

PARA LA EVALUACIÓN Y
PREVENCIÓN DE LOS
RIESGOS RELACIONADOS
CON LOS

AGENTES QUÍMICOS PRESENTES EN LOS LUGARES DE TRABAJO

REAL DECRETO 374/2001, de 6 de abril
BOE nº 104, de 1 de mayo de 2001



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE EMPLEO
Y SEGURIDAD SOCIAL



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

PARA LA EVALUACIÓN Y
PREVENCIÓN DE LOS
RIESGOS RELACIONADOS
CON LOS

**AGENTES QUÍMICOS
PRESENTES EN LOS
LUGARES DE TRABAJO**

REAL DECRETO 374/2001, de 6 de abril
BOE nº 104, de 1 de mayo de 2001



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE EMPLEO
Y SEGURIDAD SOCIAL



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Título: Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo.

Edita:

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)
C/ Torrelaguna 73, 28027 Madrid
Tel. 91 363 41 00, fax 91 363 43 27
www.insht.es

Composición:

Servicios Gráficos Kenaf, s.l.
Cº de Hormigueras 124, portal 3, 4º G, 28031 Madrid
Tel. 91 380 64 71, fax: 91 380 13 53
info@kenafsl.com

Edición: Madrid, octubre 2013

Todas las direcciones de Internet incluidas estaban operativas a 21 de junio de 2013.

NIPO: 272-13-045-X

Depósito legal: M-24840-2013

ISBN: 978-84-7425-810-3

Catálogo general de publicaciones oficiales:

<http://publicacionesoficiales.boe.es>

Catálogo de publicaciones del INSHT:

<http://www.insht.es/catalogopublicaciones/>

Presentación

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 5 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, tiene entre sus cometidos el relativo a la elaboración de Guías destinadas a la evaluación y prevención de los riesgos laborales.

El Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, encomienda de manera específica, en su disposición final primera, al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, la elaboración y el mantenimiento actualizado de una Guía Técnica de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo.

La presente Guía, actualizada en 2013, proporciona criterios y recomendaciones que pueden facilitar a los empresarios y a los responsables de prevención la interpretación y aplicación del citado real decreto especialmente en lo que se refiere a la evaluación de riesgos para la salud de los trabajadores involucrados y en lo concerniente a medidas preventivas aplicables .

María Dolores Limón Tamés
DIRECTORA DEL INSHT

Índice

I. INTRODUCCIÓN	7
II. DESARROLLO Y COMENTARIOS AL REAL DECRETO 374/2001, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LOS AGENTES QUÍMICOS DURANTE EL TRABAJO	9
Preámbulo del Real Decreto 374/2001	9
Artículo 1. Objeto y ámbito de aplicación.....	10
Artículo 2. Definiciones.	12
Artículo 3. Evaluación de los riesgos.....	15
Artículo 4. Principios generales para la prevención de los riesgos por agentes químicos... ..	28
Artículo 5. Medidas específicas de prevención y protección.	31
Artículo 6. Vigilancia de la salud.	46
Artículo 7. Medidas a adoptar frente a accidentes, incidentes y emergencias.. ..	52
Artículo 8. Prohibiciones.	56
Artículo 9. Información y formación de los trabajadores.	58
Artículo 10. Consulta y participación de los trabajadores.	60
Disposición derogatoria única. Derogación normativa.....	61
Disposición final primera. Elaboración y actualización de la Guía técnica.	61
Disposición final segunda. Facultad de desarrollo.	61
Disposición final tercera. Entrada en vigor.....	62
Anexo I. Lista de Valores Límite ambientales de aplicación obligatoria.	62
Anexo II. Valores Límite Biológicos de aplicación obligatoria y medidas de vigilancia de la salud.	62
Anexo III. Prohibiciones	63
III. APÉNDICES	64
1. Definiciones y consideraciones sobre la valoración tomadas del Documento sobre Límites de Exposición Profesional para agentes químicos en España.	64
2. Información sobre la peligrosidad de los productos químicos.....	69
3. Métodos de evaluación del riesgo de accidente.	73
4. Método de evaluación de la exposición a agentes químicos.	77
5. Métodos de medición para agentes químicos.....	108
6. Calidad en las mediciones de agentes químicos.....	115
7. Técnicas de ventilación para el control de agentes químicos.....	120
8. Criterios generales para la elección y utilización de equipos de protección individual frente a agentes químicos.....	124

9. Métodos de determinación de la exposición a agentes químicos por vía dérmica.....	135
10. Control biológico de la exposición a agentes químicos	141
11. Los Reglamentos REACH y CLP y su relación con la prevención de riesgos laborales.	153
12. Consideraciones específicas para la pequeña empresa.....	161
IV. FUENTES DE INFORMACIÓN	163
1. Legislación relacionada	163
2. Publicaciones del INSHT	165
3. Normas técnicas	166
4. Bibliografía recomendada	167
V. DIRECCIONES PARA INFORMACIÓN	167

I. INTRODUCCIÓN

La presente Guía tiene por objeto facilitar la aplicación del Real Decreto 374/2001, de 6 de abril (BOE nº 104, de 1 de mayo de 2001), sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. Este real decreto traspone al ordenamiento jurídico español la Directiva del Consejo 98/24/CE, de 7 de abril, y la Directiva 2000/39/CE de la Comisión, de 8 de junio.

El Real Decreto 374/2001 regula la exposición de los trabajadores al conjunto de los riesgos que pueden tener su origen en los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo, incluyendo tanto aquellos factores de riesgo cuyos efectos se manifiestan a largo plazo como los que lo hacen a corto plazo. Dadas las diferencias intrínsecas entre ambas categorías, un tratamiento global en una disposición única tiene forzosamente que conducir a un resultado complejo, como así ocurre.

Al tratar el riesgo de enfermedad derivada de la exposición, habitualmente prolongada, al agente o agentes químicos de que se trate, el real decreto adopta los criterios usualmente empleados por la Higiene Industrial, introduciendo los valores límite ambientales como herramienta fundamental de evaluación. Para ello remite explícitamente a los valores publicados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo y recomendados por la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (con la única excepción, por ahora, del plomo, que dispone de valores límite "europeos" tanto ambientales como biológicos, recogidos respectivamente en los Anexos I y II del Real Decreto, del benceno, cloruro de vinilo monómero y polvo de maderas duras, recogidos en el Real Decreto 665/1997, modificado por Real Decreto 1124/2000 y Real Decreto 349/2003; y del amianto, cuya normativa específica, el Real Decreto 396/2006, se mantiene en vigor).

En coherencia con lo anterior, la medición de las concentraciones ambientales se establece como la fórmula general en la que basar la evaluación cuando la exposición se produzca por inhalación, exceptuándose de este requerimiento aquellas situaciones en las que "*por otros medios de evaluación*" pueda probarse que se ha logrado "*una adecuada prevención y protección*". Los modelos de evaluación cualitativa o simplificada aparecidos durante la última década cumplen con este objetivo, por lo que en esta nueva versión de la Guía Técnica se incluye, dentro del Apéndice 4, un análisis sobre su fundamento, ámbito de aplicación y limitaciones.

En aplicación del principio de proporcionalidad, el real decreto establece unas actuaciones preventivas simples para aquellos casos en los que el riesgo sea leve y otras mucho más exigentes en las demás situaciones. Entre estas actuaciones se encontrará, lógicamente, una vigilancia de la salud apropiada a las peculiaridades de los agentes químicos, respetando los principios generales establecidos en el artículo 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en el apartado 3 del artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

Finalmente, este ámbito del real decreto se complementa con las prohibiciones de uso de ciertas sustancias antes contenidas en el Real Decreto 88/1990 que ahora se deroga.

El segundo gran ámbito de riesgos de los agentes químicos que trata el real decreto es el que corresponde a los riesgos derivados de la capacidad de aquellos para producir accidentes, en particular incendios, explosiones u otras reacciones químicas peligrosas. Para prevenir dichos riesgos se establecen las disposiciones apropiadas (limitación de concentraciones ambientales peligrosas, respeto a las disposiciones relativas a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas, etc.).

Como lógica continuación a este apartado, el Real Decreto regula de manera específica para los agentes químicos lo dispuesto con carácter genérico sobre actuaciones en emergencias por los artículos 20 y 21 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Se introducen, finalmente, disposiciones específicas en relación con la información, formación, consulta y participación de los trabajadores, desarrollando lo dispuesto al respecto en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Con el fin de facilitar la utilización de la presente Guía se incluye el articulado del Real Decreto 374/2001, seguido de los comentarios sobre aquellos aspectos más relevantes que no se consideran suficientemente autoexplicativos.

Para conseguir su objetivo, esta Guía proporciona herramientas para la identificación de las situaciones de riesgo por exposición o presencia de agentes químicos peligrosos con la finalidad de facilitar las acciones preventivas a tomar y propone procedimientos específicos de evaluación del riesgo. Asimismo propone procedimientos de medición para aquellos supuestos en que esta se precise para evaluar el riesgo.

Desde la publicación de la primera edición de esta Guía se han sucedido diversos cambios normativos que afectan en mayor o menor grado a sus contenidos. Por su elevada incidencia en la materia se destaca la entrada en vigor progresivamente a partir de junio de 2007 del Reglamento REACH, que supone un nuevo marco legislativo en el mercado europeo sobre la comercialización de sustancias químicas, y que tiene asociada la adopción de un nuevo sistema mundialmente armonizado de identificación y clasificación de las sustancias químicas (GHS-CLP). Otras normativas importantes son las modificaciones de la propia Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y del Real Decreto 39/1997 por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, destacando especialmente la referida a protección de la maternidad, el Real Decreto 298/2009, que integra el contenido de los anexos de la Directiva 92/85/CEE en el ordenamiento jurídico español. Por su parte la normativa específicamente de seguridad ha sufrido actualizaciones como las nuevas instrucciones de almacenamiento de agentes químicos peligrosos, la directriz de protección civil en caso de emergencia y el Real Decreto 681/2003 de protección contra atmósferas explosivas.

Desde el punto de vista técnico, cabe destacar novedades como la publicación en los últimos años de herramientas de tipo cualitativo o semicuantitativo para facilitar la valoración del riesgo químico y la aparición de riesgos asociados al desarrollo de nuevas tecnologías, como, por ejemplo, el empleo de nanopartículas en distintas aplicaciones industriales y científicas. Pasados estos años, se ha detectado también la necesidad de incidir en cuestiones que se han revelado de gran importancia y cuyo tratamiento en la anterior edición no se considera suficiente, tales como la valoración de la exposición por vía dérmica, el control biológico de la exposición a agentes químicos y la recopilación de herramientas y fuentes de información acerca de la sustitución de agentes químicos peligrosos, medida de prevención que este real decreto fija como prioritaria.

II. DESARROLLO Y COMENTARIOS AL REAL DECRETO 374/2001, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LOS AGENTES QUÍMICOS DURANTE EL TRABAJO

REAL DECRETO 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz. Según el artículo 6 de la misma serán las normas reglamentarias las que irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Así, son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Asimismo, la seguridad y la salud de los trabajadores han sido objeto de diversos Convenios de la Organización Internacional del Trabajo ratificados por España y que, por tanto, forman parte de nuestro ordenamiento jurídico. Destaca, por su carácter general, el Convenio número 155, de 22 de junio de 1981, sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo, ratificado por España el 26 de julio de 1985. En el mismo sentido, en el ámbito de la Unión Europea se han fijado, mediante las correspondientes Directivas, criterios de carácter general sobre las acciones en materia de seguridad y salud en el trabajo, así como criterios específicos referidos a medidas de protección contra accidentes y situaciones de riesgo. Concretamente, la 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, establece las disposiciones específicas mínimas en este ámbito. Más tarde fue aprobada la 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. Mediante el presente Real Decreto se procede a la transposición al Derecho español del contenido de las dos Directivas mencionadas.

La Directiva 2000/39/CE ha sido modificada por las Directivas 2006/15/CE y 2009/161/UE que esta-

blecen una segunda y tercera lista de valores límite de exposición profesional indicativos, respectivamente.

La Directiva 2000/39/CE de la Comisión señala en su exposición de motivos que para cada agente químico para el que se establece a nivel comunitario un valor límite de exposición profesional indicativo, los Estados miembros deben establecer un valor límite de exposición profesional nacional, determinándose su naturaleza de conformidad con la legislación y la práctica nacional. De acuerdo con ello, el Real Decreto remite, en ausencia de valores límite ambientales de los establecidos en el anexo I, a los valores límite ambientales publicados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, como valores de referencia para la evaluación y el control de los riesgos originados por la exposición de los trabajadores a dichos agentes, en el "Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España" cuya aplicación es recomendada por la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

En su virtud, de conformidad con el artículo 6 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, a propuesta de los Ministros de Trabajo y Asuntos Sociales y de Sanidad y Consumo, consultadas las organizaciones empresariales y sindicales más representativas, oída la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 6 de abril de 2001,

DISPONGO:

CAPÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

ARTÍCULO 1. Objeto y ámbito de aplicación.

1. El presente Real Decreto tiene por objeto, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, establecer las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados o que puedan derivarse de la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo o de cualquier actividad con agentes químicos.

Este real decreto tiene por objeto la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores contra los riesgos derivados – en condiciones de trabajo normales – o que puedan derivarse – con ocasión de accidentes, incidentes o emergencias – de la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo o de cualquier actividad con agentes químicos (véase la definición dada en el artículo 2). No considera, por tanto, la prevención de los riesgos patrimoniales, los riesgos para la salud pública o los riesgos para el medio ambiente que puedan también derivarse del trabajo con agentes químicos.

Los riesgos debidos a la presencia de agentes químicos en el ambiente de trabajo son objeto del presente real decreto tanto si dicha presencia está originada por la actividad laboral como si es propia de los locales o espacios en los que estén situados los lugares de trabajo. Debe tenerse en cuenta a este respecto que el Real Decreto 486/1997 sobre lugares de trabajo, en su artículo 7 dedicado a las condiciones ambientales, apartado 2, establece que “*La exposición a los agentes físicos,*

químicos y biológicos del ambiente de trabajo se regirá por lo dispuesto en su normativa específica”. Por tanto, los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, debidos a la presencia de agentes químicos en los lugares de trabajo, son objeto del presente real decreto aunque su presencia no sea debida a la actividad laboral pero sí sea una consecuencia del diseño, instalación o mantenimiento de los locales o espacios en los que estén situados los lugares de trabajo. Son ejemplos de ello: los contaminantes externos habituales introducidos en el ambiente de trabajo por el sistema de ventilación; los contaminantes producidos por operaciones de limpieza (como la mezcla de lejía y sulfumán) o desinfección; los contaminantes que penetren en los lugares de trabajo a través de conductos de vertido o desagüe, incluidos los que resulten de una inadecuada gestión de los residuos de la empresa; los contaminantes producidos por los propios materiales de construcción o equipamiento de los locales de trabajo; la contaminación producida por personal ajeno a la empresa, presente en los locales de trabajo; y la contaminación producida por actividades no laborales.

2. Las disposiciones del presente Real Decreto serán aplicables a los agentes químicos peligrosos que estén o puedan estar presentes en el lugar de trabajo, sin perjuicio de:

Se incluyen tanto los agentes presentes en el lugar de trabajo en circunstancias normales como los que puedan aparecer en situaciones laborales anómalas,

tales como descontrol de procesos químicos, errores de manipulación, accidentes y similares.

- a) Las disposiciones de la normativa sobre protección radiológica de los trabajadores relacionadas con los agentes químicos.
- b) Las disposiciones más rigurosas o específicas establecidas en el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- c) Las disposiciones más rigurosas o específicas en materia de transporte de mercancías peligrosas establecidas en:
 - 1º) El Real Decreto 2115/1998, de 16 de octubre, sobre transporte de mercancías peligrosas por carretera.
 - 2º) El Reglamento nacional para el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril.
 - 3º) Los Códigos IMDG, IBC y IGC definidos en el artículo 2 del Real Decreto 1253/1997, de 24 de julio, sobre condiciones mínimas exigidas a los buques que transporten mercancías peligrosas o contaminantes con origen o destino en puertos marítimos nacionales.

4º) El Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por vías de navegación interior.

5º) El Reglamento nacional y las Instrucciones técnicas para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea.

En el presente real decreto se establecen **disposiciones mínimas** sin perjuicio, por tanto, de las disposiciones específicas contenidas en la normas vigentes sobre protección de los trabajadores frente a determinados riesgos, o las dictadas en otros ámbitos como el del transporte de mercancías peligrosas para los distintos medios de transporte que se citan en este apartado. Entre las primeras deben ser incluidas, asimismo, la normativa vigente sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de exposiciones al amianto (Real Decreto 396/2006), agente cancerígeno pero que es objeto de una disposición reglamentaria específica, además de las generales contenidas en el Real Decreto 665/1997, modificado por el Real Decreto 1124/2000, de 16 de junio, y por el Real Decreto 349/2003, de 21 de marzo. Igualmente la normativa que aprueba medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (Real Decreto 1254/1999¹ y sus modificaciones: Real Decreto 119/2005 y Real Decreto 948/2005, y la Directriz básica de protección civil, aprobada por Real Decreto 1196/2003) y la normativa que regula las condiciones de almacenamiento de productos químicos, concretamente el Real Decreto 379/2001 (actualizado por el Real Decreto 105/2010), por el que se aprueba el Reglamento de almacena-

miento de productos químicos y sus, hasta ahora, nueve Instrucciones Técnicas Complementarias.

En relación con el transporte de mercancías peligrosas existen las siguientes actualizaciones normativas:

- El Real Decreto 2115/1998, que supuso la incorporación al ordenamiento jurídico interno de las normas internacionales en materia de transporte de mercancías peligrosas por carretera (entre las cuales se encuentra el Acuerdo Europeo sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera, ADR). Fue derogado por el Real Decreto 551/2006, de 5 de junio, excepto en lo relativo a las prohibiciones y plazos de utilización de cisternas fijas, desmontables y baterías de recipientes. La Orden ITC/2632/2010, de 5 de octubre, actualiza el Anexo III y modifica varios apartados y apéndices de los Anexos V y VI del Real Decreto 551/2006.
- El Real Decreto 1253/1997, que ha sido derogado por el Real Decreto 210/2004, de 6 de febrero; las definiciones a las que se hace referencia se encuentran contenidas en su artículo 3.

3. Las disposiciones del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, se aplicarán plenamente al conjunto del ámbito contemplado en el apartado anterior, sin perjuicio de las disposiciones más rigurosas o específicas previstas en el presente Real Decreto.

El ámbito de aplicación del presente Real Decreto es el mismo que el de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), establecido en el artículo 3 de la misma.

El hecho de que el presente Real Decreto esté enmarcado por la Ley 31/1995 significa que, en cualquier caso en el que sea de aplicación, el empresario deberá garantizar también el cumplimiento de los preceptos de carácter general contenidos en dicha Ley 31/1995, así como los contenidos en el Real Decreto 39/1997 y en el resto de sus normas reglamentarias de desarrollo.

En particular, deben tenerse en cuenta las disposiciones generales de la Ley 31/1995 en temas tales como: principios de la acción preventiva, evaluación de los riesgos, equipos de trabajo y medios de protección, información, consulta y participación de los trabajadores, formación de los trabajadores, medidas de emergencia y vigilancia de la salud, temas que en el ámbito de aplicación del presente real decreto están limitados a los riesgos derivados de la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo.

¹ Este real decreto transpone la Directiva 96/82/CE al marco normativo español. Al respecto debe indicarse que la citada directiva ha sido sustituida y derogada por la Directiva 2012/18/UE del Parlamento Europeo y del Consejo. Su plazo de transposición por parte de los Estados miembros finaliza el 31 de mayo de 2015.

ARTÍCULO 2. Definiciones.

A efectos del presente Real Decreto, se entenderá por:

1. Agente químico: 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.

2. Exposición a un agente químico: presencia de un agente químico en el lugar de trabajo que implica el contacto de éste con el trabajador, normalmente, por inhalación o por vía dérmica.

Se debe entender que existe exposición a un agente químico cuando dicho agente esté presente en el lugar de trabajo y se produzca un contacto del mismo con el trabajador, normalmente por inhalación o por vía dérmica, pero también posible por vía digestiva o parenteral.

Aunque, de acuerdo con esta definición, cualquier valor, por pequeño que sea, de la concentración am-

biental o de la cantidad del agente químico presente en el lugar de trabajo que entra en contacto con el trabajador, implica la exposición de este, la posibilidad de que se produzcan daños viene también condicionada directamente por la naturaleza del agente químico. Por ello la evaluación de riesgos como proceso informativo determinará en cada caso concreto la mayor o menor relevancia de dicha exposición sobre el nivel de riesgo.

3. Peligro: la capacidad intrínseca de un agente químico para causar daño.

El artículo 4 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales incluye la siguiente definición de daño: "Se considerarán como daños derivados del trabajo las enfermedades, patologías o lesiones sufridas con motivo u ocasión del trabajo".

La presencia de un agente químico en el lugar de trabajo puede ocasionar daños en tres situaciones básicas:

- a) Existe exposición al agente (por ejemplo: vapor de un producto tóxico presente normalmente en el ambiente).
- b) Es posible, accidentalmente, la exposición al agente (por ejemplo: salpicadura de un producto corrosivo, escape al ambiente de un gas tóxico).
- c) Sin que exista exposición al agente (por ejemplo: incendio o explosión de un producto inflamable o explosivo).

4. Riesgo: la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado de la exposición a agentes químicos. Para calificar un riesgo desde el punto de vista de su gravedad, se valorarán conjuntamente la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad del mismo.

Esta definición, referida al concepto de exposición tal como se define en el punto 2, no incluye los riesgos debidos a agentes químicos en los que los daños a la salud se ocasionan sin necesidad de contacto con el agente (incendios y explosiones, por ejemplo, cuya prevención es un contenido importante de este real decreto). La indicación de la segunda frase sobre la calificación del riesgo aclara que al calificar un riesgo debe tomarse en consideración la severidad del daño, además de la probabilidad de su materialización; por ejemplo, no puede tener la misma consideración una probabilidad del 1% de sufrir una irritación ocular que una probabilidad del 1% de sufrir una cirrosis hepática.

En cuanto a la calificación del riesgo atendiendo a su "gravedad" puede plantearse cierto confusiónismo ya que el mismo calificativo también se puede aplicar

para designar la severidad de los daños. En general cuando se califica un riesgo, si bien se deben tomar en consideración la probabilidad de materialización de un daño y la severidad del mismo, también es cierto que en la ponderación global tiene más peso este último factor y por ello es habitual utilizar una terminología coincidente. En otras palabras: la calificación de un riesgo viene dada básicamente por la gravedad de los daños asociados o ligados a su materialización, matizada por la probabilidad de que realmente lleguen a producirse.

En el caso de exposición a agentes químicos, la gravedad del riesgo depende no solo de la naturaleza del agente químico en cuestión sino también de las condiciones individuales del trabajador expuesto y de las características de la exposición, la cual está determinada por factores propios del puesto de trabajo

(tiempo de exposición, generación del agente químico, ventilación, etc.) y de las condiciones ambientales que puedan favorecer la absorción del tóxico, como la temperatura ambiente o el esfuerzo físico que requiere el trabajo. No obstante, en lo que respecta a la consideración de gravedad del riesgo por exposición deben considerarse de forma prioritaria los riesgos debido a la exposición de cancerígenos, mutágenos o tóxicos para la reproducción y también de agentes sensibilizantes, donde las consecuencias adversas para la salud pueden ocurrir incluso cuando la exposición es de pequeña magnitud.

En conclusión, y tal como se deduce de la definición de riesgo en la Ley de Prevención de Riesgos Labora-

les, en el caso de que los daños derivados del trabajo sean debidos a la utilización de agentes químicos, debe interpretarse que en la definición de riesgo dada en este real decreto el concepto de exposición se refiere a la presencia del agente químico en el lugar de trabajo, según lo detallado en los comentarios al apartado 3 de este artículo, y en relación con la calificación de los riesgos se considera que la gravedad de un riesgo debido a la presencia de un agente químico en el lugar de trabajo (independientemente de que exista o no una exposición del trabajador) vendrá dada por la gravedad de los daños a la salud del trabajador, teniendo en cuenta como factor corrector la probabilidad de que se materialicen los mismos.

5. Agente químico peligroso: agente químico que puede representar un riesgo para la seguridad y 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. Se consideran incluidos en esta definición, en particular:

Un agente químico se considera peligroso cuando puede ser causa de un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores porque dispone de capacidad para causar daño debido a sus propiedades fisicoquímicas, químicas o toxicológicas, o sea, a su peligrosidad intrínseca, pero también a la forma en que se

utiliza o se halla presente en el lugar de trabajo, como sería el caso de vapor de agua a 150 °C o un material inerte en forma de polvo respirable. Las consideraciones que se efectúan en las letras a) y b) siguientes no son, por tanto, exhaustivas.

- a) Los agentes químicos que cumplan los criterios para su clasificación como sustancias o preparados peligrosos establecidos, respectivamente, en la normativa sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas y en la normativa sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos, con independencia de que el agente esté clasificado o no en dichas normativas, con excepción de los agentes que únicamente cumplan los requisitos para su clasificación como peligrosos para el medio ambiente.

Los criterios para la clasificación de sustancias o preparados peligrosos se encuentran establecidos en el Anexo I del Reglamento CE nº1272/2008 (en adelante, Reglamento CLP) sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas. Dicho reglamento sustituye a la anterior normativa europea en la materia, las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE, tras puestas al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, y el Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, y sus respectivas modificaciones y adaptaciones al progreso técnico. Actualmente y hasta el 1 de junio de 2015 es obligatorio el etiquetado y envasado de las sustancias y voluntaria la clasificación, envasado y etiquetado de las mezclas (término que reemplaza al de preparados) según el Reglamento CLP. El Real Decreto 717/2010, de 28 de mayo, modifica los mencionados Reales Decretos 363/1995 y 255/2003 para adaptarlos a las disposiciones del Reglamento CLP en el período transitorio hasta esa fecha, en que será de plena aplicación en la Unión Europea.

El Reglamento CLP incluye en su anexo VI una relación de las sustancias cuya clasificación ya está armonizada en el ámbito de la UE. El Reglamento CLP, junto con el Reglamento CE nº1907/2006 sobre registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados (en adelante, Reglamento REACH), constituyen el marco general regulador de la comercialización de agentes químicos en la Unión Europea.

En el **apéndice 11** de esta Guía puede consultarse más información respecto a los Reglamentos REACH y CLP.

En el contexto de este artículo, la aplicación de los criterios de clasificación que se citan debe efectuarse sin limitaciones, o sea, con independencia de que el agente químico al que se apliquen esté clasificado o no en estas normativas, de que esté o no sometido a sus disposiciones o a otras específicas, o de que esté o no comercializado.

- b) Los agentes químicos que dispongan de un Valor Límite Ambiental de los indicados en el apartado 4 del artículo 3 del presente Real Decreto.

O sea:

- Los agentes que dispongan de un Valor Límite Ambiental (VLA) en el Anexo I de este real decreto o en una normativa específica aplicable (por ejemplo: sobre amianto o sobre cancerígenos y mutágenos).
- Los agentes que dispongan de Valor Límite Ambiental publicado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en el “Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España”.

6. Actividad con agentes químicos: todo trabajo en el que se utilicen agentes químicos, o esté previsto utilizarlos, en cualquier proceso, incluidos la producción, la manipulación, el almacenamiento, el transporte o la evacuación y el tratamiento, o en que se produzcan como resultado de dicho trabajo.

Por “trabajo en el que esté previsto utilizar agentes químicos” debe entenderse aquel trabajo en el que en alguna de sus fases de desarrollo, normales o previsibles, se utilicen agentes químicos.

También se refiere a trabajos en los que el agente químico se produce intencionadamente o se forma como subproducto o producto intermedio.

Incluye cualquiera de las actividades citadas que se efectúen con residuos que contengan agentes químicos.

7. Productos intermedios: las sustancias formadas durante las reacciones químicas y que se transforman y desaparecen antes del final de la reacción o del proceso.

8. Subproductos: las sustancias que se forman durante las reacciones químicas y que permanecen al final de la reacción o del proceso.

9. Valores Límite Ambientales: valores límite de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en la zona de respiración de un trabajador. Se distinguen dos tipos de Valores Límite Ambientales:

- a) Valor Límite Ambiental para la Exposición Diaria: valor límite de la concentración media, medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de 8 horas diarias.
- b) Valor Límite Ambiental para Exposiciones de Corta Duración: valor límite de la concentración media, medida o calculada para cualquier periodo de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un periodo de referencia inferior.

10. Valor Límite Biológico: el límite de la concentración, en el medio biológico adecuado, del agente químico o de uno de sus metabolitos o de otro indicador biológico directa o indirectamente relacionado con los efectos de la exposición del trabajador al agente en cuestión.

En relación con los conceptos incluidos en estos dos últimos apartados, su aplicación se deberá realizar con los criterios (definiciones y consideraciones sobre la

valoración) establecidos en el Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España. (Ver **Apéndice 1**).

11. Vigilancia de la salud: el examen de cada trabajador para determinar su estado de salud, en relación con la exposición a agentes químicos específicos en el trabajo.

En el presente real decreto la vigilancia de la salud se refiere estrictamente a la vigilancia médica del trabajador sin perjuicio de las connotaciones colectivas y eminentemente multidisciplinarias del término que en

ningún caso deberían olvidarse y que se encuentran principalmente reflejadas en el artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

CAPÍTULO II

Obligaciones del empresario

ARTÍCULO 3. Evaluación de los riesgos.

1. El empresario deberá determinar, en primer lugar, si existen agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo. Si así fuera, se deberán evaluar los riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores, originados por dichos agentes, de conformidad con el artículo 16 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y la Sección 1ª del Capítulo II del Reglamento de los Servicios de Prevención, considerando y analizando conjuntamente:

Este artículo define el marco y el alcance de la evaluación de los riesgos originados por agentes químicos tal como se contempla en la LPRL y en el RSP; a saber: la evaluación de riesgos es un proceso posterior a la eliminación de los riesgos evitables, y la evaluación de riesgos tiene como objetivo obtener la información necesaria para tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y el tipo de medidas que deben adoptarse (Artículo 3.1 del RSP). La citada eliminación de los riesgos evitables corresponde efectuarla, preferentemente, en las fases de concepción y diseño de la actividad laboral, tratando de evitar, en lo posible, que puedan darse situaciones de riesgo para la salud y seguridad de los trabajadores.

La primera etapa del proceso de evaluación consiste en determinar la presencia de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo, ya que esta circunstancia puede suponer un riesgo que es necesario evaluar.

La presencia de un agente químico peligroso ocurrirá siempre que se produzca alguna de las circunstancias siguientes referida a alguno de tales agentes:

- se emplea como materia prima, se fabrica, se genera como producto intermedio, residuo, impureza o por reacción no deseada o se forma o interviene por cualquier motivo en el proceso laboral básico y las actividades relacionadas con él (mantenimiento, manutención, almacenaje, reparación), o
- se utiliza, se forma o se libera al ambiente en el transcurso de las actividades no ligadas al proceso laboral básico (limpieza, desinfección, obras y modificaciones), o
- se almacena de forma temporal o permanente en los lugares de trabajo, o
- penetra desde el exterior por alguna vía (ventilación, vehículos).

La identificación de los diferentes peligros asociados a los agentes químicos constituye un primer paso indispensable para su correcta gestión. La siguiente etapa es la valoración de los riesgos con criterios técnicos de referencia, lo que permitirá la categorización tanto de los riesgos existentes como de los potenciales

de la actividad y proporcionará finalmente la base para la adopción de las medidas de acción preventiva más oportunas. La evaluación de riesgos debe referirse a todos los agentes químicos peligrosos existentes en el lugar de trabajo, y el proceso de evaluación debe tener en consideración todos los aspectos que se citan más adelante en los sucesivos apartados de este artículo de forma conjunta y no considerando cada aspecto separadamente.

Por ejemplo, el tolueno es un agente químico peligroso debido a su capacidad de ocasionar daños a las personas, y esta capacidad es inherente a su naturaleza y no puede ser eliminada. A pesar de ello, los riesgos debidos a la presencia de tolueno en un lugar de trabajo no son iguales si se trata de un depósito de almacenamiento de 100.000 litros, de un bidón de 200 litros o de una botella de 1 litro. En el supuesto de la botella de 1 litro, el riesgo tampoco es el mismo si se usa como disolvente para limpiar manchas de un tejido o como reactivo en un laboratorio químico, e incluso, en este último caso tampoco el riesgo es idéntico si la manipulación se hace en una vitrina de laboratorio o sobre una mesa. La evaluación del riesgo exige, por la propia naturaleza del proceso, tener en consideración todas las circunstancias en las que se produce la actividad laboral, tanto si es de forma habitual como si es de forma no habitual.

Debe entenderse que los riesgos a evaluar en el marco de este real decreto son los derivados de la presencia de agentes químicos peligrosos (con o sin exposición a los mismos), riesgos que pueden ser uno o varios de los siguientes:

- Riesgo de incendio y/o explosión.
- Riesgo de 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 a considerar, con independencia de la peligrosidad intrínseca del agente, es el de los fallos de las instalaciones o equipos que puedan tener consecuencias para la salud y seguridad de los trabajadores, por lo que conviene tener en cuenta los riesgos químicos derivados de tales fallos.

El apartado 3 del artículo 4 del Reglamento de los Servicios de Prevención exige que la evaluación de riesgos sea realizada por personal competente, entendiendo como tal el que tenga el nivel de cualificación adecuado y disponga de conocimientos y experiencia suficientes. Téngase en cuenta lo indicado en el capítulo VI del Reglamento de los Servicios de Prevención que reserva como funciones de nivel superior *“la realización de aquellas evaluaciones de riesgos cuyo desarrollo exija el establecimiento de una estrategia de medición para asegurar que los resultados obtenidos caracterizan efectivamente la situación que se valora, o una interpretación o aplicación no mecánica de los criterios de evaluación”*, situaciones que se producen con frecuencia en la evaluación de los riesgos debidos a la presencia o a la exposición a agentes químicos peligrosos.

Conviene recordar que es imperativa la consulta a los representantes de los trabajadores, o a los propios trabajadores en ausencia de aquellos, sobre el procedimiento de evaluación (artículo 33 de la LPRL).

- a) Sus propiedades peligrosas y cualquier otra información necesaria para la evaluación de los riesgos, que deba facilitar el proveedor, o que pueda recabarse de éste o de cualquier otra fuente de información de fácil acceso. Esta información debe incluir la ficha de datos de seguridad y, cuando proceda, la evaluación de los riesgos para los usuarios, contempladas en la normativa sobre comercialización de agentes químicos peligrosos.

La información necesaria para la evaluación de los riesgos originados por agentes químicos, en cuanto a la peligrosidad intrínseca del agente químico, se puede obtener de fuentes que son de fácil acceso, principalmente del fabricante y/o importador, que está obligado a suministrarla a lo largo de la cadena de suministro, de acuerdo con el título IV del Reglamento REACH (véase **apéndice 11** de la presente Guía). No obstante, en aquellos casos en que la citada normativa no sea de aplicación o no contemple ninguna obligación de facilitar información, el fabricante y/o importador del producto en cuestión también deberá suministrar al empresario, en virtud de lo dispuesto en el artículo 41 de la LPRL y a su solicitud, la información que sea necesaria para evaluar los riesgos. La información pertinente debe incluir en su caso:

- La etiqueta del producto.
- La ficha de datos de seguridad (FDS) y, en su caso, los escenarios de exposición que pueda llevar anexados (ver **apéndice 11**).
- Las recomendaciones que la Comisión Europea haya hecho públicas sobre los resultados de la

El artículo 4.1 b) del Reglamento de los Servicios de Prevención menciona explícitamente que la evaluación inicial de riesgos considerará *“la posibilidad de que el trabajador que lo ocupe o vaya a ocuparlo (el puesto de trabajo) sea especialmente sensible”*. En relación con ello son de aplicación los artículos 25 y 26 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, sobre trabajadores especialmente sensibles y protección de la maternidad, respectivamente.

Además, específicamente con respecto a la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia, el Real Decreto 298/2009, de 6 de marzo, que modifica al Reglamento de los Servicios de Prevención, establece una lista no exhaustiva de condiciones de trabajo y agentes químicos que pueden influir negativamente en su salud. El INSHT ha publicado el documento *Directrices para la evaluación de riesgos y protección de la maternidad en el trabajo*, que ofrece recomendaciones sobre la evaluación del riesgo laboral en estos casos, y el documento *Síntesis de la evidencia científica relativa a los riesgos laborales en trabajadoras embarazadas (periodo 2000-2010)*, que revisa parte de la literatura científica en relación con la exposición a distintos agentes químicos y sectores industriales con presencia de agentes químicos.

evaluación del riesgo y sobre la estrategia de limitación del riesgo para sustancias.

- A falta de las anteriores, la clasificación del producto de acuerdo con los criterios establecidos en la normativa relativa a notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y mezclas peligrosas.
- Los Valores Límite Ambientales y Biológicos que se citan en el párrafo b) de este apartado, si están definidos para el agente en cuestión o sus componentes.

Los requerimientos de información mencionados deben hacerse extensivos a aquellos productos que se generen durante el proceso productivo. Por ejemplo: humos de soldadura, humos de vulcanizado, nieblas de fluidos de mecanizado, humos de inyección de plástico y otros. Cabe mencionar aquí los riesgos derivados de la exposición a nanopartículas, que han cobrado importancia a raíz del rápido desarrollo de la nanotecnología con distintos fines industriales y médicos. Las Notas Técnicas de Prevención (NTP) 797 y 877 exponen los conocimientos actuales y proporcionan criterios de evaluación del riesgo.

Se puede obtener información relativa a las propiedades físicas, químicas o toxicológicas de los agentes químicos en manuales de Seguridad Industrial, de Higiene Industrial, de Toxicología, en bases de datos de riesgos de los productos químicos, etc. Debe evitarse acudir a fuentes de información que puedan ocasionar confusión debido a la aplicación de criterios diferentes a los adoptados por la UE en relación con los agentes químicos peligrosos, o que utilicen datos obtenidos sin el rigor metodológico exigido por las disposiciones de la UE al respecto. El **Apéndice 2** contiene una relación de fuentes de información de reconocido prestigio.

Merece especial atención la información acerca de la capacidad de los agentes químicos para penetrar en el organismo por vía dérmica (véase **apéndice 9** de esta Guía). Esta información se incluye en las listas de Valores Límite Ambientales en forma de la nota específica "Vía dérmica" o "Piel". Esta llamada advierte, por una parte, de que la medición de la concentración ambiental puede no ser suficiente para cuantificar la exposición global y, por otra, de la necesidad de adoptar

medidas para prevenir la absorción por vía dérmica. En consecuencia, para todos los agentes con esta notación se deberá determinar la posibilidad de esta vía de penetración analizando las diversas causas de exposición dérmica, tales como:

- Contacto directo con el agente o con superficies contaminadas
- Contacto con ropas o guantes contaminados
- Condensación de vapores sobre la piel o la ropa
- Deposición de partículas de aerosoles
- Absorción de gases y vapores
- Inyección a alta presión

y en los casos positivos se estimará la exposición considerando los factores específicos para los riesgos por absorción a través de la piel que se indican en la tabla 1.

b) Los Valores Límite Ambientales y Biológicos.

Tal como se indica en el apartado 4 de este mismo artículo, en primer lugar se deberán considerar los Valores Límite Ambientales establecidos en el Anexo I de este real decreto o en una normativa específica aplicable. En su ausencia, los Valores Límite Ambientales publicados por el INSHT en el "Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España" (LEP). Cuando no existan, se pueden utilizar Valores Límite Ambientales internacionalmente reconocidos.

Con idéntico criterio se considerarán los Valores Límite Biológicos, es decir, los establecidos en el Anexo

II de este real decreto o en una normativa específica aplicable. El "Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España" ofrece valores límite biológicos, que pueden ser utilizados como complemento a la evaluación ambiental. Cuando no existan, se pueden utilizar Valores Límite Biológicos que procedan de la misma fuente que el Valor Límite Ambiental utilizado para la sustancia. También puede consultarse el listado de LEP a través de la base de datos publicada en la página del INSHT: <http://bdlep.insht.es:86/LEP2013/>

c) Las cantidades utilizadas o almacenadas de los agentes químicos.

d) El tipo, nivel y duración de la exposición de los trabajadores a los agentes y cualquier otro factor que condicione la magnitud de los riesgos derivados de dicha exposición, así como las exposiciones accidentales.

e) Cualquier otra condición de trabajo que influya sobre otros riesgos relacionados con la presencia de los agentes en el lugar de trabajo y, específicamente, con los peligros de incendio o explosión.

El **apéndice 10** está dedicado al control biológico de la exposición laboral.

Al evaluar el riesgo químico, además de considerar las propiedades intrínsecas de los distintos agentes, deben analizarse todas las condiciones de trabajo que puedan influir sobre cada uno de los riesgos relacionados con los agentes presentes, tanto las relativas a las condiciones de utilización del agente implícitas en el propio proceso productivo (cantidad, grado de confinamiento, temperatura, presión u otros) como las relativas a las posibles circunstancias en las que intervienen los trabajadores (tales como tipo de actividad o continuidad de los procesos).

Específicamente, en la evaluación del riesgo de incendio debe considerar conjunta e inseparablemente la probabilidad de inicio del incendio y las consecuencias estimadas.

La probabilidad de inicio viene determinada por las *medidas de prevención no adoptadas*, es decir, por la coexistencia en espacio, tiempo e intensidad suficiente del combustible (sea cual sea su estado) y focos de ignición (de cualquier tipología).

Para estimar las consecuencias deberán tenerse siempre en cuenta las *medidas de protección pasiva implantadas* (aquellas medidas de lucha cuya eficacia depende de su mera presencia, como, por ejemplo, las

características de comportamiento ante el fuego de los elementos constructivos) y de *las medidas de protección activa existentes* (medios de detección de incendios, de transmisión de la alarma, de lucha contra incendios - extintores, Bocas de Incendios Equipadas,-, vías de evacuación, etc..).

Para profundizar en los criterios a considerar para la evaluación del riesgo de incendio, remitimos a la NTP 599.

Para aplicar los criterios a considerar en la evaluación del riesgo de explosión, remitimos al RD 681/2003 y a su Guía Técnica.

Tabla 1: Riesgos y factores de riesgo

Riesgo	Factores de riesgo
Incendio y/o explosión*	<p>Estado físico y grado de división del producto. Inflamabilidad del producto (temperatura de inflamación, temperatura de autoignición). Potencia calorífica. Concentración ambiental (rango o límites de inflamabilidad). Inexistencia o insuficiencia de sistemas de ventilación general o localizada. No aislamiento de fuentes de generación de gases, vapores, polvos. Focos de ignición: - térmicos (por ejemplo: operaciones con llama). - mecánicos (por ejemplo: herramientas, calzado). - químicos (por ejemplo: reacciones exotérmicas, productos inestables). - eléctricos (por ejemplo: sobrecargas, cortocircuitos). - electrostáticos (por ejemplo: carga, descarga o transvases). Atmósfera rica en comburente (% de O₂ >21%). Trabajos a elevada temperatura y/o presión. Procedimientos de trabajo inseguros en áreas o actividades de riesgo. Trabajos con aerosoles o nieblas, ya que la energía de activación es menor. Incremento del riesgo por efectos aditivos o por variación de las propiedades de inflamabilidad en mezclas.</p>
Reacciones químicas peligrosas	<p>Reactividad e inestabilidad química de sustancias. Características de la reacción (balances máxicos y energéticos, exotermicidad, desprendimiento de gases tóxicos). Sistema de agitación inadecuado. Sistema de aporte de calor no suficientemente controlado. Sistema de refrigeración infradimensionado. Sistema de control de las variables clave de la reacción poco fiable (regulación de presión, temperatura y caudal). Dispositivos de seguridad de los equipos inadecuados (reactor, mezclador, agitador). Adición manual de sustancias. Presencia no controlada de subproductos. Procedimientos de trabajo en operaciones peligrosas (toma de muestras, carga de aditivos) inexistentes, insuficientes o no actualizados.</p>
Inhalación del agente	<p>Concentración ambiental. Tipo de exposición (aguda, crónica). Tiempo diario de exposición. Número y situación de los focos de emisión. Separación del trabajador de los focos de emisión. Tasa de generación de gases, vapores o aerosoles. Grado de aislamiento del agente. Sistemas de ventilación general y local insuficientes. Procedimiento de trabajo inadecuado. Trabajadores especialmente sensibles. Exposición simultánea a varios agentes.</p>

* Se deben tener presentes los posibles efectos combinados. Así, en el caso de mezclas de diferentes líquidos, la temperatura de inflamación de la mezcla puede ser inferior a la temperatura de inflamación de los diferentes componentes. Del mismo modo, las mezclas híbridas de nieblas o polvos con gases y/o vapores pueden formar una atmósfera explosiva incluso cuando la concentración de las distintas materias inflamables aún esté por debajo de su límite inferior de explosividad.

Tabla 1: Riesgos y factores de riesgo

Riesgo	Factores de riesgo
Absorción a través de la piel	Localización y extensión del contacto. Duración y frecuencia del contacto. Cantidad o concentración del agente. Temperatura y humedad ambiental. Gestión incorrecta de EPI. Procedimiento de trabajo inadecuado. Trabajadores especialmente sensibles. Exposición simultánea a varios agentes.
Absorción vía parenteral	Deterioro de la piel. Uso de objetos o herramientas cortantes o punzantes. Frecuencia de contacto. Gestión incorrecta de EPI. Procedimiento de trabajo inadecuado. Trabajadores especialmente sensibles. Exposición simultánea a varios agentes.
Ingestión	Hábitos higiénicos personales. Posibilidad de comer o beber en los puestos de trabajo. Trabajadores especialmente sensibles. Exposición simultánea a varios agentes. Procedimiento de trabajo inadecuado.
Contacto de la piel o los ojos con el agente químico	Gestión incorrecta de EPI. Procedimiento de trabajo inadecuado. Inexistencia de medios de control de fugas y derrames. Envases inadecuados. Sistema de trasvase incorrecto.
Derivado de fallos en las instalaciones que puedan tener consecuencias para la seguridad y salud de los trabajadores	Corrosión interna de materiales e instalaciones. Corrosión externa (humedad, ambiente salino). Inexistencia de medios de control de fugas y derrames (cubetos de retención, protección frente a impactos mecánicos). Inexistencia de mantenimiento preventivo. Instrumentación de regulación y control poco fiable. Inexistencia de dispositivos de seguridad (sobrepresiones, alarmas). Puestas en marcha y paradas no procedimentadas. Inexistencia de medios de confinamiento del riesgo y sectorización.

Para cada uno de los riesgos el procedimiento de evaluación es específico. En los **Apéndices 3 y 4** se exponen algunos de ellos, con distintos niveles de complejidad y especificidad, pero todos tienen en común el objetivo general de servir como fuente de información para decidir sobre las medidas preventivas a adoptar, por lo que el requisito exigible a cualquier procedimiento de evaluación es que ponga de manifiesto las causas o factores materiales que ocasionan el riesgo, que serán las que deberían corregirse. La elección de un método u otro dependerá del objetivo de la evaluación, del tipo de riesgo o situación a analizar y del nivel de profundización requerido. En todo caso cabe decir que los diferentes métodos no son excluyentes.

Entre los factores de riesgo ligados al proceso productivo merece una atención especial la cantidad del

agente químico presente en el lugar de trabajo. En el contexto de evaluación de riesgos laborales, la "cantidad de agente químico presente" no es un concepto absoluto, sino que está en relación con el riesgo considerado.

La cantidad relevante para evaluar el riesgo por inhalación será la presente en el aire (concentración ambiental) o la masa que pueda liberarse en el aire en caso de fallo de medidas específicas de prevención, fuga o accidente; mientras que para evaluar el riesgo de incendio o explosión las cantidades relevantes serán la concentración ambiental del agente y la masa de agente almacenada en el lugar de trabajo. Con referencia al riesgo de reacciones peligrosas la cantidad relevante será la masa de agente químico que interviene en la reacción o la masa de reactivos que pueden dar lugar a la formación de un agente peligroso en caso de

reacción no deseada; y, si se refiere al riesgo por absorción a través de la piel, la cantidad de agente químico a considerar será la masa que puede mantenerse en contacto con la piel. Es evidente que en cada una de las circunstancias citadas el concepto "cantidad de agente químico" no es un concepto absoluto sino que depende del mecanismo de acción del agente sobre el trabajador. Por ejemplo, un almacenamiento de 10.000 m³ de un gas licuado inflamable es una cantidad importante al evaluar el riesgo de incendio o explosión, pero si el almacenamiento se encuentra al aire libre y alejado de los puestos de trabajo, la cantidad respecto

al riesgo por inhalación del gas será pequeña. Asimismo, un saco de 50 kg de óxido de plomo en polvo es una cantidad importante porque en caso de rotura accidental del saco puede contaminar un gran volumen de aire (en teoría puede contaminar 300 millones de m³ de aire a una concentración de 0,15 mg/m³). La evaluación de la incidencia de la cantidad cambia si se trata de 5 lingotes de plomo de 10 kg; en este caso el riesgo podría venir por la contaminación de las manos al manipularlos y, según el número de manipulaciones, la cantidad podría ser importante.

f) El efecto de las medidas preventivas adoptadas o que deban adoptarse.

Para que la evaluación de riesgos sea eficaz debe analizar el riesgo "tal como es". Por ello, el efecto de las medidas preventivas adoptadas es una condición que debe tenerse en cuenta al realizar la evaluación.

Por la misma razón, la segunda parte de la frase "*el efecto de las medidas preventivas que deban adoptarse*" debe interpretarse en referencia a las medidas previstas para

situaciones no habituales (emergencias, operaciones especiales, accidentes) que también deben ser tenidas en cuenta en la evaluación de los riesgos en estas situaciones no habituales. No debe interpretarse en el sentido de considerar el efecto sobre el riesgo de las medidas preventivas en fase de proyecto todavía no implantadas, ya que entonces se estaría evaluando el riesgo "tal como será".

g) Las conclusiones de los resultados de la vigilancia de la salud de los trabajadores que, en su caso, se haya realizado y los accidentes o incidentes causados o potenciados por la presencia de los agentes en el lugar de trabajo.

Los resultados de las actividades de vigilancia de la salud (exámenes de salud específicos, estudio de enfermedades, de ausencias del trabajo por motivos de salud, investigación de daños, estudios de salud diseñados 'ad-hoc') y de los informes de accidentes o incidentes habidos en la empresa es una fuente de información objetiva que debe tenerse en cuenta en la evaluación de los riesgos.

Así, la detección de una determinada sintomatología entre los trabajadores expuestos a un agente químico

es un dato relevante para decidir sobre la necesidad y el tipo de medidas preventivas a adoptar, puesto que pone en evidencia las inadecuadas condiciones de trabajo.

Los aspectos relacionados con la vigilancia de la salud son objeto del artículo 6.

Conviene recordar que la detección de daños a la salud de los trabajadores obliga a revisar la evaluación de riesgos. (Ver más adelante en el apartado 7 de este artículo).

2. La evaluación del riesgo deberá incluir la de todas aquellas actividades, tales como las de mantenimiento o reparación, cuya realización pueda suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores, por la posibilidad de que se produzcan exposiciones de importancia, o por otras razones, aunque se hayan tomado todas las medidas técnicas pertinentes.

La consideración y el análisis de las condiciones de trabajo deberán también hacerse extensivos a aquellas actividades de carácter extraordinario o que no forman parte del conjunto de las actividades laborales habituales pero cuya realización pueda suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores de la empresa, incluidas las efectuadas por personal ajeno a la empresa, reguladas por el artículo 24 de la LPRL sobre la coordinación de actividades preventivas, desarrollado reglamentariamente por el Real Decreto 171/2004.

Como ejemplo de actividades de este tipo pueden citarse las operaciones de mantenimiento, arranque y parada de procesos, reparación, renovación, limpieza, desinfección o tratamiento con biocidas, así como las situaciones de emergencia, las actuaciones en caso de fugas o derrames, la carga y descarga de productos y la recogida de residuos.

Así mismo, el Real Decreto 604/2006, que modifica el Reglamento de los Servicios de Prevención, en su artículo 22 bis establece las circunstancias en que será necesaria la presencia en el centro de trabajo de los

recursos preventivos, y diferencia la consideración de actividades peligrosas, por una parte, a efectos de presencia de recursos preventivos y, por otra, a efectos de coordinación de actividades empresariales.

Cabe destacar por su peligrosidad aquellas operaciones (mantenimiento, reparación, etc...) que para su ejecución requieran el acceso a recintos o espacios no ventilados, deficientemente ventilados o sin garantías ni certeza de ventilación adecuada, en los que pueden acumularse contaminantes tóxicos o inflamables o puede haber una atmósfera deficiente en oxígeno. En estos espacios confinados es posible la presencia de concentraciones peligrosas de alguno de los siguientes agentes químicos: monóxido de carbono, dióxido de

carbono, ácido sulfhídrico, metano, amoníaco; o simultáneamente de varios de ellos. El acceso a los mismos, dada la peligrosidad que comporta y que la casuística pone de manifiesto, requiere medidas específicas de prevención y protección, tanto anteriores al acceso, como durante la permanencia, y al final de las mismas. Hay abundante literatura técnica al respecto, tanto del INSHT (NTP, Cuestionarios, Carteles, Folletos divulgativos,...) como de otras entidades u organismos.

Debe tenerse en cuenta que en este tipo de operaciones, precisamente a causa de su carácter no habitual, es frecuente que se den situaciones de riesgo elevado que requerirán la adopción de medidas preventivas específicas.

3. Cuando los resultados de la evaluación revelen un riesgo para la salud y la seguridad de los trabajadores, serán de aplicación las medidas específicas de prevención, protección y vigilancia de la salud establecidas en los artículos 5, 6 y 7.

Aunque resulte obvio, es preciso destacar que cuando se trabaje con un agente químico peligroso son SIEMPRE aplicables y exigibles las disposiciones de los artículos 4 y 9 de este real decreto.

Como resultado del proceso de evaluación de riesgos se obtendrá una doble información para cada puesto de trabajo:

- a) La existencia y magnitud de los riesgos debidos a la presencia de agentes químicos peligrosos y
- b) informaciones útiles para la decisión relativa a las medidas de prevención y/o protección necesarias para eliminar o reducir los riesgos.

La presencia (con exposición o no) de un agente químico peligroso siempre implica un riesgo para la seguridad y la salud del trabajador, aunque cabe la posibilidad de que sea de poca magnitud (riesgo leve) porque el proceso esté concebido de acuerdo con los principios de seguridad intrínseca, o porque estén implantadas medidas preventivas eficaces, o por cualquier otra causa. La política de prevención establecida en la LPRL y en este real decreto (ver comentario al apartado 2 del artículo 5 más adelante) se basa en reducir los riesgos al mínimo, por ello siempre es necesario que el proceso de evaluación de riesgos suministre el tipo de información citado en b) aunque el riesgo sea leve.

La implantación de las medidas específicas de prevención, protección y vigilancia de la salud, tanto en condiciones habituales como en los no habituales, deberá hacerse de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 5, 6 y 7.

Se entiende por medida específica de prevención aquella que va más allá de la aplicación de las disposiciones del artículo 4, y constituye el procedimiento, mecanismo o acción que no es necesario para el desarrollo del proceso productivo y que se implanta con la finalidad exclusiva o prioritaria de eliminar o reducir un riesgo determinado para la seguridad y la salud de los trabajadores.

Por ejemplo, disponer de un reactor con cierre hermético para realizar una mezcla de productos químicos a presión atmosférica es una medida específica de prevención, ya que no es imprescindible para el proceso, pero no será una medida específica de prevención si la mezcla tiene que hacerse a presión elevada, ya que en este caso la hermeticidad del reactor es una condición imprescindible para el proceso. Por el mismo motivo, una tubería cerrada para transportar un producto químico peligroso no puede considerarse una medida de prevención ya que es una instalación inherente al transporte, pero una conducción con doble tubería y detección de fugas o sobrepresión en el espacio anular sí es una medida específica de prevención. Una captación de polvo mediante extracción localizada en una máquina o en un proceso suele ser una medida específica de prevención, ya que normalmente no es una instalación imprescindible para el desarrollo tecnológico del proceso. La ventilación de los locales de trabajo diseñada para cumplir los requisitos del Real Decreto 486/1997 en función del número de sus ocupantes es una medida preventiva de carácter general, mientras que una ventilación general diseñada para mantener la concentración ambiental de uno o varios agentes peligrosos por debajo de unos valores preestablecidos será una medida específica de prevención.

No obstante, dichas medidas específicas no serán de aplicación en aquellos supuestos en que los resultados de la evaluación de riesgos pongan de manifiesto que la cantidad de un agente químico peligroso presente en el lugar de trabajo hace que sólo exista un riesgo leve para la salud y seguridad de los trabajadores, siendo suficiente para reducir dicho riesgo la aplicación de los principios de prevención establecidos en el artículo 4.

Se establece una excepción a la obligación general de aplicar medidas específicas de prevención, protección y vigilancia de la salud establecidas en los artículos 5, 6 y 7 de este real decreto. Por razones obvias, es necesario delimitar el alcance de esta excepción. Como base para ello conviene efectuar previamente las siguientes consideraciones técnicas:

a) La expresión “*riesgo leve por la (pequeña) cantidad de agente presente en el lugar de trabajo*” es sumamente imprecisa, esencialmente por dos razones:

- El concepto “cantidad de agente presente en el lugar de trabajo” no puede tener, desde un punto de vista técnico, una interpretación unívoca, independiente del tipo de riesgo de que se trate. Así, por ejemplo, en el caso del riesgo de incendio sí podría tener sentido interpretar dicho concepto de forma prácticamente literal (como “cantidad total presente en el lugar de trabajo”), pero en el caso de la exposición a un agente tóxico parece más lógico interpretarlo como “cantidad (concentración) presente en el lugar que ocupa el trabajador”.
- Un riesgo puede ser más o menos leve, pero no es posible establecer una frontera que separe el riesgo leve del que no lo es. Además, en el contexto de la disposición analizada, el término “riesgo leve” se utiliza en el sentido de “riesgo que puede considerarse aceptable tras aplicar los principios de prevención”. Sin embargo, el concepto de “riesgo aceptable” es relativo. El riesgo de un conductor de un camión cisterna (dotado de todas las medidas de seguridad exigibles) puede ser aceptable, pero no es irrelevante. El mismo nivel de riesgo sería inaceptable en otra actividad menos peligrosa en la que mediante medidas preventivas simples dicho riesgo pudiera reducirse significativamente.

b) En los comentarios al artículo 4 se tratará más extensamente de los “principios de prevención”, pero cabe adelantar que la aplicación de los principios de prevención a un puesto de trabajo supone contemplar conjuntamente los aspectos relativos a la producción y a la prevención a la hora de diseñar, elegir o implantar los medios y procedimientos de trabajo. Hay una diferencia aparentemente clara entre aplicar los principios

de prevención (es decir, trabajar correctamente, por ejemplo, cerrando un recipiente con disolvente cuando no se utiliza) y adoptar una medida preventiva específica (por ejemplo, instalar una extracción localizada). A menudo, sin embargo, esta diferencia se difumina cuando en la práctica habitual una cierta medida preventiva específica acaba por considerarse (por razones de seguridad) como parte integrante de un determinado proceso, equipo o procedimiento de trabajo. Parece evidente que, hoy en día, por ejemplo, la incorporación del cinturón de seguridad a un vehículo no debería entenderse (desde la óptica preventiva) como una medida “opcional”. En definitiva, a menos que el riesgo sea muy leve, deben tomarse siempre todas las “soluciones preventivas” de uso extendido y habitual en el tipo de operaciones o situaciones de que se trate.

Lo que acaba de exponerse pone de manifiesto las dificultades que existen en muchos casos para tomar una decisión respecto a la necesidad de tomar las medidas preventivas específicas de los artículos 5, 6 y 7, adicionales a la aplicación de los principios de prevención, para la reducción o control de un determinado riesgo.

En el caso del riesgo de incendio, así como en el de los accidentes graves que pueden derivarse del uso o almacenamiento de cantidades importantes de agentes químicos, existe una normativa específica y numerosas normas y recomendaciones técnicas que facilitan la adopción de la decisión adecuada. Se destacan las normas y recomendaciones técnicas publicadas por la Dirección General de Protección Civil.

En el caso de otros riesgos de seguridad de carácter “puntual” (el riesgo de entrar en contacto accidentalmente con un agente corrosivo, por ejemplo), la calificación de la magnitud del riesgo que sirve de base para la decisión puede realizarse utilizando cualquiera de los criterios generales de evaluación existentes (como el “sistema simplificado” que se indica en el Apéndice 3 de esta Guía) en los que se valoran conjuntamente la probabilidad de que se actualice el riesgo y la gravedad de sus consecuencias.

En el caso del riesgo por exposición a agentes químicos (ámbito de actuación de la Higiene Industrial), sin embargo, la situación es más compleja y es necesario establecer algún criterio práctico de carácter específico.

El criterio que se presenta a continuación tiene como objetivo facilitar la decisión respecto a la necesidad de adoptar medidas preventivas específicas en relación sólo con el riesgo de exposición por inhalación a un agente químico peligroso (las vías de entrada distintas a la inhalatoria no son posibles, se han eliminado o se tratan aparte) y para su establecimiento se han tenido en cuenta tanto las consideraciones técnicas anteriormente expuestas como los siguientes supuestos:

- a) Se han aplicado los principios de prevención (si es que aún no se había hecho), ya que estos son de aplicación obligatoria en cualquier caso, con independencia de la magnitud de la exposición.
- b) No se supera el Valor Límite Ambiental del agente en cuestión, puesto que en tal caso es siempre obligatorio tomar medidas para la reducción del riesgo (véase el artículo 3.4) con independencia de cualquier otra circunstancia.
- c) La revisión de la evaluación, o en su caso las medidas periódicas de control de la exposición (y, por tanto, la determinación de la exposición ambiental) se realiza con la periodicidad debida.

El criterio se presenta en función del tipo de agente químico peligroso:

- 1) **Agentes sensibilizantes, cancerígenos, mutágenos o tóxicos para la reproducción.**- Deben tomarse siempre todas las medidas preventivas específicas razonablemente factibles con objeto de reducir el riesgo al mínimo posible, ya que para estos agentes no existen exposiciones "seguras" (aunque exista un Valor Límite Ambiental orientativo). Debe efectuarse también una vigilancia de la salud de los trabajadores (específica en relación con los posibles efectos del agente en cuestión) siempre que sea procedente, conforme a lo establecido en el artículo 6 de este real decreto (véanse los comentarios a dicho artículo).
- 2) **Agentes cuyo Valor Límite Ambiental ha sido establecido para evitar irritaciones leves, molestias o cualquier otro efecto de carácter leve que, de ocurrir, es directamente percibido por el trabajador.**- No es necesario tomar medidas preventivas específicas si no se producen los citados efectos. En caso contrario, debe revisarse la evaluación y deben adoptarse las medidas preventivas necesarias para evitar la repetición de los mismos.
- 3) **Resto de agentes.**- Salvo que la exposición representativa (obtenida con las mediciones realizadas en una jornada cualquiera), y teniendo en cuenta los posibles efectos aditivos, sea inferior o igual al 10% del Valor Límite Ambiental

aplicable, se deberían adoptar las siguientes medidas:

- Las medidas o soluciones preventivas "reconocidas" de uso extendido y habitual en el tipo de operaciones o situaciones de que se trate (caso de que existan y no se hayan adoptado).
- Cualquier otra medida preventiva que sea razonable, a criterio del "profesional responsable", teniendo en cuenta:
 - La magnitud de la exposición y la naturaleza y gravedad de los daños que se pretenden evitar.
 - La posibilidad y la eficacia previsible del control ambiental periódico de la exposición y/o de la vigilancia de la salud de los trabajadores.
 - Las dificultades técnico-económicas para implantar la medida preventiva y la eficacia previsible de la misma.

Como es evidente, el uso de este criterio para la decisión de las medidas preventivas a aplicar no debe interpretarse en el sentido de limitar o reducir las precauciones a tomar para proteger a los trabajadores especialmente sensibles frente a los efectos de la exposición que se evalúa.

El criterio expuesto en los anteriores párrafos es concordante con el que se deriva del modelo de evaluación cualitativa *COSHH Essentials*, publicado por el HSE británico (Health and Safety Executive), mencionado en el **Apéndice 4** de esta Guía y objeto de la NTP 936. Este modelo permite clasificar una determinada situación en cuatro niveles de riesgo potencial en función de la peligrosidad del agente químico utilizado, su capacidad de pasar al ambiente y la cantidad necesaria por operación. Considerando el riesgo leve en el sentido que se le da en este artículo, es decir, por motivo de la pequeña cantidad utilizada, este modelo consideraría que la manipulación de cualquier agente de baja peligrosidad (irritantes y nocivos) y de agentes medianamente peligrosos que sean poco volátiles o poco o medianamente pulverulentos son situaciones que pueden considerarse de riesgo leve. Es de destacar que en ningún caso se considerará que exista un riesgo leve en una situación con manipulación de agentes de especial toxicidad, como cancerígenos, mutágenos, sensibilizantes o reprotóxicos, incluso siendo poco volátiles y siendo usados en pequeñas cantidades. Estas últimas situaciones pueden y deben corresponder a riesgos aceptables (después de su debido control), pero no se incluyen en el concepto de riesgo leve, el cual es un riesgo aceptable que no precisa medidas específicas de prevención y protección para tener tal consideración.

4. En cualquier caso, los artículos 5 y 6 se aplicarán obligatoriamente cuando se superen:

- a) Los Valores Límite Ambientales establecidos en el Anexo I de este Real Decreto o en una normativa específica aplicable.
- b) En ausencia de los anteriores, los Valores Límite Ambientales publicados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en el "Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España" cuya aplicación sea recomendada por la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, salvo si puede demostrarse que se utilizan y respetan unos criterios o límites alternativos cuya aplicación resulte suficiente, en el caso concreto de que se trate, para proteger la salud y seguridad de los trabajadores.

La superación de los VLA establecidos en el Anexo I del real decreto (en el que por el momento sólo figura el plomo inorgánico y sus derivados), de los contenidos en una normativa específica o de los Valores Límite Ambientales publicados por el INSHT, implica la obligación de aplicar las medidas preventivas de los artículos 5 y 6. Conviene indicar que la superación de unos Valores Límite Ambientales no es la única causa que exige la obligatoriedad de aplicar dichas medidas preventivas, ya que será la evaluación de riesgos la fuente de información para tomar una decisión a este respecto, de acuerdo con lo ya indicado en el apartado 3 del artículo 3.

Se contempla la excepción a la obligatoriedad sobre la aplicación de los artículos 5 y 6 cuando, superándose los Valores Límite Ambientales del INSHT, se demuestre que se utilizan y respetan unos criterios o límites alternativos cuya aplicación basta, en el caso concreto de que se trate, para proteger la seguridad y salud de los trabajadores.

En relación con esta excepción debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- No existe excepción alguna a la obligatoriedad de aplicar las medidas preventivas contempla-

das en los artículos 5 y 6 si se superan los VLA del Anexo I o los establecidos en una normativa específica aplicable (amianto, cancerígenos).

- La excepción sólo podrá aplicarse en aquellos casos en los que se superen los VLA del INSHT. Se entiende que en estos casos los criterios o límites alternativos utilizados han sido diseñados para evaluar pautas de exposición no convencionales, debiendo estar científicamente justificados para obtener un nivel de protección del trabajador equivalente al que proporcionan los VLA del INSHT y basados en datos de fiabilidad reconocida. Ejemplos de esta situación pueden ser: la valoración en base semanal contemplada en el propio "Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España", o la evaluación de exposiciones en jornadas de larga duración seguidas de jornadas de descanso.
- La documentación justificativa de la validez de utilizar unos criterios o límites alternativos debe formar parte de la documentación general de la evaluación de riesgos efectuada.

5. La evaluación de los riesgos derivados de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso deberá incluir la medición de las concentraciones del agente en el aire, en la zona de respiración del trabajador, y su posterior comparación con el Valor Límite Ambiental que corresponda según lo dispuesto en el apartado anterior. El procedimiento de medición utilizado deberá adaptarse, por tanto, a la naturaleza de dicho Valor Límite.

El procedimiento de medición y, concretamente, la estrategia de medición (el número, duración y oportunidad de las mediciones) y el método de medición (incluidos, en su caso, los requisitos exigibles a los instrumentos de medida) se establecerán siguiendo la normativa específica que sea de aplicación o, en ausencia de ésta, conforme a lo dispuesto en el artículo 5.3 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

Este real decreto exige que la evaluación del riesgo por inhalación incluya, con las excepciones que se indican en el tercer párrafo de este apartado 3.5, que se comenta a continuación, la medición de la concentración ambiental del contaminante y la comparación de este valor con el valor límite pertinente.

La medición de la concentración ambiental del agente químico deberá ser representativa de la exposición por inhalación y para ello tendrá que cumplir los requisitos siguientes:

- Las condiciones de trabajo al efectuar la medición deberán ser las habituales.

- El resultado debe corresponder a muestras de tipo personal, obtenidas en la zona de respiración del trabajador. (Véase definición en **Apéndice 1**).
- El resultado debe corresponder al periodo de tiempo de referencia para el que está definido el valor límite con el que se vaya a comparar.
- La forma de expresión del resultado debe ser la misma que la utilizada por el valor límite con el que se vaya a comparar.
- Se utilizará una estrategia de medición (número de muestras, duración de cada muestra, momento de muestreo, etc.) que ofrezca una fiabilidad de las conclusiones similar a la que se obtiene con la metodología descrita en el **Apéndice 4**.
- Si existe normativa específica para el agente en cuestión, la estrategia de medición y el procedimiento de medida deberán cumplir los requisitos establecidos en ella.
- Los métodos de medición utilizados deberán garantizar la fiabilidad de los resultados. En consecuencia, es conveniente que, en la medida de lo posible, se ajusten a lo expuesto en el **Apéndice 5** sobre métodos de medición para agentes químicos.
- El laboratorio que realice las determinaciones debería tener establecido un sistema de gestión de la calidad cubriendo todas sus actividades. Este sistema es conveniente que se ajuste a los principios generales que se especifican en el **Apéndice 6** sobre calidad en las mediciones de agentes químicos.

Las mediciones a las que se refieren los párrafos anteriores no serán sin embargo necesarias, cuando el empresario demuestre claramente por otros medios de evaluación que se ha logrado una adecuada prevención y protección, de conformidad con lo dispuesto en el apartado 1 de este artículo.

Este apartado admite la posibilidad de concluir que se ha logrado una adecuada prevención y protección sin necesidad de realizar medidas de la concentración ambiental del agente.

Así, por ejemplo, en condiciones de trabajo normales, pueden obviarse las mediciones cuando:

- se conocen todas las posibles fuentes de contaminación química laborales,
- se sabe que no son posibles fuentes de contaminación extralaborales,
- los productos volátiles se procesan y mantienen siempre encerrados o de modo que no pueden vaporizarse y
- los productos no volátiles se tratan de modo que no pueden dispersarse en el aire en forma de aerosol.

O sea: situaciones en las que, razonablemente, en condiciones de trabajo normales la presencia de contaminantes en el ambiente debe ser prácticamente nula.

También pueden evitarse las mediciones cuando se conoce la identidad de los contaminantes presentes en el lugar de trabajo, estos no son sensibilizantes, carcinógenos, mutagénicos ni tóxicos para la reproducción y la apreciación profesional del técnico especialista indica que, en las condiciones de trabajo existentes, dada la cantidad de los agentes químicos presentes y la eficacia reconocida de las medidas de prevención adoptadas, sus concentraciones en el ambiente están lejos

de poder alcanzar los respectivos límites de exposición, tanto considerados individualmente como en conjunto. Un ejemplo de esta situación lo encontramos en algunos procesos de soldadura: la experiencia disponible sobre los mismos puede permitir obviar las mediciones si el consumo de electrodos es bajo o se trata de soldaduras rápidas.

Así mismo, también pueden obviarse las mediciones para realizar la evaluación del riesgo por inhalación en aquellos supuestos en los que la apreciación profesional del técnico considere que dadas las condiciones de trabajo resulta imprescindible la implantación de medidas específicas de prevención dirigidas a reducir la exposición. Por ejemplo: si hay certeza de una exposición significativa a cancerígenos, o si se han producido efectos imputables a la exposición, o si existen soluciones reconocidas aplicables, y en general cuando se haya tomado la decisión de aplicar en primer lugar medidas específicas de prevención.

En cualquier caso, la decisión de efectuar la evaluación del riesgo por inhalación sin realizar mediciones deberá justificarse en la documentación de la evaluación, explicando las razones por las que ha sido adoptada. Tal justificación deberá contener una demostración clara de que se ha logrado una adecuada prevención y protección por otros medios de evaluación.

El uso de modelos simplificados o cualitativos de evaluación (véase **Apéndice 4**) puede ser muy útil para sistematizar los criterios que el higienista emplearía para determinar si es o no necesario realizar mediciones, además de facilitar la justificación documental de tal decisión.

Esos procedimientos, que denominaremos “Métodos cualitativos o simplificados de evaluación” son objeto de este Apéndice, en el que también se exponen los principios que rigen la evaluación cuantitativa, las estrategias de medición y el tratamiento de los resultados de las mediciones.

La excepción a la necesidad de hacer mediciones que se comenta en este apartado se refiere al uso de los resultados para la evaluación del riesgo por inha-

lación y no debe interpretarse como excepción general a la realización de mediciones ambientales, ya que tales mediciones serán habitualmente necesarias para verificar la eficacia de una medida preventiva o para el control ambiental periódico. En el Apéndice 4 se indican criterios sobre la aplicación de modelos simplificados, las mediciones ambientales para la evaluación de la exposición y el procedimiento recomendado para la implantación de un control ambiental periódico.

6. En el caso de actividades que entrañen una exposición a varios agentes químicos peligrosos, la evaluación deberá realizarse atendiendo al riesgo que presente la combinación de dichos agentes.

En el caso de actividades que entrañen una exposición a varios agentes químicos peligrosos la evaluación deberá realizarse conforme a lo indicado en el Documento del INSHT sobre "Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España".

La existencia de exposiciones simultáneas puede ser una situación habitual en muchos puestos de trabajo. En estos casos es importante revisar toda la infor-

mación de que pueda disponerse sobre efectos combinados al objeto de poder reconocer los casos de potenciación de efectos, que deben ser tratados con especial consideración. Sin embargo, la información toxicológica sobre mezclas y en consecuencia la evaluación de este tipo de situaciones es difícil de abordar. En la NTP 925 se proponen algunos criterios y fuentes de información.

7. La evaluación de los riesgos deberá mantenerse actualizada, revisándose:

a) Cuando se produzcan modificaciones en las condiciones existentes en el momento en el que se hizo la evaluación, que puedan aumentar el riesgo invalidando los resultados de dicha evaluación.

Por ejemplo: cambios en las condiciones de trabajo (introducción de nuevas tecnologías, nuevos productos o en la organización del trabajo), cambios en las características personales o estado biológico del tra-

bajador, o en los criterios de valoración de los riesgos, que comporten un aumento del riesgo, tal y como establece el artículo 4.2 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

b) En los casos señalados en el apartado 1 del artículo 6 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

Es decir, cuando:

- Lo requiera una normativa específica, como, por ejemplo, el Real Decreto 396/2006 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.
- Se detecten daños a la salud de los trabajadores.
- Las medidas de prevención puedan resultar inadecuadas o insuficientes porque:

- Lo indiquen los resultados de las mediciones periódicas ambientales.
- Lo indiquen los resultados de la vigilancia de la salud.
- Lo indiquen los resultados de las inspecciones periódicas de las instalaciones.
- Lo indiquen los resultados de las observaciones periódicas de los procedimientos de trabajo.

c) Periódicamente, conforme a lo dispuesto en el apartado 2 del artículo 6 de dicho Reglamento. La periodicidad deberá fijarse en función de la naturaleza y gravedad del riesgo y la posibilidad de que éste se incremente por causas que pasen desapercibidas, y teniendo en cuenta los criterios establecidos en la Guía a que hace referencia la Disposición final primera del presente Real Decreto.

Se actualizará periódicamente, teniendo en cuenta el deterioro con el tiempo de los elementos del proceso productivo. La frecuencia de las actualizaciones

se realizará por acuerdo entre la empresa y los representantes de los trabajadores.

No hay que confundir la actualización de la evaluación a que se refiere este artículo con los controles periódicos. La programación de controles periódicos forma parte de las actividades preventivas, mientras que la actualización de la evaluación consiste en una revisión de la evaluación de los riesgos que permita detectar o reevaluar causas y factores desapercibidos o que hayan variado con el tiempo, con el objetivo de verificar la idoneidad de las medidas preventivas implantadas o, si es necesario, implantar nuevas medidas o modificar las existentes.

Como elementos básicos para establecer la periodicidad de estas revisiones pueden considerarse el tipo de efectos sobre la salud y las características de los procesos laborales.

No es posible definir, de forma general, plazos para proceder a las revisiones de la evaluación. La periodi-

dad para revisar las medidas preventivas o estudiar la implantación de nuevas medidas preventivas puede decidirse teniendo en cuenta, además de los elementos básicos citados, lo siguiente:

- La previsible rapidez de deterioro con el tiempo del proceso productivo o de sus instalaciones, que puedan incidir en un incremento del riesgo. Por ejemplo, el deterioro por oxidación de los elementos de seguridad, que vendrá muy condicionado por la agresividad del ambiente en que estén instalados.
- La variabilidad de los resultados obtenidos en los controles periódicos de exposición, ya que pueden ser una consecuencia de la presencia de causas desconocidas o no suficientemente controladas.

8. En el caso de una nueva actividad en la que se utilicen agentes químicos peligrosos, el trabajo deberá iniciarse únicamente cuando se haya efectuado una evaluación del riesgo de dicha actividad y se hayan aplicado las medidas preventivas correspondientes.

En el caso de una nueva actividad con agentes químicos peligrosos (entendiendo por actividad con agentes químicos la definición dada en el artículo 2), la evaluación del riesgo se efectuará antes del inicio del trabajo, por similitud a otras actividades cuyos riesgos hayan sido directamente evaluados. La exposición

también puede estimarse, en igualdad de situaciones, conociendo la que producen sustancias de similar volatilidad o igual condición física (polvo, gas, etc.). En cualquier caso deberán considerarse las precauciones para la manipulación de los productos indicadas en las correspondientes fichas de datos de seguridad.

9. La evaluación deberá documentarse de acuerdo con lo establecido en el artículo 23 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en el artículo 7 del Reglamento de los Servicios de Prevención. En relación con los casos a que hace referencia el apartado 5 del presente artículo, la documentación deberá incluir las razones por las que no se considera necesario efectuar mediciones.

La evaluación de riesgos debe quedar documentada, asegurándose de que la misma está en todo momento depositada en la empresa y disponible según lo establecido en la LPRL.

Con este fin los contenidos mínimos de la documentación para cada puesto de trabajo son:

- Identificación del puesto de trabajo.
- Riesgo o riesgos existentes.

La identificación del riesgo incluirá con carácter general la relación de agentes químicos peligrosos que lo originan, indicando sus propiedades peligrosas y su clasificación. Cuando la contribución a un riesgo determinado no dependa de la identidad de los agentes, sino de su cantidad global y peligrosidad común, es admisible una denominación genérica del agente causal, por ejemplo: "humos de soldadura", "productos inflamables", "hidrocarburos alifáticos exentos de hexano".

- Relación nominal de trabajadores que ocupan el puesto.
- Resultado de la evaluación de cada riesgo y medidas preventivas a aplicar, incluyendo los controles periódicos aconsejados, si es el caso.

En los supuestos en que el resultado de la evaluación indique que no son necesarias medidas específicas de prevención, la documentación justificativa es ineludible.

- Referencia de los criterios y procedimientos de evaluación.

Para los criterios y procedimientos normalizados o de acceso público es suficiente con referenciarlos, por ejemplo Norma UNE-EN 689:1996, o LEP del INSHT y su año de publicación.

Si el procedimiento es propio de la empresa o de una fuente de acceso restringido, o se han utilizado unos criterios o límites alternativos a los

VLA del INSHT se debe incluir en la documentación una copia del procedimiento completo, además de la información complementaria necesaria para avalar su idoneidad.

Asimismo, en los casos en que se haya evaluado el riesgo de exposición sin medir la concentración ambiental la documentación incluirá la justificación de que se ha logrado una adecuada prevención y protección. Los modelos cualitativos de evaluación de la exposición son una herramienta útil para justificar la decisión de no cuantificar la concentración ambiental en una determinada situación.

- Referencia de los métodos de medida, análisis o ensayo utilizados, si es el caso.

Para los métodos de medida o análisis normalizados o de acceso público es suficiente con referenciarlos, por ejemplo Método A del INSHT, o Método B del NIOSH. Si el método es propio de la empresa o de una fuente de acceso restringido, se debe incluir en la documentación una

copia del método completo, además de la información complementaria de su validación. (Ver Apéndice 5 sobre métodos de medición para agentes químicos).

- Equipos utilizados y laboratorios que han participado.

También debe quedar claramente referenciada la identificación de los equipos de medida, en el caso de emplearse instrumentos de lectura directa, y la de los sistemas de toma de muestras, así como el laboratorio que haya analizado las muestras. (Ver Apéndice 6 sobre calidad en las mediciones de agentes químicos).

- Identificación y cualificación de los técnicos de prevención que han efectuado la evaluación y fecha de la misma.

La NTP 863 indica y ordena los contenidos mínimos de que debe disponer un informe de evaluación de riesgos sobre agentes químicos en el ámbito de la Higiene Industrial.

ARTÍCULO 4. Principios generales para la prevención de los riesgos por agentes químicos.

Los riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores en trabajos en los que haya actividad con agentes químicos peligrosos se eliminarán o reducirán al mínimo mediante:

Los principios de la acción preventiva desarrollados en este artículo deben entenderse como una extensión de los principios enunciados en el apartado 1 del artículo 15 de la LPRL aplicados a las actividades con agentes químicos peligrosos.

Teniendo en cuenta que siempre que haya presencia de un agente químico peligroso habrá, en mayor o menor grado, un riesgo, la acción preventiva prioritaria debe ser la eliminación del agente químico peligroso mediante sustitución por otro agente químico que no sea peligroso o mediante la modificación del proceso que lo genera. Así pues, aunque siempre es recomendable plantear la sustitución, ello adquiere especial relevancia ante los agentes y situaciones de mayor riesgo (por ejemplo: para agentes cancerígenos existe una mayor exigencia, tal y como establece su normativa específica, el Real Decreto 665/1997 en su artículo 4). Por ello, a pesar de ser también un principio general, la sustitución del agente químico peligroso viene mencionada explícitamente en este real decreto como una medida específica de prevención y protección. En el **Apéndice 2** de esta Guía se incluye un apar-

tado con referencias a herramientas y fuentes de información para facilitar la sustitución de agentes químicos peligrosos.

El objetivo de minimizar el peligro intrínseco de los agentes utilizados debe mantenerse aun cuando se respeten todas las medidas legales específicas de prevención y protección y, cumplidas dichas medidas, no debe tener más límite que el impuesto por motivos insoslayables de tipo técnico-económico.

Si la eliminación del agente químico peligroso no es posible, la acción preventiva se dirigirá hacia la reducción de los riesgos debidos a su presencia.

Los principios generales de la acción preventiva se concretan en la aplicación de unas técnicas que permiten la consecución de unos objetivos que son básicos y prioritarios para reducir los riesgos.

En el redactado de este artículo, el contenido de los apartados *a)*, *b)*, *c)* y *d)* constituyen técnicas o medios para conseguir los objetivos indicados en los apartados *e)*, *f)* y *g)*.

a) La concepción y organización de los sistemas de trabajo en el lugar de trabajo.

Cualquier actividad debe realizarse en un local bien ventilado, y con mayor razón si la actividad requiere el uso de agentes químicos. Si este es el caso, al plani-

ficar y organizar el trabajo, y además de los objetivos lógicos de producción, debería buscarse la combinación más favorable, la que menor riesgo suponga, entre

el número de tareas a realizar, el número de trabajadores expuestos y el tiempo de exposición de cada uno de ellos.

Del mismo modo, una correcta concepción y organización del trabajo permitirá limitar las cantidades de

agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo a las estrictamente necesarias por exigencias del proceso, a limitar o eliminar la necesidad de la manipulación manual de los mismos, a delimitar y separar lugares en donde se utilicen agentes peligrosos, etc.

b) La selección e instalación de los equipos de trabajo.

En primer lugar, hay que destacar que el diseño de una instalación concreta debe partir de las reglamentaciones de obligado cumplimiento que le sean de aplicación. Adicionalmente, para lograr un nivel elevado de seguridad es preciso que las especificaciones del diseño se apoyen, hasta donde sea posible, en la aplicación de normas técnicas de reconocido prestigio (EN, UNE, DIN, VDI, ASTM u otras). Algunos aspectos importantes a considerar son: elegir adecuadamente el material de construcción de las instalaciones y equipos, minimizar las diferencias entre máximos y mínimos de presión y temperatura, evitar choques térmicos, minimizar las tensiones debidas a cargas excesivas o vibraciones, diseñar los recipientes y las tuberías teniendo en cuenta las dilataciones térmicas y las vibraciones, prevenir los efectos de la humedad y la corrosión, etc.

Con independencia de la peligrosidad de los agentes químicos que puedan estar implicados en una operación, resulta evidente que las instalaciones y los equipos que los contienen o generan deben ser herméticos en la medida de lo posible.

En segundo lugar, los equipos se seleccionarán e instalarán teniendo en cuenta la peligrosidad y caracte-

terísticas del agente que va a utilizarse y del entorno en que va a instalarse (por ejemplo: en equipos destinados en áreas donde puedan formarse o existan atmósferas explosivas se utilizarán sistemas de mando y accionadores totalmente neumáticos o hidráulicos y, de ser eléctricos, serán antiexplosivos).

Los instrumentos de medida, regulación y control deben ser adecuados a la variable clave que se deba controlar y con una fiabilidad tanto mayor cuanto mayor sea la peligrosidad o toxicidad del agente manipulado. También es importante la correcta ubicación y centralización de los instrumentos de regulación y control, que deben ser perfectamente visibles desde los puntos de operación o en los paneles o pantallas de las salas de control.

En cualquier caso, para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta las exigencias del artículo 3 del Real Decreto 1215/1997 por el que se establecen las condiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. (Los apéndices K y L de la correspondiente Guía Técnica del INSHT aportan mayor información sobre estos aspectos).

c) El establecimiento de los procedimientos adecuados para el uso y mantenimiento de los equipos utilizados para trabajar con agentes químicos peligrosos, así como para la realización de cualquier actividad con agentes químicos peligrosos, o con residuos que los contengan, incluidas la manipulación, el almacenamiento y el traslado de los mismos en el lugar de trabajo.

Un procedimiento de trabajo bien concebido puede evitar exposiciones innecesarias (por ejemplo: es recomendable que una operación esporádica, que pueda ocasionar una contaminación ambiental importante, se realice cuando el taller no esté ocupado, para evitar la exposición de trabajadores no implicados directamente en su ejecución); asimismo, un procedimiento puede reducir el riesgo cuando la eficacia preventiva dependa de la correcta actuación del trabajador (por ejemplo, la puesta en marcha de un sistema de extracción localizada antes de proceder a la carga de un reactor).

Los procedimientos de trabajo son técnicamente imprescindibles para la realización de operaciones de riesgo crítico, en situaciones de riesgo desconocido y, en general, en operaciones en las que, ante la insuficiencia o ineficacia de las medidas de prevención o protección, se pueda reducir o eliminar el riesgo me-

dante unas pautas de actuación prefijadas y con la utilización de unos equipos y condiciones de trabajo establecidas, sin que sean admisibles desviaciones respecto a lo previsto.

Un supuesto paradigmático de actuaciones que requieren procedimientos de trabajo son las operaciones a realizar en espacios confinados, de los que se ha hecho mención en los comentarios al artículo 3.2 de esta Guía. Tales procedimientos estarán incluidos y formarán parte de las Autorizaciones de Trabajo preceptivas para este tipo de operaciones.

En situaciones de riesgo crítico o desconocido, tales procedimientos formarán parte de las autorizaciones o permisos de trabajo extendidas por técnicos o mandos responsables, limitando a trabajadores cualificados la ejecución de determinadas tareas.

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.

d) La adopción de medidas higiénicas adecuadas, tanto personales como de orden y limpieza.

La implantación de unas buenas prácticas de higiene personal es un requisito elemental, en cualquier puesto de trabajo, que puede contribuir en gran medida a eliminar o reducir los riesgos debidos a la exposición a agentes químicos peligrosos.

- Cuando se manipulen o estén presentes agentes químicos peligrosos, la prohibición de comer, beber o fumar en los lugares de trabajo es una medida preventiva que se justifica por sí misma, sin necesidad de que exista un riesgo evidente de contaminación.
- Lo mismo puede decirse del mantenimiento de los mínimos de limpieza de la ropa de trabajo y del uso habitual de ésta 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 sería otro ejemplo de las medidas de prevención de riesgos que se justifican por sí mismas, sin necesidad de que exista un riesgo evidente que las haga necesarias. Los productos de limpieza, así como los de cuidado de la piel, en ningún caso serán agresivos.

Deberían tenerse en cuenta las necesidades particulares de las trabajadoras embarazadas o en periodo de lactancia.

La limpieza es también una de las medidas preventivas básicas para evitar la exposición innecesaria de trabajadores. Los suelos, techos y paredes de los lugares de trabajo serán de características tales que permitan una correcta limpieza y asimismo garanticen una total impermeabilización frente a agentes químicos que pudieran proyectarse, derramarse, etc. Cuando, por la peligrosidad del agente, se deba evitar, en caso de derrame o fuga, su acumulación espacial o temporal o su vertido al desagüe, los suelos deben permitir recolectar y drenar a lugar seguro los agentes peligrosos. La eliminación o limpieza de pequeños derrames se hará, según el caso (véase sección 6 de la Ficha de Datos de Seguridad de los agentes químicos utilizados sobre medidas en caso de vertido accidental), con agentes absorbentes o neutralizantes que, una vez usados, se depositarán en recipientes para residuos, para su retirada y, en su caso, posterior tratamiento.

Las operaciones de limpieza, sean programadas o puntuales, no deben constituir por sí mismas una fuente de riesgo para los trabajadores que las efectúen o para terceros. Para garantizarlo, existirán procedimientos encaminados a garantizar que las mismas se realizarán en los momentos, por las personas, de la forma y con los medios más adecuados.

e) La reducción de las cantidades de agentes químicos peligrosos presentes en el lugar de trabajo al mínimo necesario para el tipo de trabajo de que se trate.

f) La reducción al mínimo del número de trabajadores expuestos o que puedan estarlo.

g) La reducción al mínimo de la duración e intensidad de las exposiciones.

En el contexto del real decreto estos principios se deben interpretar como principios preventivos básicos que deben aplicarse siempre que estén involucrados agentes químicos peligrosos. En algunas circunstancias la aplicación de estos principios, junto con las acciones de formación e información exigidas en el artículo 9, pueden ser suficientes para evitar o reducir al mínimo los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores aun estando presentes agentes químicos peligrosos, en cuyo caso no es necesario implantar medidas específicas de prevención y protección tal como ya quedó establecido en el artículo 3.

Un supuesto, a título de ejemplo de esto último, sería la operación de añadir un producto desengrasante y un tensioactivo (ambos etiquetados como “no-civo” y con efectos irritantes según su FDS) a una cuba de agua para preparar un baño de desengrase. El operario encargado de tal operación puede realizarla en condiciones seguras si dispone de una información previa sobre los agentes químicos citados y de una formación sobre las precauciones y medidas a tomar. Las medidas y precauciones estarán contenidas en el procedimiento de trabajo establecido por la empresa para la ejecución de la operación de preparación del baño.

ARTÍCULO 5. Medidas específicas de prevención y protección.

1. El presente artículo será aplicable cuando la evaluación de los riesgos ponga de manifiesto la necesidad de tomar las medidas específicas de prevención y protección contempladas en el mismo, teniendo en cuenta los criterios establecidos en los apartados 3 y 4 del artículo 3 del presente Real Decreto.

La necesidad de adopción de medidas preventivas específicas vendrá determinada por la evaluación de

los riesgos, de la que se deducirán así mismo las medidas concretas a implantar.

2. El empresario garantizará la eliminación o reducción al mínimo del riesgo que entrañe un agente químico peligroso para la salud y seguridad de los trabajadores durante el trabajo. Para ello, el empresario deberá, preferentemente, evitar el uso de dicho agente sustituyéndolo por otro o por un proceso químico que, con arreglo a sus condiciones de uso, no sea peligroso o lo sea en menor grado.

Es de destacar de este apartado la obligación del empresario de garantizar la eliminación o reducción al mínimo del riesgo que entrañe un agente químico peligroso para la seguridad y salud de los trabajadores durante el trabajo.

La primera consecuencia de esta obligación es la preferencia explícita de evitar el uso del agente peligroso (por ejemplo, sustituir un hidrocarburo clorado por un detergente como desengrasante) o utilizar un proceso que, con arreglo a sus condiciones de uso, suponga un riesgo menor (por ejemplo, sustituir el pintado mediante proyección aerográfica por pintado por inmersión, o cordón de soldadura eléctrica por soldadura por puntos).

Es esencial para el empresario, especialmente de la pequeña y mediana empresa, disponer de alternativas

en el mercado que minimicen las dificultades técnicas que todo proceso de sustitución conlleva en mayor o menor grado, y que en la práctica constituyen una barrera para su efectiva aplicación. Se prevé que el Reglamento REACH impulse la sustitución a través de la desaparición de algunos agentes hasta ahora comercializados y a través de la investigación y desarrollo que es necesario demostrar que se lleva a cabo como requisito para obtener una autorización temporal de comercialización por parte del fabricante.

Se ofrecen criterios sobre cómo abordar un proceso de sustitución en las NTP 673 y 712. El **Apéndice 2** de esta Guía incluye un apartado donde se referencian herramientas y bases de datos para facilitar el proceso de sustitución de agentes químicos peligrosos.

Cuando la naturaleza de la actividad no permita la eliminación del riesgo por sustitución, el empresario garantizará la reducción al mínimo de dicho riesgo aplicando medidas de prevención y protección que sean coherentes con la evaluación de los riesgos.

La segunda consecuencia es que, caso de no ser posible la sustitución del agente o la modificación del proceso utilizado, la presencia o la exposición al agente debe ser reducida al mínimo.

En los casos en que el riesgo es debido a la exposición a un agente químico peligroso, la evaluación de riesgos puede concluir la necesidad de programar mediciones periódicas de la concentración ambiental. Las mediciones periódicas pueden ser consideradas como una medida específica de prevención y constituyen un tipo de control ambiental que se repite con una frecuencia que depende del resultado de las anteriores mediciones (ver **Apéndice 4**) y que sirven para verificar el mantenimiento de la eficacia de las medidas de prevención adoptadas. Siempre que se detecte la superación de un valor límite de exposición profesional durante estos controles, el empresario actuará de forma

inmediata para poner remedio a la situación mediante la adopción de medidas de prevención y protección, de forma análoga a la indicada en el apartado 4 del artículo 3 de este real decreto.

El objetivo de las medidas preventivas debe ser, salvo situaciones no previsibles y poco frecuentes, que no se supere el valor límite ambiental en los términos en que esté establecido (exposición diaria, exposición de corta duración o superación de los límites de desviación) y reducir la exposición al mínimo nivel posible, aspecto sobre el que el Real Decreto 665/1997 sobre agentes cancerígenos y mutágenos hace un especial énfasis. El término "mínimo nivel posible" debe ser interpretado en el sentido de lo que permitan las mejores técnicas aplicadas con tal finalidad en el sector de actividad de que se trate.

Dichas medidas incluirán, por orden de prioridad:

Las medidas preventivas a adoptar deben ser conformes al orden de prioridades que se establece en los principios generales de acción preventiva definidos en el artículo 15.1 de la LPRL. El orden de prioridad que se fija para el establecimiento de medidas de reducción

del riesgo indica que sólo se debe aceptar una medida preventiva de orden inferior cuando las medidas de orden superior no son aplicables al caso en cuestión o no son suficientes para eliminar el riesgo.

- a) La concepción y la utilización de procedimientos de trabajo, controles técnicos, equipos y materiales que permitan, aislando al agente en la medida de lo posible, evitar o reducir al mínimo cualquier escape o difusión al ambiente o cualquier contacto directo con el trabajador que pueda suponer un peligro para la salud y seguridad de éste.
- b) Medidas de ventilación u otras medidas de protección colectiva, aplicadas preferentemente en el origen del riesgo, y medidas adecuadas de organización del trabajo.
- c) Medidas de protección individual, acordes con lo dispuesto en la normativa sobre utilización de equipos de protección individual, cuando las medidas anteriores sean insuficientes y la exposición o contacto con el agente no pueda evitarse por otros medios.

Los escenarios de exposición que pueden estar anejados a las FDS están referidos al uso que se hace del agente químico y prevén una serie de condiciones de funcionamiento y medidas preventivas para la manipulación y utilización segura de dicho agente, que deberán ser contrastadas con las medidas derivadas de la evaluación de riesgos a la que obliga el artículo 3 (ver Apéndice 11).

En la mayoría de exposiciones se pueden identificar cuatro elementos cuya interrelación condiciona el riesgo: el agente, el proceso, el local y el procedimiento de trabajo. Ello es así porque el riesgo se debe a que existe un agente químico peligroso que se manipula o procesa en una instalación, ubicada en un local, siguiendo un procedimiento de trabajo determinado previamente. Estos son los elementos sobre los que se pueden aplicar medidas preventivas para eliminar o

reducir el riesgo y el orden en que se presentan es el de preferencia para la aplicación de dichas medidas, ya que la eficacia de estas suele ser mayor cuanto menor es la necesidad de intervención humana para lograr su implantación.

La tabla 2 presenta una enumeración no exhaustiva de las medidas preventivas posibles, clasificadas de acuerdo con el elemento sobre el que actúa y según el objetivo que se puede conseguir con su implantación. El objetivo (filas de la tabla) determina el nivel de prioridad tal como lo define este artículo. A igualdad de prioridad (misma fila), y atendiendo a la eficacia del control de riesgos, son preferentes las medidas preventivas citadas en las columnas situadas más a la izquierda en la tabla. No existe un orden de prioridad entre las medidas situadas dentro de una misma celda de la tabla.

Nivel de prioridad	Objetivo de la medida preventiva	La medida preventiva se aplica al			
		Agente químico	Proceso o Instalación	Local de trabajo	Método de trabajo
1º	Eliminación del riesgo	Sustitución total del agente químico por otro menos peligroso	Sustitución del proceso Utilización de equipos intrínsecamente seguros (1)		Automatización Robotización Control remoto
2º	Reducción o control del riesgo	Sustitución parcial del agente Cambio de forma o estado físico (2)	Proceso cerrado Cabinas de guantes Aumento de la distancia Mantenimiento preventivo (3) Extracción localizada Equipos con extracción local incorporada Cubetos de retención	Orden y limpieza Segregación de departamentos sucios Ventilación por dilución Duchas de aire Cortinas de aire Cabinas para los trabajadores Drenajes Control de focos de ignición	Buenas prácticas de trabajo Supervisión Horarios reducidos
3º	Protección del trabajador				EPI de protección respiratoria, dérmica u ocular (RD 773/1997)

(1) Aplicable para eliminar el riesgo de incendio o explosión.

(2) Por ejemplo: la manipulación de un material sólido por vía húmeda, en forma de pasta o gel, o su encapsulamiento puede reducir el riesgo por inhalación.

(3) El objetivo del mantenimiento preventivo debe ser evitar las fugas, derrames o escapes de agentes químicos que son una de las causas de riesgo más frecuentes. Las actuaciones posteriores para la contención y limpieza del producto derramado son medidas de control complementarias.

Tabla 2. Prioridad en la elección de medidas preventivas.

La extracción localizada y la ventilación por dilución, aunque no son técnicas preventivas de máxima prioridad de implantación, sí son las más frecuentes en la práctica, ya que en muchas ocasiones las medidas de reducción de riesgos de mayor prioridad no son aplicables... Por este motivo se realiza en el Apéndice 7 una breve descripción de cada una de ellas con objeto de facilitar su aplicación correcta.

En cualquier caso, la evaluación de riesgos determinará las medidas necesarias para lograr una adecuada protección del trabajador. No se recurrirá a la protección individual sin respetar el orden de prioridad de aplicación de las medidas preventivas establecido en este apartado.

En general, se recurrirá a la protección individual cuando:

- Las medidas de prevención y protección colectiva u organizativas aplicadas sean insuficientes.
- Las medidas de prevención y protección colectiva u organizativas sean técnicamente inviables.

- Las medidas de prevención y protección colectiva que sean oportunas no puedan adoptarse inmediatamente y se deba recurrir provisionalmente a dicha protección individual.
- Se trate de efectuar operaciones puntuales o de una situación eventual que no justifique la implantación de medidas permanentes. En estos supuestos se debe garantizar que el uso de un EPI proporciona un nivel de protección equivalente al que proporcionarían las medidas a las que sustituye.
- Se produzcan situaciones de emergencia, rescate o autosalvamento. En este caso se utilizarán siempre.

En el **Apéndice 8** se exponen criterios para la selección y utilización de Equipos de Protección Individual frente a riesgos ocasionados por la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo. Se aconseja adicionalmente consultar la Guía Técnica del INSHT del Real Decreto 773/1997.

3. Sin perjuicio de lo establecido en el apartado anterior, el empresario deberá adoptar, en particular, las medidas técnicas y organizativas necesarias para proteger a los trabajadores frente a los riesgos derivados, en su caso, de la presencia en el lugar de trabajo de agentes que puedan dar lugar a incendios, explosiones u otras reacciones químicas peligrosas debido a su carácter inflamable, a su inestabilidad química, a su reactividad frente a otras sustancias presentes en el lugar de trabajo, o a cualquier otra de sus propiedades fisicoquímicas.

Como se ha dicho, el riesgo químico viene definido por la peligrosidad intrínseca del agente (propiedades fisicoquímicas o toxicológicas) y por sus condiciones de uso. Por ello, si no es posible la sustitución del agente, las medidas técnicas y organizativas a tomar, siguiendo un orden de prioridad (tabla 2), se encaminarán a establecer unas condiciones de uso en las que el riesgo se reduzca al mínimo.

Las reacciones que, en general, ofrecen situaciones de mayor riesgo son las de carácter exotérmico, es decir, aquellas en las que tiene lugar un desprendimiento de calor (Ver NTP 527, 528 y 529). Las sustancias fácilmente peroxidables y aquellas que pueden

polimerizarse rápidamente son ejemplos de reacciones químicas peligrosas debido a su inestabilidad química. Los agentes químicos clasificados como incompatibles, por la elevada afinidad entre ellos y cuya mezcla podría provocar reacciones violentas, deben ser almacenados y transportados separadamente. Especial consideración deben tener los compuestos que reaccionan violentamente en contacto con el oxígeno del aire o con el agua (ver NTP 237), tanto en su manipulación como en el almacenamiento o transporte. Otro ejemplo son las sustancias muy oxidantes, como los ácidos concentrados, que pueden reaccionar de manera muy peligrosa con los productos orgánicos.

Estas medidas deberán ser adecuadas a la naturaleza y condiciones de la operación, incluidos el almacenamiento, la manipulación y el transporte de los agentes químicos en el lugar de trabajo y, en su caso, la separación de los agentes químicos incompatibles.

En el almacenamiento de agentes químicos debe diferenciarse entre aquellas áreas o zonas destinadas exclusivamente a almacenamiento y las situaciones en que, por necesidades de proceso, se requiere la presencia de cantidades de productos químicos peligrosos en el lugar de trabajo.

En el primer caso, en la medida que les sea aplicable, el almacenamiento deberá ajustarse a las exigencias del Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos (Real Decreto 379/2001, actualizado por el Real Decreto 105/2010), y sus, hasta ahora, nueve Instrucciones Técnicas Complementarias, que es de aplicación obligatoria cuando las cantidades almacenadas superan los límites indicados. Cabe destacar que esta reglamentación no afecta a los almacenamientos integrados dentro de las unidades de proceso, cuya capacidad estará limitada a la necesaria para la continuidad del proceso.

Con carácter general, es preciso establecer un plan de almacenamiento que permita, en caso de incidente (fuga, derrame, incendio,...), conocer con rapidez y precisión la naturaleza de los productos almacenados, su cantidad y su localización dentro del almacén.

Para ello se deben considerar e implantar unas medidas básicas para el almacenamiento seguro de agentes químicos peligrosos. Entre ellas cabe citar:

- Emplazamiento seguro de los almacenes. Se debería garantizar que la ubicación física del alma-

cén se encuentre alejada tanto de áreas de proceso u otras dependencias de la empresa (por ejemplo: estación transformadora, central de energía, etc.) como de otras posibles injerencias externas (por ejemplo: riadas, deslizamiento del terreno, etc.) que puedan contribuir a acrecentar o a propagar el riesgo de las sustancias almacenadas.

- Agrupación de productos por comunidad de riesgos, evitando el almacenamiento conjunto de productos incompatibles o muy reactivos. Por ejemplo, las sustancias inflamables o combustibles y las reductoras deben estar separadas de las oxidantes y de las tóxicas, y mantenerse alejadas de focos de calor. A fin de garantizar un almacenamiento correcto y seguro de distintos agentes químicos se deberá consultar en cada caso la Ficha de Datos de Seguridad del producto y, especialmente, las secciones 2, 7 y 10 de la misma que corresponden respectivamente a "identificación de peligros", a "manipulación y almacenamiento" y a "estabilidad y reactividad". En la tabla 3 se presentan las incompatibilidades entre grupos genéricos de productos.
- No estará permitido el almacenamiento conjunto de productos que requieran agentes de extinción incompatibles con alguno de ellos.

	Inflamable	Explosivo	Tóxico	Radiactivo	Comburente	Nocivo	Corrosivo
Inflamable	+	-	-	-	-	+	o
Explosivo	-	+	-	-	-	-	-
Tóxico	-	-	+	-	-	+	+
Radiactivo	-	-	-	+	-	-	-
Comburente	-	-	-	-	+	o	-
Nocivo	+	-	+	-	o	+	+
Corrosivo	o	-	+	-	-	+	+

Tabla 3. Cuadro resumen de incompatibilidades de almacenamiento de agentes químicos peligrosos.

+ Se pueden almacenar conjuntamente

O 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 inorgánicos fuertes con: bases fuertes, agua, cianuros, nitruros, sulfuros;
- bases inorgánicas fuertes con: ácidos fuertes, agua, fósforo, nitroalcanos;
- ácido sulfúrico con: celulosa, ácido perclórico, permanganato potásico, cloratos, compuestos nitrados.

Son ejemplos de agentes inestables:

- productos cuyo almacenamiento prolongado entraña la posibilidad de descomposición: amidos alcalinos, ciertas sales de diazonio, cloruro de aluminio;
- sustancias fácilmente peroxidables: compuestos alílicos, vinílicos e isopropílicos, estireno;
- compuestos que reaccionan violentamente 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, hidruros (ver NTP 237);

- con ácido clorhídrico: sulfuros, hipocloritos, cianuros;
- con ácido nítrico: algunos metales;
- con ácido sulfúrico: ácido fórmico, ácido oxálico, alcohol etílico.

Puede consultarse más información sobre la incompatibilidad y reactividad de distintos grupos químicos en las NTP 478 y 479.

- Establecer y respetar a cantidades máximas de productos químicos almacenados así como alturas máximas de almacenamiento.
- Colocación de los productos contenidos en recipientes homologados, de acuerdo con las exigencias de la reglamentación vigente sobre transporte de mercancías peligrosas. Dicha normativa determina las exigencias relativas a los embalajes o envases, entre ellas: la prueba de estanqueidad, el marcado, la capacidad o peso neto máximo, los dispositivos de cierre, etc. Se deberá garantizar la idoneidad de los envases frente a las agresiones físicas o químicas a que puedan estar sometidos.
- Mantenimiento de accesos despejados y vías de tránsito y superficies de almacenamiento señalizadas.
- Control de accesos a personas y vehículos ajenos a la instalación
- Mantenimiento de vías de evacuación y salidas de emergencia despejadas y señalizadas.

- Garantías de identificación de productos. Exigencia de etiquetado en los productos que se adquieran y, en cumplimiento de lo exigido en el Anexo VII.4 del Real Decreto 485/1997, etiquetado de los recipientes no originales que contengan estos productos (véase **Apéndice 11**).
- Instrucciones precisas de trabajo.
- Procedimientos de actuación en caso de incidentes (fugas, derrames, emisiones y similares) considerando la información facilitada en la FDS.
- Cuando los almacenes se encuentren situados en el interior de edificios, se garantizará la ventilación que asegure que, tanto en las condiciones normales de almacenamiento como en las excepcionales que previsiblemente pudieran darse (fugas, derrames, etc.), no se producirán concentraciones ambientales peligrosas. Cuando se emplee ventilación forzada, esta dispondrá de un sistema de alarma en caso de avería.
- Procedimientos en caso de emergencia. En general, cada almacenamiento o conjunto de almacenamientos dentro de una misma propiedad tendrá su plan de actuaciones ante situaciones de emergencia. El plan considerará las emergencias que pueden producirse, la forma precisa de controlarlas por el personal del almacenamiento y, en su caso, la posible necesidad de actuación de servicios externos. Estos procedimientos de actuación ante emergencias en las áreas de almacenamiento se integrarán en el Plan de Emergencias de la empresa.
- En cuanto a los almacenes a los que les sean aplicables las ITC-MIE-APQ del Reglamento de almacenamiento de productos químicos (RD 379/2001), adecuación de los respectivos planes de emergencia a los requisitos que en las mismas se exigen.

A título de aplicación puntual de los criterios de almacenamiento seguro a una situación concreta, en la NTP 725 se exponen las bases para un almacenamiento seguro en laboratorios.

Las operaciones de manipulación, que acostumbran a dar lugar a un número importante de accidentes, muchos de ellos de consecuencias graves, requieren la implantación de procedimientos de trabajo. Tales procedimientos deberían implantarse en todas aquellas operaciones que impliquen exposición y riesgo de contacto con agentes químicos peligrosos (por ejemplo: trasvases entre recipientes, alimentación de equipos, transporte de recipientes, toma de muestras, intervenciones en procesos químicos discontinuos, etc.). En distintas publicaciones del INSHT, relacionadas en el Apartado IV de esta Guía sobre

fuentes de información, se tratan monográficamente las medidas a tomar para la realización de algunas de estas operaciones de manipulación. A continuación se resumen algunas de estas medidas:

- El trasvase de sustancias peligrosas debe efectuarse, en lo posible, en instalaciones fijas, limitando las operaciones manuales a las mínimas posibles.
- Deben evitarse los trasvases por vertido libre.
- Se debe etiquetar el recipiente al que se ha trasvasado el producto de igual forma que el recipiente del que se ha trasvasado.
- Se podrán realizar trasvases por gravedad desde recipientes que estén fijos siempre que dispongan de grifo incorporado y exista un sistema de drenaje para eliminación rápida de posibles derrames. En trasvases de líquidos inflamables se evitará la generación de cargas electrostáticas y, en todo caso, el conjunto de la instalación de trasvase garantizará la descarga a tierra de las que pudieran generarse.
- El llenado de recipientes de boca estrecha debe efectuarse con embudo, salvo cuando el trasvase se efectúe desde recipientes de capacidad muy pequeña.
- Es imprescindible disponer de un sistema de visualización para saber cuándo se está completando la carga de un recipiente. Muchos accidentes suceden al llenar depósitos y derramarse líquidos por carecer de un rebosadero controlado y/o un indicador de nivel adecuado.
- El uso de equipos de protección individual dérmica resistentes al producto químico trasvasado y de protección ocular, bien por pantalla facial o gafas panorámicas, son además necesarios para evitar contactos, especialmente cuando se trata de productos corrosivos. El uso de los EPI citados, así como otros posibles EPI cuya utilización se deduzca de la previa y preceptiva evaluación de riesgos de la tarea (por ejemplo, EPI de protección respiratoria) seguirán los criterios de utilización que se exponen en el **Apéndice 8** de esta Guía.
- Los derrames peligrosos deben quedar delimitados. Es necesario emplear sistemas de absorción seguros, que además ejerzan una acción neutralizante cuando ello sea factible. Hay que prever sustancias neutralizadoras para cada caso y agua abundante para limpieza. Hay que destacar que el serrín es un polvo combustible que en ningún caso debe utilizarse para absorber líquidos inflamables ya que acrecentaría aún más la inflamabilidad.

- Si pudieran producirse vertidos de sustancias de diferente tipo de peligrosidad, es necesario diferenciar los sistemas de desagües ya que, por ejemplo, es conveniente recoger las sustancias inflamables para su posterior eliminación por incineración y, en cambio, las corrosivas, hay que neutralizarlas previamente en un cubeto de retención, antes de que entren en la red general.
- En las proximidades de lugares de trabajo en donde se manipulen agentes químicos peligrosos deben existir duchas de emergencia y fuentes lavaojos. Deberían situarse a no más de 10 m de los lugares de trabajo.

Respecto a las medidas de prevención en el transporte interno de agentes químicos peligrosos, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se evitará en lo posible el transporte manual o mediante vehículos internos, así como el uso de conducciones y mangueras flexibles que por su movilidad están expuestas a un deterioro importante. Se debe priorizar el empleo de conducciones fijas siempre que sea posible.
- Los envases que deban contener agentes peligrosos deberán tener la resistencia física y química necesaria, en función de las características de los mismos y de las condiciones de utilización y transporte previstas.

Se dará preferencia al uso de envases metálicos, siempre que sean compatibles con los agentes químicos contenidos en ellos, ya que ofrecen mayores garantías de seguridad.

Los envases de plástico, aunque son resistentes a muchas sustancias químicas y soportan pequeños golpes, debido a su degradación por el tiempo y la radiación solar, deben ser objeto de una vigilancia frecuente

con el fin de retirar de uso y servicio los envases degradados. En ningún caso su periodo de uso debería superar los cinco años.

El vidrio es resistente a la mayoría de agentes pero es muy frágil. Por ello los recipientes de vidrio deben transportarse protegidos en recipientes rellenos de materiales absorbentes inatacables y de un tamaño tal que sean capaces de retener todo el agente peligroso en caso de rotura del recipiente. Se emplearán sólo para pequeñas cantidades: no más de 2 litros para sustancias muy corrosivas y muy tóxicas y de 4 litros para inflamables.

Para los agentes inflamables se deberían evitar los envases de vidrio o plástico por su fragilidad y por no ofrecer suficiente resistencia al fuego. Los envases que contengan agentes inflamables deberían ser de seguridad, con características y prestaciones conocidas. Existe en el mercado una amplia gama de envases de seguridad especiales para contener agentes químicos inflamables y corrosivos.

- Las tuberías por las que circulen agentes químicos peligrosos deben permitir la identificación de los mismos. Al respecto se recomienda consultar el Real Decreto 485/1997 sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo y su Guía Técnica correspondiente.
- Las tuberías se protegerán frente a riesgos mecánicos (choques, golpes, etc.), especialmente en las zonas de circulación de equipos móviles (carretillas, Plataformas Elevadoras Móviles de Personal, transpaletas, etc.).
- Las tuberías se instalarán de modo que se eviten acumulaciones de líquidos en su interior, por lo cual las horizontales deben tener una ligera pendiente para facilitar el drenaje, existiendo en los puntos de drenaje las correspondientes válvulas de purga (Figura 1).

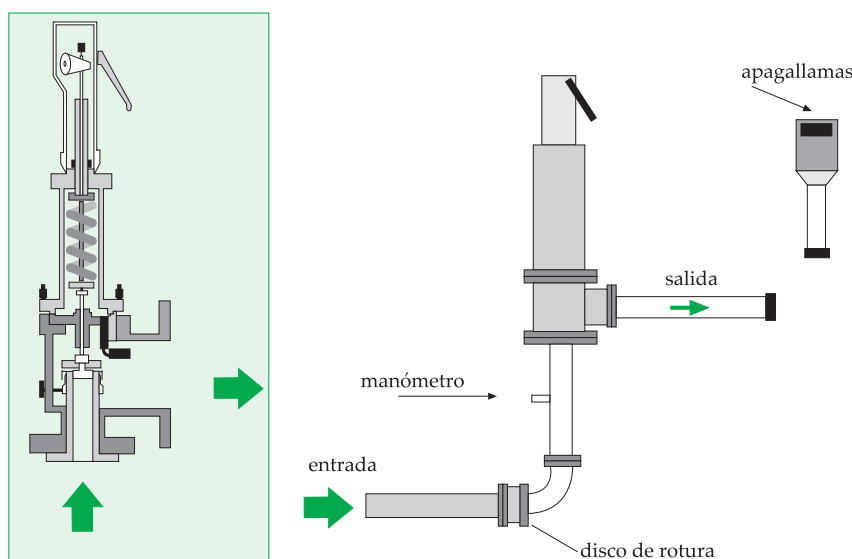


Figura 1. Válvula de seguridad

- Las tuberías dispondrán de válvulas de seguridad para alivio de presiones si pueden estar sometidas a sobrepresiones que excedan en más del 10% la máxima admisible de trabajo. Si el producto evacuado pudiera ser peligroso, se conducirá a una instalación de tratamiento (antorcha, torre de neutralización, plantas de revalorización o de tratamiento térmico del aire residual, etc.) o, en su caso, a una zona segura.
- Se evitarán las conducciones enterradas de líquidos inflamables, corrosivos y tóxicos. En casos en que excepcionalmente existan tramos de tubería enterrados o no visibles, se dotarán de la protección adecuada para poder detectar y contener los vertidos (por ejemplo: doble tubería o conducciones de doble pared con control de posibles fugas, canal hacia arqueta, etc.). Se evitarán en esos tramos las uniones no soldadas y las juntas de expansión.
- Dado que las bridas y conexiones de las tuberías son puntos de posibles fugas, es necesario adoptar medidas tales como: emplear conexiones soldadas en ambientes interiores en los que las fugas de gases inflamables o tóxicos puedan poner en peligro la salud de las personas; controlar en plazos programados su estado, visualmente y midiendo si es necesario.
- Ante la necesidad de aislar instalaciones y equipos es imprescindible utilizar bridas ciegas complementariamente al bloqueo de válvulas en puntos estratégicos, a fin de garantizar que no fluyen agentes químicos peligrosos.
- Se evitarán tramos de tubería excesivamente largos sin válvulas de seccionamiento, cuando el vaciado accidental de la misma pueda generar peligros sustanciales a los trabajadores. Atendiendo a la peligrosidad del agente químico y las circunstancias, puede ser oportuno disponer de válvulas de seccionamiento accionadas mediante control remoto.
- Se procurará que las válvulas manuales de regulación se localicen en lugares accesibles y estén protegidas mediante apantallamiento cuando se puedan producir proyecciones o fugas. Con carácter general el apantallamiento se hará extensivo a todos aquellos puntos del sistema de tuberías en los que exista la posibilidad de proyección de líquido y se encuentren próximos a los puntos de operación y vías de circulación en donde las personas puedan verse expuestas.

En particular, el empresario adoptará, por orden de prioridad, medidas para:

- a) Impedir la presencia en el lugar de trabajo de concentraciones peligrosas de sustancias inflamables o de cantidades peligrosas de sustancias químicamente inestables o incompatibles con otras también presentes en el lugar de trabajo cuando la naturaleza del trabajo lo permita.

En materia de lucha contra incendios el primer objetivo a conseguir consiste en identificar, para su inmediata eliminación, sustitución o, en su defecto, control, los combustibles y focos de ignición presentes en el ámbito de trabajo. Se trata de medidas de prevención encaminadas a evitar la aparición del incendio.

A fin de impedir la presencia en el lugar de trabajo de concentraciones peligrosas de sustancias inflamables o cantidades peligrosas de sustancias químicamente inestables o incompatibles entre sí, se debe reducir 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, depositando las cantidades de productos no necesarias en un recinto específico y adecuado para su almacenamiento. Con ello podremos conseguir el aislamiento del riesgo en el lugar destinado al almacenamiento, dotándolo con más facilidad de los medios de prevención y protección adecuados. Aquellos agentes que, por necesidades operativas, deban estar presentes en el lugar de trabajo se dispondrán en el mismo, garantizando el control efectivo de los riesgos propios de cada uno de

ellos y de los riesgos que puedan generarse o potenciarse por la coexistencia o proximidad de agentes con diferente tipo de peligrosidad. Para ello:

- Los agentes químicos peligrosos presentes en el lugar de trabajo se dispondrán con criterios de "comunidad de riesgos", evitando la proximidad entre sustancias incompatibles o muy reactivas. Es necesario que dichos agentes se localicen en lugares específicos debidamente señalizados y protegidos frente a cualquier tipo de injerencia.
- Las cantidades de líquidos inflamables existentes en el área de trabajo deberían depositarse en armarios de seguridad que cumplan con los requisitos especificados para los mismos en la MIE-APQ-1 del Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos (figura 2).
- Los líquidos inflamables existentes en el lugar de trabajo deberían estar contenidos en recipientes que garanticen seguridad en su empleo, recomendándose la utilización de recipientes de seguridad herméticos y de cierre automático. Estos

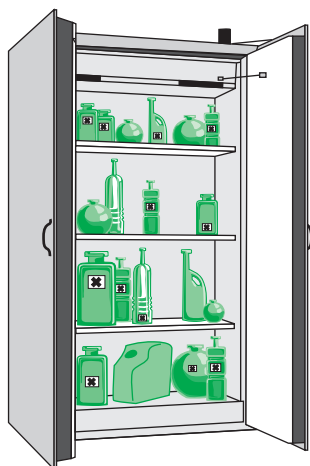


Figura 2. Armario de seguridad



Figura 3. Recipiente de seguridad

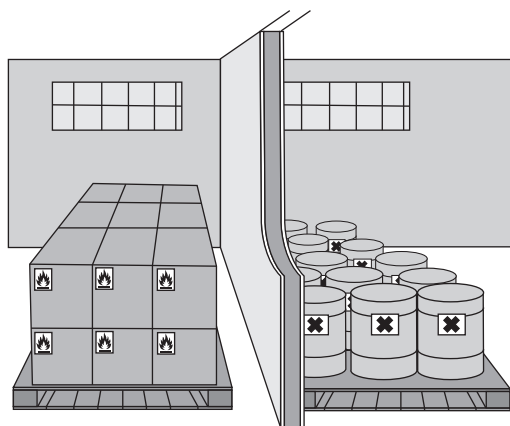


Figura 4. Separación por compartimentación

recipientes, cuyas características y prestaciones deben ser conocidos (en especial su RF), son los que deberían depositarse en los armarios de seguridad citados en el párrafo anterior (figura 3).

- Se evitará que productos incompatibles puedan coexistir en un mismo espacio si pueden dar lugar a un incremento del riesgo. A tal fin, se deberá mantener una separación física por distancia o por compartimentación entre áreas (figura 4).

- Las operaciones con gases o líquidos inflamables en las que se produzcan desprendimientos de vapores (trasvase, aplicación aerográfica, mezclas, proceso, laboratorio, etc.) se realizarán con garantías de captación por extracción localizada de los gases o vapores desprendidos y adecuada ventilación general del área de trabajo, de forma que la concentración ambiental de los mismos esté en todo momento por debajo del Límite Inferior de Inflamabilidad (LII) del producto.
- Aquellos locales en los que existan fosos o sótanos donde puedan acumularse los vapores inflamables dispondrán en dichos fosos o sótanos de una ventilación forzada, adecuada para evitar tal acumulación.
- Con el fin de evitar la presencia de vapores inflamables, es posible refrigerar manteniendo la temperatura del agente combustible o inflamable por debajo de su punto de inflamación. En algunos casos, también puede ser factible, mediante disolución o mezcla, la adición al combustible de una sustancia que aumente su temperatura o punto de inflamación (por ejemplo, la adición de agua a los alcoholes).
- Se controlarán mediante explosímetros las concentraciones peligrosas de gases y vapores inflamables en los distintos ámbitos en que se puedan generar. En su caso, se realizarán mediciones en continuo a lo largo del desarrollo de la operación o proceso cuando estos puedan generar atmósfera inflamable (por ejemplo, en túneles de secado).
- Los trasvases y demás operaciones en que puedan producirse derrames se realizarán en lugares específicos que garanticen su recogida y drenaje a lugar seguro y en condiciones de ventilación adecuadas.
- Los residuos generados deberían depositarse, en función de su peligrosidad, en recipientes de seguridad, herméticos y de cierre automático, hasta su eliminación. En todo caso, la gestión de los residuos cumplirá con los requisitos exigidos por la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- 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.

En aquellos supuestos en que existan productos inflamables en estado líquido o combustibles sólidos en estado pulverulento y no sea posible actuar sobre ellos,

podrá preverse la necesidad o la posibilidad de controlar el comburente. Para ello:

- A fin de garantizar que la atmósfera no sea peligrosa será imprescindible evitar la presencia incontrolada de aire y/o su entrada masiva en espacios confinados en los que existan productos inflamables.
- Las operaciones de carga y descarga de productos inflamables en recipientes atmosféricos se efectuarán de manera gradual y sin arrastre de aire (alimentación mediante tornillo helicoidal o válvula de doble compuerta), manteniendo un riguroso control de la atmósfera interior. Cuando no sea posible garantizar lo anterior, será imprescindible recurrir a la inertización.

La inertización, que se basa en mantener atmósferas con bajo o nulo contenido en oxígeno mediante el

desplazamiento de este con agentes inertizantes como el nitrógeno, el vapor de agua o el anhídrido carbónico, 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 finalmente divididos y no se pueda garantizar su eliminación. Es importante comprobar que no exista incompatibilidad entre el producto almacenado y el tipo de gas inerte a utilizar.

- Para eliminar vapores de líquidos inflamables de recipientes o depósitos pequeños donde haya que realizar algún trabajo en caliente o que requiera el uso de fuentes de ignición, puede recurrirse a su llenado con agua, siempre que ello sea posible y el agua sea compatible con el agente que contenía el recipiente.

b) Cuando la naturaleza del trabajo no permita la adopción de la medida prevista en el apartado anterior, evitar las fuentes de ignición que pudieran producir incendios o explosiones o condiciones adversas que pudieran activar la descomposición de sustancias químicamente inestables o mezclas de sustancias químicamente incompatibles.

Si no es posible impedir o reducir la presencia en el lugar de trabajo de concentraciones peligrosas de sustancias inflamables o cantidades peligrosas de sustancias químicamente inestables, se debe garantizar que los distintos tipos de fuente de ignición que pudieran encontrarse habitual o esporádicamente en el ámbito de trabajo no puedan desprender una cantidad de energía suficiente para iniciar el incendio, explosión u otras situaciones adversas.

Para ello, siempre que sea posible, se utilizarán equipos alimentados o accionados por energías que no generen calor (hidráulica, neumática, etc.). Cuando ello no sea posible, se deben usar equipos protegidos y procedimientos de trabajo que garanticen un control de los focos de ignición.

Entre las posibles fuentes capaces de iniciar la ignición se pueden contemplar:

- Térmicas: llamas o chispas (estufas, mecheros Bunsen, soldadura, carretillas de motor térmico carentes de dispositivos apagallamas, etc.), superficies calientes, etc...
- Eléctricas: instalación eléctrica y/o equipos alimentados por esta energía (sobrecargas, cortocircuitos, chispas), electricidad estática, etc...
- Mecánicas: chispas, rozamientos, choques, etc... , sea cual sea su origen causal (calzado, uso de herramientas metálicas convencionales en la apertura de recipientes metálicos, etc.).

- Químicas: reacciones exotérmicas entre productos incompatibles, descomposición de productos inestables, autoignición, etc.

Algunas consideraciones a contemplar, además de disponer y aplicar siempre y sistemáticamente procedimientos de trabajo seguros, para evitar o controlar posibles focos de ignición, son los siguientes:

- La instalación y equipos eléctricos estarán protegidos frente al riesgo de incendio y explosión (Ex) de acuerdo con las exigencias contenidas en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-29 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT): Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas en los locales con riesgo de incendio o explosión. Entre las medidas fundamentales a tener en cuenta se deben considerar el correcto dimensionamiento de la instalación para evitar sobrecargas y la instalación de interruptores magnetotérmicos o fusibles calibrados de corte. Hay que prestar especial atención al uso de equipos móviles y a los accesorios que se utilizan o acoplan a los mismos (lámparas, generadores, etc.). (Ver figura 5).

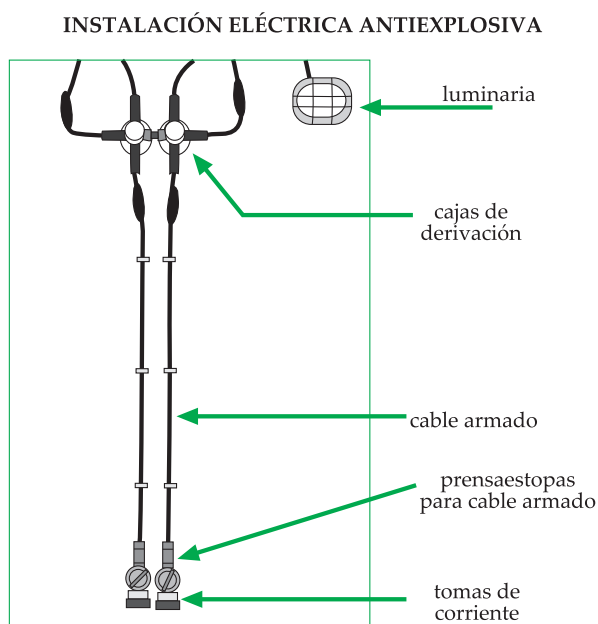


Figura 5. Instalación eléctrica antiexplosiva

- Los aparatos y equipos en general (no sólo los eléctricos), usados en áreas con riesgo de explosión, deben ser de las categorías fijadas en el Real Decreto 400/1996 para las distintas zonas clasificadas (ver Real Decreto 681/2003 y su correspondiente Guía Técnica).
- Las operaciones de carga, descarga o trasvase de líquidos inflamables se realizarán evitando la generación de cargas electrostáticas (control de velocidad de trasvase y de circulación de producto, llenado de recipientes de la base a la boca mediante tubo sumergido o embudo de caña larga, empleo de aditivos antiestáticos, etc.) y facilitando su eliminación mediante conexión equipotencial y a tierra de todos los equipos y recipientes (ver NTP 225 y figura 6).

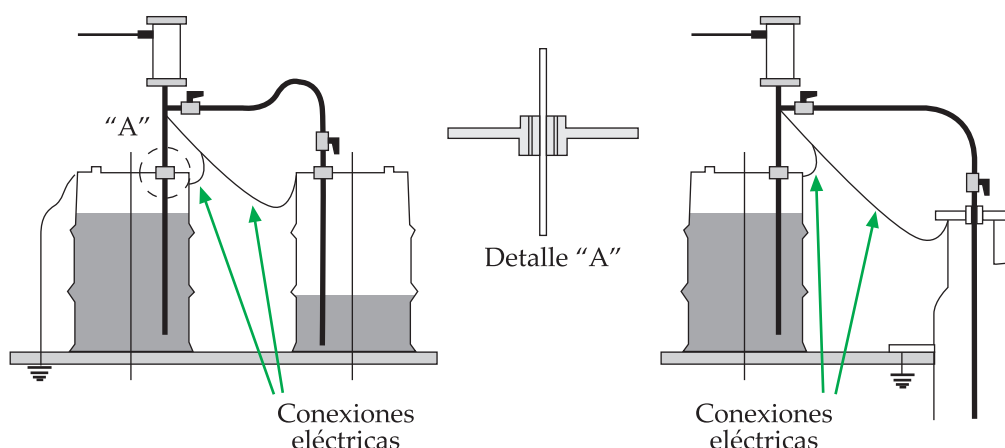


Figura 6. Conexión equipotencial y a tierra de todos los equipos y recipientes

- Se respetará el tiempo de relajación del producto antes de iniciar operaciones que puedan generar focos de ignición, como son: apertura de tapas, toma de muestras, trabajos que puedan generar chispas, etc. Para líquidos inflamables conductores este tiempo suele ser de aproximadamente 1 minuto y para los no conductores de más de 3 minutos.
- Con el fin de controlar las descargas disruptivas, se debe proceder a la humidificación ambiental, instalación de dispositivos colectores, ionizadores, etc. El calzado y los guantes deben ser conductores o antiestáticos. La ropa de protección debe ser también ignífuga o, en su defecto, ropa de algodón, incluso para la ropa interior.
- Se implantará un control exhaustivo de otros focos de ignición:
 - Térmicos: prohibición de usar e introducir en áreas de riesgo útiles de ignición; emplazamiento externo al local con riesgo de las instalaciones generadoras de calor (hornos, calderas, etc.); aplicación de permisos de trabajo para operaciones en caliente; protección de combustibles con mantas o pantallas ignífugas en las proximidades de trabajos de soldadura; los vehículos con motor de combustión interna dispondrán de malla apaga-llamas y calorifugado en tubo de escape, utilizando preferentemente equipos de accionamiento eléctrico con protección antiexplosiva; protección con cubiertas opacas para rayos solares; cámaras aislantes, ventilación o refrigeración según las condiciones térmicas ambientales, etc.
 - Mecánicos: uso de herramientas antichispa (cobre-berilio, aluminio-bronce, plástico, etc.)

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; control de impactos mecánicos, tanto golpes como fricciones; lubricación contra roces mecánicos, etc.

- Químicos: aislamiento adecuado y control, preferentemente automático, de la temperatura en procesos exotérmicos o que puedan alcanzar temperaturas peligrosas; separación y almacenamiento adecuado de sustancias reactivas o químicamente inestables; ventilación y control de la humedad ambiental en sustancias autooxidables, etc.

c) Paliar los efectos nocivos para la salud y la seguridad de los trabajadores originados en caso de incendio, explosión u otra reacción exotérmica peligrosa.

Las medidas de prevención descritas en los apartados a) y b) anteriores, 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.

Entre las medidas de lucha contra incendios a implantar encaminadas a evitar la propagación descontrolada del incendio y minimizar las consecuencias materiales o humanas derivadas del mismo cabe diferenciar entre medidas de protección pasiva (protección estructural de los elementos portantes para garantizar una determinada Estabilidad al Fuego o Resistencia al Fuego de la estructura; sectorización y compartimentación de áreas de distinto nivel de riesgo garantizando una determinada Resistencia al Fuego de los elementos separadores de los sectores de incendio, 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, sean portátiles o sean fijos, sean de accionamiento manual o de descarga automática, y vías de evacuación suficientes en número, correctamente dimensionadas y adecuadamente distribuidas).

Este conjunto de medidas de lucha contra incendios se contempla en un conjunto amplio de disposiciones de nuestro marco legal, en algunos casos con un tratamiento general y en otros supuestos con carácter específico. Sin pretender ser exhaustivo se citan seguidamente las disposiciones legales que pueden, en algunos casos, ser exigibles en el ámbito de aplicación del Real Decreto 374/2001:

- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Orden de 9 de marzo de 1971). El artículo 24 y el Capítulo VII son aplicables, con carácter general, a:
 - establecimientos industriales que se encuentren fuera del ámbito de aplicación del Real Decreto 2267/2004 por el que se aprueba el

Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales;

- actividades a las que, estando en el ámbito de aplicación de las Normas Básicas de Edificación. Condiciones de Protección contra incendios en los edificios (NBE-CPI) o del Código Técnico de la edificación (CTE), no les sean aplicables las NBE-CPI- 82/91/96 o el CTE de 2006, por ser anteriores a la entrada en vigor de dichas normas.
- Real Decreto 486/1997 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud de los lugares de trabajo.

Los puntos 10 y 11 del Anexo I son aplicables con carácter general a todos los lugares de trabajo a partir del 23/7/1997 con excepción de los expresamente excluidos en el artículo 1.2 del citado real decreto.

- Normas Básicas de la Edificación / Condiciones de Protección contra Incendios (NBE / CPI de los años 82, 91 y 96). Aplicables a los edificios clasificados por ellas (uso hospitalario, administrativo, docente, etc.), proyectados, construidos, reformados o cambiados de uso a partir de sus respectivos períodos de vigencia.
- Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, que regula las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, incluidas sus instalaciones. A destacar el Documento Básico de Seguridad en caso de incendio (DB-SI).
- Real Decreto 1942/1993 por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. Desarrollado por Orden de 16 de abril de 1998.

Aplicable a aparatos, equipos y sistemas empleados en la protección contra incendios instalados a partir del 14/3/1994. Aplicable asimismo al mantenimiento de los citados aparatos, equipos y sistemas ya instalados o proyectados con anterioridad a tal fecha.

- Real Decreto 1254/1999, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas

Aplicable desde el 21 de julio de 1999 a los establecimientos en los que estén presentes sustancias peligrosas en cantidades iguales o superiores a las especificadas en las partes 1 y 2 del Anexo I. Deroga los Reales Decretos 886/1998 y 952/1990 que constituían el marco normativo regulador de la prevención de accidentes mayores. El Real Decreto 1254/1999 ha sido completado por el Real Decreto 1196/2003 y modificado por los Reales Decretos 119/2005 y 948/2005.

- Real Decreto 1196/2003, por el que se aprueba la Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas.
- Real Decreto 379/2001 (actualizado por el Real Decreto 105/2010), por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE APQ-1, MIE APQ-2, MIE APQ-3, MIE APQ-4, MIE APQ-5, MIE APQ-6, MIE APQ-7, que regulan respectivamente los almacenamientos de: líquidos inflamables y combustibles, óxido de etileno, cloro, amoníaco anhidro, botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión, líquidos corrosivos, líquidos tóxicos.

Aplicable desde el 10 de agosto de 2001 a instalaciones de nueva construcción así como a las ampliaciones o modificaciones de las existentes. Si bien deroga el Real Decreto 668/1980 sobre almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE APQ-1, MIE APQ-2, MIE APQ-3, MIE APQ-4, MIE APQ-5 y MIE APQ-6, las revisiones e inspecciones periódicas de las instalaciones existentes se realizarán de acuerdo con las exigencias técnicas de la ITC según la cual fueron realizados.

Este Reglamento se ha completado con el Real Decreto 2016/2004, por el que se aprueba la MIE-APQ-08. "Almacenamiento de fertilizantes a base de nitrato amónico con alto contenido en

nitrógeno", y con el Real Decreto 105/2010, por el que se aprueba la MIE APQ-9. "Almacenamiento de peróxidos orgánicos". Este último real decreto también modifica, en diversos aspectos, al Real Decreto 379/2001.

- Real Decreto 2267/2004, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, aplicable a partir del 16 de enero de 2005 a los nuevos establecimientos industriales que se construyan o implanten y a los ya existentes que se trasladen, cambien o modifiquen su actividad; así como a aquellos establecimientos industriales en los que se produzcan ampliaciones o reformas que impliquen un aumento de su superficie ocupada o un aumento del nivel de riesgo intrínseco. Adicionalmente, el órgano competente de la comunidad autónoma podrá requerir, si lo considera oportuno, la aplicación del reglamento a otros sectores y áreas de incendio, o incluso al establecimiento industrial en su totalidad.

Se aplicará, además, a todos los almacenamientos de cualquier tipo de establecimiento cuando su carga de fuego total sea igual o superior a tres millones de Megajulios (MJ).

Asimismo, se aplicará a las industrias existentes antes de su entrada en vigor, cuando su nivel de riesgo intrínseco, su situación o sus características impliquen un riesgo grave para las personas, los bienes o el entorno, y así se determine por la administración autonómica competente.

Este marco normativo de ámbito nacional, en algunos casos, se complementa o desarrolla con disposiciones promulgadas en el ámbito de las Administraciones Autonómicas o Locales.

Con independencia de que serán exigibles los requisitos que sean de aplicación de entre las disposiciones legales enunciadas, se citan seguidamente algunas medidas específicas a considerar en materia de protección contra incendios. Entre las medidas de protección a tomar para minimizar las consecuencias de los incendios se considerarán:

- Instalar diques o cubetos de retención para contener el líquido inflamable derramado en una fuga o rotura de un depósito (figura 7).

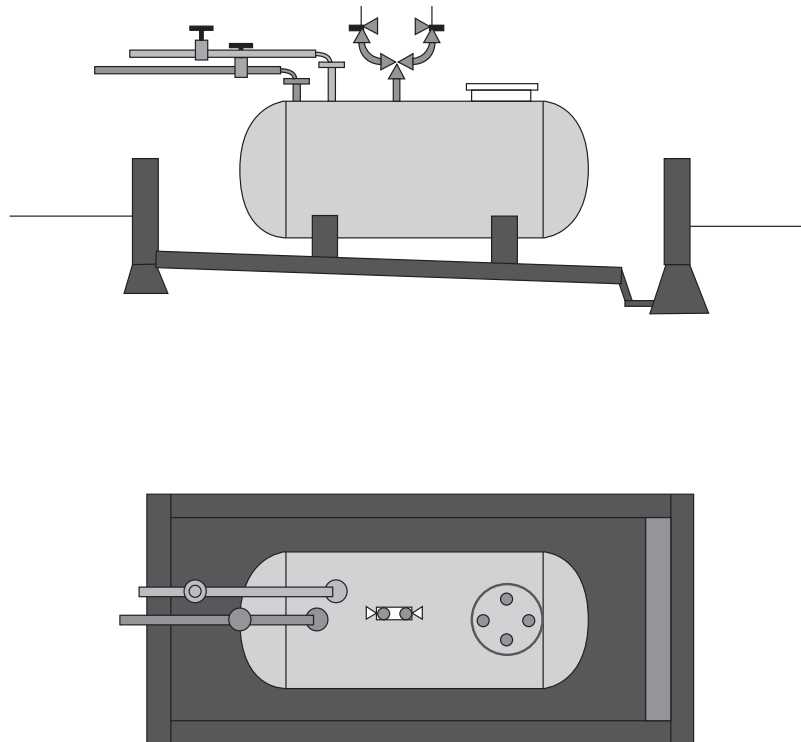


Figura 7. Esquema de cubeto de retención para depósitos de líquidos.

- Controlar la propagación vertical u horizontal de los efectos del incendio. Para ello las áreas de trabajo con riesgo de incendio estarán separadas del resto de dependencias constituyendo sector de incendios de resistencia al fuego (RF) adecuada a la carga térmica existente. La sectorización se realizará por distanciamiento o mediante compartimentación con muros y tabiques cortafuegos.
- Garantizar una detección eficaz sea humana o 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.
- Garantizar la eliminación de los humos generados por el incendio mediante exutorios u otros medios de extracción.
- Facilitar con el número, dimensionamiento y estado de las vías de evacuación convenientes, así como su alumbrado, la evacuación rápida y segura de los ocupantes. El número y ubicación de las salidas debe ser suficiente y adecuado.
- Señalizar tanto las salidas como los medios de protección contra incendios de utilización manual, teniendo en cuenta lo dispuesto en la normativa al respecto.

Entre las medidas de protección a tomar para minimizar las consecuencias de las explosiones remitimos al Real Decreto 681/2003, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo, y su Guía Técnica. En el punto 4 b) de este artículo se enumeran algunas de ellas

Entre las medidas de protección a tomar para minimizar las consecuencias de las reacciones exotérmicas se considerarán:

- Inundación con agua del reactor con el fin de lograr la necesaria refrigeración del proceso químico ante el posible descontrol total de la temperatura en una situación de emergencia. Evidentemente, tal medida sólo es aplicable cuando el agua no puede reaccionar peligrosamente con el producto y no son suficientes otros medios de control de la exotermicidad, tales como el cierre automático de la entrada de reactivos y la refrigeración mediante encamisado convencional.

También debe tenerse en cuenta que la pérdida de control de una reacción puede tener lugar no únicamente en el reactor químico durante un proceso productivo, sino también en otras unidades como columnas de destilación, durante la purificación, en tuberías o en depósitos de almacenamiento, y que las causas pueden ser varias: una pérdida de la capacidad refrigerante del sistema (provocada por la pérdida de fluido refri-

gerante, por disminución del área de intercambio, por disminución del coeficiente de intercambio de calor, por una temperatura de refrigeración demasiado alta o por pérdida de la agitación), alteraciones en la materia prima utilizada como reactivo (en su concentración, en las características del flujo de adición, por presencia de impurezas, etc.), o incluso por causas externas (fuego, etc.).

- Sistemas de alivio de presiones, mediante discos de ruptura o incluso paramentos débiles, cuando de tales reacciones fuera de control se desprendan gases o vapores que puedan generar situaciones excepcionales de aumentos bruscos de presión.

En todo caso, los equipos de trabajo y los sistemas de protección empleados deberán cumplir los requisitos de seguridad y salud establecidos por la normativa que regule su concepción, fabricación y suministro.

Los equipos de trabajo deben adecuar sus prestaciones a los requerimientos de seguridad y salud específicos de los distintos ambientes de trabajo en que van a utilizarse (húmedo, corrosivo, etc.) o de los riesgos intrínsecos de las sustancias o mezclas que van a contener, procesar o transformar (tóxicos, inflamables, etc.). Así, una máquina utilizada en un ambiente con riesgo de incendio o para procesar productos inflamables, en aplicación de los requisitos esenciales de seguridad y salud exigidos por el Real Decreto 1644/2008 en el apartado 1.5.6 de su Anexo I:

“La máquina se debe diseñar y fabricar de manera que se evite cualquier riesgo de incendio o de sobrecalentamiento provocado por la máquina en sí o por los gases, líquidos, polvos, vapores y demás sustancias producidas o utilizadas por la máquina”.

Asimismo para el control de riesgo de explosión el citado real decreto exige en el apartado 1.5.7 de su Anexo I:

“La máquina se debe diseñar y fabricar de manera que se evite cualquier riesgo de explosión provocado por la propia máquina o por los gases, líquidos, polvos, vapores y demás sustancias producidas o utilizadas por la máquina.”

En lo que respecta a los riesgos de explosión debidos a la utilización de la máquina en una atmósfera potencialmente explosiva, la máquina deberá ser conforme a las disposiciones de transposición de las directivas comunitarias específicas.”

En este último supuesto, la directiva comunitaria específica ha sido transpuesta por el Real Decreto 400/1996, que se cita en el punto 4 de este mismo artículo. El mismo, plenamente aplicable a partir del 30 de junio de 2003, fija los requisitos exigibles para los citados equipos.

Los requisitos legales exigibles a los citados equipos, en función de su fecha de adquisición, pueden consultarse en el Apéndice A de la Guía Técnica del Real Decreto 1215/1997.

En cualquiera de las dos situaciones anteriores, el mantenimiento de los citados equipos se realizará teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante o, en su defecto, las características de estos equipos, sus condiciones de utilización y cualquier otra circunstancia normal o excepcional que pueda influir en su deterioro o desajuste.

4. En el caso particular de la prevención de las explosiones, las medidas adoptadas deberán:

- a) Tener en cuenta y ser compatibles con la clasificación en categorías de los grupos de aparatos que figura en el Anexo 1 del Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.

El Real Decreto 400/1996 clasifica los aparatos en grupos según su destino de utilización (grupo I en minas y grupo II en ambientes con atmósferas explo-

sivas en general). La descripción de las exigencias legales a estos equipos pueden consultarse en el **Apéndice 4** de la Guía Técnica del Real Decreto 681/2003.

- b) Ofrecer un control suficiente de las instalaciones, equipos y maquinaria, o utilizar equipos para la supresión de las explosiones o dispositivos de alivio frente a sobrepresiones.

El Real Decreto 681/2003 establece las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores que pudieran verse expuestos a riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar

de trabajo. Esta normativa obliga al empresario a “tomar medidas de carácter técnico y/u organizativo en función del tipo de actividad”, con el fin prioritario de “impedir la formación de atmósferas explosivas o, cuando la

naturaleza de la actividad no lo permita, evitar la ignición de atmósferas explosivas y atenuar los efectos perjudiciales de una explosión de forma que se garantice la salud y la seguridad de los trabajadores. Estas medidas se combinarán o completarán, cuando sea necesario, con medidas contra la propagación de las explosiones.”

La Guía Técnica del Real Decreto 681/2003 proporciona criterios técnicos y recomendaciones para facilitar su interpretación y aplicación.

ARTÍCULO 6. Vigilancia de la salud.

1. Cuando la evaluación de riesgos ponga de manifiesto la existencia de un riesgo para la salud de los trabajadores, el empresario deberá llevar a cabo una vigilancia de la salud de dichos trabajadores, de conformidad con lo dispuesto en el presente artículo y en el artículo 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y apartado 3 del artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

Este artículo será aplicable cuando la evaluación de los riesgos ponga de manifiesto la necesidad de proceder a la vigilancia de la salud de los trabajadores, teniendo en cuenta los criterios establecidos en los apartados 3 y 4 del artículo 3 del presente real decreto.

El término vigilancia de la salud de los trabajadores engloba una serie de actividades, referidas tanto a individuos como a colectividades y orientadas a la prevención de los riesgos laborales, cuyos objetivos generales tienen que ver con la identificación de problemas de salud y la evaluación de intervenciones preventivas. El principal propósito de la vigilancia de la salud va a ser comprender mejor el impacto que el trabajo tiene sobre la salud de los trabajadores, de tal forma que genere información que oriente a la toma de decisiones para mejorar las condiciones de trabajo. Por otra parte, la vigilancia debe posibilitar que se identifiquen, tan pronto como sea posible, los efectos adversos sobre el bienestar físico y mental, de tal manera que se pueda evitar la progresión hacia un ulterior daño para la salud más importante.

El artículo 22 de la LPRL obliga al empresario a garantizar a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo. La vigilancia de la salud está regulada, principalmente, en el artículo 22 de de la LPRL, el artículo 37 del RSP y el Real Decreto 843/2011 que establece los criterios básicos sobre la organización de recursos para desarrollar la actividad sanitaria de los servicios de prevención, mencionando explícitamente en su artículo 3 la necesidad de la vigilancia colectiva de la salud y la elaboración de indicadores al respecto. Este real decreto ha encomendado al Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad la elaboración de una Guía básica y general de orientación de las

actividades de vigilancia de la salud para la prevención de riesgos laborales, que incluirá los criterios de buena práctica profesional de calidad de la actividad sanitaria en prevención de riesgos laborales, así mismo reitera que dicho ministerio elaborará guías y protocolos de vigilancia específica de la salud de los trabajadores. En todo caso la vigilancia de la salud deberá contemplar los contenidos de dichos instrumentos.

Características básicas de la vigilancia de la salud:

- voluntaria, con las excepciones contempladas en el artículo 22 de la LPRL
- que contemple los principios de confidencialidad y ética
- que se ajuste a la norma, protocolizada, planificada, específica en función de los riesgos identificados en la evaluación y periódica
- realizada con recursos humanos (personal sanitario con competencia técnica, formación y capacidad acreditada) y materiales necesarios e integrada en el plan de prevención
- documentada y gratuita para los trabajadores
- cuyos resultados sean individuales (informando a cada uno de los trabajadores afectados), y colectivos
- participada en su planificación y en los resultados, preservando el derecho a la confidencialidad de los datos de salud

2. La vigilancia de la salud se considerará adecuada cuando se cumplan todas las condiciones siguientes:

- a) La exposición del trabajador al agente químico peligroso pueda relacionarse con una determinada enfermedad o efecto adverso para la salud.
- b) Exista la probabilidad de que esa enfermedad o efecto adverso se produzca en las condiciones de trabajo concretas en las que el trabajador desarrolle su actividad.
- c) Existan técnicas de investigación válidas para detectar síntomas de dicha enfermedad o efectos adversos para la salud, cuya utilización entrañe escaso riesgo para el trabajador.

La característica de “adecuada” se establece en este real decreto a través de tres condiciones:

- Existen evidencias científicas de una asociación causal entre exposición al agente químico identificado y un daño a la salud, es decir, de su toxicidad intrínseca o de su capacidad inherente de producir dicho daño.
- Existe la posibilidad de que el agente químico interactúe con el organismo y que el daño para la salud se actualice debido a las circunstancias concretas de exposición.
- Existen métodos y exploraciones complementarias contrastadas que permitan detectar el efecto o daño en cuestión y no suponen un riesgo apreciable para el trabajador.

Por ejemplo, la vigilancia de la salud se considerará una herramienta válida para la prevención del asma en los trabajadores de la sección de espumas de poliuretano de una fábrica de asientos para automóviles en la que se maneja como monómero el toluendiisocianato (TDI):

- Ya que existe evidencia científica de la relación entre la exposición a TDI y la aparición de sensibilizaciones respiratorias (asma).
- La evaluación de riesgos ha puesto de manifiesto que existe exposición por vía respiratoria al TDI.
- Las pruebas funcionales respiratorias son exploraciones complementarias contrastadas que permiten detectar el efecto en el aparato respiratorio.

Las condiciones establecidas en este apartado pueden ser también utilizadas para analizar la adecuación de la vigilancia de la salud prevista o planificada en relación con la exposición a un determinado agente. Así, no sería adecuada una vigilancia de la salud:

- Que no se centre específicamente en la detección precoz de las enfermedades o efectos para la salud relacionados con los agentes químicos a que esté expuesto el trabajador
- Cuya necesidad, pautas o periodicidad no se hayan establecido teniendo en cuenta las características de la exposición (intensidad, duración y frecuencia) y la naturaleza y periodo de latencia del efecto, o que
- Se base en pruebas de validez cuestionable, incluya pruebas cuya utilidad preventiva no compense el riesgo que suponen para el trabajador o, en definitiva, no se base en métodos de cribaje y diagnóstico pre-clínico acordes con el conocimiento médico - científico del momento.

Para ilustrar los puntos anteriores, no deberán considerarse adecuadas pruebas tales como, por ejemplo, la determinación de glucosa en sangre o de ácido úrico en orina, cuando no estén relacionadas con la exposición a los agentes químicos peligrosos presentes en el lugar de trabajo, sin perjuicio de lo previsto en los apartados 1, letras j y k del artículo 3 del RD 843/2011, ni tampoco el análisis de indicadores biológicos de exposición si no ofrece ventajas sobre el uso del control ambiental o no se respetan las condiciones y momento de toma de la muestra especificado en el documento del INSHT “Límites de exposición profesional para agentes químicos en España”.

En resumen, la vigilancia de la salud será recomendable cuando a la existencia de la evidencia científica de una relación exposición - efecto y a la existencia de métodos de exploración efectivos, se le sume la posibilidad de producción del daño en las condiciones concretas de exposición. Se entiende además que la intención de la norma es que estas técnicas de exploración deberían ser instrumentos capaces de detectar de forma precoz y con fiabilidad los efectos de la exposición, conservando su carácter de inocuas y socialmente aceptables por la población a la que van dirigidas.

3. La vigilancia de la salud será un requisito obligatorio para trabajar con un agente químico cuando así esté establecido en una disposición legal o cuando resulte imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud del trabajador debido a que:

a) No pueda garantizarse que la exposición del trabajador a dicho agente está suficientemente controlada.

Partiendo de este supuesto, algunos casos en los que la vigilancia de la salud será un requisito obligatorio para trabajar con un agente químico peligroso serán los siguientes:

- Cuando no esté garantizada la efectividad de las medidas preventivas.

- Cuando la exposición por vía dérmica (o por otras vías, además de la inhalatoria) pueda ser importante.
- Cuando la exposición sea muy irregular (y, en consecuencia, de difícil control), dada la naturaleza de las actividades o procesos por la variabilidad de la magnitud de la exposición o de los agentes químicos involucrados (operaciones de mantenimiento, producción a demanda, etc.).

b) El trabajador, teniendo en cuenta sus características personales, su estado biológico y su posible situación de discapacidad, y la naturaleza del agente, pueda presentar o desarrollar una especial sensibilidad frente al mismo.

La especial sensibilidad de un trabajador a un agente químico vendrá dada por la particular incidencia que este agente tenga sobre el mismo, singularmente considerado, y no por la consideración objetiva del riesgo (por ejemplo por presentar una patología previa, o haberse ya sensibilizado por exposición al agente químico en cuestión). Por ello se deberían determinar cuáles son las circunstancias personales que pueden convertir a un trabajador (de forma permanente o temporal) en especialmente sensible a un agente químico y todo ello con la finalidad de establecer una protección singularizada. Naturalmente, entre

esas circunstancias personales, y con carácter general, se deberán tener en cuenta aquellas que la Ley de Prevención de Riesgos Laborales nombra explícitamente, como son los menores, las mujeres embarazadas, las mujeres que han dado a luz recientemente o están en periodo de lactancia y los/las trabajadores/as en época fértil. El artículo 26 de la LPRL y los anexos VII y VIII del RSP constituyen la normativa básica para la protección de la maternidad en el trabajo. Para facilitar su cumplimiento el INSHT ha publicado el documento *Directrices para la evaluación de riesgos y protección de la maternidad* y la NTP 915.

Siempre que se cumplan las condiciones indicadas en el apartado 2 de este artículo, la vigilancia de la salud, incluido en su caso el control biológico, será también un requisito obligatorio para trabajar con los agentes químicos indicados en el Anexo II de este Real Decreto.

En este caso, la vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a plomo y sus derivados iónicos será un requisito obligatorio para los trabajadores cuando se superen los 0,075 mg/m³ de plomo en aire, calcula-

dos de forma ponderada con respecto al tiempo para un periodo de referencia de 40 horas semanales o cuando el plomo en sangre de determinados trabajadores supere los 40 µg Pb/100 ml.

4. Cuando, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado anterior, la vigilancia de la salud sea un requisito obligatorio para trabajar con un agente químico, deberá informarse al trabajador de este requisito, antes de que le sea asignada la tarea que entrañe riesgos de exposición al agente químico en cuestión.

El contenido de este apartado se tendrá en cuenta cuando se proceda a facilitar la información previa que

debe recibir todo trabajador relativa a su puesto de trabajo antes de ser adscrito al mismo.

5. Los procedimientos utilizados para realizar la vigilancia de la salud se ajustarán a los protocolos señalados en el párrafo c) del apartado 3 del artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención. Por su parte, estos protocolos, cuando se refieran a alguno de los agentes indicados en el anexo II del presente Real Decreto, deberán incluir los requisitos establecidos en dicho Anexo.

Actualmente existen 19 protocolos de vigilancia médica publicados por el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, de los cuales seis pueden aplicarse a la exposición a agentes químicos: siete son agente - específicos (anestésicos inhalatorios, citostáticos, óxido de etileno, plomo, amianto, plaguicidas y cloruro de vinilo) y cuatro son efecto - específicos (asma, alveolitis alérgica extrínseca, silicosis y otras neumoconiosis, y dermatosis). Esta información, así como el estado de otros protocolos, puede consultarse en:

<http://www.msps.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/saludLaboral/vigiTrabajadores/home.htm>

En el caso de no existir protocolo de vigilancia médica aprobado por el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, y en aplicación del artículo 5 apartado 3 y el artículo 37 apartado 3c del Reglamento de los Servicios de Prevención, se debería recurrir por orden de preferencia a guías de instituciones compe-

tentes de las Comunidades Autónomas, de entidades de reconocido prestigio en la materia, o a la elaboración del protocolo por el servicio responsable de la vigilancia de la salud, en función de la evaluación de riesgos y de los efectos del agente químico en cuestión. En este último caso, deberán describirse documentalmente los métodos y criterios utilizados.

El control biológico forma parte de la vigilancia de la salud y se incluirá en el protocolo de vigilancia médica siempre que así lo disponga la normativa aplicable (como, por ejemplo, en los trabajadores expuestos a plomo y sus derivados iónicos). En los otros casos, la idoneidad del mismo dependerá de la existencia de un indicador biológico y de los factores de variabilidad ligados a la naturaleza de la muestra, a su recogida y conservación, al método analítico y a las condiciones de exposición, entre otros. Se recomienda utilizar los valores límites biológicos (VLB) recogidos en el documento "*Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*" del INSHT.

6. La documentación sobre la evaluación de los riesgos por exposición a agentes químicos peligrosos y la vigilancia de la salud de los trabajadores frente a dichos riesgos deberá ajustarse a lo establecido en el artículo 23 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en el artículo 7 y en el párrafo c) del apartado 3 del artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

La documentación del proceso de vigilancia de la salud es de vital importancia para la identificación de los riesgos, la planificación de las intervenciones, el establecimiento de prioridades y la evaluación de la efectividad de las medidas preventivas. Dicha documentación debería comprender no sólo los historiales individuales sino también los informes colectivos derivados de los estudios epidemiológicos citados en los epígrafes *d)* y *f)* del apartado 3 del artículo 37 del RSP, también recogido en el apartado *f)* del artículo 3 del RD 843/2011.

Según el epígrafe *c)* del apartado 3 del artículo 37 del Real Decreto 39/1997, los historiales individuales deberán contener como mínimo:

- El historial clínico del trabajador con los datos de la anamnesis.
- La descripción del puesto de trabajo actual incluyendo el tiempo de permanencia, el resultado de la evaluación de los riesgos detectados y las medidas de prevención y protección adoptadas.
- La descripción de los puestos de trabajo anteriores, tanto en la empresa en cuestión como en otras empresas en los términos del punto anterior, siempre y cuando se disponga de ellos.
- Datos de la exploración física y del control biológico, si procede.

- Exploraciones complementarias en función de los riesgos inherentes al trabajo.

La documentación reglamentaria según la LPRL y el RSP consiste en:

- Documentación sobre la práctica de los exámenes de salud de los trabajadores y conclusiones obtenidas de los mismos en relación con la aptitud del trabajador para el desempeño del puesto de trabajo o con la necesidad de introducir o mejorar las medidas de protección y prevención pertinentes (epígrafe *d)* del apartado 1 del artículo 23 de la LPRL).
- Informe colectivo de los exámenes de salud y del conjunto de las actividades de vigilancia de la salud (artículo 39.2 del RSP y artículo 3.1 del RD 843/2011).
- Relación de los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo (epígrafe *e)* del apartado 1 del artículo 23 de la LPRL).
- Resultado de la investigación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales (artículo 3.1 del RD 843/2011).

- Memoria y programación anual de la actividad sanitaria del servicio de prevención (apartado 5 del artículo 15 del RSP).
- En el caso de no disponer de protocolos de vigilancia médica específica aprobados por el Ministerio de Sanidad y Consumo, se deberán dar las referencias de los criterios y procedimientos utilizados (apartado d) del artículo 7 del RSP).
- Documentación requerida en la normativa específica (por ejemplo, amianto o cancerígenos, entre otros).

Adicionalmente a lo detallado en el apartado anterior, sería una norma de buena práctica que ayudaría a mejorar la gestión de la vigilancia de la salud el disponer de los siguientes registros documentales:

- Consentimiento informado de los trabajadores.
- Listado de agentes químicos para los que la vigilancia de la salud es un requisito obligatorio

para trabajar con ellos y motivo de tal obligatoriedad, así como el informe preceptivo de la representación legal de los trabajadores.

- Comunicación al trabajador de la obligatoriedad de la vigilancia de la salud, informando de los motivos.
- Listado de puestos de trabajo con riesgo para mujeres embarazadas, que han dado a luz recientemente o en periodo de lactancia, así como el informe preceptivo de la representación legal de los trabajadores.
- A nivel colectivo, se deberían documentar los estudios de las ausencias por enfermedad y el tratamiento epidemiológico de los resultados del seguimiento de salud de los trabajadores, incluyendo los informes colectivos de control biológico, aspecto que menciona explícitamente el artículo 3 del Real Decreto 843/2011.

Sin perjuicio de lo dispuesto en el apartado 3 del artículo 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los trabajadores tendrán acceso, previa solicitud, a la parte de esta documentación que les afecte personalmente.

En este apartado se reconoce el derecho de acceso del trabajador a aquella documentación generada por la vigilancia de la salud que le afecte personalmente, sin perjuicio del derecho expresado en el apartado 3 del artículo 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales de recibir la oportuna comunicación acerca de los resultados de la vigilancia y control de su salud, que se trasladarán por escrito a los trabajadores de forma suficiente y comprensible.

Este derecho de acceso del trabajador a los datos de carácter personal del sistema de vigilancia de la salud

está regulado por el artículo 15 de la Ley 15/1999 de protección de datos de carácter personal, estableciéndose la forma de obtención de la información, bien mediante la mera consulta de los datos por medio de su visualización, bien por la indicación de los datos que son objeto de tratamiento mediante escrito, copia, telecopia o fotocopia.

Sería conveniente, aunque en este apartado no se precisa la forma de dicha solicitud, que el ejercicio de este derecho se realizara por escrito, quedando constancia de la misma en el historial individual.

7. En los casos en los que la vigilancia de la salud muestre que:

- a) un trabajador padece una enfermedad identificable o unos efectos nocivos que, en opinión del médico responsable, son consecuencia de una exposición a un agente químico peligroso, o
- b) se supera un valor límite biológico de los indicados en el Anexo II,

el médico responsable u otro personal sanitario competente informará personalmente al trabajador del resultado de dicha vigilancia. Esta información incluirá, cuando proceda, los consejos relativos a la vigilancia de la salud a la que el trabajador deberá someterse al finalizar la exposición, teniendo en cuenta, a este respecto, lo dispuesto en el párrafo e) del apartado 3 del artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

La detección de alguna enfermedad o efecto nocivo sobre la salud de un trabajador sometido a vigilancia médica, que pueda atribuirse a la exposición a un agente químico, obliga al personal sanitario responsable de dicha vigilancia a informar personalmente al trabajador de dicho resultado anómalo.

En el caso de que los resultados de las pruebas realizadas pongan en evidencia algún compromiso para la salud, el trabajador será informado verbalmente, además de por escrito, del alcance de dichas alteraciones así como de la necesidad de una confirmación diagnóstica y de las medidas médicas a seguir y preventivas a adoptar en el puesto de trabajo.

Como señala el Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro, el personal sanitario de los Servicios de Pre-

vención que tuviera conocimiento de la existencia de una enfermedad profesional, y cuyo origen profesional se sospecha, lo comunicarán a los efectos oportunos, a través del organismo competente de cada comunidad autónoma y de las ciudades con Estatuto de Autonomía, a la entidad gestora, para su calificación como tal y, en su caso, a la entidad colaboradora de la Seguridad Social que asuma la protección de las contingencias profesionales.

En los casos en que la naturaleza de los riesgos inherentes al trabajo lo hagan necesario, en principio cuando el efecto adverso pueda manifestarse una vez cesada la exposición, se deberá informar al trabajador acerca de las medidas a adoptar, como puede ser la necesidad de una vigilancia médica periódica más allá de la finalización de la relación laboral. Sería conveniente informar al afectado de cuál es el significado de dichas alteraciones y cuáles son las actuaciones que se emprenderán para corregir dicha situación.

8. En los casos indicados en los párrafos a) y b) del apartado anterior, el empresario deberá:

- a) Revisar la evaluación de los riesgos a que se refiere el artículo 3.
- b) Revisar las medidas previstas para eliminar o reducir los riesgos con arreglo a lo dispuesto en los artículos 4 y 5.

La detección de alguna enfermedad o efecto nocivo sobre la salud de un trabajador expuesto a agentes químicos peligrosos o la superación de un valor límite biológico de los indicados en el Anexo II implicará una investigación, tal y como exige el artículo 16.3 de la

LPRL, y la actualización de la última evaluación de riesgos, tal y como dispone el artículo 6.1 del RSP, a la luz de dichos hallazgos, así como la revisión y control de la efectividad de las medidas de prevención adoptadas que se han mostrado, en principio, insuficientes.

- c) Tener en cuenta las recomendaciones del médico responsable de la vigilancia de la salud al aplicar cualesquiera otras medidas necesarias para eliminar o reducir los riesgos, conforme a lo dispuesto en el artículo 5, incluida la posibilidad de asignar al trabajador otro trabajo donde no exista riesgo de una nueva exposición.

Cuando el estado de salud del trabajador o la superación de los índices biológicos de exposición hagan necesaria la adopción de medidas específicas de prevención y protección en su puesto de trabajo, tales medidas se adoptarán teniendo en cuenta las recomendaciones del médico responsable del sistema de vigilancia de la salud, quien propondrá las alterna-

tivas que mejor se adapten a las capacidades del trabajador en cuestión. Sólo si las medidas colectivas de prevención y protección no son capaces de reducir el riesgo hasta un nivel adecuado, se planteará la posibilidad de asignar al trabajador otro puesto donde no exista riesgo de una nueva exposición.

- d) Disponer que se mantenga la vigilancia de la salud de los trabajadores afectados y que se proceda al examen de la salud de los demás trabajadores que hayan sufrido una exposición similar, teniendo en cuenta las propuestas que haga el médico responsable en esta materia.

Al necesario mantenimiento de la vigilancia de la salud de los trabajadores afectados, en este apartado se añade un nuevo examen de salud que se aplicará al resto de trabajadores sometidos a una exposición similar y que deberá llevarse a cabo cuando se hayan detectado daños para la salud relacionados con la exposición o superado un valor límite biológico de los indicados en el Anexo II.

La decisión de la realización de dichos exámenes de salud se hará teniendo en cuenta la propuesta del médico responsable, quien basará su propuesta en el conocimiento de los factores determinantes de la aparición de estas alteraciones y en la posibilidad de que estas sean un reflejo de factores de tipo individual o de unas medidas de prevención insuficientes.

ARTÍCULO 7. Medidas a adoptar frente a accidentes, incidentes y emergencias.

1. El presente artículo será aplicable cuando la evaluación de los riesgos ponga de manifiesto la necesidad de tomar las medidas frente a accidentes, incidentes y emergencias contempladas en el mismo, teniendo en cuenta los criterios establecidos en el apartado 3 del artículo 3 de este Real Decreto y en los artículos 20 y 21 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en su artículo 20 exige: *“El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa [cada empresa debe ajustar las medidas de emergencia a tomar a sus necesidades concretas], así como la posible presencia de personas ajenas a la misma [las obligaciones empresariales en materia de planificación de emergencias debe hacerse extensiva no sólo a sus trabajadores sino también a terceras personas que puedan encontrarse en la empresa], deberá analizar las posibles situaciones de emergencia [identificar, localizar y evaluar tales situaciones] y adoptar las medidas necesarias en materias de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas [organización de los recursos humanos para la optimización de los medios de protección instalados] y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento [necesidad de programar simulacros periódicos para comprobar el correcto funcionamiento de las medidas adoptadas, tanto en lo que respecta al buen estado del material, como al desempeño de las funciones de emergencia encomendadas a los trabajadores designados para formar parte de los equipos de intervención]. El citado personal deberá poseer la formación necesaria [teórico - práctica, es*

decir, formación y entrenamiento en el uso de los medios], ser suficiente en número y disponer del material adecuado [de control de la emergencia y, en su caso, de autosalvamento], en función de las circunstancias antes señaladas.

Para la aplicación de las medidas adoptadas, el empresario deberá organizar las relaciones que sean necesarias con servicios externos a la empresa, en particular en materia de primeros auxilios, asistencia médica de urgencia, salvamento y lucha contra incendios, de forma que quede garantizada la rapidez y eficacia de las mismas. [El concierto de este tipo de servicios externos para situaciones de emergencia es ya práctica común en empresas y actividades de alto riesgo o muy reglamentadas como industrias químicas afectas por el Real Decreto 1254/1999, centrales nucleares, etc.]”.

En su artículo 21, la LPRL enumera las actuaciones que deben llevarse a cabo ante una situación de riesgo grave e inminente tanto por parte del empresario como, en su caso, por los propios trabajadores y/o sus representantes legales.

El concepto de riesgo laboral grave e inminente se define en el artículo 4 de la LPRL.

2. Con objeto de proteger la seguridad y salud de los trabajadores frente a los accidentes, incidentes y emergencias que puedan derivarse de la presencia de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo, el empresario deberá planificar las actividades a desarrollar en caso de que se produzcan tales accidentes, incidentes o emergencias y adoptar las medidas necesarias para posibilitar, en tal caso, la correcta realización de las actividades planificadas.

El empresario debe haber previsto, ante una situación de las consideradas, *“qué se debe hacer”, “quiénes deben actuar”, “cómo deben actuar” y “con qué medios”,* evitando que ante la aparición de alguna de tales situaciones se deba recurrir a la improvisación.

Para establecimientos que estuvieran afectados por la legislación vigente en materia de accidentes graves, este plan de emergencia se ajustará a los requerimientos del Real Decreto 1254/1999, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (y sus posteriores modificaciones). Este real decreto establece en su artículo 11 que en todos los establecimientos sujetos a las disposiciones de dicho real decreto, el industrial deberá elaborar un plan de auto-protección, denominado plan de emergencia interior (PEI), en el que se definan la organización y el conjunto

de medios y procedimientos de actuación, con el fin de prevenir los accidentes de cualquier tipo y, en su caso, limitar los efectos en el interior del establecimiento.

Al respecto, la Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas, aprobada por el Real Decreto 1196/2003, dota de contenido al Real Decreto 1254/1999 y establece en su artículo 3.3 los aspectos que debe contemplar el PEI, los criterios para su activación y los procedimientos de actuación, que deben contemplar medidas concretas en cuanto a asignación de recursos humanos y materiales, así como las actuaciones más eficientes que contribuyan al control de cada posible accidente, a través de operaciones seguras para los actuantes y contemplando los procedimientos de coordinación internos y externos que puedan resultar necesarios.

En la NTP 791 “Planes de emergencia interior en la industria química” se plasman sintéticamente los criterios fundamentales a considerar en la elaboración de un PEI y su gestión de acuerdo con las bases establecidas en el Real Decreto 1254/1999 y completadas con el Real Decreto 1196/2003, citados en los párrafos anteriores.

Asimismo, en los supuestos en que sean aplicables las ITC MIE-APQ del Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos aprobado por el Real Decreto 379/2001 y modificado por el RD 105/2010, los respectivos planes de emergencia se adecuarán a los requisitos que en las mismas se exigen. Al respecto, se exige que cada almacenamiento o conjunto de almacenamientos dentro de una misma propiedad tenga su plan de emergencia. El plan debe considerar las emergencias que pueden producirse, la forma precisa de controlarlas por el personal del almacenamiento y la posible actuación de servicios externos.

Otras actividades en las que previsiblemente será aplicable el Real Decreto 374/2001 pueden también disponer de legislación específica que les obligue a disponer de un plan de emergencia y fije su estructura y contenido mínimo. Es el caso, por ejemplo, de los establecimientos sanitarios a los que una Orden de 24 de octubre de 1979 obliga a elaborar y poner en práctica un plan de emergencia.

El Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, en su Disposición adicional segunda (Sistemas de autoprotección y de gestión de seguridad) hace mención a que en cumplimiento de lo previsto en el artículo 5 de la Ley 2/1985, de 21 de enero, de Protección Civil, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, de acuerdo con el Ministerio del Interior, determinará el catálogo de actividades industriales y de los centros, establecimientos y dependencias en que aquellas se realicen, que deberán disponer de un sistema de autoprotección dotado de sus propios recursos y del correspondiente plan de emergencia para acciones de prevención de riesgos, alarma, evacuación y socorro. Todo ello con independencia de lo dispuesto en la Ley 31/1995, de 8 de

noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, y en sus normas reglamentarias en la medida que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores, y en el Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban las medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas, así como de las disposiciones que modifiquen o complementen las normativas citadas.

Mediante la Norma Básica de Autoprotección (NBA) de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia, aprobada por el Real Decreto 393/2007, de 23 de marzo, se desarrollan los preceptos relativos a la autoprotección, contenidos en los artículos 5 y 6 de la Ley 2/1985, se recoge, por un lado, un catálogo de las actividades que pueden originar una situación de emergencia (en su Anexo I), y, por otro, establece la obligación de los titulares de centros, establecimientos y dependencias donde se realizan estas actividades, de elaborar, implantar materialmente y mantener operativo un Plan de Autoprotección cuyo contenido y estructura está definido y ampliamente desarrollado en su Anexo II. En su disposición final tercera, y en salvaguarda del cumplimiento de la normativa sobre prevención de riesgos laborales, la NBA establece que lo en ella dispuesto se entenderá sin perjuicio de lo establecido en la LPRL y en la normativa que la desarrolla.

En la NTP 818 “Norma Básica de Autoprotección” se destacan los aspectos más relevantes de la NBA, analizando las fases requeridas por la norma para llevar a cabo la redacción del Plan de Autoprotección, así como para garantizar la correcta implantación y efectividad del mismo.

Cabe recordar, por último, que el marco normativo de ámbito nacional que fija la obligatoriedad de elaborar e implantar planes de emergencia se complementa o desarrolla en algunos casos con disposiciones promulgadas en el ámbito de las Administraciones Autonómicas o Locales.

Estas medidas comprenderán:

- a) La instalación de los sistemas o la dotación de los medios necesarios, teniendo en cuenta los resultados de la evaluación para paliar las consecuencias del accidente, incidente o emergencia y, en particular, para el control de la situación de peligro y, en su caso, la evacuación de los trabajadores y los primeros auxilios.

A partir de la evaluación se deberá inventariar el conjunto de medios necesarios y precisos para el control de las consecuencias estimadas en caso de materialización de la situación de riesgo. Habrá que distinguir entre recursos técnicos o materiales y recursos humanos necesarios para la optimización de uso de la infraestructura de los recursos materiales. (Ver, al

respecto, el comentario realizado en esta Guía al párrafo c) del apartado 3 del artículo 5).

Los medios instalados serán acordes con los distintos tipos de riesgo identificados (tales como incendios, explosiones, fugas y derrames) y con la magnitud esperada de las consecuencias en caso de materializa-

ción. Por ejemplo: un pequeño vertido precisará de medios para su absorción o neutralización, mientras que un derrame masivo del mismo agente precisará de cubetos de retención y recipientes de reserva para su trasvase; un fuego en fase de conato requerirá la utilización de un extintor de eficacia adecuada, mientras que un incendio desarrollado del mismo agente puede precisar de monitores y cañones para la propulsión del agente extintor.

Se deberá disponer de vías y salidas de evacuación suficientes en número, correctamente señalizadas, iluminadas, dimensionadas y distribuidas a fin de garantizar una evacuación rápida y segura en caso de que la situación así lo exija.

- b) La formación de los trabajadores que deban realizar o participar en dichas actividades, incluyendo la práctica de ejercicios de seguridad a intervalos regulares.

Como se ha dicho, para optimizar el uso de los medios implantados se deberán organizar los equipos de intervención necesarios (de lucha contra el fuego, de primeros auxilios, de alarma y evacuación, etc.) para actuar ante tales situaciones. Estos equipos dispondrán de la formación y entrenamiento adecuados para garantizar la eficacia de sus actuaciones, que dependerá en gran medida de que los citados equipos de intervención estén familiarizados y entrenados en el uso de los medios puestos a su disposición. El programa de formación ha de ser continuado y ajustado a las necesidades de la empresa, en particular al tipo de trabajo y a los riesgos.

Los equipos de primeros auxilios deberían estar organizados y preparados de forma que sean capaces de atender con rapidez y eficacia al trabajador o los tra-

El mínimo legalmente exigible con relación al equipo, material e instalaciones de primeros auxilios se consigna en el Real Decreto 486/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo incluidos en el ámbito de la citada normativa. La normativa aplicable no especifica cuánto personal con formación sobre primeros auxilios (socorristas) se necesitan. A modo de guía se podría aconsejar un mínimo de un socorrista por cada 50 trabajadores, aumentando el número en función de la configuración de la empresa, dispersión de los trabajadores en la misma, tipo de trabajo, horario, vacaciones, ausencias por enfermedad y distancia (en tiempo real) de los servicios externos.

bajadores víctimas de un accidente, manteniéndolos en las condiciones más favorables hasta que puedan ser atendidos por personal sanitario competente. El programa de formación continuada en primeros auxilios, además de ajustarse a las características propias de la empresa y de sus trabajadores, debería incluir un sistema de actualización periódica.

Se deben programar periódicamente actividades encaminadas a verificar el correcto funcionamiento de los medios previstos y la eficacia de las actuaciones de los equipos designados para utilizarlos, así como la correcta sincronización entre ellos. Se recomienda que como mínimo una vez al año se realicen simulacros de actuaciones frente a emergencias. Los planes de emergencia deben fijar, en función del riesgo existente, la periodicidad mínima de estas actividades.

- c) La organización de las relaciones con los servicios externos a la empresa, en particular en materia de primeros auxilios, asistencia médica de urgencia, salvamento y lucha contra incendios.

Ante la previsión de que las dimensiones del siniestro hagan necesaria la actuación de medios externos a la empresa, se deben organizar las relaciones y establecer los cauces de comunicación que garanticen la rapidez y eficacia de las mismas, como servicios de ambulancia, urgencia, salvamento, centros especializados e incluso protección civil y bomberos.

El Real Decreto 1254/1999 establece, en su artículo 14, la información que deberán facilitar los industriales de los establecimientos comprendidos en el ámbito de

aplicación de este Real Decreto a los órganos competentes de la Comunidad Autónoma, tan pronto como se origine un incidente o accidente susceptible de causar un accidente grave. Adicionalmente, el anexo II de la Directriz básica de protección civil establece los formatos normalizados para la correspondiente notificación de los accidentes graves. Asimismo, en su artículo 7.3.6, fija los criterios y canales de notificación del accidente así como los criterios de activación del Plan de Emergencia Exterior (PEE) y los procedimientos de actuación.

- d) La puesta a disposición de información sobre las medidas de emergencia relativas a agentes químicos peligrosos, accesible a los servicios internos y externos, incluyendo:

- 1º) Aviso previo de los correspondientes peligros en el trabajo, medidas de determinación del peligro, precauciones y procedimientos, de forma que los servicios de urgencias puedan establecer sus propios procedimientos de intervención y sus medidas de precaución.

2º) Toda información disponible sobre los peligros específicos que surjan o puedan surgir durante un accidente o emergencia, incluida la información sobre los planes y procedimientos que se hayan establecido con arreglo a lo dispuesto en el presente artículo.

Como se ha dicho, ante la aparición de una situación de emergencia se intentará evitar toda improvisación y, para ello, el conjunto de medidas de prevención – protección previstas e implantadas, así como la secuencia de actuaciones a realizar ante la aparición de un siniestro, deben estar normalizadas por escrito y ser conocidas por todas aquellas personas que puedan verse afectadas y por todos aquellos equipos cuya intervención esté prevista, sean de la propia empresa o ajenos a la misma.

Para los establecimientos a los que sea de aplicación el Real Decreto 1254/1999, en el artículo 11 del mismo se establece que el industrial de los establecimientos en los que están presentes sustancias peligrosas en determinadas cantidades proporcionará, a los órganos competentes de la Comunidad Autónoma, la informa-

ción y apoyo necesarios para que estos puedan elaborar los PEE.

La Directriz básica establece en su artículo 7.3.7 los procedimientos de actuación del PEE tras su activación por la notificación procedente del establecimiento afectado.

En lo referente a primeros auxilios sería conveniente la elaboración y actualización periódica de un manual, específico para la empresa y de tenencia obligada por parte de los socorristas y de los responsables de la asistencia especializada, y que, en versión resumida, podría entregarse a todos los trabajadores con el fin de informarles sobre cuáles son los procedimientos de alerta y actitud correcta si presencian un accidente.

e) El establecimiento de los sistemas de aviso y comunicación que sean precisos para advertir de un incremento del riesgo que implique una situación de emergencia, a fin de permitir una respuesta adecuada y, en particular, el rápido inicio de las medidas de control de la situación de peligro, así como de las operaciones de asistencia, evacuación y salvamento.

Conviene establecer cauces ágiles de notificación de la situación a los distintos equipos internos de intervención así como, en su caso, a los servicios externos de ayuda a fin de garantizar su rápida respuesta y a todo el personal ocupante de la dependencia, sea propio o ajeno a la empresa, para proceder a una rápida y segura evacuación total o parcial de la instalación, si el Jefe de Emergencia así lo decide. Tal notificación re-

querirá una instalación de alarma (preferiblemente megafonía) y todos los ocupantes estarán informados y familiarizados con los distintos códigos a emplear. A tal efecto, se recuerda que el Real Decreto 485/1997, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, establece en materia de señalización acústica, que “el sonido de una señal de evacuación deberá ser continuo”.

3. En el caso de que, efectivamente, se produzca un accidente, incidente o emergencia de los considerados en este artículo, el empresario tomará inmediatamente las medidas necesarias para paliar sus consecuencias e informar de ello a los trabajadores afectados.

La eficacia de las medidas encaminadas a paliar las consecuencias derivadas de la aparición de una situación de emergencia dependen en gran medida de una pronta detección de la misma y una inmediata y fiable comunicación del suceso a los equipos de intervención,

a fin de que puedan ser controlado en una fase de desarrollo incipiente. Tal control sólo será posible si los equipos de intervención designados están organizados, dimensionados, formados, entrenados y equipados adecuadamente.

4. Con el fin de restablecer la normalidad:

- a) El empresario aplicará las medidas adecuadas para remediar la situación lo antes posible.
- b) Únicamente se permitirá trabajar en la zona afectada a los trabajadores que sean imprescindibles para la realización de las reparaciones y los trabajos necesarios.
- c) Se proporcionará a los trabajadores autorizados a trabajar en la zona afectada ropa de protección adecuada, equipo de protección personal y equipo y material de seguridad especializados que deberán utilizar mientras persista la situación, que no deberá ser permanente.
- d) No se autorizará a permanecer en la zona afectada a personas sin protección.

El Real Decreto 486/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, en su Anexo I, establece: "Deberán tomarse las medidas adecuadas para la protección de los trabajadores autorizados a acceder a las zonas de los lugares de trabajo donde la seguridad de los trabajadores pueda verse afectada por riesgos de contacto o exposición a elementos agresivos. Asimismo, deberá disponerse, en la medida de lo posible, de un sistema que impida que los trabajadores no autorizados puedan acceder a dichas zonas".

Dado que en estas operaciones encaminadas a restablecer la normalidad es muy probable que los trabajadores puedan verse expuestos a situaciones de riesgo grave, o de riesgo desconocido, sólo podrán realizarse dichas operaciones previa obtención de la correspondiente autorización de trabajo, con el objeto de garantizar que los trabajos se realizan bajo condiciones previstas y controladas. En la autorización se especificará el trabajo a realizar, definiendo las responsabilidades de las personas implicadas. Su contenido debería como mínimo contemplar:

- fecha, período y turno de validez. La validez no debería exceder de un turno de trabajo
- tarea para la que se extiende, localizando el punto de trabajo
- descripción del trabajo a realizar
- relación de riesgos previsibles
- comprobación de la adecuación de la instalación y equipos (de trabajo y de protección) a los riesgos previsibles
- procedimientos de trabajo a seguir: antes, durante y después de la tarea (recomendable check-list de verificaciones y actuaciones)
- relación nominativa de personas autorizadas
- firma de personas autorizantes y autorizadas.

La zona afectada debería estar señalizada y, en su caso, delimitada mediante el correspondiente balizamiento a fin de impedir la presencia de trabajadores no autorizados.

ARTÍCULO 8. Prohibiciones.

1. Con objeto de evitar la exposición de los trabajadores a los riesgos para la salud derivados de determinados agentes químicos y determinadas actividades con agentes químicos, quedan prohibidas la producción, fabricación o utilización durante el trabajo de los agentes químicos y de las actividades con agentes químicos que se indican en el anexo III de este Real Decreto. Esta prohibición no será aplicable si el agente químico está presente en otro agente químico o como componente de desecho, siempre que su concentración específica en el mismo sea inferior al límite establecido en dicho anexo.

Las sustancias del Anexo III, en los mismos términos y concentraciones excepcionadas, se hallaban ya prohibidas en España por el Real Decreto 88/1990, de 26 de enero, sobre protección de los trabajadores mediante la prohibición de determinados agentes especí-

ficos o determinadas actividades, derogado por el Real Decreto 374/2001. El contenido y términos de la prohibición, excepciones y obligaciones del empresario son exactamente los mismos que los reproducidos en el presente real decreto.

2. Se exceptúan del cumplimiento de lo dispuesto en el apartado anterior:

a) Las actividades de investigación y experimentación científica, incluidas las de análisis.

En estos supuestos, aunque las cantidades fueran pequeñas, deberán tomarse las precauciones a las que hace referencia el apartado 3 de este artículo.

b) Las actividades que tengan por objeto la eliminación de los agentes químicos presentes en forma de subproductos o productos residuales.

La presencia de estas sustancias en los residuos o subproductos puede ser inevitable, especialmente si ha habido un uso anterior de la sustancia o bien se ha empleado con los fines comentados en el punto anterior. Su presencia exigirá una adecuada gestión como resi-

duo, aplicando los principios básicos de prevención y medidas específicas de prevención y protección, teniendo en cuenta además la legislación específica sobre residuos que le sea de aplicación.

- c) Las actividades en las que los agentes químicos a los que se refiere el apartado 1 se usen como productos intermedios y la producción de esos agentes para dicho uso.

En este caso se extremarán las precauciones, tanto en el procedimiento de obtención como durante su uti-

lización, ateniéndose estrictamente a lo establecido en el apartado 3 del artículo 8.

3. En los casos exceptuados en el apartado anterior, el empresario deberá:

- a) Tomar las precauciones apropiadas para proteger la seguridad y salud de los trabajadores afectados, evitando la exposición de éstos a los agentes químicos a que se refiere el apartado 1.

En los casos exceptuados de la prohibición del uso de estas sustancias, debe considerarse que, tal como se indica en el artículo 1, apartado 2 del presente real decreto, a la actividad realizada le serán de aplicación las disposiciones más rigurosas o específicas establecidas en el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la

protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, ya que las sustancias prohibidas están clasificadas como cancerígenas, de categoría 1B el 4-nitrodifenilo, y de categoría 1A las otras tres, de acuerdo con los criterios de clasificación del Reglamento CLP.

- b) Adoptar, además, en las actividades señaladas en la última letra del apartado anterior, las medidas necesarias que aseguren la más rápida producción y utilización de dichos agentes, en tanto que productos intermedios, siempre en un sistema cerrado único y extraídos solamente en la cantidad mínima necesaria para el control del proceso o para el mantenimiento del sistema.

Es de destacar que las medidas citadas en este apartado no sustituyen a las citadas en el apartado anterior, sino que las complementan en el supuesto de la producción o utilización de estos agentes como productos intermedios. En estos casos, estos productos intermedios se deberán utilizar en un sistema cerrado y estanco, preferentemente a presión negativa, procurando que el proceso productivo no requiera la presencia pro-

longada o el almacenamiento de los mismos. Su toma de muestras para el control del proceso o para el mantenimiento del sistema se realizará en condiciones que garanticen la extracción de la menor cantidad posible del producto, utilizando equipos y procedimientos de toma de muestras que eviten su dispersión al ambiente de trabajo.

- c) Remitir a la autoridad laboral, conjuntamente con la documentación de la comunicación de apertura, toda la información sobre las medidas adoptadas para el cumplimiento de las obligaciones establecidas en este apartado y, en particular:

- 1º) El motivo por el que se solicita la excepción.
- 2º) Las cantidades utilizadas anualmente.
- 3º) Las actividades y reacciones o procesos implicados.
- 4º) El número de trabajadores que puedan estar sujetos a exposición.
- 5º) Las precauciones adoptadas para proteger la seguridad y salud de los trabajadores y, en particular, las medidas técnicas y organizativas tomadas para evitar la exposición.

4. A la vista de la información recibida, la autoridad laboral podrá, previo informe de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social, extender la prohibición a ese particular proceso o actividad cuando considere que las precauciones adoptadas por el empresario no garantizan un grado suficiente de protección de la salud y seguridad de los trabajadores.

ARTÍCULO 9. Información y formación de los trabajadores.

1. De conformidad con los artículos 18 y 19 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, el empresario deberá garantizar que los trabajadores y los representantes de los trabajadores reciban una formación e información adecuadas sobre los riesgos derivados de la presencia de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo, así como sobre las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse en aplicación del presente Real Decreto.

El artículo 18 de la LPRL, referente a información, consulta y participación de los trabajadores, establece la obligación del empresario de informar a los trabajadores de los riesgos existentes en toda su extensión, de las medidas y actividades de prevención y protección aplicables a aquellos y de las medidas de emergencia. Esta información podrá cursarse, en su caso, a través de los representantes legales, aunque deberá ser directa al trabajador en lo que se refiere a los riesgos de su propio puesto de trabajo y las medidas de prevención y protección aplicables.

El artículo 19 de esta ley, referente a la formación de los trabajadores, dispone que el empresario garantizará que cada trabajador reciba formación en materia

preventiva en el momento de su contratación, cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñe o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo. Esta formación, sufragada siempre por la empresa, será teórica y práctica, suficiente y adecuada y estará centrada específicamente en el puesto de trabajo o función de cada trabajador. Deberá impartirse por la empresa mediante recursos propios o servicios ajenos, si bien, en ambos casos, el técnico que la realice acreditará la cualificación requerida en el capítulo VI del Real Decreto 39/1997, que como mínimo corresponderá a funciones de nivel intermedio. Se realizará dentro de la jornada de trabajo o, en su defecto, en otras horas pero con el descuento en aquella del tiempo invertido en la misma.

2. En particular, el empresario deberá facilitar a los trabajadores o a sus representantes, siguiendo el criterio establecido en el apartado 1 del artículo 18 de la mencionada Ley:

- a) Los resultados de la evaluación de los riesgos contemplada en el artículo 3 del presente Real Decreto, así como los cambios en dichos resultados que se produzcan como consecuencia de alteraciones importantes de las condiciones de trabajo;
- b) Información sobre los agentes químicos peligrosos presentes en el lugar de trabajo, tales como su denominación, los riesgos para la seguridad y la salud, los valores límite de exposición profesional y otros requisitos legales que les sean de aplicación;

La información sobre estos agentes se obtendrá, principalmente, de los datos contenidos en la ficha de datos de seguridad, además de otros documentos utilizados en la evaluación de riesgos. De toda esta información se facilitará al trabajador la necesaria para permitirle la correcta utilización del agente. Se consideran básicos los siguientes contenidos informativos:

1. Identificación de los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo e información sobre su peligrosidad intrínseca. Esta información comprenderá la indicación del tipo de riesgo (categoría/indicación de peligro y pictograma) y la descripción del mismo (frases R o H).
2. Información sobre las medidas preventivas a adoptar (frases S o P).
3. Límites de exposición profesional españoles o, en su defecto, de un organismo de reconocido prestigio internacional.
4. Equipos de protección (individual y colectiva) a emplear para el desarrollo de la operación.

5. Actuación en caso de emergencia: vertido, salpicadura, incendio, etc.

6. Primeros auxilios.

Esta información puede obtenerse de los puntos siguientes de la ficha de datos de seguridad:

2. Identificación de los peligros
4. Primeros auxilios
5. Medidas de lucha contra incendios
6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental
7. Manipulación y almacenamiento
8. Controles de exposición/protección personal

Asimismo, para las sustancias y mezclas de mayor volumen de comercialización, el Reglamento REACH exige anexas a las fichas de datos de seguridad los escenarios de exposición relevantes, es decir, informa-

ción sobre las condiciones específicas de uso del agente y su manipulación segura de acuerdo con lo manifestado, a su vez, por el usuario. Uno de los objetivos prioritarios de REACH es mejorar la información disponible sobre la peligrosidad de los agentes químicos, reforzando la comunicación en ambos sentidos dentro de la cadena de suministro (véase **Apéndice 11** de esta Guía).

Para agentes químicos peligrosos para los que no es de aplicación disponer de ficha de datos de seguridad, como, por ejemplo, productos intermedios o residuos, el empresario deberá obtener y proporcionar una información sobre los riesgos equivalente a la mencionada.

- c) Formación e información sobre las precauciones y medidas adecuadas que deban adoptarse con objeto de protegerse a sí mismos y a los demás trabajadores en el lugar de trabajo.

Cuando los resultados de la evaluación pongan de manifiesto la necesidad de adoptar medidas específicas de protección o determinadas pautas de comportamiento de los trabajadores para evitar o reducir los

riesgos, se elaborarán e implantarán procedimientos de trabajo en los que se recojan estos extremos. Estos procedimientos deberán ser conocidos y comprendidos por los trabajadores implicados.

- d) Acceso a toda ficha técnica facilitada por el proveedor, conforme a lo dispuesto en la normativa sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y preparados peligrosos.

La ficha de datos de seguridad suministrada por el proveedor en cumplimiento de la normativa citada tiene que estar a disposición de los trabajadores sin

ninguna restricción. Los trabajadores deben ser informados de esta disponibilidad y de la ubicación de las fichas para su consulta.

3. La información deberá ser facilitada en la forma adecuada, teniendo en cuenta su volumen, complejidad y frecuencia de utilización, así como la naturaleza y nivel de los riesgos que la evaluación haya puesto de manifiesto; dependiendo de estos factores, podrá ser necesario proporcionar instrucciones y formación individuales respaldadas por información escrita, o podrá bastar la comunicación verbal. La información deberá ser actualizada siempre que sea necesario tener en cuenta nuevas circunstancias.

El empresario y, en su caso, el técnico responsable del proceso o servicio en el que haya delegado estas funciones deberán garantizar que la información necesaria para el correcto desarrollo de la tarea ha sido recibida por todos y cada uno de los trabajadores y que estos la conocen y comprenden perfectamente. En caso contrario, deberá impedir que se lleve a cabo el trabajo programado.

formación será impartida de forma individualizada y por escrito cuando por su volumen, complejidad, dificultad de comprensión, por referirse a tareas esporádicas o infrecuentes y por la gravedad de los posibles daños, así se hagan necesario. La información podrá ser verbal cuando, por su concreción, utilización frecuente, fácil comprensión y la poca gravedad estimada de los posibles daños, no precise de instrucciones escritas para garantizar dicho objetivo.

El objetivo es que el trabajador conozca, comprenda, recuerde y utilice cuando sea pertinente la información necesaria. Para ello, y a fin de evitar desviaciones o incumplimientos de este objetivo, la in-

Se actualizará con la evolución de los riesgos y con la aparición de otros nuevos, adaptándose en cada caso a las nuevas necesidades.

4. La señalización de los recipientes y conducciones utilizados para los agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo deberá satisfacer los requisitos establecidos en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo y, en particular, en el apartado 4 del anexo VII de dicha norma. Cuando la señalización no sea obligatoria, el empresario deberá velar para que la naturaleza y los peligros del contenido de los recipientes y conducciones sean claramente reconocibles.

Todos los recipientes y conducciones utilizados para los agentes químicos peligrosos, tal como están definidos en el artículo 2, deben estar señalizados. La obligatoriedad de esta señalización no queda limitada a los productos sometidos a la normativa sobre comercialización de sustancias y mezclas peligrosas, asegu-

rándose de la correcta identificación de cualquier envase intermedio o temporal con el objetivo de cumplir en todo momento con el deber de información a los trabajadores. En el apartado 4 (*Tuberías, recipientes y áreas de almacenamiento de sustancias y preparados peligrosos*) del anexo VII del Real Decreto 485/1997, de 14

de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, se indica lo siguiente:

“1.º Los recipientes y tuberías visibles que contengan o puedan contener productos a los que sea de aplicación la normativa sobre comercialización de sustancias o preparados peligrosos deberán ser etiquetados según lo dispuesto en la misma. Se podrán exceptuar los recipientes utilizados durante corto tiempo y aquellos cuyo contenido cambie a menudo, siempre que se tomen medidas alternativas adecuadas, fundamentalmente de formación e información, que garanticen un nivel de protección equivalente.

2.º Las etiquetas se pegarán, fijarán o pintarán en sitios visibles de los recipientes o tuberías. En el caso de éstas, las etiquetas se colocarán a lo largo de la tubería en número suficiente, y siempre que existan puntos de especial riesgo, como válvulas o conexiones, en su proximidad. Las características intrínsecas y condiciones de utilización de las etiquetas deberán ajustarse, cuando proceda, a lo dispuesto para los paneles en los apartados 1.3.º y 2 del Anexo III.

La información de la etiqueta podrá complementarse con otros datos, tales como el nombre o fórmula de la sustancia o preparado peligroso o detalles adicionales sobre el riesgo.

(Los apartados 1.3.º y 2 del Anexo III del Real Decreto 485/1997 indican:

“Las señales serán de un material que resista lo mejor posible los golpes, las inclemencias del tiempo y las agresiones medioambientales.

Las señales se instalarán preferentemente a una altura y en una posición apropiadas en relación al ángulo visual, teniendo en cuenta posibles obstáculos, en la proximidad inmediata del riesgo u objeto que deba señalizarse o, cuando se trate de un riesgo general, en el acceso a la zona de riesgo.

El lugar de emplazamiento de la señal deberá estar bien iluminado, ser accesible y fácilmente

visible. Si la iluminación general es insuficiente, se empleará una iluminación adicional o se utilizarán colores fosforescentes o materiales fluorescentes.

A fin de evitar la disminución de la eficacia de la señalización no se utilizarán demasiadas señales próximas entre sí.

Las señales deberán retirarse cuando deje de existir la situación que las justificaba.”)

3.º El etiquetado podrá ser sustituido por las señales de advertencia contempladas en el Anexo III, con el mismo pictograma o símbolo; en el caso del transporte de recipientes dentro del lugar de trabajo, podrá sustituirse o complementarse por señales en forma de panel de uso reconocido, en el ámbito comunitario, para el transporte de sustancias o preparados peligrosos.

4.º Las zonas, locales o recintos utilizados para almacenar cantidades importantes de sustancias o preparados peligrosos deberán identificarse mediante la señal de advertencia apropiada, de entre las indicadas en el Anexo III, o mediante la etiqueta que corresponda, de acuerdo con la normativa mencionada en el apartado 4.1.º, colocadas, según el caso, cerca del lugar de almacenamiento o en la puerta de acceso al mismo. Ello no será necesario cuando las etiquetas de los distintos embalajes y recipientes, habida cuenta de su tamaño, hagan posible por sí mismas dicha identificación.

El almacenamiento de diversas sustancias o preparados peligrosos pueden indicarse mediante la señal de advertencia <<peligro en general>>”.

Respecto a las aclaraciones para la aplicación de este apartado se recomienda consultar la Guía Técnica sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo, actualizada en 2009, y que incluye ejemplos prácticos con propuestas de señalización de áreas con almacenamiento de agentes químicos, y de recipientes y tuberías.

ARTÍCULO 10. Consulta y participación de los trabajadores.

El empresario deberá consultar y facilitar la participación de los trabajadores o sus representantes respecto a las cuestiones a que se refiere este Real Decreto, de conformidad con lo establecido en el apartado 2 del artículo 18 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

El apartado 2 del artículo 18 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales establece lo siguiente:

“El empresario deberá consultar a los trabajadores, y permitir su participación, en el marco de todas las cuestiones que afecten a la seguridad y a la salud en el trabajo, de conformidad con lo dispuesto en el capítulo V de la presente Ley (Consulta y participación de los trabajadores).”

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos de participación y representación previstos en el capítulo V de esta Ley, dirigidas a la mejora de los niveles de protección de la seguridad y la salud en la empresa”.

La aplicación de estas disposiciones no debe suponer ningún perjuicio del derecho del empresario de decidir las medidas que deben ser adoptadas, ni un descargo de su responsabilidad en la prevención de los riesgos laborales.

Disposición Derogatoria única. Derogación normativa.

Quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo dispuesto en el presente Real Decreto y, específicamente:

- a) El segundo párrafo del artículo 18 y el Anexo 2 del Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas, aprobado por el Decreto 2414 / 1961, de 30 de noviembre.

Se reproduce el citado párrafo:

“En ningún caso la concentración de gases, vapores, humos, polvo y neblinas en el aire del interior de las explotaciones podrán sobrepasar de las cifras que figuran en el Anexo número 2.”

El citado anexo hace referencia a: *Concentraciones máximas permitidas en el ambiente interior de las explotaciones industriales.*

- b) El Reglamento para la prevención de riesgos y protección de la salud de los trabajadores por la presencia de plomo metálico y sus compuestos iónicos en el ambiente de trabajo, aprobado por Orden de 9 de abril de 1986.

Los valores límite ambientales y biológicos para el plomo y sus compuestos iónicos se incorporan en los Anexos I y II de este real decreto.

- c) El Real Decreto 88 / 1990, de 26 de enero, sobre protección de los trabajadores mediante la prohibición de determinados agentes específicos o determinadas actividades.

Disposición final primera. Elaboración y actualización de la Guía técnica.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 3 del artículo 5 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, elaborará y mantendrá actualizada una Guía técnica de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo.

Se trata de la presente Guía.

Disposición final segunda. Facultad de desarrollo.

Se autoriza al Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales, previo informe favorable del de Sanidad y Consumo y previo informe de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo a dictar cuantas disposiciones sean necesarias para la aplicación y desarrollo de este Real Decreto, así como para las adaptaciones de carácter estrictamente técnico de sus anexos, en función del progreso técnico y de la evolución de las normativas o especificaciones internacionales o de los conocimientos en materia de protección frente a los riesgos relacionados con los agentes químicos.

Disposición final tercera. Entrada en vigor.

El presente Real Decreto entrará en vigor el día 5 de mayo de 2001.

Dado en Madrid a 6 de abril de 2001.

JUAN CARLOS R.

El Ministro de la Presidencia,

JUAN JOSÉ LUCAS GIMÉNEZ

ANEXO I

Lista de valores límite ambientales de aplicación obligatoria						
Nombre del agente	EINECS ⁽¹⁾	CAS ⁽²⁾	Valor Límite Ambiental para la exposición diaria		Valor Límite Ambiental para exposiciones de corta duración	
			mg/m ³ ⁽³⁾	ppm ⁽⁴⁾	mg/m ³ ⁽³⁾	ppm ⁽⁴⁾
Plomo inorgánico y sus derivados	-	-	0,15	-	-	-

(1) EINECS : European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances

(Inventario Europeo de Sustancias Químicas Comerciales Existentes)

(2) CAS : Chemical Abstracts Service (Servicio de Resúmenes Químicos)

(3) mg/m³: Miligramos por metro cúbico de aire a 20 ° C y 101,3 kPa

(4) ppm: Partes por millón en volumen en el aire (ml/m³)

ANEXO II

Valores límite biológicos de aplicación obligatoria y medidas de vigilancia de la salud

Plomo y sus derivados iónicos

a) El control biológico incluirá la medición del nivel de plomo en sangre utilizando la espectrometría de absorción o un método de resultados equivalentes. El valor límite biológico será: 70 (g Pb /100 ml de sangre.

b) Deberá procederse a la vigilancia médica cuando: se esté expuesto a una concentración de plomo en aire que rebase los 0,075 mg/m³, calculados de forma ponderada con respecto al tiempo para un periodo de referencia de cuarenta horas semanales, o el control biológico detecte en determinados trabajadores un nivel de plomo en la sangre superior a 40 (g Pb / 100 ml.

ANEXO III

Prohibiciones

a) Agentes químicos

EINECS ⁽¹⁾	CAS ⁽²⁾	Nombre del agente	Límite de concentración para la exención
202-080-4	91-59-8	2 - naftilamina y sus sales	0,1 % en peso
202-177-1	92-67-1	4 - aminodifenilo y sus sales	0,1 % en peso
202-199-1	92-87-5	Bencidina y sus sales	0,1 % en peso
202-204-7	92-93-3	4 - nitrodifenilo	0,1 % en peso

(1) EINECS : European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances

(Inventario Europeo de Sustancias Químicas Comerciales Existentes)

(2) CAS : Chemical Abstracts Service (Servicio de Resúmenes Químicos)

b) Actividades con agentes químicos: Ninguna.

III. APÉNDICES

Apéndice 1. DEFINICIONES Y CONSIDERACIONES SOBRE LA VALORACIÓN TOMADAS DEL DOCUMENTO SOBRE LÍMITES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL PARA AGENTES QUÍMICOS EN ESPAÑA

DEFINICIONES

Puesto de trabajo

Con este término se hace referencia tanto al conjunto de actividades que están encomendadas a un trabajador concreto como al espacio físico en que este desarrolla su trabajo.

Zona de respiración

El espacio alrededor de la cara del trabajador del que éste toma el aire que respira. Con fines técnicos, una definición más precisa es la siguiente: semiesfera de 0,3 m de radio que se extiende por delante de la cara del trabajador, cuyo centro se localiza en el punto medio del segmento imaginario que une ambos oídos y cuya base está constituida por el plano que contiene dicho segmento, la parte más alta de la cabeza y la laringe.*

* UNE-EN 1540. *Atmósferas en el lugar de trabajo. Terminología.*

Período de referencia

Período especificado de tiempo, establecido para el valor límite de un determinado agente químico. El período de referencia para el límite de larga duración es habitualmente de 8 horas, y para el límite de corta duración, de 15 minutos.*

* UNE-EN 689. *Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición.*

Exposición

Cuando este término se emplea sin calificativos hace siempre referencia a la vía respiratoria, es decir, a la exposición por inhalación.

Se define como la presencia de un agente químico en el aire de la zona de respiración del trabajador.

Se cuantifica en términos de la concentración del agente obtenida de las mediciones de exposición, referida al mismo período de referencia que el utilizado para el valor límite aplicable. En consecuencia, pueden definirse dos tipos de exposición:

Exposición diaria (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 diarias.

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.

Así pues, la ED puede calcularse matemáticamente por la siguiente fórmula:

$$ED = \frac{\sum c_i t_i}{8}$$

siendo:

c_i la concentración i-ésima

t_i el tiempo de exposición, en horas, asociado a cada valor c_i

Nota:

A efectos del cálculo de la ED de cualquier jornada laboral, la suma de los tiempos de exposición que se han de considerar en el numerador de la fórmula anterior será igual a la duración real de la jornada en cuestión, expresada en horas.

Exposición de corta duración (EC)

Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier período de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un período de referencia inferior, en la lista de Valores Límite.

Lo habitual es determinar las EC de interés, es decir, las del período o períodos de máxima exposición, tomando muestras de 15 minutos de duración en cada uno de ellos. De esta forma, las concentraciones muestrales obtenidas coincidirán con las EC buscadas.

No obstante, si el método de medición empleado, por ejemplo basado en un instrumento de lectura directa, proporciona varias concentraciones dentro de cada período de 15 minutos, la EC correspondiente se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$EC = \frac{\sum c_i t_i}{15}$$

siendo:

c_i la concentración i-ésima dentro de cada período de 15 min.

t_i el tiempo de exposición, en minutos, asociado a cada valor c_i

Nota:

La suma de los tiempos de exposición que se han de considerar en la fórmula anterior será igual a 15 minutos.

Indicador biológico (IB)

A efectos de lo contemplado en este documento se entiende por indicador biológico un parámetro apropiado en un medio biológico del trabajador, que se mide en un momento determinado, y está asociado, directa o indirectamente, con la exposición global, es decir, por todas las vías de entrada, a un agente químico.

Como medios biológicos se utilizan el aire exhalado, la orina, la sangre y otros. Según cuál sea el parámetro, el medio en que se mida y el momento de la toma de muestra, la medida puede indicar la intensidad de una exposición reciente, la exposición promedio diaria o la cantidad total del agente acumulada en el organismo, es decir, la carga corporal total.

En este documento se consideran dos tipos de indicadores biológicos:

- **IB de dosis.** Es un parámetro que mide la concentración del agente químico o de alguno de sus metabolitos en un medio biológico del trabajador expuesto.
- **IB de efecto.** Es un parámetro que puede identificar alteraciones bioquímicas reversibles, inducidas de modo característico por el agente químico al que está expuesto el trabajador.

VALORES LÍMITE AMBIENTALES (VLA)

Son valores de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en el aire, y representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos día tras día, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.

Se habla de la mayoría y no de la totalidad puesto que, debido a la amplitud de las diferencias de respuesta existentes entre los individuos, basadas tanto

en factores genéticos, fisiológicos, como en hábitos de vida, un pequeño porcentaje de trabajadores podría experimentar molestias a concentraciones inferiores a los **VLA**, e incluso resultar afectados más gravemente, sea por empeoramiento de una condición previa, sea desarrollando una patología laboral.

Los **VLA** se establecen teniendo en cuenta la información disponible, procedente de la analogía físico-química de los agentes químicos, de estudios *in vitro*, de los estudios de experimentación animal y de exposición controlada con voluntarios, de los estudios epidemiológicos y de la experiencia industrial.

Los **VLA** sirven exclusivamente para la evaluación y el control de los riesgos por inhalación de los agentes químicos incluidos en la lista de valores. Cuando uno de estos agentes se puede absorber por vía cutánea, sea por la manipulación directa (sólido, líquido) del mismo, sea a través del contacto de los gases, vapores y nieblas con las partes desprotegidas de la piel y cuya aportación puede resultar significativa al contenido corporal total del trabajador, la medición de la concentración ambiental puede no ser suficiente para cuantificar la exposición global por lo que resulta particularmente importante la utilización del control biológico. En este caso los agentes aparecen señalados en la lista con la notación "vía dérmica". Esta llamada advierte, por una parte, de que la medición de la concentración ambiental puede no ser suficiente para cuantificar la exposición global y, por otra, de la necesidad de adoptar medidas para prevenir la absorción dérmica.

Hay algunos agentes químicos para los cuales la absorción por vía dérmica, tanto en estado líquido como en fase de vapor, puede ser muy elevada, pudiendo ser esta vía de entrada de igual o mayor importancia incluso que la vía inhalatoria (por ejemplo, 2-metoxietanol, 2-etoxietanol y sus acetatos, y los plaguicidas organofosforados). En estas circunstancias, la utilización del control biológico es imprescindible para poder cuantificar la cantidad global absorbida de contaminante.

Unidades de los Valores Límite Ambientales

El valor límite para los gases y vapores se establece originalmente en ml/m³ (ppm), valor independiente de las variables de temperatura y presión atmosférica, pudiendo también expresarse en mg/m³ para una temperatura de 20°C y una presión de 101,3 kPa, valor que depende de las citadas variables. La conversión de ppm a mg/m³ se efectúa utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{VLA en mg / m}^3 = \frac{(\text{VLA en ppm}) \cdot (\text{peso molecular del agente químico en gramos})}{24,04}$$

siendo 24,04 el volumen molar en litros en tales condiciones estándar.

El valor límite para la materia particulada no fibrosa se expresa en mg/m^3 o submúltiplos y el de fibras, en fibras/m^3 o $\text{fibras}/\text{cm}^3$, en ambos casos para las condiciones reales de temperatura y presión atmosférica del puesto de trabajo. Esto significa que las concentraciones medidas en estas unidades, en cualesquiera de las condiciones de presión y temperatura, no requieren ninguna corrección para ser comparadas con los valores límite aplicables.

En ausencia de cualquier otra indicación los valores límite se refieren a la fracción inhalable (UNE-EN 481. Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles).

Tipos de Valores Límite Ambientales

Se consideran las siguientes categorías de VLA:

Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED®)

Es el valor de referencia para la Exposición Diaria (ED), tal y como esta ha sido definida anteriormente en este documento. De esta manera los **VLA-ED®** representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 horas semanales durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.

Valor Límite Ambiental-Exposición de Corta Duración (VLA-EC®)

Es el valor de referencia para la Exposición de Corta Duración (EC), tal y como esta se ha definido anteriormente en este documento.

El **VLA-EC®** no debe ser superado por ninguna EC a lo largo de la jornada laboral.

Para aquellos agentes químicos que tienen efectos agudos reconocidos pero cuyos principales efectos tóxicos son de naturaleza crónica, el **VLA-EC®** constituye un complemento del **VLA-ED®** y, por tanto, la exposición a estos agentes habrá de valorarse en relación con ambos límites.

En cambio, a los agentes químicos de efectos principalmente agudos como, por ejemplo, los gases irritantes, sólo se les asigna para su valoración un **VLA-EC®**.

Límites de Desviación (LD)

Para muchos agentes químicos que tienen asignado un **VLA-ED®**, no se dispone de un **VLA-EC®**. Sin embargo, es necesario controlar las desviaciones por en-

cima del **VLA-ED®**, aun cuando este valor se encuentre dentro de los límites recomendados. En estos casos se aplican los límites de desviación.

Estos límites de desviación (LD) se han establecido mediante consideraciones de carácter estadístico, a través del estudio de la variabilidad observada en gran número de mediciones, para determinar las exposiciones de corta duración en los procesos industriales reales.

Las desviaciones en los niveles de exposición de los trabajadores podrán ser superiores al valor $3 \times \text{VLA-ED}^{\circledR}$ durante no más de un total de 30 minutos en una jornada de trabajo, no debiendo sobrepasar bajo ninguna circunstancia el valor $5 \times \text{VLA-ED}^{\circledR}$.

Si se mantienen las desviaciones de la exposición dentro de los límites establecidos, se considerará que la exposición está controlada; en caso contrario, será necesario implantar medidas correctoras para mejorar el control.

VALORES LÍMITE BIOLÓGICOS (VLB®)

Son los valores de referencia para los Indicadores Biológicos asociados a la exposición global a los agentes químicos. Los **VLB®** son aplicables para exposiciones profesionales de 8 horas diarias durante 5 días a la semana. La extensión de los **VLB®** a períodos distintos al de referencia ha de hacerse considerando los datos farmacocinéticos y farmacodinámicos del agente en particular.

En general, los **VLB®** representan los niveles más probables de los Indicadores Biológicos en trabajadores sanos sometidos a una exposición global a agentes químicos, equivalente, en términos de dosis absorbida, a una exposición exclusivamente por inhalación del orden del **VLA-ED®**. La excepción a esta regla la constituyen algunos agentes para los que los **VLA** asignados protegen contra efectos no sistémicos. En estos casos, los **VLB®** pueden representar dosis absorbidas superiores a las que se derivarían de una exposición por inhalación al **VLA**.

Las bases científicas para establecer los **VLB®** pueden derivarse de dos tipos de estudios:

- los que relacionan la intensidad de la exposición con el nivel de un parámetro biológico, y
- los que relacionan el nivel de un parámetro biológico con efectos sobre la salud.

Los **VLB®** no están concebidos para usarse como medida de los efectos adversos ni para el diagnóstico de las enfermedades profesionales.

El control biológico debe considerarse complementario del control ambiental y, por tanto, ha de llevarse

a cabo cuando ofrezca ventajas sobre el uso independiente de este último.

El control biológico puede usarse para completar la valoración ambiental, para comprobar la eficacia de los equipos de protección individual o para detectar una posible absorción dérmica y/o gastrointestinal.

Cuando la aportación por la vía dérmica puede resultar significativa para el contenido corporal total, es aconsejable la utilización del control biológico para poder cuantificar la cantidad global absorbida de contaminante.

Consideraciones generales

Los indicadores biológicos medidos en orina son habitualmente analizados en muestras puntuales tomadas en momentos determinados, ya que en el entorno laboral no es fácil ni seguro obtener muestras de orina correspondientes a períodos largos de tiempo (por ejemplo, 24 horas), las cuales proporcionarían una información más exacta sobre la eliminación del xenobiótico. Sin embargo, la medida cuantitativa de la exposición a partir de muestras puntuales puede verse afectada por la variabilidad en la producción de orina, debido a factores como la ingestión de líquidos, la temperatura excesiva, la carga de trabajo, el consumo de medicamentos, etc., que pueden producir efectos de concentración o dilución de la orina, y afectar así al resultado de los indicadores.

Por esta razón es necesario corregir estos resultados, refiriéndolos a la concentración de alguna sustancia con mecanismo de excreción renal similar al del compuesto de interés y cuya eliminación se mantenga razonablemente constante a lo largo del tiempo.

En algunas ocasiones, los resultados de los indicadores se refieren a la concentración de creatinina (sustancia que se elimina por filtración glomerular, como la mayoría de los contaminantes y sus metabolitos) medida en la misma muestra, expresándose los resultados en peso del indicador por unidad de peso de creatinina. Cuando estos sean excretados por otro mecanismo, como la difusión tubular renal, no se realizará esta corrección, expresándose los resultados directamente en términos de concentración.

Se rechazarán las muestras de orina muy diluidas (densidad < 1,010 g/ml, creatinina < 0,3 g/l) y las muy concentradas (densidad > 1,030 g/ml, creatinina > 3,0 g/l), debiendo repetirse en estos casos la toma de muestra.

En cuanto a los indicadores biológicos medidos en sangre, mientras no se indique lo contrario, se entenderá que la muestra debe ser tomada en sangre venosa.

Interpretación de los resultados de los indicadores biológicos (IB)

Cuando la medida, en un trabajador, de un determinado indicador biológico supere el **VLB**[®] correspondiente, no debe deducirse, sin mayor análisis, que ese trabajador esté sometido a una exposición excesiva, ya que las diferencias individuales, biológicas o de conducta, tanto fuera como dentro del ámbito laboral, constituyen fuentes de inconsistencia entre los resultados del control ambiental y los del control biológico.

De todos modos, incluso en el caso de una superación de carácter puntual, debe ponerse en marcha una investigación con el objetivo de encontrar una explicación plausible para esa circunstancia y actuar en consecuencia o, en su defecto, descartar la existencia de factores causales vinculados al desempeño del puesto de trabajo. Entretanto se alcanza una conclusión al respecto y sin perjuicio de lo que establezcan disposiciones específicas, se deberían adoptar medidas para reducir la exposición del trabajador afectado.

Al margen de esta consideración individual de los resultados, el agrupamiento de los datos correspondientes a los trabajadores de un grupo homogéneo con respecto a la exposición permitirá obtener información sobre el grado de eficacia de las medidas de protección y prevención adoptadas.

EFFECTOS COMBINADOS DE AGENTES QUÍMICOS

Los VLA se establecen para agentes químicos específicos y no para sus mezclas. Sin embargo, cuando están presentes en el ambiente varios agentes que ejercen la misma acción sobre los mismos órganos o sistemas, es su efecto combinado el que requiere una consideración preferente. Dicho efecto combinado debe ser considerado como aditivo, salvo que se disponga de información que indique que los efectos son sinérgicos o bien independientes.

De acuerdo con lo anterior, la comparación con los valores límite ha de hacerse calculando

$$\sum = \frac{E_i}{VLA_i}$$

donde E_i representa las exposiciones a los distintos agentes presentes y VLA_i los valores límite respectivos. Si el resultado obtenido es mayor que la unidad, ha de entenderse que se ha superado el VLA para la mezcla en cuestión.

El cálculo anterior es aplicable, tanto a la comparación de ED con **VLA-ED**[®], como a la de EC con **VLA-EC**[®].

CONSIDERACIONES SOBRE LA VALORACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

En general, el **VLA-ED**[®] de cualquier agente químico no debe ser superado por la **ED** a dicho agente en ninguna jornada laboral.

No obstante, en casos justificados cabe una valoración de base semanal en lugar de diaria. Para que resulte aceptable el empleo de esta base semanal de valoración, es preciso que se cumplan las dos condiciones siguientes:

- Que se trate de un agente químico de largo período de inducción, es decir, capaz de producir efectos adversos para la salud sólo tras exposiciones repetidas a lo largo de meses o años.
- Que existan variaciones sistemáticas, esto es, derivadas de distintas situaciones de exposición, entre las **ED** de diferentes jornadas.

En tales casos, el parámetro de exposición que se compara con el **VLA-ED**[®] es la Exposición Semanal (**ES**), que se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$ES = \frac{\sum ED_i}{5}$$

siendo **ED_i** las exposiciones diarias correspondientes a los sucesivos días de la semana de trabajo.

Naturalmente, en todos los casos habrá de valorarse la situación, además, de acuerdo con las restantes categorías de los Límites de Exposición Profesional que resulten aplicables.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN PARA AGENTES QUÍMICOS CANCERÍGENOS Y MUTÁGENOS

Los conocimientos científicos actuales no permiten identificar niveles de exposición por debajo de los cuales no exista riesgo de que los agentes mutágenos y la mayoría de los cancerígenos produzcan sus efectos característicos sobre la salud. No obstante, se admite la existencia de una relación **exposición-probabilidad del efecto** que permite deducir que cuanto más baja sea la exposición a estos agentes menor será el riesgo.

En estos casos, mantener la exposición por debajo de un valor máximo determinado no permitirá evitar completamente el riesgo, aunque sí podrá limitarlo. Por esta razón, los límites de exposición adoptados para algunas de estas sustancias no son una referencia para garantizar la protección de la salud según la definición dada para los **VLA**, sino unas referencias máximas para la adopción de las medidas de protección necesarias y el control del ambiente de los puestos de trabajo.

Apéndice 2. INFORMACIÓN SOBRE LA PELIGROSIDAD DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS

ENLACES DE INTERÉS / BASES DE DATOS²

Instituciones

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

<http://www.insht.es>

Página principal del INSHT. Los contenidos sobre riesgo químico están organizados a través de un portal del mismo nombre (<http://www.insht.es/portal/site/RiesgosQuimicos>). Permite también acceder, entre otra información, a:

- Las Fichas Internacionales de Seguridad Química (FISQ) en español.
- La Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) (edición 2000).
- Límites de exposición profesional en España.
- Notas Técnicas de Prevención relacionadas con el riesgo químico.
- La aplicación RISKQUIM sobre clasificación y etiquetado de sustancias y mezclas.
- INFOCARQUIM, base de datos con información sobre cancerígenos, mutágenos y reprotóxicos.
- Las páginas de los organismos nacionales e internacionales más relevantes en la materia.

ECHA (Agencia Europea de Sustancias Químicas)

<http://echa.europa.eu>

Agencia de la Unión Europea (Helsinki, Finlandia) que gestiona los aspectos técnicos, científicos y administrativos del Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de las Sustancias Químicas (REACH, que constituye el nuevo marco normativo para la comercialización de sustancias en la Unión Europea).

Información sobre peligrosidad de los productos químicos

ILPI

<http://www.ilpi.com/msds>

Relación de páginas web que permiten acceso a fichas de seguridad química y en la que se precisa el número de fichas accesibles por cada producto.

CHEMFINDER

<http://www.cambridgesoft.com/databases/login/?serviceid=128>

Herramienta para la búsqueda en la red de datos disponibles sobre sustancias químicas.

GESTIS

<http://www.dguv.de/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTISStoffdatenbank/index-2.jsp>

Base de datos de IFA (Instituto Alemán para la Seguridad y Salud Laboral) que contiene extensa información para unas 8.500 sustancias químicas.

MONOGRAFÍAS IARC

<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>

Clasificación de la IARC (International Agency for Research in Cancer) de los productos cancerígenos y detalles de la evidencia científica disponible en cada caso.

CATÁLOGO COMERCIAL DE SIGMA-ALDRICH

<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/AdvancedSearchPage.do>

Acceso a 90.000 fichas de seguridad química en inglés.

ESIS (European Chemical Substances Information System)

Base de datos para la consulta de la clasificación armonizada en la Unión Europea de un agente.

<http://esis.jrc.ec.europa.eu/>

TOXNET

<http://toxnet.nlm.nih.gov/>

Esta página permite el acceso, entre otras, a las siguientes bases de datos: **HSDB** (Hazardous Substances Data Bank), **CCRIS** (Chemical Carcinogenesis Research Information System), **IRIS** (Integrated Risk Information), **GENE-TOX** (Genetic Toxicology/Mutagenicity Data Bank).

² Algunas de estas bases de datos no ofrecen la última versión disponible on-line. Normalmente, esta puede consultarse sujeta a coste económico en el CD-Rom "TOMES® Plus System" de MICROMEDEX, INC., 6200 S. Syracuse Way, Suite 300, Englewood, Colorado. USA. Otras, requieren suscripción a través de la propia página.

ATSDR (Agencia para las sustancias tóxicas y el registro de enfermedades)

Información toxicológica sobre agentes químicos disponible también en español.

http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.html

eChemPortal

Compendio de bases de datos con información sobre agentes químicos, gestionado por la OCDE. Desde aquí se accede a otras de las bases aquí mencionadas. <http://www.echemportal.org>

NIOSH POCKET GUIDE

<http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

Guía de NIOSH (Instituto Norteamericano de Seguridad y Salud en el Trabajo) con información sobre agentes químicos.

MINISTERIO DE SANIDAD, SERVICIOS SOCIALES E IGUALDAD

<http://www.msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/prodQuimicos/sustPreparatorias/biocidas/home.htm>

Permite acceder a la base de datos del registro de plaguicidas no agrícolas (o biocidas).

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

<http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/fitos.asp>

Permite acceder a la base de datos del registro de productos fitosanitarios.

BASE DE DATOS DE LA COMISIÓN EUROPEA SOBRE PESTICIDAS

http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public

REPROTOX

<http://www.reprotox.org/>

Sistema de información que contiene resúmenes de los efectos de medicamentos, agentes químicos, físicos y biológicos en la reproducción, embarazo y desarrollo. Consultable on-line con suscripción.

TERIS (SHEPARD'S Catalog of Teratogenic Agents)

<http://depts.washington.edu/terisweb/teris/>

Base de datos con información sobre teratogenicidad química. Ofrece resúmenes de la información clínica

y experimental para cada agente, exhaustivamente revisada. Consultable on-line con suscripción.

INCHEM

<http://www.inchem.org>

IPCS INCHEM ofrece acceso electrónico a multitud de documentos relativos al riesgo químico y a la manipulación segura de sustancias. En el Programa Internacional de Seguridad Química (IPCS) participan la OMS y el Centro Canadiense para la Seguridad y Salud en el Trabajo (CCOHS). A través de esta página se puede acceder a otras de las bases aquí mencionadas.

TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS

http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/TRANSPORTE_TERRESTRE/

Información sobre normativa, preguntas, casos prácticos, etc., sobre transporte de mercancías peligrosas por carretera.

Información sobre sustitución de agentes químicos peligrosos

INFOCARQUIM

<http://infocarquim.insht.es>

Modelo de columnas BGIA (Alemania)

http://www.dguv.de/medien/ifa/en/praghs_spaltenmodell/spalte/spaltmod.pdf

(Véase Nota Técnica de Prevención 712)

CATSUB. Instituto danés de Seguridad y Salud (extendido al ámbito europeo)

<http://www.catsub.eu>

Páginas del INRS y ANSES

<http://www.inrs.fr/dossiers/agirrisquecancero gene.html> (Incluye las Fichas FAS, fichas de ayuda a la sustitución).

[http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/INRS-FR/\\$FILE/fset.html](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/INRS-FR/$FILE/fset.html)

<http://www.substitution-cmr.fr/>

TURI (Toxics Use Reduction Institute, Univ. Massachusetts Lowell)

http://www.turi.org/home/hot_topics/cleaner_production/p2oasys_tool_to_compare_materials

<http://www.cleanersolutions.org>

Centro para la empresa y el medio ambiente (Generalitat de Catalunya)

http://acc2000.gencat.cat/mediamb_tecno/indexcema.html

Fichas Medclean (Centro de actividad regional para la producción limpia; Naciones Unidas)

<http://www.cprac.org/es/descargas/documentos/fichas-medclean>

SAGE: Solvents Alternative Guide

<http://infohouse.p2ric.org/ref/19/18161/index.cfm.htm>

Sustitución de agentes químicos peligrosos en el sector de tratamiento de metales

<http://www.cleantool.org>

Sustitución de agentes químicos peligrosos en el ámbito hospitalario

<http://www.sustainablehospitals.org>

<http://www.h2e-online.org>

SUBSPORT

Nuevo portal de ámbito europeo que recoge estudios de casos, recopilación de herramientas de búsqueda y comparación de alternativas, etc. Participan algunos institutos nacionales y otros centros de investigación.

<http://www.subsport.eu/>

TEXTOS

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)
Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices.
ACGIH, Cincinnati, USA, 1991.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)
Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices.
ACGIH, Cincinnati, USA, ACGIH, Cincinnati, (Publicación anual).

Bretherick, L.
Handbook of Reactive Chemical Hazards
Butterworths, London, UK, 1981

Budavari, S. (Editor)
The Merck Index
Merck &CO., Inc., New Jersey, USA, 1989

Calow, P.
Handbook of Ecotoxicology
Blackwell Science, Sheffield, UK, 1998

Dutch Institute for the Working Environment
Chemical Safety Sheets
Samsom Chemical Publishers, Dordrecht, Netherlands, 1991.

Environmental Protection Agency
Extremely Hazardous Substances
Noyes Data Corporation, New Jersey, USA, 1988.

Fan, A.M., Chang, L.W.
Toxicology and Risk Assessment
Marcel Decker, Inc, N.Y., USA, 1996

Grandjean, P.
Skin Penetration: Hazardous Chemicals and Work
Taylor and Francis, London, UK, 1990

Gretener, M.
Método Gretener, 1ª ed. 1973

Hawley, G.
Diccionario de química y de productos químicos
Ediciones Omega, Barcelona, España, 1988

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)
Fichas Internacionales de Seguridad Química

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)
Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España (Publicación anual)

Klaassen, C.D. (Editor)
Casarett and Doull's Toxicology The Basic Science of Poisons
McGraw-Hill, N.Y., USA, 1996

LaDou, J.
Occupational & Environmental Medicine
Prentice-Hall International, Inc., San Francisco, USA, 1997

Lenga, Robert E.
The Sigma-Aldrich Library of Chemical Safety Data (1985), 1st ed
Sigma-Aldrich Corporation, USA, 1985

Lewis, R. J.
Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials
Van Nostrand Reinhold Company Inc, N.Y., USA, 1992

Morton Grant, W., Shuman J.
Toxicology of the Eye
Charles C. Thomas Publisher, Illinois, USA, 1993

National Fire Protection Association (N.F.P.A.)
Fire Hazards Properties of Flammable Liquids, Gases
and Volatile Solids, Vol. 10
National Fire Codes, code 325 M-1989
National Fire Protection Association, Quincy, Massa-
chusetts, 1989

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)
NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards
U.S. Department of Health and Human Services,
DHHS, Cincinnati, USA, 1997

Oficina Internacional del Trabajo
Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo
Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales IV^a Edición,
Madrid, España, 2000.

Proctor, N.H., Hughes, J.P., Fischman, M.L.
Chemicals Hazards of the Workplace
J.B. Lippincott Company, London, UK, 1988

Sittig, M.
Hazardous and toxic effects of industrial chemicals
Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey,
USA, 1979

Sittig, M.
Handbook of toxic and hazardous chemicals and car-
cinogens, 2nd Edition
Noyes Publications, Park Ridge, New Jersey, USA,
1985

The Dow Chemical Company
Índice de incendio y explosión (Índice Dow). Guía
para la clasificación de riesgos
Traducción al español por el INSHT de la 5^a y 7^a edi-
ciones del Fire and Explosion Index Hazard Classifi-
cation Guide.

The Dow Chemical Company, Midland, Michigan,
USA, 1994 (revisión de 1997)

United Nations
Transport of Dangerous Goods
United Nations, N.Y., USA, 1993

Verschueren, K.
Handbook of Environmental Data on Organic Che-
micals
Van Nostrand Reinhold Company Inc, N.Y., USA,
1983

Weast, R.C.
Handbook of Chemistry and Physics, 61th Edition
CRC, Boca Raton, Florida, USA, 1980.

Weiss, G.
Hazardous Chemicals Data Book
Noyes Data Corporation, New Jersey, USA, 1980.

Apéndice 3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE ACCIDENTE

MÉTODOS SIMPLIFICADOS

Se emplean cuando, en caso de materialización en accidente de la situación de riesgo analizada, no es razonable prever consecuencias catastróficas. Su utilización queda limitada a la evaluación de “riesgos convencionales”, con independencia de que el daño esperado sea leve, grave o incluso mortal. Para los supuestos de accidentes en los que se prevean consecuencias catastróficas (en pérdidas humanas, materiales, patrimoniales y/o mediambientales) se utilizarán las metodologías complejas que se describen más adelante.

Se centran en el daño esperado y permiten obtener una primera aproximación o conocimiento general de la situación, para poder jerarquizar los riesgos y priorizar las actuaciones preventivas. Puede distinguirse entre los de evaluación general del riesgo de accidente y los enfocadas específicamente a valorar el riesgo de accidente químico.

A) Generales

Evaluación de riesgos laborales - INSHT

Se trata de una metodología general aplicable a situaciones de riesgo no sujetas a procedimientos de evaluación impuestos por una legislación específica (por ejemplo, amianto) o a evaluación de riesgos que precisan de métodos específicos de análisis de riesgos como, por ejemplo, control de riesgos de accidentes graves (CORAG). En una primera parte se identifican los peligros asociados a las tareas a realizar en los distintos puestos de trabajo. El método establece los criterios de clasificación tanto de los daños esperados como de la probabilidad de materialización de cada uno de los peligros detectados. De su interrelación resultan las diferentes situaciones de riesgo, clasificados por niveles. Algunas autoridades en materia laboral de las comunidades autónomas han desarrollado metodologías similares.

Evaluación de las condiciones de trabajo en pequeñas y medianas empresas - INSHT

Metodología general basada en la recogida de datos mediante cuestionarios de chequeo que facilita la identificación de peligros y permite una evaluación relativa de cada uno de los cuestionarios o listas de comprobación. Existen tres cuestionarios específicos para la evaluación del riesgo químico referentes a: sustancias químicas, contaminantes químicos y ventilación.

Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente - INSHT

Metodología general, desarrollada en la NTP 330, que pretende ser una revisión actualizada del método

Fine. Parte de la identificación de los factores de riesgo mediante cuestionarios de chequeo. Categoriza el nivel de deficiencia de cada situación y lo asocia al nivel de exposición de los trabajadores, lo que determina el nivel de probabilidad del daño esperado. Posteriormente, se valora el correspondiente riesgo asociado a cada deficiencia o conjunto de deficiencias como el producto del nivel de probabilidad por la magnitud de las consecuencias, lo que permite a su vez establecer el nivel de intervención.

B) Específicos

Evaluación del riesgo de accidente por agentes químicos. Metodología simplificada

La NTP 934 propone un método simplificado de evaluación basado en una aplicación específica de las metodologías generales (especialmente la desarrollada en la NTP 330) a la evaluación de riesgos de accidente por agentes químicos peligrosos. Se pretende con ella aproximar la evaluación a las exigencias del artículo 3 del Real Decreto 374/2001 que exige que para llevar a cabo la citada evaluación se deberá considerar y analizar, entre otros aspectos: “sus propiedades peligrosas y cualquier otra información necesaria para la evaluación de riesgos, que deba facilitar el proveedor, o que pueda recabarse de éste o de cualquier otra fuente de información de fácil acceso”. Es decir, el Real Decreto remite de forma explícita a la información sobre las propiedades físico-químicas y toxicológicas contenidas en la etiqueta y la ficha de datos de seguridad. Más allá de las exigencias legales, con criterio estrictamente técnico - preventivo consideramos que para realizar objetivamente una evaluación del riesgo de accidente químico no se pueden obviar las propiedades intrínsecas de los distintos agentes químicos.

En este método se evalúa el nivel de riesgo (NR) como el producto de tres variables: nivel de peligrosidad objetiva (NPO), nivel de exposición (NE) y nivel de consecuencias (NC).

$$NR = NPO \cdot NE \cdot NC$$

De ellas, tan sólo el nivel de peligrosidad objetiva constituye una novedad y una especificidad para la evaluación del riesgo de accidente por agentes químicos. Plantea identificar mediante un cuestionario de chequeo las posibles deficiencias de distinta tipología asociados a la presencia de agentes químicos en cinco situaciones habituales (identificación; almacenamiento/envasado; utilización/proceso; organización de la prevención; uso de EPI, e instalaciones de socorro) y valorar conjunta e inseparablemente las deficiencias identificadas al nivel de peligrosidad intrínseca del agente químico en cuestión, ya que para evaluar objetivamente el riesgo de accidente químico no basta

con saber cómo se trabaja sino que hay que saber con qué se trabaja (su peligrosidad intrínseca).

Las otras dos variables, nivel de exposición y nivel de consecuencias, no difieren ni en su cualificación ni en su cuantificación al uso que de las mismas se hace en las metodologías generales.

La NTP 934 ya incorpora los requisitos establecidos por el marco normativo en vigor (Reglamento CE nº 1272/2008 de clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, conocido como CLP).

MÉTODOS COMPLEJOS

Se emplean cuando las consecuencias de los accidentes puedan ser graves y no sea evidente la interrelación e importancia de los posibles factores de riesgo. Centran su análisis en el daño máximo a que puede dar lugar el accidente (*top event*). Requieren un conocimiento profundo de las características de las instalaciones y del proceso, lo que hace difícil su aplicación y por ello habitualmente deben aplicarse por un equipo de expertos. De entre los existentes se citan los tres más utilizados:

Método de análisis por árbol de fallos (Fault Tree Analysis)

Método deductivo de análisis que permite el conocimiento y estudio de los acontecimientos que conducen a situaciones de riesgo no deseadas o que se pretenden evitar a partir de fallos de los componentes del sistema. Es un método de análisis inicialmente cualitativo para indagar los diferentes sucesos intermedios y originarios, averiguando los fallos y errores que los puedan provocar. La finalidad primordial del método es determinar la probabilidad de acontecimiento del suceso a evitar y ello requiere conocer la indisponibilidad o probabilidad de fallo de los sucesos básicos. Para ser eficaz, un análisis por el árbol de fallos debe ser elaborado por personas muy conocedoras de las instalaciones/equipos/proceso y que tengan experiencia en la aplicación del método, siendo recomendable que el trabajo lo realice un equipo multidisciplinar.

Una descripción detallada de este método puede encontrarse en la NTP 333.

Método de análisis por árbol de sucesos (Event Tree Analysis)

Método inductivo de identificación y evaluación de riesgos que permite estudiar procesos secuenciales de hipotéticos accidentes a partir de sucesos iniciales indeseados (por ejemplo, el fallo de un determinado equipo u operación), verificando así la efectividad o fiabilidad de las medidas preventivas existentes. Puede ser usado cualitativa y cuantitativamente. Al igual que el anterior, tiene que ser aplicado por personas con experiencia y con conocimientos de las insta-

laciones/equipos que se analizan, requiriendo esfuerzos y tiempo para alcanzar análisis profundos. Frecuentemente deberá ser aplicado por un equipo multidisciplinar.

Una descripción detallada de este método puede encontrarse en la NTP 328.

Ambos métodos están explícitamente citados en el artículo 4.4.4 del Real Decreto 1196/2003 como modelos de aplicación para realizar análisis cuantitativos de riesgos (ACR) que los órganos competentes pueden exigir en determinadas circunstancias a empresas afectas por el Real Decreto 1254/1999 y posteriores modificaciones, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

Procedimiento de Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) (*Failure Modes and Effects Analysis*)

Los AMFE parten de la identificación de diversos modos de fallo de los equipos clave para estimar sus efectos.

Es una herramienta muy útil ampliamente empleada en el ámbito del control de la calidad.

Es un método cualitativo de análisis, el cual tiene su mayor utilidad en la fase de diseño, ya que permite identificar consecuencias desfavorables o críticas debidas a fallos simples, y así poder dotar a los sistemas de las redundancias y protecciones necesarias para alcanzar un adecuado nivel de seguridad.

Los fallos considerados suelen ser fallos de elementos básicos: válvulas, termostatos, estanqueidad de equipos, presostatos, etc.

La norma UNE-EN 60812:2008 "Técnicas de análisis de la fiabilidad de sistemas. Procedimiento de análisis de los modos de fallo y de sus efectos" reproduce la versión oficial en español del Documento de Armonización HD 485 S1:1987, que a su vez adopta íntegramente la Norma Internacional CEI 812:1985.

Una descripción detallada de este método puede encontrarse en la NTP 679.

Si en el análisis se introduce el parámetro relativo al grado de criticidad del fallo estudiado, el método se denomina Análisis Modal de Fallos, Efectos y su Criticidad (AMFEC) (*Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis*).

OTROS MÉTODOS

De entre los existentes cabe citar:

Método DOW. Índice de riesgo de incendio y explosión

Método objetivo para evaluar riesgos de incendio y explosión en plantas con equipos de proceso. Se basa en un estudio de las unidades de proceso más peligrosas de la planta considerada. Permite una estimación de consecuencias en términos económicos y en tiempos de parada. Tiene que ser aplicado por personal que conozca profundamente el método y la planta. Frecuentemente deberá ser aplicado por un equipo multidisciplinar.

Existen otros métodos de evaluación del riesgo de incendio como el método del Coeficiente K y los Factores alfa, el método Gretener, el método Gustav Purt, el método Meseri, la metodología de Edwin E. Smith y G.A. Herpol, etc. La NTP 100 desarrolla el método Purt.

A título informativo cabe destacar que el actual Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (Real Decreto 2267/2004) establece en su Anexo I la caracterización de los establecimientos industriales en relación con la seguridad contra incendios a partir de su configuración y ubicación con relación a su entorno y de su nivel de riesgo intrínseco (NRI). Este se determina calculando la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida para un sector, edificio o establecimiento

En las NTP 831 y 832 se desarrolla la aplicación del Real Decreto 2267/2004.

En el apartado “Herramientas de PRL” existente en la web del INSHT y en la colección de calculadores existe un calculador sobre esta materia: <http://calculadores.insht.es:86/Seguridadcontraincendios/Introducción.aspx>

Método HAZOP (HAZard and OPerability analysis) o Análisis Funcional de Operatividad (AFO)

La metodología “HAZOP” es una técnica de las más versátiles que existen para la identificación de peligros en la industria química, ya que permite la reflexión crítica de cualquier proceso ante posibles desviaciones del mismo por causas que se tratarán de averiguar. Se trata de un método de tipo cualitativo, aunque complejo, que desarrolló Imperial Chemical Industries (ICI) en la década de los años sesenta del pasado siglo.

Investiga cómo se puede desviar el funcionamiento de la planta respecto al diseño original mediante la aplicación de unas palabras clave (más, menos, mayor que, ..) a los parámetros fundamentales del proceso (presión, temperatura, caudal, etc.).

Se define como “la aplicación de un examen crítico, formal y sistemático a 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”. Aunque inicialmente fue concebido para su aplicación en fase de proyecto, el método se utiliza actualmente con probado éxito para identificar fallos y/o desviaciones de los componentes en instalaciones en uso.

Al igual que los anteriores, tiene que ser aplicado por personas con experiencia y con conocimientos de las instalaciones/equipos/procesos que se analizan, requiriendo esfuerzos y tiempo para alcanzar análisis profundos. Frecuentemente deberá ser aplicado por un equipo multidisciplinar.

Históricamente este método tuvo relevancia en España ya que el Real Decreto 886/1988 sobre Prevención de accidentes mayores (derogado por el Real Decreto 1254/1999) remitía explícitamente al mismo para realizar las evaluaciones de riesgo en las empresas afectas por el citado RD.

En la NTP 238 se describe la forma de utilización y un ejemplo de aplicación de este método.

EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL USO DE MÁQUINAS O EQUIPOS

Cuando la utilización de máquinas o equipos de trabajo pueda generar peligros relativos a la emisión de sustancias nocivas o peligrosas, para su evaluación puede ser interesante consultar los siguientes documentos:

UNE-EN ISO 12100:2012

Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. AENOR

UNE-EN ISO 12100-2:2004 + A1:2010

Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 2: Principios técnicos. AENOR

UNE - EN ISO 14121-1:2008

Seguridad de las máquinas. Evaluación del riesgo. Parte 1: Principios. AENOR

UNE-EN 626-1:1995 + A1:2008

Seguridad de las máquinas. Reducción del riesgo para la salud debido a sustancias peligrosas emitidas por las máquinas. Parte 1: Principios y especificaciones para los fabricantes de maquinaria. AENOR

UNE-EN 626-2:1995 + A1:2008

Seguridad de las máquinas. Reducción del riesgo para la salud debido a sustancias peligrosas emitidas

por las máquinas. Parte 2: Metodología para especificar los procedimientos de verificación. AENOR

UNE-EN 1127-1:2008

Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: Conceptos básicos y metodología. AENOR

UNE-EN 1127-2:2003 + A1: 2008

Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 2: Conceptos básicos y metodología para minería. AENOR

Apéndice 4. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS

INTRODUCCIÓN

La evaluación de riesgos consiste en obtener la información necesaria para responder a dos cuestiones: qué es lo que puede suceder y con qué probabilidad. De este modo, se estará en condiciones de decidir si son necesarias o no medidas preventivas y, en caso afirmativo, de qué tipo y en qué orden se deben poner en práctica. Cuando existe exposición a agentes químicos, para responder a la primera pregunta es necesario conocer la capacidad tóxica del agente químico y la respuesta individual al tóxico. Por otra parte, como no se puede obtener el valor de la probabilidad, en su lugar se estima a partir de la magnitud de la exposición, entendida como el tiempo de exposición por la concentración ambiental, y del correspondiente valor límite. Esto último requiere medir. Cualquier medición de cualquier parámetro finaliza cuando se dispone de un intervalo del valor de lo medido suficientemente pequeño para que sea útil. La reducción de ese intervalo depende de la calidad y del número de mediciones y también de las condiciones de la exposición (repetitividad, movilidad que implique el puesto de trabajo, etc.). Cuando los medios necesarios para obtener un valor fiable de la concentración ambiental, representativo de la exposición y con un intervalo de incertidumbre suficientemente reducido, son muy elevados, deberían centrarse los esfuerzos en la eliminación de los riesgos o en la implementación de medidas preventivas para reducirlos al máximo, ya que son los verdaderos objetivos.

Bajo ciertas circunstancias el proceso de medición se puede evitar, tal y como indica el Real Decreto 374/2001 en su artículo 3.5. En estas situaciones, es posible obtener conclusiones a partir de la observación del puesto de trabajo, con ayuda de la información recabada sobre los agentes químicos presentes en el ambiente, las condiciones de trabajo y las condiciones individuales. En unas pocas ocasiones, el criterio del higienista puede ser suficiente. Suelen ser aquellas en las que la exposición es muy intensa o, por el contrario, es muy baja. Existen también procedimientos de valoración sistematizados y contrastados que ayudan de forma objetiva a gestionar esa información, cuyos resultados permiten conocer la magnitud del problema. Esos procedimientos, que denominaremos Métodos cualitativos o simplificados de evaluación, son objeto de este Apéndice, en el que también se exponen los principios que rigen la Evaluación cuantitativa, las estrategias de medición y el tratamiento de los resultados de las mediciones.

La Norma UNE-EN 689:1996 "Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición" propone tres etapas diferenciadas y conse-

cutivas para la evaluación de la exposición: estimación inicial, estudio básico y estudio detallado (véase NTP 935).

En las dos primeras etapas, cuando se dan las circunstancias adecuadas, ya pueden extraerse conclusiones sobre el riesgo que representa la exposición en base a estimaciones, mientras que la evaluación detallada comprende la medición de las concentraciones ambientales en el lugar de trabajo a evaluar y la comparación con el valor límite. Esta etapa requiere una estrategia de medición y un tratamiento estadístico para obtener una información válida y fiable de la exposición necesaria, por ejemplo, cuando es esperable que la exposición esté próxima al valor límite.

La estimación inicial de la exposición utiliza la información sobre la peligrosidad de los agentes químicos y la observación del puesto de trabajo para estimar el nivel de riesgo, pudiéndose utilizar en esta fase los ya mencionados modelos cualitativos. En el estudio básico se realizan valoraciones en las que, como apoyo, el técnico utiliza datos objetivos, como, por ejemplo, mediciones anteriores o mediciones en procesos de trabajo comparables, entre otros.

Como se desprende de párrafos anteriores, muchas decisiones del proceso de evaluación se toman en base al propio juicio profesional del técnico, el cual se desarrolla a partir de un conjunto de conocimientos adquiridos tanto en la formación académica de base, como por la práctica profesional tutelada y por la propia experiencia profesional recogida a lo largo del tiempo. Dada la trascendencia que puede tener la calidad de sus actuaciones, el Técnico de Prevención que lleve a cabo la evaluación debe estar suficientemente formado y experimentado, y además del nivel de cualificación definido en el artículo 37 del Real Decreto 39/1997, es recomendable que posea la especialidad en Higiene Industrial y una formación académica con base química y que haya realizado un aprendizaje práctico en Higiene Industrial. Concretamente, respecto a la aplicación de modelos simplificados, hay que notar que, pese a que son métodos sencillos de aplicar, la interpretación de sus resultados, la toma de decisiones sobre las medidas preventivas necesarias y la comprobación de que las condiciones iniciales de trabajo se mantienen a lo largo del tiempo, requieren un criterio profesional insustituible.

MODELOS CUALITATIVOS O SIMPLIFICADOS DE EVALUACIÓN

Estos modelos no están concebidos como una alternativa a la evaluación cuantitativa de la exposición a agentes químicos sino como una herramienta adicional para el proceso de evaluación, siendo, en ocasiones, suficientes para alcanzar conclusiones sin recurrir a la

evaluación cuantitativa. Se trata de modelos que los técnicos pueden emplear para realizar una primera aproximación o diagnóstico sobre la situación higiénica derivada de la presencia de agentes químicos y sobre las medidas preventivas necesarias en cada situación. Ello es especialmente útil en la fase de diseño de los procesos para determinar de qué instalaciones y condiciones es necesario disponer, anticipándose a cualquier exposición real, aunque su aplicación no se restringe solamente a esta circunstancia. Resulta también interesante su aplicación a agentes químicos que no tienen establecido un valor límite ambiental.

En los últimos años se han desarrollado muchos procedimientos simplificados y, aunque cada uno presenta sus peculiaridades, existe una base común tanto en la sistemática de evaluación como en la información manejada. Las variables más frecuentemente utilizadas por este tipo de métodos son:

- La peligrosidad del agente químico.
- La frecuencia de exposición.
- La cantidad utilizada o presente.
- La volatilidad o la pulverulencia.
- La forma de uso.
- El tipo de medida preventiva de control.

Para las variables empleadas se establecen una serie de clases o categorías cuya combinación permite clasificar las operaciones evaluadas en distintos niveles de riesgo. Normalmente este nivel de riesgo va asociado a un nivel de control determinado, como la ventilación general, la extracción localizada o el confinamiento del proceso, de ahí su nombre genérico de “control banding” (“bandas de control”), aludiendo a los niveles de control necesarios en los que se clasifican las distintas operaciones.

Un ejemplo de ello es el modelo *COSHH Essentials* elaborado por el *Health & Safety Executive* (HSE) del Reino Unido, que se apoya además en una amplia colección de fichas de control en función de la operación o el proceso evaluado. La metodología *COSHH Essentials* fue incluida en la Guía Práctica de la Directiva sobre Agentes Químicos 98/24/CE y es objeto de las NTP 935, 936 y 872 publicadas por el INSHT. El método *COSHH Essentials* no está diseñado para evaluar la exposición a plomo y amianto (que disponen de normativa específica), gases, productos generados durante el proceso (ofrece fichas específicas, fuera del esquema general de actuación del modelo), plaguicidas o medicamentos.

Un modelo similar es el alemán *Easy-to-use Workplace Control Scheme for Hazardous Substances* publicado por BAuA (Instituto Federal para la Seguridad y Salud

Laboral). Este método excluye en su ámbito de aplicación la evaluación de la exposición a productos generados durante el proceso (humos de soldadura, productos de pirólisis, productos de descomposición, etc.).

Existe otro grupo de metodologías enfocadas propiamente a la evaluación de riesgos (no al control de los mismos, como las mencionadas hasta ahora), y por ello incorporan variables relativas al tipo de medida preventiva presente o al tipo de proceso y su grado de encerramiento en el procedimiento de evaluación, para que este sea más completo. Es el caso de la *Méthodologie d'évaluation simplifiée du risque chimique* del *Institut National de Recherche et de Sécurité* (INRS) de Francia. Este método consiste en establecer, para cada variable, una serie de clases y una puntuación asociada para obtener, de este modo, un índice semicuantitativo que es el que indica el nivel de riesgo. El INRS propone además una etapa previa de jerarquización o establecimiento de prioridades que permite ordenar los riesgos en función de su importancia, aspecto importante sobre todo cuando están presentes un gran número de agentes químicos en el lugar de trabajo.

El método del INRS, con una modificación del mismo cuyo objetivo es hacer la evaluación más completa y versátil, se detalla el texto publicado por el INSHT “*Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica*”, y en la NTP 937. Este método tiene la limitación de que no se puede utilizar para valorar la exposición a productos de descomposición térmica ni a medicamentos. Para estos últimos realmente ninguno de los procedimientos anteriormente citados es el adecuado, si bien es cierto que los procedimientos de “*control banding*” fueron desarrollados al principio por la industria farmacéutica para evaluar la exposición a los productos utilizados en ella. Es algo similar a lo que sucede con el caso de la evaluación de la exposición a nanopartículas, donde los métodos de “*control banding*” adecuados son específicos para ello.

Existen también modelos de orden superior, es decir, modelos que incorporan más variables, por ejemplo: la distancia del trabajador a la fuente, la presencia de fuentes de emisión secundarias, las dimensiones del local, la protección respiratoria, etc. Presentan un grado de complejidad mayor pero ofrecen más información, pudiendo llegar incluso a hacer estimaciones “cuantitativas”. Estos modelos se están empleando en los escenarios de exposición del REACH.

En la elección sobre el método a emplear intervienen factores tales como el tipo de actividad desarrollada, el número total de agentes y operaciones, el objetivo final de la evaluación (diagnóstico inicial, comprobación de unas tareas específicas,...), etc. En cualquier caso es responsabilidad del usuario su correcta aplicación y el juicio sobre la bondad de los re-

sultados, así como la comprobación del funcionamiento de las instalaciones y medidas preventivas ya implantadas o a implantar. Aun tratándose de modelos considerados sencillos de aplicar las decisiones e interpretaciones técnicas son indispensables y sólo con la experiencia y la revisión de muchas y diversas situaciones se consigue maximizar la utilidad de estas herramientas.

No se dispone de un nombre ampliamente aceptado para estos modelos en castellano y en la bibliografía se encuentran denominaciones tales como modelos simplificados, modelos empíricos, modelos cualitativos, modelos para la evaluación inicial, etc. En este apéndice se ha adoptado la nomenclatura de modelos cualitativos o simplificados indistintamente aunque hay que destacar que los modelos análogos al del INRS no son estrictamente cualitativos sino semicuantitativos. Por otra parte, el término "simplificado" no debe interpretarse como un procedimiento que permita reducir los requerimientos de la evaluación de riesgos o tomar una vía rápida para conseguir exactamente el mismo fin.

Hay que insistir aquí en el carácter complementario, respecto de la evaluación cuantitativa, que tienen estos modelos de evaluación del riesgo por exposición inhalatoria. Los métodos simplificados constituyen un buen modo de realizar la primera etapa de estimación inicial. Con ellos se pueden diferenciar las situaciones aceptables, es decir, donde el riesgo es leve, de aquellas que requieren una evaluación más detallada y/o la adopción de medidas correctoras. En los casos de riesgo leve sería posible dar por finalizada la evaluación en esta etapa y pasar a realizar el informe higiénico. Por el contrario, si se pudiese de manifiesto la necesidad de corregir la exposición, habría que aplicar medidas correctoras que, una vez implantadas, llevarían a repetir la evaluación.

El ámbito de aplicación de este tipo de métodos sigue en aumento para conseguir abarcar nuevos problemas como es el caso de la exposición a nanopartículas, donde existe dificultad para establecer un valor límite (NTP 877). También el desarrollo de modelos de tipo sectorial se espera que aumente en los próximos años.

En términos generales, los modelos simplificados o cualitativos presentan una serie de limitaciones que hay que considerar cuando se aplican. Son las siguientes:

- Pueden subestimar el riesgo cuando el agente químico puede presentarse al mismo tiempo en forma de vapor y en forma de polvo.
- No son adecuados para valorar exposiciones pico. Para hacerlo habrá que utilizar otro procedimiento distinto. Esto también sucede con la

Norma UNE-EN 689:1996, que no está pensada para valorar exposiciones pico, aunque las tiene presentes.

- No consideran la aditividad de efectos por exposición a varios agentes químicos simultáneamente.
- No consideran de un modo cuantitativo los tiempos de exposición.

Con la obligatoriedad impuesta por el Reglamento REACH de adjuntar los escenarios de exposición a las fichas de datos de seguridad, la aplicación de los modelos simplificados o cualitativos toma otro enfoque. Por una parte, cada sustancia sujeta a disponer de estos escenarios de exposición (comercialización superior a 10 t/año) será puesta en el mercado con su evaluación simplificada anexada, es decir, considerando su peligrosidad y sus condiciones de uso para recomendar las medidas preventivas necesarias. Por otra, abre la vía al desarrollo de metodologías algo más depuradas técnicamente en cuanto a las variables consideradas y su tratamiento, que permitan llegar hasta la estimación numérica de las concentraciones ambientales, según la forma como se manipula el agente. En relación con esta finalidad, merecen ser destacados los modelos Stoffenmanager, el modelo ART (*Advanced Reach Tool*) y el modelo TRA (*Targeted Risk Assessment*).

En el apartado de Bibliografía de este apéndice se incluyen las referencias a los modelos mencionados.

EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA EXPOSICIÓN

En este apartado se recogen y desarrollan los criterios de evaluación que propone la Norma UNE-EN 689:1996 cuando se plantea la necesidad de realizar mediciones de concentración ambiental. Dichos criterios se complementan, cuando ha sido necesario, con otros provenientes de fuentes bibliográficas suficientemente contrastadas que constituyen referencias técnicas de uso extendido.

La forma de llevar a cabo la medición y el posterior tratamiento de los datos obtenidos no tiene por qué ser la que aquí se expone, los procedimientos empleados y las variantes que sobre ellos se realicen en cada situación pueden ser diferentes, lo que comporta que el técnico, según su criterio, emplee las variantes más oportunas en cada caso. Los procedimientos seguidos durante el proceso de la evaluación se deben describir en los informes técnicos de evaluación correspondientes de forma que permitan su seguimiento. La descripción puede simplificarse cuando se utilicen los criterios que se indican en esta Guía u otros de reconocida solvencia, mediante una referencia que identifique la fuente.

En todo caso, deben establecerse unos requisitos mínimos de representatividad de las mediciones, justificando el número y tiempo de duración de las muestras, su ubicación, el número de trabajadores a muestrear y el número de jornadas durante las que se van a realizar las mediciones. También el posterior tratamiento de los datos y las posibles conclusiones de valoración.

Para facilitar los cálculos que se exponen a lo largo de este apéndice pueden utilizarse programas estadísticos con medios informáticos. A tal efecto existe también un calculador publicado en la página web del INSHT:

<http://calculadores.insht.es:86/Exposiciónaagentesquímicos/Introducción.aspx>

La evaluación del riesgo por inhalación se lleva a cabo por comparación de la concentración del agente químico en el aire ponderada en el tiempo con el valor límite ambiental del agente en cuestión. La definición de los valores límite incluye el tiempo de referencia para el que están establecidos. La mayoría de las veces el valor límite está definido para un periodo de 8 horas y no debe superarse en ninguna jornada de trabajo. En ocasiones, si existen variaciones sistemáticas entre distintas jornadas de trabajo y la toxicocinética del agente químico lo permite, porque se trate de un agente químico capaz de producir efectos para la salud sólo tras exposiciones repetidas a lo largo de meses o años, es posible utilizar periodos de ponderación superiores a una jornada.

La confirmación de que no se supera el valor límite en ninguna jornada de trabajo exigiría la realización de mediciones de forma continuada. Como este procedimiento es irrealizable en la práctica, se recurre a modelos estadísticos para determinar la probabilidad de superar el valor límite en cualquier jornada de trabajo y se admite que no se superará dicho valor si esta probabilidad es muy pequeña.

En ocasiones es útil realizar mediciones en las condiciones más desfavorables, ya que, si en estas condiciones se respetan los valores límite, es posible obtener conclusiones globales con ahorro de medios.

Está admitido que los valores de la concentración de un agente químico en el aire se distribuyen siguiendo una ley de probabilidad logarítmico-normal, en este caso la media geométrica y la desviación estándar geométrica definen completamente la distribución. Cuando la media es suficientemente baja respecto al valor límite y, sobre todo, la dispersión de los datos es pequeña, la probabilidad de que se supere el valor límite en una jornada cualquiera es asimismo pequeña.

Alcanzar esta conclusión requiere muestrear durante bastantes jornadas, aunque, si el trabajo es repetitivo y la experiencia y el criterio profesional del técnico conduce a pensar que los factores que intervienen en la generación de las concentraciones ambientales no sufren gran variación día a día, se puede llegar a una conclusión con datos de un número reducido de jornadas. Esta es la base de las recomendaciones en cuanto al muestreo y valoración que se hacen en este capítulo sobre evaluación cuantitativa (*UNE-EN 689:1996*).

Tal y como se ha dicho en la introducción de este apéndice, la especialización profesional, que permite tomar decisiones no mecánicas, discernir sobre el significado de los resultados, reconocer situaciones de riesgo que deben corregirse sin necesidad de mediciones, disponer de la capacidad para optimizar medios y recursos o poder identificar agentes químicos cuya presencia no es evidente ni se deduce de una primera información, es un requisito necesario para evaluar este tipo de exposiciones.

El diagrama de flujo de la Figura 1 ayuda a situar los elementos que se desarrollan a lo largo de la evaluación cuantitativa de la exposición.

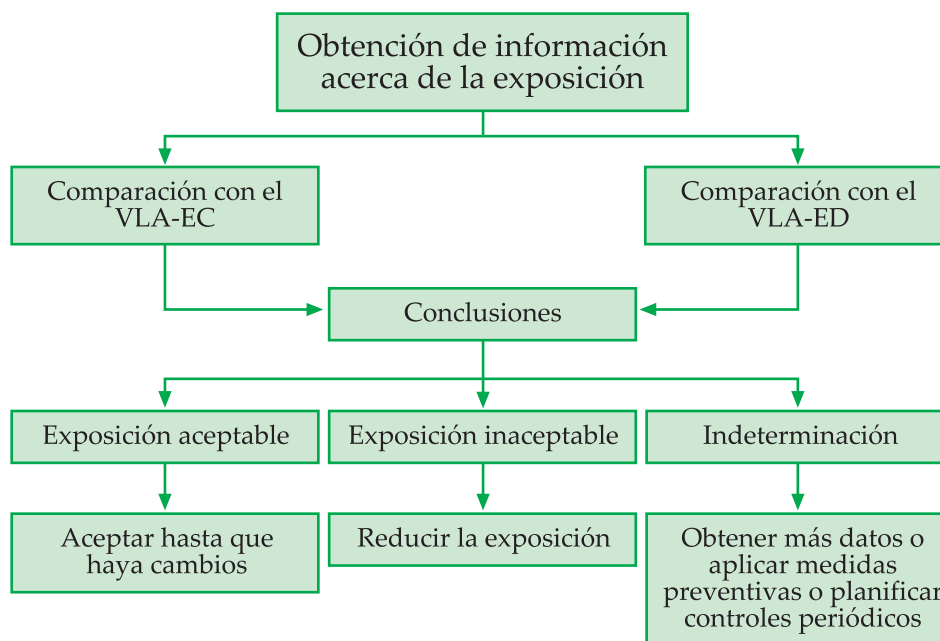


Figura 1. Diagrama de flujo general

Normalmente el proceso de evaluación de la exposición por inhalación se iniciará con la recopilación de los datos necesarios para definir las condiciones en las que se realizará la medición de la concentración ambiental y con la ejecución de estas mediciones.

La comparación de los resultados obtenidos con los Valores Límite Ambientales, tanto los definidos para exposiciones diarias (VLA-ED) como los aplicables a periodos cortos de exposición (VLA-EC), permite llegar a alguna conclusión sobre la exposición, lo que conducirá a decisiones sobre la actividad preventiva a desarrollar en el futuro inmediato.

Es necesario tener prevista de antemano la posibilidad de no poder alcanzar una conclusión definitiva sobre la necesidad de intervenir para reducir la exposición. Esto se debe a que la concentración de un agente químico en aire es una magnitud normalmente variable a lo largo del tiempo y, en consecuencia, es posible que no se pueda obtener una conclusión definitiva respecto al futuro con la información que se obtiene de una evaluación de la exposición por inhalación durante un periodo de tiempo limitado.

Por ejemplo, para poder asegurar que una exposición respeta un valor límite de tipo VLA-ED se debe garantizar que en todas y cada una de las jornadas durante toda la vida laboral la concentración ponderada referida a un periodo de 8 horas es inferior al valor VLA-ED, pero no siempre es posible llegar a esta conclusión, ni tampoco a la contraria, basándose en los datos obtenidos en unos pocos días de medición.

Teniendo esto en cuenta, las conclusiones pueden agruparse en tres categorías, a saber:

Exposición aceptable. Significa que es muy improbable que la exposición observada supere el Valor Límite, tanto en el periodo de tiempo en que se ha realizado la evaluación como en el futuro, mientras no haya cambios de la situación que puedan modificar la exposición.

Exposición inaceptable. A esta conclusión puede llegarse bien porque las mediciones realizadas muestran que se superan los valores límites aplicables, bien porque, aunque no se hayan obtenido resultados superiores a los valores límite, la exposición medida es de tal magnitud que resulta probable que se superen los valores límite en algunas ocasiones no medidas directamente. En estas condiciones se considera la situación como no aceptable y, lógicamente, se deberá proceder a su corrección.

Indeterminación. Significa que la exposición observada es tal que no permite alcanzar ninguna de las dos conclusiones anteriores. Es decir, los resultados obtenidos en las mediciones no superan los valores límite pero no permiten concluir con una fiabilidad aceptable si se superarán o no en el futuro.

Es importante resaltar que la "indeterminación" no se refiere al resultado del procedimiento de evaluación de la exposición tal como se ha observado o medido, ya que en las mediciones realizadas no se superan los valores límite, pero frente a los riesgos originados por inhalación este hecho no es suficiente para evaluar correctamente una exposición. Como ya se ha indicado, es preciso concluir también respecto a la superación, o no superación, de los límites en las jornadas posteriores aunque no haya cambios en el proceso o condiciones de trabajo, y es a esta conclusión a la que afecta la indeterminación.

En este último caso se puede optar por:

- Aumentar el número de mediciones, hasta tener datos suficientes que permitan obtener alguna de las otras dos conclusiones. Esta opción sólo será útil si es previsible que en un plazo de tiempo razonable se pueda alcanzar una conclusión que permita una buena planificación de medidas preventivas. No tiene sentido demorar innecesariamente la puesta en marcha de medidas preventivas con el argumento de que la exposición presente y futura no ha podido evaluarse de forma concluyente; o bien
- Implantar directamente medidas de prevención y protección, teniendo en cuenta los datos disponibles respecto al proceso y la exposición, es decir, decidir "por el lado de la seguridad" aunque los datos disponibles no sean concluyentes; o bien
- Planificar una vigilancia periódica de la concentración ambiental, con la finalidad de comprobar de forma segura que la exposición se mantiene por debajo de los límites de forma continuada a lo largo del tiempo. Esta será la opción más conveniente en la mayoría de circunstancias. En otras palabras: ante la imposibilidad de poder concluir respecto a las exposiciones en el futuro, se opta por vigilar esas exposiciones futuras.

En los apartados sucesivos se exponen procedimientos aplicables a cada una de las etapas citadas en el diagrama de flujo anterior. Cada apartado se inicia con el esquema de una etapa en el que se muestran los elementos que la constituyen, incluyéndose una referencia numérica a aquellos cuyo desarrollo está incluido en este capítulo. Únicamente se han desarrollado los elementos que requieren una elaboración técnica compleja, dejando sin tratar aspectos cuyo significado o importancia en el proceso de evaluación se considera de conocimiento generalizado por cualquier técnico de prevención y que, por lo tanto, no necesitan una explicación detallada.

Obtención de información acerca de la exposición

Los aspectos significativos de esta etapa son los datos relativos a los agentes químicos en lo que respecta al procedimiento de medición de la concentración ambiental y los valores límite aplicables, la duración de las exposiciones y el número de trabajadores expuestos.

En los apartados 1 y 2 se hacen consideraciones a tener en cuenta sobre los procedimientos de medición y sobre la determinación del número de trabajadores en los que se practicarán las mediciones de la concentración ambiental.

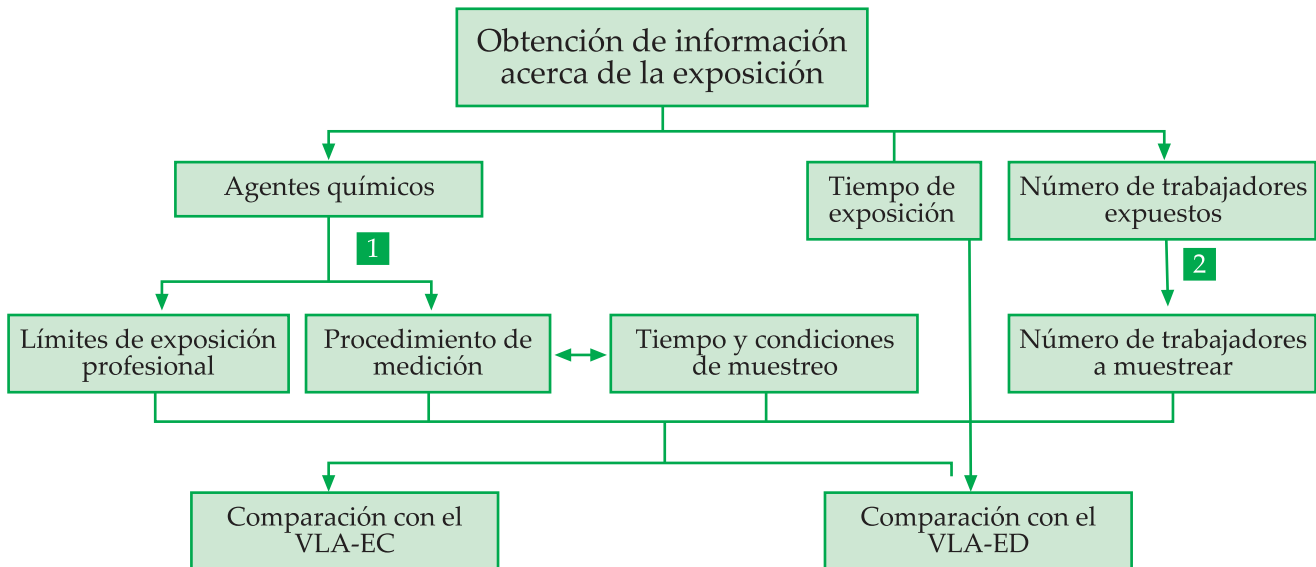


Figura 2. Fase informativa

Datos de los agentes químicos (Apartado 1)

La identificación del agente o los agentes objeto de la evaluación, el conocimiento de lo que indica el criterio de valoración al respecto (normalmente se utilizarán los Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España) y los procedimientos de medición de la concentración ambiental, así como los efectos sobre la salud y su posible aditividad si hay

más de un agente, condicionan el tiempo de muestreo y el parámetro a determinar (normalmente, concentración media ponderada de una jornada referida a 8 horas o concentración ponderada de los periodos de 15 minutos de exposición máxima).

El método de medición (véase el Apéndice 5 de esta Guía) proporcionará los datos relevantes sobre la posibilidad de muestrear diferentes agentes en una

misma muestra y sobre los tiempos y caudales de muestreo adecuados (o recomendados) para determinar concentraciones ambientales de los agentes químicos en el intervalo 0,1 VLA-ED a 2 VLA-ED.

Si se esperan concentraciones próximas al límite inferior de este intervalo, para comparar con el VLA-ED, el tiempo mínimo de duración de la muestra se obtiene con la expresión:

$$t_{\text{muestra}} \geq LC / (0,1 \cdot \text{VLA-ED} \cdot q)$$

siendo:

t_{muestra} : tiempo de duración de la muestra en minutos

LC: Límite de cuantificación analítico en $\mu\text{g}/\text{muestra}$

VLA-ED expresado en $\mu\text{g}/\text{l}$

q: caudal en l/min.

Cuando el agente químico dispone de VLA-EC, el tiempo de duración es de 15 minutos, por lo que el requisito es que se cumpla la siguiente expresión:

$$LC \leq (0,5 \cdot \text{VLA-EC} \cdot q \cdot 15)$$

siendo:

LC: Límite de cuantificación analítico en $\mu\text{g}/\text{muestra}$

VLA-EC expresado en $\mu\text{g}/\text{l}$

q: caudal en l/min.

Cuando la concentración esperable del agente químico sea inferior a 0,1 VLA-ED pero por razones de aplicación de legislación específica o normativa (por ejemplo, cancerígenos y mutágenos) sea necesario descartar su presencia en el lugar de trabajo, la duración de la toma de muestra será el tiempo máximo que admita el método al caudal más alto recomendado, cuando las condiciones de trabajo lo permitan.

En Higiene Industrial las mediciones de las concentraciones ambientales deben ser de tipo personal. Esto quiere decir que el instrumento que mide o recoge muestras debe ser portado por el individuo que trabaja. Se pueden establecer lógicas excepciones y aceptar mediciones estáticas (instrumentos instalados en un determinado lugar) cuando lo que se pretende es la confirmación de algunas hipótesis mediante datos aproximados o midiendo en condiciones extremas. También puede ser necesaria la medición estática cuando el sistema o el soporte de las muestras lo haga necesario (elutriadores de gran tamaño y caudal, *impingers*, etc.).

En el muestreo personal, además de que el instrumental sea portátil y autónomo, se debe cumplir el re-

quisito de que el soporte de retención, la sonda de medición, el sensor, etc, estén situados en la zona de respiración del individuo (véase Apéndice 1). En la práctica se traduce en colocarlo en la solapa, lo más cerca posible del cuello.

Número de trabajadores a muestrear por puesto de trabajo. Grupos homogéneos de exposición (GHE) (Apartado 2)

La existencia de varias personas que realizan tareas similares, en condiciones ambientales parecidas, plantea la posibilidad de realizar mediciones de la exposición a una parte de ellos y ahorrar medios, considerando que la exposición es común a todos. Los resultados son considerados entonces como correspondientes a una única exposición y se tratan como tales. El grupo de trabajadores se denomina entonces Grupo Homogéneo de Exposición (GHE). La experiencia muestra que frecuentemente la variación entre las exposiciones individuales dentro de un GHE es grande, por lo que la literatura especializada recomienda reducir los GHE al mínimo número de integrantes posible. La hipótesis de que un grupo de trabajadores constituye un GHE debe confirmarse experimentalmente. Para ello, la norma UNE-EN 689 recomienda que se compruebe que las concentraciones individuales halladas están comprendidas entre la mitad y el doble de la media aritmética del grupo. Si algún valor de exposición se encuentra fuera de este intervalo, hay que reconsiderar la hipótesis de homogeneidad del grupo. *Dicha norma recomienda elegir un mínimo de 1 trabajador por cada 10 que constituyan un GHE.*

Leidel y col. (1977) razonan la elección del número de trabajadores a muestrear en un GHE, bajo la hipótesis de que, entre los individuos seleccionados al azar, se encuentre al menos uno de los trabajadores de exposición más alta. Para ello utiliza los principios de la distribución hipergeométrica

$$p = \frac{\binom{N_0}{x} \binom{N - N_0}{n - x}}{\binom{N}{n}} ; \text{ donde : } \binom{N}{n} = \frac{N!}{n!(N - n)!}$$

n es el número de trabajadores que se muestrean

N_0 el número de trabajadores de mayor exposición dentro del GHE

N es el total del GHE

p es la probabilidad de que, entre los n muestreados, se incluyan un número x de trabajadores de los N_0 de mayor exposición.

En la tabla 1 se indican los trabajadores a muestrear (n) en un grupo de N trabajadores, para que al menos incluya a uno de los N_0 de exposición más alta.

TABLA 1. Número de trabajadores a muestrear pertenecientes a un GHE

N	8	9	10	11-12	13-14	15-17	18-20	21-24	25-29	30-37	38-49	50	>50	N0=0,1N p=0,1
n	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	22	
N	12	13-14	15-16	17-18	19-21	22-24	25-27	28-31	32-35	36-41	42-50	>50		N0=0,1N p=0,05
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	29		
N	6	7-9	10-14	15-26	27-50	>50								N0=0,2N p=0,1
n	5	6	7	8	9	11								
N	7-8	9-11	12-14	15-18	19-26	27-43	44-50	>50						N0=0,2N p=0,05
n	6	7	8	9	10	11	12	14						

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

Por ejemplo, si de un GHE de 50 trabajadores ($N = 50$) se eligen al azar 18 ($n = 18$), la probabilidad de muestrear al menos uno de los cinco trabajadores (el 10% del total) que tienen mayor exposición sería del 90% ($1 - p = 0,90$).

Comparación con el VLA-ED

La evaluación del riesgo por inhalación por comparación con el VLA-ED requiere obtener el valor de la concentración ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas (ED). Ahora bien, debido a condicionantes técnicos de los sistemas de medición, los tiempos de duración de cada medición individual pueden ser muy inferiores al tiempo de exposición diario del trabajador. En consecuencia, la primera cuestión a responder es el número de mediciones

que deben realizarse en una jornada. El valor de la ED se calculará a partir de los resultados de estas mediciones. En el apartado 3 se hacen consideraciones a tener en cuenta al respecto.

Muy relacionado con lo anterior están las decisiones respecto al momento en que se deben ejecutar las mediciones y su distribución a lo largo de la jornada. Normalmente a esta planificación se la denomina "estrategia de medición", se desarrolla en el apartado 4.

En los apartados 5, 6 y 7 se desarrollan los criterios aplicables a la comparación de los valores de concentración ambiental obtenidos con los valores límite (VLA-ED) y los procedimientos de toma de decisiones apoyados en esa comparación.

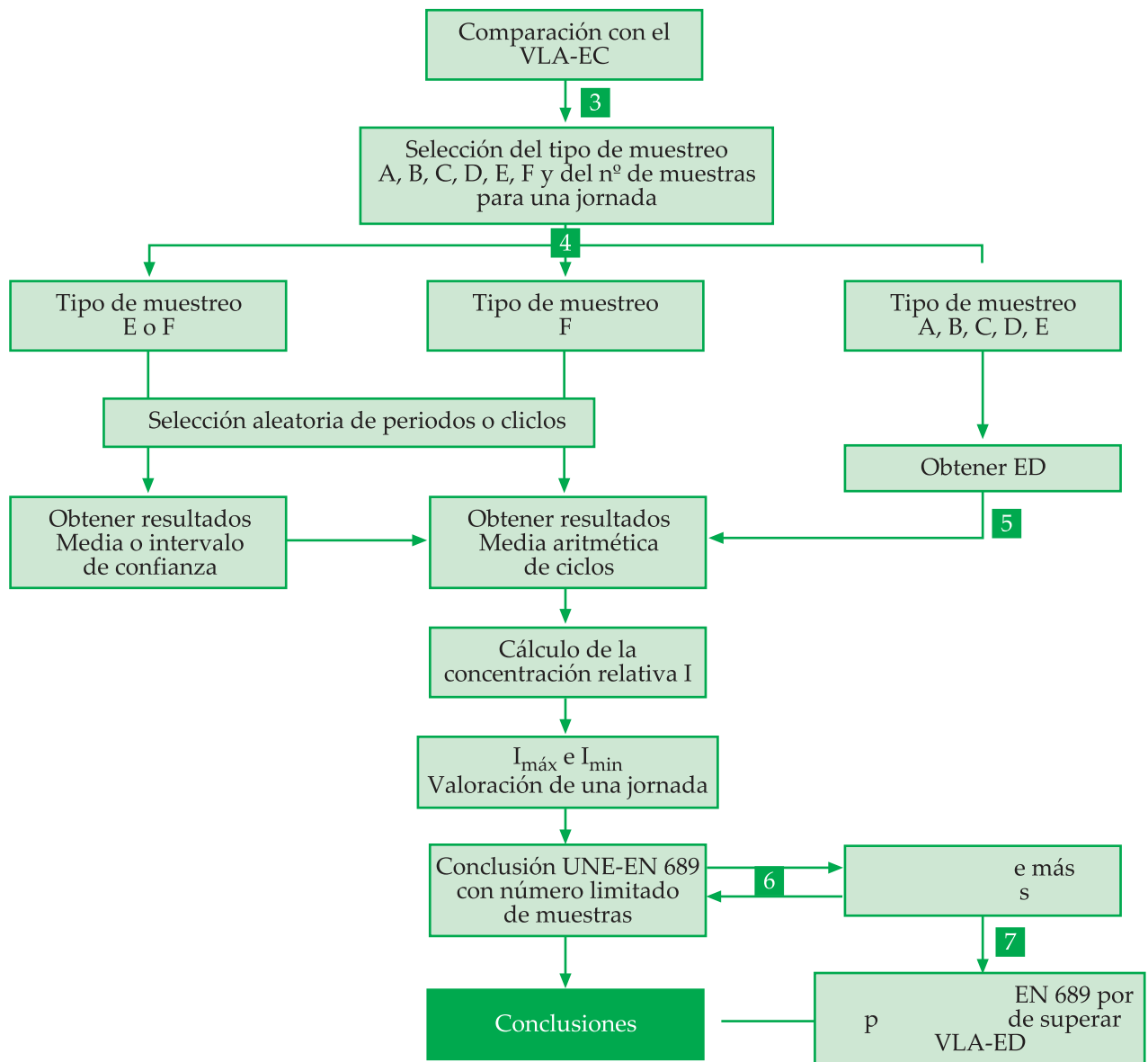


Figura 3. Fase valorativa

Número mínimo de muestras por jornada (Apartado 3)

Vendrá fijado por el tiempo de duración individual de las mediciones y la planificación de las mediciones según los modelos que se recogen en el apartado siguiente. Como criterio orientativo, se puede utilizar el que propone la norma UNE-EN 689, válido cuando la exposición es uniforme, es decir que no se esperan fluctuaciones importantes de concentración. El criterio se basa en realizar un número de mediciones que re-

presenten, como mínimo, el 25% del tiempo de exposición, por lo que la hipótesis de que no han ocurrido cambios durante el periodo no muestreado debe ser examinada siempre de forma crítica. Aplicando criterios estadísticos, se puede reducir el número de mediciones de forma que los resultados ofrezcan fiabilidad suficiente. El número mínimo de ellas es función del tipo de medición. La tabla 2 recoge la recomendación de la norma UNE-EN 689.

Tiempo de duración de la muestra	Ejemplos de tipo de medición	Nº de muestras necesario para abarcar el 25% de la exposición (supuestas 8 horas)	Nº mínimo de muestras recomendado por UNE-EN 689
10 segundos	Equipos de lectura directa. Medición puntual.	720	30
1 minuto	Tubos detectores de corta duración (tubos colorimétricos).	120	20
5 minutos	Tubos detectores de corta duración.	24	12
15 minutos	Tubos adsorbentes (carbón activo, gel de sílice). Borboteadotes, etc.	8	4
30 minutos	Tubos adsorbentes (carbón activo, gel de sílice). Borboteadotes, etc.	4	3
1 hora	Filtros para muestreo de aerosoles.	2	2
2 horas	Filtros para muestreo de aerosoles.	1	1

Tabla 2. Número mínimo de mediciones por jornada (UNE-EN 689, Anexo A)*

*La exposición debe ser uniforme.

Tipos de muestreo en una jornada de trabajo (Apartado 4)

La concentración media ponderada correspondiente a una jornada de trabajo se puede obtener midiendo durante la duración total de la jornada laboral o estimándola a partir de mediciones de duración inferior.

Es un hecho comprobado que la concentración ambiental en un puesto de trabajo varía de forma aleatoria a lo largo de la jornada laboral y de una jornada a otra. Esto es motivado por variaciones no detectables en las condiciones de trabajo, formas de realización de las tareas, tiempos dedicados a cada tarea, corrientes de aire, movimientos de los trabajadores, etc.

Los resultados deben ser representativos de la exposición, esto significa que las concentraciones halladas deben corresponderse con las que existen en el puesto de trabajo. Para ello se definen diferentes formas de realizar la medición. En la figura 4 se esquematizan varios modelos de planificación de las mediciones para obtener el valor de la concentración media de una jornada. Siempre que sea posible, la duración de las muestras se adaptará a las distintas fases o tareas de trabajo; así se obtiene, por una parte, mayor información sobre los focos de contaminación y, por otra, los resultados de las muestras correspondientes a cada tarea corresponderán a periodos, en principio, de menor variabilidad.

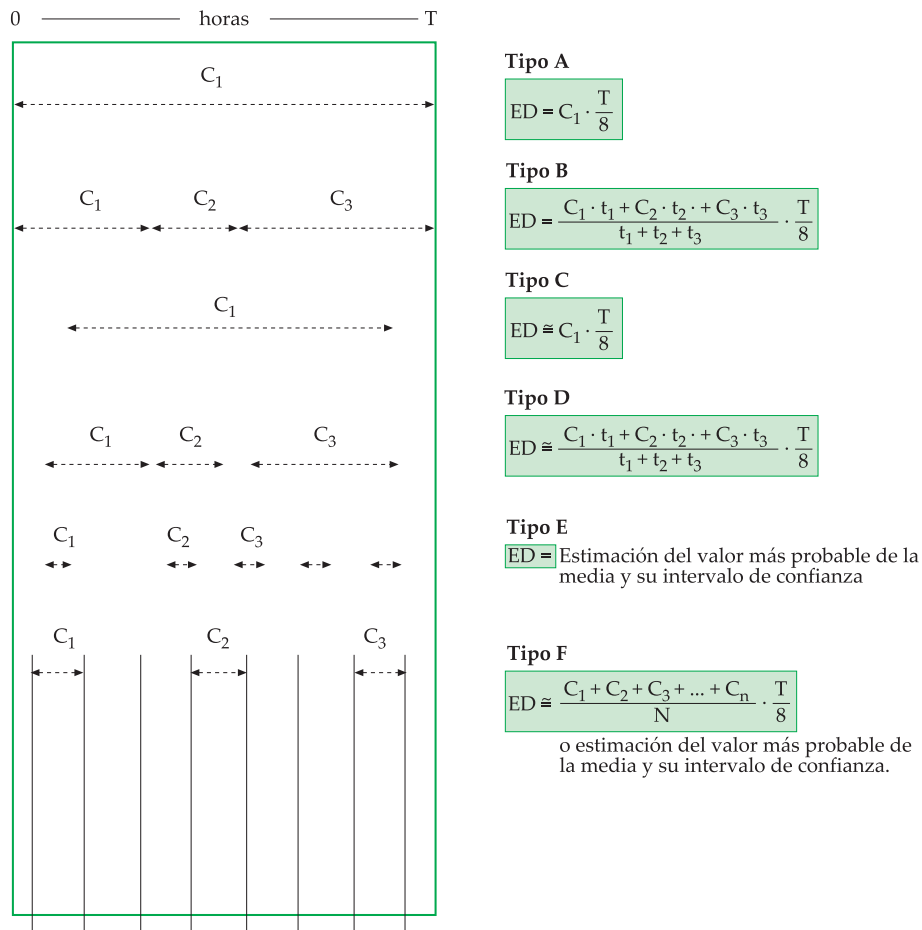


Figura 4. Tipos de muestreo en una jornada de trabajo

Nota: En esta figura, T es la duración diaria de la exposición, Ci representa el valor de la concentración obtenido a partir de una muestra de duración ti, CT es la concentración media durante el periodo diario de exposición y ED es la concentración media de la jornada referida a 8 horas. Las flechas indican los periodos muestreados dentro de la jornada laboral.

Los modelos tipo A y B suponen la toma de muestras durante la totalidad de la jornada laboral. Ambos son preferibles a cualquier otro, dado que aportan mayor información sobre la exposición. El tipo A supone la toma de una muestra de duración igual al periodo de exposición. El tipo B implica cubrir el periodo de exposición con dos o más muestras consecutivas. Este segundo tipo de muestreo es el más recomendable pues permite detectar mejor, en su caso, la contaminación accidental de una muestra y las variaciones de la concentración durante la exposición.

Ejemplo de tipo de muestreo B:

Se toman cuatro muestras consecutivas de polvo de talco (sin amianto) de duración 2; 1,5; 2 y 1 horas, respectivamente. Las concentraciones ambientales calculadas de los resultados de los análisis de los filtros son: 1,8 mg/m³; 0,5 mg/m³; 1,0 mg/m³; y 2,5 mg/m³. ¿Cuál es la concentración media correspondiente al periodo total de muestreo?

Suponiendo que los periodos muestreados abarcan la totalidad de la exposición a polvo de talco, ¿cuál es la concentración media ponderada referida a 8 horas?

La concentración media ponderada en el tiempo para el periodo de muestreo será:

$$C_T = \frac{[2 \cdot 1,8 + 1,5 \cdot 0,5 + 2 \cdot 1 + 1 \cdot 2,5]}{2 + 1,5 + 2 + 1} = 1,36 \text{ mg/m}^3$$

La concentración media ponderada referida a 8 horas (ED) será:

$$ED = \frac{[2 \cdot 1,8 + 1,5 \cdot 0,5 + 2 \cdot 1 + 1 \cdot 2,5] \cdot [2 + 1,5 + 2 + 1]}{2 + 1,5 + 2 + 1 \cdot 8} = 1,12 \text{ mg/m}^3$$

Los modelos de medición tipo C y D suponen muestrear parte del tiempo total de exposición de la jornada (entre el 70% y el 80% de la jornada) suponiendo que la concentración media del periodo muestreado sea extrapolable a la de la totalidad de la exposición. Como en el caso anterior, el muestreo tipo C se refiere a una sola muestra y el D, a varias consecutivas.

La diferencia sustancial de estos tipos con los anteriores es que en los modelos A y B la duración de los periodos muestreados coincide con la duración diaria de la exposición, mientras que en los modelos C y D los periodos muestreados son más cortos que la dura-

ción diaria de la exposición. Para que estos tipos de muestreo (C y D) sean representativos de la exposición diaria es necesario que durante el periodo de tiempo no muestreado las condiciones sean similares a las del periodo muestreado.

Ejemplo de muestreo tipo D:

Se toman cuatro muestras consecutivas de polvo de talco (sin amianto) de duración 2; 1,5; 2 y 1 horas, respectivamente. Las concentraciones ambientales calculadas de los resultados del análisis de los filtros son: 1,8 mg/m³, 1,5 mg/m³, 1,3 mg/m³; y 1,2 mg/m³. Suponiendo que la duración diaria de la exposición a polvo de talco sea de 7,5 horas, y que durante la hora no muestreada las condiciones de trabajo sean similares a las existentes durante el muestreo, ¿cuál es la concentración ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas?

En este caso la concentración media ponderada durante el periodo de exposición se calcula como:

$$C_T = \frac{[2 \cdot 1,8 + 1,5 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1,3 + 1 \cdot 1,2]}{2 + 1,5 + 2 + 1} = 1,48 \text{ mg/m}^3$$

y la concentración media ponderada referida a 8 horas (ED) será:

$$ED = 1,48 \cdot \frac{7,5}{8} = 1,39 \text{ mg/m}^3$$

Nótese que para el cálculo de la ED siempre hay que considerar el tiempo diario de exposición que en los casos de muestreos de tipo C o D es mayor que la duración de los periodos muestreados.

Una variante de los muestreos de tipo B o D que puede resultar útil en algunas ocasiones consiste en determinar las operaciones o tareas que desarrolla el trabajador a lo largo de la jornada laboral y muestrear cada operación durante un tiempo inferior a su duración (podría ser el caso de tener que aplicar un método de toma de muestras cuya duración máxima recomendada fuera inferior a la duración de la operación que se desea muestrear). El procedimiento de cálculo de la concentración media de la exposición sería similar al expuesto para estos tipos de muestreo, pero con la precaución de utilizar en los cálculos la duración de la operación y no la duración del muestreo.

Ejemplo:

En un taller de reparación de calzado se ha determinado que un trabajador ocupa su jornada con las tareas y duraciones individuales que se indican en la tabla adjunta. Para evaluar la exposición a n-hexano se han realizado muestreos de la concentración ambiental en zona respiratoria con tubos de carbón activo con las duraciones y resultados que también se indican en la misma tabla.

Determinar la concentración media ponderada y la exposición diaria a n-hexano.

Tarea	Duración diaria de la exposición	Duración de la muestra	Concentración medida
Reparaciones con disolvente	3,5 horas	60 minutos	650 ppm
Reparaciones sin disolvente	3,0 horas	60 minutos	500 ppm
Trabajos auxiliares en el taller de reparación	1,5 horas	23 minutos	200 ppm
Otras tareas fuera del taller de reparación	1,0 horas	15 minutos	50 ppm

La concentración media ponderada durante la jornada será:

$$C_T = \frac{3,5 \cdot 650 + 3,0 \cdot 500 + 1,5 \cdot 200 + 1,0 \cdot 50}{3,5 + 3,0 + 1,5 + 1,0} = 458 \text{ ppm}$$

Como se puede apreciar, a cada resultado de concentración se le ha asociado el tiempo de duración de la exposición, no el tiempo de duración de la medición.

La ED correspondiente a esa jornada será:

$$ED = 458 \cdot \frac{9}{8} = 515 \text{ ppm}$$

ya que la duración diaria de la exposición es de 9 horas.

En cualquier caso el resultado de los muestreos tipo A, B, C o D es la concentración media ponderada durante el periodo diario de exposición. El valor de ED, deducido a partir de la concentración media ponderada durante el periodo de exposición y la duración de ese periodo, se compara con el valor límite VLA-ED.

Si sólo se dispone de un valor de ED, este representa una sola jornada de trabajo. Considerar que el resultado obtenido en una jornada es válido para el resto

de días es muy arriesgado, ya que la concentración ambiental, por repetitivo que sea el trabajo un día tras otro, puede variar mucho entre jornadas, por lo que en general es preceptivo medir en varias jornadas. Si se desea comparar el valor de ED de una jornada con el VLA-ED, se deben tener en cuenta los errores del procedimiento de medida (toma de muestra y análisis).

Se puede emplear, como indicador de la dispersión de los resultados debida a los errores, la incertidumbre

combinada relativa (coeficiente de variación total, CVT) del procedimiento de medida (toma de muestra y análisis) según la norma UNE-EN 482 y los documentos Criterios y Recomendaciones CR 04/2008, CR 05/2009 y CR 06/2009 de los Métodos de toma de muestra y análisis del INSHT. En la Tabla 3 se dan valores orientativos para algunos tipos de procedimientos de medida.

Compuestos, captación y análisis	Incertidumbre expandida relativa U (k=2)	CVT
Vapores orgánicos, muestreadores por aspiración, con tubos adsorbentes, análisis por cromatografía	0,27	0,13
Vapores orgánicos, muestreadores por difusión, análisis por cromatografía	0,32	0,16
Aerosoles captados en filtro, análisis por absorción atómica	0,39	0,19
Gases con tubos adsorbentes, análisis por cromatografía	0,36	0,18
Polvo, cuarzo, muestreador de fracción respirable (ciclón), análisis por difracción de rayos x	0,88	0,44

Tabla 3. Valores aproximados máximos del coeficiente de variación*

*Referencias para los valores de la Tabla:

Comité Européen de Normalisation (CEN): Project BC/CEN/ENTR/000/2002-16

Analytical methods for chemical agents - Final Report, CEN 2005

<http://www.dguv.de/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-Analysenverfahren-f%C3%BCr-chemische-Stoffe/index-2.jsp>

UNE-EN 482:2007 Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos de medida de agentes químicos

Posteriormente se puede proceder como se propone en el documento de Leidel y col. (1977) (ver bibliografía de este apéndice) y se muestra a continuación, para un nivel de confianza del 90%.

Se calcula primero el índice de exposición definido como:

$$I = ED / (VLA-ED),$$

Para calcular el intervalo de confianza del valor de I (es decir, determinar si se supera o no el VLA-ED en el día de la medición) se pueden utilizar los siguientes procedimientos:

Caso 1.- Cuando se dispone de una muestra representativa de todo el periodo de exposición (muestreo tipo A o C), los valores de los extremos del intervalo se calculan según las expresiones:

$$I_{\max} = I + 1,645 \cdot CV_T \quad \text{e} \quad I_{\min} = I - 1,645 \cdot CV_T$$

Estos valores se obtienen de una prueba de significación en la que la hipótesis nula es I =1, y aplicando

el intervalo de confianza al índice de exposición I obtenido.

Caso 2.- Cuando se dispone de varias muestras consecutivas en el caso de exposición uniforme (muestreo tipo B o D), los valores de los extremos del intervalo se obtienen según las expresiones:

$$I_{\max} = I + 1,645 \cdot CV_T \cdot \frac{\sqrt{t_1^2 + t_2^2 + \dots + t_n^2}}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

$$I_{\min} = I - 1,645 \cdot CV_T \cdot \frac{\sqrt{t_1^2 + t_2^2 + \dots + t_n^2}}{t_1 + t_2 + \dots + t_n};$$

si $t_1 = t_2 = \dots = t_n$

$$I_{\max} = I + \frac{1,645 \cdot CV_T}{\sqrt{n}} \quad \text{e} \quad I_{\min} = I - \frac{1,645 \cdot CV_T}{\sqrt{n}}$$

Caso 3.- Cuando se dispone de varias muestras consecutivas en exposición no uniforme:

$$I_{\max} = I + \frac{1,645 \cdot CV_T \cdot \sqrt{t_1^2 \cdot C_1^2 + \dots + t_n^2 \cdot C_n^2}}{(VLA - ED) \times (t_1 + \dots + t_n) \times \sqrt{1 + CV_T^2}} \quad e$$

$$I_{\min} = I - \frac{1,645 \cdot CV_T \cdot \sqrt{t_1^2 \cdot C_1^2 + \dots + t_n^2 \cdot C_n^2}}{(VLA - ED) \times (t_1 + \dots + t_n) \times \sqrt{1 + CV_T^2}}$$

si $t_1 = t_2 = \dots = t_n$

$$I_{\max} = I + \frac{1,645 \cdot CV_T \cdot \sqrt{C_1^2 + \dots + C_n^2}}{(VLA - ED) \cdot n \cdot \sqrt{1 + CV_T^2}} \quad e$$

$$I_{\min} = I - \frac{1,645 \cdot CV_T \cdot \sqrt{C_1^2 + \dots + C_n^2}}{(VLA - ED) \cdot n \cdot \sqrt{1 + CV_T^2}}$$

En este caso, el valor verdadero de I está incluido aproximadamente en el intervalo comprendido entre I_{min} e I_{max} con una probabilidad del 90 %. La indeterminación es consecuencia de los errores asociados a cualquier procedimiento experimental como es la medida de una concentración ambiental y no tiene ninguna relación con la variabilidad de la concentración ambiental a la que nos hemos referido anteriormente.

Cuando I_{min} e I_{max} se sitúan por debajo y por encima de la unidad, respectivamente, significa que el error asociado al procedimiento de medida no permite obtener ninguna conclusión válida sobre si la ED del día muestreado es superior o inferior al valor VLA-ED.

Cuando se dispone de datos de más de una jornada, el tratamiento estadístico engloba ya los errores del muestreo y análisis de las muestras. La distribución estadística de los errores del procedimiento de medida queda integrada en la distribución global de los datos.

El modelo de medición tipo E se basa en tomar muestras de igual duración, repartidas de forma aleatoria durante la jornada laboral. El tratamiento estadístico de los resultados (distribución logarítmico-normal) permite estimar el valor más probable de la media del periodo de exposición y se obtiene a partir del valor de la media geométrica de los resultados, corrigiéndola con un factor que es función del número de muestras y de la desviación estándar geométrica de los resultados, tal como se explica en la NTP 347. Debe tenerse en cuenta, no obstante, que se obtienen mejores resultados cuanto mayor es el número de valores a tratar. Así mismo se puede obtener el intervalo en el que se puede hallar el verdadero valor de la media aritmética con un nivel de confianza conocido (95%).

Un test propuesto por Leidel y col. (1977) permite obtener el intervalo que contiene el verdadero valor de la media aritmética para un nivel de confianza del 90% (ver NTP 140).

Si la duración diaria de la exposición es de 8 horas, el valor estimado de la media aritmética coincide con ED, en caso contrario, se deberá corregir el valor de la concentración media con el factor T/8 tal como se ha mostrado en los modelos de muestreo anteriores.

Ejemplo de muestreo tipo E:

Se han tomado siete muestras de cloruro de metileno mediante tubo de carbón activo de igual duración, en cortos periodos de tiempo (15 minutos), con los siguientes resultados:

20 ppm, 37 ppm, 49 ppm, 26 ppm, 40 ppm, 50 ppm y 36 ppm, respectivamente.

Estimar el valor de la concentración media.

Suponiendo que los valores de las siete muestras se ajustan a una distribución logarítmico-normal, la estimación de la media de la distribución real puede hacerse mediante el antilogaritmo de la media de los logaritmos de las concentraciones, es decir, el valor de la media geométrica de las concentraciones (MG), corrigiendo posteriormente el resultado multiplicando MG por el valor de la función Φ. (Ver figura 5).

$$MG = e^{\frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}} = 35,3 \text{ ppm}$$

$$S_L = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{L} - L_i)^2}{n-1}} = 0,332$$

$$GSD = e^{S_L} = 1,39$$

Φ ≈ 1,05 (de la figura 4)

Valor más probable de la media = Φ · MG = 37 ppm

Siendo n el número de muestras y L_i los logaritmos neperianos de las concentraciones.

Los límites superior e inferior del intervalo de confianza se calculan a partir de las expresiones:

$$C_{\text{sup}} = MG \cdot F_{\text{sup}} \quad \text{y} \quad C_{\text{inf}} = MG \cdot F_{\text{inf}}$$

Los valores de F_{sup} = 1,6 y F_{inf} = 0,8 se obtienen de las figuras 6 y 7, en función del número de muestras y del valor GSD.

$$C_{\text{sup}} = 56,5 \text{ ppm} \quad \text{y} \quad C_{\text{inf}} = 28,2 \text{ ppm}$$

La interpretación de los valores de C_{sup} y C_{inf} es similar a la indicada al comentar el intervalo de confianza de los muestreos de jornada completa, a saber: es el intervalo de concentraciones que contiene el verdadero valor de la concentración media de la exposición con un nivel de confianza del 95 %, si bien en este

caso el origen de la indeterminación también incluye las variaciones aleatorias de la concentración ambiental a lo largo de la jornada, ya que se trata de muestreos de corta duración. En la práctica este tipo de muestreo sólo es útil en situaciones en las que los resultados individuales sean muy inferiores o muy superiores al

valor VLA-ED. En otras situaciones, debido a la variabilidad de los resultados individuales, se obtiene un intervalo de confianza muy amplio que no permite llegar a ninguna conclusión. En estos casos se deben planificar otros tipos de muestreo o repetir el muestreo en días sucesivos.

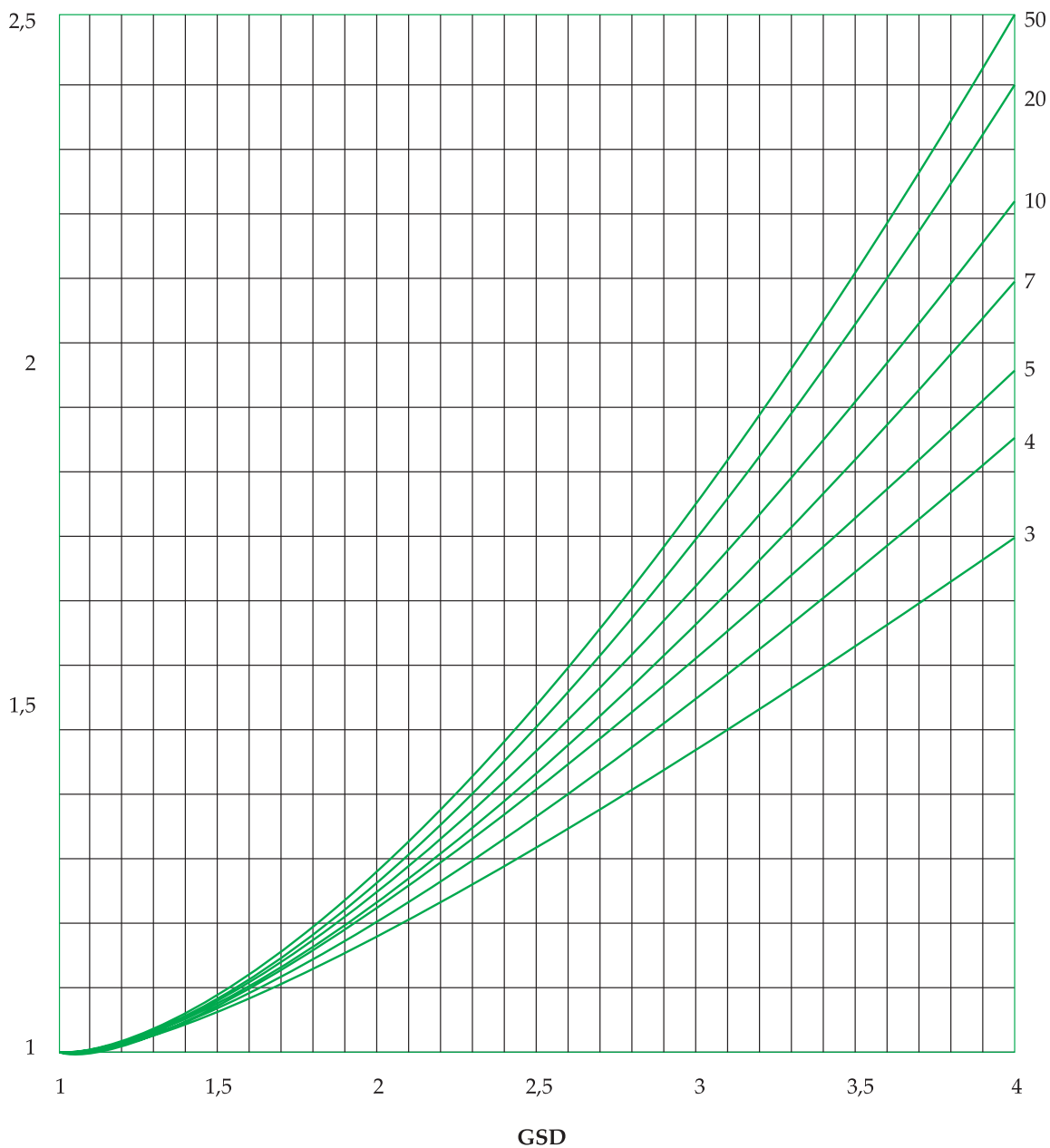


Figura 5. Valor de la función Φ , según la GSD y el número de muestras

El valor más probable de la media se obtiene al multiplicar la media geométrica por el correspondiente valor de Φ . [En la NTP 347 existe un error en esta figura, en este texto se ha adjuntado la figura ya corregida.]

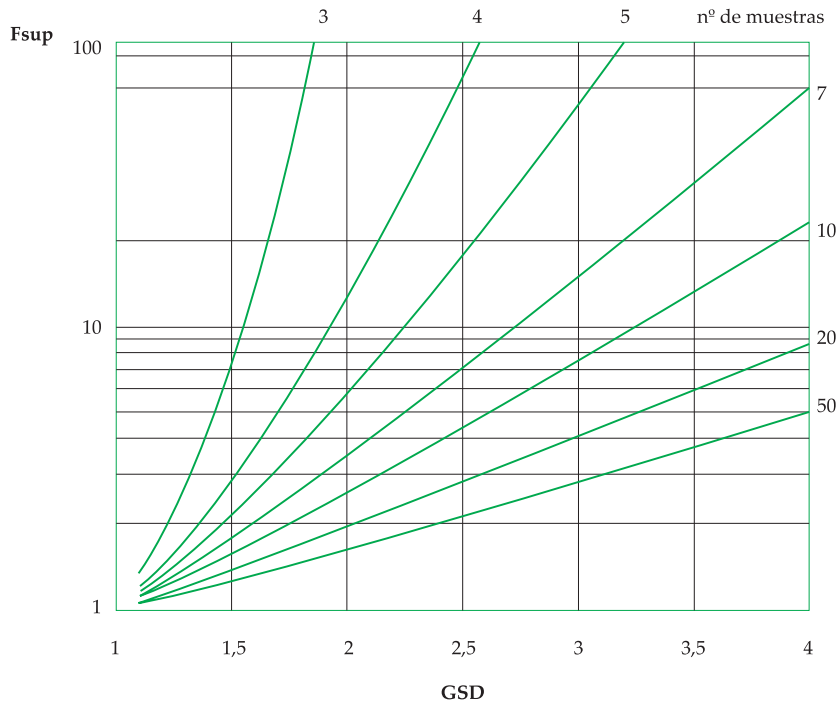


Figura 6. El límite superior del intervalo en el que se encuentra la media se obtiene al multiplicar la media geométrica por el factor F_{sup} extraído de esta figura y cuyo valor se indica en el eje de ordenadas.

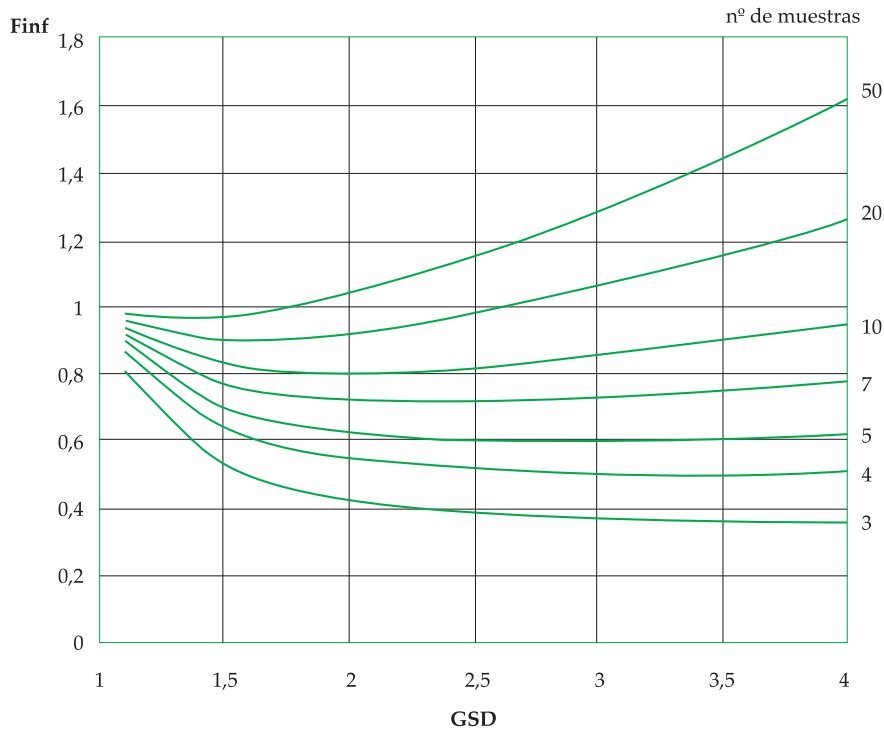


Figura 7. El límite inferior del intervalo en el que se encuentra la media se obtiene al multiplicar la media geométrica por el factor F_{inf} extraído de esta figura y cuyo valor se indica en el eje de ordenadas.

El modelo de medición tipo F se basa en el muestreo de ciclos de trabajo. El ciclo de trabajo es el conjunto de tareas consecutivas que se repite una y otra vez constituyendo el trabajo del individuo durante la jornada. Aunque no todos los trabajos se pueden descomponer en ciclos, cuando ello es posible la identifi-

cación del ciclo de trabajo puede simplificar el muestreo teniendo en cuenta que, teóricamente, la concentración media de un ciclo de trabajo (o mejor, la media de varios ciclos) debería aproximarse a la concentración media de la exposición. El periodo de muestreo debe abarcar ciclos completos. Es necesario que los ci-

los comiencen y terminen durante la exposición de la jornada. La concentración media de los ciclos de duración mayor de una jornada (varios turnos o días) no debería ser comparada con el VLA-ED. En esos casos, el muestreo por ciclos no es adecuado para comparar con un estándar cuya referencia temporal es 8 horas de trabajo, y debería plantearse otro tipo de muestreo (A, B, C, D o E). No obstante, el conocimiento (y el muestreo) del ciclo de trabajo, incluso si su duración comprende más de una jornada, es muy útil para conocer la exposición del trabajador.

Si el tiempo mínimo de duración de las muestras es mayor que el de duración del ciclo, se muestrea durante un número entero de ciclos hasta abarcar un tiempo superior al mínimo de duración de la muestra.

Ejemplo de muestreo tipo F:

Las tareas propias de un puesto de trabajo en el que hay generación de estireno monómero se repiten cíclicamente de forma que cada ciclo consta de tres operaciones, que duran 10, 12 y 8 minutos, respectivamente, por lo que el ciclo dura 30 minutos. Se han muestreado tres ciclos completos aleatoriamente elegidos, utilizando tubos de carbón activo de 150 mg para cada operación diferente de cada ciclo muestreado. Los resultados son los siguientes:

CICLO	Operación-1 T ₁ = 10 min	Operación-2 T ₂ = 12 min	Operación-3 T ₃ = 8 min
A	10 ppm	20 ppm	15 ppm
B	12 ppm	17 ppm	16 ppm
C	15 ppm	22 ppm	20 ppm

¿Cuál es la concentración media correspondiente a la exposición de la jornada?

Se supone que la concentración media ponderada durante toda la jornada es igual a la concentración media ponderada del ciclo (C_c). Como se dispone de resultados de tres ciclos, la concentración media de la jornada se calcula como la media de las concentraciones de los tres ciclos. Las concentraciones medias ponderadas de los tres ciclos serán:

$$C_{c-A} = (10 \cdot 10 + 12 \cdot 20 + 8 \cdot 15) / 30 = 15,3 \text{ ppm}$$

$$C_{c-B} = (10 \cdot 12 + 12 \cdot 17 + 8 \cdot 16) / 30 = 15,1 \text{ ppm}$$

$$C_{c-C} = (10 \cdot 15 + 12 \cdot 22 + 8 \cdot 20) / 30 = 19,1 \text{ ppm}$$

La concentración media de la exposición se calcula como sigue:

$$C_T = (15,3 + 15,1 + 19,1) / 3 = 16,4 \text{ ppm}$$

Este valor se debe multiplicar por el factor T/8 para determinar el valor de ED, donde T es el tiempo de exposición total durante la jornada.

También es posible estimar la concentración media y el intervalo de confianza de la misma como se hizo anteriormente a partir de los tres valores correspondientes a cada uno de los ciclos medidos, es decir, considerando el valor de la concentración media de cada ciclo como un resultado individual de un muestreo de tipo E.

Es importante llamar la atención sobre el hecho de que en este caso se hace coincidir el periodo de muestreo con la duración de cada operación del ciclo de trabajo.

Valoración por comparación con el Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria (VLA-ED) (Apartado 5)

La obtención de la media ponderada de la concentración ambiental de una jornada sólo nos da información sobre si se supera o no el VLA-ED ese día. La predicción de lo que va a pasar en los días venideros requiere evaluar varias jornadas. El valor de la concentración ambiental varía en una misma jornada y de una jornada de trabajo a otra, por lo que la concentración media se puede considerar como una variable aleatoria. Los valores de concentración ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas (ED) se distribuyen siguiendo una ley logarítmico-normal. Esto significa que son los logaritmos de las concentraciones los que se distribuyen según una ley normal.

En una ley logarítmico-normal los parámetros básicos son la media geométrica y la desviación estándar geométrica. La media geométrica es el antilogaritmo de la media aritmética de los logaritmos, mientras que la desviación estándar es el antilogaritmo de la desviación estándar de la distribución de los logaritmos. El valor de la media geométrica (MG) indica la tendencia central de la distribución y la desviación estándar geométrica (GSD) evidencia la dispersión de la distribución.

La norma UNE-EN 689 propone a nivel informativo (Anexos C y G) dos sistemas de toma de decisiones según el número de jornadas para los que se dispone de valores de concentración ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas: a partir de un pequeño número de muestras; y a partir de un gran número de muestras, que se describen a continuación.

Sistema de decisión a partir de un pequeño número de jornadas muestreadas (n<6) (UNE-EN 689 Anexo C). (Apartado 6)

Partiendo de la suposición de que la variabilidad de los resultados de las ED se distribuyen según una ley logarítmico-normal con GSD ≤ 2, el sistema de de-

cisión permite que, con un número reducido de muestras, se pueda concluir sobre si la exposición es aceptable o inaceptable, aunque queda abierta la posibilidad de no alcanzar ninguna de estas dos conclusiones por los motivos ya indicados en la presentación de este capítulo sobre evaluación cuantitativa. La sistemática es la siguiente:

1. Se obtiene una concentración media ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas (ED).
2. Se calcula el índice de exposición de la jornada $I_1 = ED/(VLA-ED)$ dividiendo ED por el valor límite VLA-ED.
3. Se decide según el valor del índice de exposición de la siguiente forma:
 - 3.1. Si $I_1 \leq 0,1$, la exposición es aceptable. Puede considerarse que es improbable que se supere el valor límite en cualquier jornada.
 - 3.2. Si $I_1 > 1$, la exposición es inaceptable y debe procederse a corregir la exposición.
 - 3.3. Si $0,1 < I_1 \leq 1$, debe procederse a obtener por lo menos dos valores más de ED para disponer de un mínimo de tres índices de exposición (I) y continuar el procedimiento en (4).
4. Si todos los índices de exposición calculados $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$ son $\leq 0,25$, la exposición es aceptable.
5. Si I_1 o I_2 o I_3 o $\dots I_n > 1$, la exposición es inaceptable. Se debe corregir la exposición.
6. Si I_1 e I_2 e I_3 e $\dots I_n \leq 1$, pero no se cumple (4), se calcula la media geométrica de los índices

$$MG = \sqrt[n]{I_1 \cdot I_2 \cdot \dots \cdot I_n}$$
7. Si $MG \leq 0,5$, la exposición es aceptable con mediciones periódicas.
8. Si $MG > 0,5$, se llega a una indeterminación y no es posible alcanzar una conclusión definitiva. Puede optarse por obtener un nuevo índice y repetir el procedimiento desde el punto 5 (solamente en el caso de que la MG no sea mucho mayor que 0,5 y/o la GSD no exceda ligeramente de 1,5) o bien por implantar medidas específicas de prevención y posteriormente llevar a cabo una nueva evaluación.

Este procedimiento, que se basa en las probabilidades de superar el valor límite asumiendo un determinado error a favor de una filosofía preventiva, no asegura cuál es el valor de la concentración media ponderada ambiental más probable, sino que se limita a

establecer, con un grado de fiabilidad elevado, si se superará o no el valor VLA-ED.

Se supone que cada índice de exposición debe proceder de una jornada diferente de muestreo y que el proceso es repetitivo, esto es, que las condiciones de trabajo no varían sustancialmente de una jornada a otra.

Para que esta metódica no induzca a falsas conclusiones, es necesario que se cumplan las condiciones siguientes:

1. Que cada índice proceda de una jornada diferente de muestreo, a poder ser no consecutivas y elegidas al azar.
2. Que el proceso sea repetitivo, esto es, que las condiciones de trabajo no varíen sustancialmente de una jornada a otra, ni a largo plazo.
3. Que las fases diferenciadas de la exposición se muestreen por separado (operaciones distintas del trabajo).
4. Que los periodos de corta duración se hayan valorado aparte, si procede, y no se superen los VLA-EC.

Respecto a la metodología descrita, debe tenerse en cuenta que su utilidad reside en el pequeño número de jornadas necesarias, pero su fiabilidad depende en gran parte de la apreciación profesional del técnico, en lo que se refiere a la estabilidad de los factores condicionantes de la exposición en el futuro. De hecho, la metodología se basa en gran parte en la suposición de que la exposición es repetitiva, jornada tras jornada, porque implica que el valor de la DSG (desviación estándar geométrica) de la distribución real no será muy grande y con pocas jornadas muestreadas se podrá obtener una conclusión. Como la suposición de repetitividad de la exposición puede tener una componente importante de subjetividad, es conveniente que el higienista valore los resultados obtenidos cuestionándose seriamente la solidez de la información de que dispone sobre dicha repetitividad diaria del trabajo, sobre todo en aquellos casos en que los valores de los tres índices son muy diferentes, aunque estos se mantengan por debajo de la unidad.

Ejemplo:

Se muestrea un agente químico cuyo VLA-ED = 200 ppm, en un puesto de trabajo cuya tarea diaria consta de varias operaciones de diferente duración. Se dispone de los siguientes datos correspondientes a una jornada de trabajo:

Tarea	Duración (min.)	Concentración (ppm)
A	100	70
B	200	100
C	50	230
Resto jornada	130	0

Se desea valorar el riesgo higiénico derivado de la exposición.

El valor ED se obtiene como se indicó anteriormente:

$$ED = \frac{100 \cdot 70 + 200 \cdot 100 + 50 \cdot 230 + 130 \cdot 0}{480} = 80,2 \text{ ppm}$$

$$\text{Índice de exposición } I_1 = \frac{ED}{VLA - ED} = \frac{80,2}{200} = 0,4$$

Dado que $0,1 < I_1 \leq 1$ se deberán muestrear otras dos jornadas y obtener I_2 e I_3 .

Supongamos que los resultados son los siguientes:

Tarea	Concentración en el 2º día de muestreo (ppm)	Concentración en el 3º día de muestreo (ppm)
A	80	65
B	120	110
C	200	210
Resto jornada	0	0

Los valores de exposición diaria vienen dados por las expresiones siguientes:

$$ED_2 = \frac{100 \cdot 80 + 200 \cdot 120 + 50 \cdot 200 + 130 \cdot 0}{480} = 87,5 \text{ ppm}$$

$$ED_3 = \frac{100 \cdot 65 + 200 \cdot 110 + 50 \cdot 210 + 130 \cdot 0}{480} = 81,3 \text{ ppm}$$

y los correspondientes índices de exposición se calculan según:

$$I_2 = \frac{ED_2}{VLA - ED} = \frac{87,5}{200} = 0,44$$

$$I_3 = \frac{ED_3}{VLA - ED} = \frac{81,3}{200} = 0,41$$

A partir de los tres índices disponibles se observa que no se cumple, I_1 e I_2 e $I_3 \leq 0,25$; pero sí es cierto que I_1 e I_2 e $I_3 \leq 1$, por lo que se calcula la media geométrica de los tres índices:

$$MG = \sqrt[3]{I_1 \cdot I_2 \cdot I_3} = \sqrt[3]{0,4 \cdot 0,44 \cdot 0,41} = 0,42$$

Se puede considerar que la exposición es aceptable con mediciones periódicas.

Sistema de decisión a partir de un gran número de jornadas muestreadas ($n \geq 6$) (Apartado 7)

Cuando se dispone de mayor número de muestras, se recomienda que sean más de seis, es posible aplicar una mecánica basada en la suposición de que los resultados (ED) se distribuyen de forma logarítmico-normal, y se pueden ajustar a una recta en un gráfico cuyo eje de abscisas tenga una escala de % de probabilidad acumulada de la ley normal y el de ordenadas indique valores de ED en una escala logarítmica.

El punto de corte de la recta ajustada con la horizontal correspondiente al valor límite indica en el eje de abscisas la probabilidad (p) en porcentaje de que no se supere el valor límite en una jornada de trabajo, el complementario a 100 es, por el contrario, la probabilidad de superar el valor límite (100-p).

Se propone, como criterio de decisión (UNE-EN 689), la clasificación en tres niveles:

- Si $(100-p) \leq 0,1\%$. Zona verde. **Exposición aceptable**. La exposición es aceptable y no son necesarias mediciones periódicas. Se considera que la exposición está controlada.
- Si $0,1\% < (100-p) \leq 5\%$. Zona amarilla. **Indeterminación**. La exposición es aceptable pero es necesario establecer un plan de mediciones periódicas.
- Si $(100-p) > 5\%$. Zona roja. **Exposición inaceptable**. Se debe proceder a corregir las condiciones.

La mecánica del sistema del ajuste gráfico y su explotación se realiza como se indica a continuación:

- Se ordenan los datos de las ED de menor a mayor y se les asigna el ordinal correspondiente (n) empezando por el 1.
- Se asigna un valor en el eje de abscisas (% probabilidad) a cada valor de ED de forma que ,

$$\% \text{ probabilidad} = \frac{n - 0,5}{N} \cdot 100$$

donde N es el número de valores.

3. Se le asigna a cada punto un valor de ordenadas igual a su valor de ED.
4. Se ajusta la mejor recta a los puntos sobre el gráfico de probabilidad.
5. Se dibuja la horizontal correspondiente al VLA-ED.
6. Se lee el valor de la abscisa que corresponde al punto de corte de la horizontal del valor límite y la recta ajustada. Este valor es la probabilidad de no superar el valor límite en cualquier jornada de trabajo.
7. El valor de la media geométrica de las ED es el correspondiente al valor del punto de la recta que tiene $p = 50\%$.
8. El valor de la GSD se obtiene dividiendo el valor de la ED correspondiente a $p = 84\%$ por el valor correspondiente a $p = 50\%$; la GSD es, pues, la pendiente de la recta de manera que, cuanto más dispersos son los valores de las concentraciones halladas, mayor es la pendiente.

Cuando los puntos se ajustan difícilmente a una recta, es posible que existan dos o más exposiciones diferentes, de forma que los factores que justifican la variación de las concentraciones generan distribuciones diferentes que deben ser tratadas por separado.

En el caso de que se encuentre presente en el ambiente más de un agente químico, cuyos efectos puedan considerarse aditivos, se utilizan para el ajuste de la recta las sumas de los índices de exposición de dichos agentes en vez de las concentraciones, buscando la intersección de la recta de ajuste con la horizontal de valor 1 que corresponde a $ED = VLA-ED$. Si la disposición gráfica de la escala logarítmica lo aconseja, también se pueden multiplicar los índices por 100 y cruzar la recta con la horizontal $I = 100$.

Ejemplo:

Se realizan muestreos ambientales de vapores orgánicos en una exposición a disolventes con los siguientes resultados de concentración ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas (ED):

Jornada	Tolueno (mg/m ³)	MEK (metil etilcetona) (mg/m ³)
1	29	18
2	60	25
3	70	40
4	80	60
5	95	80
6	50	30
7	30	10
8	35	12
9	72	33
10	55	20

Se desea valorar el riesgo derivado de la exposición simultánea a tolueno y metiletilcetona.

Por tratarse de agentes químicos con posibles efectos aditivos (ambos son narcóticos) los índices globales se obtienen sumando los respectivos índices parciales del tolueno ($VLA-ED = 191 \text{ mg/m}^3$) y MEK ($VLA-ED = 600 \text{ mg/m}^3$) en cada jornada.

Con ellos se ajusta la recta en un gráfico lognormal como se indica.

ED Tolueno (mg/m ³)	ED MEK (mg/m ³)	I _{tolueno}	I _{MEK}	I _{global}
29	18	0,15	0,03	0,18
60	25	0,32	0,04	0,36
70	40	0,37	0,07	0,43
80	60	0,42	0,10	0,52
95	80	0,50	0,14	0,63
50	30	0,26	0,05	0,31
30	10	0,16	0,02	0,17
35	12	0,18	0,02	0,20
72	33	0,38	0,06	0,43
55	20	0,29	0,03	0,32

Ordenando de menor a mayor los índices de exposición globales se le asigna un % de probabilidad con la expresión $\% p = 100 \cdot (n-0,5)/N$, donde $N = 10$, en este caso, y n es el ordinal correspondiente a cada índice global.

% prob.	I _{global}
5	0,17
15	0,18
25	0,20
35	0,31
45	0,32
55	0,36
65	0,43
75	0,43
85	0,52
95	0,63

Para ajustar los puntos gráficamente, se ha utilizado la escala de 10 a 100, multiplicando todos los índices por 100 (Figura 8).

La media geométrica es 0,33 y la GSD es 1,56.

El punto en que la horizontal, en este caso correspondiente al valor 100, corta a la recta de ajuste corresponde al 99,4 % de probabilidad, por lo que la probabilidad de superar el valor límite en un día de exposición es 100 - p = 0,6%. En este caso, el criterio reflejado en la norma UNE-EN 689:1996 recomienda planificar un muestreo periódico.

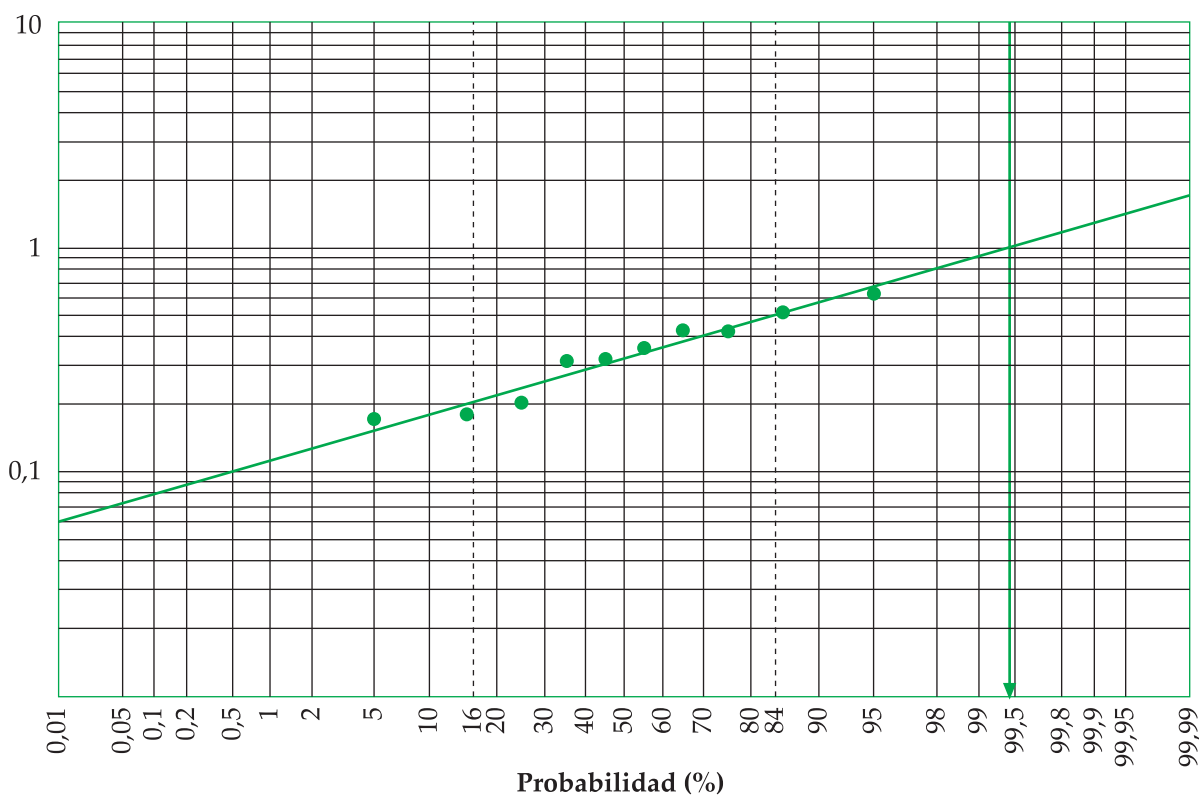


Figura 8. Probabilidad de que no se supere el VLA-ED en cualquier jornada de trabajo no muestreada

También es posible utilizar un método analítico en vez de gráfico, si bien en este caso la bondad del ajuste de los datos a una recta no se pone de manifiesto. El procedimiento consiste en:

1.- Calcular a partir de los valores de las ED o de los índices de exposición disponibles los valores de los logaritmos (neperianos o decimales) de MG y GSD con las expresiones:

$$\text{Ln}(\text{MG}) = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}$$

$$\text{Ln}(\text{GSD}) = \sqrt{\frac{\sum [\text{Ln}(\text{MG}) - L_i]^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum [L_i]^2 - n \cdot (\text{Ln}(\text{MG}))^2}{n-1}}$$

siendo: L_i los logaritmos naturales de los valores de ED o de los Índices de exposición, y n el número de datos.

2.- Con estos valores se calcula el estadístico z

$$z = \frac{\ln(\text{VLA} - \text{ED}) - \ln(\text{MG})}{\ln(\text{GSD})}$$

Si se trabaja con los índices de exposición, el valor de $\ln(\text{VLA}-\text{ED})$ en esta ecuación será nulo, ya que corresponderá al índice unidad.

3.- En la tabla 5 a) se lee el valor de p correspondiente a z, que es la probabilidad en tanto por uno de no superar el VLA-ED en cualquier jornada.

El valor -z permite hallar el valor de la probabilidad de superar el VLA-ED en cualquier jornada mediante la tabla 5 b).

Utilizando los datos del ejemplo anterior, se calculan los logaritmos naturales de los índices de exposición globales:

I_{global}	$\ln(I_{\text{global}})$	$(\ln I_{\text{global}})^2$
0,18	-1,705	2,906
0,36	-1,033	1,068
0,43	-0,837	0,700
0,52	-0,656	0,431
0,63	-0,461	0,212
0,31	-1,165	1,358
0,17	-1,750	3,063
0,20	-1,593	2,539
0,43	-0,839	0,705
0,32	-1,135	1,289

La suma de los logaritmos es $\sum \ln(I_{\text{global}}) = -11,176$

La media aritmética de los logaritmos es por lo tanto:

$$\ln(\text{MG}) = -11,176/10 = -1,118$$

Se calcula la desviación estándar geométrica de la distribución de los logaritmos de las concentraciones:

$$\ln(\text{GSD}) = \sqrt{\frac{\sum [L_i]^2 - n \cdot (\ln(\text{MG}))^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{14,271 - 10 \cdot (-1,118)^2}{9}} = 0,445$$

Y por último el estadístico z:

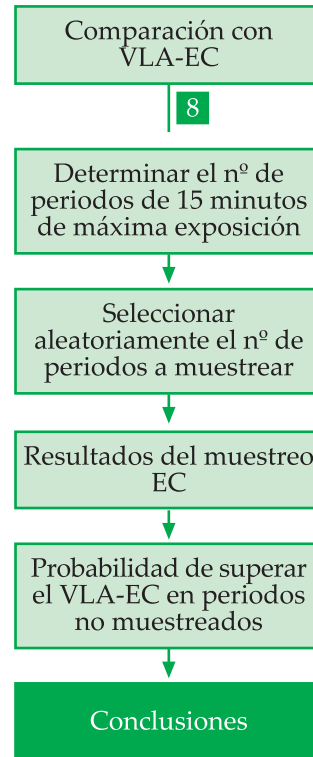
$$z = \frac{-(-1,118)}{0,445} = 2,512$$

En la tabla 5 a) puede leerse para $z = 2,512$ el valor $p = 0,9940$, es decir, que existe una probabilidad del 0,6% de que se supere el VLA-ED en cualquier día, como ya se estimó mediante el método gráfico.

Comparación con el VLA-EC

La evaluación del riesgo por inhalación por comparación con el VLA-EC requiere obtener el valor de la concentración media ponderada durante el periodo de 15 minutos de exposición más elevada.

En el apartado 8 se desarrollan los criterios aplicables a la comparación de los valores de concentración ambiental obtenidos con los valores límite (VLA-EC) y los procedimientos de toma de decisiones apoyados en esa comparación.



Valoración por comparación con el Valor Límite Ambiental de Corta Duración (VLA-EC) (Apartado 8)

Cuando el agente químico presente en el puesto de trabajo tiene asignado un valor VLA-EC, el muestreo o la medición debe durar ≤ 15 minutos. Habitualmente se toman muestras de 15 minutos. El valor VLA-EC no se debe sobrepasar en ningún periodo de 15 minutos, dentro de una jornada laboral. El planteamiento de las mediciones es, pues, comprobar si se cumple este requisito muestreando el periodo de exposición de 15 minutos que se supone de máxima exposición.

En una jornada laboral de 8 horas existen 32 periodos de 15 minutos consecutivos contando desde el ini-

cio al final de la jornada; si además se tienen en cuenta los periodos solapados, el número es muy elevado. Por este motivo, la probabilidad de que, eligiendo un cierto número de periodos, se muestree el de mayor concentración o alguno de los de mayor concentración, es muy baja. Esto justifica que en la práctica se seleccionen "a priori" los periodos de la jornada en los que las condiciones del proceso hagan presuponer una mayor generación de agente químico. Para ello es preciso analizar las tareas del puesto y el proceso de trabajo. Cuando sea posible se muestreará el total de periodos en los que presumiblemente se dan las condiciones más desfavorables, si no, se muestrean aleatoriamente algunos de ellos.

Cuando se pueda identificar el periodo de mayor exposición, $EC_{máx}$, el procedimiento de decisión será:

1. Si $(EC_{máx} / VLA-EC) \leq 0,5$: la exposición se considera aceptable.
2. Si $0,5 < (EC_{máx} / VLA-EC) \leq 1$: no es posible alcanzar una conclusión sobre la exposición. Pueden adoptarse medidas preventivas o realizar mediciones periódicas.
3. Si $(EC_{máx} / VLA-EC) > 1$: la exposición es inaceptable.

Como la seguridad de que se ha muestreado el "peor" periodo de 15 minutos no es total, se puede recurrir a la estadística y estimar la probabilidad de que se supere el valor de VLA-EC en alguno de los periodos no muestreados.

Se parte de la suposición (habitualmente admitida) de que los valores de concentración ambiental se distribuyen de acuerdo con la ley logarítmico-normal, es decir: que los logaritmos de esos valores se distribuyen según la ley normal. Si se dispone de algunos valores de concentración media ponderada durante un periodo de 15 minutos (EC), se puede predecir la probabilidad de que un periodo no muestreado supere el valor VLA-EC y también la probabilidad global de que eso suceda en la totalidad de periodos de 15 minutos que no han sido muestreados. A continuación se trata de establecer un criterio de decisión (exposición aceptable, inaceptable o indeterminada) a partir de un cierto valor de probabilidad.

Leidel y col. (1977) proponen el siguiente criterio de valoración, a partir del valor de la probabilidad global (p') de no superar el VLA-EC:

1. Si $p' > 0,9$ (o 90%), se considera que no se supera el VLA-EC (exposición aceptable).
2. Si $p' < 0,1$ (o 10%), se considera que se supera el VLA-EC (exposición inaceptable) y se debe corregir la exposición.

3. Si $0,9 \geq p' \geq 0,1$, no es posible concluir acerca de la superación del valor VLA-EC (indeterminación) y se deben muestrear más periodos o reducir la exposición.

La estimación del valor de p' puede llevarse a cabo de forma analítica o gráfica. Los datos de partida son concentraciones ambientales obtenidas en algunos periodos de 15 minutos de duración entre los que se consideren de máxima generación y presencia de agente químico en el ambiente. Si se aprecia que son numerosos los periodos en los que puede darse alta exposición, se seleccionan algunos al azar (tabla 4. Números aleatorios). El planteamiento del muestreo y la valoración de los resultados puede seguir la siguiente sistemática:

1. Identificar el nº de periodos (k) de 15 minutos en los que se dan las condiciones para que la concentración ambiental sea más alta que en el resto de la jornada.
2. Muestrear algunos de ellos (i) de forma aleatoria (tabla 4), obteniendo i resultados correspondientes a sendas concentraciones (EC) provenientes de muestreos de 15 minutos de duración. Si algún resultado es mayor que el VLA-EC, se concluye que se supera el VLA-EC; si no es así, continuar según el punto 3.
3. Obtener i índices de exposición (I) dividiendo cada valor EC por el VLA-EC correspondiente al agente químico en cuestión.
4. Calcular el logaritmo (decimal o natural) de cada índice I.
5. Hallar la media aritmética de los logaritmos de los índices (\bar{L}).
6. Hallar la desviación estándar de la distribución normal de los logaritmos de los índices:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i (\bar{L} - L_i)^2}{i-1}}$$
7. Calcular el estadístico $Z = L/\sigma$
8. Buscar en la tabla 5 de probabilidad acumulada de la ley normal estándar el valor de la probabilidad (p), correspondiente a Z. El valor de p es la probabilidad de que se supere el valor límite en uno de los periodos no muestreados.
9. Calcular la probabilidad global (p') de no superar el valor límite en todos los periodos no muestreados, haciendo $p' = (1-p)^{k-i}$.

Gráficamente se procede de la siguiente forma, una vez obtenidos los índices, es decir, después del punto 3:

- 4'. Disponer de papel de gráficos en el que la escala de un eje es logarítmica y la del otro de porcentaje de probabilidad acumulada de una ley normal.
- 5'. Situar en el gráfico tantos puntos como resultados de mediciones de 15 minutos de los que se dispone, de forma que en el eje logarítmico el valor sea el correspondiente al índice de exposición (I) y en el eje de probabilidad sea el resultado de la expresión $100 \cdot (n-0,5)/i$, donde n es el ordinal que le corresponde al valor del índice ordenados de menor a mayor e i es el número de resultados.
- 6'. Ajustar una recta a los puntos trazados.
- 7'. El valor de probabilidad asociado a I = 1 sobre esta recta es la probabilidad p en % de que no se supere el VLA-EC en el siguiente muestreo.

- 8'. Calcular la probabilidad global (p') de no superar el valor límite en todos los periodos no muestreados, haciendo $p' = (p/100)^{k-i}$.

Ejemplo:

Un individuo trabaja expuesto a aerosoles de un agente químico irritante durante 8 horas al día. El VLA-EC de este agente es de 3 mg/m³. Observando el trabajo se distinguen ocho periodos en los que la exposición puede ser más elevada que en el resto. En cinco de ellos se toman sendas muestras de aerosoles de ese agente químico, de 15 minutos de duración cada una, cuyos resultados son, en mg/m³: 2; 2,5; 1,3; 1,2; 1,45.

Se desean obtener conclusiones sobre el riesgo que supone la exposición.

Se acepta la exposición puesto que la probabilidad global de no superar el valor límite de corta duración es mayor de 0,9 (o el 90%).

C (mg/m ³)	I _i	Log I _i	L=Σ(log L _i)/i	σ _{n-1}	Z	p
2	0,67	-0,4004	-0,6162	0,31	-1,98	0,0238
2,5	0,83	-0,1863				
1,3	0,43	-0,8439				
1,2	0,40	-0,9162				
1,45	0,48	-0,7339				

$$1-p = 0,9762$$

$$(1-p)_{\text{global}} = (1-p)^{(8-5)} = (0,9762)^3 = 0,9302$$

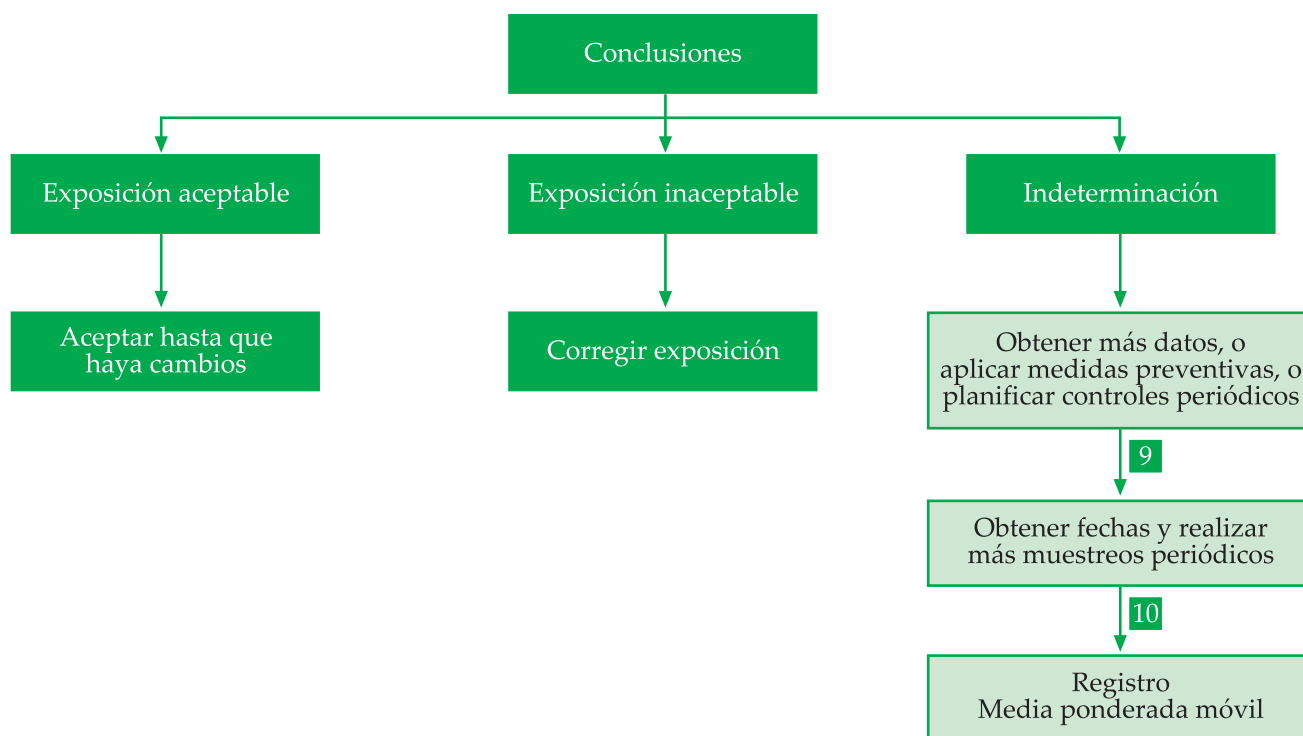
Conclusiones

Cuando los procedimientos de evaluación no permiten llegar a una conclusión definitiva sobre la exposición por inhalación, se dice que el resultado del proceso de evaluación es indeterminado. En estas circunstancias se recomienda, entre otras posibles acciones, la realización de mediciones periódicas de control.

En los apartados 9 y 10 se detallan los criterios a seguir para la planificación de este tipo de mediciones y un modelo de registro de los resultados.

Mediciones periódicas de control (Apartado 9)

La incertidumbre acerca de la magnitud del riesgo a lo largo del tiempo aconseja la realización de mues-



treos periódicos, esto es, la obtención de datos sobre las concentraciones ambientales cada cierto tiempo con el objetivo de controlar que no se supere el valor límite.

El fin de las mediciones periódicas es disponer de datos objetivos sobre la tendencia de los valores de concentración ambiental cuando la sistemática de comparación con el valor límite no asegura que este no será superado en exposiciones venideras, y además el coste del control periódico está justificado frente al coste de las medidas correctoras o estas son insuficientes. Se trata en cierto modo de una medida preventiva más y no de un sistema de evaluación.

De la observación de la recta de ajuste de los ejemplos anteriores, se desprenden varias consideraciones, como, por ejemplo:

1. Si la MG está muy próxima al valor límite, difícilmente se podrá considerar la exposición aceptable. Sólo aquellas distribuciones obtenidas a partir de un gran número de muestras y cuya GSD sea muy baja (pendiente de la recta muy pequeña) podrán llevar a esa conclusión.
2. Sea cual sea la MG, si la GSD es elevada, lo más probable es que la posibilidad de superar el valor límite resulte excesiva para considerar la exposición como aceptable.

Situaciones como las anteriores pueden aconsejar la realización de muestreos periódicos. El procedimiento utilizado debe estar definido y mantenerse a lo largo de las mediciones. Los muestreos periódicos se caracterizan por la frecuencia con que se llevan a cabo, que

se establece en función del valor de la concentración de un primer día de muestreo. La norma UNE-EN 689 recomienda dos sistemas posibles (Anexos D y F de la norma) para establecer la frecuencia de muestreo, de los que a continuación se expone el más sencillo:

El periodo inicial de frecuencia de muestreo se establece en 16 semanas, a partir de este momento la frecuencia se puede variar con arreglo a los siguientes criterios:

1. Si el resultado de una medición es tal que $ED \leq 0,25 \cdot VLA-ED$, la siguiente medición se realizará al cabo de 64 semanas.
2. Si el resultado de la medición es tal que $0,25 \cdot VLA-ED < ED \leq 0,5 \cdot VLA-ED$, la siguiente medición se realizará al cabo de 32 semanas.
3. Si el resultado de la medición es tal que $0,5 \cdot VLA-ED < ED \leq VLA-ED$, la siguiente medición se realizará al cabo de 16 semanas.
4. Si varias mediciones sucesivas dan valores de ED muy inferiores al valor límite (por ejemplo al 10 % del VLA-ED), se puede reconsiderar la evaluación, ya que aparentemente debería haber sido considerada como aceptable desde un principio. Conviene recordar que evaluar una exposición no es simplemente comparar un resultado con el valor límite. (Ver comentarios al artículo 3).
5. Si la ED de cualquier medición resulta superior al valor límite, se considerará la exposición no aceptable; determinar la causa o causas, aplicar

las medidas preventivas necesarias para reducir la exposición y volver a evaluar la exposición ya que se da uno de los requisitos que obligan a ello (cambio en las condiciones de trabajo).

Media ponderada móvil (Apartado 10)

Cuando se realizan muestreos periódicos se puede utilizar la media ponderada móvil, que es un promedio de la variable (ED) obtenida a partir de mediciones anteriores; en general esta media es un indicador de la tendencia. La UNE-EN 689:1996 (Anexo G) propone el cálculo de la siguiente forma:

Sean C_i los valores de las concentraciones ambientales (mejor si son valores de ED) y M_i los diferentes valores que adopta la media ponderada móvil y que comienza en M_2 correspondiente a la segunda concentración medida:

$$M_2 = C_1 + 0,2(C_2 - C_1)$$

Cualquier otro valor de la media ponderada móvil se obtiene:

$$M_i = M_{i-1} + 0,2(C_i - M_{i-1})$$

La representación gráfica de la media ponderada

móvil permite visualizar la tendencia.

Ejemplo:

Se desea representar gráficamente la línea de tendencia mediante la media ponderada móvil de los datos de valores de ED siguientes (en ppm) correspondientes a Tolueno en un puesto de trabajo:

El valor de $M_2 = 23 + 0,2(34 - 23) = 25,2$ y $M_3 = 25,2 + 0,2(35 - 25,2) = 27,2$

Jornada	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ED	23	34	35	24	38	40	37	45	28

Aplicando las expresiones a todos los valores resulta la serie:

23; 25,2; 27,2; 26,5; 28,8; 31,1; 32,2; 34,8; 33,4

La representación gráfica de la tendencia se muestra en la figura 9, que muestra una tendencia claramente alcista de la concentración.

En el ejemplo se desean muestrear cinco periodos de un total de doce, de la jornada (o 5 días de un total

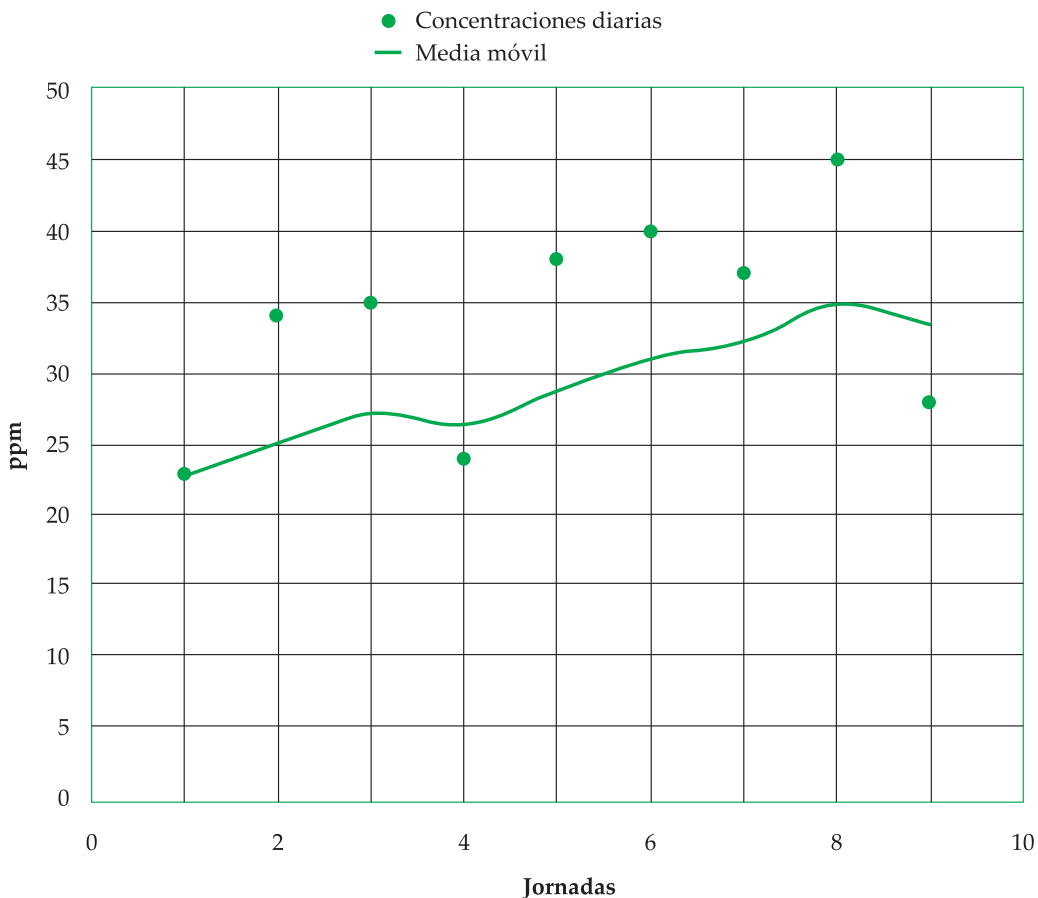


Figura 9. Media ponderada móvil

de 12) que previamente hemos numerado. Comenzando al azar por el 73, se seleccionan los menores de

13 siguiendo verticalmente la columna y continuando por la siguiente (2, 3, 7, 9 y 12).

22	35	00	34	63	67	5	19	7	3	83	92	81	66	75	71	6	76	77	44	23	81	75	17	91
13	29	17	67	15	81	15	7	51	15	63	76	98	97	70	92	71	71	81	2	48	16	85	99	74
94	34	39	70	37	35	20	32	67	70	1	66	13	39	66	92	98	42	20	72	92	18	43	22	46
43	73	59	97	87	71	91	0	55	18	87	41	90	76	2	29	25	15	43	68	46	83	92	73	42
74	1	50	6	73	60	95	33	77	3	33	84	83	80	6	47	55	71	19	80	19	56	33	66	83
1	27	6	74	32	9	5	40	92	29	16	6	92	98	14	62	55	33	5	84	19	2	9	30	13
37	16	48	66	12	94	61	60	78	25	99	20	12	95	78	61	10	92	67	36	79	31	62	61	46
53	44	23	45	25	96	65	43	27	36	57	44	85	94	32	70	69	63	82	57	91	26	33	80	63
2	15	38	47	24	65	14	35	67	39	87	12	76	12	74	89	7	9	23	84	45	30	79	77	11
18	81	53	47	3	37	36	29	43	8	44	17	28	14	41	25	46	88	60	16	83	72	37	90	97
58	22	24	16	79	79	31	77	31	72	17	37	16	22	32	57	4	20	36	28	70	34	74	45	52
3	69	54	72	25	68	62	86	87	80	57	62	69	73	76	96	65	63	50	22	90	1	80	82	55
65	68	68	77	96	90	5	48	3	46	88	29	1	16	3	41	77	71	57	95	31	92	8	56	11
45	27	2	60	38	38	79	88	37	7	43	24	68	87	26	12	53	55	88	62	8	12	74	3	90
3	46	38	44	99	85	67	64	64	34	83	40	13	18	0	63	24	70	75	4	13	15	67	24	69
84	32	73	12	80	28	48	62	43	33	41	57	45	13	47	79	84	89	96	18	65	94	12	58	7
23	45	16	27	92	1	87	48	76	57	34	89	82	90	30	84	26	42	96	92	12	4	6	7	14
37	61	16	54	7	84	73	8	76	41	24	11	37	84	82	9	98	22	91	4	55	73	12	21	77
69	52	99	18	40	8	14	13	82	3	76	50	55	77	22	46	4	40	11	0	84	85	38	15	58
60	82	90	00	37	83	69	38	74	60	21	9	85	22	47	60	66	0	70	85	34	96	84	54	92
85	91	82	60	80	19	6	78	69	53	98	35	88	83	25	96	74	64	90	39	16	86	85	58	69
78	16	51	4	83	13	17	49	7	25	15	23	31	11	25	8	63	54	86	78	82	59	72	7	6
59	43	36	97	39	96	60	3	56	14	94	90	40	72	75	50	45	67	93	62	45	64	11	80	65
49	52	11	83	82	72	44	24	30	90	82	87	99	66	70	50	42	31	66	69	56	66	00	1	26
23	89	20	42	27	54	22	94	46	41	93	14	14	32	50	82	56	9	26	14	74	18	22	29	69
10	78	80	87	28	15	52	2	46	66	89	00	20	40	83	56	4	67	15	1	29	57	91	50	00
21	95	44	42	84	43	24	75	10	85	16	30	37	32	28	2	65	75	90	28	69	35	48	66	42
38	43	79	84	83	14	36	44	19	59	77	64	51	44	84	47	85	79	35	93	85	76	81	29	60
97	26	43	55	29	56	5	60	33	63	89	55	95	22	44	31	7	47	68	55	90	99	76	89	68
68	27	57	8	87	35	5	22	9	50	77	38	1	37	78	4	49	67	34	42	9	66	97	10	59
0	58	99	17	2	84	33	87	92	32	82	27	71	36	31	1	90	24	79	86	13	87	86	44	99
29	24	89	25	68	70	51	21	35	17	68	80	33	38	65	65	50	50	45	59	41	22	58	70	79
92	6	23	38	67	32	70	2	22	55	42	24	12	14	98	94	72	52	52	96	92	85	91	56	64
69	58	19	59	77	61	26	3	40	41	2	53	90	86	40	70	57	38	17	96	94	13	65	87	52
74	7	89	3	62	18	16	54	68	6	68	70	87	30	91	25	28	42	4	79	20	37	79	16	69
69	58	5	4	36	13	53	51	66	67	37	5	97	24	24	99	90	35	40	67	83	58	24	16	89
80	7	85	80	80	20	86	68	27	3	39	3	21	34	1	81	45	8	5	53	36	87	44	7	61
62	88	77	34	51	78	80	82	93	21	45	47	84	17	50	14	98	46	36	12	20	64	38	54	44
65	19	40	20	46	65	67	70	50	9	46	82	53	18	26	51	44	62	50	37	65	81	48	39	92
10	78	19	13	92	67	35	74	22	5	63	28	28	94	33	52	24	42	86	48	27	94	29	48	20
93	27	94	56	44	77	80	25	17	31	9	27	68	48	6	68	97	63	41	42	40	89	55	4	56
53	11	79	68	46	19	10	57	71	64	28	49	67	32	30	81	32	75	95	4	36	72	5	85	54
8	35	66	23	86	59	28	2	90	3	17	34	10	16	33	81	1	34	92	91	95	73	74	81	11
23	11	55	23	54	44	73	50	97	61	35	91	73	49	14	29	48	94	78	93	81	14	46	0	56
31	6	90	22	95	70	68	83	96	78	17	78	32	62	57	58	17	81	99	60	2	81	13	43	41
28	72	10	35	51	64	60	94	88	15	12	78	15	8	28	78	33	92	36	59	28	90	76	66	41
75	38	77	44	63	90	43	29	26	56	15	77	96	59	47	31	52	45	59	36	76	58	0	17	49
5	85	7	13	87	64	55	98	91	76	8	34	88	58	34	35	82	8	5	60	42	65	91	2	32
73	53	75	58	83	14	59	12	25	49	36	62	6	92	97	63	97	91	84	82	48	53	68	5	40
39	48	58	57	75	23	10	49	28	72	58	84	15	68	00	66	19	87	10	50	38	63	78	0	54

Tabla 4. Números aleatorios

TABLA 5 a). Distribución normal estándar

$$Z = \frac{\bar{L} - L}{\sigma}; \quad p = \text{probabilidad acumulada}$$

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

Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p
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

$$\bar{L} = \frac{\sum L_i}{n} ; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (\bar{L} - L_i)^2}{n-1}} ; \quad L_i = \log l_i \quad ; \quad l_i = \frac{EC(i)}{VLA - EC}$$

TABLA 5 b). Distribución normal estándar

$$Z = \frac{\bar{L}}{\sigma} ; \quad p = \text{probabilidad acumulada}$$

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

Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p
-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

$$\bar{L} = \frac{\sum L_i}{n} ; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (\bar{L} - L_i)^2}{n-1}} ; \quad L_i = \log l_i ; \quad l_i = \frac{EC(i)}{VLA - EC}$$

BIBLIOGRAFÍA

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

UNE-EN 689. Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición. AENOR, 1996.

UNE-EN 482. Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos. AENOR, 2007.

Notas Técnicas de Prevención (NTP 140, 347, 406, 407, 449, 553, 554, 555, 877, 872, 927, 929, 935, 936, 937). INSHT.

Comité Européen de Normalisation (CEN): Project BC/CEN/ENTR/000/2002-16 Analytical methods for chemical agents – Final Report, CEN 2005.

GESTIS – Métodos analíticos. Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA): <http://www.dguv.de/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-Analysenverfahren-f%C3%BCr-chemische-Stoffe/index-2.jsp>

Health and Safety Executive (HSE). Control of substances hazardous to Health - COSHH Essentials. 2003. Disponible en web: <http://www.coshh-essentials.org.uk>

Health and Safety Executive (HSE). The technical basis for COSHH Essentials: Easy steps to control che-

micals. 2009. Disponible en web: <http://www.coshh-essentials.org.uk>

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). Easy-to-use Workplace Control Scheme for Hazardous Substances. 2006. Disponible en Web: http://www.baua.de/nn_18306/en/Topics-from-A-to-Z/Hazardous-Substances/workplace-control-scheme.pdf

Comunidades Europeas. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Guía Práctica de la Directiva sobre Agentes Químicos 98/24/CE.

Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). Metodología simplificada del INRS. ND 2233-200-05 Méthodologie d'évaluation simplifiée du risque chimique. Disponible en: <http://www.inrs.fr/>

M.E. Sousa, M.T. Sánchez Cabo et al. "Riesgo Químico. Sistemática para la Evaluación Higiénica". INSHT, 2010.

ICCT, Internacional, 2006: http://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/icct/

StoffenManager, Holanda, 2007: <https://www.stoffenmanager.nl/>

NIOSH Control Banding: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/ctrlbanding/>

AIHA Control Banding Working Group: <http://www.aiha.org/insideaiha/volunteergroups/cbwg>

Apéndice 5 . MÉTODOS DE MEDICIÓN PARA AGENTES QUÍMICOS

INTRODUCCIÓN

En el apartado 5 del artículo 3 del Real Decreto 374/2001 se indica que “la evaluación de riesgos derivados de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso deberá incluir la medición de las concentraciones del agente en el aire, en la zona de respiración del trabajador, y su posterior comparación con el valor límite ambiental que corresponda”.

También se menciona que los procedimientos de medición a utilizar se establecerán siguiendo la normativa específica que sea de aplicación, incluyendo aquella relativa a los requisitos exigibles a los instrumentos de medida. En todo caso se utilizarán métodos validados que proporcionen resultados con el grado de fiabilidad requerido.

En este apéndice se aporta información sobre las características y requisitos básicos que deben reunir los procedimientos de medición para la determinación de agentes químicos, los criterios a tener en cuenta a la hora de seleccionar el método más adecuado para cada caso y las instrucciones para la correcta emisión de los resultados proporcionados por el método.

MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS

Definición

Un Método de Toma de Muestras y Análisis (MTA) es un conjunto ordenado de operaciones o procedimientos de trabajo, que permite dar 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 MTA 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 recomendaciones para evitar alteraciones de las muestras una vez obtenidas.
- El análisis, que describe el tratamiento a aplicar a las muestras en el laboratorio.

Características básicas

Los métodos para la evaluación de la exposición a agentes químicos quedan básicamente definidos por:

- la sustancia (o sustancias) concreta(s) que determina(n),

- el sistema de toma de muestra (activo/pasivo, soporte de captación, etc.),
- la técnica analítica o instrumental a utilizar.

Las principales características técnicas de un método de medición son las que se indican a continuación:

Linealidad

Es la capacidad de un método analítico para producir resultados linealmente proporcionales a la concentración de analito en la muestra, dentro de un margen de concentración determinado.

Selectividad

Es el grado de independencia del método frente a las posibles interferencias.

[EN 1540:2010]

Especificidad

Capacidad del método de dar una medida exacta del analito en presencia de otros compuestos.

Sensibilidad

Es la capacidad de un método analítico para discernir pequeñas variaciones de la concentración del analito.

Trazabilidad

Propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida. [VIM:2008,2.41]

Límite de detección

Es la menor concentración de un analito, que se puede distinguir (o discernir) de una muestra en blanco con una confianza razonable.

[American Chemical Society: 1983]

Límite de cuantificación

Concentración mínima que puede determinarse con un nivel aceptable de exactitud y precisión.

[ISO 11843-1]

Intervalo de medida

Intervalo de concentraciones para las que la incertidumbre expandida de un procedimiento de medida validado está por debajo de un valor especificado.

Tiempo de ponderación

Periodo de tiempo para el cual el procedimiento de medida proporciona un valor único.

[EN 1540: 2010]

Condiciones de repetibilidad

Condiciones en las que los resultados de ensayo independientes se obtienen utilizando el mismo método, aplicado a muestras de ensayo idénticas, en el mismo laboratorio, por el mismo operador, utilizando el mismo equipo en intervalos de tiempo cortos.

[ISO 3534-1:2008]

Condiciones de reproducibilidad

Condiciones en las que los resultados se obtienen utilizando el mismo método, aplicado a muestras de ensayo idénticas, en diferentes laboratorios, con diferentes operadores, utilizando equipos diferentes.

[ISO 3534-1:1993]

Precisión

Grado de concordancia entre los resultados obtenidos al aplicar el método varias veces bajo condiciones determinadas.

Sesgo

Error sistemático de medida o su estimado, con respecto a un valor de referencia. [VIM:2006]

Incertidumbre de la medida

Parámetro asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando.

[ENV 13005:1999]

Incertidumbre típica

Incertidumbre del resultado de una medición, expresada en forma de desviación típica.

[ENV 13005: 1999]

Incertidumbre típica combinada, u_c

Incertidumbre típica del resultado de una medición, cuando el resultado se obtiene a partir de los valores de otras magnitudes, igual a la raíz cuadrada positiva de una suma de términos, siendo estos las varianzas o covarianzas de esas otras magnitudes, ponderadas en función de la variación del resultado de la medida con la variación de dichas magnitudes.

[ENV 13005: 1999]

Incertidumbre expandida, U

Cantidad que define un intervalo en torno al resultado de una medición y en el que se espera encontrar una fracción importante de la distribución de valores que podrían ser atribuidos razonablemente al mensurando.

[ENV 13005: 1999]

Factor de cobertura (k)

Factor numérico utilizado como multiplicador de la incertidumbre típica combinada, para obtener la incertidumbre expandida.

[ENV 13005: 1999]

Contenido y estructura del método

La descripción del método debe contener toda la información necesaria para llevar a cabo el procedimiento de medida. Para su redacción formal se siguen las indicaciones de la Norma ISO 78/2:1982 "Química. Planes de normas. Parte 2: Métodos de análisis químicos" que aconseja la disposición de 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

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.

En el desarrollo de los métodos para la determinación de la concentración de los contaminantes químicos, es necesario prefijar unos criterios de comportamiento que incluyan, entre otros, los valores máximos del sesgo y de la precisión e incertidumbre que se deben conseguir, bajo condiciones de laboratorio similares a las reales. Estos criterios, que también deberán tener en cuenta las posibles influencias ambientales, suelen plasmarse en documentos denominados Protocolos de Validación, dentro de su Colección de Métodos de Toma de Muestra y Análisis (MTA). <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.a82abc159115c8090128ca10060961ca/?vgnnextoid=f6a8908b51593110VgnVCM10000dc0ca8c0RCRD>.

En cualquier caso, antes de la utilización de un método debe confirmarse que las condiciones en las que se pretende aplicar no difieren significativamente de las de validación y que no ha habido, desde la publicación del método, variaciones en los valores límite. En estos casos, aunque se trate de métodos validados, debería procederse a una validación complementaria.

Ejecución del método

La ejecución de las tres partes que componen, generalmente, 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 del método. En consecuencia, debe prestarse especial atención al transporte y conservación de las muestras por tratarse de un cambio en la custodia de las mismas y por ello se indican más adelante algunas recomendaciones.

Por lo que hace referencia al procedimiento de toma de muestra, aunque se encuentra siempre incluido en el método correspondiente, existe información detallada sobre el tema en las fichas que integran la colección de Métodos de Toma de Muestra de Contaminantes Químicos en Aire, del INSHT. <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.a82abc159115c8090128ca10060961ca/?vgnnextoid=4e88908b51593110VgnVCM10000dc0ca8c0RCRD>.

Transporte y conservación de las muestras

El almacenamiento y transporte de las muestras recogidas deberá realizarse de tal manera que se mantenga la integridad física y química de las mismas.

Como ya se ha dicho, el método debe especificar las condiciones de transporte y conservación: temperatura, protección de la luz, humedad recomendada y, sobre todo, tiempo máximo de almacenamiento.

Las principales recomendaciones son:

- Precintar o cerrar e identificar las muestras inmediatamente después de su captación.
- Empaquetar las muestras en contenedores adecuados para su transporte.
- Incluir en cada lote de muestras una o varias "muestras en 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 o productos industriales.
- Evitar alteraciones de las muestras por calentamiento excesivo o por exposición intensa a la luz solar.
- No almacenar las muestras, enviarlas inmediatamente al laboratorio.
- Una vez en el laboratorio, conservarlas de acuerdo con las indicaciones del método analítico, hasta el momento de su análisis.
- No abrir las muestras hasta el momento en que vayan a ser analizadas.

Modificaciones del método

Las condiciones de la toma de muestra (por ejemplo, volumen de aire o tiempo de muestreo) son datos que vienen establecidos o recomendados por el propio método y que han sido estimados para que se cubra un margen razonable de concentraciones alrededor del valor límite de exposición establecido y bajo el supuesto de que no influyan o interfieran otros contaminantes.

En la práctica, puede ser necesario adecuar el método a las condiciones reales del ambiente en cuestión (concentración ambiental prevista, ciclo de trabajo, humedad ambiental, posibles interferencias, etc.), modificando algún parámetro del muestreo, como el volumen o el caudal. En estos casos deberá tenerse muy en cuenta, además de las características propias del ambiente que se va a muestrear, las características específicas del método (intervalo de medida, límite de detección, limitaciones del sistema de muestreo, etc.) que limitan seriamente estas modificaciones. En cualquier caso, deberán registrarse siempre las modificaciones realizadas durante la toma de muestra y ponerlas en conocimiento del laboratorio que vaya a efectuar los análisis.

En el caso de que las modificaciones o adecuaciones afecten al análisis instrumental, deberán estar justificadas y documentadas, y serán puestas en conocimiento del solicitante del análisis.

CLASIFICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN

Los procedimientos de medición de la concentración de los agentes químicos en aire, aquí recogidos, se clasifican, según la Norma UNE-EN 482:2012, "Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos de medida de los agentes químicos", en función del objeto de la medición a realizar.

Mediciones de evaluación inicial de la concentración media ponderada en el tiempo

Se llevan a cabo para obtener información cuantitativa básica sobre los niveles de exposición. Tal información se utiliza para identificar los riesgos potenciales para la salud y para estimar el riesgo para la salud fundamentado en la posible gravedad del daño y la probabilidad de que se produzca. Estas mediciones pueden también determinar si la exposición es significativamente inferior o superior al valor límite (de exposición profesional).

Mediciones de evaluación inicial de la variación de la concentración en el tiempo y/o en el espacio

Se utilizan para:

- proporcionar información de las probables pautas de la concentración de los agentes químicos en el aire;
- identificar los lugares y períodos de exposición elevada;
- proporcionar información sobre la localización e intensidad de las fuentes de emisión;
- estima la eficacia de la ventilación o de otras medidas técnicas.

Mediciones de comparación con los valores límite (de exposición profesional) y mediciones periódicas

Se utilizan para obtener resultados, de incertidumbre conocida, de la concentración media de un agente químico en el aire en la zona respiratoria del trabajador.

Las mediciones periódicas se utilizan para determinar si las condiciones de exposición han cambiado desde que se realizaron las mediciones de comparación con los valores límite o si las medidas de control continúan siendo eficaces.

FIABILIDAD DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN

Los requisitos de fiabilidad de los procedimientos de medición dependerán del objeto de la medición que se va a realizar, para los intervalos de medida específicos mínimos y los tiempos de ponderación. Dichos requisitos vienen recogidos en la Norma UNE-EN 482:2012, donde se indica que deberán cumplirse para el procedimiento completo, incluso si este está compuesto de varias etapas. Entre otros, la norma incluye los siguientes:

- El intervalo de medida del procedimiento cubrirá, al menos, las concentraciones de 0,1 a 2 veces el valor límite para medidas de larga duración y de 0,5 a 2 veces el valor límite para las medidas de corta duración.
- El tiempo de ponderación que es igual al tiempo de muestreo debe ser menor o igual que el periodo de referencia del valor límite.
- La fiabilidad específica que debe exigirse al procedimiento de medición para "mediciones de comparación con los valores límite y mediciones periódicas" establecida en términos de incertidumbre expandida relativa es la que se muestra en la tabla 1.

Periodo de referencia	Intervalo de medida	Incertidumbre expandida relativa
corta duración (p.e. 15 min)	0,5 a 2 veces el valor límite	≤ 50%
larga duración	0,1 a < 0,5 veces el valor límite	≤ 50%
larga duración	0,5 a 2 veces el valor límite	≤ 30%

Tabla 1. Fiabilidad específica que se exige al procedimiento de medición

MÉTODOS DE LECTURA DIRECTA

La determinación de concentraciones ambientales mediante instrumentos de medición directa presenta algunas ventajas con respecto al sistema con etapas separadas de toma de muestra y análisis, principalmente en lo que refiere a la posibilidad de obtener resultados puntuales y de variación a lo largo del tiempo, además de su rapidez, economía, etc.; sin embargo, estos métodos pueden ser menos precisos y están sujetos frecuentemente a interferencias no siempre previsibles.

Por tanto, a la hora de utilizar este tipo de métodos habrá que tener en cuenta una serie de consideraciones:

- Conocer las características del ambiente a estudiar.
- Tener en cuenta las especificaciones del instrumento y las instrucciones de uso.
- Realizar el correcto mantenimiento y la limpieza de los equipos.
- Realizar calibraciones periódicas, siempre que sea posible, utilizando atmósferas o mezclas de composición conocida. Si la calibración se lleva a cabo de manera externa, debe acudir a un servicio o laboratorio acreditado, con posibilidad de emitir un certificado.

MÉTODOS PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE LA EXPOSICIÓN

Los métodos para llevar a cabo el Control Biológico de la Exposición son métodos de toma de muestra y análisis para la determinación de los contaminantes químicos, de sus metabolitos o de algún otro indicador directa o indirectamente relacionado con la exposición al contaminante en cuestión.

Este tipo de determinaciones (básicamente en sangre, orina o aire exhalado) se rigen, evidentemente, bajo los mismos principios de garantía y fiabilidad que se han expuesto para la determinación de los contaminantes en aire. En este caso, sin embargo, cobra especial relevancia el "momento de la toma de muestra", es decir, el tiempo transcurrido desde la finalización de la exposición hasta que es recogida la muestra, ya que de su adecuada elección dependerá la validez y la significación del resultado.

En este sentido, el momento de muestreo indicado en el documento del INSHT "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España" debe respetarse escrupulosamente, ya que la distribución y eliminación de un agente químico o sus metabolitos, así como los cambios bioquímicos inducidos por la exposición, son procesos dependientes del tiempo y los valores VLB® son aplicables solamente si la toma de muestra se realiza en el momento especificado.

Para los aspectos relacionados con el control biológico se recomienda la consulta del libro "Control biológico de los trabajadores expuestos a contaminantes químicos" del INSHT. Dentro de la colección de Métodos de Toma de Muestras y Análisis del INSHT existe una sección dedicada expresamente a los métodos en medios biológicos.

INFORME ANALÍTICO

Los resultados de los análisis llevados a cabo por el laboratorio deben registrarse con precisión, claridad, inequívocamente y sin ambigüedades y presentarse como un informe analítico, incluyendo toda la información solicitada, la del método de medición y los requisitos para la interpretación de los resultados.

La información que debe incluir el informe analítico deberá estar de acuerdo con lo establecido en la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025: 2005 "Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración" (ver Apéndice 6 sobre Gestión de la Calidad) e incluir como mínimo la información siguiente:

- un título (por ejemplo, "Informe de Análisis") y la identificación única del informe analítico ;
- el nombre y la dirección del laboratorio;
- el nombre y la dirección del cliente o solicitante;
- la identificación del método de medición usado;
- la descripción, estado e identificación inconfundible de la muestra analizada;
- la fecha de recepción de la muestra cuando esta sea crítica para la validez y aplicación de los resultados, y la fecha de ejecución del análisis;
- la referencia al plan de muestreo y a los procedimientos utilizados por el laboratorio cuando influyan en la validez o aplicación de los resultados;
- los resultados del análisis con las unidades de medida y la incertidumbre estimada de la medición;
- el/los nombre(s), cargo(s) y firmas(s) de la(s) persona(s) autorizada(s) para el informe analítico.

Además de los requisitos indicados anteriormente, los informes deben incluir, cuando así sea necesario para la interpretación de los resultados del análisis, las posibles desviaciones, adiciones o exclusiones respecto al método de medición, e información sobre las condiciones específicas del análisis, tales como condiciones ambientales.

Las modificaciones de los informes analíticos después de su emisión sólo deben realizarse mediante un nuevo documento, o una transferencia de datos, que incluya la declaración: "Suplemento del Informe de referencia..." o una frase equivalente.

Este suplemento deberá tener una identificación única y deberá contener una referencia al original al que sustituye.

El informe analítico deberá archivarse junto con toda la documentación que se haya generado en la evaluación del riesgo correspondiente.

NOTA:

Se recomienda que los laboratorios incluyan una declaración indicando que los resultados sólo son válidos para las muestras analizadas y que el informe sólo puede reproducirse en su totalidad y con la autorización por escrito del laboratorio.

CRITERIOS GENERALES PARA LA ELECCIÓN DEL MÉTODO DE MEDICIÓN

Cuando la evaluación de los riesgos requiera efectuar mediciones, análisis o ensayos y exista normativa específica de aplicación, esto es, metodología analítica específica, el procedimiento de evaluación deberá ajustarse a las condiciones concretas establecidas en aquella. En caso contrario, deberá tenerse en cuenta una serie de recomendaciones generales que se exponen a continuación:

Idoneidad del método seleccionado

El método de medición elegido deberá proporcionar resultados fiables y válidos para el contaminante o grupo de contaminantes en cuestión y permitir comparar los resultados que se obtengan con los valores límite establecidos para tomar una decisión sobre el nivel de exposición.

Para la elección también deberá considerarse si el laboratorio que va a efectuar el análisis dispone de la técnica instrumental y de los equipos necesarios, si tiene a punto el procedimiento analítico a aplicar y si tiene establecido algún sistema de aseguramiento de la calidad de sus resultados.

Prioridades en la elección

Cuando la normativa no indique el método que debe emplearse, se escogerá un método, de entre los que se indican a continuación, por el siguiente orden de prioridad:

- 1) Normas UNE. Métodos de ensayo publicados para la determinación de contaminantes en aire en los lugares de trabajo y para el control biológico (<http://www.aenor.es>).

- 2) Métodos del INSHT. Métodos de Toma de Muestras y Análisis. Métodos validados y publicados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.a82abc159115c8090128ca10060961ca/?vgnextoid=f6a8908b51593110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>
- 3) Normas internacionales (ISO) para atmósferas en los lugares de trabajo.
- 4) Métodos normalizados publicados por instituciones o entidades de reconocido prestigio en la materia (NIOSH, OSHA, HSE, etc.).
- 5) En ausencia de los anteriores, métodos desarrollados por el propio laboratorio o adoptados de otras fuentes bibliográficas (artículos científicos, libros, publicaciones técnicas) que contengan información suficiente y concisa de cómo realizar los análisis y hayan sido validados apropiadamente antes del uso.

Como consecuencia del "Mandato" de la Comisión de la UE al Comité Europeo de Normalización (CEN) en cumplimiento de lo establecido en la Directiva 98/24/EC de "Agentes Químicos", sobre la necesidad de disponer de métodos normalizados para la medida y evaluación de la concentraciones en aire en los lugares de trabajo en relación con los límites de exposición profesional, se ha desarrollado el proyecto BC/CEN/ENTR/000/2002-16 - *Analytical Methods for Chemical Agents*.

Como fruto de este proyecto se dispone actualmente de una guía de carácter no vinculante que contiene una selección de métodos de toma de muestra y análisis que cumplen total o parcialmente los requisitos recogidos en la norma europea UNE-EN 482:2007. Estos métodos, correspondientes a 126 sustancias priorizadas por el momento aunque la lista permanece abierta, han sido seleccionados de acuerdo con el grado de cumplimiento de dicha norma, entre los procedimientos que se encuentran publicados por instituciones que se dedican a estos propósitos y cuya reseña se recoge posteriormente. La información sobre estos métodos y la metodología seguida en el proyecto se encuentra en la dirección de Internet:

<http://www.dguv.de/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-Analysenverfahren-f%C3%BCr-chemische-Stoffe/index-2.jsp>

En todo caso, es aconsejable utilizar métodos recomendados y publicados por instituciones que dispongan de programas de normalización y validación, especialmente aquellas que publican los protocolos de validación que recogen los requisitos exigidos a sus métodos y que junto con los métodos hacen públicos los resultados de la validación.

Instituciones que publican métodos de toma de muestra y análisis

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)

Métodos de Toma de Muestra y Análisis (textos completos en español e inglés)

<http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.a82abc159115c8090128ca10060961ca/?vgnextoid=4e88908b51593110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>

Health and Safety Executive (HSE)

Methods for the Determination of Hazardous Substances (lista de métodos disponibles)

<http://www.hsl.gov.uk/publications/mdhs.aspx>

Institute National de Recherche et de Sécurité (INRS)

Metrologie des polluants (textos completos en francés e inglés)

[http://en.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/Page%20Editoriale%20Our%](http://en.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/Page%20Editoriale%20Our%20Divisions%20Pollutants%20metrology/$File/Visu.html)

[20Divisions%20Pollutants%20metrology/\\$File/Visu.html](http://en.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/Page%20Editoriale%20Our%20Divisions%20Pollutants%20metrology/$File/Visu.html)

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Analyses of Hazardous Substances in Air (lista de libros disponibles en alemán e inglés, algunos consultables on-line)

<http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/3527600418/topics>

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)

Manual of Analytical Methods (textos completos en inglés)

<http://www.cdc.gov/niosh/nmam>

U.S. Occupational Safety & Health Administration (OSHA)

Sampling and Analytical Methods (textos completos en inglés)

<https://www.osha.gov/dts/sltc/methods/index.html>

Apéndice 6. CALIDAD EN LAS MEDICIONES DE AGENTES QUÍMICOS

INTRODUCCIÓN

En este apéndice se dan algunas recomendaciones técnicas específicas para la implantación de un sistema de gestión de la calidad para las actividades de medición de agentes químicos en aire que permitan garantizar que el método de medición proporcione confianza sobre su resultado. Contiene recomendaciones aplicables a cada una de las actividades de medición porque, al ser interdependientes, la calidad del resultado final está condicionada a la correcta ejecución de todas ellas.

Este apéndice contiene recomendaciones para los métodos de medición, los equipos, la toma de muestras, el transporte y la conservación de las muestras, el aseguramiento de la calidad, los informes analíticos y la documentación. En los apartados correspondientes del texto se hace mención a las mediciones directas.

Para el caso concreto de la actividad que se realiza en el laboratorio, análisis de las muestras, son aplicables todas las recomendaciones excepto las que aparecen en los apartados *Toma de muestras* y, parcialmente, *Transporte y conservación de las muestras*. Las recomendaciones de los apartados *Aseguramiento de la calidad* e *Informe analítico* están desarrolladas exclusivamente para el laboratorio. El apartado *Documentación*, aunque dirigido principalmente al laboratorio, podría aplicarse igualmente a las demás actividades.

Al final del apéndice se incluye un apartado de *Definiciones*.

REFERENCIAS PARA LA CALIDAD DE LAS MEDICIONES DE AGENTES QUÍMICOS

Para la realización de las mediciones de agentes químicos, el RD 374/2001 y los reglamentos específicos aplicables a los agentes químicos establecen condiciones y requisitos que determinan la calidad exigible a dichas mediciones. En el apéndice 5 se aporta información sobre las características y requisitos que deben reunir los procedimientos de medición para la determinación de agentes químicos, en línea con lo que indica el apartado 5 del artículo 3 del RD 374/2001. En este sentido, es importante considerar los requisitos contenidos en las normas desarrolladas específicamente para las medidas de agentes químicos en los lugares de trabajo: la norma UNE-EN 482:2012 *Exposición en el lugar de trabajo - Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos de medida de los agentes químicos, de carácter general*, y las normas específicas desarrolladas para diferentes tipos de procedimientos de medida y equipos de medida.

La norma UNE-EN 482:2012 especifica los requisitos generales para la determinación de agentes químico-

cos en aire de los lugares de trabajo. Estos requisitos son aplicables a todos los procedimientos de medida de agentes químicos cualquiera que sea la naturaleza química o estado físico del agente (gas, vapor, materia en suspensión) e independientemente del método de toma de muestra o de análisis utilizado. Según se indica en la propia norma, es aplicable a los procedimientos de medida con etapas separadas de toma de muestra y análisis, a todas las etapas del procedimiento de medida, incluyéndose el transporte y el almacenamiento de la muestra y, también, a los equipos de lectura directa. Las normas específicas incluyen requisitos adicionales para el procedimiento o equipo. Se han desarrollado normas específicas para: muestreadores de aerosoles (UNE-EN 13205), muestreadores por difusión (UNE-EN 838) (también conocidos como "pasivos"), muestreadores por aspiración para gases y vapores (UNE-EN 1076), tubos detectores de corta detección (UNE-EN 1231), bombas de muestreo personal y ambiental (UNE-EN 1232, UNE-EN 12919), metales y no metales (UNE-EN 13890), mezclas de partículas y vapores y equipos de lectura directa (UNE-EN 45544).

Las acciones para garantizar la calidad de las mediciones, implantadas en el marco de un sistema de gestión de la calidad, permiten asegurar y demostrar, con la confianza adecuada, el cumplimiento de los requisitos y, por consiguiente, de la legislación. En la consecución de la calidad adecuada (para las mediciones de agentes químicos) hay que considerar todas las etapas de la medición necesarias para su realización y todos los factores (o agentes) humanos y materiales que intervienen en ellas y que, directa o indirectamente, pueden afectar a su calidad.

La necesidad de consideración de todos los factores y etapas implicadas en las mediciones pone de manifiesto la conveniencia de utilizar un marco de referencia amplio para la calidad en las actividades de medición. En este sentido, la norma UNE-EN ISO/CEI 17025 *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración* sería la más adecuada. Esta norma es aplicable a todas las organizaciones o laboratorios que realicen cualquier tipo de ensayos (incluido el muestreo) o de calibraciones, independientemente de su tamaño y del alcance de las actividades de ensayo o de calibración y a todas o parte de las actividades contempladas en ella. Tiene por objeto, entre otros, su utilización por los laboratorios en el desarrollo de los sistemas de gestión para sus actividades de la calidad, administrativas o técnicas. Asimismo puede ser utilizada por los clientes del laboratorio, las autoridades reglamentarias y los organismos de acreditación cuando confirman o reconocen la competencia de los laboratorios.

En cualquier caso, cualquiera que sea la referencia general, los requisitos (o las condiciones) obligatorios serán los que se encuentran explícita o implícitamente contenidos en la normativa de prevención de riesgos laborales general y específica que sea de aplicación.

RECOMENDACIONES TÉCNICAS ESPECÍFICAS PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LAS ACTIVIDADES DE MEDICIÓN DE AGENTES QUÍMICOS

Las actividades de medición de agentes químicos en el campo de la prevención de riesgos laborales tienen unas características diferenciadas, tanto en sus objetivos como en su aplicación, que necesitan recomendaciones técnicas específicas para algunos de los aspectos que deben considerarse en el desarrollo e implantación de un sistema de gestión de la calidad, especialmente para aquellos puntos que no están explícitamente contemplados en la legislación.

Métodos de medición

La utilización de métodos de medición validados es un requisito de calidad fundamental y el primero a cumplir para garantizar la confianza en el resultado.

La legislación de prevención de riesgos laborales no fija los métodos de medición concretos a utilizar, excepto en el caso del análisis (recuento) de fibras de amianto (MTA/MA-051, RD 396/2006), por lo que tienen que ser seleccionados por el laboratorio o acordados con sus clientes entre los que sigan las indicaciones del apartado 5 del artículo 3 del RD 374/2001. En el apéndice 5 se recogen los criterios generales para su elección entre las normas y guías que proporcionan métodos de medición desarrollados y validados para su uso en la evaluación de la exposición laboral a agentes químicos, considerándose como criterio preferente el cumplimiento de los requisitos de la norma UNE-EN 482: 2012 y de las normas específicas anteriormente citadas. Estas normas contienen también los procedimientos para realizar estimaciones razonables de las incertidumbres asociadas a los resultados de medida de las concentraciones de los agentes químicos en aire. Se recomienda la consulta de los Criterios y Recomendaciones del INSHT (CR-04/2008, CR-05/2009, CR-06/2009 y CR-07/2011) y las Notas Técnicas de Prevención NTP 930 y 931.

En caso de que sea necesario utilizar métodos no validados (o no normalizados), debería procederse a su validación previa a su utilización. De igual forma también debería validarse o completar su validación si las condiciones en las que sea necesario utilizar el método seleccionado no coinciden con las consideradas en el mismo. Con este fin pueden utilizarse como guías los protocolos de validación del INSHT (Apéndice 5) así como las normas citadas.

Equipos

Los equipos que se utilicen para la toma de muestra y el análisis deben ser conformes con las especificaciones que se indiquen en los métodos de medición y cumplir con los requisitos indicados en las normas que sean de aplicación (véase el apartado "Referencias para la calidad de las mediciones de agentes químicos"). Asimismo, deberían estar adecuadamente calibrados y mantenidos para garantizar que, siempre que se utilicen, su funcionamiento sea correcto para que la incertidumbre de medida no exceda los límites especificados.

En el caso de los equipos de lectura directa, la calidad de las mediciones también se apoyará en el establecimiento de un plan de mantenimiento y de calibración interno y/o externo adecuado.

Es conveniente que los equipos tengan un responsable que controle su utilización y el estado de correcto funcionamiento, especialmente si se trata de equipos manipulados por varias personas.

Plan de calibración, verificación y mantenimiento de los equipos de toma de muestra y análisis

Se elaborará un inventario de los equipos disponibles (que incluya código del equipo, denominación, marca y modelo, y fecha de alta) y una etiqueta para su identificación. El laboratorio dispondrá de un registro o ficha de los equipos de medida.

Los equipos de toma de muestra y de análisis dispondrán de instrucciones escritas sobre su puesta en marcha, utilización y funcionamiento, y se implantará y aplicará un Plan de calibración/verificación y mantenimiento, como parte fundamental del sistema de gestión de la calidad. Los equipos que tengan una influencia directa o indirecta en los resultados de los análisis estarán sujetos a calibración y verificación.

El "*Plan de Calibración*" definirá:

- qué equipos se calibran,
- quién realiza las calibraciones,
- su frecuencia y
- el procedimiento a aplicar.

Se establecerá qué equipos son de calibración interna y qué equipos son de calibración externa. Los resultados de las calibraciones efectuadas deberán registrarse, especificándose los siguientes datos: denominación y código del equipo calibrado, fecha de la calibración, patrones de calibración, procedimiento de calibración, condiciones ambientales, resultados e incertidumbres, y quién efectuó la calibración.

Los laboratorios también dispondrán de un "*Plan de Mantenimiento*" que cubra todos sus equipos, defina las actividades a realizar y su periodicidad. Este Plan incluirá tanto el mantenimiento interno del propio laboratorio, como el externo. Las actividades u operaciones a realizar deberán ir encaminadas a prevenir, o en su caso corregir, fallos, deterioros, averías o un mal funcionamiento.

Todas las operaciones de mantenimiento, calibración y verificación que se realicen en un equipo deberán documentarse y anotarse en un diario/registro.

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; no obstante, ambas, 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 tenerse la seguridad de que los equipos que se utilicen están adecuadamente calibrados y mantenidos y que los muestreadores y 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. Para seleccionar el muestreador para la toma de muestra de agentes químicos que estén presentes en el aire en forma de partículas, se tendrá en cuenta la fracción (inhalable, torácica o respirable) para la que está establecido el límite de exposición profesional.

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

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 asegurarse mediante control continuado de 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, sobre todo, tiempo máximo de almacenamiento. Es conveniente que el tiempo transcurrido desde que se toma la muestra hasta su recepción por el laboratorio que vaya a realizar el análisis sea lo más corto posible evitando, en la medida que se pueda, almacenamientos previos a su envío. Hay que tener en cuenta que el tiempo de almacenamiento indicado en el método de medición se contabiliza desde el momento en que se toma la muestra hasta el momento en que se realiza el análisis y que ese tiempo es el que está validado (ensayado, comprobado) para las condiciones indicadas.

La utilización de blancos de muestra permite controlar que el transporte y almacenamiento de las muestras se ha realizado correctamente.

Aseguramiento de la calidad

El laboratorio tendrá establecidos procedimientos de control de la calidad para realizar el seguimiento de la validez de los resultados que obtenga. Este seguimiento será planificado y revisado y puede incluir, entre otros (tal como se indica en la norma UNE-EN ISO/IEC 17025), los elementos siguientes:

- uso regular de materiales de referencia certificados o un control de la calidad interno utilizando materiales de referencia secundarios;
- participación en comparaciones interlaboratorios o programas de ensayos de aptitud;
- repetición de ensayos utilizando los mismos o diferentes métodos;
- repetición de ensayos de muestras conservadas.

Dentro del sistema de gestión de la calidad del laboratorio, el control de la calidad es una herramienta indispensable que debe incluir, además del control de la calidad interno, la participación regular en comparaciones interlaboratorios que cubran, a ser posible, todas las familias de ensayos que realice. Las comparaciones interlaboratorios (también llamados ejercicios de intercomparación, intercomparaciones o, en algunos campos, programas de evaluación externa de la calidad) aportan una evaluación externa e independiente que permite que el laboratorio pueda demostrar el mantenimiento de la competencia técnica al enfrentarse a los análisis que realiza de forma habitual.

La participación en comparaciones interlaboratorios es un requisito exigido por las entidades de acre-

ditación y en algunos casos puede ser requerida por la legislación vigente. Este es el caso del Programa Interlaboratorios de Control de Calidad de fibras de amianto (PICC-FA) del INSHT para los laboratorios que realizan análisis (recuento) de fibras de amianto (RD 396/2006).

El Programa Interlaboratorios de Control de Calidad (PICC), establecido por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) en colaboración con el Instituto de Seguridad y Salud Laboral de Aragón (ISSLA), está diseñado específicamente para las mediciones de agentes químicos en el campo de la prevención de riesgos laborales. Las muestras suministradas son similares a las reales con analitos típicos y representativos de las familias de análisis más habituales y, por tanto, constituye una herramienta de calidad muy recomendable para los laboratorios de Higiene Industrial.

NOTA:

Los programas específicos que constituyen el PICC (a 5.12.2012) son: Fibras de amianto (PICC-FA), Vapores orgánicos (PICC-VO), Metales en filtros (PICC-MET), Sílice cristalina (PICC-SIL), Gravimetrías ((PICC-Gr), Plomo en sangre (PICC-PbS) y Metales en orina (PICC-MetU). Más información en www.insht.es/picc

Informes analíticos

El laboratorio debe emitir un informe que contenga toda la información pertinente a las mediciones realizadas por el mismo, firmado por la persona autorizada para ello. Para la elaboración del informe se tendrán en cuenta las indicaciones del apéndice 5 de esta Guía. En cualquier caso deben permitir que se cumpla con el contenido mínimo de la documentación sobre la evaluación indicado en los comentarios de esta Guía al apartado 9 del artículo 3 del RD 374/2001. Si el laboratorio pertenece a la misma organización que ha tomado las muestras, el contenido del informe puede simplificarse en la medida que no comprometa la información necesaria para realizar correctamente los análisis ni la correspondencia que debe existir entre las muestras tomadas y sus resultados analíticos.

En el caso de que el laboratorio no haya realizado todas las actividades analíticas, el informe debería recoger cuáles son y por quién han sido realizadas. De la misma manera, si el laboratorio ha realizado las tomas de muestra u otras mediciones, el informe contendrá la información correspondiente a estas.

Es importante que los informes estén inequívocamente identificados. Cada página debería estar identificada de forma que permita reconocerse como parte del informe.

Documentación

El laboratorio debería tener disponible la documentación que evidencie el cumplimiento de los requisitos de la legislación y de las recomendaciones de este apéndice. La documentación será la pertinente a las mediciones que se realicen o vayan a realizarse.

La documentación mínima debería ser: plano con instalaciones, equipos disponibles, organigrama con funciones del personal, cualificaciones del personal, métodos de trabajo conformes a normas, procedimientos de control de la calidad y resultados de la participación en pruebas interlaboratorios o de aptitud que sean pertinentes a las mediciones a realizar (o certificados de los organizadores de su participación y resultados).

Si el laboratorio está acreditado para ello por el organismo nacional de acreditación, puede considerarse suficiente el certificado de acreditación en el que figure claramente que el alcance de la acreditación corresponde a las mediciones o a la actividad que realice. En este caso, es importante que se adjunte el programa de acreditación para comprobar que es adecuado para cumplir la legislación y los resultados de la participación en pruebas interlaboratorios o de aptitud que sean pertinentes a las mediciones que realiza.

Es conveniente que el análisis de la documentación sea realizado por personas con conocimientos en Higiene Industrial y preferiblemente con experiencia en evaluación de riesgos por exposición a agentes químicos.

DEFINICIONES

Calidad: grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.

NOTA 1- El término “calidad” puede utilizarse acompañado de adjetivos tales como pobre, buena o excelente.

NOTA 2 - “inherente”, en contraposición a “asignado”, significa que existe en algo, especialmente como una característica permanente.

[UNE-EN ISO 9000:2005]

Requisito: necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligada.

NOTA 1 - “generalmente implícita” significa que es habitual o una práctica común (para la organización, sus clientes y otras partes interesadas) que la necesidad o expectativa bajo consideración esté implícita.

NOTA 2 - Pueden utilizarse calificativos para identificar un tipo específico de requisitos, por ejemplo, requisito de un producto, requisito de la gestión de calidad, requisito del cliente.

NOTA 3 – Un requisito especificado es aquel que está establecido, por ejemplo en un documento.

NOTA 4 – Los requisitos pueden ser generados por las diferentes partes interesadas.

[UNE-EN ISO 9000:2005]

Sistema de gestión de la calidad: conjunto de elementos mutuamente relacionados o que interactúan para establecer la política y los objetivos con el fin de dirigir y controlar una organización con respecto a la calidad y para lograr dichos objetivos.

[UNE-EN ISO 9000:2005].

Gestión de la calidad: actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad.

NOTA – La dirección y control en lo relativo a la calidad, generalmente incluye el establecimiento de la política de la calidad y los objetivos de la calidad, la planificación de la calidad, el aseguramiento de la calidad y la mejora de la calidad.

[UNE-EN ISO 9000:2005]

Aseguramiento de la calidad: parte de la gestión de la calidad orientada a proporcionar confianza en que se cumplirán los requisitos de la calidad.

[UNE-EN ISO 9000:2005]

Calibración: operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas, obtenidos a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación.

NOTA 1 – Una calibración puede expresarse mediante una declaración, una función de calibración, un diagrama de calibración, una curva de calibración o una tabla de calibración. En algunos casos, puede consistir en una corrección aditiva o multiplicativa de la indicación con su incertidumbre correspondiente.

NOTA 2 – Conviene no confundir la calibración con el ajuste de un sistema de medida, a menudo llamado incorrectamente “autocalibración”, ni con una verificación de la calibración.

NOTA 3 – Frecuentemente se interpreta que únicamente la primera etapa de esta definición corresponde a la calibración.

[VIM, 2.39:2008]

Verificación: aportación de evidencia objetiva de que un elemento satisface los requisitos especificados.

EJEMPLO 1 – La confirmación de que un material de referencia declarado homogéneo lo es para el valor y el procedimiento de medida correspondientes, para muestras de masa de valor hasta 10 mg.

EJEMPLO 2 – La confirmación de que se satisfacen las propiedades de funcionamiento declaradas o los requisitos legales de un sistema de medida.

EJEMPLO 3 – La confirmación de que puede alcanzarse una incertidumbre objetiva.

NOTA 1 – Cuando sea necesario, es conveniente tener en cuenta la incertidumbre de medida.

NOTA 2 – El elemento puede ser, por ejemplo, un proceso, un procedimiento de medida, un material, un compuesto o un sistema de medida.

NOTA 3 – Los requisitos especificados pueden ser, por ejemplo, las especificaciones del fabricante.

NOTA 4 – En metrología legal, la verificación, tal como la define el VIML³, y en general en la evaluación de la conformidad, puede conllevar el examen, marcado o emisión de un certificado de verificación de un sistema de medida.

NOTA 5 – No debe confundirse la verificación con la calibración. No toda verificación es una validación.

NOTA 6 – En química, la verificación de la identidad de una entidad, o de una actividad, requiere una descripción de la estructura o las propiedades de dicha entidad o actividad. [VIM, 2.44:2008]

³ OIML V1:2000 Vocabulario Internacional de Metrología Legal

Apéndice 7. TÉCNICAS DE VENTILACIÓN PARA EL CONTROL DE AGENTES QUÍMICOS

INTRODUCCIÓN

Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores debidos a la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo son de muy distinta tipología y forma de actuación, pero muchos de ellos tienen en común el factor de riesgo “concentración en el ambiente” como parámetro que determina la magnitud del riesgo; en consecuencia, uno de los objetivos técnicos de cualquier planificación preventiva será mantener la concentración ambiental del agente por debajo de un valor predefinido.

Las técnicas de ventilación son una herramienta válida y eficaz para lograr el objetivo indicado. Además tienen ventajas adicionales como son una relación coste/eficacia muy buena en comparación con otras técnicas preventivas y una implantación que puede hacerse de forma independiente a la concepción del proceso productivo. Debido a estas ventajas, son las soluciones en las que se piensa de forma automática en cuanto se detecta un posible riesgo por agentes químicos. Conviene llamar la atención sobre este aspecto, a fin de evitar que se recurra de forma indiscriminada a soluciones de ventilación sin plantearse previamente si la ventilación es la técnica preventiva más adecuada para controlar una situación de riesgo dada, o incluso si puede aportar un incremento del riesgo, como, por ejemplo, en el caso de capas o depósitos de polvo combustible, donde una ventilación inadecuada podría favorecer la formación de una atmósfera explosiva.

Las técnicas de ventilación tienen un abanico de aplicaciones muy extenso, pero aquí nos limitaremos a una breve descripción de las que tienen utilidad para el control de agentes químicos, descartando otras posibles aplicaciones como son: el control de las condiciones termohigrométricas de procesos industriales, el transporte de materiales o el confort de los ocupantes de espacios cerrados.

Con esta limitación las posibilidades de aplicación de las técnicas de ventilación se concretan en las identificadas como extracción localizada y ventilación por dilución cuyos fundamentos y criterios de diseño se describen brevemente a continuación, con objeto de facilitar su aplicación correcta.

EXTRACCIÓN LOCALIZADA

Fundamento teórico

Consiste en crear, mediante aspiración, una corriente de aire con la intención de captar los contaminantes ambientales (polvo, fibras, humo, vapores, etc.) lo más cerca posible de su zona de emisión al ambiente; de esta forma se evita que el contaminante se disperse en el ambiente pudiendo dar lugar a concen-

traciones peligrosas, sea por inhalación o por aproximarse al Límite Inferior de Inflamabilidad.

Descripción

Un sistema de extracción localizada siempre está constituido por: una **campana**, que es el elemento situado en las proximidades del foco de generación en el que se produce la aspiración del aire; un **conducto o red de conductos** de aspiración, que canalizan el aire contaminado aspirado hasta una zona de descarga sin riesgo; y el **ventilador**, necesario para conseguir la circulación del aire por la campana y los conductos. En ocasiones también es necesario introducir en el circuito un **depurador de gases o un filtro** para eliminar la contaminación del aire vehiculado, la necesidad de este depurador vendrá condicionada por la toxicidad de los agentes químicos captados y por los requisitos de protección de la zona en la que se produce la descarga del aire contaminado.

Bases de diseño

Aunque el diseño de un sistema de extracción localizada para cada caso concreto suele ser una labor de especialista, es posible enunciar los requisitos necesarios para que un sistema de extracción localizada sea eficaz:

- La campana tiene que tener una forma y unas dimensiones adaptadas a la forma y dimensiones del foco de generación de la contaminación. Son preferibles las campanas que encierran total o parcialmente el foco.
- La campana debe estar situada lo más cerca posible del foco de generación de la contaminación que sea compatible con el desarrollo de las operaciones de producción. No es imprescindible que esté situada sobre el foco, es más: en general son preferibles las campanas ubicadas lateralmente porque pueden situarse más cerca del foco que las situadas sobre él. La distancia al foco de contaminación es el factor que más limita la eficacia de una campana de extracción localizada.
- El caudal de aspiración debe ser el suficiente para crear una corriente de aire capaz de arrastrar los contaminantes. Excepto en circunstancias especiales en las que el contaminante es liberado al ambiente con una elevada velocidad, en la mayoría de circunstancias es suficiente una velocidad del aire en el foco de generación entre 0,5 y 1,0 m/s para lograr este efecto. No se debe confundir esta “velocidad en el foco”, que es el factor determinante de la eficacia, con la velocidad del aire en la campana o

en la boca de aspiración, cuya incidencia en la eficacia es poco importante.

- El local debe tener un suministro de aire forzado o unas entradas de aire exterior de tamaño suficiente para proporcionar un caudal de aire exterior igual o superior al que extrae el sistema de extracción localizada.
- Si el contaminante se libera a una velocidad elevada (caso de las amoladoras, por ejemplo), la extracción localizada requiere una campana que encierre el foco lo máximo posible para evitar la dispersión de las partículas lejos de la zona de acción de la campana de extracción.
- Los conductos deben diseñarse de forma que la velocidad en ellos sea relativamente elevada

para evitar la acumulación de polvo en su interior, con la consiguiente pérdida de rendimiento del sistema.

- El ventilador debe elegirse teniendo en cuenta las prestaciones que debe suministrar, es decir, el caudal total de aire necesario para que las campanas sean eficaces y teniendo en cuenta la pérdida de carga que tendrá el conjunto del sistema, incluyendo la correspondiente al depurador en su caso.

Conviene recordar que el Anexo 1 del Real Decreto 1644/2008, en el que se enumeran los requisitos esenciales de seguridad y salud de las máquinas, incluye el siguiente:

1.5. Otros peligros

.....

1.5.13 Emisiones de materiales y sustancias peligrosas. La máquina se debe diseñar y fabricar de manera que se puedan evitar los riesgos de inhalación, ingestión, contacto con la piel, ojos y mucosas, y penetración por la piel, de materiales y sustancias peligrosas producidos por ella.

Cuando resulte imposible eliminar este peligro, la máquina estará equipada para que los materiales y sustancias peligrosas se puedan confinar, evacuar, precipitar mediante pulverización de agua, filtrar o tratar mediante otro método igualmente eficaz.

Si el proceso no es totalmente cerrado durante el funcionamiento normal de la máquina, los dispositivos de confinamiento y/o evacuación estarán situados de manera que produzcan un efecto máximo.

Asimismo, el Anexo I del Real Decreto 1215/1997 en su apéndice 1 "Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo" exige:

5. Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Es decir: cuando exista riesgo de emisión de contaminantes, un requisito obligatorio de las máquinas o equipos de trabajo es la disponibilidad de dispositivos de captación (campanas, toberas, conductos, etc.) que permitan conectarla con facilidad a sistemas de extracción localizada. Cuando se precisa, el manual de instrucciones de la máquina o equipo especifica las características que debe tener el sistema de captación.

En los supuestos de máquinas o equipos en uso que, precisando de extracción localizada, carecieran de ella, el usuario debería recabar del fabricante las instrucciones necesarias para la instalación del sistema de extracción localizada y actuar en consecuencia; en caso contrario deberá ser el propio usuario el que diseñe e instale la extracción localizada correspondiente, recomendándose para ello la consulta de las normas armo-

nizadas (UNE EN) que hacen referencia a los sistemas y procedimientos de captación de contaminantes en el origen.

Mantenimiento

Un sistema de extracción localizada, como cualquier instalación, debe someterse a un plan de mantenimiento que asegure su funcionalidad a lo largo del tiempo. Los puntos clave a revisar con la periodicidad necesaria son:

- Comprobación de las velocidades de captación en los puntos de generación de contaminantes. Esta comprobación puede ser cuantitativa (uso de anemómetros o velómetros) o cualitativa (tubos de humo o similares).

- Comprobación del caudal aspirado por cada campana. Pueden consultarse las Notas Técnicas de Prevención 615 y 668.
- 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. Las presiones en un sistema de extracción localizada son negativas en las ramas de aspiración, y positivas en la impulsión (chimenea). Los puntos significativos para la medida de depresiones son la unión de las campanas con los conductos, la entrada y salida del depurador (si lo hay) y la entrada al ventilador. (Puede consultarse la Nota Técnica de Prevención 615).
- Verificación del ventilador y sus elementos mecánicos (carcasa, rodete, motor, rodamientos, correas de transmisión, etc).

VENTILACIÓN POR DILUCIÓN

Fundamento teórico

Consiste en introducir en un local una cantidad de aire exterior suficiente para diluir el contaminante generado hasta valores de concentración ambiental no peligrosos para la seguridad y la salud. Con este sistema no se evita la contaminación del ambiente, simplemente se reduce su concentración. Se trata, por tanto, de un sistema de reducción de riesgos cuya aplicabilidad debe limitarse a los casos en que no es posible o no es viable un sistema de extracción localizada.

Como norma general, en el caso de riesgos por inhalación, la ventilación por dilución deberá limitarse a situaciones en las que el contaminante es de toxicidad baja o media (VLA superior a 50 ppm si es vapor, o 5 mg/m³ si se trata de materia particulada) y su generación se produce a partir de un gran número de focos muy dispersos o móviles, lo que imposibilita en muchos casos el recurso a la extracción localizada.

Para evitar los riesgos de incendio y explosión la ventilación por dilución es una medida complementaria de otras acciones y su implantación siempre es recomendable. Lógicamente en este caso la concentración ambiental que hay que garantizar mediante dilución será el Límite Inferior de Inflamabilidad o una fracción del mismo.

La Nota Técnica de Prevención NTP 741 desarrolla la ventilación general para el control del riesgo químico y ofrece ejemplos de cálculos y en la página web del INSHT se ofrece un calculador: <http://calculadores.insht.es:86/Caudaldeventilación/Introducción.aspx>

Descripción

La ventilación por dilución tiene la disposición física de una ventilación general de un local. Consiste en una combinación de máquinas que extraen aire del local para verterlo al exterior o que captan aire del exterior para introducirlo en el local o una combinación de ambos. En cualquier caso siempre se verifica que el caudal de aire que entra en un recinto será igual al caudal de aire que sale del recinto.

En el ámbito industrial una disposición muy frecuente es disponer extractores en las paredes o cubierta del taller que evacúan el aire viciado al exterior confiando la entrada de aire a través de las aberturas de puertas y ventanas del taller. En talleres de grandes dimensiones es habitual utilizar un sistema mixto basado en extractores y en una introducción de aire forzada mediante una red de conductos.

Bases de diseño

Independientemente del sistema físico utilizado para lograr la renovación del aire del local de trabajo, el dato básico necesario para cuantificar el sistema es el caudal de aire necesario para lograr la dilución de los contaminantes generados; en otras palabras: la cantidad necesaria de aire dependerá de la cantidad y toxicidad o inflamabilidad de los contaminantes que se generen en el proceso productivo en cuestión y no del volumen del local. La forma clásica de especificar una ventilación general en términos de "renovaciones por hora" carece de sentido cuando se trata de diseñar una ventilación por dilución para reducir la exposición a agentes químicos o el riesgo de inflamación de gases y vapores.

En vez de especificar un número de renovaciones por hora deben utilizarse especificaciones basadas en variables características del proceso o de la ocupación del local, datos de este tipo se pueden encontrar en los tratados especializados de ventilación industrial (por ejemplo: 10.000 m³ de aire por litro de tolueno evaporado, 6.000 m³ de aire por kg de electrodo consumido, 6.000 m³ de aire por hora y soldador, o 30 m³ por hora y ocupante).

Los requisitos necesarios de un sistema de ventilación por dilución son:

- Las entradas y salidas de aire deben disponerse de forma que la circulación del aire recorra todo el recinto, evitando zonas muertas con poca ventilación.
- Sólo debe computarse como aire de ventilación el caudal efectivamente introducido en el recinto desde el exterior, los caudales de recirculación del aire a través de acondicionadores o filtros de materia gruesa no son caudales que deban computarse como aire exterior.

- El motivo más frecuente de fallo de los sistemas de ventilación por dilución es la mala práctica de cerrar u obstruir las entradas de aire exterior durante la época fría; en estas condiciones, aunque los extractores estén en funcionamiento, no pueden vehicular el caudal nominal ante la imposibilidad del aire exterior para entrar en el local. El sistema de calefacción o enfriamiento existente en el local deberá ser dimensionado teniendo en cuenta el caudal de aire de ventilación necesario en el local.

Conviene recordar que el primer requisito citado en el anexo III del Real Decreto 486/1997 sobre condiciones ambientales en los lugares de trabajo es: *“La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores”*.

En consecuencia, si la prevención de los riesgos por exposición a agentes químicos se basa en una ventilación por dilución, esta se deberá diseñar de acuerdo con lo expuesto en este Real Decreto 374/2001, con independencia de que además cumpla con los requisitos contemplados en el Anexo III del Real Decreto 486/1997.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS DE INTERÉS

ALDEN J.L, KANE J.M. Design of Industrial Ventilation Systems. Industrial Press Inc. New York, 1982.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH). Industrial Ventilation. A Manual of Recommended Practice. 25ª edición, 2004.

BATURIN V. V. Fundamentos de ventilación industrial. Editorial Labor. Barcelona, 1976.

GOODFELLOW H, TÄHTI E. Industrial Ventilation Design Guidebook. Academic Press, 2001.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. Controlling airborne contaminants at work. A guide to local exhaust ventilation (LEV). HSG258 (Second edition, published 2011). HSE Books, 2011.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. Maintenance, examination and testing of local exhaust ventilation. HSE Books, 1998.

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ (INRS). Collection des guides pratiques de ventilation. (<http://www.inrs.fr>).

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. NTP 615: Medición de la presión estática para la comprobación rutinaria de sistemas de extracción localizada. INSHT, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. NTP 668: Medición del caudal en sistemas de extracción localizada. INSHT, 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. NTP 741: Ventilación general por dilución. INSHT, 2006.

SALVATORE R. DINARDI. Calculation methods for industrial hygiene. John Wiley & Sons Inc. Canada, 1995.

Apéndice 8. CRITERIOS GENERALES PARA LA ELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL FRENTE A AGENTES QUÍMICOS

INTRODUCCIÓN

El presente apéndice tiene por objeto ofrecer una referencia que ayude en el desarrollo de las tareas de selección y utilización de equipos de protección individual (EPI) frente a agentes químicos para aquellas situaciones en las que la aplicación de los criterios presentados en los artículos 3 (evaluación de los riesgos) y 5 (medidas específicas de prevención y protección) de esta guía técnica aconsejen la utilización de este tipo de medida preventiva.

Como ha quedado indicado en el artículo 5, cuando las medidas preventivas dirigidas a la eliminación del riesgo o a su reducción no son posibles o bien resultan insuficientes, debe utilizarse un equipo de protección individual (EPI). Pero pueden darse otras situaciones en las que se hace necesario el uso de EPI, por ejemplo mientras se adoptan las medidas preventivas antes indicadas, en caso de exposiciones muy poco frecuentes o de escasa duración (en estos supuestos siempre que el EPI proporcione un nivel de protección eficaz), o en casos de emergencia.

Las condiciones de comercialización, incluyendo las exigencias esenciales de seguridad y salud de los EPI están establecidas en el RD 1407/1992 (transposición de la Directiva 89/686/CEE) y en sus modificaciones posteriores. Los equipos de protección individual comercializados en la Unión Europea llevan el marcado CE para mostrar que cumplen los requisitos de la Directiva 89/686/CEE, sin embargo, el marcado CE no hace al equipo adecuado y adaptado a cualquier situación o usuario.

En cuanto a las exigencias mínimas relativas a la elección y utilización de los EPI, estas se encuentran recogidas en el RD 773/1997 (transposición de la Directiva 89/656/CEE). Puede encontrarse información amplia de este Real Decreto en la Guía Técnica del INSHT correspondiente.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

La selección de los equipos, que deben disponer del preceptivo marcado "CE" conforme a lo recogido en el Real Decreto 1407/1992 y modificaciones posteriores, puede desarrollarse conforme a la secuencia de actuación que se presenta en la figura 1.

SECUENCIA DE ACTUACIÓN	PARÁMETROS DE DECISIÓN
1 Determinación del tipo de equipo a utilizar	<ul style="list-style-type: none"> • Vías de entrada del contaminante
2 Determinación de las características técnicas del equipo a utilizar	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de riesgos • Información del fabricante
3 Adquisición del equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Adecuación al riesgo • Adaptación al entorno de trabajo, a la tarea y al usuario

Figura 1. Selección de los EPI frente a agentes químicos.

A continuación se desarrolla cada uno de los elementos de la secuencia propuesta.

Determinación del equipo a utilizar

Dependiendo del tipo de exposición, puede ser precisa la utilización de uno o varios equipos de protec-

ción individual. En cualquier caso la tipología de los mismos vendrá determinada por la vía de entrada del contaminante en el cuerpo del trabajador profesionalmente expuesto.

De un modo general se puede establecer la existencia de tres situaciones básicas (tabla 1).

Vía de entrada	Equipo a utilizar
Inhalación	Equipo de protección respiratoria
Dérmica	Guantes de protección Ropa de protección Calzado
Contacto ocular	Gafas de protección

Tabla 1. Vías de entrada y equipos a utilizar

Si en el desarrollo de la actividad laboral pueden coexistir varias vías de entrada, será preciso recurrir a la utilización de diversos equipos simultáneamente o

bien a la utilización de un equipo multirriesgo. A continuación se presenta un ejemplo de combinación característica (tabla 2).

Vías de entrada	Soluciones posibles	
Inhalación + contacto ocular	Combinación equipos	Equipo multirriesgo
	Mascarilla + filtro + gafas de protección	Máscara + filtro

Tabla 2. Coexistencia de vías de entrada y uso de equipos de protección individual

En cualquier caso, el decantarse por una u otra solución dependerá de la compatibilidad entre los diferentes equipos y del confort de uso de la solución adoptada. Para garantizar la compatibilidad entre equipos es preciso consultar con el fabricante.

Determinación de las características técnicas del equipo a utilizar

Una vez decidido el equipo o la combinación de los mismos que hay que utilizar, es preciso fijar cuáles deben ser sus características técnicas para que responda con efectividad a los niveles de riesgo evaluados en el puesto de trabajo.

Partiendo de la evaluación de riesgos y de la información de que se disponga se seleccionarán, en principio, aquellos equipos que sean adecuados al riesgo.

En esta determinación de características de los equipos hay que llamar la atención sobre la importancia de la información proporcionada por el fabricante en el folleto informativo, que se advierte mediante la frase "Véanse instrucciones del fabricante" o el correspondiente pictograma (figura 2) que llevan marcados el EPI y su embalaje. Así como cualquier información que se proporcione a demanda del usuario.



Figura 2. Véase información suministrada por el fabricante

A continuación se indican diferentes parámetros técnicos que se deben considerar para los diferentes tipos de equipos.

a) Equipos de protección respiratoria (EPR)

El fin último de todo equipo de protección respiratoria es proteger el sistema respiratorio de la inhalación de atmósferas peligrosas, ya sea por estar contaminadas con partículas, gases y vapores o por tener una deficiencia de oxígeno.

Todo equipo de protección respiratoria está compuesto por una pieza facial, que tiene por objeto impedir la entrada de aire contaminado, y por un sistema que proporcione aire respirable.

El aire respirable se puede proporcionar por dos vías:

- Mediante la eliminación de los contaminantes del aire antes de que sea inhalado.
- Mediante el suministro de aire o gas respirable, procedente de una fuente independiente.

Atendiendo a estas dos formas de proporcionar protección se clasifican en:

- Dependientes de la atmósfera ambiente, que proporcionan aire respirable mediante la eliminación de los contaminantes antes de que lleguen a las vías respiratorias. Son denominados equipos filtrantes.
- Independientes de la atmósfera ambiente, que proporcionan aire respirable procedente de una fuente independiente. Se denominan equipos aislantes.

Equipos filtrantes

El aire inhalado pasa a través de un material filtrante que retiene los contaminantes. Sólo deben utilizarse en atmósferas sin deficiencia de oxígeno. Pueden ser:

- Equipos filtrantes de partículas

Los filtros frente a partículas se codifican, según la norma europea, con el color blanco y con el símbolo P. Se clasifican como P1, P2 y P3, según sean de eficacia baja, media o alta.

- Equipos filtrantes contra gases y vapores

Al contrario de lo que ocurre con los filtros frente a partículas, los filtros frente a gases son específicos para los contaminantes. Así, se encuentran filtros frente a gases y vapores orgánicos, gases y vapores inorgánicos.

cos, dióxido de azufre y gases ácidos, amoníaco, óxidos de nitrógeno y vapores de mercurio, además de filtros para gases específicos.

Los filtros contra gases y vapores se clasifican en clase 1, clase 2 y clase 3, según sean de eficacia baja, media o alta.

En la tabla 3 se indican los distintos tipos de filtros, las clases que pueden presentar y los colores que los identifican.

TIPO	CLASE	COLOR	USO Y PARTICULARIDADES
A	1,2 o 3	Marrón	Ciertos gases y vapores orgánicos con PE > 65 °C
B	1, 2 o 3	Gris	Ciertos gases y vapores inorgánicos
E	1, 2 o 3	Amarillo	Dióxido de azufre y otros gases y vapores ácidos
K	1, 2 o 3	Verde	Amoníaco y derivados orgánicos del amoníaco
P	1, 2 o 3	Blanco	Partículas
AX	-----	Marrón	Ciertos gases y vapores orgánicos con PE ≤ 65 °C. No reutilizable
SX	-----	Violeta	Gases y vapores específicos. Debe indicar los productos químicos y las concentraciones máximas frente a los que el filtro ofrece protección
NO-P3	-----	Azul	Óxidos de nitrógeno. Siempre debe incorporar un filtro contra partículas de clase 3.
		Blanco	
Hg-P3	-----	Rojo	Vapores de mercurio. Siempre debe incorporar un filtro contra partículas de clase 3.
		Blanco	

Tabla 3. Tipos de filtros

Además, en relación con la protección frente a riesgos específicos, símbolos de marcado y contenido del folleto informativo, se pueden consultar las fichas de selección y uso para protección respiratoria, disponibles a través del portal de EPI en la página web del INSHT (<http://www.insht.es/portal/site/Epi/>).

En la NTP 787 se proporciona información sobre la clasificación de los filtros y su marcado.

Equipos aislantes

Son los que proporcionan aire respirable procedente de una fuente independiente del medio ambiente, que puede ser portada por el propio usuario (equipos autónomos) o ser una línea de aire fresco o de aire comprimido.

Equipos de evacuación

Son equipos que están diseñados para una evacuación de emergencia de una zona peligrosa y nunca deben ser utilizados en otras situaciones como sustitutos de equipos filtrantes o aislantes.

Criterios de selección

La selección de un EPR depende de los datos aportados en la evaluación de riesgos, especialmente se debería tener en cuenta lo siguiente:

- Concentración de oxígeno durante todo el tiempo que dure el trabajo o la exposición.
- Agentes químicos peligrosos, incluyendo los asfixiantes, y estado físico del contaminante (polvo, fibra, humo, gas, vapor, etc.).
- Concentración máxima que se puede encontrar en la atmósfera y valor límite ambiental.
- Adaptación del equipo al ambiente de trabajo, al usuario y a las características propias de la tarea
- Otros riesgos (por ejemplo: salpicaduras, chispas, incendio) que estén relacionados con el trabajo y que puedan influir en la selección y uso del equipo.

La norma UNE-EN 529:2006 proporciona información más detallada sobre selección y uso de equipos de protección respiratoria.

En la figura 3 se presenta un diagrama que esquematiza una posible secuencia de actuación a seguir en el proceso de selección de EPR. Puede observarse que existen determinados factores que llevan de forma ineludible a la utilización de equipos aislantes, entre los que puede destacarse la deficiencia de oxígeno, el desconocimiento acerca de los contaminantes presentes o

atmósferas inmediatamente peligrosas para la vida o la salud (IPVS)⁴.

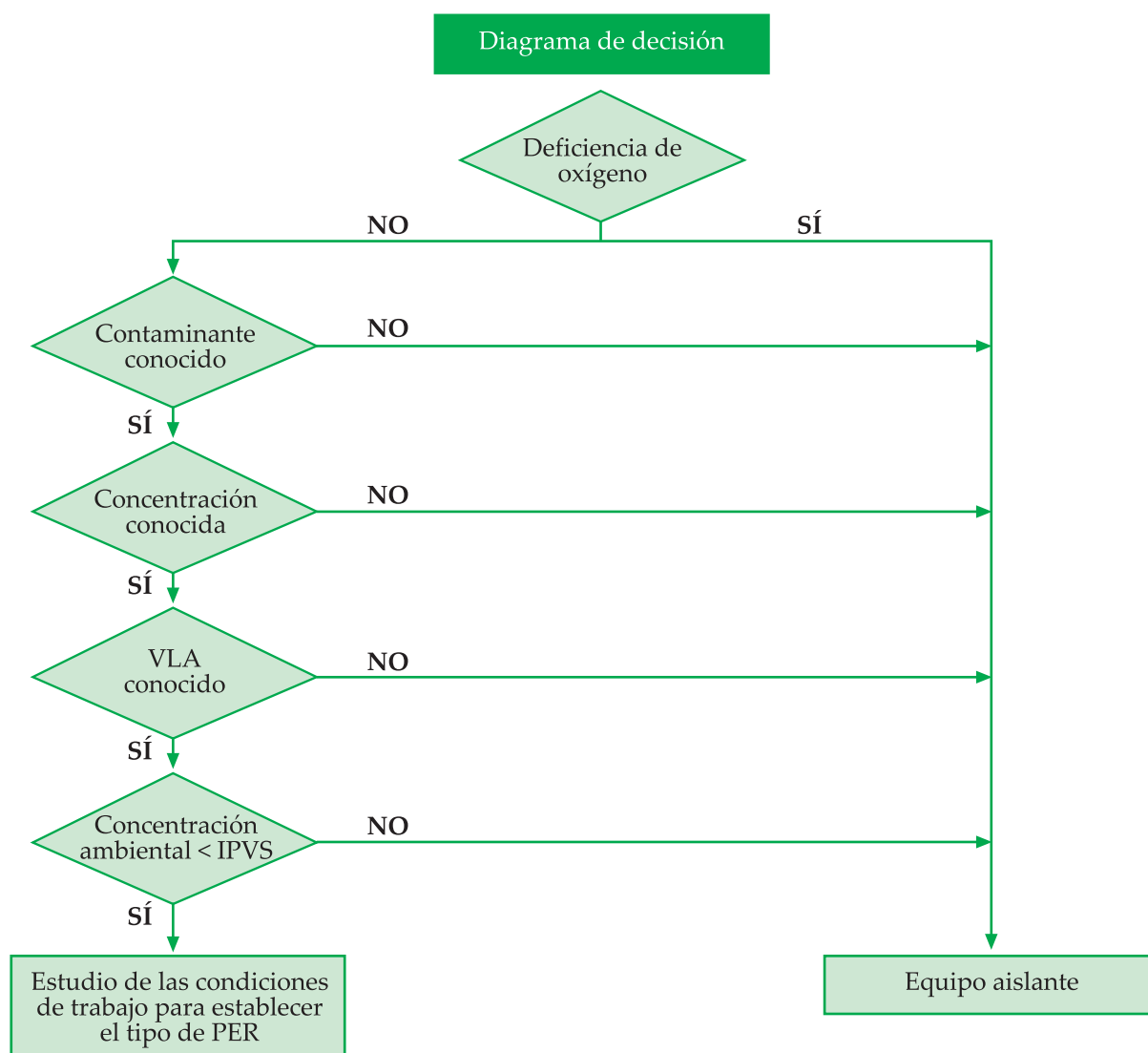


Figura 3. Diagrama de decisión para la elección de equipos de protección respiratoria

Selección de un equipo de protección respiratoria utilizando el factor de protección

El rendimiento de los EPR se expresa como relación entre la concentración de contaminante en el ambiente (C₀) y la concentración de contaminante en el interior de la pieza facial (C₁), que en definitiva es la que el usuario va a respirar.

Para expresar este rendimiento se emplean los siguientes términos:

Penetración (fuga total hacia el interior): es una indicación de la entrada de contaminante que el EPR no ha podido evitar.

$$p = C_1/C_0$$

Eficacia: es una indicación de la cantidad de contaminante que no ha entrado gracias a la actuación del EPR.

$$e = (C_0 - C_1) / C_0$$

Factor de protección: indica el nivel de protección que ofrece el EPR.

$$FP = C_0/C_1$$

Los tres términos, que se pueden expresar como porcentajes multiplicando por 100, están relacionados de la siguiente forma:

⁴ Atmósfera en la que la concentración de sustancias peligrosas, incluyendo asfixiantes, o los niveles de oxígeno presentan una o más de las siguientes situaciones: un riesgo inmediato para la vida si se está expuesto a esa atmósfera; la exposición causaría efectos para la salud inmediatos y/o impediría al usuario del equipo de protección respiratoria escapar sin ayuda a una zona segura en el caso de que el equipo presentase un mal funcionamiento.

$$FP = 1/p = 1/(1-e)$$

Si se conoce la concentración ambiental (C_0) y se parte de la premisa de que la máxima concentración permitida en el interior de la pieza facial debe ser el VLA ($C_1 = VLA$), se puede calcular el factor de protección requerido para esa determinada situación. Conocido este dato se seleccionarían aquellos EPR que tuvieran un factor de protección igual o superior al calculado.

La dificultad de aplicación de este método está en la propia definición y, por consiguiente, en el establecimiento del factor de protección de cada equipo. Así, se puede encontrar:

Factor de protección nominal (FPN): número calculado a partir del porcentaje máximo de penetración (fuga hacia el interior) permitido en las normas europeas para un EPR dado. Por tanto, todo equipo que esté contemplado en una norma tiene factor de protección nominal.

Factor de protección en el lugar de trabajo: relación entre la concentración de un agente en la zona de respiración (fuera de la pieza facial) y la concentración de ese agente en el interior de la pieza facial de un EPR en buen estado, correctamente ajustado y utilizado en el lugar de trabajo. Su estimación se realiza a partir de la medición *in situ* de las concentraciones dentro y fuera de la pieza facial y con el trabajador realizando la tarea de manera habitual.

Factor de protección asignado (FPA): nivel de protección respiratoria que, de manera realista, puede esperarse en el lugar de trabajo para un 95% de los usuarios adecuadamente formados, utilizando un equipo en buen estado y ajustado correctamente. Hay que señalar que España no dispone de lista de factores de protección asignados como las que pueden existir en otros países como Alemania o el Reino Unido.

Existen varias razones que desaconsejan el uso de los factores de protección nominales para evaluar la protección ofrecida por el equipo en el lugar de trabajo como son, principalmente: que están basados en ensayos de laboratorio que no reflejan las actividades que se realizan en situaciones de trabajo, que los ensayos de laboratorio no recogen todos los parámetros que pueden influir en el uso de los equipos y que se han establecido a partir de un número reducido de personas que no suponen una parte significativa de la población de usuarios del equipo en el lugar de trabajo.

El uso del factor de protección nominal para la selección de los EPR debe hacerse con precaución y deberían utilizarse sólo para comparar distintos tipos de equipos.

b) Guantes de protección

Los guantes de protección química son impermeables al aire. Sin embargo, el nivel de protección del guante frente a un producto químico depende fundamentalmente del tipo de material y del producto químico específico. Este nivel de protección se determina basándose en la resistencia del material a la permeación del producto a su través en condiciones de laboratorio y este parámetro se mide en términos de un tiempo de paso o Breakthrough time. Este tiempo, en minutos, sirve para clasificar el material del guante en seis clases o niveles, desde la clase 1 hasta la 6. El fabricante debe hacer referencia en su folleto informativo a los productos químicos ensayados y a las clases de permeación obtenidas. En la tabla 4 se presenta esta clasificación que marca la norma aplicable, que en detalle se trata en la NTP 748.

Tiempo de paso ^a	Clase o nivel de prestación
> 10 minutos	1
> 30 minutos	2
> 60 minutos	3
> 120 minutos	4
> 240 minutos	5
> 480 minutos	6

^a No debe confundirse el tiempo de paso o *breakthrough time* con el tiempo de uso recomendado de un guante. El tiempo de paso se obtiene en condiciones de ensayo en laboratorio y contacto permanente con el producto químico. Por tanto, este dato sólo debe utilizarse como un referente a la hora de la selección de un guante en función de las condiciones de la exposición.

Tabla 4. Clasificación de los guantes de protección química en función de su resistencia a la permeación, medida en minutos

Además, el fabricante suele presentar de forma simbólica esta información mediante el marcado del guante con dos posibles pictogramas.

El primer pictograma indica que el guante es un guante de protección química, dado que se ha obtenido clase 2 con al menos tres productos químicos de una lista de 12 productos químicos que tienen una letra código asignado y que la norma incluye en un anexo.

En la figura 4 se incluye un ejemplo explicativo.

Figura 4. Ejemplo de marcado de los guantes de protección química (1)

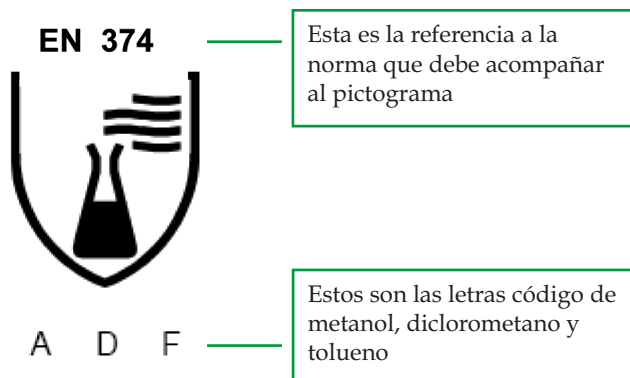
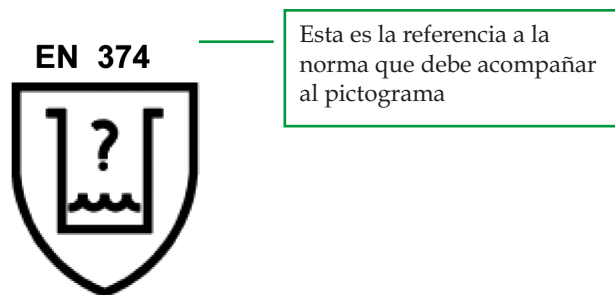


Figura 5. Ejemplo de marcado de los guantes de protección química (2)



Mediante este pictograma, debe entenderse que en las condiciones de ensayo, que representan un contacto permanente del material con el producto, tanto el metanol como el diclorometano y el tolueno, han tardado entre 10 y 30 minutos en permear a través del material. Este tiempo de paso no debe, sin embargo, interpretarse como tiempo de uso recomendado.

El pictograma de la figura 4 no exige al fabricante de incluir en las instrucciones las clases obtenidas para los otros productos ensayados, que no tienen por qué estar limitados a los incluidos en la lista. De hecho, una protección adecuada de un material a un producto químico sólo puede avalarse por un ensayo, siendo, de forma general, arriesgado hacer extrapolaciones en términos de protección.

El pictograma de la figura 5, alternativo al anterior, indica que no se ha alcanzado el requisito de clase 2 con al menos tres productos químicos de la lista, lo que debe interpretarse como que la protección química ofrecida es baja, atendiendo a la lista, lo cual no quita que pueda ser alta frente a otros productos químicos distintos a los de la lista.

En cualquier caso, el pictograma de información, que indica que deben leerse las instrucciones, irá siempre marcado en el guante junto al resto de pictogramas.

Para más información en relación con la protección frente a riesgos específicos, símbolos de marcado y contenido del folleto informativo, se pueden consultar las fichas de selección y uso para ropa y guantes de protección, disponibles a través del portal de EPI en la página web del INSHT.

c) Ropa de protección

Para la ropa de protección química, no sólo el material de fabricación sino también el diseño del traje juega un papel fundamental en la protección. De este último va a depender la hermeticidad del equipo, es decir, la resistencia a la entrada de los productos químicos, en sus distintas formas de presentación (polvos, líquidos y gases) a través de costuras y uniones. La clasificación de la ropa de protección química que hacen las normas europeas, en sus distintos tipos, se basa en esta hermeticidad. En la tabla 5 se muestran los diferentes tipos de trajes y el uso al que van destinados.

		Forma física del contaminante				
		Vapor, gas	Chorro de líquido	Pulverizado	Pequeñas salpicaduras	Polvo, partículas
PARTE DEL CUERPO	TODO	Trajés tipo 1a, 1b, 1c y 2	Trajés tipo 3	Trajés tipo 4	Trajés tipo 6	Trajés tipo 5
	ZONAS	Prendas de protección parcial				

Tabla 5. Tipos de trajes y uso al que van destinados

La elección de un tipo u otro de prenda depende de la parte del cuerpo expuesta y de la forma de presentación del contaminante. En la figura 6 se incluye un diagrama de decisión de apoyo para la selección.

Pautas de selección

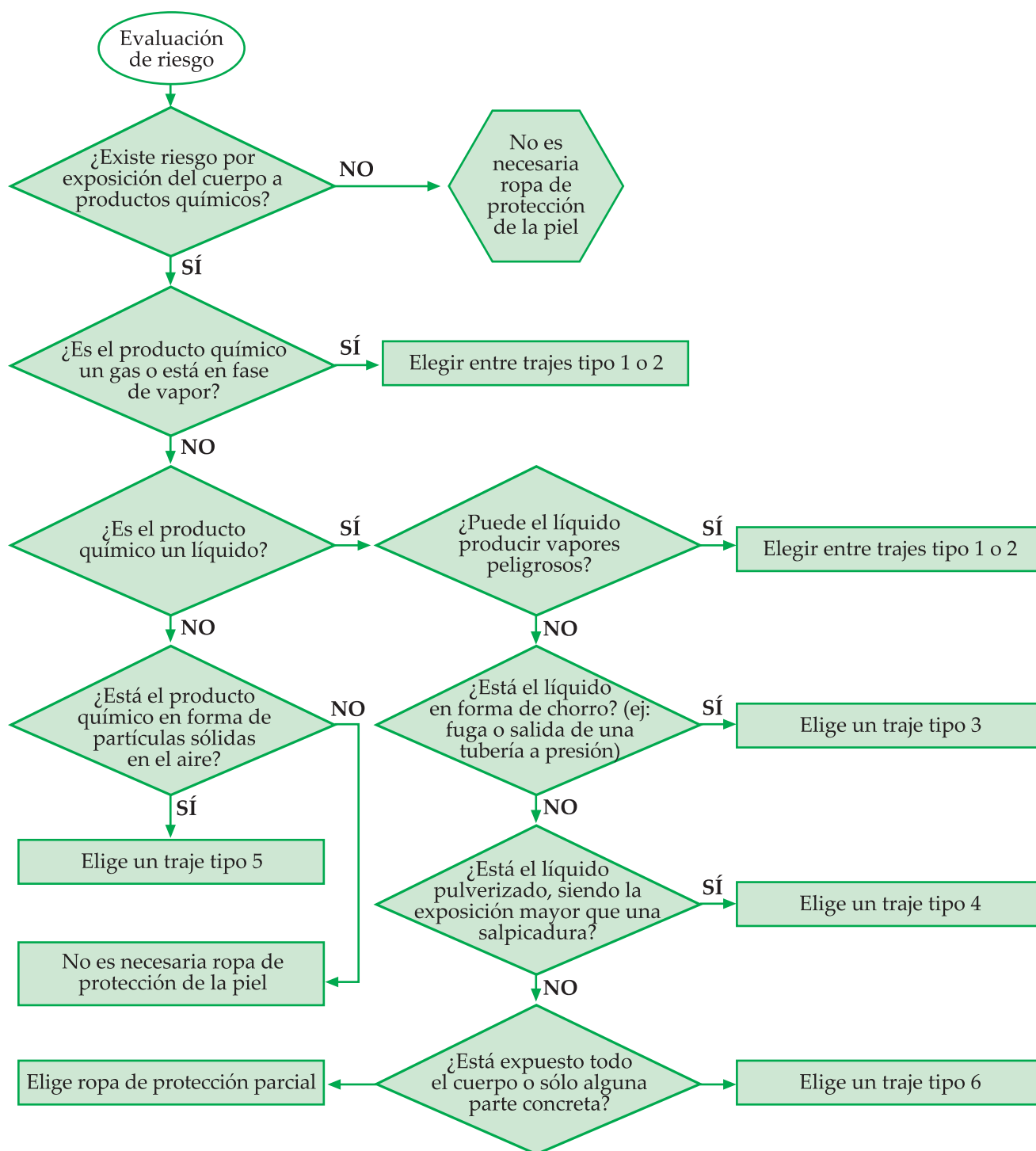


Figura 6. Pautas de selección de la ropa de protección

Complementariamente, para el material constituyente de la prenda, el fabricante debe indicar cuáles han sido los niveles de rendimiento para los ensayos en las instrucciones, como ya se ha indicado para el caso de los guantes de protección.

De forma breve, en la tabla 6 se indican los ensayos de resistencia al paso de productos químicos que se requiere para el material según el tipo de traje. Si el lector requiere información más detallada puede referirse a las normas europeas aplicables o a la bibliografía.

Ensayo del material		
TIPO DE TRAJE	Trajes tipo 1a, 1b, 1c, 2, 3 y 4	-Resistencia a la permeación por productos químicos (producto a producto)
	Trajes tipo 5	-No hay ensayo específico de resistencia a la penetración para el material. Se ensaya conjuntamente con el traje completo.
	Trajes tipo 6	-Resistencia a la penetración y repelencia a líquidos (contra 4 productos especificados en la norma)
	Prendas de protección parcial	-Resistencia a la permeación por productos químicos o, dependiendo del tipo: -Resistencia a la penetración y repelencia a líquidos

Tabla 6. Ensayos de resistencia al paso de productos químicos según el tipo de traje.

Puede consultarse más información sobre la ropa de protección en la Nota Técnica de Prevención NTP 929 y en las fichas de selección y uso para ropa y guantes de protección, disponibles a través del portal de EPI en la página web del INSHT.

d) Calzado

El calzado resistente a productos químicos es aquel que tiene como finalidad aislar los pies o los pies y las piernas del contacto con un producto químico.

El calzado con resistencia química no proporciona protección contra todos los productos químicos. Debería elegirse de acuerdo con los agentes químicos frente a los cuales se haya ensayado.

En la figura 7 se especifica el marcado que lleva el calzado resistente a productos químicos, mediante el cual se puede determinar la protección ofrecida.

Por ejemplo, el marcado UNE-EN 13832-3 200J B-M-Q en un calzado significa que el equipo cumple la norma UNE-EN 13832-3, que ha sido ensayado frente a una resistencia al impacto en la zona de los dedos de 200 J y que protege frente a acetona (B), ácido nítrico (65 ± 3)% (M) e isopropanol (Q).

Además de la protección química, el calzado podrá ofrecer protección frente a otros riesgos de tipo mecánico, eléctrico o térmico.

Para más información en relación con la protección frente a riesgos específicos, símbolos de marcado y contenido del folleto informativo, se pueden consultar las fichas de selección y uso para protección de pies y piernas, disponibles a través del portal de EPI en la página web del INSHT.

e) Protección ocular y facial

La propiedad que define el protector ocular y/o facial que se debe utilizar frente a un agente químico, es el estado físico de presentación del contaminante: sólido, líquido, aerosol o gas. Los protectores oculares y faciales se pueden clasificar, atendiendo al tipo de montura, en: protectores oculares de montura universal, protectores oculares de montura integral y pantallas faciales. En cualquier caso, el marcado de la montura indica cual es el campo de uso del protector, es decir, la protección que ofrece frente a un riesgo determinado. Hemos de tener en cuenta que no todos los campos de uso están permitidos para cualquier tipo de montura, de tal forma que se tienen las posibilidades que se muestran en la tabla 7.

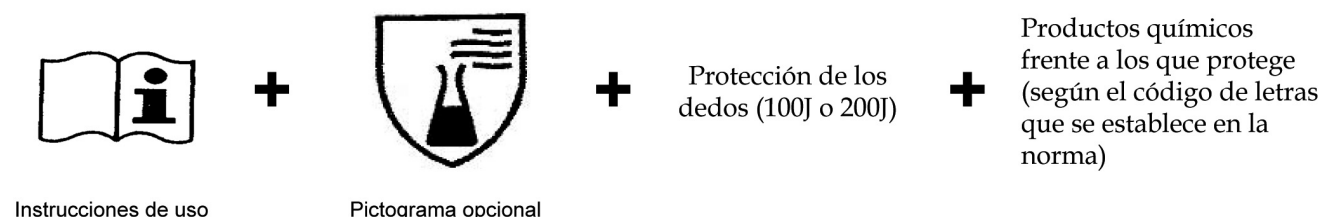


Figura 7. Marcado del calzado resistente a productos químicos

Símbolo	Campo de uso	Tipo de montura
Sin símbolo	Uso básico	Todas
3	Gotas de líquidos	Montura integral
	Salpicaduras de líquidos	Pantalla facial
4	Partículas gruesas de polvo	Montura integral
5	Gases y partículas finas de polvo	Montura integral
8	Arco de cortocircuito eléctrico	Pantalla facial
9	Metales fundidos y sólidos calientes	Montura integral o Pantalla facial

Tabla 7. Símbolo, campo de uso y tipo de montura de las gafas de protección contra agentes químicos

En consecuencia, los protectores adecuados para su uso frente a agentes químicos son aquellos que lleven en el apartado del mercado de la montura relativo al campo de uso los símbolos 3 (para contaminantes líquidos; gotas o salpicaduras) o 5 (para gases, vapores, aerosoles, etc.).

Ejemplo de marcado de una pantalla facial:

XXXX - UNE-EN 166 - 3 - F

Este marcado indica que se trata de un protector ocular y facial que reúne los requisitos básicos de protección de la Norma UNE-EN 166. Además, ha sido diseñado para proteger frente a salpicaduras de líquidos (símbolo de marcado 3) y frente a impactos de partículas a alta velocidad de energía baja (símbolo de marcado F).

Para más información en relación con la protección frente a riesgos específicos, símbolos de marcado y contenido del folleto informativo, consultar las fichas de selección y uso para protección ocular disponibles a través del portal de EPI del INSHT.

Adquisición del equipo

Como ya se ha indicado, el equipo que se seleccione debe cumplir la legislación de seguridad del producto que le es de aplicación (Real Decreto 1407/1992), cuya plasmación práctica de cara al usuario se concreta en que el equipo debe disponer del marcado "CE".

Complementariamente, dentro de los diferentes equipos que respondan con efectividad al nivel de riesgo conforme a los criterios presentados en el punto anterior, se seleccionará aquel que ofrezca un mejor nivel de adaptación tanto al usuario como al desarrollo habitual de las tareas realizadas en el puesto de trabajo. Por ello, resulta esencial contar con la opinión del trabajador acerca de las diferentes soluciones posibles, siendo la realización de pruebas "in situ" un elemento crucial para respaldar la decisión que definitivamente se adopte.

USO Y MANTENIMIENTO

Aun disponiendo de un equipo adecuado, seleccionado de acuerdo con los criterios presentados hasta este punto, gran parte de su eficacia frente al riesgo depende de una utilización y de un mantenimiento correctos. De un modo general se pueden establecer las siguientes pautas de utilización:

1. Utilizar el equipo para los usos previstos, siguiendo las instrucciones del fabricante.
2. Colocarse y ajustarse adecuadamente el equipo conforme a las instrucciones del fabricante y a la formación e información recibida a este respecto.
3. Utilizarlo mientras se esté expuesto al riesgo y tener presentes las limitaciones del equipo indicadas en el "folleto informativo del fabricante".
4. Mantenerlos y almacenarlos en las condiciones indicadas por el fabricante.
5. Dar la formación e información adecuada y suficiente a los trabajadores para que puedan detectar cualquier anomalía o desperfecto que, en su opinión, pudiera afectar al correcto funcionamiento del EPI. Esta formación debería incluir también las normas de comportamiento en caso de emergencia.

A continuación se presentan algunas indicaciones orientativas referidas al uso y mantenimiento de los distintos equipos contemplados en este apéndice:

a) Equipos de protección respiratoria

- Antes de utilizar un filtro, es necesario comprobar la fecha de caducidad del mismo y su perfecto estado de conservación, de acuerdo con la información del fabricante. Es importante comprobar que el embalaje o los precintos no hayan sido abiertos y que ha sido almacenado en las condiciones de temperatura y humedad indica-

das por el fabricante. En este punto sería interesante distinguir entre la fecha de caducidad indicada por el fabricante y la vida útil o duración de uso de los equipos una vez que se empiezan a utilizar. La primera se refiere a los equipos nuevos, almacenados en sus embalajes y en las condiciones ambientales recomendadas por el fabricante. La segunda, que no puede ser establecida a priori, indicaría el periodo de tiempo durante el cual el equipo de protección respiratoria no modificaría sus prestaciones.

- Antes de empezar a utilizar los equipos los trabajadores deben ser instruidos por una persona cualificada y responsable del uso de estos equipos dentro de la empresa. Debería prestarse especial atención a la comprobación del ajuste al usuario y a las señales que indiquen la necesidad de sustitución de los equipos.
- La empresa debería disponer de un sistema para verificar que los equipos se encuentran en buen estado y que se ajustan correctamente a los usuarios. Así, se deben controlar especialmente aquellos componentes que tienen una importancia significativa en la seguridad.

b) Guantes de protección

- Deberá establecerse un calendario para la sustitución periódica de los guantes a fin de garantizar que se cambien antes de ser permeados por los productos químicos.
- La utilización de guantes contaminados puede ser peligrosa, debido a que parte del contaminante ha podido quedar en el material del guante, si este no se ha limpiado adecuadamente.
- Los guantes deberán limpiarse siempre siguiendo las indicaciones del fabricante.
- Hay que prestar atención a una adecuada higiene de las manos y aplicarse con crema protectora en caso necesario.

c) Ropa de protección

- En los trajes de protección para trabajos con maquinaria, los finales de manga y pernera se deben poder ajustar bien al cuerpo, y los botones y bolsillos deben quedar cubiertos.
- Los trajes de protección contra sustancias químicas requieren materiales de protección específicos frente al compuesto del que van a proteger. En todo caso deben seguirse las indicaciones dadas por el fabricante.
- Los trajes de protección sometidos a fuertes sollicitaciones (por ejemplo: fuertes agresiones tér-

micas por radiación o llama, o trajes de protección contra sustancias químicas) están diseñados de forma que las personas entrenadas puedan utilizarlos durante un máximo de aproximadamente 30 minutos. Los trajes de protección para sollicitaciones menores se pueden llevar durante toda la jornada de trabajo.

- Por lo que respecta al desgaste y a la conservación de la función protectora es necesario asegurarse de que las prendas de protección no sufran ninguna alteración durante todo el tiempo que estén en uso. Por esta razón se debe examinar la ropa de protección a intervalos regulares para comprobar su perfecto estado de conservación, las reparaciones necesarias y su limpieza correcta. Se planificará una adecuada reposición de las prendas.
- Para mantener durante el máximo tiempo posible la función protectora de las prendas de protección y evitar riesgos para la salud del usuario es necesario esmerarse en su cuidado adecuado. Sólo la observancia estricta de las instrucciones de lavado y conservación proporcionadas por el fabricante garantizan una protección invariable.
- En caso de lavado y limpieza de textiles que no llevan tratamiento permanente contra los efectos nocivos, es necesario que posteriormente se realice este tratamiento protector en un establecimiento especializado.
- En la reparación de prendas de protección sólo se deben utilizar materiales que posean las mismas propiedades.

d) Gafas de protección

- Los protectores oculares de calidad óptica baja sólo deben utilizarse esporádicamente.
- Las condiciones ambientales de calor y humedad son favorecedoras del empañamiento de los oculares, pero no son las únicas. Un esfuerzo continuado o posturas incómodas durante el trabajo también provocan la sudoración del usuario, y por tanto, el empañamiento de las gafas. Este es un problema de muy difícil solución, aunque puede mitigarse con una adecuada elección de la montura, el material de los oculares y las protecciones adicionales (uso de productos antiempañantes, etc.).
- La falta o el deterioro de la visibilidad a través de los oculares es una causa de riesgo en la mayoría de los casos. Por este motivo, evitar que esta condición se cumpla es fundamental. Para conseguirlo, estos elementos se deben limpiar a diario procediendo siempre de acuerdo con las instrucciones que den los fabricantes.

- Para conseguir una buena conservación, los equipos se guardarán, cuando no estén en uso, limpios y secos en sus correspondientes estuches. Si se quitan por breves momentos, se pondrá cuidado en no dejarlos colocados con los oculares hacia abajo, con el fin de evitar arañazos.
- Con el fin de impedir enfermedades de la piel, los protectores deben desinfectarse periódicamente, siguiendo las indicaciones dadas por el fabricante para que el tratamiento no afecte a las características y prestaciones de los distintos elementos.

Apéndice 9. MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS POR VÍA DÉRMICA

INTRODUCCIÓN

Los efectos derivados de la exposición dérmica a contaminantes químicos pueden ser locales, provocando trastornos en la piel, tales como irritaciones, dermatitis, sensibilización o cáncer, o sistémicos, causando alteraciones o daños en órganos o sistemas específicos (hígado, riñón, etc.) una vez absorbidos y distribuidos por el interior del cuerpo.

La absorción de agentes químicos a través de la piel puede contribuir, en muchos casos, a la dosis total recibida de forma muy significativa en una exposición laboral, llegando a darse situaciones, como es el caso de los trabajos con plaguicidas, en los que la contribución de esta vía llega a ser mayoritaria. Precisamente por esta razón, durante mucho tiempo, únicamente en el campo de los plaguicidas se han venido desarrollando métodos para determinar este tipo de exposiciones. En los últimos años se está tratando de adaptar estos métodos a otros contaminante químicos presentes en el mundo laboral que tengan la propiedad de penetración percutánea y cuya descripción se detalla en este apéndice.

La piel, como vía de entrada de agentes químicos, es una barrera que presenta una enorme cantidad de singularidades que determinan, en gran medida, la mayor o menor velocidad de entrada de cada especie química. Una descripción detallada de la estructura de la piel y de los mecanismos de penetración percutánea en función de la naturaleza del agente químico, del medio en el que va disperso, del estado de la piel, etc., puede encontrarse en la Nota Técnica de Prevención NTP 697.

Para poder identificar las posibles sustancias con propiedades significativas de penetración percutánea, se deben consultar sus correspondientes Fichas de Datos de Seguridad (FDS), especialmente los apartados 2 (identificación de peligros), 7 (manipulación y almacenamiento), 11 (información toxicológica) y 15 (información reglamentaria). Las frases R21, R24 y R27 (Nocivo, Tóxico o Muy Tóxico en contacto con la piel, respectivamente) pueden también servir de orientación, aunque sólo suelen estimar la peligrosidad intrínseca por esta vía (a tiempo infinito), sin considerar la mayor o menor velocidad de penetración percutánea. Las frases R21, R24 y R27 se corresponden, respectivamente, con las frases H312, H311 y H310 del Reglamento (CE) 1272/2008 (Reglamento CLP).

Una forma de obtener una identificación más selectiva de estas sustancias (que tiene en cuenta tanto la peligrosidad intrínseca como la facilidad de absorción a través de la piel) es la que se suele recoger en la notación que acompaña a la relación de valores límite

ambientales de referencia para indicar que la simple evaluación ambiental (basada exclusivamente en la vía respiratoria) puede no ser suficiente debido a que la sustancia en cuestión puede contribuir de forma significativa a la dosis total recibida por su absorción a través de la piel. En España, esta información viene dada por la notación "vía dérmica" en el documento del INSHT "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España".

A diferencia de lo que ocurre con la exposición por vía respiratoria, la valoración de la exposición dérmica (el resultado de la comparación de las mediciones efectuadas determinando la exposición dérmica con un valor de referencia) casi nunca es posible, ya que no existen valores de referencia ni para efectos locales ni para sistémicos con los que comparar el resultado obtenido y, por lo tanto, no se llega a evaluar el riesgo. Sin embargo, a pesar de esta limitación, son varias las razones que aconsejan determinar la exposición dérmica. Por una parte, es necesario identificar las fuentes de exposición para determinar la cantidad de contaminante aportada y la extensión de superficie de piel a la que afecta, y, por otra parte, es necesario evaluar la eficacia de una ropa de protección en condiciones reales de exposición, más allá de los ensayos de laboratorio. Otra poderosa razón para determinar la exposición dérmica es la de poder medir la contribución de esta vía a la dosis total absorbida, sobre todo en aquellos casos en los que no se disponga de métodos fiables de control biológico.

Un método para determinar la exposición dérmica sin efectuar ninguna medición es el método DREAM (*Dermal Exposure Assessment Method*) descrito en la NTP 896 *Exposición dérmica a sustancias químicas: metodología simplificada para su determinación*.

A pesar de que la determinación cuantitativa de la exposición dérmica no permite evaluar el riesgo, existen una serie de métodos simplificados, descritos en las Notas Técnicas de Prevención NTP 896 y 897 en los que se puede estimar el riesgo, mediante el establecimiento de categorías de la peligrosidad de las sustancias para la piel y categorías de exposición de los trabajadores.

También se han desarrollado una serie de métodos para la evaluar el riesgo de las sustancias con vistas a su comercialización sin necesidad de efectuar mediciones, como son los modelos de cálculo (por ejemplo, el modelo de cálculo EASE (*Estimation and Assessment of Substance Exposure model*) desarrollado por el Health & Safety Executive (HSE) del Reino Unido.

MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN DÉRMICA

De manera simplificada, la contaminación de la piel puede ocurrir por tres caminos: por deposición de aerosoles vehiculados por el aire, por inmersión directa o salpicaduras y por contacto con superficies ya contaminadas.

Sin embargo, con objeto de garantizar una correcta evaluación de la exposición dérmica es necesario conocer de forma detallada los procesos de transporte de materia y los compartimentos físicos conectados por estos procesos, por lo que se desarrolló un modelo conceptual (Schneider y otros, 1999) que describe sistemáticamente el transporte de materia contaminante desde una fuente de emisión a la superficie de la piel. Este modelo conceptual se describe en la NTP 895 *Exposición dérmica a sustancias químicas: métodos de medida*.

Como se ha indicado anteriormente, la mayoría de los métodos de medida de la exposición dérmica se han desarrollado en el campo de los plaguicidas y, en este sentido, se han publicado varios protocolos, de los que los dos más utilizados son los de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el de la U.S. Environmental Protection Agency (EPA). En ambos se describe la metodología a seguir para la medida de la cantidad de plaguicida en contacto con la ropa y la piel del individuo (exposición potencial) y en contacto sólo con la piel (exposición real). En 1997 se publicó una guía de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) con el título "Guidance for the Conduct of Studies of Occupational Exposure to Pesticides During Agricultural Application", que incluye una recopilación de los procedimientos recomendados.

Así mismo, después de la publicación del modelo conceptual de Schneider, el Comité Europeo de Nor-

malización (CEN) ha publicado el Informe Técnico TR 15278 "Exposición en Lugares de Trabajo – Estrategia para la Evaluación de la Exposición Dérmica", así como la Especificación Técnica TS 15279 "Exposición en los Lugares de Trabajo – Medición de la Exposición Dérmica – Principios y Métodos".

En la determinación de la exposición por vía dérmica cabe distinguir entre medidas de exposición potencial, de exposición real y de dosis absorbida:

- Se entiende por "exposición potencial" la cantidad de sustancia que se deposita en el exterior de la ropa de trabajo, sobre la prendas de protección individual y sobre las superficies expuestas de la piel.
- La exposición real es la cantidad de sustancia que realmente alcanza la capa exterior de la piel, incluyendo las superficies expuestas de la piel y teniendo en cuenta, además, la posible penetración a través de las zonas protegidas (ropa y guantes).
- La dosis absorbida o dosis interna es, la masa de contaminante que penetra en el organismo a través de la piel y se incorpora al torrente sanguíneo.

Las dos primeras son medidas directas de la exposición dérmica, mientras que la dosis interna se determina mediante control biológico. Este apéndice se centra en la descripción de las medidas directas de exposición dérmica, mientras que los aspectos más importantes del control biológico se detallan en el apéndice 10 de la presente guía.

Las técnicas de medida directa de la exposición dérmica se clasifican en: aquellas en las que el contaminante se intercepta mediante barreras sustitutivas de

Técnica de muestreo	Método de muestreo
Sustitutiva de la piel	Parches
	Cuerpo completo
	Guantes absorbentes
Retirada del contaminante	Lavado de manos
	Limpieza con disolvente
	Retirada del contaminante con cinta adhesiva
Recuperación in situ	Video imagen
	ATR - FTIR
	Sonda luminosa
	PXRF
Muestreo de superficies	Aspirado de superficies, limpieza con disolvente, determinación del residuo foliar desprendible, etc.

Tabla 1. Principales técnicas de muestreo aplicables a la exposición dérmica

la piel, otras en las que se recupera el contaminante de la piel, las que cuantifican el contaminante *in situ* y aquellas por las que, en función de la cantidad de contaminante depositado en las superficies de trabajo, puede estimarse la posible exposición dérmica de los trabajadores.

En la Tabla 1 se indican los métodos más comúnmente utilizados de cada una de las técnicas de muestreo indicadas. Una descripción más detallada de estos métodos puede encontrarse en la NTP 895 *Exposición dérmica a sustancias químicas: métodos de medida*.

Debe tenerse muy en cuenta que los resultados de las mediciones deben ser interpretados en relación con la estrategia de muestreo seguida, pues existen diferencias importantes (sobreestiman o subestiman) según los métodos utilizados en cada caso. Las consideraciones más importantes para el establecimiento de la estrategia de muestreo se detallan al final de la guía, tras la descripción y análisis de las técnicas de muestreo indicadas y de los métodos asociados a cada una.

Técnica sustitutiva de la piel

Los principales métodos de esta técnica de muestreo son el método de parches absorbentes, el de guantes absorbentes y el método del cuerpo completo o método de la ropa de trabajo.

Estos métodos son conceptualmente simples. Los materiales de muestreo se colocan sobre la ropa o la piel del trabajador en diferentes partes del cuerpo antes de estar expuesto al contaminante. Finalizado el periodo de toma de muestra, la cantidad de contaminante retenida en los respectivos dosímetros se extrae y se analiza mediante un método de análisis apropiado, como pueden ser los publicados por el NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) para plaguicidas.

Debe tenerse en cuenta que estos métodos pueden sobreestimar la exposición, puesto que los absorbentes utilizados en el muestreo absorberán más cantidad de contaminante que la propia piel.

Método de los parches

Sobre la ropa o piel del trabajador se coloca, en lugares escogidos, un número determinado de parches, los cuales, después del tiempo de exposición medido, se retiran y se determina la cantidad de contaminante depositado en cada uno. Posteriormente se extrapola a las zonas corporales representadas por ellos, teniendo en cuenta las áreas de estas zonas especificadas en el protocolo seguido.

La localización, número, material y tamaño del parche son fundamentales para disminuir la variabilidad de los estudios realizados con este método, siendo la localización la fuente más importante de variabilidad.

Su principal inconveniente es la falta de representatividad en las exposiciones de deposición no uniforme, por lo que en la actualidad este método está siendo sustituido por el método del cuerpo completo.

Método del cuerpo completo o de la ropa de trabajo

En este caso, habitualmente se utiliza un traje de algodón/poliéster, para determinar la exposición potencial, y pantalones y camiseta de manga larga por debajo del mismo, para determinar la exposición real. Tras el periodo de muestreo los trajes suelen ser seccionados en diferentes partes para facilitar su análisis y para poder determinar las partes del cuerpo más expuestas.

Este método presenta menor variabilidad que el método de los parches, pero tiene la desventaja de conllevar un tratamiento de muestra más tedioso y un mayor consumo de disolvente.

Método de los guantes absorbentes

Mediante este método puede determinarse la exposición de las manos mediante unos guantes convencionales, generalmente de algodón, que el trabajador usa durante todo el período que dura la operación. Se pueden usar encima, debajo o en lugar de los guantes de protección del trabajador, según se pretenda medir la exposición potencial, la real o ambas, respectivamente.

Técnica de retirada del contaminante

Esta técnica se puede llevar a cabo mediante tres métodos:

- Lavado de manos
- Limpieza con disolvente
- Retirada del contaminante con cinta adhesiva

El principal inconveniente de estos métodos es la posible infraestimación de la exposición debido a la absorción por el estrato córneo de parte del contaminante depositado en la piel.

Otras limitaciones importantes de esta técnica es que únicamente puede ser usado en determinadas zonas corporales y que solamente puede ser realizado un número limitado de veces al día sobre el mismo trabajador ya que la función de barrera de la piel puede verse afectada.

Método del lavado de manos

Se distinguen dos procedimientos de lavado de manos fundamentalmente:

- Limpieza con disolvente, que consiste en lavar las manos como se realiza habitualmente, frotando entre sí ambas manos con un líquido.

- Aclarado. Este procedimiento consiste en introducir las manos en unas bolsas que contienen un disolvente adecuado y después agitarlas vigorosamente.

Método de la limpieza con disolvente

Este método consiste en la retirada del contaminante de la piel mediante el arrastre por fricción con un medio de toma de muestra (algodón, etc.) humedecido con un líquido adecuado.

Método de la retirada del contaminante con cinta adhesiva

La exposición real a un contaminante puede ser cuantificada también midiendo la cantidad de contaminante retirada de la piel con una cinta adhesiva. El método se aplica tanto para materia particulada como para compuestos lo suficientemente viscosos como para permanecer en la piel un periodo de tiempo significativo.

Técnica de recuperación in situ

La exposición dérmica también puede ser cuantificada midiendo directamente sobre la ropa o sobre la piel del trabajador la cantidad de contaminante o de un trazador químico fluorescente o colorante. La principal ventaja de este método es la detección "in situ" del contaminante utilizando como medio de muestreo la propia piel o la ropa del trabajador, en vez de parches u otros medios diferentes.

Se pueden utilizar cuatro métodos:

1. Detección por video-imagen del propio contaminante o un trazador.
2. Detección por espectroscopía de infrarrojos con transformada de Fourier con sistema de reflexión total atenuada (ATR-FTIR) del propio contaminante o de un trazador.
3. Detección del propio contaminante o de un trazador empleando de una sonda luminosa.
4. Método de detección por espectroscopía de fluorescencia de rayos X (XRF).

El primer método puede usarse en amplias zonas corporales mientras que los otros tres solamente se emplean para pequeñas zonas.

Si el contaminante en cuestión no puede determinarse directamente, puede incorporarse al producto una cantidad conocida de trazador fluorescente, colorante o que absorba en la zona del infrarrojo. Estos aditivos deben tener un comportamiento similar al contaminante en cuestión (como puede ser su retención/penetración en la ropa de trabajo) sin alterar las propiedades físicas del producto, por lo que se deben

realizar estudios previos que lo demuestren. Esta es una de las mayores limitaciones de este tipo de métodos.

Otras limitaciones pueden ser la respuesta no lineal a elevados niveles de exposición, la descomposición del colorante o el trazador con la luz solar o con el tiempo, su absorción en la ropa, etc.

Las particularidades de los cuatro métodos indicados se tratan con detalle en la NTP 895 *Exposición dérmica a sustancias químicas: métodos de medida*.

Técnica de muestreo de superficies

Esta técnica consiste en recuperar el contaminante de las superficies de trabajo, relacionándolo indirectamente con la cantidad a la que puede estar expuesto el trabajador. Para cuantificar esta cantidad de contaminante sobre las superficies, pueden emplearse diferentes métodos. Los más utilizados son: la limpieza con disolvente de una superficie, el método de la cinta adhesiva, el aspirado del contaminante de una superficie determinada o la extracción líquida del contaminante depositado sobre una superficie, como puede ser el residuo de plaguicida en una hoja.

ESTRATEGIA DE MUESTREO DE LA EXPOSICIÓN DÉRMICA

Las estrategias para la evaluación de la exposición por vía dérmica de contaminantes no han sido desarrolladas tan ampliamente como en el caso de la exposición inhalatoria (norma UNE-EN 689:1996, sobre Atmósferas en el Lugar de Trabajo). Sin embargo, sí se han descrito una serie de recomendaciones en protocolos (WHO, EPA), guías (OCDE) y en el Informe Técnico del CEN 15278 sobre la elección de los métodos de muestreo más apropiados, duración del muestreo, variación temporal y espacial de la exposición dérmica, la evaluación de la eficacia de la ropa de protección, etc.

Asimismo el método DREAM puede utilizarse para establecer la estrategia de muestreo más apropiada, determinando quién o quiénes, qué y dónde medir, estableciendo unas prioridades en función de las partes del cuerpo más afectadas, trabajadores o grupos de trabajadores y tareas.

Todos los métodos de medida directa de la exposición dérmica, anteriormente descritos, tienen ventajas y desventajas que han de tenerse en cuenta en la planificación de la toma de muestra. Por ejemplo: cuando se pretende evaluar la exposición dérmica de un trabajador por contacto con una superficie o equipo de trabajo contaminado, únicamente habría que evaluar la exposición de las manos, siempre y cuando haya sido demostrada con, por ejemplo, el método de detección por video-imagen.

El Informe Técnico 15278 de CEN utiliza el modelo conceptual descrito en la NTP 895 *Exposición dérmica a sustancias químicas: métodos de medida*, como punto de partida para el diseño de la estrategia de muestreo. El método de muestreo se debe seleccionar en función de la importancia relativa de unos procesos de transporte de materia frente a otros, lo que influirá igualmente en la selección de la duración del periodo de muestreo. Los procesos de transporte de materia que hay que tener en cuenta son, por un lado, la absorción del contaminante en la piel y, por otro, la eliminación, descontaminación y resuspensión o evaporación del contaminante.

En caso de que el índice de transporte en ambos procesos de transferencia de materia sea bajo, es posible la utilización de las técnicas de retirada de contaminante o de recuperación "in situ". Si la eliminación, descontaminación y resuspensión o evaporación del contaminante es baja pero la absorción del contaminante por la piel es importante, la técnica substitutiva de la piel o la técnica de recuperación "in situ" dará una buena medición de la exposición dérmica. En el caso contrario, la técnica substitutiva de la piel tenderá a sobreestimar la exposición, ya que las propiedades de captación del material substitutivo de la piel son mejores que las de la propia piel y la tasa de evaporación, eliminación y descontaminación es alta. En este y en el caso de que ambos procesos de transferencia de materia sean elevados, es preferible la utilización del control biológico, siempre que sea posible.

En el cuadro 1 se exponen estas consideraciones de forma esquemática.

La técnica de muestreo de superficies se puede usar de forma similar a como se utilizan las mediciones estáticas (instrumentos instalados en un determinado lugar) en la planificación de la estrategia de muestreo ambiental dada por la norma UNE-EN 689:1996, es decir: para determinar niveles aproximados y tendencias, para confirmar hipótesis mediante datos aproximados o midiendo en condiciones más desfavorables.

Las mediciones pueden hacerse seleccionando el peor caso razonable, midiendo la exposición de todas las tareas de forma individual, combinando todos los resultados ponderados con la duración de cada tarea, o bien de forma aleatoria recogiendo la información

necesaria de las tareas, procesos, actitud o comportamiento de los trabajadores, y tratando los datos obtenidos estadísticamente.

Con respecto al número de muestras, la guía de la OCDE recomienda un número mínimo de 10 muestras tomadas sobre diferentes trabajadores. Los trabajadores seleccionados para la realización del estudio deberán ser aquellos que habitualmente realicen las tareas que se pretenden estudiar y se les informará del objetivo del estudio y de la necesidad de que desarrollen su trabajo de la manera habitual. Asimismo se ha sugerido por diversos autores que los trabajadores se seleccionen de entre grupos de trabajadores con exposición similar mediante muestreo aleatorio estratificado, de manera similar a como se realiza en la norma UNE-EN 689:1996 para la evaluación de la exposición por inhalación. La duración del muestreo debe ser representativa de una jornada laboral, evitando saturación y teniendo en cuenta las propiedades físico-químicas del producto.

BIBLIOGRAFÍA

CEN/TR 15278:2005, "*Workplace exposure-Strategy for the evaluation of dermal exposure*".

CEN/TS 15279:2005, "*Workplace exposure - Measurement of dermal exposure- Principles and methods*".

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. "*Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España*", edición anual.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *Notas Técnicas de Prevención*.

NTP 697 *Exposición a contaminantes químicos por vía dérmica*.

NTP 895 *Exposición dérmica a sustancias químicas: métodos de medida*.

NTP 896 *Exposición dérmica a sustancias químicas: metodología simplificada para su determinación*.

NTP 897 *Exposición dérmica a sustancias químicas: evaluación y gestión del riesgo*.

	Tasa de absorción	
	Alta	Baja
Tasa de eliminación, descontaminación y resuspensión o evaporación	Alta	Control biológico
	Baja	Técnicas substitutivas de la piel o de recuperación in situ

Cuadro 1. Estrategia de muestreo de la exposición dérmica

Norma UNE-EN 689:1996, sobre *Atmósferas en el Lugar de Trabajo. Directrices para la Evaluación de la Exposición por Inhalación a Agentes Químicos para la Comparación con los Valores Límite y Estrategia de Muestreo*.

OECD. *Guidance Document for the Conduct of Studies of Occupational Exposure to Pesticides During Agricultural Application*. OECD Series on Testing and Assessment, No 9 OECD/GD(97)/ 148, Paris, 1997.

Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo. "Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Sustancias y Preparados Químicos (REACH)". DOUE 29-05-2007 L 136.

Schneider, T., Vermeulen, R., Brouwer, D., Cherrie, J.W., Kromhout, H. and Fough, C.L. (1999) *Conceptual model for the assessment of dermal exposure*. Occupational and Environmental Medicine, 56,765-73.

Schneider, T.; Cherrie, J.W.; Vermeulen, R., "Dermal exposure assessment", *Annals of Occupational Hygiene*, 44(7):493-499, 2000.

US EPA (1987), *Pesticide Assessment Guidelines; Subdivision U. Applicator exposure monitoring*. US Environmental Protection Agency, Washington DC, USA

Van-Wendel-De-Joode, B.; Brouwer D.H.; Vermeulen R., "DREAM: A method for Semi-quantitative Dermal Exposure Assessment", *Annals of Occupational Hygiene*, 47:71-87, 2003.

WHO (1982), World Health Organization; *Field surveys of exposure to pesticides; Standard protocol*. VBC/82.1. WHO. Geneva, Switzerland

Apéndice 10. CONTROL BIOLÓGICO DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS

INTRODUCCIÓN

El control biológico (o seguimiento biológico) constituye una útil herramienta para evaluar la exposición laboral a agentes químicos y, en ciertos casos, el riesgo potencial para la salud de los trabajadores expuestos.

Puede definirse el control biológico como la "evaluación de la exposición total a sustancias químicas presentes en el entorno de trabajo, a través de un indicador en las muestras biológicas tomadas al trabajador en un momento determinado" (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH). Es, por tanto, un seguimiento de la exposición a través de la presencia de los contaminantes o de sus metabolitos, o de la medida de sus efectos en el organismo, en determinados medios biológicos de los trabajadores expuestos.

El control biológico se plantea sobre una base individual para conocer la dosis absorbida. Sin embargo, el tratamiento conjunto de los resultados individuales de los trabajadores expuestos en una misma zona de trabajo permitirá obtener información sobre el grado de exposición ambiental, sobre la evolución de esta exposición en el tiempo y sobre la eficacia de las medidas de protección adoptadas para solucionar una situación de riesgo.

El control biológico debe considerarse complementario del control ambiental y ha de ponerse en práctica cuando ofrezca ventajas sobre el uso exclusivo de este último. Entre esas ventajas adicionales que permiten realizar una valoración de la exposición más completa y realista se encuentran las siguientes:

- Su capacidad para detectar una posible absorción adicional a la inhalatoria, por las vías dérmica y/o gastrointestinal, especialmente para aquellas sustancias poco volátiles y fácilmente absorbibles por la piel (como, por ejemplo, los plaguicidas y las aminas aromáticas).
- La posibilidad de detectar contribuciones debidas a fuentes extralaborales de exposición.
- Su especial utilidad en situaciones de exposición a contaminantes en exteriores o en interiores con un régimen muy fluctuante en las concentraciones, donde el control ambiental encontraría dificultades para obtener muestras representativas.
- El constituir una herramienta excelente para comprobar la eficacia de los protectores respiratorios y otros equipos de protección individual.

El control biológico trata de estimar lo que se ha dado en llamar "dosis interna de un contaminante",

pero, dependiendo del parámetro elegido, de su toxicocinética y del momento del muestreo con relación al cese de la exposición, esta dosis interna puede aportar diversas interpretaciones: la dosis recientemente absorbida, la relacionada con la absorción durante el día precedente o bien aquella que es reflejo de la exposición durante los últimos meses para aquellos contaminantes con tendencias acumulativas, como en el caso de algunos metales.

Esta dosis podría reflejar también, en su caso, la cantidad de contaminante presente en el órgano diana correspondiente (dosis efectiva), siendo la responsable directa del posible efecto adverso. Es el caso del monóxido de carbono que, al ser respirado y unirse a la hemoglobina, forma la carboxihemoglobina (indicador biológico), disminuyendo la capacidad de transporte de oxígeno a las células. La posibilidad de medir esta dosis es excepcional debido a la dificultad para acceder a esos órganos diana con facilidad y de forma rutinaria.

LOS INDICADORES BIOLÓGICOS Y SUS FACTORES DETERMINANTES

Los indicadores biológicos son parámetros que miden la concentración del contaminante o de algún metabolito del mismo en un fluido biológico, o que están basados en la medida de alteraciones bioquímicas o funcionales producidas por los contaminantes.

La elección de un indicador biológico apropiado para un contaminante exige conocer su comportamiento toxicocinético en el organismo, esto es, su distribución, sus órganos de reserva, sus transformaciones metabólicas, las rutas de sus metabolitos, sus vías de eliminación, etc. Los factores a tener en cuenta al seleccionar un indicador son:

- Que presente un alto grado de correlación con la concentración ambiental del contaminante.
- Que esté relacionado con alguna alteración biológica que de forma precoz ponga de manifiesto la aparición de una patología subclínica reversible característica del tóxico.
- Que presente validez predictiva, es decir, que sea sensible (pocos falsos negativos) y selectivo (pocos falsos positivos).
- Que la muestra pueda ser obtenida y conservada sin dificultades.
- Que se disponga de una metodología fiable para las determinaciones analíticas.

Clasificación de los Indicadores

Un determinado indicador se escogerá en función de aquello que se desea medir: exposición actual, exposición pasada, acumulación del contaminante en el organismo, un determinado efecto, etc. En cada caso habrá que conocer y tener en cuenta qué parámetro interesa medir, en qué medio biológico resulta más representativo y en qué momento debe ser muestreado, ya que, por tratarse la eliminación de una sustancia o de sus metabolitos de un fenómeno cinético, será dependiente del tiempo. Los indicadores biológicos pueden ser clasificados como indicadores de dosis e indicadores de efecto.

Indicadores de dosis

Son parámetros que miden la concentración de un contaminante o de un metabolito relacionado con el mismo, en algún fluido o tejido biológico y que en buena medida son representativos de la dosis absorbida.

Indicadores de dosis de exposición: aquellos en que la cantidad de sustancia presente en las muestras biológicas está directamente correlacionada con los niveles de contaminación ambiental y, por tanto, ofrecen una estimación indirecta aceptable del grado de exposición. Plomo en sangre o ácido hipúrico (metabolito del tolueno) en orina.

Indicadores de dosis real o efectiva: capaces de medir la cantidad de sustancia en el punto donde esta produce sus efectos. Carboxihemoglobina en sangre como índice de la exposición a monóxido de carbono.

Indicadores de acumulación: útiles para valorar la cantidad de sustancia acumulada en aquellos órganos o tejidos en los que la eliminación va a resultar muy lenta. Están relacionados con la carga corporal del contaminante.

Indicadores de efecto

Son parámetros que pueden identificar alteraciones bioquímicas o funcionales en su fase inicial y cuando aún se encuentran en una situación reversible. Estos cambios reversibles no son representativos de las alteraciones de salud del individuo, que serían objeto de la vigilancia de la salud.

Indicadores de efecto bioquímico: basados en la variación de los niveles bioquímicos endógenos (actividades enzimáticas, productos metabólicos, etc.) alterados por la acción de un contaminante. La inhibición de la acetil colinesterasa en eritrocito correlaciona con los síntomas colinérgicos que aparecen debido a una exposición crónica a pesticidas (organofosforados y carbamatos).

Indicadores de efecto fisiológico: basados en variaciones fisiológicas, generalmente de los sistemas nervioso o respiratorio, inducidas por la acción de los tóxicos. La disminución de la conducción nerviosa en el nervio periférico radial de la muñeca debido a la exposición a plomo.

Una vez escogido el indicador biológico más adecuado a nuestro propósito, es necesario considerar la influencia de dos factores determinantes para la interpretación de los resultados: la variabilidad biológica y el momento en que debe ser tomada la muestra.

Factores determinantes

Variabilidad biológica

Para comprender el significado y las limitaciones que presentan los resultados del control biológico hay que tener en cuenta un factor, denominado "respuesta individual" o "variabilidad biológica", capaz de provocar que, ante una misma exposición ambiental, los diversos individuos expuestos puedan presentar valo-

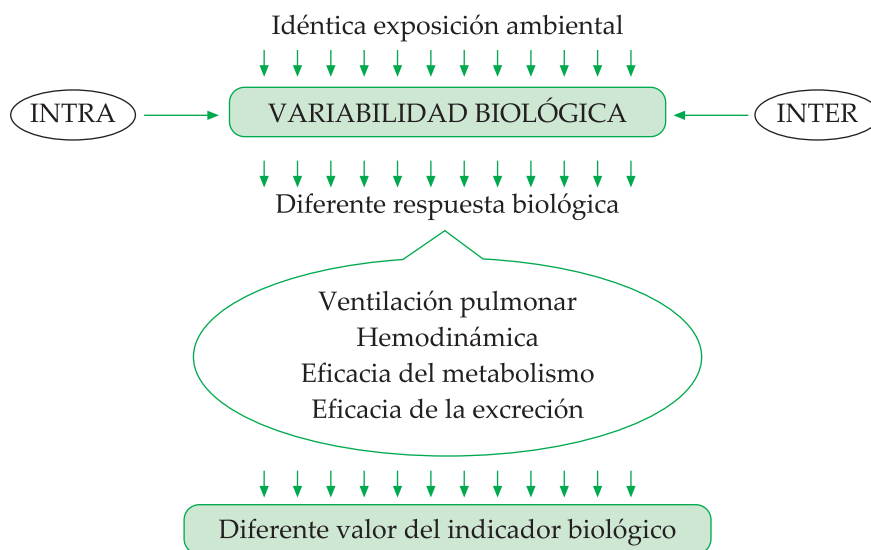


Figura 1. Variabilidad biológica

res distintos en sus resultados de control biológico debido a las características diferentes que presentan a nivel anatómico, a nivel funcional y también en lo que respecta a sus hábitos de vida y conducta, como se muestra en la figura 1.

Todos los factores que puedan afectar a la entrada, absorción y tránsito de contaminante por el organismo influyen en el resultado de la medida de un indicador biológico. Así, factores como el caudal respiratorio, las características hemodinámicas y la eficacia de los mecanismos de metabolización y excreción producirían variaciones en cada individuo dentro de los límites fisiológicos de la especie.

La variabilidad biológica puede constituir en ocasiones un factor de confusión en la interpretación de los resultados del control biológico y, sobre todo, de su relación con los resultados obtenidos en el control ambiental.

Momento de la toma de muestra

El tránsito y la eliminación en el organismo de un contaminante son fenómenos que dependen del tiempo. Por tanto, será de suma importancia prestar atención al momento de la toma de muestra con respecto al tiempo en que termina la exposición.

Para sistematizar la toma de muestra habrá que considerar un parámetro denominado "vida media biológica" que vendría a ser el tiempo que tarda un contaminante presente en el organismo en reducir su presencia (cantidad o concentración) a la mitad y que representa la rapidez con que un contaminante se mueve por el organismo. Habrá que adoptar precauciones, tal como se indica en el cuadro de la figura 2, para conseguir que la muestra sea representativa de aquello que se desea medir y pueda ser comparada correctamente con unos valores límite biológicos que han sido establecidos en unas condiciones determinadas, como se verá posteriormente.

En la figura 2 se categorizan los contaminantes en función de su vida media biológica, especificando si se acumulan o no y cuán crítico puede resultar el momento del muestreo en función de ese parámetro. Igualmente se incluyen las frases con las instrucciones que deben seguirse escrupulosamente para que la muestra sea tomada en condiciones de ser comparada con los valores límite biológicos establecidos.

PROGRAMAS DE SEGUIMIENTO

Cuando una sustancia penetra en el organismo y es absorbida, se incorpora al torrente circulatorio que la distribuye por los diferentes órganos y sistemas del mismo. La sustancia puede ser eliminada inalterada en la orina y el aire exhalado, pero la mayoría de las sustancias orgánicas son, en parte, biotransformadas en derivados (metabolitos) más hidrosolubles y más fácilmente eliminables por la vías urinaria y biliar que sus precursores.

Las sustancias y/o sus metabolitos pueden fijarse de manera reversible o irreversible sobre sus moléculas diana. Cuando los enlaces tienen lugar en centros críticos pueden producirse efectos biológicos tóxicos (efectos adversos), que en un estado precoz no causan más que lesiones subclínicas, pero que en un estado más avanzado de la intoxicación podrían dar lugar a perturbaciones funcionales. Todo el proceso descrito puede ser abordado desde una triple perspectiva, como se observa en la figura 3.

Seguimiento ambiental

El seguimiento ambiental trata de evaluar la exposición externa. Basado en la estimación de la cantidad de contaminante presente en el aire que respira el trabajador durante la jornada de trabajo, constituye un método indirecto de evaluación del riesgo potencial para la salud que la exposición conlleva. La existencia de un posible riesgo se estima por referencia a concentraciones ambientales permisibles definidas para tiempos de exposición establecidos.

Vida media (biológica)	Acumulación	Momento del muestreo	CUÁNDO
<5 horas	NO	Muy crítico	Antes de la jornada laboral (16 horas sin exposición) Final de la jornada laboral (tras el cese de la exposición real)
>5 horas	Sí semanal	Crítico	Al comienzo de la semana (2 días sin exposición) Final de la semana laboral (Tras 4 o 5 días de exposición)
Larga	Sí años	No crítico	Discrecional (tras un periodo de estabilización)

Figura 2. Momento de la toma de muestra

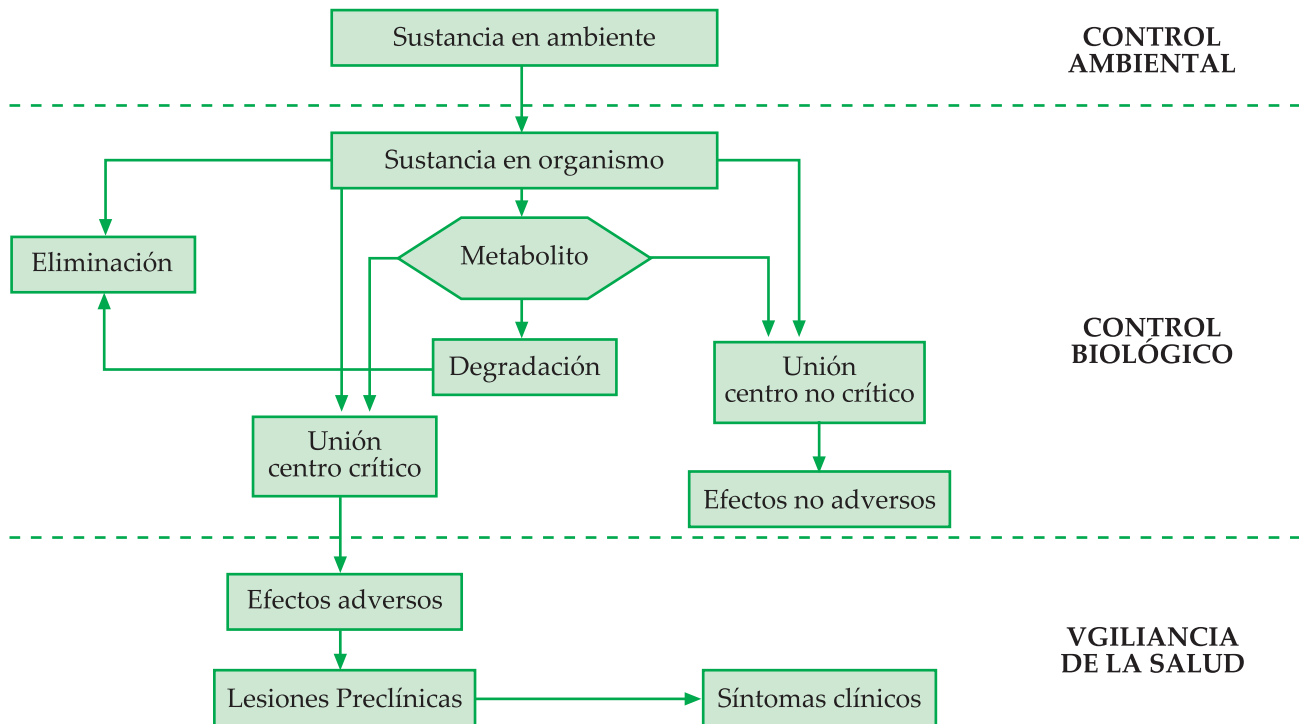


Figura 3. Recorrido y control del contaminante

Seguimiento biológico

Trata de estimar la exposición interna (dosis interna). Esta dosis es generalmente asociada a la medida de la sustancia o de sus metabolitos en los diversos medios biológicos o por la medida de efectos biológicos no tóxicos correlacionados con ella. La medida de la dosis interna tiene en cuenta las características toxicocinéticas propias de cada individuo, e integra todas las vías de entrada y fuentes de exposición que recibe.

El seguimiento biológico puede practicarse con sustancias que alcanzan la circulación sanguínea y ejercen efectos sistémicos, y está especialmente indicado para la evaluación de la exposición a sustancias poco volátiles y para aquellos tóxicos acumulativos que pueden provenir de varias fuentes de exposición incluso extralaborales.

La evaluación se realiza sobre una base individual y la existencia de un posible riesgo de exposición excesiva se aprecia por referencia a los índices biológicos de exposición establecidos.

Vigilancia de la salud

Este programa se fundamenta en la práctica de análisis y reconocimientos periódicos a los trabajadores expuestos y tiene en cuenta el impacto del agente químico sobre los tejidos y sistemas del organismo, es decir, su acción toxicodinámica. Mientras que el control biológico intenta detectar situaciones de exposición que entrañan riesgo para la salud, el estudio de los efectos tóxicos evalúa el estado de salud de los in-

dividuos con el propósito de identificar aquellos que presentan ya manifestaciones de intoxicación (efectos adversos).

La detección de un efecto adverso indica que la exposición es o ha sido excesiva y, por tanto, un indicador de este tipo no puede formar parte de un programa de detección precoz de alteraciones en la salud.

En la práctica los programas de seguimiento (ambiental, biológico y detección de efectos adversos) se aplican conjuntamente y son complementarios.

Relación entre exposición externa, dosis interna y efectos adversos

El control biológico debe ser interpretado en función del conocimiento que se tenga sobre las relaciones entre exposición externa, dosis interna y efectos adversos, y de acuerdo con las bases y el modo en que han sido establecidos los valores límite biológicos lo que permite escoger un parámetro biológico para las sustancias que se incorporan a la circulación y ejercen un efecto sistémico (figura 4).

Como se ha indicado, el seguimiento biológico es únicamente aplicable a sustancias que se absorben y se incorporan al torrente sanguíneo, a través del cual llegan a su correspondiente órgano diana para producir un efecto sistémico. No es, por tanto, aplicable a sustancias de acción fundamentalmente local como los irritantes pulmonares primarios y los irritantes dérmicos (los ácidos y las bases fuertes) o para aquellas sustancias pobremente absorbibles (como la sílice y el

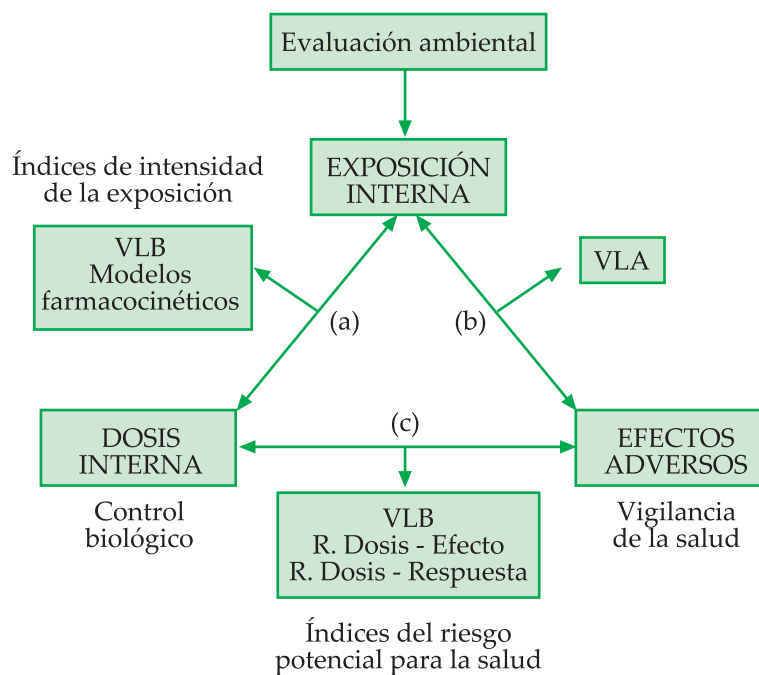


Figura 4. Relación de exposición y efectos adversos

amianto). En estos casos la única relación cuantitativa que puede establecerse es la relación entre la exposición externa y la intensidad de los efectos locales. Es decir, que podría fijarse un valor límite para la concentración ambiental por debajo del cual no aparecieran efectos adversos.

Si sólo se conoce la relación entre exposición externa y dosis interna, el parámetro biológico elegido puede servir como índice de exposición al agente químico, aportando información sobre la cuantía y evolución de la misma, la eficacia de los equipos de protección individual utilizados y permitiendo conocer la existencia de posibles fuentes de exposición adicionales a la estrictamente laboral, pero no aporta información directa sobre la relevancia de los efectos adversos que puedan producirse.

Si lo que se conoce es la relación entre la dosis interna y los posibles efectos adversos (relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta), la medida de un parámetro biológico apropiado puede proporcionar información directa del riesgo para la salud.

Cuando un parámetro biológico puede ser correlacionado, por una parte, con la dosis externa y, por otra, con los efectos producidos, su medida proporcionará información, a la vez, sobre la intensidad de la exposición ambiental y sobre los riesgos para la salud asociados a dicha exposición. El conocimiento de estas relaciones múltiples permitiría establecer simultáneamente y sobre una misma base científica niveles permisibles tanto ambientales como biológicos para los contaminantes, y que estuvieran relacionados a su vez con los efectos producidos sobre la salud.

VALORES LÍMITE BIOLÓGICOS

Son valores de referencia para los indicadores biológicos, establecidos para la evaluación del riesgo potencial para la salud en la práctica de la Higiene Industrial en exposiciones de 8 horas diarias y 5 días a la semana. La extrapolación de los VLB a períodos de tiempo distintos al de referencia ha de hacerse considerando los datos farmacocinéticos y farmacodinámicos del agente en particular. Estos valores límite pueden hacer referencia a la propia sustancia, a sus metabolitos o a cambios bioquímicos reversibles inducidos por la exposición.

La utilización de los valores límite biológicos no es adecuada para definir una exposición taxativamente como de riesgo o no, ni tampoco tiene un valor directo para la medida de efectos adversos o para diagnosticar enfermedades profesionales.

Establecimiento de los valores límite biológicos

La mayor parte de los valores límite biológicos establecidos están basados en el conocimiento de la relación entre la exposición ambiental y la dosis interna y han sido obtenidos utilizando modelos farmacocinéticos fisiológicos y regresiones entre medidas ambientales y medidas biológicas. Pueden considerarse, por tanto, equivalentes biológicos de sus respectivos valores límite ambientales, que a su vez están muy frecuentemente fundamentados en la experimentación animal con el problema que conlleva cualquier tipo de extrapolación posterior al ser humano.

Los modelos farmacocinéticos utilizados se desarrollan teniendo en cuenta los factores fisiológicos in-

volucrados en la toxicocinética y la toxicodinámica de cada contaminante concreto en el organismo. Así, tienen en cuenta la intensidad de la exposición, la carga física del trabajo, la estructura corporal y las funciones respiratoria, renal, etc. Estos modelos proporcionan una buena herramienta para establecer la relación existente entre la exposición externa y la dosis interna.

Otra forma alternativa, y quizás más adecuada y realista, de establecer estos valores límite biológicos es la basada en el conocimiento de la relación entre la dosis interna y los efectos producidos (relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta). Al conocimiento de estas relaciones se llega a través de estudios epidemiológicos llevados a cabo con trabajadores expuestos, y refrendados por los resultados obtenidos en estudios de campo y con la información derivada de los casos registrados de enfermedades profesionales y de las intoxicaciones agudas que hayan podido producirse.

La excepción a esta regla la constituyen algunos agentes para los que los VLA asignados protegen contra efectos no sistémicos. En estos casos, los VLB pueden representar dosis absorbidas superiores a las que se derivarían de una exposición por inhalación al VLA.

Existen una serie de instituciones que publican y actualizan anualmente una lista de valores límite biológicos, entre ellas cabe mencionar: la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), que propone los BEI (Biological Exposure Indices), y la DFG (Deutsche Forschung Gemeinschaft), que ofrece los BAT (Biologischer Arbeitsstoff-Toleranzwert).

En el caso de los BEI de la ACGIH, estos valores representan los niveles más probables que alcanzarían los indicadores biológicos en trabajadores sanos sometidos a una exposición global al agente químico considerado, equivalente, en términos de dosis absorbida, a una exposición exclusivamente por inhalación del orden del valor límite ambiental establecido para exposiciones de 8 horas diarias, 5 días a la semana.

Un BEI debe ser considerado como un límite biológico equivalente al valor límite ambiental y que generalmente se obtiene por derivación a partir de este último, utilizando modelos farmacocinéticos y siendo posteriormente confirmado con estudios de campo, pero, en general, no están basados en la medida de concentraciones reales observadas en una población.

Debido a la variabilidad biológica no señalan una distinción bien definida entre exposiciones de riesgo o no riesgo. Por la misma causa es posible que los resultados individuales excedan el BEI sin que ello indique que existe un aumento del riesgo para su salud. Por eso, cuando el resultado del control biológico, en un trabajador, supere el BEI correspondiente en una única ocasión, no se adopta ninguna medida especial y solo cuando lo supera en sucesivas ocasiones o cuando la

mayoría de los resultados de un grupo homogéneo con respecto a la exposición lo supera se investiga la situación y se adoptan medidas correctoras.

Los BAT alemanes de la DFG se aplican también a exposiciones de 8 horas y 5 días a la semana, y están concebidos como valores “techo” para individuos sanos. Son cantidades máximas permisibles de una sustancia química o de sus metabolitos o la máxima desviación permisible del valor normal de un parámetro, inducidos por dicha sustancia en humanos expuestos, que no deben ser superados en ninguna circunstancia.

Su establecimiento se fundamenta en criterios de salud y los valores se fijan a partir de estudios toxicológicos, epidemiológicos y clínicos, atendiendo a la relación existente entre el nivel del indicador y el resultado de la exposición sobre la salud.

Como se observa, ambas escuelas aplican diferentes principios en el establecimiento de sus respectivos valores que finalmente conducen a una aplicación práctica distinta. La ACGIH se fundamenta en la relación de equivalencia entre el valor límite ambiental y el biológico, y la DFG alemana, en criterios de salud.

La ACGIH hace corresponder el BEI con el valor “más probable” (valor medio) que alcanzaría el indicador biológico considerado al encontrarse expuesto un trabajador tipo a la concentración del valor ambiental durante las 8 horas de la jornada de trabajo. Bajo este presupuesto, se observa que un importante porcentaje (hasta del 50%) de trabajadores podrían presentar valores inferiores al BEI estando, sin embargo, expuestos a la concentración del valor límite ambiental (TLV-TWA). Es decir que, aunque por debajo del valor límite ambiental, se asume que la mayor parte de los trabajadores expuestos, (digamos el 90% - 95 %) están protegidos, su equivalente biológico BEI, derivado en términos de valor medio a través de un modelo o de una regresión, no reportaría el mismo grado de protección y habría que recurrir (por ejemplo, al límite inferior de confianza 90% - 95 % de la distribución de los valores biológicos, para ofrecer un grado de protección similar.

La escuela alemana, sin embargo, deriva los BAT, a partir de la relación observada entre concentraciones biológicas y efectos de salud, como los valores “máximos esperables” obtenidos tras una exposición al valor límite ambiental (MAK).

Estos valores BAT, que no deben ser superados en ningún momento, suelen ser entre 2 y 3 veces más altos que los BEI para una misma sustancia. Ejemplo de este hecho es el valor límite biológico para la metiltilcetona que ambas escuelas han fundamentado en un mismo estudio con idénticos datos experimentales y con el mismo valor ambiental TLV-TWA y MAK de 200 ppm. El BEI es de 2 mg/litro de orina (valor más pro-

bable esperable o valor medio) mientras que el BAT es de 5 mg/litro de orina (valor más alto esperable). En ambos casos se indica que la muestra ha de tomarse al final del turno de trabajo.

Valores límite biológicos en España (VLB)

Son los valores de referencia para los Indicadores Biológicos asociados a la exposición global a los agentes químicos. Los VLB son aplicables a exposiciones profesionales de 8 horas diarias durante 5 días a la semana.

En general, los VLB representan los niveles más probables de los Indicadores Biológicos en trabajadores sanos sometidos a una exposición global a agentes químicos, equivalente, en términos de dosis absorbida, a una exposición exclusivamente por inhalación del orden del VLA-ED. Por tanto, su filosofía es mucho más cercana a la de la ACGIH americana y a sus BEI. En cuanto a la aplicación práctica, existen algunas diferencias con la ACGIH.

De acuerdo con la interpretación recogida en el documento Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España, del INSHT:

“Cuando la medida de un determinado indicador biológico en un trabajador supere el VLB correspondiente no debe deducirse, sin mayor análisis, que ese trabajador esté sometido a una exposición excesiva, ya que las diferencias individuales, biológicas o de conducta, tanto fuera como dentro del ámbito laboral, constituyen fuentes de inconsistencia entre los resultados del control ambiental y los del control biológico.

De todos modos, incluso en el caso de una superación de carácter puntual debe ponerse en marcha una investigación con el objetivo de encontrar una explicación plausible para esa circunstancia y actuar en consecuencia o, en su defecto, descartar la existencia de factores causales vinculados al desempeño del puesto de trabajo. Entre tanto se alcanza una conclusión al respecto y sin perjuicio de lo que establezcan disposiciones específicas, se deberían adoptar medidas para reducir la exposición del trabajador afectado”.

Como quedó anteriormente reseñado, la ACGIH solo recomienda la investigación de la situación y la adopción de medidas correctoras “cuando un trabajador supere el BEI en sucesivas ocasiones o cuando la mayoría de los resultados de un grupo homogéneo con respecto a la exposición lo supere.”

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL CONTROL BIOLÓGICO

En ocasiones y debido a múltiples causas, los resultados obtenidos en el control biológico no cumplen las expectativas suscitadas tras la práctica del control ambiental, apareciendo discrepancias o inconsistencias

entre los resultados ambientales y los biológicos. Este hecho puede generar confusión a la hora de establecer un diagnóstico si no somos capaces de hallar o interpretar las causas de las discrepancias.

Hay que señalar, ante todo, que las condiciones de trabajo varían a lo largo de una misma jornada y entre días (aunque se realicen las mismas operaciones), y que los resultados de medir las concentraciones de un contaminante en un puesto de trabajo a lo largo del tiempo siguen una distribución logarítmico-normal. Estas fluctuaciones en la concentración ambiental inducen también variaciones en la concentración del contaminante en el organismo, que serán más pronunciadas cuanto más corta sea la vida media de permanencia del contaminante en el mismo. Esta circunstancia resalta la necesidad de prestar atención al momento de la toma de muestra biológica, que debe ser el expresamente recomendado para cada contaminante.

La variabilidad biológica (intra e interindividual) y la diversidad de hábitos y conductas constituyen también, frecuentemente, factores de confusión que producen resultados biológicos discrepantes entre individuos con exposición ambiental aparentemente idéntica.

Especial atención había que prestar a las circunstancias que pueden provocar que los resultados del control biológico estén significativamente por encima de los resultados esperados a tenor de los obtenidos en el control ambiental. Tras estas circunstancias pueden estar:

- Una entrada de contaminante al organismo por otra vía adicional a la inhalatoria, especialmente la dérmica, pero circunstancialmente también la digestiva si no se siguen hábitos higiénicos básicos. La vía dérmica puede adquirir especial relevancia para aquellos contaminantes de escasa volatilidad y con capacidad de penetración percutánea. La necesidad de confirmar esta contingencia justificaría la obligación de la práctica del control biológico como complemento indispensable al control ambiental de estos contaminantes, y, quizás, también la protección de las partes más expuestas de la piel.
- Una carga física de trabajo elevada, que obligase a aumentar el ritmo de la respiración y el ritmo cardiaco, lo que haría aumentar el volumen de aire (contaminado) inhalado y la rapidez de la distribución del tóxico en el organismo. Estas circunstancias podrían elevar de forma significativa la absorción de contaminante, hecho que estaría siendo subestimando por el control ambiental que solo atiende a la concentración en el ambiente de trabajo.

- Finalmente, una actividad extralaboral con exposición al mismo contaminante, lo que también produciría una elevación del resultado biológico frente al registrado en el control ambiental, ya que este solo consideraría la exposición durante la jornada laboral regular.

Los resultados del control biológico de los trabajadores expuestos simultáneamente a varios agentes químicos pueden verse alterados debido a las interacciones que puedan producirse entre ellos una vez que hayan penetrado en el organismo. La interacción toxicocinética que puede producirse, por ejemplo a nivel de la metabolización de los contaminantes, más allá de la suma de sus aportaciones (aditividad), podría manifestarse como una potenciación del metabolismo de un contaminante por parte de un segundo agente presente (sinergia) o bien producir una reacción de inhibición (antagonismo). En estos casos los resultados sufrirían una modificación no acorde con lo esperado en un principio para cada contaminante por separado, por lo que sería conveniente indagar sobre la naturaleza de las interacciones.

Sin embargo, existen casos en los que la inespecificidad de un indicador representa una ventaja, al permitir obtener una estimación de la exposición global a varios contaminantes presentes simultáneamente. Es el caso de aquellos agentes químicos que tienen un metabolito en común como el ácido tricloroacético en orina, que lo es para tricloroetileno, tetracloroetileno y 1,1,1 tricloroetano. O bien la concentración de metahemoglobina en sangre, indicador común para los agentes inductores de la metahemoglobina (nitrobenzeno, anilinas, óxidos de nitrógeno, etc.).

MEDIOS BIOLÓGICOS

Son los materiales biológicos: fluidos y/o tejidos, en los cuales se realizan las determinaciones de los parámetros escogidos como indicadores. Aunque se han estudiado indicadores en medios como saliva o cabello, actualmente solo tienen aplicación práctica los determinados en sangre, orina y aire exhalado.

La sangre

La sangre constituye el principal vehículo de transporte para los contaminantes y sus metabolitos en el organismo y puede proporcionar los indicadores más representativos de la dosis absorbida, presentando en general buenas correlaciones con el nivel de exposición ambiental. Es un medio apropiado para la determinación de compuestos inorgánicos, orgánicos pobremente metabolizables y compuestos volátiles.

Como ventaja presenta una variación interindividual pequeña en cuanto a sus componentes y escasas probabilidades de contaminación. Como desventajas, el constituir una "técnica invasiva" y la facilidad con que puede deteriorarse la muestra.

La sangre está compuesta fundamentalmente por un fluido extracelular denominado plasma y por cuerpos celulares (hematíes y leucocitos). Forma parte del sistema vascular donde circula por arterias, venas y capilares sanguíneos. En el interior de los órganos, las arterias se transforman por sucesivas ramificaciones en vasos capilares, los cuales convergen a su vez para formar las venas. Es precisamente en los capilares donde se produce el intercambio de sustancias transportadas por la sangre con los diferentes órganos.

A través del sistema vascular la sangre transporta los contaminantes y sus metabolitos desde sus lugares de entrada o formación en el organismo (pulmones, hígado) a otras partes del cuerpo. El transporte depende de la perfusión o irrigación de cada órgano, y la velocidad de transferencia de los contaminantes o sus metabolitos desde la sangre a los tejidos depende de la razón de sus solubilidades en los tejidos y en la sangre. Por ejemplo: una alta solubilidad en lípidos de los disolventes provocará su acumulación en el tejido graso. El caudal de sangre a través de los capilares sanguíneos viene condicionado por el ritmo cardíaco que tiene una importancia decisiva en el transporte de los tóxicos a los tejidos.

Al comenzar la exposición a un contaminante el nivel de este en sangre irá en aumento, sobre todo y en un principio, en los vasos sanguíneos próximos al punto de entrada. El nivel de contaminante en la sangre circulante tiende después a alcanzar un equilibrio con el nivel en el punto de entrada, en los tejidos y en los puntos de excreción.

Cuando cesa la exposición el nivel de contaminante en sangre disminuye debido a la eliminación del mismo. Cuando la concentración en sangre se hace menor que la concentración en los tejidos, el proceso de acumulación se invierte y el contaminante retorna a la sangre. Una vez alcanzado el equilibrio, la concentración de contaminante en la sangre venosa refleja el nivel en el tejido que baña la sangre y sería el momento adecuado para la toma de una muestra de sangre venosa para obtener una medida representativa de la exposición pasada reciente al contaminante.

El aclaramiento pulmonar crea una diferencia de concentración entre la sangre arterial y la venosa. Por tanto, la sangre capilar (como la obtenida en una punción) que representa mayoritariamente sangre arterial no es válida para ser comparada con los valores límite biológicos, que generalmente han sido establecidos en sangre venosa.

Una vez en la sangre las sustancias se comportan de acuerdo con sus propiedades físico-químicas. Los contaminantes y sus metabolitos pueden distribuirse entre diferentes fracciones (plasma, células, etc.) o bien estar únicamente en una de ellas, y pueden circular o bien libres o bien unidos a los constituyentes sólidos,

células o proteínas plasmáticas. Por ejemplo: la colinesterasa en sangre total (glóbulos rojos) y la colinesterasa sérica son dos enzimas distintos que únicamente pueden ser diferenciados en muestras no hemolizadas, el pentaclorofenol aparecerá únicamente en plasma y el benceno se distribuye entre plasma y células, pero su metabolito fenol se encuentra sólo en plasma.

Los disolventes se distribuyen por los diferentes órganos ya que el plasma tiene un carácter lipofílico notable. Los productos hidrosolubles, a pesar de que el plasma contiene entre el 90%-95% de agua, no suelen estar disueltos en el plasma sino que se unen a las proteínas plasmáticas, como en el caso de los tóxicos metálicos inorgánicos.

Cuando un contaminante se encuentra presente en la sangre en varias formas (libres, conjugados o unidos a proteínas), si se quiere medir, por ejemplo la fracción libre, habrá que procurar no romper ningún enlace durante el análisis. Por el contrario, para analizar el contenido total del contaminante habrá que liberar todo el compuesto mediante hidrólisis ácida o enzimática.

Condiciones y precauciones para la toma de muestra

La sangre es una suspensión de células (hematíes y leucocitos) en la disolución acuosa de electrolitos, no electrolitos y macromoléculas. El componente principal de la fracción celular son los hematíes o glóbulos rojos. El fluido color pajizo en que se encuentran las células recibe el nombre de plasma, que es un fluido extracelular de carácter acuoso.

Cuando se rompe la membrana del glóbulo rojo (hemólisis,) se produce una fuga de hemoglobina al plasma y la coloración del mismo. La hemólisis puede tener lugar durante la extracción, el transporte o la conservación de la muestra, y en muchas ocasiones puede afectar al análisis. Para impedir la hemólisis deberán evitarse la agitación y los cambios de temperatura durante el transporte.

En cuanto se retira la sangre de la circulación comienza la separación del plasma y las células, a menos que se añada un anticoagulante. La coagulación ocurre porque una proteína, el fibrinógeno, rodea a las células formando el coágulo. Cuando el plasma pierde el fibrinógeno recibe el nombre de suero. Si se añade un anticoagulante el fibrinógeno queda retenido en el plasma y no se produce la coagulación.

Los anticoagulantes son sustancias que se unen al calcio (oxalatos, citratos, EDTA) o inactivan la trombina y la tromboplastina. El anticoagulante debe ser seleccionado de acuerdo con el procedimiento analítico que vaya a emplearse y el tipo de analito en cuestión (para metales, por ejemplo, se utilizará heparina en lugar de EDTA). Para unos 10 ml de sangre el tubo de recogida debe contener:

- 20 mg de oxalato de sodio o potasio
- 50 mg de citrato de sodio
- 15 mg de EDTA
- 2 mg de heparina

Las muestras de sangre total congeladas hemolizan siempre. Para evitar esto se centrifugan y se guardan por separado el plasma y el centrifugado. Para conservarlo durante una noche es suficiente refrigerar a 4° C.

La orina

La orina es un fluido excretado por los riñones, almacenado en la vejiga y eliminado a través de la uretra, que está básicamente compuesto por agua en un 90%-98 %. En disolución o suspensión contiene cientos de compuestos orgánicos e inorgánicos en diferentes proporciones.

Entre las ventajas que presenta la orina para la práctica del control biológico se encuentra la de no constituir una técnica invasiva y la posibilidad de disponer de cualquier cantidad de muestra, mientras que su principal desventaja es la variabilidad en la producción de la orina.

La eliminación de sólidos (incluidos los contaminantes) se mantiene relativamente constante, pero su concentración fluctúa dependiendo de la eliminación de líquidos. Por esta razón y en la práctica del control biológico es conveniente referir la concentración de los contaminantes o de sus metabolitos a la excreción de algún componente sólido presente en la orina. En la práctica para estas correcciones se utilizan: la cantidad total de sólidos, representada por la densidad de la orina, o la cantidad de creatinina presente en la muestra.

Los mecanismos de eliminación por la vía renal son:

- Filtración glomerular: electrolitos, metales (filtran las sustancias de peso molecular inferior a 50.000 Dalton).
- Secreción tubular pasiva (túbulo distal): cetonas, tolueno, metanol, óxido nitroso.
- Transporte tubular activo (túbulo proximal): mercurio, fenol.

El plasma porta sustancias hacia el glomérulo renal que actúa como un ultrafiltro, permitiendo el paso de electrolitos y pequeñas sustancias. Aproximadamente el 20% del plasma es filtrado a través de la membrana glomerular. Las sustancias con peso molecular inferior a 5.000 filtran sin restricciones, y a pesos superiores a 60.000 Da no hay filtración. Una vez filtradas y alcan-

zado el túbulo, las sustancias pueden ser reabsorbidas, retornando al plasma, o eliminadas en la orina.

Los contaminantes pueden ser también excretados directamente desde el plasma a la orina a través de la pared del túbulo distal por un mecanismo de difusión pasiva a favor del gradiente de concentración establecido, ya que la pared tubular se comporta como una membrana semipermeable. Mediante un tercer mecanismo, de transporte activo en el túbulo proximal, se podrían eliminar sustancias ionizadas y lipófilas incluso contra gradiente.

La concentración del contaminante en orina refleja el nivel medio de su concentración en el plasma durante el tiempo que la orina permanece en la vejiga. La orina es un medio adecuado para el seguimiento biológico de compuestos hidrofílicos, metales y disolventes polares sin metabolizar. Resulta especialmente útil para aquellos indicadores con una vida media de eliminación relativamente rápida, de entre 4 y 8 horas. En ocasiones la concentración en orina se ve afectada por otros factores adicionales como la cantidad del propio compuesto acumulado en el riñón, como en los casos de cadmio y cromo.

Los indicadores biológicos medidos en orina son habitualmente analizados en muestras puntuales tomadas en momentos especificados, ya que en el entorno laboral no es fácil ni fiable obtener muestras de orina correspondientes a períodos largos de tiempo (p.e., 24 horas), las cuales proporcionarían una información más exacta sobre la eliminación del xenobiótico. Sin embargo, la medida cuantitativa de la exposición a partir de muestras puntuales puede verse afectada por la variabilidad en la producción de orina, debido a factores como: la ingestión de líquidos, la temperatura excesiva, la carga de trabajo, el consumo de medicamentos, etc., que pueden producir efectos de concentración o dilución de la orina y afectar así al resultado de los indicadores.

Por esta razón es necesario corregir estos resultados, refiriéndolos a la concentración de alguna sustancia con mecanismo de excreción renal similar al del compuesto de interés y cuya eliminación se mantenga razonablemente constante a lo largo del tiempo. Actualmente es práctica común referir los resultados de los indicadores a la concentración de creatinina (sustancia que se elimina por filtración glomerular, como la mayor parte de los contaminantes y sus metabolitos) medida en la misma muestra, expresándose los resultados en peso del indicador por unidad de peso de creatinina.

$$C_{\text{correctada}} (\text{mg/g creatinina}) = \frac{C (\text{mg/l orina})}{C_{\text{creatinina}} (\text{g/l orina})}$$

La creatinina es un subproducto del metabolismo muscular y su eliminación diaria en adultos varía entre 1,0 g y 1,6 g. En circunstancias normales, la influencia de la dieta, del estado de hidratación y la diuresis no influyen demasiado en la eliminación de creatinina. El ajuste solo es válido cuando los contaminantes siguen el mismo mecanismo de eliminación que la creatinina, es decir, la filtración glomerular, mientras que la concentración de los contaminantes excretados por difusión tubular (como el óxido nítrico, el metanol, o cuando participa significativamente el transporte tubular activo), no debe ser corregida por creatinina.

Se rechazarán las muestras de orina muy diluidas (creatinina < 0,5 g/l) y las muy concentradas (creatinina > 3,0 g/l), debiendo repetirse en estos casos la toma de muestra y tenerse también en cuenta la existencia de una posible alteración de la función renal que invalidaría el resultado.

Cuando no sea aconsejable esta corrección, los resultados se expresarán directamente en términos de concentración, por ejemplo en miligramos de contaminante o metabolito por litro de orina.

El aire exhalado

Es un medio biológico adecuado para la determinación de indicadores de exposición laboral a disolventes orgánicos volátiles por la buena correlación que presenta con la concentración sanguínea y con la concentración en aire ambiente de dichos contaminantes. Sin embargo, no es útil para compuestos muy solubles en agua como cetonas y alcoholes, para sustancias muy reactivas como la anilina o para sustancias fácilmente metabolizables como el benceno.

La interpretación del resultado es crítica debido a la dependencia del valor medido con la cantidad total de disolvente absorbida, con el tiempo transcurrido desde la absorción y con la velocidad de eliminación pulmonar del sujeto.

La base sobre la que se fundamenta la aplicación del control biológico en este medio es el equilibrio que se establece para la concentración del contaminante entre el aire alveolar y la sangre pulmonar. La difusión de gases y vapores a través de la membrana alvéolo-capilar que separa los alvéolos del torrente sanguíneo es muy rápida, completándose en 0,3 segundos. Ello es debido a que el área de la superficie de la membrana alveolar del pulmón humano oscila entre 50 m² y 100 m² y a que, a su vez, tiene un espesor inferior a 0,5 μm. Ambas circunstancias favorecen una rápida difusión que permite el establecimiento del equilibrio, de acuerdo con lo expresado por la ley de la difusión simple.

La Ley de Fick sobre la difusión simple indica que el volumen de gas por unidad de tiempo que se movi-

liza a través de una membrana de tejido (VD) es directamente proporcional a la superficie de dicha membrana (A) y a la diferencia de presiones parciales entre ambos lados (P1 y P2), e inversamente proporcional al espesor de la membrana (d).

Esta ley puede ser también formulada en término de gradiente de concentraciones (C1 y C2), ya que están directamente relacionadas con las presiones parciales.

$$V_D = \frac{k A (C_1 - C_2)}{d}$$

donde:

(C₁- C₂) es el gradiente de concentración del contaminante existente entre el aire alveolar y la sangre a ambos lados de la membrana

A es la superficie de la membrana alvéolo-capilar

d es el espesor de la membrana alvéolo-capilar

k es el coeficiente de difusión de la sustancia

Dado que la superficie de intercambio A es enorme y que el espesor de la membrana d es despreciable, la velocidad de difusión a través de la membrana dependerá únicamente del gradiente de concentración y de la naturaleza química del tóxico, caracterizada por su coeficiente de difusión.

Una vez que los vapores de disolventes llegan a los pulmones, el equilibrio entre aire alveolar y sangre puede considerarse instantáneo. De tal forma que la relación entre las concentraciones del mismo en sangre pulmonar y aire alveolar será bastante próxima a la de los coeficientes de partición sangre-aire correspondientes. Así, en todo momento hay un equilibrio entre las presiones parciales de disolvente en aire alveolar y la sangre arterial.

Durante el período de exposición, la concentración en aire exhalado irá aumentando con mayor o menor intensidad para estabilizarse tras la primera hora de exposición en el caso de disolventes con un elevado índice de metabolización y solubilidad. En los disolventes poco metabolizados, este crecimiento sigue una función exponencial.

Durante la eliminación, es decir, cuando la presión parcial del disolvente inspirado es nula, la presión parcial en los tejidos es la misma que en la sangre venosa local y su valor es superior a la existente en la sangre arterial. Por ello, el mejor índice del nivel del disolvente en los tejidos es la concentración en la sangre venosa local.

Los valores más elevados de concentración se obtienen al finalizar la exposición o durante el último ter-

cio de la misma. Una vez finalizada la exposición los valores más elevados se producen en el período de tiempo inmediatamente posterior al cese de la exposición, para decrecer exponencialmente.

La toma de muestras del aire exhalado

La captación de una muestra representativa de aire exhalado que sirva para los propósitos del control biológico presenta dificultades debido tanto a la complejidad del mecanismo de eliminación como al escaso éxito obtenido, por el momento, en el diseño de un sistema normalizado de toma de muestra.

El espacio anatómico de los conductos respiratorios (boca, nariz, faringe, tráquea y bronquios) es de unos 150 ml. Por la existencia de este espacio "muerto" la concentración de las sustancias volátiles en el aire exhalado varía durante la expiración.

El aire alveolar, de composición diferente al aire que podríamos denominar "normal", ya que contiene sobre un 5% de dióxido de carbono, 6,5 % de vapor de agua y un 14% de oxígeno, se mezcla con el aire que ocupa el volumen muerto, de forma que, cuando es finalmente expirado, la concentración del contaminante será menor que la que se daba en los alvéolos y era la verdaderamente representativa del fenómeno. El aire exhalado mezclado tiene una composición más parecida a la del aire normal.

Cabe, por tanto, distinguir entre muestra de "aire exhalado mezclado", que es una mezcla de aire alveolar y de aire ambiental retenido en el volumen muerto del sistema respiratorio, y "aire exhalado final", que prácticamente es aire alveolar. No es recomendable el uso del aire exhalado mezclado con fines cuantitativos en el control biológico ya que contiene una proporción de aire alveolar diluida en aire procedente del volumen muerto. La utilización del aire alveolar ofrece mayores ventajas para ser utilizado como un indicador biológico cuantitativo.

El perfil de la concentración de un disolvente en una exhalación simple (Figura 5) permite distinguir tres fases: al inicio de la expiración (la fase I) no se registra presencia de disolvente o solamente trazas del mismo. Esta fase es seguida por una fase II en la que se da un incremento rápido en la concentración de disolvente. Este incremento va decayendo lentamente conforme se va exhalando aire alveolar y se entra en la fase III, donde se observa un ligero gradiente que puede atribuirse a la continua liberación de vapor de disolvente desde los alvéolos. La caída rápida de la concentración que sigue a esta última fase corresponde a la inhalación de aire limpio.

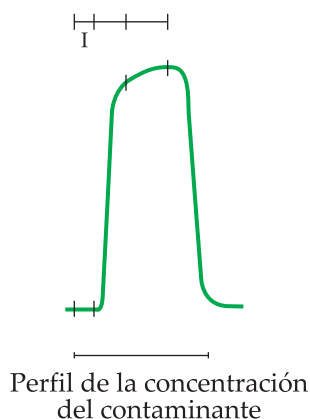


Figura 5. Concentración de un disolvente en una exhalación

Fases I + II + III: aire exhalado mezclado (aire alveolar+aire del volumen muerto)

Fase III: aire alveolar (refleja la concentración en los alvéolos)

Este modelo explicativo de la exhalación es útil para el diseño de un instrumento capaz de captar el aire exhalado durante la fase III, representativa del aire exhalado final o aire alveolar.

La captación de unos 200 ml de aire exhalado correspondiente a esta última parte de la exhalación proporcionaría una muestra válida de aire alveolar suficiente para la determinación del contaminante. Por esta razón, se han de diseñar sistemas que permitan garantizar este tipo de captación.

Pero, como se indicó anteriormente, la mayor dificultad estriba en desarrollar una metodología que utilice la instrumentación adecuada para la recogida de la fracción del aire exhalado que represente al aire alveolar, cuya concentración, a su vez, es la representativa de la concentración del contaminante en sangre y en relación directa también con la concentración ambiental que causó la exposición.

En los últimos tiempos ha decaído un tanto la utilización de este indicador debido a la dificultad comentada y a la retirada progresiva de los valores límite biológicos establecidos o la pérdida del valor cuantitativo que se les asignaba en el pasado.

BIBLIOGRAFÍA

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents; Biological Exposure Indices. Cincinnati, OH, USA: ACGIH. 2013.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. 7ª ed. Cincinnati, OH, USA: ACGIH; 2001.

Deutsche Forschungsgemeinschaft: List of MAK and BAT. Weinheim :VCH Verlagsgesellschaft; (publicación anual).

Deutsche Forschungsgemeinschaft. Introduction to Biological Monitoring. The MAK-Collection Part II: BAT Value Documentations, Vol. 4. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA ; 2005.

European Commission: Occupational Exposure Limits. Recommendations of Scientific Committee for Occupational Exposure Limits (SCOEL) to Chemical Agents 1994-97. Luxembourg: European Commission; 1998.

Scientific Committee for Occupational Exposure Limits. Occupational exposure limits. Recommendations of the Scientific Committee for Occupational Exposure Limits to Chemical Agents. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities; 2003.

World Health Organisation. Guidelines on Biological Monitoring of Chemical Exposure at the Workplace. Geneva: WHO; 1996.

International Union of Pure and Applied Chemistry. Biological monitoring for exposure to volatile organic compounds (VOCs). IUPAC Recommendations 2000. Pure Appl Chem (EE.UU.). 2000; 72(3): 385-436.

Lauwerys R, Hoet P. Industrial Chemical Exposure Guidelines for Biological Monitoring. 2nd ed. Boca Raton, Florida: Lewis Publishers (CRC Press); 1993.

Obiols, J., Huici, A. Control biológico de los trabajadores expuestos a contaminantes químicos. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 1998.

Manini P, De Palma G, Mutti A. Toxicol Lett (Holland). 2007; 168(3): 210 - 218.

Apéndice 11. LOS REGLAMENTOS REACH Y CLP Y SU RELACIÓN CON LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

INTRODUCCIÓN

El Reglamento (CE) n° 1907/2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas (preparados) químicos (REACH), junto con el Reglamento (CE) n° 1272/2008, sobre la clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (CLP), tienen una importante incidencia en la evaluación y control de la exposición a agentes químicos durante el trabajo, especialmente en lo relacionado con los artículos 2 "Definiciones" y 3 "Evaluación de riesgos" del RD 374/2001. En este apéndice, se aporta información sobre aquellos aspectos que tienen una mayor incidencia sobre el contenido de esta Guía Técnica, como son la mejora de la información a través de la cadena de suministro mediante las Fichas de Datos de Seguridad (FDS), el establecimiento de escenarios de exposición, valores DNEL (límites derivados de no efecto), el fomento de la sustitución de agentes químicos y la restricción del uso de determinadas sustancias, debido a su peligrosidad para la salud y el medio ambiente.

El Reglamento REACH nace con el objetivo de paliar la falta de información existente sobre los riesgos para la salud humana y el medio ambiente de un gran número de sustancias fabricadas y comercializadas en la Unión Europea y está basado en el principio de que la industria tiene la obligación de garantizar que las sustancias que fabrica o comercializa no tienen efectos adversos en la salud ni en el medio ambiente y de informar sobre la forma segura de usarlas. Este principio supone un gran cambio en el marco normativo, al trasladar estas responsabilidades a los fabricantes e importadores siendo anteriormente responsabilidad de los Estados. Las principales ventajas que ha supuesto REACH son:

- Los fabricantes, importadores y usuarios intermedios solo fabrican, comercializan o usan sustancias que garantizan un nivel elevado de protección de la salud humana o del medio ambiente. Se crea un registro de todas las sustancias en el que se relacionan, para cada sustancia, los peligros asociados a cada uso posible.
- Las sustancias más peligrosas deberán someterse a un proceso de autorización.
- La obligación de incrementar y mejorar la información existente sobre las sustancias químicas y sus riesgos asociados, así como la obligación de transmitir dicha información en toda la cadena de suministro.
- El introducir el principio de precaución, con el propósito de sustituir las sustancias peligrosas por otras más seguras, siempre que exista una alternativa viable.

La aplicación de este reglamento significa que todo fabricante o importador de una sustancia, como tal o en forma de preparado, en cantidades iguales o superiores a 1 tonelada anual, deberá presentar una solicitud de registro a la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos (ECHA), creada, también por REACH. (Ver NTP n° 871) <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/856a890/871w.pdf>). El proceso se realiza por fases, en función de la peligrosidad y tonelaje de las sustancias a registrar y está previsto que finalice en el año 2018.

El Reglamento (CE) n° 1272/2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas químicas (CLP), incorpora a la UE el Sistema Globalmente Armonizado (SGA, GHS en sus siglas en inglés), que es una regulación aprobada a nivel mundial propiciada por la ONU, cuyo propósito es la armonización de la clasificación e identificación de los productos químicos a nivel mundial, de manera que se facilite y mejore por parte de los usuarios la información sobre los peligros para la salud y el medio ambiente de los mismos. (Ver NTP n° 878) <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/821a921/878w.pdf>.

Los principales cambios que ha supuesto el Reglamento CLP en relación con la anterior normativa (Directivas 67/548/CEE y 99/45/CEE, traspuestas por los RRDD 363/1995 y 255/2003) son:

- Un nuevo sistema de clasificación de la peligrosidad de las sustancias y sus mezclas (nuevas clases y categorías de peligro).
- El uso de unas palabras de advertencia que prefijan el nivel de peligrosidad de la sustancia o mezcla.
- La introducción de nuevos pictogramas, indicaciones de peligro (H) y consejos de prudencia (P) (similares a las frases R y S).

Para facilitar la adaptación de las empresas al nuevo sistema establecido por REACH y CLP, ambos reglamentos se incorporan progresivamente al ordenamiento jurídico. Las sustancias se deben etiquetar y envasar de acuerdo con CLP desde el 1 de diciembre de 2010, con una moratoria de dos años para aquellas que en esa fecha ya estuviesen puestas en el mercado. En el caso de la clasificación de las sustancias y mezclas se ha determinado un intervalo transitorio durante el cual se aplican tanto las disposiciones de los Reglamentos REACH y CLP, como la normativa precedente, es decir, los RRDD 363/1995 y 255/2003. Así, hasta el 1 de junio de 2015 las sustancias deben clasificarse 'doblemente', conforme al CLP y al RD 363/1995.

Dicha 'convivencia' de normativas tiene como objetivo que se puedan seguir clasificando las mezclas según el RD 255/2003. Hasta esta fecha, las mezclas podrán seguir clasificándose, etiquetándose y envasándose con arreglo al RD 255/2003.

En el caso que una mezcla haya sido clasificada, etiquetada y envasada con arreglo al RD 255/2003 y comercializada antes del 1 de junio de 2015 (es decir: que ya se encuentre en la cadena de suministro para esa fecha), el fabricante, importador, usuario intermedio o distribuidor no tendrá que aplicar los requisitos del CLP hasta el 1 de junio de 2017, por lo que hasta esa fecha se podrán seguir viendo etiquetados conforme al RD 255/2003.

En la figura 1 se ofrece una visión general de los plazos de clasificación y etiquetado aplicables.

FICHAS DE DATOS DE SEGURIDAD. ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN

La ficha de datos de seguridad (FDS) es un documento que proporciona información sobre la peligrosidad y el manejo seguro de sustancias y mezclas a los usuarios (empresarios y/o trabajadores), debiendo ser facilitada por el proveedor al usuario en un idioma oficial del Estado en donde se comercialice la sustancia o la mezcla. Los requisitos que deben reunir las FDS se recogen en el título IV del Reglamento REACH y la guía para su elaboración en el anexo II del mismo. Los proveedores están obligados a actualizar y reeditar una FDS cuando se modifique el contenido de la misma, según las causas descritas en el Art. 31.9 del REACH (Ver "Documento de orientación sobre la elaboración de fichas de datos de seguridad" http://echa.europa.eu/documents/10162/13643/sds_es.pdf)

Una FDS debe ser facilitada obligatoriamente por el proveedor siempre que una sustancia o mezcla:

- reúna los criterios para ser clasificada como peligrosa con arreglo al Reglamento CLP; o
- sea clasificada como persistente, bioacumulativa y tóxica (PBT), o muy persistente y muy bioacumulativa (mPmB) con arreglo a los criterios establecidos en el anexo XIII del Reglamento REACH; o
- esté incluida en la lista de candidatas a la autorización (Art. 59.1 del REACH); o
- contenga una o más sustancias peligrosas o con límite de exposición profesional (LEP) establecido, en una concentración $\geq 1\%$ (no gaseosas) y $\geq 0,2\%$ (gaseosas).

La información contenida en las FDS se distribuye en 16 puntos normalizados (secciones):

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

	Legislación	A partir del 20 de enero de 2009	A partir del 1 de diciembre de 2010	A partir del 1 de junio de 2015
Sustancias	Directiva 67/548/CEE (DSD)	Clasificación obligatoria		Derogada
		Etiquetado obligatorio (si no lleva etiqueta CLP)	Sin etiquetado, salvo que se aplique la excepción	
	Reglamento CE nº 1272/2008 (CLP)	Clasificación posible		Clasificación obligatoria
		Etiquetado posible	Etiquetado obligatorio, salvo que se aplique la excepción de 2012	
Mezclas	1999/45/CE (DPD)	Clasificación obligatoria		Derogada
		Etiquetado obligatorio (si no lleva etiqueta CLP)		
	Reglamento CE nº 1272/2008 (CLP)	Clasificación posible		Clasificación obligatoria
		Etiquetado posible		

Figura 1. Plazos de aplicación del Reglamento CLP

8. Controles de exposición/protección individual
9. Propiedades físicas y químicas
10. Estabilidad y reactividad
11. Información toxicológica
12. Información ecológica
13. Consideraciones relativas a la eliminación
14. Información relativa al transporte
15. Información reglamentaria
16. Otra información

El Reglamento REACH introduce el concepto de “escenarios de exposición” que deberán adjuntarse a la FDS, convirtiéndola en lo que se denomina una FDS ampliada. Estos escenarios deberán adjuntarse siempre que se realice una valoración de la seguridad química (CSA) y se cumplimente un informe sobre la seguridad química (CSR), que será en todos aquellos casos en que las sustancias supeditadas a registro se comercialicen en cantidades anuales iguales o superiores a 10 toneladas por solicitante de registro y año o bien cuando un usuario intermedio no tenga registrado su uso por su proveedor.

Se entiende por “escenario de exposición” el conjunto de condiciones, tanto las de funcionamiento (OC) como las medidas de gestión del riesgo (RMM), que describen el modo en que la sustancia se fabrica o se utiliza en su ciclo de vida, así como el modo en que el fabricante o importador recomienda a los usuarios intermedios que controlen la exposición de la población y del medio ambiente. Podrán referirse a un proceso o uso específico o varios procesos o usos según proceda.

Para determinar un “escenario de exposición” se deben conocer con detalle:

- Las características de la sustancia.
- Las características de los procesos, el tipo de la actividad técnica y el nivel de contención, duración y frecuencia de uso.
- El entorno en el que se desarrolla un proceso.

El fabricante, importador o usuario intermedio de la sustancia deberá definir una serie de escenarios de exposición en función de los diferentes usos previstos para la misma. Si un fabricante o importador no puede describir medidas específicas y realistas para el control de los riesgos en un determinado uso, no podrá incluirlo en su escenario de exposición, por lo que el usuario intermedio podría verse obligado a interrumpir tal uso o a efectuar su propia evaluación de la seguridad química. (Ver “Documento de orientación

para los usuarios intermedios” http://echa.europa.eu/documents/10162/13634/du_es.pdf).

Es importante resaltar que la información contenida en los escenarios de exposición es de gran utilidad para la evaluación de riesgos a la que el empresario está obligado en virtud del Real Decreto 374/2001. Sin embargo, el mero cumplimiento de las medidas de control del riesgo incluidas en el “escenario de exposición”, sin más comprobación, no es en absoluto sustitutorio de dicha evaluación de riesgos. En el caso hipotético de que la evaluación de riesgos detectara que dichas medidas no son suficientes para mantener el riesgo a un nivel aceptable, el empresario está obligado a tomar las acciones correctoras pertinentes. Con el objetivo de subsanar tal discrepancia, lógicamente conviene que lo comunique al suministrador, para que este pueda comprobarlo, detectar el problema y, en su caso, corregir el “escenario de exposición”. Asimismo, si un usuario intermedio es capaz de controlar el riesgo de otra forma no incluida en el escenario de exposición, puede comunicarlo, siempre con el objetivo de acabar mejorando y ajustando la información contenida en la ficha de datos de seguridad expandida.

En el caso de artículos que contengan una sustancia peligrosa sujeta a autorización de acuerdo con el Reglamento REACH en una concentración $\geq 0,1\%$ (p/p), el proveedor facilitará al destinatario del artículo la información suficiente que permita el uso seguro del mismo. Si se trata de un consumidor, solo se facilitará a petición de este.

Debe indicarse que la parte empresarial concederá a los trabajadores y a sus representantes acceso a la información contenida en la FDS, relacionada con las sustancias o preparados que se usan o a los que pueden verse expuestos en el transcurso del trabajo.

NIVELES OBTENIDOS SIN EFECTO (DNEL)

Los DNEL (*Derived No Effect Level*) son niveles umbrales de exposición por debajo de los cuales se considera que los riesgos para la salud humana y el medio ambiente están controlados. Es obligatorio establecerlos, según el Reglamento REACH, para todas las sustancias fabricadas o importadas en cantidades iguales o superiores 10 toneladas por solicitante de registro y clasificadas como peligrosas para la salud humana. Están establecidos por los fabricantes e importadores y revisados por la ECHA, exclusivamente en base a criterios de salud.

El nivel sin efecto derivado (DNEL) es el nivel de exposición a la sustancia por encima del cual no deberían quedar expuestos los seres humanos. Este potencial varía según el patrón de exposición a la sustancia. El patrón de exposición suele definirse por una combinación de los siguientes elementos:

- la población que probablemente quede expuesta a la sustancia química; es decir: trabajadores, consumidores o personas expuestas a través del medio ambiente (en algunos casos, pueden considerarse poblaciones vulnerables específicas, como mujeres embarazadas o niños);
- la frecuencia y duración de la exposición, por ejemplo, una única exposición o una exposición continuada durante ocho horas;
- la vía de exposición: oral, cutánea o por inhalación.

Por cada efecto para la salud y cada patrón de exposición relevante, es necesario establecer un DNEL. Los DNEL se calculan dividiendo el valor del descriptor de dosis del efecto para la salud por un factor de seguridad. Los descriptores de dosis se determinan en los estudios toxicológicos sobre los peligros de la sustancia y se suelen expresar en forma de NOAEL, NOAEC, LD₅₀, LC₅₀, etc. Dado que los descriptores de dosis se obtienen a partir de datos experimentales, es necesario un factor de seguridad que permita su extrapolación a situaciones de exposición real de seres humanos.

Para todos los efectos para la salud, se documentará el DNEL más bajo por cada patrón de exposición en el informe de seguridad química (CSR) y en la ficha de datos de seguridad (FDS), según proceda. Estos DNEL se utilizarán posteriormente en la caracterización de riesgos (CSA). Puede que no siempre sea posible establecer un DNEL de cada efecto para la salud. Esto puede ocurrir, por ejemplo, en el caso de la carcinogenicidad, donde no es posible establecer ningún nivel umbral de seguridad. En estos casos, puede desarrollarse un valor semicuantitativo, conocido como nivel derivado con efecto mínimo (*Derived Minimal Effect Level*; DMEL), si los datos lo permiten. Los valores DMEL representan niveles de exposición donde la probabilidad de que aparezca el efecto adverso identificado en una población es suficientemente baja como para que no sea motivo de preocupación. Al igual que los DNEL, los DMEL pueden utilizarse más adelante, en el proceso de caracterización de riesgos.

La caracterización cuantitativa del riesgo para la salud humana se realiza comparando el nivel de exposición estimado para un determinado patrón de exposición con el valor DNEL/DMEL más bajo, es decir, el DNEL/DMEL crítico para ese patrón de exposición. La comparación debe realizarse para cada patrón de exposición resultante de un determinado escenario de exposición. Cuando no se conozca el DNEL/DMEL de un efecto para la salud, será necesario realizar una caracterización cualitativa del riesgo correspondiente a ese efecto. La finalidad de la caracterización cualitativa del riesgo es valorar la probabilidad de que se eviten efectos adversos al implantar el escenario de exposi-

ción. Las condiciones operativas y las medidas de gestión del riesgo han de estar orientadas a reducir o evitar el contacto con la sustancia.

En la práctica, la falta de un DNEL o DMEL para un determinado efecto para la salud (por ejemplo, sensibilización o mutagenicidad), no permite determinar si ese efecto para la salud es más o menos crítico que los otros efectos de los que sí se puede estimar un DNEL/DMEL. Por lo tanto, en esta situación, habrá que realizar dos tipos de caracterización del riesgo diferentes, a fin de garantizar el control de los riesgos. Por una parte, se realizará una caracterización cuantitativa o semicuantitativa del riesgo comparando los niveles de exposición con el DNEL o DMEL crítico y, por otra parte, será necesario realizar una caracterización cualitativa del riesgo correspondiente a los efectos para la salud que no tienen un DNEL/DMEL disponible. Ambas evaluaciones deberán demostrar que los riesgos están bajo control.

La disponibilidad de valores DNEL para la mayoría de sustancias, derivada de la aplicación del Reglamento REACH, puede resultar de gran ayuda para la evaluación de la exposición a agentes químicos, especialmente en aquellos casos en los que no se disponga de un límite de exposición profesional (LEP). De todas formas debe indicarse que los valores DNEL no pueden considerarse como un LEP, ni tampoco como un NOAEL (límite sin efecto observado). A pesar de que todos estos valores están basados en efectos para la salud, la aplicación de distintos factores de corrección, la incorporación de criterios de factibilidad técnicos o económicos (como es el caso de los LEP), la consideración de distintos colectivos afectados (población general o trabajadores) y de las diferentes vías de penetración pueden dar lugar a distintos niveles para una misma sustancia, sin que deba interpretarse, en la mayoría de los casos, que son datos contradictorios. De todas formas, es de esperar que el proceso de establecimiento de valores DNEL, y el consiguiente estudio de su toxicología, reviertan positivamente en la actualización de los valores límite de exposición profesional y viceversa.

Puede consultarse información sobre los valores DNEL estimados para sustancias químicas en la siguiente base de datos publicada por IFA (Insitut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung): <http://www.dguv.de/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-DNEL-Datenbank/index-2.js>

AUTORIZACIÓN Y RESTRICCIÓN DE USO

El Reglamento REACH fomenta la sustitución del uso de aquellas sustancias que presentan una mayor peligrosidad para la salud y el medio ambiente, exigiendo su autorización e imponiendo restricciones a determinados usos. En este sentido no se pueden poner en el mercado o usar, independientemente de su tonelaje, a menos que tengan la correspondiente auto-

rización, las sustancias denominadas de muy alta preocupación (anexo XIV). Entre estas se encuentran:

- Las sustancias cancerígenas, mutágenas y tóxicas para la reproducción (CMR) de categoría 1A y 1B (anteriormente categorías 1 y 2).
- Las sustancias persistentes, bioacumulables y tóxicas (PBT).
- Las sustancias muy persistentes y muy bioacumulables (mPmB).
- Las sustancias que presenten evidencia científica de ser probables causantes de graves efectos en humanos o en el medio ambiente, como los alteradores endocrinos cuya situación debe revisarse, dadas las di-

ficultades técnicas y científicas existentes para su clasificación.

Para estas sustancias los solicitantes deben demostrar que los riesgos asociados a su uso están adecuadamente controlados y analizar si existe una alternativa adecuada de sustitución de la sustancia o de tecnología, en cuyo caso deben preparar un plan de sustitución o informar de sus acciones de investigación y desarrollo para tal fin. La Comisión Europea puede enmendar o retirar cualquier autorización en revisión si están disponibles sustitutos adecuados. Todas las autorizaciones se revisan al cabo de un tiempo. Si durante la revisión aparecen sustitutos adecuados, la Comisión puede corregir o retirar la autorización, incluso si se ha dado en base a su adecuado control.

Peligros físicos			Peligros para la salud		Peligros para el medioambiente	
Clases		Categorías	Clases	Categorías	Clases	Categorías
Explosivos		7	Toxicidad aguda	4	Peligroso para el medioambiente acuático	5
Inflamables	Gases	2	Corrosión/irritación cutánea	2	Peligroso para la capa de ozono	1
	Líquidos	3	Lesiones oculares graves / irritación ocular	2		
	Sólidos	2	Sensibilización respiratoria y cutánea	2		
	Aerosoles	2	Mutagenicidad	2		
Comburentes	Gases	1	Carcinogenicidad	2		
	Líquidos	3	Toxicidad para la reproducción y lactancia	3		
	Sólidos	3	Toxicidad específica - exposición única	3		
Gases a presión		4	Toxicidad específica - exposiciones repetidas	2		
Reacción espontánea		7	Peligro por aspiración	1		
Pirofóricos	Líquidos	1				
	Sólidos	1				
Calentamiento espontáneo		2				
Con agua desprenden gases inflamables		3				
Peróxidos orgánicos		7				
Corrosivos para metales		1				

Figura 2. Clases y categorías de peligro

La autorización se concede siempre de forma temporal y, por lo tanto, está sujeta a renovación después de un determinado tiempo, durante el cual el responsable de la comercialización habrá desarrollado actividades de I+D dirigidas a encontrar alternativas (otras sustancias menos peligrosas u otras tecnologías) que en algunos casos conducirán a la no necesidad de cursar dicha renovación.

La restricción en el uso de sustancias está destinada a regular o prohibir ciertas sustancias y usos que presenten un riesgo inaceptable para la salud o el medio ambiente, pudiendo ser objeto de restricciones cualquier sustancia sola, formando parte de una mezcla o de un artículo. Las restricciones existentes están incluidas en el Anexo XVII del Reglamento REACH.

La Comisión no puede conceder, bajo ningún concepto, una autorización de una sustancia cuyo uso se encuentra restringido.

CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO

La clasificación de peligrosidad de las sustancias y mezclas se efectúa de acuerdo con los criterios establecidos en el Reglamento CLP, así como los requisitos de etiquetado y envasado de toda sustancia o mezcla clasificada como peligrosa.

En el citado reglamento se establecen diversas clases y categorías para los peligros físicos, peligros para la salud y peligros para el medio ambiente (Ver figura 2):

En el Anexo I del Reglamento CLP se establecen los criterios de clasificación para los peligros físicos, peligros para la salud y peligros para el medio ambiente, basados en los datos disponibles sobre las sustancias o mezclas, en la similitud con mezclas similares y en el conocimiento que se tiene sobre la peligrosidad de los componentes de la mezcla, aplicando límites genéricos o específicos, en caso de existir, o sistemas de cálculo, como para la toxicidad aguda (Ver NTP 973 y NTP 974).

Toda esta información se plasma en la etiqueta del producto (sustancia o mezcla) que debe estar adherida al envase y escrita en la lengua oficial del Estado, y cuyo contenido obligatorio es el siguiente:

- el nombre, la dirección y el número de teléfono del proveedor o proveedores
- la cantidad nominal de la sustancia o mezcla contenida en el envase a disposición del público en general, salvo que esta cantidad ya esté especificada en otro lugar del envase
- los identificadores del producto
- los pictogramas de peligro (Ver Figura 2)

- las palabras de advertencia (“peligro” o “atención”)
- las indicaciones de peligro (frases H)
- los consejos de prudencia apropiados (frases P)
- cuando proceda, una sección de información suplementaria

En la etiqueta o el envase de una sustancia o mezcla no deberán figurar indicaciones como «no tóxico», «no nocivo», «no contaminante», «ecológico», ni otras indicaciones que señalen que la sustancia o mezcla no es peligrosa, o sean no consecuentes con la clasificación. (Ver “Documento de orientación sobre etiquetado y envasado de acuerdo con el Reglamento (CE) n° 1272/2008” http://echa.europa.eu/documents/10162/13562/clp_labelling_es.pdf).

El Reglamento CLP no se aplicará a los siguientes productos terminados, destinados al usuario final:

- Medicamentos (uso humano o veterinario)
- Productos cosméticos
- Productos sanitarios, que sean invasivos o se apliquen en contacto directo con el cuerpo humano
- Alimentos o piensos, inclusive cuando sean utilizados como aditivos o como aromatizantes

Tampoco se aplicará a las sustancias y mezclas radiactivas, a sustancias y mezclas sometidas a supervisión aduanera, a sustancias intermedias no aisladas, a sustancias y mezclas destinadas a la investigación y desarrollo científico no comercializadas, a los residuos ni al transporte de mercancías peligrosas, excepto cuando se trate de envases interiores o intermedios.

Un aspecto importante es la lista de sustancias con clasificación armonizada que se incluyen en las tablas 3.1 y 3.2 del Anexo VI del Reglamento CLP, así como la creación del “*Catálogo de Clasificación y Etiquetado*”, que puede consultarse en la página web de la ECHA (<http://echa.europa.eu/es/information-on-chemicals/cl-inventory-database>). En él se relacionan todas las sustancias notificadas, incluyendo la propuesta de clasificación y etiquetado de cada notificante, además de su clasificación armonizada, en caso de estarlo (Ver figura 3).

BIBLIOGRAFÍA

Reglamento (CE) n° 1907/2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de sustancias y preparados químicos (REACH), por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos, se modifica la Directiva 1999/45/CE y se










Pictograma	Referencia/descripción
	GHS01 Bomba explotando
	GHS02 Llama
	GHS03 Llama sobre un círculo
	GHS04 Bombona de gas
	GHS05 Corrosión
	GHS06 Calavera y tibias cruzadas
	GHS07 Signo de exclamación
	GHS08 Peligro para la salud
	GHS09 Medio ambiente

Figura 3. Pictogramas

derogan el reglamento (CEE) nº 793/93 y el reglamento (CE) nº 1488/94, así como la Directiva 76/769/CEE y las Directivas 91/155/CEE, 93/67/ CEE, 93/105/CE y 2001/21/CE.

Reglamento (CE) nº 1272/2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE, 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006.

NTP 871. Regulación UE sobre productos químicos (I): Reglamento REACH. INSHT

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/856a890/871w.pdf>

NTP 878. Regulación UE sobre productos químicos (II).Reglamento CLP: aspectos básicos.

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/821a921/878w.pdf>

NTP 880. Regulación UE sobre productos químicos (III). Reglamento CLP: peligros físicos.

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/821a921/880w.pdf>

NTP 881. Regulación UE sobre productos químicos (IV). Reglamento CLP: peligros para la salud y para el medio ambiente.

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/821a921/881w.pdf>

NTP 973. Reglamento CLP. Criterios generales para la clasificación de mezclas.

NTP 974. Reglamento CLP. Clasificación de mezclas: peligros para la salud.

Documento de orientación para los usuarios intermedios. ECHA. 2008.

http://echa.europa.eu/documents/10162/13634/du_es.pdf

Documento de orientación sobre etiquetado y envasado de acuerdo con el Reglamento. (CE) nº 1272/2008. ECHA

http://echa.europa.eu/documents/10162/13562/clp_labelling_es.pdf

Documento de orientación sobre la elaboración de fichas de datos de seguridad. ECHA 2011.

http://echa.europa.eu/documents/10162/13643/sds_es.pdf

ECHA. Catálogo de clasificación y etiquetado de sustancias.

<http://echa.europa.eu/web/guest/information-non-chemicals/cl-inventory-database>

Guidance for employers on controlling risks from chemicals. Interface between Chemical Agents Directive and REACH at the workplace. European Commission. Employment, Social Affairs and Inclusion. October 2010.

<http://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=6126&langId=en>

Apéndice 12. CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS PARA LA PEQUEÑA EMPRESA

Según lo previsto en la Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2007-2012 (EESST) y cumpliendo lo establecido en la disposición final primera del Reglamento de los Servicios de Prevención, el INSHT ha publicado una Guía orientativa para la elaboración de un documento que contenga el plan de prevención de riesgos laborales, la evaluación de riesgos y la planificación de la actividad preventiva. La Guía, que se dirige esencialmente a las pequeñas empresas, tiene por objetivo facilitar la aplicación de la normativa mediante la **simplificación** de la documentación preventiva, a fin de que esta sea lo más útil, clara y reducida posible; la simplificación implica, a su vez, la racionalización de las actividades cuyas características y resultados se reflejan en la documentación.

Así mismo, la EESST establece que las guías del INSHT, asociadas a los distintos “decretos técnicos” (incluido el RD 374/2001, que encomienda al INSHT la elaboración de la presente Guía), deberán tener un capítulo específico sobre su aplicación a las PYMES; es ese mandato legal el que motiva este capítulo.

Puesto que la Guía de “simplificación” anteriormente mencionada es de carácter transversal, sus criterios y orientaciones son aplicables a los riesgos por exposición a agentes químicos. Lo que se pretende aquí es complementar esa guía con recomendaciones específicas resultantes de aplicar los criterios generales al caso particular de dichos riesgos. Estas recomendaciones, que se presentan a continuación, van básicamente dirigidas a los “recursos especializados” que atienden a las pequeñas empresas: a los Trabajadores designados (TD) y, en particular, a los Servicios de prevención ajenos (SPA), que constituyen, con gran diferencia, la modalidad organizativa más extendida en este tipo de empresas. De hecho, las recomendaciones son aplicables a cualquier empresa, pero son fundamentales para aquellas pequeñas empresas que, al no contar con recursos especializados propios, reciben un asesoramiento externo que es (en mayor o menor medida) puntual y esporádico.

Los TD y SPA tienen, en esencia, dos tipos de funciones: a) promover y apoyar la actividad preventiva que debe gestionar y desarrollar la empresa, y b) realizar las actividades preventivas (como la evaluación de riesgos, por ejemplo) que les están reservadas, por su carácter especializado.

En relación con la función de promoción y apoyo se considera que los TD y SPA deberían **asistir al empresario (y a la organización en su conjunto) con el objetivo de que:**

- Se adquieran solamente productos químicos que cumplan los requisitos legales que sean de aplicación respecto a su envasado, etiquetado y

clasificación y que vayan acompañados de la información adecuada (ficha de datos de seguridad). A tal efecto, en caso de compras repetitivas, se deberían seguir las indicaciones dadas por el TD/SPA y, en el caso de productos “nuevos”, se debería consultar al TD/SPA antes de efectuar la compra. Entre los productos que cumplan con lo anterior, se elegirán preferentemente los productos menos peligrosos y se minimizarán sus cantidades de uso.

- Se disponga de un listado de los productos químicos presentes en la empresa con sus fichas de datos de seguridad a disposición de los trabajadores.
- Antes de contratar a un trabajador, o de cambiarlo de puesto de trabajo, sea sometido, si procede, a un examen de salud con el objetivo de determinar su aptitud para ocupar el nuevo puesto (que supondrá una determinada exposición a ciertos agentes químicos frente a los que el trabajador puede ser especialmente sensible, o que pueden agravar una dolencia ya existente).
- Se adopten las medidas de coordinación que sean necesarias (en particular, de intercambio de información) siempre que los trabajadores puedan sufrir o generar un riesgo por exposición a agentes químicos en el marco de una concurrencia de actividades empresariales. A tal efecto, en caso de situaciones de concurrencia repetitivas, se deberían seguir las indicaciones dadas por el TD/SPA y, en el caso de situaciones “nuevas”, se debería consultar al TD/SPA antes de exponerse a las mismas.
- Se establezca un procedimiento de trabajo, con el asesoramiento del TD/SPA, siempre que la gravedad del riesgo por exposición a agentes químicos dependa significativamente de la forma de realizar la tarea, se controle la correcta aplicación del procedimiento (supervisión) y se informe al TD/SPA, en su caso, de las molestias o quejas expresadas por el trabajador.

Complementariamente, los TD y SPA deberían **realizar las evaluaciones de riesgos y las propuestas de planificación de las actividades preventivas teniendo en cuenta la conveniencia de:**

- Utilizar, cuando sea posible y con la debida prudencia, la directa apreciación profesional o métodos simplificados de evaluación (véase apéndice 4 de esta Guía), para evitar mediciones o justificaciones innecesarias considerando, en cualquier caso, que, si un empresario (siguiendo

el consejo del TD/SPA) decide adoptar una medida para mejorar una situación, no está obligado a justificar tal decisión.

- Establecer la periodicidad de revisión de la evaluación en función de la magnitud de la exposición a los agentes químicos, la naturaleza de los daños potenciales y la posibilidad de que un incremento del riesgo pase desapercibido (por la dificultad de controlarlo).
- Expresar las conclusiones de la evaluación de forma tal que orienten al empresario a la hora de determinar los plazos de adopción de las medidas preventivas y justificar la eventual urgencia de las mismas atendiendo a la naturaleza de los efectos que pueden provocar los agentes químicos a que está expuesto el trabajador.

IV. FUENTES DE INFORMACIÓN

1. LEGISLACIÓN RELACIONADA⁵

Ley 31/1995, de 8.11 (Jefatura del Estado, BOE de 10.11.1995). Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Real Decreto 39/1997, de 17.1 (M^o. de Trabajo y Asuntos Sociales, BOE de 31.1.1997). Reglamento de los Servicios de Prevención.

Decreto 2414/1961, de 30.11 (M^o. de la Presidencia., BOE de 7.12., y rect. de 30.12.1961 y de 7.3.1962). Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas. *Derogado salvo para aquellas comunidades y ciudades autónomas que no tengan normativa aprobada en la materia.*

Orden de 12.1.1963 (M^o. de Trabajo, BOE de 13.3.1963). Normas reglamentarias médicas para reconocimientos, diagnósticos y calificación de las enfermedades profesionales.

Completada por:

Orden de 15.12.1965 (Ministerio de Trabajo, BOE 17.1.1966).

Orden de 9.3.1971 (M^o. de Trabajo., BOE de 16 y 17.3., y rect. de 6.4.1971). Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *Derogada prácticamente en su totalidad.*

Orden de 24.10.79 (M^o. de Sanidad y Seguridad Social, BOE de 7.11.79) sobre protección anti-incendios en los establecimientos sanitarios.

Ley 2/1985, de 21.1 (Jefatura del Estado., BOE de 25.1.1985). Ley de Protección Civil.

Real Decreto 863/1985, de 2 .4 (M^o. de Industria y Energía, BOE de 12.6.1985, y rect. 18.12.1985). Aprueba el reglamento general de normas básicas de seguridad minera.

Real Decreto 407/1992, de 24.4 (M^o. del Interior, BOE de 1.5.1992). Aprueba la Norma Básica de Protección Civil.

Real Decreto 1942/1993, de 5.11 (M^o. de Industria y Energía, BOE de 14.12.1993, y rect.de 7.5.1994). Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.

Resolución de 30.12.1993 (Secretaría General de la Seguridad Social., BOE de 10.1.1994). Considera provisionalmente como enfermedad profesional la detectada en industrias del sector de aerografía textil de la Comunidad Autónoma Valenciana.

Real Decreto Legislativo 1/1994, de 20.6 (M^o. de Trabajo y Seguridad Social, BOE de 29.6.1994). Texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social.

Real Decreto 363/1995, de 10.3 (M^o. de la Presidencia, BOE de 5.6.1995). Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas,

Ha sido modificada por diversas disposiciones hasta el 2010, resaltamos por su importancia la Ley 8/2010, de 31.3 (Jef. Est., BOE de 1.4.2010). Por la que se establece el régimen sancionador derivado de la normativa europea. Actualmente el RD 363/1995 está siendo superado por la legislación europea, directamente aplicable a España sobre la materia (REACH y CLP).

Reglamento (CE) 1907/2006, de 18.12 (DOUE L 30.12.2006; rect. 29.5.2007 y 31.5.2008). Regula el registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos (**REACH**) y deroga diversa normativa. Y sus *modificaciones, destacando: Reglamento (CE) n^o 1272/2008* del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16.12.2008 (DOUE L 353, de 31.12.2008), sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (**CLP**). *A su vez modificado.* Ambos aplicados por: **Real Decreto 1237/2011**, de 8.9 (BOE de 28.9.2011) Por el que se establece la aplicación de exenciones por razones de defensa, en materia de registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias y mezclas químicas.

Real Decreto 400/1996, de 1.3 (M^o. de Industria y Energía, BOE de 8.4.1996). Dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.

Real Decreto 485/1997, de 14.4 (M^o. de Trabajo y Asuntos Sociales, BOE de 23.4.1997). Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, modificado por: Real Decreto 2177/2004, de 12.11. (M^o. Presidencia, BOE de 13.11.2004). *Anexo I, A.9.*

Real Decreto 486/1997, de 14.4 (M^o. de Trabajo y Asuntos Sociales, BOE de 23.4.1997). Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Real Decreto 773/1997, de 30.5. (M^o. de la Presidencia, BOE de 12.6., rect. 18.7.1997). Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

⁵ Legislación actualizada a fecha 7.3.2013.

Real Decreto 665/1997, de 12.5 (M^o. de la Presidencia, BOE de 24.5.1997). Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

Real Decreto 1215/1997, de 18.7 (M^o. de la Presidencia, BOE de 7.8.1997). Se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Real Decreto 1253/1997, de 24.7 (M^o. de Fomento, BOE de 19.8.1997). Condiciones mínimas exigidas a los buques que transporten mercancías peligrosas o contaminantes, con origen o destino en puertos marítimos internacionales.

Real Decreto 1389/1997, de 5.9 (M^o. de Industria y Energía, BOE de 7.10.1997). Aprueba las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y salud de los trabajadores en las actividades mineras.

Real Decreto 2115/1998, de 2.10. (M^o. de la Presidencia., BOE de 16.10.1998 y rect. de 26.3.1999). Transporte de mercancías peligrosas por carretera, *derogado casi totalmente por Real Decreto 551/2006*.

Real Decreto 1254/1999, de 16.7. (M^o. de la Presidencia., BOE de 20.7 y rect. de 4.11.1999). Se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

Ley Orgánica 15/1999, de 13.12 (Jefatura del Estado, BOE de 14.12.1999) Normas reguladoras de la protección de datos de carácter personal.

Real Decreto 379/2001, de 6.4 (M^o. de Ciencia y Tecnología, BOE de 10.5., y rect. de 19.10.2001). Aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE-APQ-1, MIE-APQ-2, MIE-APQ-3, MIE-APQ-4, MIE-APQ-5, MIE-APQ-6, MIE-APQ-7, MIE-APQ-8 y MIE-APQ-9.

Real Decreto 412/2001, de 20.4 (M^o. de la Presidencia, BOE de 8.5.2001) por el que se regulan diversos aspectos relacionados con el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril.

Real Decreto 783/2001, de 6.7 (M^o. de la Presidencia, BOE de 26.7.2001). Aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.

Real Decreto 842/2002, de 2.8 (M^o. Ciencia y Tecnología, BOE de 18.9.2002). Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Real Decreto 1054/2002, de 11.10 (M^o. de la Presidencia, BOE de 15.10.2002). Regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas.

Real Decreto 255/2003, de 28.2 (M^o. de la Presidencia, BOE de 4.3.2003). Aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.

Real Decreto 681/2003, de 12.6 (M^o. de la Presidencia, BOE de 18.6.2003). Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

Real Decreto 1196/2003, de 19.9 (M^o. del Interior, BOE de 9.10.2003). Aprueba la Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas.

Real Decreto 171/2004, de 30.1 (M^o. de Trabajo y Asuntos Sociales, BOE de 31.1., y rect. de 10.3.2004). Por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.

Real Decreto 210/2004, de 6.2 (M^o. de Fomento, BOE de 14.2.2004). Establece un sistema de seguimiento y de información sobre el tráfico marítimo.

Real Decreto 2267/2004, de 3.12 (M^o. de Industria, Turismo y Comercio., BOE de 17.12.2004, y rect. de 5.3.2005). Aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

Real Decreto 824/2005, de 8.7 (M^o. de la Presidencia, BOE de 19.7.2005) sobre productos fertilizantes.

Real Decreto 314/2006, de 17.3 (M^o. de la Vivienda, BOE de 23.3.2006), por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

Real Decreto 396/2006, de 31.3 (M^o. de la Presidencia, BOE de 11.4.2006). Establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.

Real Decreto 551/2006, de 5.5 (M^o. de la Presidencia, BOE de 12.5.2006). Se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español.

Real Decreto 888/2006, de 21.7 (M^o. de Industria, Turismo y Comercio, BOE de 31.8.2006). Aprueba el Reglamento sobre almacenamiento de fertilizantes a base de nitrato amónico con un contenido en nitrógeno igual o inferior al 28 por ciento en masa.

Real Decreto 1299/2006, de 10.11 (M^o. de Trabajo y Asuntos Sociales, BOE de 19.12.2006). Aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.

Real Decreto 393/2007, de 23.3 (M^o. del Interior, BOE de 24.3.07), por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección (NBA) de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia.

Real Decreto 1644/2008, de 10.10 (M^o. de la Presidencia, BOE de 11.10.2008), por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

Real Decreto 1802/2008, de 3.11 (M^o. de la Presidencia, BOE de 4.11.2008). Modifica el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, aprobado por Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, con la finalidad de adaptar sus disposiciones al Reglamento (CE) n.º 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo (Reglamento REACH).

Real Decreto 298/2009, de 6.3 (M^o. de la Presidencia, BOE de 7.3.2009). En relación con 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.

Reglamento (CE) n.º 1107/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 21.10 (DOUE L 252/26 19.9.2012) relativo a la comercialización de productos fitosanitarios y por el que se derogan las directivas 79/117/CEE y 91/414/CEE del Consejo.

Real Decreto 717/2010, de 28.5 (M^o. de la Presidencia, BOE de 28.6.2010). Modifica el Real Decreto 363/1995, de 10.3.1995, que aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas y el Real Decreto 255/2003, de 28.2.2003, que aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos. *Ambos ya superados por la legislación europea actual directamente aplicable a España.*

Orden ITC/933/2011, de 5.4, por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria 2.0.03, "protección de los trabajadores contra el polvo, en las actividades de la minería de las sales solubles sódicas y potásicas" del Reglamento general de normas básicas de seguridad minera. BOE n.º 90, de 15.4.2011. *Anexo. Puntos 4.1 y 5.*

Real Decreto 843/2011, de 17.6 (M^o. de la Presidencia, BOE de 4.7.2011) por el que se establecen los criterios básicos sobre la organización de recursos para desarrollar la actividad sanitaria de los servicios de prevención.

Ley 22/2011, de 28.7 (Jefatura del Estado, BOE de 29.7.2011). De residuos y suelos contaminados.

Orden FOM/3553/2011 de 5.4, por la que se modifica el Anexo 2 del Real Decreto 1749/1984, de 1.8, por

el que se aprueban el Reglamento Nacional sobre el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea y las Instrucciones Técnicas para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea, para actualizar las Instrucciones Técnicas.

Real Decreto 1070/2012, de 13.7 (M^o. del Interior, BOE de 9.8.2012). Por el que se aprueba el Plan estatal de protección civil ante el riesgo químico.

Real Decreto 1311/2012, de 14.9 (M^o. de la Presidencia, BOE de 15.9.2012). Por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios.

Legislación de la Unión Europea pendiente de transposición (a 6-11-2012)

Directiva 2012/18/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de julio de 2012 (DOUE 24.7.2012), relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas y por la que se modifica y ulteriormente deroga la Directiva 96/82/CE.

2. PUBLICACIONES DEL INSHT

La mayoría de publicaciones del INSHT, entre ellas la colección completa de **Notas Técnicas de Prevención**, pueden consultarse y descargarse gratuitamente a través del catálogo de publicaciones de su página web: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/Catalogo%202012.pdf>

Los contenidos en materia de riesgo químico se encuentran organizados en un portal temático estructurado por temas para facilitar su consulta: http://www.insht.es/portal_riesgoquimico

Se citan a continuación algunos textos no descargables:

Aguilar Franco, J. et al. Riesgo químico: sistemática para la Evaluación Higiénica. INSHT. 2011.

Bartual, J. et al. Riesgo químico. INSHT. 2007.

Bernal Domínguez, F. et al. Higiene industrial. INSHT. 2008.

Bernal, F. et al. Evaluación de las condiciones de trabajo en pequeñas y medianas empresas. INSHT, 1996.

Berenguer Subils, M. J. et al. Calidad de aire interior. INSHT. 2008.

Bestratén Belloví, M. et al. Seguridad en el trabajo. INSHT. 2011.

Cavallé Oller, N. et al. Higiene industrial. Problemas resueltos. INSHT. 2006.

Guimaraens Juanena, M. D. Exposición dérmica laboral. INSHT, 2004.

Obiols, J., Huici, A. Control biológico de los trabajadores expuestos a contaminantes químicos. INSHT, 1998.

3. NORMAS TÉCNICAS

Se relacionan las normas técnicas citadas en el texto de la Guía y sus apéndices:

UNE-EN 689:1996. Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición. AENOR, 1996.

UNE-EN 1540:2012. Exposición en el lugar de trabajo. Terminología.

UNE-EN 481:1995. Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles. (Versión oficial EN 481:1993).

UNE-EN 60812:2008. Técnicas de análisis de la fiabilidad de sistemas. Procedimiento de análisis de los modos de fallo y de sus efectos (AMFE).

UNE-EN ISO 12100:2012. Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010)

UNE-EN ISO 14121-1:2008. Seguridad de las máquinas. Evaluación del riesgo. Parte 1: Principios. AENOR

UNE-EN 626-1:1995 + A1:2008. Seguridad de las máquinas. Reducción del riesgo para la salud debido a sustancias peligrosas emitidas por las máquinas. Parte 1: Principios y especificaciones para los fabricantes de maquinaria. AENOR

UNE-EN 626-2:1997 + A1:2008. Seguridad de las máquinas. Reducción del riesgo para la salud debido a sustancias peligrosas emitidas por las máquinas. Parte 2: Metodología para especificar los procedimientos de verificación. AENOR

UNE-EN 1127-1:2008. Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: Conceptos básicos y metodología. AENOR

UNE-EN 1127-2:2003 + A1: 2008. Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 2: Conceptos básicos y metodología para minería. AENOR

UNE-EN 482:2007. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos. AENOR

UNE-EN 482:2012 Exposición en el lugar de trabajo - Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos de medida de los agentes químicos. AENOR

UNE-EN ISO/IEC 17025: 2005. Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. AENOR.

UNE-EN 13205:2002. Atmósferas en el lugar de trabajo. Evaluación del funcionamiento de los instrumentos para la medición de concentraciones de aerosoles. AENOR

UNE-EN 838:2010. Exposición en el lugar de trabajo. Procedimientos de medida de gases y vapores que utilizan muestreadores por difusión. Requisitos y métodos de ensayo. AENOR

UNE-EN 1076:2010. Exposición en el lugar de trabajo. Procedimientos de medida de gases y vapores que utilizan muestreadores por aspiración. Requisitos y métodos de ensayo. AENOR

UNE-EN 1231:1997. Atmósferas en el lugar de trabajo. Sistemas de medición por tubos detectores de corta duración. Requisitos y métodos de ensayo. AENOR

UNE-EN 1232:1997. Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para el muestreo personal de los agentes químicos. Requisitos y métodos de ensayo. AENOR

UNE-EN 12919:2000. Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para el muestreo de los agentes químicos con un caudal volumétrico superior a los 5 l/min. Requisitos y métodos de ensayo. AENOR

UNE-EN 13890:2010. Exposición en el lugar de trabajo. Procedimientos para la medida de metales y no metales en partículas en suspensión en el aire. Requisitos y métodos de ensayo.

UNE-EN 45544. Atmósferas en lugares de trabajo. Material eléctrico utilizado para la detección directa y la medición directa de la concentración de gases y vapores tóxicos. Partes 1-4. AENOR

UNE-EN ISO/IEC 17025:2005. Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración. AENOR

UNE-EN ISO 9000:2005. Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario. (ISO 9000:2005). AENOR

Vocabulario Internacional de Medida. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados. 3ª edición en español. Centro español de Metrología. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2008.

UNE-EN 13832-3:2007. Calzado protector frente a productos químicos. Parte 3: Requisitos para el calzado con alta resistencia a productos químicos en condiciones de laboratorio. AENOR

CEN/TR 15278:2005. Workplace exposure - Strategy for the evaluation of dermal exposure. CEN

CEN/TS 15279:2005. Workplace exposure - Measurement of dermal exposure - Principles and methods. CEN

ENV 13005:1999. Guide to the expression of uncertainty in measurement. CEN

ISO 11843-1: 1997. Capability of detection - Part 1: Terms and definitions. ISO

ISO 3534-1:2008. Statistics - Vocabulary and symbols - Part 1: General statistical terms and terms used in probability. ISO

ISO 78/2:1982. Química. Planes de normas. Parte 2: Métodos de análisis químico. ISO

BC/CEN/ENTR/000/2002-16 - Analytical Methods for Chemical Agents.

4. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION. Quality Assurance Manual for Industrial Hygiene Chemistry, USA, 1988.

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. Guidelines for Engineering Design for Process Safety. A.I.Ch.E., New York, USA, 1993.

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. Guidelines for Chemical Reactivity Evaluation and Application to Process Design. A.I.Ch.E., New York, USA, 1995.

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. Guidelines for Preventing Human Error in Process Safety. A.I.Ch.E., New York, USA, 1994.

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. Guidelines for Safe Automation of Chemical Process, A.I.Ch.E., New York, USA, 1993.

Barton, J., Rogers, R. Chemical Reaction Hazards. Institution of Chemical Engineers, Rugby, U.K., 1997.

Broughton, J. Process Utility Systems. Introduction to design operation and maintenance. Institution of Chemical Engineers, Rugby, U.K., 1994.

Garfield, D.M. Principios de Garantía de Calidad para Laboratorios Analíticos. AOAC International, Edición española, Arlington, VA, USA, 1993.

Jones, D. Nomenclature for Hazard and Risk Assessment in the Process Industries, 2nd ed. Institution of Chemical Engineers, Rugby, U.K., 1994.

Kletz, T. A. What Went Wrong? Case Histories of Process Plant Disasters. Gulf Publishing Company, Houston, U.S.A., 1986.

Kletz, T. A. Learning from Accidents in Industry, Butterworth and Co. (Publishers) Ltd., London, UK, 1988.

Kletz, T. A. Lessons from Disaster. Institution of Chemical Engineers, Rugby, U.K., 1993.

Kletz, T. A. HAZOP and HAZAN. Identifying and Assessing Process Industry Hazards, 3rd ed. Institution of Chemical Engineers, Rugby, U.K., 1992.

Lauwerys, R. Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. 2ª Ed. Editorial Masson. Paris, 1982.

Lees, F. P. Loss Prevention in the Process Industries. 2nd ed. Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, 1996.

Repetto, M. Toxicología avanzada. Ediciones Díaz de Santos, Madrid, España, 1995.

OIML V1: 2000, Vocabulario Internacional de términos de Metrología Legal (VIML).

Patty's Industrial Hygiene and Toxicology. 2nd Ed. Patty, F.A. John Wiley & Sons. New York, 1982.

Taylor, J. K. Quality Assurance of Chemical Measurements. Lewis Publishers Inc., Michigan, USA, 1990.

THE DOW CHEMICAL COMPANY. Índice de incendio y explosión (Índice Dow). Guía para la clasificación de riesgos. Traducción al español por el INSHT de la 5ª (agotada) y 7ª ediciones del Fire and Explosion Index Hazard Classification Guide. The Dow Chemical Company, Midland, Michigan, USA, 1994 (revisión de 1997).

Vocabulario Internacional de Metrología (VIM). Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados. 3ª Edición en español. Centro Nacional de Metrología. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2008.

V. DIRECCIONES PARA INFORMACIÓN

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo:

Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. C/ Torreleguna, 73 - 28027 MADRID
Tfn. 91 363 41 00. Fax 91 363 43 27.
Correo electrónico: cnntinsht@insht.meyss.es

Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. C/ Dulcet, 2 - 08034 BARCELONA
Tfn. 93 280 01 02. Fax 93 280 36 42.
Correo electrónico: cncinsht@insht.meys.es

Centro Nacional de Medios de Protección. C/ Carabela La Niña, nº 16,
41007 SEVILLA. Tfn. 95 451 41 11 Fax 95 467 27 97
Correo electrónico: cnmpinsht@insht.meys.es

Centro Nacional de Verificación de Maquinaria. Camino de la Dinamita, s/n
Monte Basatxu-Cruces - 48903 BARAKALDO (BIZKAIA)
Tfn. 94 499 02 11 - 94 499 05 43 Fax 94 499 06 78
Correo electrónico: cnvminsht@insht.meys.es

Para cualquier observación o sugerencia a esta Guía puede dirigirse al

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Centro Nacional de Condiciones de Trabajo

C/ Dulcet, 2 - 08034 BARCELONA

Tfn. 93 280 01 02. Fax 93 280 36 42.

Correo electrónico: cncinsht@insht.meys.es



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE EMPLEO
Y SEGURIDAD SOCIAL



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO