difusión en un muestreador pasivo a una velocidad de muestreo de 13,94 ml/min durante 240 minutos [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos aromáticos tales como m-xileno, o-xileno, etilbenceno y xileno (mezcla de isómeros) [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Muestreador pasivo por difusión conteniendo 500 mg de anasorb 747.

**Velocidad de captación:** 13,94 ml/min.

**Tiempo de muestreo:** 240 min.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 2 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar DB Wax o similar

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 21 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 95,3 % (CV = 2,1 %)

**Precisión:** 0,5 %

**Sesgo:** - 3 %

**Incertidumbre global:** 4 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Este método **no** puede ser utilizado para realizar mediciones para comparar con el valor límite de corto plazo.

#### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

El método [1] está validado para la concentración de 90 mg/m<sup>3</sup> (0,4 VL). Este valor está incluido en el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

**p-XILENO**  
**N° CAS: 106-42-3**

**FICHA N° 19-2**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 221 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**VL (corto plazo): 442 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

Los datos de precisión y sesgo reflejados en la ficha corresponden a 3 muestras de 3,35 l, captadas en una atmósfera generada con una humedad relativa del 83 % y a una concentración de 90 mg/m<sup>3</sup>, lo que equivale a 300 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al valor medio de 35 muestras correspondientes a 1,54 µg/muestra, 73 µg/muestra, 145 µg/muestra, 290 µg/muestra, 725 µg/muestra, 1 456 µg/muestra y 2 902 µg/muestra.

El dato de la velocidad de captación indicada solo es válido para el muestreador pasivo por difusión utilizado en la validación (SKC 575-002).

**REFERENCIAS**

**[1] OSHA.** «Xylenes (o-,m-,p-xylene), Ethylbenzene», Method 1002 [muestreador pasivo anasorb 747/cromatografía de gases (FID)]



**1,4-DICLOROBENCENO**  
**N° CAS: 106-46-7**

**FICHA N° 20**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 122 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 306 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar una cantidad de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. El 1,4-diclorobenceno se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de 1,4-diclorobenceno en aire, en un intervalo de concentración de 10 mg/m<sup>3</sup> a 250 mg/m<sup>3</sup> para muestras comprendidas entre 60 l de aire y 10 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos clorados tales como cloroformo, clorobenceno, 1,2-diclorobenceno, etc. [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** Entre 10 l y 60 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna de 3 m SP 1000 o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

No estudiado.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 91,1 % (CV = 2,2 %)

**Precisión:** 1,3 %

**Sesgo:** - 11,8 %

**Incertidumbre global:** 14,4 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de 1,4-diclorobenceno recogida será de 4 200 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

#### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1] y [2]

En el «Documentation of the NIOSH validation tests» aparecen datos de recuperación a tres niveles de concentraciones que denomina 2 VL (831 mg/m<sup>3</sup>), 1 VL y 0,5 VL, pero sin especificar la concentración exacta, por lo cual no se puede sacar ninguna conclusión ni de la precisión ni del sesgo a dichos niveles.

**1,4-DICLOROBENCENO**  
**N° CAS:106-46-7**

**FICHA N° 20**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 122 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 306 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de aproximadamente 208 mg/m<sup>3</sup> a 831 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo no concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras tomadas de atmósferas generadas sin humedad y a una concentración entre aproximadamente 208 mg/m<sup>3</sup> y 831 mg/m<sup>3</sup> de 1,4-diclorobenceno, para muestras de 3 l de aire, equivalente a aproximadamente 625 µg/muestra y 2 500 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 18 muestras en el intervalo de 676 µg/muestra a 2 700 µg/muestra.

#### ADAPTACIÓN DEL MÉTODO

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberían muestrear como mínimo 60 l, para concentraciones entre 0,1 VL (12 mg/m<sup>3</sup>) y 0,5 VL (61 mg/m<sup>3</sup>), y 10 l para concentraciones entre 0,5 VL (61 mg/m<sup>3</sup>) y 2 VL (244 mg/m<sup>3</sup>) y a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

#### REFERENCIAS

[1] NIOSH. «Hydrocarbons, Halogenated », Method 1003

[2] **Documentation of the NIOSH Validation Tests**, S 281. DHEW (NIOSH), Publication No 77-185

**ALCOHOL ALÍLICO (2-Propen-1-ol)**  
**N° CAS: 107-18-6**

**FICHA N° 21**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 4,8 mg/m<sup>3</sup>, 2 ppm**

**VL (corto plazo): 12,1 mg/m<sup>3</sup>, 5 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar un volumen de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. El alcohol alílico se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de alcohol alílico en aire, en un intervalo de concentración de 0,48 mg/m<sup>3</sup> a 9,6 mg/m<sup>3</sup> para muestras entre 50 l de aire y 10 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros alcoholes tales como el alcohol isoamílico, ciclohexanol, diacetona alcohol, etc. [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** Entre 50 l y 10 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna de 3 m SP 1000 o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

No estudiado.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 90,1 % (CV = 3,2 %)

**Precisión:** 12,4 %

**Sesgo:** - 4,4 %

**Incertidumbre global:** 29,2 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de alcohol alílico recogida será de 36 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación.

**ALCOHOL ALÍLICO (2-Propen-1-ol)**

**N° CAS: 107-18-6**

**FICHA N° 21**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 4,8 mg/m<sup>3</sup>, 2 ppm**

**VL (corto plazo): 12,1 mg/m<sup>3</sup>, 5 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1] y [2]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 1,8 mg/m<sup>3</sup> a 8,4 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo no concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras tomadas de atmósferas generadas sin humedad y a una concentración entre 1,8 mg/m<sup>3</sup> y 8,4 mg/m<sup>3</sup> de alcohol alílico, para muestras de 10 l de aire, equivalente a 20 µg/muestra y 84 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 18 muestras en el intervalo de 24 µg/muestra a 96 µg/muestra.

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberían muestrear como mínimo 50 l, para concentraciones entre 0,1 VL (0,5 mg/m<sup>3</sup>) y 0,5 VL (2,5 mg/m<sup>3</sup>), y 10 l para concentraciones entre 0,5 VL (2,5 mg/m<sup>3</sup>) y 2 VL (9,6 mg/m<sup>3</sup>) y a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

**REFERENCIAS**

**[1] NIOSH.** «Alcohols III», Method 1402

**[2] Documentation of the NIOSH Validation Tests**, S 52. DHEW (NIOSH), Publication No 77-185

**ETILENGLICOL**  
**Nº CAS: 107-21-1**

**FICHA Nº 22**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 52 mg/m<sup>3</sup>, 10 ppm**

**VL (corto plazo): 104 mg/m<sup>3</sup>, 40 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 60 l de aire a través de un muestreador OVS-7, que contiene un filtro de fibra de vidrio y un tubo con dos secciones de 270/140 mg de XAD-7, mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 1 l/min. El etilenglicol se desorbe por separado tanto del filtro como de ambas secciones de adsorbente con metanol, y las disoluciones resultantes se analizan en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

No está confirmada la aplicabilidad del método [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Muestreador OVS-7, que contiene un filtro de fibra de vidrio y dos secciones con 270/140 mg de XAD-7.

**Bomba de muestreo:** Personal polivalente.

**Caudal recomendado:** 1 l/min.

**Volumen recomendado:** 60 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción de cada componente del tubo por separado con 2 ml de metanol durante 1 h.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar Rtx-35 o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

No estudiado.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 99,5 % (CV = 2,5 %)

**Precisión:** No se dispone de datos

**Sesgo:** No se dispone de datos

**Incertidumbre global:** No se dispone de datos

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación compleja

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

##### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

El método está clasificado como parcialmente validado por la OSHA.

El dato de la eficacia de desorción que aparece en la ficha corresponde al valor medio para 24 muestras en el intervalo comprendido entre 146 µg/muestra y 2 916µg/muestra. [1]

Los datos aportados en dicho método no son ni suficientes ni concluyentes para efectuar la evaluación del método.

#### REFERENCIAS

[1] **OSHA.** «Ethylene Glycol», Method PV-2024

**ETILENGLICOL**  
**Nº CAS: 107-21-1**

**FICHA Nº 22**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 52 mg/m<sup>3</sup>, 10 ppm**

**VL (corto plazo): 104 mg/m<sup>3</sup>, 40 ppm**

**OTROS MÉTODOS**

[2] **NIOSH.** «Glycols», Method 5523 [muestrador OVS-7/cromatografía de gases (FID)]

[3] **Andersson K., Levin J.O.** «Sampling of ethylene glycol derivates in work-room air using amberlite XAD resins», Chemosphere 1982; 11, 1115-1119

**I-METOXI-2-PROPANOL (Éter metílico del propilen glicol)**  
**N° CAS: 107-98-2**

**FICHA N° 23**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 375 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

**VL (corto plazo): 568 mg/m<sup>3</sup>, 150 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 10 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada refrigerada durante 21 días. El 1-metoxi-2-propanol se desorbe con diclorometano que contiene un 5 % de metanol, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de 1-metoxi-2-propanol en aire, en un intervalo de concentración de 32 mg/m<sup>3</sup> a 760 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 10 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros glicol éteres tales como el 2-etoxietanol [1]

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 10 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de diclorometano que contiene un 5 % (v/v) de metanol.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar FFAP o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan refrigeradas y se analizan dentro de los 21 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 100,8 % (CV = 2,9 %)

**Precisión:** 0,9 %

**Sesgo:** - 8,3 %

**Incertidumbre global:** 10,1 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de 1-metoxi-2-propanol recogida será de 1 700 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación.

**1-METOXI-2-PROPANOL (Éter metílico del propilen glicol)**

**N° CAS: 107-98-2**

**FICHA N° 23**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 375 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

**VL (corto plazo): 568 mg/m<sup>3</sup>, 150 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 32 mg/m<sup>3</sup> a 760 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 10 l de aire, tomadas de atmósferas generadas, con y sin humedad, en un intervalo de concentración de 32 mg/m<sup>3</sup> a 760 mg/m<sup>3</sup> de 1-metoxi-2-propanol, equivalentes a 320 µg/muestra y 7 600 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 12 muestras en el intervalo de 400 µg/muestra a 7 000 µg/muestra.

**REFERENCIAS**

**[1] INSHT.** «Determinación de glicol éteres (1-metoxi-2-propanol, 2-etoxietanol) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA-017/A89

**OTROS MÉTODOS**

**[2] OSHA.** «Propylene Glycol Monomethyl Ethers/Acetates», Method 99 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]



**4-METIL-2-PENTANONA (Metil isobutil cetona)****N° CAS: 108-10-1****FICHA N° 24****Octubre de 2004****VL (8 h): 83 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm****VL (corto plazo): 208 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm****RESUMEN DEL MÉTODO**

La muestra se recoge haciendo pasar 2,5 l de aire a través de un tubo relleno con 150/75 mg de gel de sílice mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 0,05 l/min. La muestra puede ser almacenada refrigerada durante 14 días. La 4-metil-2-pentanona se desorbe con 1 ml de dimetilformamida, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

**CAMPO DE APLICACIÓN**

El método es aplicable a la determinación de vapores de 4-metil-2-pentanona en aire, en un intervalo de concentración de 8,3 mg/m<sup>3</sup> a 166 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 2,5 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otras cetonas tales como acetona, metil etil cetona [1].

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS****TOMA DE MUESTRA**

**Elemento de captación:** Tubo estándar de gel de sílice (150 mg/75 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** 0,05 l/min.

**Volumen recomendado:** 2,5 l.

**ANÁLISIS**

**Preparación:** Desorción con 1 ml de dimetilformamida.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar de SE-30 o similar.

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

Las muestras permanecen estables cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan refrigeradas y se analizan dentro de los 14 días siguientes a su captación.

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

**Eficacia de desorción:** 102,7 % (CV = 3,2 %)

**Precisión:** 3,4 %

**Sesgo:** - 5,4 %

**Incertidumbre global:** 12,2 %

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

**OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS**

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal recomendado (0,05 l/min), la cantidad de 4-metil-2-pentanona recogida será de 156 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación.

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 22 mg/m<sup>3</sup> a 440 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo concuerda parcialmente con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

**4-METIL-2-PENTANONA (Metil isobutil cetona)**

**N° CAS: 108-10-1**

**FICHA N° 24**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 83 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 208 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 1 l de aire, captadas a 0,05 l/min en atmósferas generadas, con y sin humedad, en un intervalo de concentración de 22 mg/m<sup>3</sup> a 440 mg/m<sup>3</sup> de 4-metil-2-pentanona equivalentes a 22 µg/muestra y 440 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 35 muestras en el intervalo de 24 µg/muestra a 637 µg/muestra.

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberían muestrear como mínimo **2,5 l**, a un caudal de 0,05 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

**INFORMACIONES ADICIONALES**

La 4-metil-2-pentanona recogida en carbón activo y desorbida con sulfuro de carbono no plantea problemas de estabilidad, por lo que se puede utilizar como alternativa para la determinación de 4-metil-2-pentanona en aire [2].

**REFERENCIAS**

[1] **INSHT.** «Determinación de cetonas (acetona, metil etil cetona, metil isobutil cetona) en aire. Método de adsorción en gel de sílice/Cromatografía de gases», MTA/MA-031/A96

**OTROS MÉTODOS**

[2] **NIOSH.** «Ketones I», Method 1300 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

[3] **INRS.** «Cetones I». Ficha 020 [tubo de carboxen 1000/cromatografía de gases (FID)]

**m-XILENO**  
**N° CAS: 108-38-3**

**FICHA N° 25-1**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 221 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**VL (corto plazo): 442 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 10 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada refrigerada durante 21 días. El m-xileno se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de m-xileno en aire, en un intervalo de concentración de 22 mg/m<sup>3</sup> a 450 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 10 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos aromáticos tales como p-xileno, etilbenceno, etc. [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 10 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar de FFAP o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan refrigeradas y se analizan dentro de los 21 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO (véase el apartado: «Otras informaciones de interés»)

**Eficacia de desorción:** 98,5 % (CV = 1 %)

**Precisión:** 1,3 %

**Sesgo:** - 7,6 %

**Incertidumbre global:** 10,2 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de m-xileno recogida será de 1 326 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

**m-XILENO**  
**N° CAS: 108-38-3**

**FICHA N° 25-I**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 221 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**VL (corto plazo): 442 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

**INFORME DE VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

Los datos, tanto de eficacia de desorción como de precisión, sesgo e incertidumbre global, corresponden a los obtenidos para el p-xileno en la validación del mismo. Dado que el o-xileno, el m-xileno y el p-xileno tienen el mismo valor límite y se les supone un comportamiento similar en la captación en carbón activo y posterior desorción con sulfuro de carbono, se asume para los tres xilenos los mismos datos de validación

**REFERENCIAS**

**[1] INSHT.** «Determinación de hidrocarburos aromáticos (benceno; tolueno; etilbenceno; p-xileno; 1,2,4 trimetilbenceno) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA-030/A92

**OTROS MÉTODOS**

**[2] OSHA.** «Xylenes (o-,m-,p-xylene), Ethylbenzene», Method 1002 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

**m-XILENO**  
**N° CAS: 108-38-3**

**FICHA N° 25-2**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 221 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**VL (corto plazo): 442 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge con un muestreador pasivo por difusión, que contiene 500 mg de anasorb 747. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 16 días. El m-xileno se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de m-xileno en aire, en un intervalo de concentración de 22 mg/m<sup>3</sup> a 450 mg/m<sup>3</sup>, para muestras captadas por difusión en un muestreador pasivo a una velocidad de muestreo de 13,82 ml/min durante 240 minutos [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos aromáticos tales como o-xileno, p-xileno, etilbenceno y la mezcla de xilenos [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Muestreador pasivo por difusión, conteniendo 500 mg de anasorb 747.

**Velocidad de captación:** 13,82 ml/min.

**Tiempo de muestreo:** 240 min.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 2 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar de DB Wax o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 16 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 96,1 % (CV = 2,8 %)

**Precisión:** 0,4 %

**Sesgo:** 2,8 %

**Incertidumbre global:** 3,6 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Este método **no** puede ser utilizado para realizar mediciones para comparar con el valor límite de corto plazo.

#### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

El método [1] está validado para la concentración de 48 mg/m<sup>3</sup> (0,2 VL). Este valor está incluido en el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

**m-XILENO**  
**N° CAS: 108-38-3**

**FICHA N° 25-2**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 221 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**VL (corto plazo): 442 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

Los datos de precisión y sesgo reflejados en la ficha corresponden a 3 muestras de 3,32 l, captadas en una atmósfera generada con una humedad relativa del 83 % y a una concentración de 48 mg/m<sup>3</sup>, lo que equivale a 160 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al valor medio de 35 muestras correspondientes a 1,42 µg/muestra, 73 µg/muestra, 145 µg/muestra, 290 µg/muestra, 725 µg/muestra, 1 451 µg/muestra y 2 903 µg/muestra.

El dato de la velocidad de captación indicada solo es válido para el muestreador pasivo por difusión utilizado en la validación (SKC 575-002).

#### REFERENCIAS

**[1] OSHA.** «Xylenes (o-,m-,p-xylene), Ethylbenzene», Method 1002 [muestreador pasivo anasorb 747/cromatografía de gases (FID)]

**ACETATO DE 1-METIL-2-METOXIETILO**  
**N° CAS: 108-65-6**
**FICHA N° 26**  
**Octubre de 2004**
**VL (8 h): 275 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**
**VL (corto plazo): 550 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**
**RESUMEN DEL MÉTODO**

La muestra se recoge haciendo pasar 1 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 0,05 l/min. La muestra puede ser almacenada refrigerada durante 21 días. El acetato de 1-metil-2-metoxietilo se desorbe con sulfuro de carbono con un 5 % de 2-butanol, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

**CAMPO DE APLICACIÓN**

El método es aplicable a la determinación de vapores de acetato de 1-metil 2-metoxietilo en aire, en un intervalo de concentración de 27 mg/m<sup>3</sup> a 550 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 1 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros ésteres de glicol tales como acetato de 2-etoxietanol [1].

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**
**TOMA DE MUESTRA**

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** 0,05 l/min.

**Volumen recomendado:** 1 l.

**ANÁLISIS**

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono que contiene un 5 % (v/v) de 2-butanol.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar de FFAP o similar.

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan refrigeradas y se analizan dentro de los 15 días siguientes a su captación.

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

**Eficacia de desorción:** 100,1 % (CV = 2,5 %)

**Precisión:** 2,8 %

**Sesgo:** - 5,5 %

**Incertidumbre global:** 11,1 %

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

**OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS**

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal recomendado (0,05 l/min), la cantidad de acetato de 1-metil-2-metoxietilo recogida será de 412 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

**ACETATO DE 1-METIL-2-METOXIETILO**  
**Nº CAS: 108-65-6**

**FICHA Nº 26**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 275 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**VL (corto plazo): 550 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 2 mg/m<sup>3</sup> a 50 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo **no** concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 10 l de aire, captadas a 0,2 l/min en atmósferas generadas, con y sin humedad, en un intervalo de concentración de 2 mg/m<sup>3</sup> a 50 mg/m<sup>3</sup> de acetato de 1-metil-2-metoxietilo, equivalentes a 20 µg/muestra. y 500 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 24 muestras en el intervalo de 22 µg/muestra a 482 µg/muestra.

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen y el caudal de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se debería muestrear como mínimo **1 l**, a un caudal de 0,05 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

**REFERENCIAS**

**[1] INSHT.** «Determinación de ésteres II (acetato de 1-metoxi-2-propilo, acetato de 2-etoxietilo) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA-029/A92

**OTROS MÉTODOS**

**[2] OSHA.** «Propylene Glycol Monomethyl Ethers/Acetates», Method 99 [tubo de carbón activo/Cromatografía de gases (FID)]



**MESITILENO (Trimetilbenceno)**  
**N° CAS: 108-67-8**

**FICHA N° 27**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 100 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 5 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada refrigerada durante 21 días. El mesitileno se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de mesitileno en aire, en un intervalo de concentración de 15 mg/m<sup>3</sup> a 310 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 5 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos aromáticos tales como benceno, tolueno, etilbenceno y p-xileno [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 5 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar de FFAP o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan refrigeradas y se analizan dentro de los 21 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 96,8 % (CV = 1 %)

**Precisión:** 3,1 %

**Sesgo:** - 7,5 %

**Incertidumbre global:** 13,7 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

##### INFORME DE VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

Los datos, tanto de eficacia de desorción como de precisión, sesgo e incertidumbre global, corresponden a los obtenidos para el 1,2,4-trimetilbenceno en la validación del mismo. Dado que el mesitileno tiene el mismo valor límite y que de él se espera un comportamiento similar en la captación en carbón activo y posterior desorción con sulfuro de carbono, se asume para los trimetilbencenos los mismos datos de validación

#### REFERENCIAS

[1] INSHT. «Determinación de hidrocarburos aromáticos (benceno; tolueno; etilbenceno; p-xileno; 1,2,4 trimetilbenceno) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA-030/A92



**CLOROBENCENO**  
**N° CAS: 108-90-7**

**FICHA N° 28**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 47 mg/m<sup>3</sup>, 10 ppm**

**VL (corto plazo): 94 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 15 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de entre 0,1 l/min y 0,3 l/min. La muestra puede ser almacenada refrigerada durante 14 días. El clorobenceno se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de clorobenceno en aire, en un intervalo de concentración de 4,7 mg/m<sup>3</sup> a 100 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 15 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos aromáticos clorados tales como tetracloruro de carbono y cloroformo [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,3 l/min.

**Volumen recomendado:** 15 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar de FFAP o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan refrigeradas y se analizan dentro de los 14 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 96 % (CV = 2,4 %)

**Precisión:** 4,7 %

**Sesgo:** - 3,5 %

**Incertidumbre global:** 12,9 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,3 l/min), la cantidad de clorobenceno recogida será de 423 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

#### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 4,5 mg/m<sup>3</sup> a 95 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

**CLOROBENCENO**

**Nº CAS: 108-90-7**

**FICHA Nº 28**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 47 mg/m<sup>3</sup>, 10 ppm**

**VL (corto plazo): 94 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 15 l de aire, captadas a 0,3 l/min en atmósferas generadas, con y sin humedad, en un intervalo de concentración de 4,5 mg/m<sup>3</sup> a 95 mg/m<sup>3</sup> de clorobenceno, equivalentes a 70 µg/muestra y 1 420 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 34 muestras en el intervalo de 70 µg/muestra a 1 800 µg/muestra.

**REFERENCIAS**

[1] **INSHT.** «Determinación de hidrocarburos clorados II (tetracloruro de carbono, cloroformo, clorobenceno) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA 042/A99

**OTROS MÉTODOS**

[2] **NIOSH.** «Hydrocarbons, Halogenated», Method 1003 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

**CICLOHEXANONA**  
**N° CAS: 108-94-1**

**FICHA N° 29**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 40,8 mg/m<sup>3</sup>, 10 ppm**

**VL (corto plazo): 81,6 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 4 l de aire a través de un tubo relleno con 150/75 mg de gel de sílice mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 0,1 l/min. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 14 días. La ciclohexanona se desorbe con acetato de etilo, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de ciclohexanona en aire, en un intervalo de concentración de 4 mg/m<sup>3</sup> a 80 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 4 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otras cetonas, tales como óxido de mesitilo [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de gel de sílice (150 mg/75mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** 0,1 l/min.

**Volumen recomendado:** 4 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de acetato de etilo.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar de FFAP o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 14 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 94,8 % (CV = 3,6 %)

**Precisión:** 4,0 %

**Sesgo:** - 3,4 %

**Incertidumbre global:** 11,4 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal recomendado (0,1 l/min), la cantidad de ciclohexanona recogida será de 122 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

#### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 9,8 mg/m<sup>3</sup> a 188 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo no concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

**CICLOHEXANONA**  
**N° CAS: 108-94-1**

**FICHA N° 29**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 40,8 mg/m<sup>3</sup>, 10 ppm**

**VL (corto plazo): 81,6 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 2 l de aire, captadas a 0,1 l/min en atmósferas generadas, con y sin humedad, en un intervalo de concentración de 9,8 mg/m<sup>3</sup> a 188 mg/m<sup>3</sup> de ciclohexanona, equivalentes a 20 µg/muestra y 380 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 52 muestras en el intervalo de 16 µg/muestra a 56 µg/muestra.

#### ADAPTACIÓN DEL MÉTODO

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberían muestrear como mínimo **4 l**, a un caudal de 0,1 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

#### REFERENCIAS

[1] **INSHT.** «Determinación de cetonas II (ciclohexanona, óxido de mesitilo) en aire. Método de adsorción en gel de sílice/Cromatografía de gases», MTA/MA-052/A02

#### OTROS MÉTODOS

[2] **NIOSH.** «Ketones I», Method 1300 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

[3] **OSHA.** «Ciclohexanone», Method 1 [tubo de chromosorb 106/HPLC (UV)]

[4] **INRS.** «Cetones I», FICHA 020 [tubo de carboxen 1000/cromatografía de gases (FID)]

**FENOL**  
**N° CAS:108-95-2**

**FICHA N° 30**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 7,8 mg/m<sup>3</sup>, 2 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 20 l de aire a través de un tubo relleno con 150/75 mg de gel de sílice mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada refrigerada durante 14 días. El fenol se desorbe con acetona, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de fenol en aire, en un intervalo de concentración de 0,78 mg/m<sup>3</sup> a 15 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 20 l de aire [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de gel de sílice (150 mg/75mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 20 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de acetona.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna de vidrio 2 m con 10 % Carbowax 20M o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan refrigeradas y se analizan dentro de los 14 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 99,2 % (CV = 3,3 %)

**Precisión:** 4,8 %

**Sesgo:** - 1,6 %

**Incertidumbre global:** 11,2 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

##### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 1,8 mg/m<sup>3</sup> a 43 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo no concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 10 l de aire, generadas a partir de un sistema de adición de fenol a los tubos, sobre los cuales se hace pasar también aire con una humedad del 50 %. El intervalo de concentración ensayado es de 1,8 mg/m<sup>3</sup> a 43 mg/m<sup>3</sup> de fenol, equivalente a 18 µg/muestra y 430 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 21 muestras en el intervalo de 17 µg/muestra a 400 µg/muestra.

**FENOL**  
**N° CAS:108-95-2**

**FICHA N° 30**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 7,8 mg/m<sup>3</sup>, 2 ppm**

#### ADAPTACIÓN DEL MÉTODO

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberían muestrear como mínimo **20 l**, a un caudal comprendido entre 0,1 l/min y 0,2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

#### REFERENCIAS

**[1] INSHT.** «Determinación de fenol en aire. Método de adsorción en gel de sílice/Cromatografía de gases», MTA/MA-040/A98

#### OTROS MÉTODOS

**[2] DFG.** «Phenol», *Analysis Hazardous Substances in air*, vol. 3, p. 99 [tubo de gel de sílice/cromatografía de gases (FID)]

**[3] NIOSH.** «Cresol (all isomers) and Phenol», Method 2546 [tubo de XAD-7/cromatografía de gases (FID)]

**[4] OSHA.** «Phenol and Cresol», Method 32 [tubo de XAD-7/HPLC (UV)]



**TETRAHIDROFURANO****N° CAS: 109-99-9****FICHA N° 31****Octubre de 2004****VL (8 h): 150 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm****VL (corto plazo): 300 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm****RESUMEN DEL MÉTODO**

La muestra se recoge haciendo pasar 12 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 14 días. El tetrahidrofurano se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

**CAMPO DE APLICACIÓN**

El método es aplicable a la determinación de vapores de tetrahidrofurano en aire, en un intervalo de concentración de 15 mg/m<sup>3</sup> a 300 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 12 l de aire [1].

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS****TOMA DE MUESTRA**

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 12 l

**ANÁLISIS**

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar de FFAP o similar.

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 14 días siguientes a su captación.

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

**Eficacia de desorción:** 96,4 % (CV = 1 %)

**Precisión:** 1,1 %

**Sesgo:** - 6,9 %

**Incertidumbre global:** 9,1 %

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

**OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS**

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de tetrahidrofurano recogida será de 900 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 13 mg/m<sup>3</sup> a 270 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 12 l de aire, captadas a 0,2 l/min en atmósferas generadas, con y sin humedad, en un intervalo de concentración de 13 mg/m<sup>3</sup> a 270 mg/m<sup>3</sup> de tetrahidrofurano, equivalentes a 160 µg/muestra y 3 200 µg/muestra.

**TETRAHIDROFURANO**

**N° CAS: 109-99-9**

**FICHA N° 31**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 150 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**VL (corto plazo): 300 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 24 muestras en el intervalo de 16 µg/muestra a 3 500 µg/muestra.

**REFERENCIAS**

[1] **INSHT.** «Determinación de tetrahidrofurano en aire. Método de adsorción en carbón activo/ Cromatografía de gases», MTA/MA-049/A01

**OTROS MÉTODOS**

[2] **DFG.** «Tetrahydrofuran», *Analyses of hazardous substances in air*, vol. 3 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

[3] **NIOSH.** «Tetrahydrofuran», Method 1609 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

**5-METIL-2-HEXANONA (Metil isoamil cetona)****N° CAS: 110-12-3****FICHA N° 32****Octubre de 2004****VL (8 h): 95 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm****RESUMEN DEL MÉTODO**

La muestra se recoge haciendo pasar 10 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo, mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La 5-metil-2-hexanona se desorbe con una disolución de sulfuro de carbono con un 1 % (1:99) de dimetilformamida, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

**CAMPO DE APLICACIÓN**

No está confirmada la aplicabilidad del método [1].

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS****TOMA DE MUESTRA**

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 10 l.

**ANÁLISIS**

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono que contiene un 1 % (v/v) de dimetilformamida.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar de DB-WAX o similar.

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan refrigeradas y se analizan dentro de los 10 días siguientes a su captación.

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

**Eficacia de desorción:** 96,2 % (CV = 1,70 %)

**Precisión:** No se dispone de datos

**Sesgo:** No se dispone de datos

**Incertidumbre global:** No se dispone de datos

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

**OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS****INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método está clasificado como parcialmente validado por la OSHA.

La eficacia de desorción que aparece en el método corresponde al promedio 20 muestras en el intervalo de 230 µg/muestra a 4 570 µg/muestra.

Se ha estudiado la estabilidad adicionando 2 286 µg de 5-metil-2-hexanona a 12 tubos, y al cabo de 2 horas se les ha hecho pasar 10 l de aire con una humedad relativa del 80 %, a un caudal de 0,2 l/min. Se han almacenado durante 10 días 6 tubos a temperatura ambiente y 6 refrigerados a 0 °C, obteniéndose una recuperación del 59,5 % para los almacenados a temperatura ambiente y del 95,4 % para los refrigerados.

**5-METIL-2-HEXANONA (Metil isoamil cetona)**

**Nº CAS: 110-12-3**

**FICHA Nº 32**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 95 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

Los datos aportados en dicho método no son ni suficientes ni concluyentes para efectuar la evaluación del mismo.

**REFERENCIAS**

**[1] OSHA.** «MIAK (Methyl Isoamyl Ketone)», Method PV-2042

**OTROS MÉTODOS**

**[2] OSHA.** «Chemical Sampling Information Methyl Isoamyl Ketone», IMIS: 1776

**2-HEPTANONA (Metil amil cetona)**  
**N° CAS: 110-43-0**

**FICHA N° 33**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 238 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**VL (corto plazo): 475 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar una cantidad de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La 2-heptanona se desorbe con 1 ml de sulfuro de carbono con un 1 % (1:99) de metanol, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación 2-heptanona en aire, en un intervalo de concentración de 23,8 mg/m<sup>3</sup> a 500 mg/m<sup>3</sup>, para muestras comprendidas en un intervalo de volúmenes entre 80 l de aire y 18 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otras cetonas tales como etil butil cetona, óxido de mesitilo, etc. [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 80 l y 18 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono que contiene un 1 % (1:99) de metanol.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama y columna capilar de FFAP o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

No estudiado.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 82 % (CV = 4,2 %)

**Precisión:** 5,8 %

**Sesgo:** 2,8 %

**Incertidumbre global:** 14,4 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

No está confirmada la aplicabilidad del método para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de 2-heptanona recogida será de 1 425 µg/muestra, cantidad no incluida en el intervalo de aplicación del método.

**2-HEPTANONA (Metil amil cetona)**

**N° CAS: 110-43-0**

**FICHA N° 33**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 238 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**VL (corto plazo): 475 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1] y [2]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 197 mg/m<sup>3</sup> a 925 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo no concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras tomadas de atmósferas generadas sin humedad y a una concentración entre 197 mg/m<sup>3</sup> y 925 mg/m<sup>3</sup> de 2-heptanona, para muestras de 10 l de aire, equivalente a 1 970 µg/muestra y 9 250 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 18 muestras en el intervalo de 2 320 µg/muestra a 9 300 µg/muestra.

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberían muestrear como mínimo **80 l**, para concentraciones entre 0,1 VL (24 mg/m<sup>3</sup>) y 0,5 VL (119 mg/m<sup>3</sup>), y **18 l** para concentraciones entre 0,5 VL (119 mg/m<sup>3</sup>) y 2 VL (476 mg/m<sup>3</sup>) y a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

**REFERENCIAS**

[1] **NIOSH.** «Ketones II», Method 1301

[2] **Documentation of the NIOSH Validation Tests**, S 15. DHEW (NIOSH), Publication No 77-185

**PIPERACINA**  
**N° CAS: 110-85-0**

**FICHA N° 34**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 0,1 mg/m<sup>3</sup>**

**VL (corto plazo): 0,3 mg/m<sup>3</sup>**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 10 l de aire a través de un tubo relleno con 80/40 mg de XAD-2 impregnado con un 10 % de 1-naftilisocianato, mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 0,1 l/min. La piperacina se desorbe con dimetilformamida, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de líquidos de alta resolución equipado con detector ultravioleta [1].

#### CAMPO DE APLICACIÓN

No está confirmada la aplicabilidad del método [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo relleno con 80/40 mg de XAD-2 impregnado con un 10 % (w/w) de 1-naftilisocianato.

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** 0,1 l/min.

**Volumen recomendado:** 10 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con dimetilformamida.

**Técnica analítica:** Cromatografía líquida de alta resolución con detector de ultravioleta.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

No estudiado.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** No se dispone de datos

**Precisión:** No se dispone de datos

**Sesgo:** No se dispone de datos

**Incertidumbre global:** No se dispone de datos

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación compleja

**Coste económico:** Alto

#### REFERENCIAS

[1] OSHA. «Chemical Sampling Information Piperazine». IMIS: P250

#### OTROS MÉTODOS

[2] Skarping G «Determination of piperazines in the working atmosphere and in human urine using derivatization and capillary gas chromatography with nitrogen-and mass-selective detection», *J. Chromatogr.* (1986); 370:245-258





**2-BUTOXIETANOL (Butil cellosolve)****N° CAS: 111-76-2****FICHA N° 35****Octubre de 2004****VL (8 h): 98 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm****VL (corto plazo): 246 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm****RESUMEN DEL MÉTODO**

La muestra se recoge haciendo pasar un volumen de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 15 días. El 2-butoxietanol se desorbe con diclorometano con un 5 % de metanol, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

**CAMPO DE APLICACIÓN**

El método es aplicable a la determinación 2-butoxietanol en aire, en un intervalo de concentración de 9,8 mg/m<sup>3</sup> a 200 mg/m<sup>3</sup>, para muestras comprendidas en un intervalo de volúmenes entre 48 l de aire y 12 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea del acetato de 2-butoxietilo [1].

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS****TOMA DE MUESTRA**

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 48 l y 12 l.

**ANÁLISIS**

**Preparación:** Desorción con 1 ml de diclorometano que contiene un 5 % (v/v) de metanol.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases, con detector de ionización de llama, y columna capilar de NUKOL o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 15 días siguientes a su captación.

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

**Eficacia de desorción:** 99 % (CV = 0,6 %)

**Precisión:** 0,6 %

**Sesgo:** - 2,0 %

**Incertidumbre global:** 3,2 %

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

**OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS**

El método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de 2-butoxietanol recogida será de 738 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está validado para la concentración de 96 mg/m<sup>3</sup> (1 VL). Este valor concuerda con el valor límite actual para 8 horas.

**2-BUTOXIETANOL (Butil cellosolve)**

**N° CAS: 111-76-2**

**FICHA N° 35**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 98 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 246 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 12 l de aire, captadas a 0,2 l/min en atmósferas generadas, con humedad, y a una concentración de 96 mg/m<sup>3</sup>, lo que equivale a 1 152 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 18 muestras en el intervalo de 570 µg/muestra a 2 280 µg/muestra.

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de 55 µg/muestra a 2 280 µg/muestra en el que el método fue estudiado.

Para ello se deberían muestrear como mínimo **48 l**, para concentraciones en aire entre 0,1 VL (1 mg/m<sup>3</sup>) y 0,5 VL (49 mg/m<sup>3</sup>), y **12 l** para concentraciones en aire entre 0,5 VL (49 mg/m<sup>3</sup>) y 2 VL (196 mg/m<sup>3</sup>) a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permitiría asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

**REFERENCIAS**

[1] **OSHA.** «2-Butoxyethanol/2-Butoxyethyl Acetate», Method 83

**OTROS MÉTODOS**

[2] **NIOSH.** «Alcohols IV», Method 1403 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

**ACETATO DE 2-BUTOXIETILO**  
**N° CAS: 112-07-2**
**FICHA N° 36**  
**Octubre de 2004**
**VL (8 h): 133 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**
**VL (corto plazo): 333 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**
**RESUMEN DEL MÉTODO**

La muestra se recoge haciendo pasar 40 l de aire a través de un tubo relleno con 700/300 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada refrigerada durante 3 semanas. El acetato de 2-butoxietilo se desorbe con dietiléter, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

**CAMPO DE APLICACIÓN**

El método es aplicable a la determinación de acetato de 2-butoxietilo en aire, en un intervalo de concentración de 13 mg/m<sup>3</sup> a 266 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 40 l de aire [1].

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**
**TOMA DE MUESTRA**

**Elemento de captación:** Tubo de carbón activo (700 mg/300 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 40 l.

**ANÁLISIS**

**Preparación:** Desorción con 6 ml de dietiléter.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases, con detector de ionización de llama, y columna capilar OV1 o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

Finalizado el muestreo, las muestras deben refrigerarse lo antes posible para reducir la hidrólisis y analizarse dentro de los 21 días siguientes a su captación.

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

**Eficacia de desorción:** 90 %

**Precisión:** 10,1 %

**Sesgo:** No se dispone de datos

**Incertidumbre global:** No se dispone de datos

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

**OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS**

El método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de acetato de 2-butoxietilo recogida será de 999 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 5 mg/m<sup>3</sup> a 300 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

**ACETATO DE 2-BUTOXIETILO**  
**N° CAS: 112-07-2**

**FICHA N° 36**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 133 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 333 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

La precisión reflejada en la ficha corresponde a muestras tomadas de atmósferas generadas sin humedad y a una concentración entre 5 mg/m<sup>3</sup> y 300 mg/m<sup>3</sup> de acetato de 2-butoxietilo, para muestras de 40 l de aire, equivalente a 200 µg/muestra y 1 200 µg/muestra.

La eficacia de desorción es independiente de la concentración en el intervalo de medida.

El estudio de almacenamiento de las muestras solo está citado; no presenta datos.

No proporciona datos para poder calcular el sesgo.

#### REFERENCIAS

[1] **DFG.** «2-Butoxyethylacetate», *Analyses of hazardous substances in air*, vol. 2, p. 73

#### OTROS MÉTODOS

[2] **OSHA.** «2-Butoxyethanol/2-Butoxyetyl Acetate», Method 83 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

**DIMETILÉTER**  
**N° CAS: 115-10-6**

**FICHA N° 37**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 1 920 mg/m<sup>3</sup>, 1 000 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se puede recoger haciendo pasar 1 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 0,05 l/min. El dimetiléter se desorbe con 1 ml de sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de dimetiléter en aire, en un intervalo de concentración de 190 mg/m<sup>3</sup> a 3 850 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 1 l de aire [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** 0,05 l/min.

**Volumen recomendado:** 1 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases, con detector de ionización de llama, y columna capilar de SE-30 o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

No estudiado.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 100 % (CV = 1,7 %)

**Precisión:** 1,2 %

**Sesgo:** - 5,2 %

**Incertidumbre global:** 7,6 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación compleja

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Los datos, tanto de eficacia de desorción como de precisión y sesgo, corresponden a los obtenidos para el **dietiléter** en la validación del mismo.

#### ADAPTACIÓN DEL MÉTODO

Suponiendo que ambos éteres tengan un comportamiento similar en carbón activo, y para poder adoptar los datos de validación del dietiléter, se debería muestrear 1 l, para concentraciones comprendidas entre 0,1 VL (192 mg/m<sup>3</sup>) y 2 VL (3 840 mg/m<sup>3</sup>), equivalentes a 192 µg/muestra y 3 840 µg/muestra, cantidades que corresponden a las de validación del método del dietiléter.

#### NOTA:

Al tratarse de un gas, las modificaciones anteriores deberán ser comprobadas.

**DIMETILÉTER**  
**N° CAS: 115-10-6**

**FICHA N° 37**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 1 920 mg/m<sup>3</sup>, 1 000 ppm**

**REFERENCIAS**

[1] **INSHT.** «Determinación de éteres I (éter dietílico, éter diisopropílico, éter metil ter-butílico) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA-047/A01

**1,2,4-TRICLOROBENCENO**  
**N° CAS: 120-82-1**
**FICHA N° 38**  
**Octubre de 2004**
**VL (8 h): 15,1 mg/m<sup>3</sup>, 2 ppm**
**VL (corto plazo): 37,8 mg/m<sup>3</sup>, 5 ppm**
**RESUMEN DEL MÉTODO**

La muestra se recoge haciendo pasar 10 l de aire a través de un muestreador de dos elementos, compuesto por un filtro de PTFE de 13 mm en soporte de acero inoxidable y por un tubo relleno con 100/50 mg de XAD-2 mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada, a temperatura ambiente y protegida de la luz, durante 13 días. El 1,2,4 triclorobenceno se desorbe con hexano, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de captura de electrones.

**CAMPO DE APLICACIÓN**

El método es aplicable a la determinación de 1,2,4-triclorobenceno en aire, en un intervalo de concentración de 1,5 mg/m<sup>3</sup> a 30 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 10 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros policlorobencenos tales como 1,2,4,5-tetraclorobenceno y pentaclorobenceno [1].

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**
**TOMA DE MUESTRA**

**Elemento de captación:** Filtro de PTFE de 13 mm + tubo adsorbente XAD-2 (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 10 l.

**ANÁLISIS**

**Preparación:** Desorción de los dos elementos por separado con 2 ml de hexano, y con agitación ultrasónica durante 30 minutos.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases, con detector de captura de electrones níquel 63, y columna de níquel de 2 m con 10 % Carbowax 20 M o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

Una vez finalizado el muestreo, se deberá separar el filtro del tubo, y ambos componentes deberán ser protegidos de la luz. Las muestras no presentan pérdidas cuando se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 13 días siguientes a su captación.

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

**Eficacia de desorción:** 90,8 % (CV = no se dispone del dato)

**Precisión:** 9,3 %

**Sesgo:** - 4,3 %

**Incertidumbre global:** 22,9 %

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

**Grado de dificultad:** Aplicación compleja

**Coste económico:** Medio

**OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS**

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de 1,2,4-triclorobenceno recogida será de 203 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

**1,2,4-TRICLOROBENCENO**  
**Nº CAS: 120-82-1**

**FICHA Nº 38**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 15,1 mg/m<sup>3</sup>, 2 ppm**

**VL (corto plazo): 37,8 mg/m<sup>3</sup>, 5 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1] y [2]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 0,002 mg/m<sup>3</sup> a 100 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo incluye al intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras tomadas de atmósferas generadas sin humedad y a una concentración entre 0,002 mg/m<sup>3</sup> y 100 mg/m<sup>3</sup> de 1,2,4-triclorobenceno, para muestras de 10 l de aire, equivalente a 2 µg/muestra y 1 000 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de muestras en el intervalo de 0,02 µg/muestra a 500 µg/muestra.

**REFERENCIAS**

**[1] NIOSH.** «Polychlorobenzenes», Method 5517



**TRIETILAMINA**  
**N° CAS: 121-44-8**

**FICHA N° 39**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 8,4 mg/m<sup>3</sup>, 2 ppm**

**VL (corto plazo): 12,6 mg/m<sup>3</sup>, 3 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 50 l de aire a través de un tubo relleno con 80/40 mg de XAD-7 impregnado con un 10 % de ácido fosfórico, mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 15 días. La trietilamina se desorbe con una disolución al 50 % (v/v) agua/metanol durante 30 min. Se alcaliniza una alícuota con una disolución al 25 % (v/v) de NaOH 1N/metano, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de trietilamina en aire, en un intervalo de concentración de 0,84 mg/m<sup>3</sup> a 16,8 mg/m<sup>3</sup>, en muestras de 50 l de aire [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo relleno con 80/40 mg de XAD-7 impregnado con un 10 % de ácido fosfórico.

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 50 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de 1:1 agua/metanol (v/v) durante 30 min, al cabo de los cuales se toma una alícuota de 0,5 ml y se alcaliniza con 0,5 ml de una disolución 1:4 de NaOH 1N/metanol.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna capilar Stabilwax DB o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 15 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 99,9 % (CV = 1,5 %)

**Precisión:** 1,6 %

**Sesgo:** + 0,9 %

**Incertidumbre global:** 4,1 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación compleja

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

No está confirmada la aplicabilidad del método para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de trietilamina recogida será de 38 µg/muestra, cantidad no incluida en el intervalo de aplicación del método.

**TRIETILAMINA**  
**N° CAS: 121-44-8**

**FICHA N° 39**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 8,4 mg/m<sup>3</sup>, 2 ppm**

**VL (corto plazo): 12,6 mg/m<sup>3</sup>, 3 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está parcialmente validado. La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras adicionadas con 828 µg de trietilamina a las que se hace circular 20 l de aire con 86 % de humedad, y a un caudal de 0,2 l/min, lo que equivale a 41,8 mg/m<sup>3</sup>.

Este valor no está incluido en el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 24 muestras en el intervalo de 41 µg/muestra a 828 µg/muestra.

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de 41 µg/muestra a 828 µg/muestra en el que el método fue estudiado.

Para ello se deberían muestrear como mínimo **50 l**, a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permitiría asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés

**REFERENCIAS**

[1] **OSHA.** «Triethylamina/Trimethylamine», Method PV 2060

**OTROS MÉTODOS**

[2] **DFG.** «Dimethylethylamine/Triethylamine», *Analyses of hazardous substances in air*, vol. 1, p. 165 [1 g de gel de sílice/cromatografía de gases (FID)]

**ACETATO DE ISOPENTILO (Acetato de iso-amilo)****N° CAS: 123-92-2****FICHA N° 40****Octubre de 2004****VL (8 h): 270 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm****VL (corto plazo): 540 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm****RESUMEN DEL MÉTODO**

La muestra se recoge haciendo pasar 2 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 0,1 l/min. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 15 días. El acetato de isopentilo se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

**CAMPO DE APLICACIÓN**

El método es aplicable a la determinación de acetato de isopentilo en aire, en un intervalo de concentración de 27 mg/m<sup>3</sup> a 540 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 2 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros ésteres tales como acetato de n-propilo y acetato de n-amilo [1].

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS****TOMA DE MUESTRA**

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** 0,1 l/min.

**Volumen recomendado:** 2 l.

**ANÁLISIS**

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases, con columna capilar de FFAP o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés, y con detector de ionización de llama.

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 15 días siguientes a su captación.

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

**Eficacia de desorción:** 97,6 % (CV = 2,3 %)

**Precisión:** 2,6 %

**Sesgo:** - 3,4 %

**Incertidumbre global:** 8,6 %

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

**OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS**

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal recomendado (0,1 l/min), la cantidad de acetato de isopentilo recogida será de 810 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 24 mg/m<sup>3</sup> a 550 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

**ACETATO DE ISOPENTILO (Acetato de iso-amilo)**

**N° CAS: 123-92-2**

**FICHA N° 40**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 270 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 540 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 2 l de aire, captadas a 0,1 l/min en atmósferas generadas, con y sin humedad, en un intervalo de concentración de 24 mg/m<sup>3</sup> a 550 mg/m<sup>3</sup> de acetato de isopentilo, equivalentes a 48 µg/muestra y 1 100 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 24 muestras en el intervalo de 44 µg/muestra a 1 020 µg/muestra.

**REFERENCIAS**

**[1] INSHT.** «Determinación de ésteres III (acetato de n-propilo, acetato de isoamilo, acetato de n-amilo) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA-041/A99

**OTROS MÉTODOS**

**[2] NIOSH.** «Esters I», Method 1450 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

**DIMETILAMINA**  
**N° CAS: 124-40-3**

**FICHA N° 41**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 3,8 mg/m<sup>3</sup>, 2 ppm**

**VL (corto plazo): 9,4 mg/m<sup>3</sup>, 5 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 50 l de aire a través de un tubo relleno con 150/75 mg de gel de sílice mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 6 días. La dimetilamina se desorbe con ácido sulfúrico 0,1 M en disolución acuosa de 10 % (v/v) de metanol. Se alcaliniza una alícuota con KOH 0,3 M, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método no es aplicable en el intervalo de 0,1 VL a aproximadamente 2 VL (véase el apartado «Otras informaciones de interés»).

El método es aplicable a la determinación de dimetilamina en aire, en un intervalo de concentración de 7,3 mg/m<sup>3</sup> (2 VL) a 30,5 mg/m<sup>3</sup> (8 VL) para muestras de 50 l de aire [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de gel de sílice (150 mg/75 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 50 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de ácido sulfúrico 0,1 M en disolución acuosa de 10 % (v/v) de metanol; una vez desorbida se toma una alícuota de 0,5 ml y se alcaliniza con 0,5 ml de KOH 0,3 M.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna de 1,8 m con 4 % Carbowax 20 M + 0,8 % KOH o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 6 días siguientes a su captación [2].

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 91,6 % (CV = 3 %)

**Precisión:** 5,2 %

**Sesgo:** - 2,9 %

**Incertidumbre global:** 13,3 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación compleja

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

El método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de dimetilamina recogida será de 470 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

**DIMETILAMINA**  
**N° CAS: 124-40-3**

**FICHA N° 41**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 3,8 mg/m<sup>3</sup>, 2 ppm**

**VL (corto plazo): 9,4 mg/m<sup>3</sup>, 5 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1] y [2]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 7,3 mg/m<sup>3</sup> a 30,5 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo no concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras tomadas de atmósferas generadas sin humedad y a una concentración entre 7,3 mg/m<sup>3</sup> y 30,5 mg/m<sup>3</sup> de dimetilamina, para muestras de 50 l de aire, equivalente a 360 µg/muestra y 1 525 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 18 muestras en el intervalo de 408 µg/muestra a 1 670 µg/muestra.

Además, se ha comprobado que en muestras de 48 l, captadas a 1,1 l/min y a una concentración de 36 mg/m<sup>3</sup>, no se ha encontrado dimetilamina en la parte posterior del tubo adsorbente.

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1] aprovechando la información de la validación, sería necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberían muestrear como mínimo **1 000 l**, para concentraciones entre 0,1 VL (0,38 mg/m<sup>3</sup>) y 0,5 VL (1,9 mg/m<sup>3</sup>), y **240 l** para concentraciones entre 0,5 VL (1,9 mg/m<sup>3</sup>) y 2 VL (7,6 mg/m<sup>3</sup>) a un caudal de 0,2 l/min, lo cual hace inviable su adaptación.

Por ello no es posible asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

**NOTA:**

Este método podría utilizarse en el intervalo de aplicación de 0,2 VL (0,76 mg/m<sup>3</sup>) a 1 VL (3,6 mg/m<sup>3</sup>), si se muestrearan 480 l a 1 l/min, pero al tratarse de un gas debería comprobarse como mínimo el volumen de ruptura (*breakthrough volume*).

**REFERENCIAS**

- [1] **NIOSH.** «Amines, aliphatic», Method 2010
- [2] **Documentation of the NIOSH Validation Tests**, S 142 DHEW (NIOSH), Publication No 77-185

**OTROS MÉTODOS**

- [3] **OSHA.** «Dimethylamine», Method 34 [XAD-7 con 10 % cloruro NBD (no comercial)/HPLC]

**N,N-DIMETILACETAMIDA**  
**N° CAS: 127-19-5**

**FICHA N° 42**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 36 mg/m<sup>3</sup>, 10 ppm**

**VL (corto plazo): 72 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar una cantidad de aire a través de un tubo relleno con 150/75 mg de gel de sílice mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 1 l/min. La N,N-dimetilacetamida se desorbe con metanol, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de N,N-dimetilacetamida en aire, en un intervalo de concentración de 3,6 mg/m<sup>3</sup> a 72 mg/m<sup>3</sup>, para muestras entre 240 l y 50 l de aire [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de gel de sílice (150 mg/75 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** 1 l/min.

**Volumen recomendado:** 240 l y 50 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de metanol y agitación ultrasónica durante 1 h.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna con 10 % UCON 50-HB-5100 + 2 % KOH o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras pueden permanecer estables 5 días (no especifica la temperatura)

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 92,5 % (CV = 4,1 %)

**Precisión:** 6,8 %

**Sesgo:** No se dispone de datos

**Incertidumbre global:** No se dispone de datos

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

El método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal recomendado (1 l/min), la cantidad de N,N-dimetilacetamida recogida será de 1 080 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

#### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1] y [2]

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 18 mg/m<sup>3</sup> a 105 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo solo concuerda en parte con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

**N,N-DIMETILACETAMIDA**  
**Nº CAS: 127-19-5**

**FICHA Nº 42**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 36 mg/m<sup>3</sup>, 10 ppm**

**VL (corto plazo): 72 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras tomadas de atmósferas generadas sin humedad y a una concentración entre 18 mg/m<sup>3</sup> y 105 mg/m<sup>3</sup> de N,N-dimetilacetamida, para muestras de 45 l de aire, captadas a 0,88 l/min, equivalentes a 810 µg/muestra y 4 750 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 18 muestras en el intervalo de 943 µg/muestra a 3 770 µg/muestra.

Además, calculado el volumen de ruptura a un caudal de 0,876 l/min y a una concentración de 106 mg/m<sup>3</sup>, este ha sido de 46 l, lo que equivale a de 22 000 µg por 150 mg de gel de sílice.

#### ADAPTACIÓN DEL MÉTODO

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberían muestrear como mínimo **240 l**, para concentraciones entre 0,1 VL (3,6 mg/m<sup>3</sup>) y 0,5 VL (18 mg/m<sup>3</sup>), y **50 l** para concentraciones entre 0,5 VL (18 mg/m<sup>3</sup>) y 2 VL (72 mg/m<sup>3</sup>) a un caudal de 1 l/min, condiciones de muestreo indicadas en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

#### REFERENCIAS

[1] NIOSH. «Dimethylacetamide», Method 2004

[2] **Documentation of the NIOSH Validation Tests**, S 254 DHEW (NIOSH), Publication No 77-185



**ACRILATO DE N-BUTILO**  
**N° CAS: 141-32-2**

**FICHA N° 43**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 11 mg/m<sup>3</sup>, 2 ppm**

**VL (corto plazo): 53 mg/m<sup>3</sup>, 10 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 60 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo impregnado con un 10 % de 4-ter-butilcatecol (TBC), mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 10 días. El acrilato de n-butilo se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de acrilato de n-butilo en aire, en un intervalo de concentración de 1,1 mg/m<sup>3</sup> a 22 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 60 l de aire [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo impregnado con un 10 % de 4-ter-butilcatecol.

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 60 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna capilar DX-4 o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 10 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 100 % (CV = 3,1 %)

**Precisión:** 1,3 %

**Sesgo:** - 4,7 %

**Incertidumbre global:** 7,3 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación compleja

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

No está confirmada la aplicabilidad del método para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de acrilato de n-butilo recogida será de 159 µg/muestra, cantidad no incluida en el intervalo de aplicación del método.

**ACRILATO DE N-BUTILO**  
**N° CAS: 141-32-2**

**FICHA N° 43**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 11 mg/m<sup>3</sup>, 2 ppm**

**VL (corto plazo): 53 mg/m<sup>3</sup>, 10 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está parcialmente validado. La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras adicionadas con 674 µg de acrilato de n-butilo a las que se hace circular 12 l de aire con 80 % de humedad, a un caudal de 0,2 l/min, lo que equivale a 56 mg/m<sup>3</sup>.

Este valor no está incluido en el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 20 muestras en el intervalo de 67 µg/muestra a 1 348 µg/muestra.

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de 67 µg/muestra a 1 348 µg/muestra en el que el método fue estudiado. Para ello se deberían muestrear como mínimo 60 l, a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés

**REFERENCIAS**

[1] OSHA. «Butyl Acrylate», Method PV 2011

**OTROS MÉTODOS**

[2] DFG. «Acrylates (Methyl acrylate, Ethyl acrylate, Butyl acrylate)», *Analyses of hazardous substances in air*, vol. 3, p. 35 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

**N-HEPTANO**  
**N° CAS: 142-82-5**

**FICHA N° 44**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 2 085 mg/m<sup>3</sup>, 500 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 1 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 0,05 l/min. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 15 días. El n-heptano se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de n-heptano en aire, en un intervalo de concentración de 208 mg/m<sup>3</sup> a 4 170 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 1 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos tales como n-hexano, n-octano, n-nonano [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** 0,05 l/min.

**Volumen recomendado:** 1 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna capilar de FFAP o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 15 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 101,4 % (CV = 2,2 %)

**Precisión:** 3,2 %

**Sesgo:** 2,6 %

**Incertidumbre global:** 9 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

##### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 134 mg/m<sup>3</sup> a 2 955 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo **no** concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 2 l de aire, captadas a 0,1 l/min en atmósferas generadas, con y sin humedad, en un intervalo de concentración de 134 mg/m<sup>3</sup> a 2 955 mg/m<sup>3</sup> de n-heptano, equivalentes a 268 µg/muestra y 5 900 µg/muestra.

**N-HEPTANO**  
**Nº CAS: 142-82-5**

**FICHA Nº 44**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 2 085 mg/m<sup>3</sup>, 500 ppm**

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 12 muestras en el intervalo de 220 µg/muestra a 4 830 µg/muestra.

#### ADAPTACIÓN DEL MÉTODO

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se debería muestrear como mínimo 1 l, a un caudal de 0,05 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

#### REFERENCIAS

[1] **INST.** «Determinación de hidrocarburos alifáticos (hexano, heptano, octano, nonano) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA-029/A92

#### OTROS MÉTODOS

[2] **NIOSH.** «Hydrocarbons, 36-126 °C BP», Method 1500 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

**1,2,3-TRIMETILBENCENO**  
**N° CAS: 526-73-8**
**FICHA N° 45**  
**Octubre de 2004**
**VL (8 h): 100 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**
**RESUMEN DEL MÉTODO**

La muestra se recoge haciendo pasar 8 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada refrigerada durante 21 días. El 1,2,3-trimetilbenceno se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

**CAMPO DE APLICACIÓN**

El método es aplicable a la determinación de vapores de 1,2,3 trimetilbenceno en aire, en un intervalo de concentración de 10 mg/m<sup>3</sup> a 200 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 8 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos aromáticos tales como benceno, tolueno, etilbenceno, p-xileno y 1,2,4 trimetilbenceno [1].

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**
**TOMA DE MUESTRA**

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 8 l.

**ANÁLISIS**

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna capilar de FFAP o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés detector de ionización de llama.

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a refrigeradas y se analizan dentro de los 21 días siguientes a su captación.

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

**Eficacia de desorción:** 96,8 % (CV = 1 %)

**Precisión:** 3,1 %

**Sesgo:** - 7,5 %

**Incertidumbre global:** 13,7 %

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

**OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS**
**INFORME DE VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

Los datos, tanto de eficacia de desorción como de precisión, sesgo e incertidumbre global, corresponden a los obtenidos para el 1,2,4 trimetilbenceno en la validación del mismo. Dado que el 1,2,3-trimetilbenceno tiene el mismo valor límite y se les supone un comportamiento similar en la captación en carbón activo y posterior desorción con sulfuro de carbono, se asume para ambos trimetilbencenos los mismos datos de validación

**1,2,3-TRIMETILBENCENO**  
**Nº CAS: 526-73-8**

**FICHA Nº 45**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 100 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**REFERENCIAS**

[1] **INSHT.** «Determinación de hidrocarburos aromáticos (benceno; tolueno; etilbenceno; p-xileno; 1,2,4 trimetilbenceno) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA-030/A92

**5-METIL-3-HEPTANONA**  
**N° CAS: 541-85-5**
**FICHA N° 46**  
**Octubre de 2004**
**VL (8 h): 53 mg/m<sup>3</sup>, 10 ppm**
**VL (corto plazo): 107 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**
**RESUMEN DEL MÉTODO**

La muestra se recoge haciendo pasar una cantidad de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La 5-metil-3-heptanona se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

**CAMPO DE APLICACIÓN**

El método es aplicable a la determinación de vapores de 5-metil-3-heptanona en aire, en un intervalo de concentración de 5,3 mg/m<sup>3</sup> a 106 mg/m<sup>3</sup>, para muestras entre 96 l y 24 l de aire [1].

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**
**TOMA DE MUESTRA**

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 96 l y 24 l.

**ANÁLISIS**

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con columna capilar de FFAP o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés, y detector de ionización de llama.

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

No estudiado.

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

**Eficacia de desorción:** 89,8 % (CV = 2,6 %)

**Precisión:** 8,8 %

**Sesgo:** 15,2 %

**Incertidumbre global:** 32,8 %

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

**OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS**

No está confirmada la aplicabilidad del método para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de 5-metil-3-heptanona recogida será de 318 µg/muestra, cantidad no incluida en el intervalo de aplicación del método.

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1] y [2]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 57,5 mg/m<sup>3</sup> a 272 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo solo concuerda en parte con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

**5-METIL-3-HEPTANONA**

**N° CAS: 541-85-5**

**FICHA N° 46**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 53 mg/m<sup>3</sup>, 10 ppm**

**VL (corto plazo): 107 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras tomadas de atmósferas generadas sin humedad y a una concentración entre 57,5 mg/m<sup>3</sup> y 272 mg/m<sup>3</sup> de 5-metil-3-heptanona, para muestras de 10 l de aire, equivalente a 575 µg/muestra y 2 720 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 18 muestras en el intervalo de 650 µg/muestra a 2 600 µg/muestra.

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberían muestrear como mínimo 96 l, para concentraciones entre 0,1 VL (5,3 mg/m<sup>3</sup>) y 0,5 VL (26,5 mg/m<sup>3</sup>), y 24 l para concentraciones entre 0,5 VL (26,5mg/m<sup>3</sup>) y 2 VL (106 mg/m<sup>3</sup>) y a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

**REFERENCIAS**

[1] **NIOSH.** «Ketones II», Method 1301

[2] **Documentation of the NIOSH Validation Tests**, S 13. DHEW (NIOSH), Publication No 77-185



**ACETATO DE 1-METILBUTILO (Acetato de sec-amilo)**  
**N° CAS: 626-38-0**

**FICHA N° 47**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 270 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 540 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar una cantidad de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. El acetato de 1-metilbutilo se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de acetato de 1-metilbutilo en aire, en un intervalo de concentración de 27 mg/m<sup>3</sup> a 540 mg/m<sup>3</sup>, para muestras entre 96 l de aire y 24 l de aire [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** Entre 96 l y 24 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna capilar de FFAP o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

No estudiado.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 93,2 % (CV = 4,6 %)

**Precisión:** 5,4 %

**Sesgo:** - 7 %

**Incertidumbre global:** 17,8 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

No está confirmada la aplicabilidad del método para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de acetato de 1-metilbutilo recogida será de 1 620 µg/muestra, cantidad no incluida en el intervalo de aplicación del método.

#### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1] y [2]

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 340 mg/m<sup>3</sup> a 1 460 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo solo concuerda en parte con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

**ACETATO DE 1-METILBUTILO (Acetato de sec-amilo)**

**N° CAS: 626-38-0**

**FICHA N° 47**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 270 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 540 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras tomadas de atmósferas generadas sin humedad y a una concentración entre 340 mg/m<sup>3</sup> y 1 460 mg/m<sup>3</sup> de acetato de 1-metilbutilo, para muestras de 10 l de aire, equivalente a 3 400 µg/muestra y 14 600 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 18 muestras en el intervalo de 3 300 µg/muestra a 13 000 µg/muestra.

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberían muestrear como mínimo **96 l**, para concentraciones entre 0,1 VL (27 mg/m<sup>3</sup>) y 0,5 VL (135 mg/m<sup>3</sup>), y **24 l** para concentraciones entre 0,5 VL (135mg/m<sup>3</sup>) y 2 VL (540 mg/m<sup>3</sup>) y a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

**REFERENCIAS**

[1] **NIOSH.** «Esters I», Method 14502

[2] **Documentation of the NIOSH Validation Tests**, S 31. DHEW (NIOSH), Publication No 77-185

**OTROS MÉTODOS**

[3] **INST.** «Determinación de ésteres III (acetato n-propilo, acetato iso-amilo, acetato n-amilo) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA-041/A99

**ACETATO DE PENTILO (Acetato de n-amilo)**  
**N° CAS: 628-63-7**

**FICHA N° 48**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 270 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 540 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 2 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 0,1 l/min. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 15 días. El acetato de pentilo se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de acetato de pentilo en aire, en un intervalo de concentración de 27 mg/m<sup>3</sup> a 540 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 2 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros ésteres tales como acetato de n-propilo y acetato de iso-pentilo [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** 0,1 l/min.

**Volumen recomendado:** 2 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna capilar de FFAP o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 15 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 96,5 % (CV = 1,8 %)

**Precisión:** 2,5 %

**Sesgo:** - 5,7 %

**Incertidumbre global:** 10,7 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

El método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal recomendado (0,1 l/min), la cantidad de acetato de pentilo recogida será de 810 µg/muestra, cantidad no incluida en el intervalo de aplicación del método.

#### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 27 mg/m<sup>3</sup> a 540 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

**ACETATO DE PENTILO (Acetato de n-amilo)**

**N° CAS: 628-63-7**

**FICHA N° 48**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 270 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 540 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 2 l de aire, captadas en atmósferas generadas, con y sin humedad, en un intervalo de concentración de 27 mg/m<sup>3</sup> a 540 mg/m<sup>3</sup> de acetato de pentilo equivalentes a 54 µg/muestra y 1 080 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 24 muestras en el intervalo de 44 µg/muestra a 1 020 µg/muestra.

**REFERENCIAS**

[1] **INST.** «Determinación de ésteres III (acetato n-propilo, acetato iso-amilo, acetato n-amilo) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA-041/A99

**OTROS MÉTODOS**

[2] **NIOSH.** «Esters I», Method 14502 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

**ACETATO DE 3-PENTILO**  
**N° CAS: 620-11-1**

**FICHA N° 49**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 270 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 540 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 2 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 0,1 l/min. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 15 días. El acetato de 3-pentilo se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de acetato de 3-pentilo en aire, en un intervalo de concentración de 27 mg/m<sup>3</sup> a 540 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 2 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros ésteres tales como acetato de n-propilo y acetato de iso-pentilo [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** 0,1 l/min.

**Volumen recomendado:** 2 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna capilar de FFAP o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 15 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 96,5 % (CV = 1,8 %)

**Precisión:** 2,5 %

**Sesgo:** - 5,7 %

**Incertidumbre global:** 10,7 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

El método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal recomendado (0,1 l/min), la cantidad de acetato de 3-pentilo recogida será de 810 µg/muestra, cantidad no incluida en el intervalo de aplicación del método.

#### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

Los datos, tanto de eficacia de desorción como de precisión, sesgo e incertidumbre global, corresponden a los obtenidos para el acetato de pentilo en la validación del mismo. Dado que el acetato de 3-pentilo tiene el mismo valor límite, y suponiendo el mismo comportamiento en la captación en carbón activo y posterior desorción con sulfuro de carbono, se asume para ambos acetatos los mismos datos de validación.

**ACETATO DE 3-PENTILO**  
**Nº CAS: 620-11-1**

**FICHA Nº 49**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 270 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 540 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

#### REFERENCIAS

[1] **INST.** «Determinación de ésteres III (acetato n-propilo, acetato iso-amilo, acetato n-amilo) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA-041/A99

#### OTROS MÉTODOS

[2] **NIOSH.** «Esters I», Method 14502 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

**ACETATO DE TER-AMILO**  
**N° CAS: 625-16-1**

**FICHA N° 50**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 270 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 540 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 2 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 0,1 l/min. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 15 días. El acetato de ter-amilo se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de acetato de ter-amilo en aire, en un intervalo de concentración de 27 mg/m<sup>3</sup> a 540 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 2 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros ésteres tales como acetato de n-propilo y acetato de iso-pentilo [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** 0,1 l/min.

**Volumen recomendado:** 2 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna capilar de FFAP o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 15 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 96,5 % (CV = 1,8 %)

**Precisión:** 2,5 %

**Sesgo:** - 5,7 %

**Incertidumbre global:** 10,7 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

El método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal recomendado (0,1 l/min), la cantidad de acetato de ter-amilo recogida será de 810 µg/muestra, cantidad no incluida en el intervalo de aplicación del método.

**ACETATO DE TER-AMILO**  
**Nº CAS: 625-16-1**

**FICHA Nº 50**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 270 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 540 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

Los datos, tanto de eficacia de desorción como de precisión, sesgo e incertidumbre global, corresponden a los obtenidos para el acetato de pentilo en la validación del mismo. Dado que el acetato de ter-amilo tiene el mismo valor límite, y suponiendo el mismo comportamiento en la captación en carbón activo y posterior desorción con sulfuro de carbono, se asume para ambos acetatos los mismos datos de validación.

**REFERENCIAS**

[1] **INST.** «Determinación de ésteres III (acetato n-propilo, acetato iso-amilo, acetato n-amilo) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA-041/A99

**OTROS MÉTODOS**

[2] **NIOSH.** «Esters I», Method 14502 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]



**XILENOS (Mezcla de isómeros)**  
**N° CAS: 1330-20-7**

**FICHA N° 51**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 221 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 442 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 10 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada refrigerada durante 21 días. El xileno se desorbe con sulfuro de carbono, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de xileno en aire, en un intervalo de concentración de 22 mg/m<sup>3</sup> a 450 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 10 l de aire [1].

Asimismo, este método permite la determinación simultánea de otros hidrocarburos aromáticos tales como etilbenceno, benceno, tolueno y 1,2,4-trimetilbenceno [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 10 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de sulfuro de carbono.

**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector de ionización de llama, y columna capilar de FFAP o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan refrigeradas y se analizan dentro de los 21 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 98,5 % (CV = 1 %)

**Precisión:** 1,3 %

**Sesgo:** - 7,6 %

**Incertidumbre global:** 10,2 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Este método puede ser utilizado para medir concentraciones comparables con el VL de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,2 l/min), la cantidad de xileno recogida será de 1 326 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

**XILENOS (Mezcla de isómeros)**  
**N° CAS: 1330-20-7**

**FICHA N° 51**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 221 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 442 mg/m<sup>3</sup>, 100 ppm**

**INFORME DE VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

Los datos, tanto de eficacia de desorción como de precisión, sesgo e incertidumbre global, corresponden a los obtenidos para el p-xileno en la validación del mismo. Dado que el o-xileno, el m-xileno, el p-xileno y el xileno mezcla tienen el mismo valor límite, y suponiendo un comportamiento similar en la captación en carbón activo y posterior desorción con sulfuro de carbono, se asume para los xilenos los mismos datos de validación.

**REFERENCIAS**

[1] **INSHT.** «Determinación de hidrocarburos aromáticos (benceno; tolueno; etilbenceno; p-xileno; 1,2,4 trimetilbenceno) en aire. Método de adsorción en carbón activo/Cromatografía de gases», MTA/MA-030/A92

**OTROS MÉTODOS**

[2] **OSHA.** «Xylenes (o-,m-,p-xylene), Ethylbenzene», Method 1002 [tubo de carbón activo/cromatografía de gases (FID)]

**SULFOTEP (TEDP)**  
**N° CAS: 3689-24-5**

**FICHA N° 52**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 0,1 mg/m<sup>3</sup>**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 240 l de aire a través de un muestreador de dos elementos, compuesto por un filtro de cuarzo y un tubo relleno de XAD-2, mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 1 l/min. La muestra se desorbe con una disolución de tolueno/acetona, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector fotométrico (FPD).

#### CAMPO DE APLICACIÓN

No está comprobada la aplicación del método [1] al Sulfotep.

El método [1] permite la determinación simultánea de otros pesticidas organofosforados.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Filtro de cuarzo + tubo adsorbente con XAD-2 (270 mg/140 mg).  
**Bomba de muestreo:** Personal tipo P.  
**Caudal recomendado:** 1 l/min.  
**Volumen recomendado:** 240 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 2 ml de disolución tolueno/acetona (9:1).  
**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con detector fotométrico (FPD) y columna capilar DB-5, DB-1, DB-1701, DB-210, o similar.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

No estudiado.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** No se dispone de datos  
**Precisión:** No se dispone de datos  
**Sesgo:** No se dispone de datos  
**Incertidumbre global:** No se dispone de datos

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación compleja  
**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

##### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

El método no está validado para el Sulfotep (o TEDP), aunque sí para un amplio número de pesticidas organofosforados (19 en total), para los cuales se ha obtenido, para muestras de 240 l de aire a 1 l/min en el intervalo de concentración estudiado, un sesgo inferior al 10 % y una precisión global inferior al 7,1 %.

Esta validación se ha llevado a cabo en muestras adicionadas, a las que se han hecho pasar 240 l de aire, con y sin humedad.

Las muestras de los pesticidas organofosforados estudiados son estables como mínimo durante 10 días, almacenadas a temperatura ambiente, y durante 30 días, almacenadas a 0 °C.

**SULFOTEP (TEDP)**

**Nº CAS: 3689-24-5**

**FICHA Nº 52**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 0,1 mg/m<sup>3</sup>**

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Aunque en el método validado no se fija un volumen de muestreo para el Sulfotep, se han propuesto 240 l por ser el volumen recomendado para la mayoría de organofosforados [1] y estar por debajo del volumen máximo recomendado para el Sulfotep en otro método parcialmente validado [2].

**REFERENCIAS**

[1] **NIOSH.** «Organophosphorous Pesticides», *Manual of Analytical Methods*, 4.<sup>a</sup> ed., Method 5600

[2] **OSHA.** «Chemical Sampling Information». TEDP. IMIS: 2327

**FLUORURO DE HIDRÓGENO**  
**N° CAS: 7664-39-3**
**FICHA N° 53**  
**Octubre de 2004**
**VL (8 h): 1,5 mg/m<sup>3</sup>, 1,8 ppm**
**VL (corto plazo): 2,5 mg/m<sup>3</sup>, 3 ppm**
**RESUMEN DEL MÉTODO**

La muestra se recoge haciendo pasar un volumen mínimo de 120 l de aire, a través de un filtro de PTFE y un filtro de celulosa impregnado de una disolución de carbonato de sodio y glicerina, mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 2 l/min. El filtro de PTFE se desestima y el filtro impregnado se extrae con agua desionizada, se adiciona una disolución tampón de bicarbonato/carbonato y se analiza por cromatografía iónica con un detector de conductividad.

**CAMPO DE APLICACIÓN**

El método es aplicable a la determinación de fluoruro de hidrógeno en un intervalo de concentración de 0,15 mg/m<sup>3</sup> a 3 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 120 l de aire [1].

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**
**TOMA DE MUESTRA**

**Elemento de captación:** Muestreador inhalable conteniendo un filtro de PTFE de 1 µm y un filtro de celulosa (papel) impregnado con una disolución de carbonato de sodio 1 M y glicerina 5 % (v/v).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo P.

**Caudal recomendado:** 2 l/min.

**Volumen recomendado:** A partir de 120 l.

**ANÁLISIS**

**Preparación:** Extracción del filtro impregnado con 25 ml de agua desionizada, agitación durante 30 minutos, y adición de una disolución tampón de bicarbonato/carbonato.

**Técnica analítica:** Cromatografía iónica con detector de conductividad y columna separadora de aniones.

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

Las muestras son estables y no requieren condiciones especiales de almacenamiento. Las condiciones de almacenamiento no están indicadas en el método [1].

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

**Recuperación:** 97,5 % (CV = 7,0 %)

**Precisión:** 9,7 %

**Sesgo:** 5 %

**Incertidumbre global:** 24,4 %

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

**Grado de dificultad:** Aplicación compleja

**Coste económico:** Alto

**OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS**

Este método también es aplicable para comparar con el valor límite de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal recomendado (2 l/min), la cantidad recogida será de 75 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

En el filtro de PTFE se capta la materia particulada (fluoruros particulados), y en el filtro impregnado de carbonato sódico y glicerina, las nieblas de ácido fluorhídrico, el fluoruro de hidrógeno y otros fluoruros gaseosos.

**FLUORURO DE HIDRÓGENO**

**Nº CAS: 7664-39-3**

**FICHA Nº 53**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 1,5 mg/m<sup>3</sup>, 1,8 ppm**

**VL (corto plazo): 2,5 mg/m<sup>3</sup>, 3 ppm**

Los diámetros de los filtros del elemento de captación deberán ser adecuados al muestreador de inhalable utilizado (generalmente de 25 o de 37 mm).

Alternativamente, cuando no exista exposición a nieblas de ácido fluorhídrico la captación puede efectuarse mediante un casete de poliestireno de 3 piezas y utilizando un filtro de mezcla de ésteres de celulosa para eliminar la materia particulada.

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

La recuperación y la precisión analítica indicadas en la ficha corresponden a 36 filtros adicionados con cantidades de fluoruro comprendidas entre 7,5 µg/filtro y 300 µg/filtro.

**INFORMACIONES ADICIONALES [1]**

En la referencia [1] se indica que el análisis de fluoruro también puede efectuarse por potenciometría con electrodo específico. En el análisis potenciométrico, la precisión analítica obtenida en la validación con 36 filtros impregnados adicionados con cantidades de fluoruro comprendidas entre 7,5µg F<sup>-</sup>/filtro y 300 µg F<sup>-</sup>/filtro fue del 8,5 %.

En este caso, el filtro se extrae con 5 ml de ácido clorhídrico 2,5M durante 30 min con agitación ocasional. Se adicionan 25 ml de disolución de citrato sódico 1M, y se deja 1 h en reposo con agitación ocasional. Se filtra y se diluye a volumen con agua desionizada.

**REFERENCIAS**

[1] **HSE.** «Hydrogen fluoride and fluorides in air», *Methods for the Determination of Hazardous Substances*. MDHS 35/2.

**OTROS MÉTODOS**

[2] **NIOSH.** «Acids, Inorganic», *Manual of Analytical Methods*, 4.<sup>a</sup> ed., Method 7903

[3] **Cassinelli, M.E.** «Laboratory Evaluation of Silica Gel Sorbent Tubes for Sampling Hydrogen Fluoride», *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 1986, 47 (4), 219-224

[4] **INSHT.** «Determinación simultánea de aniones de ácidos inorgánicos en aire. Método de adsorción en gel de sílice/Cromatografía iónica», MTA/MA-019/A90

**PLATA, metálica**  
**N° CAS: 7440-22-4**

**FICHA N° 54-I**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 0,1 mg/m<sup>3</sup>**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar un volumen de aire a través de un filtro de membrana de ésteres de celulosa mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 1 l/min a 2 l/min. La muestra se trata con ácido nítrico concentrado en caliente y posteriormente con ácido clorhídrico, se diluye con agua desionizada, y la disolución resultante se analiza por aspiración a la llama de un espectrofotómetro de absorción atómica.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de plata en un intervalo de concentración de 0,01 mg/m<sup>3</sup> a 0,2 mg/m<sup>3</sup>, para muestras entre 20 l y 100 l de aire [1].

Este método determina conjuntamente la plata metálica y las sales de plata [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Filtro de membrana de ésteres de celulosa de 0,8 µm de porosidad y 37 mm de diámetro.

**Bomba de muestreo:** Personal tipo P.

**Caudal recomendado:** Entre 1 l/min y 2 l/min.

**Volumen recomendado:** Entre 20 l y 100 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Digestión con 5 ml de ácido nítrico concentrado en caliente hasta casi sequedad, adición de 1,5 ml de ácido clorhídrico concentrado, ligero calentamiento y dilución hasta 10 ml con agua desionizada.

**Técnica analítica:** Espectrofotometría de absorción atómica con llama.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

No se indican precauciones específicas.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Precisión:** 8,3 %

**Sesgo:** - 2,2 %

**Incertidumbre global:** 18,8 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Alto

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

##### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a 270 filtros adicionados con cantidades de plata comprendidas entre 1 µg por filtro y 4 µg por filtro.

##### ADAPTACIÓN DEL MÉTODO

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

**PLATA, metálica**  
**Nº CAS: 7440-22-4**

**FICHA Nº 54-I**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 0,1 mg/m<sup>3</sup>**

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberá muestrear como mínimo **100 l** para concentraciones entre 0,1 VL (0,01 mg/m<sup>3</sup>) y 0,5 VL (0,05 mg/m<sup>3</sup>), y **20 l** para concentraciones entre 0,5 VL (0,05mg/m<sup>3</sup>) y 2 VL (0,2 mg/m<sup>3</sup>) y a un caudal entre 1 l/min y 2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

#### REFERENCIAS

[1] **OSHA.** «Metal & Metalloid Particulates in Workplace Atmospheres (Atomic Absorption)», Sampling & Analytical Methods, Method Nº ID-121.

#### OTROS MÉTODOS

[2] **INSHT.** «Determinación de metales y sus compuestos iónicos en aire. Método de filtro de membrana/ Espectrofotometría de absorción atómica», MTA/MA-025/A92

[3] **OSHA.** «ICP Analysis of Metal/Metalloid Particulates from Solder Operations», Sampling & Analytical Methods, Method Nº ID-206

[4] **OSHA.** ICP Backup Data Report for OSHA Method Nº ID-206 for Soldering-Brazing Matrices (ARL 3560)

[5] **NIOSH.** «Elements by ICP», *Manual of Analytical Methods*, 4.ª ed., Method 7300



**PLATA, metálica**  
**N° CAS: 7440-22-4**

**FICHA N° 54-2**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 0,1 mg/m<sup>3</sup>**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar un volumen de aire a través de un filtro de membrana de ésteres de celulosa mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 2 l/min. La muestra se trata con una mezcla de ácidos clorhídrico y nítrico concentrados en caliente, se diluye con agua desionizada, y la disolución resultante se analiza por espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP-AES).

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de plata en un intervalo de concentración de 0,01 mg/m<sup>3</sup> a 0,2 mg/m<sup>3</sup>, para muestras entre 50 l y 220 l de aire [1].

Este método determina conjuntamente la plata metálica y las sales de plata.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Filtro de membrana de ésteres de celulosa de 0,8 µm de porosidad y 37 mm de diámetro.

**Bomba de muestreo:** Personal tipo P.

**Caudal recomendado:** 2 l/min.

**Volumen recomendado:** Entre 50 l y 220 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Tratamiento del filtro con 8 ml de ácido clorhídrico y 2 ml de ácido nítrico concentrados en caliente. Se reduce el volumen hasta 0,5 ml, se añaden 3 ml de ácido clorhídrico concentrado y se diluye hasta 10 ml con agua desionizada.

**Técnica analítica:** Espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP-AES).

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

No se indican precauciones específicas.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Precisión:** 6,6 % [1]

**Sesgo:** 3,6 % [1]

**Incertidumbre global:** 16,9 % [1]

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Alto

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

##### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a 18 filtros adicionados con cantidades de plata comprendidas entre 2,2 µg/filtro y 10,1 µg/filtro

##### ADAPTACIÓN DEL MÉTODO

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

**PLATA, metálica**  
**Nº CAS: 7440-22-4**

**FICHA Nº 54-2**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 0,1 mg/m<sup>3</sup>**

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberá muestrear como mínimo **220 l** para concentraciones entre 0,1 VL (0,01 mg/m<sup>3</sup>) y 0,5 VL (0,05 mg/m<sup>3</sup>), y **50 l** para concentraciones entre 0,5 VL (0,05mg/m<sup>3</sup>) y 2 VL (0,2 mg/m<sup>3</sup>) y a un caudal entre 1 l/min y 2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

#### REFERENCIAS

- [1] **OSHA.** ICP Backup Data Report for OSHA Method Nº ID-206 for Soldering-Brazing Matrices (ARL 3560).
- [2] **OSHA.** «CP Analysis of Metal/Metalloid Particulates from Solder Operations», Sampling & Analytical Methods, Method Nº ID-206.

#### OTROS MÉTODOS

- [3] **NIOSH.** «Elements by ICP», *Manual of Analytical Methods*, 4.ª ed., Method 7300
- [4] **INSHT.** «Determinación de metales y sus compuestos iónicos en aire. Método de filtro de membrana/ Espectrofotometría de absorción atómica», MTA/MA-025/A92
- [5] **OSHA.** «Metal & Metalloid Particulates in Workplace Atmospheres (Atomic Absorption)», Method Nº ID-121

**CLORURO DE HIDRÓGENO**  
**N° CAS: 7647-01-0**
**FICHA N° 55**  
**Octubre de 2004**
**VL (8 h): 8 mg/m<sup>3</sup>, 5 ppm**
**VL (corto plazo): 15 mg/m<sup>3</sup>, 10 ppm**
**RESUMEN DEL MÉTODO**

La muestra se recoge haciendo pasar 15 l de aire a través de un tubo relleno con 400/200 mg de gel de sílice precedido de un tapón de lana de vidrio silanizada, mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 21 días. La muestra se desorbe en caliente con una disolución tampón de bicarbonato/carbonato, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo iónico equipado con detector de conductividad.

**CAMPO DE APLICACIÓN**

El método es aplicable a la determinación de cloruro de hidrógeno en un intervalo de concentración de 0,8 mg/m<sup>3</sup> a 16 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 15 l de aire [1].

Este método permite la determinación simultánea de los aniones de otros ácidos inorgánicos, tales como: fluoruro de hidrógeno, bromuro de hidrógeno, ácido nítrico, ácido ortofosfórico y ácido sulfúrico [1].

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**
**TOMA DE MUESTRA**

**Elemento de captación:** Tubo de gel de sílice (400/200mg) de 20/40 mallas, precedido de un tapón de lana de vidrio silanizada (o un filtro de fibra de vidrio de 6 mm de diámetro y 1 mm de grosor).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.

**Caudal recomendado:** 0,2 l/min.

**Volumen recomendado:** 15 l.

**ANÁLISIS**

**Preparación:** Desorción conjunta de la primera sección de gel de sílice y del tapón de lana de vidrio, con 10 ml de disolución tampón de bicarbonato/carbonato (1,7 mM/1,8 mM) durante 10 minutos en un baño de agua hirviente.

**Técnica analítica:** Cromatografía iónica con detector de conductividad y columna separadora de aniones.

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 21 días siguientes a su captación.

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

**Precisión:** 5,9 %

**Sesgo:** No disponible

**Incertidumbre global:** No disponible

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Alto

**OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS**

Este método también es aplicable para comparar con el valor límite de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal recomendado (0,2 l/min), la cantidad recogida será de 4,5 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

Las partículas de sales de cloruro de hidrógeno interfieren.

**CLORURO DE HIDRÓGENO**  
**N° CAS: 7647-01-0**

**FICHA N° 55**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 8 mg/m<sup>3</sup>, 5 ppm**

**VL (corto plazo): 15 mg/m<sup>3</sup>, 10 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 0,14 mg/m<sup>3</sup> a 14 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo incluye el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión reflejada en la ficha corresponde al conjunto de muestras captadas en un intervalo de concentración de 0,14 mg/m<sup>3</sup> a 14 mg/m<sup>3</sup> de cloruro de hidrógeno.

Las partículas de sales de cloruro de hidrógeno, si están presentes, se captarán en el tapón de lana de vidrio silanizada (o en el filtro de fibra de vidrio).

**INFORMACIONES ADICIONALES**

El método NIOSH 7903 [1] no especifica el volumen de muestreo para el cloruro de hidrógeno, sin embargo menciona que se trata de un formato revisado del P&CAM 339 [4], en el cual sí se recomienda un volumen de captación de 15 l, volumen que aparece como recomendado en la ficha.

**REFERENCIAS**

[1] **NIOSH.** «Acids, Inorganic», *Manual of Analytical Methods*, 4.<sup>a</sup> ed., Method 7903.

**OTROS MÉTODOS**

[2] **INSHT.** «Determinación simultánea de aniones de ácidos inorgánicos en aire. Método de adsorción en gel de sílice/Cromatografía iónica», MTA/MA-019/A90

[3] **DFG.** «Volatile inorganic acids (HCl, HBr, HNO<sub>3</sub>)», *Analysis Hazardous Substances in air*, vol. 6, p. 211

[4] **NIOSH.** «Inorganic Acids», *Manual of Analytical Methods*, 2.<sup>a</sup> ed., vol. 7, P&CAM 339

**ÁCIDO ORTOFOSFÓRICO**  
**N° CAS: 7664-38-2**
**FICHA N° 56**  
**Octubre de 2004**
**VL (8 h): 1 mg/m<sup>3</sup>**
**VL (corto plazo): 2 mg/m<sup>3</sup>**
**RESUMEN DEL MÉTODO**

La muestra se recoge haciendo pasar 420 l de aire a través de un filtro de cuarzo, mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 3,5 l/min. Las muestras pueden ser almacenadas a temperatura ambiente como mínimo durante una semana, y durante 28 días, refrigeradas. La muestra se desorbe con una disolución tampón de bicarbonato/carbonato, y la disolución resultante filtrada se analiza en un cromatógrafo iónico equipado con detector de conductividad.

**CAMPO DE APLICACIÓN**

El método es aplicable a la determinación de ácido ortofosfórico en un intervalo de concentración de 0,1 mg/m<sup>3</sup> a 2 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 420 l de aire [1].

Este método permite la determinación simultánea de ácido sulfúrico [1].

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**
**TOMA DE MUESTRA**

**Elemento de captación:** Portafiltros o cassette con un filtro de cuarzo de 37 mm de diámetro.

**Bomba de muestreo:** Personal tipo P.

**Caudal recomendado:** 3,5 l/min.

**Volumen recomendado:** 420 l.

**ANÁLISIS**

**Preparación:** Desorción del filtro con 4 ml de disolución de bicarbonato/carbonato (0,3 mM/2,7 mM), agitar cuidadosamente, mantener durante 15 min en baño ultrasónico y filtrar la disolución.

**Técnica analítica:** Cromatografía iónica con detector de conductividad.

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

Las muestras preparadas por deposición no presentan pérdidas cuando se almacenan durante 4 semanas: la primera semana a temperatura ambiente y el resto de tiempo refrigeradas.

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

**Precisión:** 3,2 %

**Sesgo:** - 3 %

**Incertidumbre global:** 9,4 %

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Alto

**OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS**

Este método también puede ser utilizado para comparar con el valor límite de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 min, y al caudal recomendado (3,5 l/min), la cantidad recogida será de 105 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

Las partículas de sales del ácido ortofosfórico interfieren.

**ÁCIDO ORTOFOSFÓRICO**

**Nº CAS: 7664-38-2**

**FICHA Nº 56**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 1 mg/m<sup>3</sup>**

**VL (corto plazo): 2 mg/m<sup>3</sup>**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 0,01 mg/m<sup>3</sup> a 2 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo incluye el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

El método ha sido validado, con muestras preparadas por deposición, para la determinación de ácido ortofosfórico en un intervalo de concentración de 0,01 mg/m<sup>3</sup> a 2 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 420 l de aire, equivalente a 4,2 µg/muestra y 840 µg/muestra.

**REFERENCIAS**

[1] **DFG.** «Inorganic acids mists (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)», *Analysis Hazardous Substances in air*, vol. 6, p. 67.

**OTROS MÉTODOS**

[2] **NIOSH.** «Acids, Inorganic», *Manual of Analytical Methods*, 4.<sup>a</sup> ed., Method 7903

[3] **INSHT.** «Determinación simultánea de aniones de ácidos inorgánicos en aire. Método de adsorción en gel de sílice/Cromatografía iónica», MTA/MA-019/A90

[4] **OSHA.** «Acid Mist in Workplace Atmospheres», Method Nº ID-165SG

**AMONIACO, Anhidro**  
**N° CAS: 7664-41-7**

**FICHA N° 57**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 14 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 36 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar un volumen de aire a través de un tubo relleno con 500/250 mg de bolas de carbón tratadas con ácido sulfúrico, precedido de un filtro de membrana de ésteres de celulosa de 37 mm de diámetro y 0,8 µ de porosidad, mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 0,5 l/min. La muestra puede ser almacenada, como mínimo, durante un mes a temperatura ambiente. La muestra se desorbe con agua desionizada, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo iónico equipado con detector de conductividad.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de amoniaco en un intervalo de concentración de 2,8 mg/m<sup>3</sup> (0,2 VL) a 28 mg/m<sup>3</sup> (2 VL), para muestras entre 60 l y 160 l [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Filtro de mezcla de ésteres de celulosa de 37 mm y 0,8 µm + tubo de perlas de carbón (500/250 mg) de 20/30 mallas impregnadas con ácido sulfúrico.

**Bomba de muestreo:** Personal tipo polivalente.

**Caudal recomendado:** 0,5 l/min.

**Volumen recomendado:** De 60 l a 160 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción de cada sección del tubo con 10 ml de agua desionizada. Agitar vigorosamente durante 30 segundos y dejar en reposo, como mínimo, 1 hora.

**Técnica analítica:** Cromatografía iónica con detector de conductividad y columna separadora de cationes.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 29 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 99,7 % (CV = 3,1 %) [2]

**Precisión:** 7,7 % [2]

**Sesgo:** 3,4 % [2]

**Incertidumbre global:** 18,8 % [2]

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Alto

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

No está comprobada la aplicabilidad del método para realizar mediciones para comparar con el valor límite de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal recomendado (0,5 l/min), la cantidad recogida será de 270 µg/muestra, cantidad no incluida en el intervalo de aplicación del método.

El filtro es utilizado para eliminar las interferencias de partículas o de sales de amonio [1].

**AMONIACO, Anhidro**  
**Nº CAS: 7664-41-7**

**FICHA Nº 57**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 14 mg/m<sup>3</sup>, 20 ppm**

**VL (corto plazo): 36 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1] y [2]**

El método [1] está validado para el intervalo de concentraciones de 21,8 mg/m<sup>3</sup> a 72,2 mg/m<sup>3</sup>. Este intervalo no concuerda con el intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 21 l de aire, captadas a 0,1 l/min en atmósferas generadas, con humedad media del 50 %, y en un intervalo de concentración de 21,8 mg/m<sup>3</sup> a 72,2 mg/m<sup>3</sup> de amoníaco, equivalente a 460 µg/muestra y 1 520 µg/muestra [2].

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 20 muestras en el intervalo de 350 µg/muestra a 1 640 µg/muestra [2].

En la captación de muestras de 183 mg/m<sup>3</sup>, generadas con una humedad del 50 % y a 25 °C, no se observó ningún *breakthrough* tras un muestreo de 335 minutos a un caudal de 0,1 l/min (6 000 µg amoníaco/muestra) [1] y [2].

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberá muestrear como mínimo 160 l, para concentraciones entre 0,2 VL (2,8 mg/m<sup>3</sup>) y 0,5 VL (7 mg/m<sup>3</sup>), y 60 l para concentraciones entre 0,5 VL (7mg/m<sup>3</sup>) y 2 VL (28 mg/m<sup>3</sup>), a un caudal de 0,5 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha. Este caudal de 0,5 l/min es el recomendado en las mediciones de corta duración [1], por lo cual puede considerarse adecuado para captar el volumen de muestra necesario.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

**REFERENCIAS**

- [1] OSHA. «Ammonia in Workplace Atmospheres-Solid Sorbent», Method Nº ID-188.
- [2] OSHA. «Ammonia Backup Data Report», Method Nº ID-188.

**OTROS MÉTODOS**

- [3] NIOSH. «Ammonia by IC», *Manual of Analytical Methods*, 4.ª ed., Method 6016. Captación con tubo adsorbente de silica gel tratado con ácido sulfúrico y análisis por cromatografía iónica
- [4] NIOSH. «Ammonia», *Manual of Analytical Methods*, 2.ª ed., vol. 5, Method S347. Captación con tubo de silica gel tratado con ácido sulfúrico y análisis potenciométrico del ión amonio
- [5] DFG. «Ammonia», *Analysis Hazardous Substances in air*, vol. 2, 31-41. Captación a través de una disolución de ácido sulfúrico y análisis colorimétrico del ión amonio
- [6] INRS. «Ammoniac et sels d'amonium», Ficha 013. Captación con filtro de cuarzo impregnado de ácido sulfúrico y glicerina y análisis por cromatografía iónica



**FLÚOR**  
**Nº CAS: 7782-41-4**

**FICHA Nº 58**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 1,58 mg/m<sup>3</sup>, 1 ppm**

**VL (corto plazo): 3,16 mg/m<sup>3</sup>, 2 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar un volumen máximo de 480 l de aire a través de un borbotador fritado que contiene una disolución diluida de hidróxido sódico, mediante una bomba de muestreo personal a un caudal máximo de 1 l/min. En la disolución resultante se analiza potenciométricamente el contenido en ión fluoruro con un electrodo específico.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

No determinado.

Este método permite la captación y determinación conjunta de flúor, fluoruro de hidrógeno y otros fluoruros gaseosos.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Borbotador fritado conteniendo 15 ml de hidróxido de sodio 0,1N [1].

**Bomba de muestreo:** Personal tipo P.

**Caudal recomendado:** Máximo 1 l/min [1].

**Volumen recomendado:** Máximo 480 l [1].

##### ANÁLISIS

**Preparación:** La disolución muestra de cada borbotador se diluye a 25 ml con NaOH 0,1N. Se toma un volumen de la disolución resultante y se mezcla con un mismo volumen de TISAB (tampón para el ajuste de la fuerza iónica total) [2].

**Técnica analítica:** Potenciométrica con electrodo de ión específico de fluoruro [2].

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

No estudiado.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de captación:** No se dispone de datos

**Precisión:** No se dispone de datos

**Sesgo:** No se dispone de datos

**Incertidumbre global:** No se dispone de datos

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Bajo

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

El flúor se convierte en ión fluoruro al borbotear a través de una disolución de hidróxido sódico, pudiendo determinarse su concentración equivalente aplicando un método para fluoruro de hidrógeno o fluoruros.

#### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1] y [2]

El método de toma de muestras y análisis indicado en la ficha no está validado en su conjunto.

#### PROPUESTA DE MÉTODO

El método indicado en la ficha es en realidad una propuesta de método, ya que actualmente no se dispone de ningún método validado para determinar flúor.

**FLÚOR**

**Nº CAS: 7782-41-4**

**FICHA Nº 58**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 1,58 mg/m<sup>3</sup>, 1 ppm**

**VL (corto plazo): 3,16 mg/m<sup>3</sup>, 2 ppm**

La propuesta consiste en la captación de flúor en una disolución diluida de hidróxido sódico, como se indica en la referencia [1], y la posterior determinación potenciométrica del ión fluoruro con electrodo específico, como se indica en la referencia [2].

En la referencia [1] solo se indican los valores de muestreo máximos: 1 l/min de caudal y 480 l de volumen.

**NOTA:**

El método OSHA ID-110 [3] que se indica en la referencia [1], para la determinación analítica del contenido de ión fluoruro, utiliza un filtro para la captación de la muestra, mientras que el método validado NIOSH S-176 [2] está basado en la captación en una disolución de NaOH 0,1N y la posterior determinación potenciométrica del ión fluoruro con electrodo específico.

**REFERENCIAS**

[1] **OSHA.** «Chemical Sampling Information», IMIS: 1270, USA

[2] **NIOSH.** «Hydrogen Fluoride», *Manual of Analytical Methods*, 2.<sup>a</sup> ed., vol. 3, Method S-176

**OTROS MÉTODOS**

[3] **OSHA.** «Fluoride (F and HF) in Workplace Atmospheres», Method Nº ID-110

[4] **OTEY, M. G.; PULLEY, H.** «Determination of Gaseous Fluorine in Air», *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 1973; 34, 418-20

[5] **LYON J.S.** «Observations on Personnel Working with Fluorine at a Gaseous Diffusion Plant», *J. of Occup. Med.*, 1962, vol. 4 (49), 199-201

**SELENIURO DE HIDRÓGENO**  
**Nº CAS: 7783-07-5**
**FICHA Nº 59**  
**Octubre de 2004**
**VL (8 h): 0,07 mg/m<sup>3</sup>, 0,02 ppm**
**VL (corto plazo): 0,17 mg/m<sup>3</sup>, 0,05 ppm**
**RESUMEN DEL MÉTODO**

La muestra se recoge haciendo pasar un volumen de aire a través de un borbotador fritado conteniendo 10 ml de agua desionizada a un caudal máximo de 1 l/min. La disolución resultante se analiza por espectrofotometría de absorción atómica con cámara de grafito (EAAS).

**CAMPO DE APLICACIÓN**

No está definido el intervalo de aplicación.

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**
**TOMA DE MUESTRA**

**Elemento de captación:** Borbotador fritado conteniendo 10 ml de agua desionizada.

**Bomba de muestreo:** Personal tipo P.

**Caudal recomendado:** Máximo a 1 l/min.

**Volumen recomendado:** Entre 240 l y 480 l.

**ANÁLISIS**

**Preparación:** La disolución muestra resultante se completa hasta volumen.

**Técnica analítica:** Espectrofotometría de absorción atómica con cámara de grafito (EAAS).

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

No estudiado.

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

**Precisión:** No se dispone de datos

**Sesgo:** No se dispone de datos

**Incertidumbre global:** No se dispone de datos

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Alto

**OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS**

Los datos reflejados en la ficha son los indicados en la referencia bibliográfica [1], en la cual se propone analizar el selenio correspondiente al seleniuro de hidrógeno captado aplicando el método OSHA ID-105 validado para arsénico inorgánico por absorción grafito con cámara de grafito [2].

**INFORMACIONES ADICIONALES**

OSHA también dispone, para la toma de muestras y análisis de selenio en aire, de un método, parcialmente validado, basado en la determinación del selenio por absorción atómica con cámara de grafito [3].

**REFERENCIAS**

[1] OSHA. «Hydrogen Selenide (as Se)», IMIS 1474

[2] OSHA. «Inorganic Arsenic in Workplace Atmospheres», Method Nº ID-105

**SELENIURO DE HIDRÓGENO**  
**N° CAS: 7783-07-5**

**FICHA N° 59**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 0,07 mg/m<sup>3</sup>, 0,02 ppm**

**VL (corto plazo): 0,17 mg/m<sup>3</sup>, 0,05 ppm**

**OTROS MÉTODOS**

[3] **OSHA.** «Selenium», Method N° ID-1335G

[4] **HETLAND, S. et al.** «Species analysis of inorganic compounds in workroom air by atomic spectroscopy», *Analytical Sciences*, Suppl. 1991, vol. 7, 1029-1032

[5] **Criteria document for hydrogen selenide.** Occupational exposure limits. Health and Safety. Report EUR 14239 EN (1992)

[6] **Arbeidsmiljø Instituttet** (1990). Personal communication. National Institute of Occupational Health, Glydas vei 8, PB 8149 Dep N-0033

**BROMURO DE HIDRÓGENO**  
**N° CAS: 10035-10-6**

**FICHA N° 60**  
**Octubre de 2004**

**VL (corto plazo): 6,7 mg/m<sup>3</sup>, 2 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar un volumen de aire a través de un tubo relleno con 400/200 mg de gel de sílice precedido de un tapón de lana de vidrio silanizada, mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,2 y 0,5 l/min. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 21 días. La muestra se desorbe en caliente con una disolución tampón de bicarbonato/carbonato de sodio, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo iónico equipado con detector de conductividad.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

Este método no está desarrollado para compararlo con el valor límite de corto plazo (véanse modificaciones al método).

Este método es aplicable para la determinación de bromuro de hidrógeno en un intervalo de concentración de 2 mg/m<sup>3</sup> a 20 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 50 l de aire [1].

Este método permite la determinación simultánea de los aniones de otros ácidos inorgánicos, tales como: fluoruro de hidrógeno, cloruro de hidrógeno, ácido nítrico, ácido ortofosfórico y ácido sulfúrico.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo de gel de sílice (400/200mg) de 20/40 mallas, precedido de un tapón de lana de vidrio silanizada (o un filtro de fibra de vidrio de 6 mm de diámetro y 1 mm de grosor).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo P.

**Caudal recomendado:** Entre 0,2 y 0,5 l/min [1].

**Volumen recomendado:** ≥ 15 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción de cada sección del tubo con 10 ml de disolución de bicarbonato/carbonato (1,7 mM/1,8 mM) durante 10 min en un baño de agua hirviente.

**Técnica analítica:** Cromatografía iónica con detector de conductividad y columna separadora de aniones.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 21 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Precisión:** No se dispone de datos

**Sesgo:** No se dispone de datos

**Incertidumbre global:** No se dispone de datos

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Alto

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

Las partículas de sales de bromuro de hidrógeno interfieren.

**BROMURO DE HIDRÓGENO**  
**Nº CAS: 10035-10-6**

**FICHA Nº 60**  
**Octubre de 2004**

**VL (corto plazo): 6,7 mg/m<sup>3</sup>, 2 ppm**

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método [1] está validado para la determinación de bromuro de hidrógeno en el intervalo de concentración de 2 mg/m<sup>3</sup> a 20 mg/m<sup>3</sup>, en muestras de 50 l de aire, equivalente a 100 µg/muestra y 1 000 µg/muestra.

Las partículas de sales de bromuro de hidrógeno, si están presentes, se captarán en el tapón de lana de vidrio silanizada (o en el filtro de fibra de vidrio).

**NOTAS:**

No está comprobada la aplicabilidad del método para mediciones de bromuro de hidrógeno para comparar con el valor límite de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal máximo recomendado (0,5 l/min), la cantidad recogida será de 50 µg/muestra, cantidad no incluida en el intervalo de aplicación del método. Para aumentar la cantidad recogida a 100 µg/muestra (límite inferior del intervalo estudiado), sería necesario muestrear como mínimo 15 l a 1 l/min.

Al tratarse de un gas, habría que comprobar esta modificación calculando el volumen de ruptura (*breakthrough volume*) a dicho caudal, ya que existe una influencia en la capacidad de captación del muestreador con la humedad y caudal.

**REFERENCIAS**

[1] **NIOSH.** «Acids, Inorganic», *Manual of Analytical Methods*, 4.<sup>a</sup> ed., Method 7903

**OTROS MÉTODOS**

[2] **DFG.** «Volatile inorganic acids (HCl, HBr, HNO<sub>3</sub>)», *Analysis Hazardous Substances in air*, vol. 6, p. 211 [Captación con tubo de sílica gel y análisis por cromatografía iónica]

[3] **INSHT.** «Determinación simultánea de aniones de ácidos inorgánicos en aire. Método de adsorción en gel de sílice/Cromatografía iónica», MTA/MA-019/A90 [Captación con tubo de sílica gel y análisis por cromatografía iónica]

[4] **NIOSH.** «Hydrogen Bromide», *Manual of Analytical Methods*, 2.<sup>a</sup> ed., vol. 3, Method S-175 [Captación con impinger y análisis potenciométrico con electrodo específico]

**AZIDURO DE SODIO**  
**N° CAS: 26628-22-8**

**FICHA N° 61**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 0,1 mg/m<sup>3</sup>**

**VL (corto plazo): 0,3 mg/m<sup>3</sup>**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar un volumen de aire a través de un tubo relleno con 150/75 mg de gel de sílice impregnada con una base, precedido de un prefiltro de PVC, mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 1 l/min. La muestra debe ser enviada al laboratorio lo antes posible y almacenada en un refrigerador. La muestra se desorbe con una disolución de bicarbonato/carbonato de sodio, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo iónico equipado con un detector UV.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable para la determinación de aziduro de sodio en un intervalo de concentración de 0,01 mg/m<sup>3</sup> a 0,2 mg/m<sup>3</sup> para muestras entre 15 l y 75 l de aire [1].

Este método determina las partículas de aziduro de sodio (NaN<sub>3</sub>) y los vapores de ácido hidroazoico (HN<sub>3</sub>), pudiéndose extender su aplicación a otros compuestos de azida.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Filtro PVC de 37 mm de diámetro y 5 µm de porosidad + tubo adsorbente de gel de sílice (150/75 mg) impregnada de hidróxido de sodio.

**Bomba de muestreo:** Personal tipo P.

**Caudal recomendado:** 1 l/min.

**Volumen recomendado:** Entre 15 y 75 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción filtro con 5 ml de disolución de carbonato/bicarbonato (0,9 mM/0,9 mM). Desorción conjunta de la primera sección del tubo y del tapón de lana de vidrio con 3 ml de disolución desorbente. En reposo, mínimo 60 min, con agitación ocasional.

**Técnica analítica:** Cromatografía iónica con detector UV variable a 210 nm.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas significativas si una vez finalizado el muestreo se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 10 días posteriores. No obstante, se recomienda enviarlas al laboratorio tan pronto como sea posible y almacenarlas refrigeradas hasta su análisis. Las muestras refrigeradas no presentan pérdidas significativas después de 30 días.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficiencia de desorción:** 100,1 % (CV = 2,3 %)

**Precisión:** 5,3 %

**Sesgo:** - 4,5 %

**Incertidumbre global:** 15,1 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado De Dificultad:** Aplicación compleja

**Coste Económico:** Alto

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

El método es aplicable para comparar con el valor límite de corto plazo.

Para tiempos de muestreo de 15 minutos, y al caudal recomendado (1 l/min), la cantidad recogida será de 4,5 µg/muestra, cantidad incluida en el intervalo de aplicación del método.

**AZIDURO DE SODIO**

**N° CAS: 26628-22-8**

**FICHA N° 61**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 0,1 mg/m<sup>3</sup>**

**VL (corto plazo): 0,3 mg/m<sup>3</sup>**

El vapor de ácido hidrazoico (H<sub>3</sub>N) coexiste con el aziduro de sodio (NaN<sub>3</sub>) en los lugares de trabajo cuando se capta el aziduro en presencia de humedad. Las partículas de aziduro de sodio son captadas en el filtro de PVC o en el tapón de lana de vidrio del tubo de muestreo. El ácido hidrazoico es captado y convertido a aziduro de sodio en el tubo adsorbente de sílica gel impregnada con hidróxido de sodio.

El prefiltro de PVC puede ser sustituido por un filtro de fibra de vidrio, tipo A.

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

El método ha sido validado para muestras de 5 l de aire en un intervalo de concentración de 0,057 ppm a 0,263 ppm como ácido hidrazoico (H<sub>3</sub>N), lo que equivale a 0,15 mg/m<sup>3</sup> y 0,71 mg/m<sup>3</sup> como aziduro de sodio (0,75-3,55 µg/muestra).

En la captación de muestras generadas con una concentración en ácido hidrazoico de 0,9 ppm (equivalente a 2,43 mg/m<sup>3</sup> como aziduro de sodio) no se observó ningún *breakthrough* tras un muestreo de 30 minutos a un caudal de 1 l/min (73 µg/muestra).

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberá muestrear como mínimo **75 l**, para concentraciones entre 0,1 VL (0,01 mg/m<sup>3</sup>) y 0,5 VL (0,05 mg/m<sup>3</sup>), y **15 l** para concentraciones entre 0,5 VL (0,05mg/m<sup>3</sup>) y 2 VL (0,2 mg/m<sup>3</sup>), a un caudal de 1 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

**REFERENCIAS**

**[1] OSHA.** «Sodium Azide and Hydrazoic in Workplace Atmospheres», Method N° ID-211



**I-METIL-2-METOXIETOXI-PROPANOL**  
**N° CAS: 34590-94-8**

**FICHA N° 62**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 308 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar 10 l de aire a través de un tubo relleno con 100/50 mg de carbón activo mediante una bomba de muestreo personal a un caudal entre 0,1 l/min y 0,2 l/min. La muestra puede ser almacenada a temperatura ambiente durante 15 días. El metil-2-metoxietoxi-propanol se desorbe con 1 ml de diclorometano que contiene un 5 % de metanol, y la disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de vapores de metil-2-metoxietoxi-propanol en aire, en un intervalo de concentración de 30 mg/m<sup>3</sup> a 600 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 10 l de aire [1].

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Tubo estándar de carbón activo (100 mg/50 mg).  
**Bomba de muestreo:** Personal tipo G.  
**Caudal recomendado:** Entre 0,1 l/min y 0,2 l/min.  
**Volumen recomendado:** 10 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Desorción con 1 ml de diclorometano que contiene un 5 % (v/v) de metanol.  
**Técnica analítica:** Cromatografía de gases con columna capilar de FFAP o cualquier otra capaz de separar los analitos de interés, y con detector de ionización de llama.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas significativas cuando, una vez finalizado el muestreo, se almacenan a temperatura ambiente y se analizan dentro de los 15 días siguientes a su captación.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Eficacia de desorción:** 98,6 % (CV = 1,1 %)  
**Precisión:** 0,1 %  
**Sesgo:** 0,2 %  
**Incertidumbre global:** 0,4 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla  
**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

##### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

El método [1] está validado para la concentración de 606 mg/m<sup>3</sup> (2 VL). Este valor concuerda con el límite superior del intervalo de concentraciones de 0,1 VL a 2 VL referido al valor límite actual para 8 horas.

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a muestras de 10 l de aire, captadas en atmósferas generadas con humedad, y a una concentración de 606 mg/m<sup>3</sup>, lo que equivale a 6 000 µg/muestra.

La eficacia de desorción corresponde al promedio de 30 muestras en el intervalo de 300 µg/muestra a 12 000 µg/muestra.

**I-METIL-2-METOXIETOXI-PROPANOL**

**N° CAS: 34590-94-8**

**FICHA N° 62**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 308 mg/m<sup>3</sup>, 50 ppm**

**REFERENCIAS**

**[1] OSHA.** «Dipropylene Glycol Methyl Ether», Method 101

**FLUORUROS, INORGÁNICOS****N° CAS:****FICHA N° 63****Octubre de 2004****VL (8 h): 2,5 mg/m<sup>3</sup>****RESUMEN DEL MÉTODO**

La muestra se recoge haciendo pasar un mínimo de 150 l de aire a través de un filtro de ésteres de celulosa y un filtro de celulosa impregnado de solución de carbonato de sodio y glicerina, mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 2 l/min. Los filtros se extraen conjuntamente con una disolución de ácido clorhídrico y una disolución de citrato sódico. La disolución resultante se analiza en un potenciómetro equipado con un electrodo específico de ión fluoruro.

**CAMPO DE APLICACIÓN**

El método es aplicable a la determinación de fluoruros totales en un intervalo de concentración de 0,25 mg/m<sup>3</sup> a 5 mg/m<sup>3</sup>, para muestras de 150 l de aire [1].

Este método permite la determinación de fluoruros totales (como F<sup>-</sup>), particulados y gaseosos, de forma conjunta o diferenciada si los dos filtros se analizan por separado.

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS****TOMA DE MUESTRA**

**Elemento de captación:** Muestreador inhalable conteniendo un filtro de mezcla de ésteres de celulosa de 0,8 µm y un filtro de celulosa (papel) impregnado con una disolución de carbonato de sodio 1 M y glicerina 5 % (v/v).

**Bomba de muestreo:** Personal tipo P.

**Caudal recomendado:** 2 l/min.

**Volumen recomendado:** Mínimo 150 l.

**ANÁLISIS**

**Preparación:** Extracción conjunta de los filtros con ácido clorhídrico 2,5 M durante 30 min con agitación ocasional. Adicionar una disolución de citrato sódico 1 M y dejar 1 h en reposo con agitación ocasional. Filtrar y diluir a volumen con agua desionizada.

**Técnica analítica:** Potenciometría con electrodo de ión específico de fluoruros.

**TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

Las muestras son estables y no requieren condiciones especiales de almacenamiento.

**DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO**

**Recuperación:** 100,4 % (CV = 3,3 %): F<sup>-</sup> particulados  
y 97,5 % (CV = 7,0 %): F<sup>-</sup> gaseosos

**Precisión:** 5,3 % (F<sup>-</sup> particulados)  
y 8,5 % (F<sup>-</sup> gaseosos)

**Sesgo:** 5 %

**Incertidumbre global:** 15,6 % (F-particulados)  
y 22 % (F-gaseosos)

**OTRAS CARACTERÍSTICAS**

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Bajo

**OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS**

Los diámetros de los filtros del elemento de captación deberán ser adecuados al muestreador de inhalable utilizado (generalmente de 25 mm o 37 mm).

**FLUORUROS, INORGÁNICOS**

**Nº CAS:**

**FICHA Nº 63**

**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 2,5 mg/m<sup>3</sup>**

En el filtro de membrana de ésteres de celulosa se captan los fluoruros particulados, y en el filtro de celulosa impregnado de carbonato sódico y glicerina, las nieblas de ácido fluorhídrico, el fluoruro de hidrógeno y otros fluoruros gaseosos.

Alternativamente, cuando no exista exposición a fluoruros gaseosos y/o nieblas de ácido fluorhídrico, el filtro impregnado se puede omitir y utilizar, como elemento de captación para los fluoruros particulados, únicamente el filtro de mezcla de ésteres de celulosa.

**INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]**

Las recuperaciones y precisiones analíticas indicadas en la ficha corresponden a 36 filtros de celulosa impregnados adicionados con cantidades de fluoruros comprendidas entre 7,5 µg/filtro y 300 µg/filtro (fluoruros gaseosos) y a 96 filtros de membrana de ésteres de celulosa adicionados con cantidades de fluoruros comprendidas entre 36 µg/filtro y 4 800 µg/filtro (fluoruros particulados).

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO**

Para poder utilizar los valores de recuperación y precisión del método validado, en el caso de los fluoruros particulados, y asociarlos al valor límite actual para 8 horas, es necesario establecer un volumen de muestreo recomendado. Para que se corresponda la cantidad captada, en concentraciones de fluoruros particulados en aire desde 0,1 VL a 2 VL, se deberán muestrear **150 l**, como mínimo, a un caudal de 2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

**INFORMACIONES ADICIONALES**

Algunos fluoruros particulados solamente pueden solubilizarse mediante un tratamiento de la muestra más vigoroso, por ejemplo una fusión alcalina. En estos casos debería aplicarse un método alternativo [2].

**REFERENCIAS**

[1] **HSE.** «Hydrogen fluoride and fluorides in air», *Methods for the Determination of Hazardous Substances*. MDHS 35/2

**OTROS MÉTODOS**

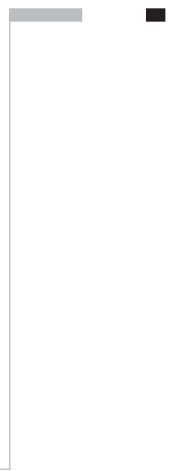
[2] **OSHA.** «Fluoride (F<sup>-</sup> and HF) in Workplace Atmospheres», Method ID-110

Tratamiento mediante una fusión alcalina en un crisol. El residuo es disuelto con agua y neutralizado con ácido HCl. Adición de disolución tampón de tris tartrato (T-T) y análisis potenciométrico con electrodo específico de ión fluoruro. El método está validado para un intervalo de aplicación entre 350 µg y 770 µg de F<sup>-</sup>/muestra.



# ANEXO 6

## FICHAS DE MÉTODOS DE ANÁLISIS DE PLOMO Y SUS COMPUESTOS IÓNICOS EN AIRE Y EN SANGRE





**PLOMO en sangre**  
**N° CAS: 110-85-0**

**FICHA N° 64**  
**Octubre de 2004**

**VLB: 75 µg de Pb/100 ml de sangre**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

Las muestras de sangre se recogen en tubos de polietileno conteniendo EDTA-K<sub>2</sub> (sal dipotásica del ácido etilendiaminotetracético) como anticoagulante.

La sangre se diluye con un tensoactivo para facilitar su hemólisis. La cuantificación del plomo presente se efectúa por espectrofotometría de absorción atómica a 283,3 nm, utilizando cámara de grafito con plataforma de L'vov y modificación de matriz.

#### CAMPO DE APLICACIÓN

Este método permite la determinación de plomo en sangre en un intervalo de concentración de 5 a 100 µg de Pb/100 ml de sangre (0,24 a 4,82 µmol/l), y es aplicable al control de la población laboral potencialmente expuesta a plomo metálico y sus compuestos iónicos.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

La muestra de sangre venosa extraída con jeringa de polietileno o poliestireno se recoge en tubos de polietileno de 5 ml que contienen EDTA-K<sub>2</sub> como anticoagulante, mezclándola cuidadosamente

##### ANÁLISIS

**Preparación:** 50 µl de sangre + 600 µl del modificador de matriz [dihidrógeno fosfato (V) de amonio].  
**Técnica analítica:** Espectrofotometría de absorción atómica a 283,3 nm, utilizando cámara de grafito con plataforma de L'vov.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las muestras no presentan pérdidas cuando se almacenan refrigeradas y se analizan antes de transcurrir 15 días de su recogida.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Precisión:** 2,5 %

**Sesgo:** No significativo

**Incertidumbre global:** 5 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Medio

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

##### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO:

Este método ha sido validado utilizando los materiales de referencia certificados del BCR (CRM n° 194, 195 y 196). Asimismo, ha sido sometido a una prueba de intercomparación entre laboratorios desarrollada conforme a la Norma ISO 5725, que ha permitido obtener la repetibilidad y reproducibilidad del método.

El límite de detección del plomo en sangre, calculado utilizando una muestra real de concentración próxima al blanco y de acuerdo con la definición de la IUPAC, es de 1,5 µg Pb/100 ml de sangre.

#### REFERENCIAS

[1] INSH. «Determinación de plomo en sangre. Método de Cámara de grafito/Espectrometría de absorción atómica», MTA/MB-011/R92





**PLOMO, inorgánico y sus derivados**  
**N° CAS: 7439-92-1**

**FICHA N° 65**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 0,15 mg/m<sup>3</sup>**

#### RESUMEN DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar un volumen de aire a través de un filtro de membrana de ésteres de celulosa mediante una bomba de muestreo personal a un caudal de 2 l/min. La muestra se trata con una mezcla de ácidos clorhídrico y nítrico concentrados en caliente y se diluye con agua desionizada, y la disolución resultante se analiza por espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP-AES).

#### CAMPO DE APLICACIÓN

El método es aplicable a la determinación de plomo en un intervalo de concentración de 0,015 mg/m<sup>3</sup> a 0,3 mg/m<sup>3</sup>, para muestras entre 160 l y 700 l de aire.

Este método permite la determinación simultánea de otros elementos o compuestos metálicos.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### TOMA DE MUESTRA

**Elemento de captación:** Filtro de membrana de ésteres de celulosa de 0,8 µm de porosidad y 37 mm de diámetro.

**Bomba de muestreo:** Personal tipo P.

**Caudal recomendado:** 2 l/min.

**Volumen recomendado:** Entre 160 l y 700 l.

##### ANÁLISIS

**Preparación:** Tratamiento del filtro con 8 ml de ácido clorhídrico y 2 ml de ácido nítrico concentrados en caliente. Se reduce el volumen hasta 0,5 ml, se añaden 3 ml de ácido clorhídrico concentrado y se diluye hasta 10 ml con agua desionizada.

**Técnica analítica:** Espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP-AES).

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

No se indican precauciones específicas.

#### DATOS DE EVALUACIÓN DEL MÉTODO

**Precisión:** 6,0 %

**Sesgo:** - 3,8 %

**Incertidumbre global:** 15,8 %

#### OTRAS CARACTERÍSTICAS

**Grado de dificultad:** Aplicación sencilla

**Coste económico:** Alto

#### OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS

##### INFORMACIÓN DE LA VALIDACIÓN DEL MÉTODO [1]

La precisión y el sesgo reflejados en la ficha corresponden a 18 filtros adicionados con cantidades de plomo comprendidas entre 11 µg y 48 µg de plomo por muestra.

##### ADAPTACIÓN DEL MÉTODO

Para utilizar el método [1], aprovechando la información de la validación, es necesario adaptarlo al campo de aplicación de interés actual definido en relación con el VL.

**PLOMO, inorgánico y sus derivados**  
**Nº CAS: 7439-92-1**

**FICHA Nº 65**  
**Octubre de 2004**

**VL (8 h): 0,15 mg/m<sup>3</sup>**

La forma más apropiada consiste en adecuar el volumen de muestreo para que la cantidad de muestra que se recoja esté dentro del intervalo de concentraciones en el que el método fue validado. Para ello se deberá muestrear como mínimo **700 l**, para concentraciones entre 0,1 VL (0,016 mg/m<sup>3</sup>) y 0,5 VL (0,069 mg/m<sup>3</sup>), y **160 l** para concentraciones entre 0,5 VL (0,069 mg/m<sup>3</sup>) y 2 VL (0,3 mg/m<sup>3</sup>) a un caudal de 2 l/min, condiciones de muestreo que aparecen en la ficha.

Esta aproximación permite asociar los valores de precisión y sesgo obtenidos de la validación al intervalo de concentraciones actual de interés.

**INFORMACIONES ADICIONALES**

La concentración más baja del intervalo estudiado en el método [1] está próxima al límite de detección del método. Por ello, cuando los niveles de plomo a determinar sean bajos, por ejemplo inferiores a 0,05 mg/m<sup>3</sup>, es más recomendable utilizar la espectrometría de absorción atómica con cámara de grafito como técnica analítica alternativa, en cuyo caso el volumen de muestreo recomendado puede reducirse sustancialmente [2], [4] y [5].

**REFERENCIAS**

[1] **OSHA**. «ICP Analysis of Metal/Metalloid Particulates from Solder Operations», Method Nº ID-206

**OTROS MÉTODOS**

[2] **DFG**. «Lead», *Analysis Hazardous Substances in air*, vol. 1, 177-187

[3] **NIOSH**. «Lead by Flame AAS», *Manual of Analytical Methods*, 4.ª ed., Method 7082

[4] **HSE**. «Lead and inorganic compounds of lead in air», *Methods for the Determination of Hazardous Substances*. MDHS 6/3

[5] **ISO 8518:2001**: «Workplace air – Determination of particulate lead and lead compounds – Flame or electrothermal atomic absorption spectrometric method»



Comisión Europea

**Directrices prácticas de carácter no obligatorio sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos en el trabajo**

Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas

2006 — 282 pp. — 21 x 29,7 cm

ISBN 92-894-9647-9



