

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



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL

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



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL

insst
Instituto Nacional de
Seguridad y Salud 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

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Edita:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.
C/ Torrelaguna 73, 28027 Madrid
Tel. 91 363 41 00, fax 91 363 43 27
www.insst.es

Composición:

Servicios Gráficos Kenaf, S.L.
C/ González Dávila, 20 - 4º Izq. Oficina 43 D - 28031 Madrid
Tel. 91 380 64 71
info@kenafsl.com

Edición:

Madrid, agosto 2022

NIPO (papel): 118-22-038-2

NIPO (en línea): 118-22-039-8

Depósito legal: M 12330-2022

Hipervínculos:

El INSST no es responsable ni garantiza la exactitud de la información en los sitios web que no son de su propiedad. Asimismo la inclusión de un hipervínculo no implica aprobación por parte del INSST del sitio web, del propietario del mismo o de cualquier contenido específico al que aquel redirija.

Histórico de revisiones:

2000

Mayo 2003

Noviembre 2013

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:

<http://cpage.mpr.gob.es>

Catálogo de publicaciones del INSST:

<https://www.insst.es/catalogo-de-publicaciones>



Presentación

El artículo 8 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales establece como función del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo¹ (INSST), entre otras, la realización de actividades de información y divulgación en materia de prevención de riesgos laborales.

Por otra parte, el artículo 5.3 del Reglamento de los Servicios de Prevención contempla la posibilidad de que se utilicen guías del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo "*cuando la evaluación exija la realización de mediciones, análisis o ensayos y la normativa no indique o concrete los métodos que deben emplearse, o cuando los criterios de evaluación contemplados en dicha normativa deban ser interpretados o precisados a la luz de otros criterios de carácter técnico*".

La disposición final primera del 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, establece que "*El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 3 del artículo 5 del RD 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*".

La presente guía, actualizada a fecha agosto 2022, ha sido elaborada en cumplimiento de este mandato legal y tiene por objetivo facilitar la aplicación del mencionado real decreto proporcionando criterios e información técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo.

Carlos Arranz Cordero
DIRECTOR DEL INSST

¹ El actual Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A, M.P. ha cambiado de denominación en los últimos años, pudiendo aparecer en otras publicaciones citado como Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) o como Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT). En la presente guía técnica se utilizará, en todos los casos, su denominación actual (INSST), excepto cuando así se encuentre expresamente indicado en un texto legal, por ser anterior al cambio de denominación, y se haga una mención literal del mismo.

Índice

I. INTRODUCCIÓN	7
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	8
Preámbulo del Real Decreto 374/2001.	8
Artículo 1. Objeto y ámbito de aplicación	9
Artículo 2. Definiciones	11
Artículo 3. Evaluación de los riesgos	13
Artículo 4. Principios generales para la prevención de los riesgos por agentes químicos. .	26
Artículo 5. Medidas específicas de prevención y protección	29
Artículo 6. Vigilancia de la salud	40
Artículo 7. Medidas a adoptar frente a accidentes, incidentes y emergencias.	45
Artículo 8. Prohibiciones	50
Artículo 9. Información y formación de los trabajadores	52
Artículo 10. Consulta y participación de los trabajadores	54
Disposición derogatoria única. Derogación normativa.	55
Disposición final primera. Elaboración y actualización de la Guía técnica	55
Disposición final segunda. Facultad de desarrollo	55
Disposición final tercera. Entrada en vigor.	56
Anexo I. Lista de valores límite ambientales de aplicación obligatoria	56
Anexo II. Valores límite biológicos de aplicación obligatoria y medidas de vigilancia de la salud	56
Anexo III. Prohibiciones.	56
III. APÉNDICES	57
Apéndice 1. Definiciones y consideraciones sobre la valoración de la exposición tomadas del Documento sobre Límites de Exposición Profesional para agentes químicos en España	57
Apéndice 2. Información sobre la peligrosidad de los agentes químicos.	62
Apéndice 3. Métodos de evaluación del riesgo por accidente	65
Apéndice 4. Evaluación de la exposición a agentes químicos. Aplicación de la norma UNE-EN 689:2019+AC:2019	69
Apéndice 5. Evaluación de la exposición a agentes químicos. Métodos cualitativos y modelos de estimación de la exposición	95
Apéndice 6. Métodos de medición para agentes químicos.	98
Apéndice 7. Calidad en las mediciones de agentes químicos	103
Apéndice 8. Técnicas de ventilación para el control de agentes químicos.	107
Apéndice 9. Criterios generales para la selección y utilización de equipos de protección individual frente a agentes químicos	111
Apéndice 10. Exposición a agentes químicos por vía dérmica.	123
Apéndice 11. Control biológico de la exposición a agentes químicos.	125
Apéndice 12. Los Reglamentos REACH y CLP y su relación con la prevención de riesgos laborales.	132
Apéndice 13. Consideraciones específicas para la pequeña empresa.	140
IV. FUENTES DE INFORMACIÓN	142
A. Documentos citados en la guía.	142
Normativa legal relacionada	142
Normas técnicas	143
Publicaciones del INSST	144
Otra bibliografía citada en la guía	146
B. Otros documentos no citados en la guía.	147
C. Referencia a la web de organismos de interés	147

I. INTRODUCCIÓN

La presente Guía tiene por objeto facilitar la aplicación del 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. Este real decreto transpone al ordenamiento jurídico español la Directiva 98/24/CE del Consejo, de 7 de abril, y la Directiva 2000/39/CE de la Comisión, de 8 de junio.

Para conseguir este objetivo, la guía proporciona herramientas para la identificación de las situaciones de riesgo debido a las condiciones de utilización o de exposición a agentes químicos peligrosos, y propone procedimientos específicos de evaluación del mismo.

El Real Decreto 374/2001 regula la protección de los trabajadores frente al conjunto de los riesgos que tienen su origen en los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo, incluyendo los factores de riesgo cuyos efectos se manifiestan tanto a largo como a corto plazo.

Al tratar el riesgo de enfermedad derivada de la exposición por inhalación a los agentes químicos, el real decreto adopta los criterios usualmente empleados por la higiene industrial, estableciendo la medición de las concentraciones ambientales como el método general en el que basar la evaluación del riesgo debido a la exposición por inhalación y los valores límite ambientales (VLA) como herramienta fundamental de valoración de dicho riesgo. El real decreto remite explícitamente a los valores publicados por el INSST y recomendados por la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, a excepción de ciertos agentes químicos que tienen valores límite europeos, y que son los recogidos en el anexo I del Real Decreto 374/2001, en el anexo III del Real Decreto 665/1997 y en el artículo 4 del Real Decreto 396/2006.

Sin embargo, hay que destacar que el real decreto también establece que la medición de la concentración ambiental puede no ser necesaria en aquellas situaciones en las que, por otros medios de evaluación, pueda probarse que se ha logrado una adecuada prevención y protección. Esto da la posibilidad de llevar a cabo una evaluación cualitativa del riesgo derivado de la exposición por inhalación.

Respecto al riesgo de accidente derivado de la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo, en particular incendios, explosiones y reacciones químicas peligrosas, el real decreto regula determinados aspectos preventivos e incluye, en concreto, disposiciones relativas a la limitación de concentraciones ambientales peligrosas y a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas. Además, desarrolla de manera específica lo dispuesto con carácter genérico en los artículos 20 y 21 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (en adelante, LPRL) sobre actuaciones en situaciones de accidentes, incidentes y emergencias.

La principal novedad que incluye esta guía técnica es la actualización del apéndice 4, dedicado a la evaluación cuantitativa de la exposición, donde se recogen y desarrollan los criterios de evaluación que propone la Norma UNE-EN 689:2019+AC:2019 "Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional", que anula la anterior norma de 1996.

Esta norma ha introducido un nuevo procedimiento para la evaluación del riesgo derivado de la exposición por inhalación de agentes químicos. Este apéndice, de acuerdo con la metodología desarrollada en la citada norma, pone a disposición de los técnicos las directrices para obtener mediciones representativas de la exposición de los trabajadores y trabajadoras, así como un procedimiento para, a partir de un número reducido de mediciones, demostrar que la exposición de los trabajadores no supera el valor límite.

Con el fin de facilitar la utilización de esta Guía técnica, se incluye el articulado del Real Decreto 374/2001 (en su versión consolidada a fecha de la edición de esta guía) en recuadros de color, intercalando, cuando se ha considerado necesario, las observaciones o aclaraciones pertinentes y/o refiriendo a los apéndices donde se ha considerado oportuno.

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 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, 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, 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.

Además de la Directiva 2000/39/CE, se han aprobado las Directivas 2006/15/CE, 2009/161/UE, (UE) 2017/164 y (UE) 2019/1831, que establecen una se-

gunda, tercera, cuarta y quinta 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.

El Real Decreto 374/2001 constituye una norma de desarrollo reglamentario de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (en adelante, LPRL) para su aplicación en los trabajos en los que existan riesgos por la presencia de agentes químicos. Por tanto, las obligaciones específicas establecidas en este real decreto deben entenderse e interpretarse a la luz de los preceptos de carácter general contenidos en la citada ley.

Este real decreto tiene por objeto la protección de la seguridad y la salud 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 que se realice con agentes químicos (véase la definición en el artículo 2). No considera la prevención de los riesgos patrimoniales, los riesgos para la salud pública o los riesgos para el medioambiente que puedan también derivarse del trabajo con agentes químicos.

Este real decreto será de aplicación tanto a los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo en condiciones de trabajo normales como a los que puedan aparecer en situaciones laborales anómalas en caso de incidentes, accidentes o emergencias (descontrol de procesos químicos, fugas, errores de manipulación, ac-

cidentes y similares), debiendo actuar en estos casos conforme a lo indicado en el artículo 7.

El Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, en su artículo 7.2, dedicado a las condiciones ambientales, establece que *“La exposición a los agentes físicos, químicos y biológicos del ambiente de trabajo se regirá por lo dispuesto en su normativa específica”*.

Así, el Real Decreto 374/2001 será de aplicación no solo si la presencia de agentes químicos en el ambiente de trabajo está originada por la actividad laboral, sino también si es 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 introducidos en el ambiente de trabajo por el sistema de ventilación; los contaminantes producidos por operaciones de limpieza 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 y la contaminación producida por personal ajeno a la empresa presente en los locales de trabajo.

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:

- 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:
 - 1.º El Real Decreto 2115/1998, de 16 de octubre, sobre transporte de mercancías peligrosas por carretera.
 - 2.º El Reglamento Nacional para el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril.
 - 3.º 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.

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

5.º 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 para la protección de las personas trabajadoras contra los riesgos derivados de la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo sin perjuicio de las disposiciones específicas a este respecto contenidas en las 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.

En relación con la normativa sobre protección de las personas trabajadoras frente a determinados riesgos, de forma no exhaustiva, se puede citar la siguiente:

- El Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.
- 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.
- El Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
- El Real Decreto 1196/2003, de 19 de septiembre, 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.
- El Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10.
- El Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español, que transpone la Directiva 2008/68/CE en lo que afecta al transporte por carretera, y que deroga el Real Decreto 551/2006, de 5 de mayo, que a su vez derogaba el Real Decreto 2115/1998.
- El Real Decreto 210/2004, de 6 de febrero, por el que se establece un sistema de seguimiento y de información sobre el tráfico marítimo, que regula el transporte marítimo de mercancías peligrosas en aguas en las que España ejerce soberanía, derechos soberanos o jurisdicción. Este real decreto deroga el Real Decreto 1253/1997 e incluye las definiciones de los códigos IMDG, IBC e IGC 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, establecido en el artículo 3 de la misma. Esto significa que, en cualquier caso en el que sea de aplicación este real decreto, el empresario deberá garantizar también el cumplimiento de los preceptos de carácter general contemplados en la LPRL, así como los contenidos en el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (en adelante, RSP) y en el resto de sus normas reglamentarias de desarrollo.

En particular, deben tenerse en cuenta las disposiciones generales de la LPRL 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 o a cualquier actividad con agentes químicos.

En el caso particular de las pequeñas y medianas empresas se tendrá en cuenta lo dispuesto en la Guía técnica para la integración de la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa así como en la Guía técnica "Simplificación documental", elaboradas por el INSST.

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 contacto del mismo con la persona trabajadora, normalmente por inhalación o por vía dérmica, aunque también es 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, la posibilidad de que se produzcan daños viene condicionada directamente por la naturaleza del agente químico. Por ello, la evaluación de riesgos 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 LPRL 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”*.

Los daños derivados del trabajo ocasionados por la presencia de un agente químico en el lugar de trabajo pueden producirse en tres situaciones básicas:

- Exposición al agente (por ejemplo, vapor de un agente químico peligroso presente normalmente en el ambiente).

- Exposición accidental al agente (por ejemplo, salpicadura de un producto corrosivo o escape al ambiente de un gas tóxico).
- Sin que exista exposición al agente (por ejemplo, incendio o explosión de un producto inflamable o explosivo, respectivamente).

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 apartado 2, no incluiría los riesgos en los que, sin existir contacto con el agente químico, ocasionan daños de forma inmediata. Es decir, no incluiría los riesgos por accidente (incendio, explosión, reacciones químicas peligrosas, etc.), cuya prevención también es un contenido importante de este real decreto.

Por lo tanto, y tal como se deduce de la definición de riesgo en la LPRL (*“posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo”*), debe interpretarse que en la definición de riesgo dada en este real decreto, el concepto de *“exposición a agentes químicos”* se refiere a *“la presencia del agente químico en el lugar de trabajo”*. De esta manera englobará tanto el riesgo por exposición (presencia y contacto) como el

riesgo por accidente (presencia pero no necesariamente contacto).

En relación con la calificación de los riesgos, se deben tomar en consideración la probabilidad de materialización del daño y la severidad o gravedad del mismo. Sin embargo, en la ponderación global tiene más peso este último factor (la gravedad del daño). Así, 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. De esta manera, 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 o, lo que es lo mismo, de que se trate de un riesgo por exposición o de un riesgo por accidente) vendrá dada por la seve-

ridad de los daños a la salud, teniendo en cuenta como factor corrector la probabilidad de que se materialicen los mismos.

Para valorar la gravedad del riesgo por exposición a agentes químicos se debe considerar:

- La naturaleza del agente químico en cuestión. Es importante señalar que la gravedad del riesgo por exposición será tanto mayor cuanto mayor sea la severidad de los daños asociados. En ese sentido deben considerarse prioritarios los riesgos debidos a la exposición a agentes cancerígenos, mutágenos o tóxicos para la reproducción y también a agentes sensibilizantes, ya que, en estos casos, las conse-

cuencias adversas para la salud pueden producirse incluso cuando la exposición es de pequeña magnitud.

- Las características de la exposición (cantidad de agente químico, tiempo de exposición, generación del agente químico, ventilación, etc.).
- Las condiciones ambientales que puedan favorecer la absorción del agente (temperatura ambiente o el esfuerzo físico que requiere el trabajo).
- Las condiciones individuales del personal expuesto.

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 (es decir, a su peligrosidad intrínseca), pero también por la forma en que se

utiliza (por ejemplo, vapor de agua a 150 °C) o en la que se halla presente en el lugar de trabajo (por ejemplo, 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) Todo agente químico que cumpla los criterios para su clasificación como peligroso dentro de cualquier clase de peligro físico o para la salud establecida en el Reglamento (CE) n.º 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, con independencia de que dicho agente químico esté clasificado o no en dicho Reglamento.

El Reglamento (CE) n.º 1272/2008, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (Reglamento CLP) establece en su anexo I los criterios para la clasificación de sustancias o mezclas peligrosas, y en su anexo VI incluye una relación de las sustancias con clasificación armonizada en el ámbito de la UE.

El Reglamento CLP y el Reglamento (CE) n.º 1907/2006, de 18 de diciembre de 2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (Reglamento REACH), constituyen

el marco general regulador de la comercialización de agentes químicos en la UE (véase el apéndice 12).

En este contexto, la aplicación de los criterios de clasificación que se citan debe efectuarse sin limitaciones, es decir, 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 disposiciones específicas, o de que esté o no comercializado.

b) Cualquier agente químico que, aunque no cumpla con los criterios del párrafo anterior, disponga de un valor límite ambiental de los indicados en el apartado 4 del artículo 3 del presente Real Decreto.

Es decir:

- 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, amianto y cancerígenos o mutágenos).

- Los agentes que dispongan de VLA en el documento "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España", publicado por el INSST.

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.
- Trabajos en los que el agente químico se produce intencionadamente o se forma como subproducto o producto intermedio.
- Cualquier actividad que se efectúe 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 ocho horas diarias.
- b) Valor límite ambiental para exposiciones de corta duración: valor límite de la concentración media, medida o calculada para cualquier periodo de quince minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un período 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 los apartados 9 y 10, su aplicación se deberá realizar con los criterios (definiciones y consideraciones sobre la valoración) es-

tablecidos en el documento “Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España” (véase el 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 respecto a los posibles daños derivados de la exposición a los agentes químicos, sin perjuicio de otras

actuaciones en este ámbito que puedan ser necesarias, que en ningún caso deberían olvidarse, y que se encuentran recogidas en el artículo 37 del RSP.

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 la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo tal como se contempla en la LPRL y en el RSP. En concreto, la evaluación de riesgos tiene como objetivo obtener la información necesaria para tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y, en tal caso, sobre el tipo de medidas que deben adoptarse (RSP, art. 3.1). Las “Directrices básicas para la evaluación de riesgos laborales”, publicadas por el INSST, proporcionan orientaciones para el desarrollo de esta actividad que se considera fundamental para poder definir el control de los riesgos.

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

La presencia del agente químico peligroso ocurrirá siempre que se produzca alguna de las siguientes circunstancias 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;
- se forma o interviene por cualquier motivo en el proceso laboral básico y en las actividades relacionadas con él (mantenimiento, manutención, reparación, gestión de los residuos, etc.);
- 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);
- se almacena de forma temporal o permanente en los lugares de trabajo.

Por otro lado, podrían darse situaciones en las que la presencia del agente químico se deba a que el mismo penetre desde el exterior por alguna vía (por ejemplo, ventilación o conductos de vertido o desagüe), que debería tenerse en cuenta.

Identificada la presencia de agentes químicos peligrosos, se procederá a eliminarlos, en consonancia con los principios de acción preventiva establecidos en la LPRL, evitando así los riesgos derivados de la utilización o exposición a los mismos. Si esto no es posible, se procederá a su evaluación, aplicando criterios técnicos de referencia, lo que permitirá la categorización de los riesgos y proporcionará, finalmente, la base para la adopción de las medidas preventivas más adecuadas. Cabe recordar que la citada eliminación de los riesgos evitables corresponde efectuarla, preferentemente, en las fases de diseño del puesto de trabajo.

La evaluación de riesgos debe referirse a todos los agentes químicos peligrosos existentes en el lugar de trabajo, y debe considerar todas las condiciones en las que se produce la actividad laboral, tanto habituales como no habituales.

Además, este proceso debe contemplar todos los aspectos que se citan 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; sin embargo, la magnitud del riesgo derivado de su presencia va a variar en función de las condiciones de trabajo: el riesgo será mayor si se trata de un depósito de almacenamiento de 100.000 litros que si es 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 que si se usa 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 que si se hace sobre una mesa.

Debe entenderse que los riesgos a evaluar en el marco de este real decreto son los derivados de la presencia de agentes químicos peligrosos, exista o no exposición a los mismos. Estos riesgos pueden ser uno, o varios, de los siguientes:

- Riesgo por incendio o explosión.
- Riesgo por reacciones químicas peligrosas.
- Riesgo derivado de la exposición por vía inhalatoria.
- Riesgo derivado de la exposición por vía dérmica.
- Riesgo por contacto con la piel o los ojos.
- Riesgo por ingestión.
- Riesgo derivado de la exposición por vía parenteral.

Adicionalmente, con independencia de la peligrosidad intrínseca del agente químico, se debe tener en cuenta el riesgo derivado de los fallos de las instalaciones o equipos en los que estén presentes dichos agentes (fallo del sistema de extracción del almacén de productos químicos, fallo del sistema de control de temperatura y presión de un reactor, etc.).

La dificultad que entraña la evaluación de los riesgos relacionados con los agentes químicos hace necesario que las personas responsables de la misma tengan el conocimiento y la experiencia suficientes para llevar a cabo esta tarea. El RSP, en su artículo 4.3, 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. Además, en su capítulo VI 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 de 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 (LPRL, art. 33).

Por otra parte, la evaluación de riesgos también considerará *“la posibilidad de que el trabajador que lo ocupe o vaya a ocuparlo (el puesto de trabajo) sea especialmente sensible, por sus características personales o estado biológico conocido”* (RSP, art. 4.1.b). En relación con ello, son de

aplicación los artículos 25, 26 y 27 de la LPRL, sobre trabajadores especialmente sensibles, protección de la maternidad y protección de los menores, respectivamente.

En particular, el RSP, en su artículo 4.1, establece una serie de disposiciones cuyo objetivo es la protección de las trabajadoras embarazadas o en periodo de lactancia natural. A efectos de lo dispuesto sobre la evaluación de riesgos en el artículo 26.1 de la LPRL, se remite a dos anexos que incluyen una lista no exhaustiva de agentes, procedimientos y condiciones de trabajo que pueden influir negativamente en la salud de las trabajadoras embarazadas o en periodo de lactancia natural (anexo VII) y otra de agentes y condiciones de trabajo a los cuales no podrá haber riesgo de exposición por parte de trabajadoras embarazadas o en periodo de lactancia natural (anexo VIII). En el documento *“Directrices para la evaluación de riesgos y protección de la maternidad en el trabajo”*, publicado por el INSST, se puede obtener más información sobre este tema.

- 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, de conformidad con las disposiciones del Reglamento (CE) n.º 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH).

La información necesaria sobre la peligrosidad intrínseca del agente químico se puede obtener de fuentes que son de fácil acceso, y principalmente del fabricante 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 el apéndice 12). No obstante, en aquellos casos en que la citada normativa no sea de aplicación o no contemple ninguna obligación de facilitar esta información, en virtud de lo dispuesto en el artículo 41 de la LPRL, el fabricante, importador o suministrador del producto en cuestión deberá proporcionar al empresario, y este solicitar y recabar de él, esta información.

Además, 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 provocar 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 (véase el apéndice 2, en el que se recoge una relación de fuentes de información de reconocido prestigio).

La información a recopilar debe incluir:

- La etiqueta del producto.
- La ficha de datos de seguridad (FDS) y, en su caso, los escenarios de exposición que pueda llevar anejados (véase el apéndice 12).
- Las recomendaciones que la Comisión Europea haya hecho públicas sobre los resultados de la evaluación del riesgo y sobre la estrategia de limitación del riesgo para sustancias.
- La clasificación de peligrosidad de acuerdo a los criterios de clasificación establecidos en el anexo I del Reglamento CLP.
- 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.

Merece especial atención la información acerca de la capacidad de los agentes químicos para penetrar en el organismo por vía dérmica (véase el apéndice 10). 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 conse-

cuencia, para todos los agentes con esta notación se deberá determinar la posibilidad de que se esté produciendo la entrada del agente al organismo a través de la piel, analizando para ello las diversas causas posibles 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.
- Depósito de aerosoles.
- Absorción de gases y vapores.

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 VLA establecidos en el anexo I de este real decreto o en una normativa específica aplicable. En su ausencia, se considerarán los VLA publicados por el INSST en el documento "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España". Cuando no existan, se pueden utilizar valores límite ambientales internacionalmente reconocidos.

En los casos en los que exista esta posibilidad, se estimará la exposición del trabajador considerando además los factores específicos para los riesgos por absorción a través de la piel (véase tabla 1).

En la medida de lo posible, los requerimientos de información mencionados deben hacerse extensivos a aquellos productos que se generen durante la actividad laboral o el proceso productivo como, 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 cada vez mayor importancia a raíz del rápido desarrollo de la nanotecnología.

Con igual criterio, se considerarán los valores límite biológicos (véase el apéndice 11), utilizando los establecidos en el anexo II de este real decreto o en una normativa específica. En su defecto, se deben considerar los valores establecidos en el documento "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España". Finalmente, en ausencia de los anteriores, se pueden considerar los valores límite biológicos de otras fuentes, siempre que procedan de la misma utilizada para el valor límite ambiental.

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.

En la evaluación de riesgos, además de considerar las propiedades físicas, químicas y toxicológicas de los distintos agentes químicos presentes en el lugar de trabajo, deben analizarse todas las condiciones de trabajo que puedan tener una influencia significativa en la generación de riesgos o en la magnitud de los mismos (definición de condición de trabajo, LPRL, art. 4). De esta manera, deberán tenerse en cuenta tanto las condiciones de trabajo relativas a las condiciones de utilización del agente implícitas en el propio proceso productivo (cantidad, grado de confinamiento, temperatura, presión u otros) como las condiciones de trabajo relativas a las posibles circunstancias en las que intervienen las trabajadoras y trabajadores (tipo de actividad o continuidad de los procesos).

De forma específica, en la evaluación del riesgo por incendio, se debe considerar, conjunta e inseparable-

mente, la probabilidad de inicio del incendio y las consecuencias estimadas del mismo:

- La probabilidad de inicio del incendio viene determinada por las *medidas de prevención no adoptadas*, es decir, por la coexistencia en espacio y tiempo de una cantidad suficiente de combustible y un foco de ignición.
- Para estimar las consecuencias del incendio deberán tenerse siempre en cuenta las *medidas de protección pasiva implantadas* (aquellas medidas de lucha contra incendios 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, sistema de transmisión de alarma, vías de evacuación, medios de lucha contra incendios como extintores y bocas de incendio equipadas (BIE), etc.).

En la evaluación del riesgo por explosión se deben tener en cuenta los criterios establecidos en el Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, 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 (puede consultarse la Guía técnica publicada por el INSST que proporciona criterios

y recomendaciones para facilitar la aplicación de este real decreto).

En la tabla 1 se muestran los riesgos que se pueden originar por la presencia de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo así como los factores de riesgo asociados a cada uno de ellos.

Riesgo	Factores de riesgo
Incendio o explosión ²	<p>Estado físico y grado de división del producto. Inflamabilidad del producto (temperatura de inflamación, temperatura de autoignición). Potencia calorífica. Concentración ambiental (intervalo 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:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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). <p>Atmósfera rica en comburente (% de O₂ >21 %). Trabajos a elevada temperatura 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>
Exposición por vía inhalatoria	<p>Concentración ambiental. Tipo de exposición (aguda, crónica). Tiempo diario de exposición. Número y situación de los focos de emisión. Separación de la persona trabajadora 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>
Exposición por vía dérmica	<p>Localización y extensión del contacto. Duración y frecuencia del contacto. Cantidad o concentración del agente. Temperatura y humedad ambiental. Gestión incorrecta del EPI. Procedimiento de trabajo inadecuado. Trabajadores especialmente sensibles. Exposición simultánea a varios agentes.</p>
Exposición por vía parenteral	<p>Deterioro de la piel. Uso de objetos o herramientas cortantes o punzantes. Frecuencia de contacto. Gestión incorrecta del EPI. Procedimiento de trabajo inadecuado. Trabajadores especialmente sensibles. Exposición simultánea a varios agentes.</p>

² 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.

Riesgo	Factores de riesgo
Exposición por ingestión	Hábitos higiénicos personales. Posibilidad de comer o beber en los puestos de trabajo. Procedimiento de trabajo inadecuado. Trabajadores especialmente sensibles. Exposición simultánea a varios agentes.
Contacto con la piel o los ojos	Gestión incorrecta del EPI. Procedimiento de trabajo inadecuado. Inexistencia de medios de control de fugas y derrames. Envases inadecuados. Sistema de trasvase incorrecto.
Fallos en las instalaciones	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.

Tabla 1. Riesgos que se pueden originar por la presencia de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo y los factores de riesgo asociados a cada uno de ellos.

Para cada uno de los riesgos indicados en la tabla 1 el procedimiento de evaluación es específico. En los apéndices 3, 4 y 5 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, los diferentes métodos no son excluyentes entre sí.

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 la evaluación de riesgos laborales, la “cantidad de agente químico” no es un concepto absoluto, sino que esta va a depender del riesgo considerado. Así:

- Para evaluar el riesgo derivado de la exposición por inhalación, la cantidad de agente químico 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.
- Para evaluar el riesgo por incendio o explosión, la cantidad de agente químico será la concentración

ambiental del agente y la masa de agente almacenada o utilizada en el lugar de trabajo.

- Para evaluar el riesgo por reacciones químicas peligrosas, la cantidad de agente químico será la masa de agente que interviene en la reacción o la masa de los reactivos que pueden dar lugar a la formación de un agente peligroso en caso de reacción no deseada.
- Para evaluar el riesgo por absorción a través de la piel, la cantidad de agente químico será la masa que puede mantenerse en contacto con la piel.

En cada una de las circunstancias citadas, el concepto “cantidad de agente químico” 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 por incendio o explosión, pero, si el almacenamiento se encuentra al aire libre y alejado de los puestos de trabajo, esta cantidad será pequeña respecto al riesgo por inhalación del gas. Así mismo, un saco de 50 kg de óxido de plomo en polvo es una cantidad importante porque, en caso de rotura accidental del saco, se puede contaminar un gran volumen de aire (en teoría, 300 millones de m³ de aire a una concentración de 0,15 mg/m³); sin embargo, si se trata de 5 lingotes de plomo de 10 kg, la incidencia de la cantidad cambia, ya que, en este caso, el riesgo vendría por la contaminación de las manos al manipularlos y, según el número de manipulaciones, la cantidad de agente químico que entra en contacto con la piel podría ser mayor o menor.

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. 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 relacionadas con la actividad, investigación de daños, estudios de salud diseñados *ad hoc*) y los informes de accidentes o incidentes ocurridos en la empresa son una fuente de información objetiva que debe tenerse en cuenta en la evaluación de los riesgos.

Así, la detección de una determinada alteración (con sintomatología o no) entre el personal expuesto 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 en la salud de los trabajadores y trabajadoras obliga a revisar la evaluación de riesgos (véase 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 evaluación de riesgos deberá hacerse extensiva 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 las personas trabajadoras de la empresa por la posible presencia de agentes químicos, incluidas las efectuadas por personal ajeno a la empresa, reguladas por el artículo 24 de la LPRL sobre la coordinación de actividades empresariales, desarrollado reglamentariamente por el Real Decreto 171/2004.

Como ejemplo de actividades de este tipo pueden citarse: operaciones de mantenimiento, de arranque y parada de procesos, de reparación, de renovación, de limpieza, de desinfección o de 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.

Cabe destacar, por su especial peligrosidad, aquellas operaciones (mantenimiento, reparación, etc.) en las que pueden estar presentes agentes químicos y cuya ejecución requiera el acceso a recintos o espacios confinados, es decir, espacios no ventilados o deficientemente ventilados o sin garantías ni certeza de una ventilación adecuada, en los que pueden acumularse

contaminantes tóxicos o inflamables o puede haber una atmósfera deficiente en oxígeno (para más información, véase la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo y el cuestionario “Identificación y prevención del riesgo en espacios confinados”). La ejecución de estas actividades, dada la peligrosidad añadida que comportan por el lugar donde se realizan y por su carácter no habitual, puede dar lugar a situaciones de riesgo elevado que requieren medidas específicas de prevención y protección, anteriores al acceso al espacio confinado, durante la permanencia y realización de la actividad en el mismo y al final de la actividad.

Es frecuente que en todas estas operaciones de carácter no habitual, y por tanto por su especial peligrosidad, se den situaciones de riesgo elevado que requerirán la adopción de medidas preventivas específicas. No obstante, el establecimiento de tales medidas se definirá en función de los resultados de la preceptiva evaluación de riesgos.

El RSP, en su artículo 22 bis, establece las circunstancias en las que será necesaria la presencia en el centro de trabajo de los recursos preventivos como medida específica de prevención.

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 en las actividades con agentes químicos peligrosos 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:

- la magnitud de los riesgos debidos a la presencia de agentes químicos peligrosos y
- la necesidad de adoptar medidas preventivas, y el tipo de medidas que deben adoptarse para eliminar o reducir los riesgos.

Es importante destacar en este punto que la presencia de un agente químico peligroso en el lugar de trabajo siempre implica un riesgo para la seguridad y salud de las personas trabajadoras. Por ello, aunque la evaluación de riesgos mostrara que el riesgo originado por estos agentes es de poca magnitud, es decir, es un riesgo leve (ya sea porque el proceso esté concebido de acuerdo con los principios de seguridad intrínseca, porque existan implantadas medidas preventivas eficaces o por cualquier otra causa), debería proporcionar igualmente la información sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas, ya que la política de prevención establecida en la LPRL y en este real decreto (véanse comentarios al artículo 5.2) se basa en reducir los riesgos al mínimo, y esto también es de aplicación a los riesgos de poca magnitud.

La implantación de las medidas específicas de prevención y protección, de vigilancia de la salud y frente a accidentes, incidentes y emergencias, tanto en las condiciones habituales como en las 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, meca-

nismo 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.

Son ejemplos de estas medidas:

- Disponer de un reactor con cierre hermético para realizar una mezcla de productos químicos a presión atmosférica. La hermeticidad del reactor es una medida específica de prevención, ya que no es necesaria para el proceso. En cambio, 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.
- Conducción de doble tubería y sistema de detección de fugas o de sobrepresión en el espacio anular para transportar un agente químico peligroso. La doble tubería y los sistemas de detección son medidas específicas de prevención ya que no son imprescindibles para que el agente químico pueda ser transportado por la conducción. Sin embargo, una tubería cerrada no puede considerarse una medida específica de prevención ya que es un elemento inherente de la instalación de transporte.
- Sistema de ventilación por extracción localizada para la captación de polvo 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.
- Sistema de ventilación diseñado para mantener la concentración ambiental de uno o varios agentes químicos peligrosos por debajo de unos valores preestablecidos. Sin embargo, la ventilación de los locales de trabajo diseñada para cumplir los requisitos del Real Decreto 486/1997 es una medida preventiva de carácter general.

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 y protección, de vigilancia de la salud y frente a accidentes, incidentes y emergencias establecidas en los artículos 5,

6 y 7 de este real decreto. Por razones obvias, es necesario delimitar el alcance de esta excepción, y como base para ello conviene efectuar previamente las siguientes consideraciones técnicas:

- 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 del que se trate. Así, por ejemplo, en el caso del riesgo por incendio sí podría tener sentido interpretar dicho concepto “cantidad” de forma prácticamente literal como “cantidad total presente en el lugar de trabajo”, pero en el caso de la exposición por inhalación parece más lógico interpretar “cantidad” como “concentración ambiental presente en el lugar que ocupa la persona trabajadora”.
 - 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: por ejemplo, el riesgo de un conductor de un camión cisterna dotado de todas las medidas de seguridad exigibles no es un riesgo irrelevante pero puede ser aceptable, en cambio, el mismo nivel de riesgo sería inaceptable en una actividad menos peligrosa en la que fuera posible la adopción de medidas preventivas simples que permitieran reducir significativamente dicho riesgo.
- La aplicación a un puesto de trabajo de los “*principios generales para la prevención*”, que se tratarán más extensamente en los comentarios al artículo 4, 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 que contiene 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. 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 las 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 adicionalmente a la aplicación de los principios generales de prevención, para la reducción o control de un determinado riesgo.

En el caso de riesgos por accidente (ámbito de actuación de la seguridad en el trabajo):

- Para el riesgo por incendio, así como para el de los accidentes graves que pueden derivarse de las condiciones de utilización 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 sobre medidas específicas de prevención a adoptar (se destacan las normas y recomendaciones técnicas publicadas por la Dirección General de Protección Civil y Emergencias).
- Para otros riesgos de seguridad de carácter “puntual” (el riesgo por contacto accidental con un agente corrosivo, por ejemplo), la calificación de la magnitud del riesgo, que sirve de base para la decisión de adopción de medidas preventivas, puede realizarse utilizando cualquiera de los criterios generales de evaluación existentes (como las metodologías cualitativas que se indican en el apéndice 3 de esta Guía) en los que se valoran, conjuntamente, la probabilidad de que se materialice la capacidad (intrínseca) de daño del agente químico y la gravedad de sus consecuencias.

En el caso del riesgo por exposición a agentes químicos (ámbito de actuación de la higiene industrial), la situación es más compleja y es necesario establecer algún criterio práctico de carácter específico para decidir respecto a la necesidad de adoptar medidas preventivas específicas. A continuación se presenta un criterio que tiene como objetivo facilitar la decisión respecto a la necesidad de adoptar medidas preventivas específicas en relación solo con el riesgo por exposición derivado de la inhalación a un agente químico peligroso (las vías de entrada distintas a la inhalatoria no son posibles, se han eliminado, o se tratan aparte). Para su establecimiento se han tenido en cuenta tanto las consideraciones técnicas anteriormente expuestas como las siguientes:

- 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 cuando hay agentes químicos peligrosos, con independencia de la magnitud de la exposición.
- No se supera el VLA 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.

- La revisión de la evaluación y la realización de la mediciones para determinar la exposición ambiental incluidas en la revisión se hacen con la periodicidad debida.

Este criterio, en función del tipo de agente químico peligroso que esté presente, da la base para tomar la decisión sobre la adopción de medidas preventivas específicas:

- 1º Agentes sensibilizantes, cancerígenos, mutágenos o tóxicos para la reproducción: deben tomarse todas las medidas preventivas específicas razonablemente factibles con objeto de reducir el riesgo al mínimo posible. 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.
- 2º Agentes cuyo VLA 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 específicas necesarias para evitar la repetición de los mismos.
- 3º Resto de agentes: si la exposición representativa de alguna de las tres primeras jornadas evaluadas (mediante la realización de las correspondientes

mediciones y teniendo en cuenta los posibles efectos aditivos) es superior al 10 % del valor límite ambiental aplicable, se deberán adoptar las siguientes medidas preventivas específicas:

- Las medidas o soluciones preventivas "reconocidas" de uso extendido y habitual en el tipo de operaciones o situaciones que se estén tratando (en caso de que existan y no se hayan adoptado ya).
- Cualquier otra medida preventiva específica que sea razonable, a criterio del técnico competente, teniendo en cuenta:
 - La magnitud de la exposición y la naturaleza y gravedad de los daños que se pretenden evitar.
 - La eficacia previsible de la reevaluación periódica de la exposición y de la vigilancia de la salud.
 - 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 específicas a aplicar no debe interpretarse en el sentido de limitar o reducir las precauciones a tomar para proteger a las trabajadoras y trabajadores especialmente sensibles frente a los efectos de la exposición que se evalúa.

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 VLA contenidos en una normativa específica (amianto, agentes cancerígenos o mutágenos) o de los VLA publicados por el INSST, implica la obligación de aplicar las medidas preventivas específicas establecidas en los artículos 5 y 6. Conviene indicar que la superación de unos VLA 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 artículo 3.3.

Para decidir sobre la obligación de aplicar o no estas medidas preventivas específicas cabe la posibilidad de

no usar los VLA antes mencionados, siempre y cuando se demuestre que se utilizan y respetan otros criterios o límites alternativos cuya aplicación basta, en el caso concreto de que se trate, para proteger la salud y la seguridad de las personas trabajadoras. Estos criterios o límites alternativos deben estar científicamente justificados y proporcionar un nivel de protección equivalente al proporcionado por los VLA publicados por el INSST.

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 derivado de la exposición por inhalación incluya la medición de la concentración ambiental del contaminante y la comparación de este valor con el valor límite pertinente, excepto en el caso que se indica en el tercer párrafo del apartado 5 de este artículo, que se comenta más adelante.

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

- Debe realizarse en las condiciones de trabajo habituales.
- Debe realizarse mediante la toma de muestras de tipo personal, obtenidas en la zona de respiración del trabajador.
- El resultado de la medición debe corresponderse con el periodo de tiempo de referencia para el que está definido el valor límite con el que se vaya a comparar.
- El resultado de la medición debe estar expresado en las mismas unidades que el valor límite con el que se vaya a comparar.
- La estrategia de medición utilizada (número de muestras, duración de cada muestra, momento de

muestreo, etc.) debe ofrecer fiabilidad en las conclusiones finales sobre la exposición.

- 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 6 sobre métodos de medición para agentes químicos.
- El laboratorio que realice las determinaciones analíticas de las muestras obtenidas en la medición es recomendable que tenga establecido un sistema de gestión de la calidad cubriendo todas sus actividades que garantice la fiabilidad de los resultados analíticos. Este sistema es conveniente que se ajuste a los principios generales que se especifican en el apéndice 7 sobre calidad en las mediciones de agentes químicos.

El apéndice 4 proporciona una metodología para evaluar la exposición de los trabajadores, basada en la norma UNE-EN 689:2019+AC:2019, que cumple todos los requisitos mencionados.

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 mediciones de la concentración ambiental del agente. Así, por ejemplo, en condiciones de trabajo normales, pueden obviarse las mediciones cuando se dan las siguientes circunstancias de forma conjunta:

- se conocen todas las posibles fuentes de contaminación química laborales,

- se sabe que no hay posibles fuentes de contaminación externas,
- los productos volátiles se procesan y mantienen siempre en recipientes, contenedores o equipos cerrados 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.

Es decir, cuando es razonable prever que la presencia de contaminantes en el ambiente es prácticamente nula.

También pueden evitarse las mediciones cuando, conociéndose la identidad de los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo, y siempre que estos no sean sensibilizantes, cancerígenos, mutágenos ni tóxicos para la reproducción, la directa apreciación profesional acreditada indique que, en las condiciones de trabajo existentes, las concentraciones en el ambiente están lejos de poder alcanzar los respectivos límites de exposición, tanto considerados individualmente como en conjunto.

Así mismo, también pueden obviarse las mediciones para evaluar el riesgo derivado de la exposición por inhalación en aquellos supuestos en los que, dadas las condiciones de trabajo existentes, el técnico especialista puede, *a priori*, considerar que hay un riesgo por exposición que es necesario controlar y resulta imprescindible la implantación de medidas específicas de prevención dirigidas a reducir la exposición. Esto podría ocurrir, por ejemplo, si hay certeza de una exposición significativa a agentes cancerígenos, si se han producido efectos sobre la salud de las personas trabajadoras imputables a la exposición a un agente químico, si existen soluciones preventivas reconocidas y que sean aplicables o cuando se haya tomado la decisión de aplicar en primer lugar, y antes de realizar mediciones ambientales, medidas específicas de prevención.

En cualquier caso, la decisión de efectuar la evaluación del riesgo derivado de la exposición 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 métodos cualitativos de evaluación (véase el apéndice 5) puede ser muy útil para sistematizar los criterios que el técnico especialista emplearía para determinar si es o no necesario realizar mediciones, además de facilitar la justificación documental de tal decisión.

Hay que señalar que esta excepción a la necesidad de hacer mediciones se refiere solo al hecho de obtener unos resultados de la concentración del agente químico en el ambiente para poder evaluar el riesgo derivado de la exposición por inhalación, y no debe interpretarse como una 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.

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 INSSST "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 informa-

ción disponible sobre efectos combinados al objeto de poder reconocer los casos de potenciación de efectos, que deben ser tratados con especial consideración.

La información toxicológica sobre mezclas químicas y, en consecuencia, la evaluación de situaciones con exposición a mezclas, 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.

El artículo 4.2 del RSP establece los casos en los que las condiciones de los puestos de trabajo pueden verse modificadas respecto de las condiciones existentes en la evaluación inicial, pudiendo comportar un aumento de los riesgos, debiendo, por tanto, evaluarse de nuevo.

Los cambios pueden producirse, por ejemplo, por:

- variaciones en las condiciones de trabajo (introducción de nuevas tecnologías o productos, modificaciones en la organización del trabajo, variaciones en el acondicionamiento en el lugar de trabajo, etc.),
- variaciones en las características personales o estado biológico conocido de la persona trabajadora,
- variaciones en los criterios de valoración de los riesgos.

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.
- Se detecten daños a la salud de las personas trabajadoras.
- Las medidas de prevención puedan resultar inadecuadas o insuficientes porque así lo indiquen los resultados de:

- Las reevaluaciones periódicas de la exposición.
- La vigilancia de la salud.
- Las inspecciones periódicas de las instalaciones.
- 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.

La evaluación de los riesgos se actualizará periódicamente, teniendo en cuenta el deterioro que se pueda producir con el paso del tiempo de los elementos del proceso productivo.

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 de los riesgos consiste en una revisión de la evaluación existente que permita detectar o reevaluar causas y factores que pasaron desapercibidos en ese momento o que hayan variado con el tiempo, con el objetivo de verificar la idoneidad de las medidas preventivas existentes o la necesidad de modificarlas, e incluso la necesidad de implantar nuevas medidas. De hecho, la implantación de controles periódicos de las condiciones de trabajo permite espaciar la periodicidad de las actualizaciones de las evaluaciones de riesgo.

No es posible establecer, de manera general, una periodicidad para llevar a cabo la revisión de la evaluación de riesgos. Para establecerla en cada caso en

particular pueden tenerse en cuenta, entre otros, los siguientes aspectos:

- El tipo de efectos sobre la salud que pueden tener los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo.
- Las características de los procesos laborales.
- La previsible rapidez de deterioro con el tiempo del proceso productivo o de sus instalaciones, que pueda 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 puede ser una consecuencia de la presencia de causas desconocidas o no suficientemente controladas.

Dicha periodicidad se fijará por acuerdo entre la empresa y los representantes de los trabajadores.

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.

La definición de “actividad con agentes químicos peligrosos” se encuentra recogida en el artículo 2 del real decreto.

Ante la imposibilidad de realizar mediciones ambientales antes del inicio de la actividad (puesto que esta todavía no se está llevando a cabo), la evaluación del riesgo de dicha actividad podrá hacerse por similitud a otras actividades cuyos riesgos hayan sido directa-

mente evaluados; es decir, la exposición a una determinada sustancia puede estimarse conociendo la exposición que producen otras sustancias de similar volatilidad o igual estado físico (polvo, gas, etc.) en las mismas condiciones de uso.

A la hora de diseñar un puesto de trabajo, los métodos cualitativos y los modelos matemáticos de estimación de la exposición (véase el apéndice 5) permiten estimar

la exposición y ver qué efecto tendría la aplicación de diferentes medidas de prevención sobre la misma, siendo esto de mucha utilidad a la hora de elegir cuáles serían las mejores medidas a aplicar, sin perjuicio de

que siempre 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, y estar en todo momento depositada en la empresa y disponible, según lo establecido en la LPRL. El contenido mínimo de la documentación de la evaluación de riesgos, para cada puesto de trabajo, es el siguiente:

- Identificación del puesto de trabajo.
- Riesgo o riesgos existentes. La evaluación del riesgo incluirá, con carácter general, la identificación de los 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, “productos inflamables”, “hidrocarburos alifáticos exentos de hexano”.
- Relación nominal de las personas trabajadoras 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, deberá adjuntarse la documentación que lo justifique.
- Referencia de los criterios y procedimientos de evaluación. Para los criterios y procedimientos de evaluación normalizados o de acceso público es suficiente con referenciarlos: por ejemplo, Norma UNE-EN 689:2019+AC:2019 o límites de exposición profesional (LEP) del INSST, 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 INSST, se debe incluir en la documentación una

copia del procedimiento completo, además de la información complementaria necesaria para avalar su idoneidad.

Así mismo, en los casos en que se haya evaluado el riesgo derivado de la exposición por inhalación sin medir la concentración ambiental, la documentación incluirá la justificación de que se ha logrado una adecuada prevención y protección. En determinadas situaciones, los métodos cualitativos de evaluación pueden ser una herramienta útil que justifique la no decisión de cuantificar la concentración ambiental.

- Referencia de los métodos de medición, análisis o ensayo utilizados, si es el caso. Para los métodos de medición o análisis normalizados o de acceso público es suficiente con referenciarlos, por ejemplo, Método A del INSST 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 (véase el apéndice 6).
- Equipos de medición utilizados y laboratorios que han participado en el análisis de la muestra. Debe quedar claramente referenciada la identificación de los equipos de medición, ya sean de lectura directa, ya sean de toma de muestra, así como el laboratorio que haya analizado las muestras (véase el apéndice 7).

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

A modo de ejemplo, en la NTP 863 se indican y ordenan los contenidos mínimos que puede contemplar 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:

En el contexto del real decreto, estos principios generales para la prevención se deben interpretar como principios preventivos básicos que deben aplicarse siempre que estén involucrados agentes químicos peligrosos, y se concretan en la aplicación de unas técnicas que permiten la consecución de unos objetivos que son básicos y prioritarios para eliminar o minimizar los riesgos. En algunas circunstancias, la aplicación de estos principios generales, junto con las acciones de formación e información exigidas en el artículo 9, puede ser suficiente para evitar o reducir al mínimo los riesgos para la seguridad y la salud de las trabajadoras y de los trabajadores aun estando presentes agentes químicos peligrosos, en cuyo caso no será necesario implantar medidas específicas de prevención y protección tal como ya quedó establecido en el artículo 3.

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 planificar y organizar el trabajo, 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 personas expuestas y el tiempo de exposición de cada una de ellas.

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.

En segundo lugar, los equipos se seleccionarán e instalarán teniendo en cuenta la peligrosidad y características del agente que va a utilizarse y el entorno en el 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 principios generales para la prevención desarrollados en este artículo deben entenderse como una extensión de los principios generales de la acción preventiva enunciados en el artículo 15.1 de la LPRL aplicados a las actividades con agentes químicos peligrosos.

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.

El objetivo de minimizar el riesgo derivado 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.

Del mismo modo, una correcta concepción y organización del trabajo permitirá limitar las cantidades de agentes químicos peligrosos en el mismo 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 los lugares en donde se utilicen agentes peligrosos, etc.

En cualquier caso, para la selección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta las exigencias del artículo 3 del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo (los apéndices 11 y 12 de la correspondiente Guía técnica del INSST aportan mayor información sobre estos aspectos).

Los instrumentos de medida, regulación y control de instalaciones y equipos deben ser adecuados a la variable clave que se deba controlar y con una fiabilidad tanto mayor cuanto mayor sea la peligrosidad 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.

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.

- 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 del personal no implicado directamente en su ejecución),
- reducir el riesgo cuando la eficacia preventiva dependa de la correcta actuación del trabajador o trabajadora (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 mediante unas pautas de actuación prefijadas, con la uti-

lización de unos equipos y con condiciones de trabajo establecidas, sin que sean admisibles desviaciones respecto a lo previsto en el procedimiento. En este sentido, 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 del real decreto.

En situaciones de riesgo crítico o desconocido, tales procedimientos formarán parte de las autorizaciones o permisos de trabajo preceptivos para este tipo de operaciones, extendidas por técnicos o mandos responsables, limitando a personal cualificado 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 contribuyen 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, está prohibido comer, beber o fumar en los lugares de trabajo, sin necesidad de que exista un riesgo evidente de contaminación.
- La posible contaminación de algunas partes del cuerpo puede provocar y dilatar la exposición de las trabajadoras y los trabajadores más allá de las zonas de trabajo donde exista riesgo por exposición y prolongar la exposición una vez finalizada la jornada de trabajo. Por lo tanto, la disponibilidad y la utilización de las instalaciones apropiadas y adecuadas para la higiene personal antes de las comidas y al finalizar la jornada es una medida preventiva que se justifica por sí misma, sin necesidad de que exista un riesgo evidente que la haga necesaria.

El anexo V del Real Decreto 486/1997 establece los requisitos de que deben disponer los servicios higiénicos en los lugares de trabajo.

- Desde un punto de vista preventivo, el lavado de la ropa de trabajo se puede considerar una medida

higiénica que tiene por objeto evitar el traslado a zonas "limpias", o incluso al hogar, de la posible contaminación presente en esta ropa, y no prolongar, así mismo, la exposición más allá de la jornada de trabajo.

La limpieza de superficies de trabajo es también una de las medidas preventivas básicas para evitar la exposición innecesaria del personal. Los suelos, techos y paredes de los lugares de trabajo serán de características tales que permitan una correcta limpieza y, así mismo, 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 recoger 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, 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 las personas que las efectúen o para ter-

ceros. Para ello, se dispondrá de 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.

Una vez admitida la necesidad técnica de utilizar un agente químico peligroso, una de las precauciones fundamentales para reducir al mínimo el riesgo es, obvia-

mente, limitar la posible presencia del mismo dentro de los requerimientos del proceso productivo o de utilización general del agente.

- 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.

Por otro lado, la reducción del número de personas trabajadoras y del tiempo de exposición son unas medidas fundamentales en higiene industrial de cara a la minimización del riesgo higiénico. Por pequeña que sea la exposición, debe procurarse que el personal expuesto al agente químico peligroso sea el menor número posible, mediante la delimitación de las áreas con riesgo por

exposición y la restricción del acceso a las mismas a los trabajadores y trabajadoras estrictamente necesarios para el buen desarrollo de la actividad productiva. Así mismo, la permanencia de estos en las zonas con riesgo por exposición se reducirá al tiempo mínimo necesario para ejecutar la actividad, mediante la aplicación de procedimientos e instrucciones de trabajo.

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.

Tanto la necesidad de adoptar medidas preventivas específicas, como las medidas concretas a implantar, ven-

drán determinadas por los resultados de la evaluación de los riesgos.

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.

Dado que siempre que haya presencia de un agente químico peligroso en el lugar de trabajo habrá, en mayor o menor grado, un riesgo, la empresa tiene en primer lugar la obligación de eliminar el riesgo que entrañe, y en segundo lugar, si no es posible eliminar el riesgo, tiene la obligación de garantizar su reducción al mínimo posible.

Así, la eliminación del riesgo debe ser la medida preventiva prioritaria, mediante la sustitución del agente químico peligroso por otro que no sea peligroso (por ejemplo: en operaciones de desengrasado realizadas con un hidrocarburo clorado, hacerlas con un detergente).

Esto adquiere especial relevancia ante los agentes y situaciones de mayor riesgo, como por ejemplo para agentes cancerígenos o mutágenos, para los que existe

una mayor exigencia de eliminación del riesgo por sus graves consecuencias sobre la salud, tal y como establece el Real Decreto 665/1997 en su artículo 4 (en el apéndice 2 de la Guía técnica de este real decreto, elaborada por el INSST, se puede obtener más información acerca de este proceso de sustitución). Por ello, la eliminación del riesgo, a pesar de ser un principio general de prevención, viene mencionada explícitamente en el Real Decreto 374/2001 como una medida específica de prevención y protección.

Mediante el Reglamento REACH se fomenta la sustitución de aquellas sustancias que presentan mayor peligrosidad para la salud y el medio ambiente, exigiendo para su comercialización o uso una autorización que compromete a la realización de actividades de investigación para encontrar alternativas al uso de la sustancia (véase el apéndice 2, donde se referencian

herramientas y bases de datos para facilitar el proceso de sustitución de agentes químicos peligrosos). Además, para sustancias con riesgos inaceptables establece restricciones de uso destinadas a regular o prohibir su fabricación, comercialización o uso (véase el apéndice 12).

Debido a las dificultades técnicas que, en mayor o menor medida, conlleva todo proceso de sustitución, y que, en la práctica, constituyen una barrera para su efectiva aplicación, es esencial para el empresario, especialmente de la pequeña y mediana empresa, disponer de alternativas en el mercado que minimicen dichas dificultades.

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.

Si la empresa no puede cumplir con la obligación prioritaria de eliminar el riesgo derivado de la presencia en el lugar de trabajo de un agente químico peligroso, como se ha comentado en el apartado anterior (por sustitución), debe cumplir con la obligación de reducir dicho riesgo al mínimo posible. La reducción del riesgo puede llevarse a cabo mediante la modificación del proceso en el que se emplea o genera el agente químico (por ejemplo, sustituir el pintado mediante proyección aerográfica por pintado por inmersión) o mediante la sustitución del agente químico por otro que sea menos peligroso.

Si el riesgo es debido a la exposición a agentes químicos peligrosos, la evaluación de riesgos debe incluir la metodología a seguir para la evaluación inicial y la reevaluación periódica de dicha exposición. En caso de que la reevaluación de la exposición incluya la realización de nuevas mediciones, se indicará la periodicidad para la realización de las mismas. Esta periodicidad puede ser anual o la que resulte de aplicar para su cálculo cualquiera de los procedimientos establecidos en la norma UNE-EN 689:2019+AC:2019. La reevaluación periódica de la exposición constituye una medida específica de prevención, que posibilita el seguimiento de la exposición de los trabajadores y las trabajadoras

y de la eficacia de las medidas de prevención adoptadas (véase el apéndice 4).

Si la reevaluación de la exposición concluye que la situación no es conforme, es decir, que hay riesgo debido a la exposición al agente químico, el empresario y la empresaria adoptará medidas de prevención y protección para minimizar el riesgo por exposición. Estas medidas tienen dos objetivos:

- Que, salvo situaciones no previsibles y poco frecuentes, no se supere el VLA en los términos en que esté establecido (exposición diaria, exposición de corta duración o superación de los límites de desviación).
- Que se reduzca la exposición al mínimo nivel posible. Este aspecto es siempre importante ante la presencia de agentes químicos, pero adquiere especial relevancia en el caso de los agentes químicos con una mayor peligrosidad, como se establece en el Real Decreto 665/1997, sobre agentes cancerígenos o mutágenos. El término “mínimo nivel posible” debe ser interpretado en el sentido del menor nivel de exposición que se pueda alcanzar aplicando las mejores técnicas posibles.

Dichas medidas incluirán, por orden de prioridad:

Las medidas preventivas para reducir al mínimo el riesgo derivado de la presencia del agente químico en el lugar de trabajo tendrán en cuenta los principios ge-

nerales de la acción preventiva definidos en el artículo 15.1 de la LPRL.

- 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.

El aislamiento del agente químico, o de la fuente de emisión del agente químico, permite reducir al mínimo cualquier exposición ambiental y el contacto directo con la persona trabajadora. Es la medida de mayor eficacia para reducir el riesgo y la primera a tener en

cuenta a la hora de decidir qué medidas de control implantar para minimizarlo. Ejemplos de aislamiento pueden ser: cerramientos, sistemas de encapsulación y blindaje de equipos, etc.

- b) Medidas de ventilación u otras medidas de protección colectiva, aplicadas preferentemente en el origen del riesgo, y medidas adecuadas de organización del trabajo.

La extracción localizada y la ventilación por dilución (véase el apéndice 8), 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.

Medidas de organización del trabajo pueden ser, por ejemplo: la rotación de tareas, la restricción de acceso a zonas peligrosas, la automatización del proceso, etc.

- 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.

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.
- Se vaya a efectuar una operación puntual o se trate de una situación eventual que no justifique la implantación de medidas permanentes. En estos supuestos se debe garantizar que el uso del equipo de protección individual (EPI) seleccionado 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 9 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 INSST del Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

En la mayoría de las situaciones en las que está presente un agente químico en el lugar de trabajo se pueden identificar cuatro elementos cuya interrelación condiciona el riesgo: el agente, el proceso, el lugar de trabajo 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, en unas condiciones concretas y siguiendo un procedimiento de trabajo determinado previamente.

Sobre cada uno de estos cuatro elementos se pueden aplicar medidas preventivas para eliminar o reducir el riesgo:

- Acciones sobre el agente químico: el objetivo es evitar su presencia.
- Acciones en el proceso o instalación: su objetivo es eliminar o reducir la emisión al ambiente.
- Acciones en el lugar de trabajo (zona o ambiente de trabajo): su objetivo es mantener la concentración ambiental del agente químico por debajo de unos criterios establecidos (VLA u otros).
- Acciones en el procedimiento o método de trabajo: su objetivo es evitar el contacto directo entre el agente químico y el trabajador o trabajadora.

En la tabla 2 se presenta una lista no exhaustiva de las posibles medidas de prevención y control aplicables. Dichas medidas se muestran según un determinado orden de prioridad para su implantación, el cual resulta del cruce de dos variables:

- El elemento sobre el que actúa la medida: el agente químico, el proceso, el lugar de trabajo o el método de trabajo. Aparece representado en las columnas y establece, atendiendo a la eficacia de la actuación preventiva, un orden de mayor a menor prioridad de izquierda a derecha de la tabla (por ejemplo, son más efectivas las medidas que actúan sobre el agente químico que las que actúan sobre el proceso).
- El objetivo que se puede conseguir con la implantación de la medida: la eliminación del riesgo, la reducción del riesgo o la protección individual del trabajador. Está representado en las filas y establece un orden de mayor a menor prioridad de arriba a abajo de la tabla (es mejor eliminar el riesgo que reducirlo, y es mejor reducir el riesgo que usar un EPI).

Así, ante una variedad de medidas de prevención y control que se podrían implantar para eliminar o reducir un riesgo, a igualdad de objetivo (misma fila),

son preferentes las medidas preventivas citadas en las columnas situadas más a la izquierda en la tabla. Entre las medidas situadas dentro de una misma celda de la tabla no existe un orden de prioridad.

El concepto de prioridad debe entenderse en sentido estricto: no es adecuado desde un punto de vista pre-

ventivo contemplar la posibilidad de aplicación de una técnica hasta que todas las técnicas de las filas superiores (que son más efectivas) se han puesto en práctica o se han descartado por ser inviables técnica o económicamente.

Nivel de prioridad	Objetivo de la medida preventiva	La medida preventiva se aplica al:			
		Agente químico	Proceso o Instalación	Lugar de trabajo	Método de trabajo
1º	Eliminación del riesgo	Sustitución total del agente químico por otro no peligroso	Sustitución del proceso		Automatización Robotización Control remoto
2º	Reducción o control del riesgo	Sustitución del agente químico por uno menos peligroso Sustitución parcial del agente Cambio de forma o estado físico ³ Reducción de cantidad al mínimo Segregar agentes químicos incompatibles	Proceso cerrado u otras medidas de aislamiento de la fuente ⁴ Adaptación del proceso ⁵ Cabinas de guantes Aumento de la distancia entre trabajador y fuente de emisión Mantenimiento preventivo ⁶ Extracción localizada Equipos con extracción localizada incorporada Medios y sistemas para el control de derrames Sistema de alarma de control atmósferas peligrosas Utilización de equipos intrínsecamente seguros	Orden y limpieza Segregación de departamentos sucios Ventilación por dilución Duchas de aire Cortinas de aire Cabinas para las personas trabajadoras Drenajes Control de focos de ignición Señalización y etiquetado Separar o aislar el almacenamiento	Buenas prácticas de trabajo Procedimientos de trabajo Restricciones de acceso Supervisión Reducción del tiempo de exposición Rotación de tareas Información, formación Vigilancia de la salud
3º	Protección del trabajador				EPI (RD 773/1997)

Tabla 2. Prioridad en la selección de medidas preventivas.

Por otra parte, cabe señalar que los escenarios de exposición, que pueden estar anexados a las fichas de datos de seguridad (FDS), están referidos al uso o usos identificados del agente químico y establecen, para cada uno de esos usos, condiciones y medidas preventivas para la manipulación segura de dicho agente. Es importante aclarar que las medidas preventivas recogidas en la FDS tienen un carácter general, y deberán

ser adaptadas para cada empresa en particular, e incluso complementadas con medidas preventivas específicas en función de los resultados de la evaluación de riesgos realizada a la que obliga el artículo 3 (véase el apéndice 12).

En cualquier caso, será la evaluación de riesgos la que determinará las medidas necesarias para lograr una adecuada protección de las personas trabajadoras.

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.

³ 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.

⁴ Ejemplos: cerramientos, encapsulación y blindaje de equipos y procesos sin emisiones, etc.

⁵ Adaptar el proceso para liberación de sustancias peligrosas, como eliminar el agitado, limpieza en húmedo, uso atmósfera inerte para reducir el riesgo por incendio o explosión, cortar en lugar de serrar, pulverizar agua sobre hormigón, etc.

⁶ 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.

Debe considerarse la posibilidad de que los agentes químicos peligrosos presentes en el lugar de trabajo puedan originar un riesgo por accidente. Por ello, debe identificarse la peligrosidad intrínseca de los agentes químicos, sus propiedades fisicoquímicas, así como las condiciones de uso.

Si no es posible la sustitución del agente para eliminar el riesgo por accidente, se deberán establecer las medidas técnicas y organizativas adecuadas que permitan reducir el riesgo al mínimo. El orden de prioridad a la hora de seleccionar dichas medidas será el indicado en la tabla 2.

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. 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,

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.

Las medidas de prevención y protección, además de la naturaleza de los agentes químicos peligrosos (propiedades fisicoquímicas, reactividad, estabilidad, posibilidad de descomposición, etc.), deben tener en cuenta las condiciones de la operación, incluidos el almacenamiento, la manipulación y el transporte.

La presencia de instalaciones anejas a los lugares de trabajo (como las de almacenamiento de agentes químicos peligrosos), que ayudan al correcto funcionamiento de dichos lugares, influye en las condiciones de trabajo del lugar al que dan servicio, pudiendo generar riesgos tanto para los trabajadores que las utilizan o mantienen como para los que se encuentran en sus proximidades.

Se considera almacenamiento a toda área, edificio, recinto, etc. cuyo propósito es contener agentes químicos peligrosos. La instalación de almacenamiento incluye los recipientes (fijos o móviles) y sus cubetos de retención, los armarios de seguridad, los contenedores de almacenamiento, las vías de circulación, las tuberías, la zona de carga y descarga y otras necesarias para el correcto funcionamiento de estas instalaciones.

Las instalaciones de almacenamiento de agentes químicos peligrosos deben tenerse en cuenta en el proceso de evaluación de riesgos, lo que permitirá adoptar las medidas de prevención y protección adecuadas (en el apéndice 3 se pueden encontrar distintas metodologías

deben ser almacenados, manipulados y transportados separadamente. Especial consideración deben tener los compuestos que reaccionan violentamente en contacto con el oxígeno del aire o con el agua. Otro ejemplo son las sustancias muy oxidantes, como los ácidos concentrados, que pueden reaccionar de manera muy peligrosa con los productos orgánicos.

En la FDS puede encontrarse información útil para el análisis sobre la reactividad y estabilidad de las sustancias. Además, en distintas bases de datos de reconocido prestigio puede ampliarse dicha información. A continuación se citan dos de estas bases de datos, a modo de ejemplo, aunque en el apéndice 2 se incluyen otras fuentes de información:

- GESTIS Substance Database (Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)).
- CAMEO Chemicals. Database of Hazardous Materials. U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration y la US Environmental Protection Agency.

para realizar esta evaluación de los riesgos derivados del almacenamiento, la manipulación y el transporte).

Para algunos agentes químicos, las medidas técnicas de estas instalaciones vienen especificadas en los requisitos de seguridad contenidos en legislación de seguridad industrial, como es el caso de:

- El Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
- El Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10 (en adelante, RAPQ).

Se pueden encontrar criterios técnicos sobre el cumplimiento normativo de las instalaciones de almacenamiento de productos químicos, según el RAPQ, en el documento "Guía para la gestión preventiva de las instalaciones de los lugares de trabajo", del INSST.

En las instalaciones de almacenamiento que por su pequeño tamaño (por ejemplo, laboratorios) o porque el agente químico almacenado no se ajusta a los criterios indicados en la normativa de seguridad industrial (por ejemplo, residuos, polvo de harina, cosméticos, fitosanitarios, etc.) se debe, igualmente, garantizar la segu-

ridad de los trabajadores que las utilizan. Por ello, se considera que las medidas de prevención y protección a implantar, derivadas de la evaluación de riesgos, podrían seguir los criterios técnicos indicados en la normativa de seguridad industrial anteriormente mencionada, pese a no estar obligados a ello.

Entre las medidas a adoptar en una instalación de almacenamiento que contenga agentes químicos se pueden considerar las relativas a: inventario actualizado de recipientes con agentes químicos peligrosos, dispuestos junto con sus FDS, volumen unitario y máximo a almacenar; disposición de cubetos de retención; disposición física de los diferentes recipientes en el almacén; información sobre la incompatibilidad entre agentes, reactividad y estabilidad; revisiones e inspecciones periódicas; restricciones y control para el uso de determinadas sustancias (cancerígenos, mutágenos); condiciones ambientales requeridas; medidas de emergencia y primeros auxilios; formación e información específica requerida; señalización; y equipos de protección individual.

Determinados agentes químicos peligrosos, al reaccionar entre sí o con otras sustancias (agua, aire, ácidos, bases, sustancias oxidantes, etc.), pueden provocar una situación peligrosa (incendio, explosión, liberación de sustancias tóxicas o inflamables, liberación de calor). Por todo ello, es necesario, tras identificar la situación, separar los agentes químicos incompatibles entre sí.

En la tabla 3 se muestra un cuadro de incompatibilidades de agentes químicos peligrosos, incluido en el RAPQ, ITC APQ-10 "Almacenamiento en recipientes móviles". Este cuadro puede utilizarse para realizar una primera segregación o separación de los recipientes de almacenamiento en función de sus peligros, aunque posteriormente debe continuarse el proceso de separación analizando también otros parámetros incluidos en la ficha de datos de seguridad relativos a la naturaleza de las sustancias, reactividad, estabilidad, etc.

En cuanto a las operaciones de manipulación de sustancias químicas, que suelen dar lugar a un número importante de accidentes y muchos de ellos de consecuencias graves, requieren algunas medidas, tales como restricciones de acceso o procedimientos de trabajo, que deberían implantarse en todas aquellas operaciones que impliquen exposición y riesgo por contacto con agentes químicos peligrosos (por ejemplo: trasvases entre recipientes, alimentación de equipos, transporte de recipientes, toma de muestras, intervenciones en procesos químicos discontinuos, accesos a espacios confinados con atmósferas peligrosas, etc.). En distintas publicaciones del INSST, citadas en el apéndice 2 de esta guía, se tratan monográficamente las medidas a adoptar para la realización de algunas de estas operaciones de manipulación.

Dentro de las operaciones de manipulación hay que prestar atención a las operaciones de trasvase de sus-

tancias químicas peligrosas (véase NTP 768) y especialmente:

- Si el trasvase afecta a sustancias inflamables, incompatibles o muy reactivas, debido a que durante el mismo pueden generarse cargas electrostáticas que podrían ocasionar incendios, explosiones o reacciones químicas incontroladas.
- Si el trasvase se realiza a recipientes fijos sin sistemas de seguridad, por el riesgo de sobrellenado, o a recipientes móviles por el riesgo de derrame.
- Al riesgo por reacciones químicas peligrosas, que podrían surgir si, por ejemplo, los recipientes que se manipulan durante el trasvase no están adecuadamente etiquetados, o si no se dispone de la adecuada información sobre la reactividad e incompatibilidad de las sustancias químicas que se trasvasan.

Respecto al transporte exterior de agentes químicos peligrosos, este está regulado por las diferentes normativas de transporte de mercancías peligrosas y pedercederas por ferrocarril, carretera, vía navegable y aérea.

En el transporte interno de agentes químicos peligrosos, tanto a través de instalaciones fijas mediante sistemas de tuberías como a través de recipientes móviles, las medidas preventivas recomendadas deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las instalaciones fijas de transporte de agentes químicos peligrosos deben diseñarse de acuerdo con la normativa de seguridad industrial específica, teniendo en cuenta la peligrosidad y características fisicoquímicas de los productos químicos a transportar. En estas instalaciones deben realizarse los mantenimientos, revisiones periódicas e inspecciones indicadas en la citada normativa.
- Las tuberías por las que circulen agentes químicos peligrosos deben permitir la identificación de los mismos (se recomienda consultar el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, y su Guía técnica correspondiente elaborada por el INSST).
- Las zonas de tuberías y conductos que transportan agentes químicos peligrosos en los almacenes deben protegerse frente a riesgos mecánicos (choques, golpes, etc.), especialmente en las zonas de circulación de equipos de trabajo móviles (carretillas, plataformas elevadoras móviles de personal (PEMP), transpaletas, etc.).
- Los recipientes utilizados para el transporte de agentes químicos peligrosos deben tener la resistencia química adecuada, en función de las características de los mismos y de las condiciones de

Número	Apartado CLP	Clase de peligro	Indicación de peligro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2.3	Aerosoles (inflamables)	H222 H223										
2	2.2 2.6	Gases inflamables ⁸ Líquidos inflamables	H220 H221 H224 H225 H226						B	C	B		
3	2.7	Sólidos inflamables	H228										
4	2.9 2.10 2.11	Líquidos pirofóricos Sólidos pirofóricos Sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontáneo	H250 H251 H252										
5	2.12	Sustancia y mezclas que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables	H260 H261										
6	2.4 2.13 2.14	Gases comburentes ⁸ líquidos y sólidos comburentes	H270 H271 H272		B								
7	3.2	Sustancias y mezclas corrosivas	H290 H314		C					A			
8	3.1	Tóxicos no inflamables ni combustibles	H300 H301 H310 H311 H330 H331 H370		B								
9	3.1	Tóxicos inflamables o combustibles	H300 H301 H310 H311 H330 H331 H370										
10		Productos peligrosos no incluidos en los grupos anteriores	H302 H304 H312 H315 H317 H318 H319 H332 H334 H335 H336 H340 H341 H350 H350i H351 H360 H361 H362 H371 H372 H373 H400 H410 H411 H412 H413 H229										

Tabla 3. Cuadro resumen de incompatibilidades de agentes químicos peligrosos para el almacenamiento conjunto (Real Decreto 656/2017, MIE APQ-10)⁷.

utilización y transporte previstas, y ser seguros y compatibles con el producto a transportar, evitando el uso de recipientes frágiles como el vidrio para cantidades superiores a 2 litros. Se debe realizar un mantenimiento periódico de dichos recipientes y retirar de uso y servicio los que estén degradados.

En todas las operaciones de almacenamiento, manipulación y transporte de agentes químicos peligrosos se deben tener previstos medios para la contención de derrames (cubetos de retención, barreras, suelo de retención, drenaje a lugar seguro, etc.) y medios de recogida (medios de adsorción y absorción seguros). En el artí-

⁷ A. Los productos corrosivos podrán almacenarse conjuntamente sin restricciones siempre que no se produzcan reacciones entre sí (por ejemplo, productos ácidos con productos alcalinos). En caso de incompatibilidad se dispondrá, al menos, de cubetos de retención separados.

B. Los líquidos inflamables o combustibles no se almacenarán conjuntamente en la misma área de almacenamiento con productos químicos comburentes (número 6 de esta tabla) ni con productos químicos tóxicos que no sean combustibles (número 8 de esta tabla), a no ser que se sectoricen mediante la colocación de armarios protegidos.

C. Los productos químicos corrosivos contenidos en recipientes frágiles (número 7 de esta tabla) y los bifenilos policlorados, no podrán almacenarse en un área que contenga líquidos inflamables o combustibles que no tengan, además, estas propiedades, a menos que se adopten las medidas necesarias para que, en caso de siniestro, no provoquen reacciones peligrosas (por ejemplo, separación mediante obra, grandes distancias, cubetos colectores separados, utilización de armarios protegidos, etc.).

Blanco	Posible almacenamiento sin restricciones o separado (continuar proceso de evaluación)
--------	---

Gris	Almacenamiento independiente
------	------------------------------

⁸ Aquellos no incluidos en APQ 5.

culo 10 (Prevención de derrames) de la ITC MIE APQ-10 "Almacenamiento en recipientes móviles" se dan indicaciones específicas al respecto.

En las proximidades de los lugares de trabajo donde se almacenan y manipulan agentes químicos peligrosos se dispondrán duchas y lavaojos, fundamentalmente en áreas de trasvase y puntos de toma de

muestras. Las duchas y lavaojos no distarán más de 10 metros de los puestos de trabajo indicados y estarán libres de obstáculos y debidamente señalizados. Las características de estas duchas y lavaojos seguirán lo establecido en la serie de normas UNE-EN 15154. De forma excepcional, se permitirá adoptar soluciones con elementos portátiles.

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.

A fin de eliminar o reducir el riesgo por incendio, el primer objetivo a conseguir es identificar, para su inmediata eliminación, sustitución o, en su defecto, control, los combustibles y los focos de ignición presentes en el lugar 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 de 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 los productos no necesarios en un recinto específico y seguro para su almacenamiento. Con ello se podrá conseguir el aislamiento del peligro 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.

- 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 lugar de trabajo no puedan desprender una cantidad de energía suficiente para iniciar el incendio, explosión u otras situaciones adversas. Los focos de ignición pueden clasificarse en:

- Térmicos: útiles y operaciones que generen chispas o llama (soldadura, mechero Bunsen, carretillas de motor térmico carentes de dispositivos apagallamas, etc.), instalaciones que generen calor (estufas, hornos, etc.), rayos solares, etc.
- Eléctricos: chispas, cortocircuitos y sobrecargas que se producen en la instalación eléctrica o en equipos eléctricos, electricidad estática, descargas eléctricas atmosféricas, etc.

- Mecánicos: chispas de origen mecánico (al usar herramientas metálicas convencionales para la apertura de recipientes metálicos, para golpear una superficie dura, etc.), chispas calzado-suelo, chispas y calentamiento por roces mecánicos, etc.
- Químicos: reacciones exotérmicas, de sustancias incompatibles, de descomposición de sustancias inestables, autoignición, etc.

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

Así mismo, para evitar o controlar posibles focos de ignición, además de disponer y aplicar siempre y sistemáticamente procedimientos de trabajo seguros, se pueden contemplar las siguientes consideraciones:

- 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 (Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas en los locales con riesgo de incendio o explosión) del Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (en adelante, REBT).
- Los aparatos y equipos en general (no sólo los eléctricos) usados en áreas con riesgo por explosión deben ser adecuados a los grupos y las categorías fijadas en el Real Decreto 144/2016, de 8 de abril, por el que se establecen los requisitos esenciales de salud y seguridad exigibles a los aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas y por el que se modifica el Real Decreto 455/2012, de 5 de marzo, por el que se establecen las medidas destinadas a reducir la

cantidad de vapores de gasolina emitidos a la atmósfera durante el repostaje de los vehículos de motor en las estaciones de servicio, para el nivel de protección requerido en función de la probabilidad de formación de atmósferas explosivas debido a gases, vapores, nieblas o polvo en suspensión (véase el Real Decreto 681/2003 y su correspondiente guía técnica del INSST).

- Las operaciones de carga, descarga o trasvase de líquidos inflamables se realizarán evitando la generación de cargas electrostáticas (control de la velocidad de trasvase y de circulación del producto, llenado de recipientes desde la base a la boca mediante tubo sumergido o embudo de caña larga, empleo de aditivos antiestáticos, etc.) y facilitando la eliminación de las mismas mediante conexión equipotencial y a tierra de todos los equipos y recipientes (véase la figura 1).

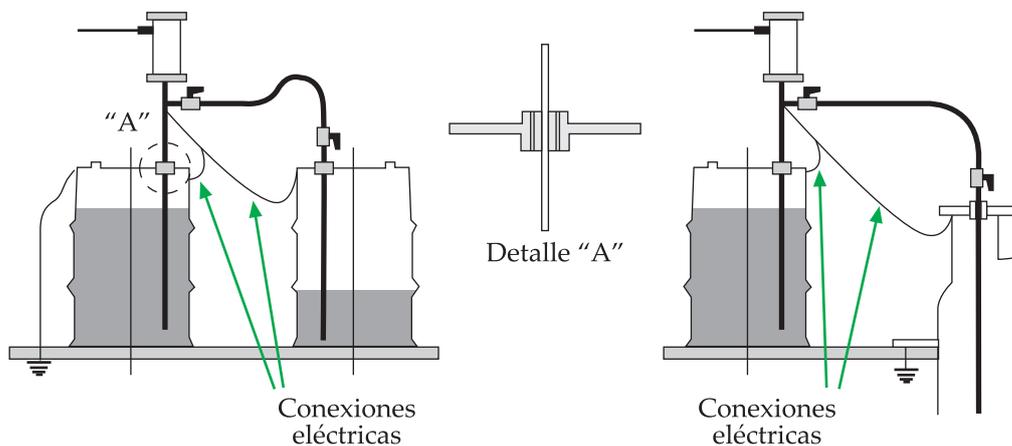


Figura 1. Conexión equipotencial y a tierra de todos los equipos y recipientes en operaciones de trasvase de líquidos inflamables.

- Respetar el tiempo de relajación del producto antes de iniciar operaciones que puedan generar focos de ignición, como ocurre, por ejemplo, en la apertura de tapas, en la toma de muestras o en trabajos que puedan generar chispas.
- Controlar las descargas disruptivas mediante la humidificación ambiental, la instalación de dispositivos colectores, el uso de ionizadores, etc. El calzado y los guantes deben ser conductores o antiestáticos y la ropa de protección debe ser, además, ignífuga.
- Implantar medidas para el control exhaustivo de posibles focos de ignición:
 - Focos térmicos: prohibición de usar e introducir en áreas de riesgo útiles de ignición; emplazamiento externo 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 apagallamas y calorifugado en el tubo de escape, utilizando preferentemente equipos de accionamiento eléctrico con protección antiexplosiva; uso de cubiertas opacas para proteger de los rayos solares; cámaras aislantes, ventilación o refrigeración según las condiciones térmicas ambientales; etc.

- Focos eléctricos: correcto mantenimiento de la instalación eléctrica; conexiones a tierra de los equipos; no sobrecargar los enchufes; no usar prolongadores para enchufar los equipos eléctricos; etc.
- Focos mecánicos: uso de herramientas anti-chispa (cobre-berilio, aluminio-bronce, 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.

- Focos 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.

Respecto a las condiciones adversas que pudieran activar la descomposición de sustancias o mezclas químicas inestables, debe garantizarse que:

micamente inestables, debe garantizarse que:

- Las condiciones ambientales sean las adecuadas para no favorecer la *descomposición de sustancias químicamente inestables*.
- Se realiza el mantenimiento de los recipientes y se verifica su caducidad para detectar la posible descomposición.

Para evitar que se puedan producir mezclas de sustancias químicamente incompatibles que pueden dar lugar a reacciones químicas peligrosas:

- Se emplearán procedimientos específicos de trabajo.
- Se agruparán las sustancias químicas por comunidad de riesgos.

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 por sí solas no garantizan un control exhaustivo del riesgo. Por tanto, se deben tomar medidas de protección complementarias encaminadas a minimizar las consecuencias derivadas en caso de materialización de un siniestro.

En el caso del riesgo por incendio, las medidas de protección complementarias para minimizar las consecuencias de su materialización irán encaminadas a evitar la propagación descontrolada del incendio y a minimizar las consecuencias materiales o humanas derivadas del mismo. Dentro de ellas cabe diferenciar entre:

- Medidas de protección pasiva: Protección estructural de los elementos portantes para garantizar una determinada estabilidad 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; utilización de materiales constructivos y de revestimiento de comportamiento ante el fuego conocidos; y sistemas de evacuación al exterior de los humos y calor producido en un incendio.
- Medidas de lucha contra incendios o medidas de protección activa: Detección humana o instalaciones de detección automática del incendio; medios ágiles y fiables de transmisión de la alarma; equipos de lucha contra incendios, portátiles o fijos, de accionamiento manual o de descarga automática; vías de evacuación suficientes en número, correctamente dimensionadas y adecuadamente distribuidas.

Este conjunto de medidas de lucha contra incendios se contempla en muchas disposiciones de nuestro marco legal, en algunos casos con carácter general y en otros con carácter específico. Con independencia de que serán exigibles las medidas que sean de aplicación establecidas por las diferentes disposiciones legales en materia contra incendios, se citan a continuación algunas medidas específicas a considerar:

- Instalar diques o cubetos de retención para contener el líquido inflamable derramado en una fuga o rotura de un depósito (véase la figura 2).
- Controlar la propagación vertical u horizontal de los efectos del incendio mediante sectores de incendio con la resistencia al fuego adecuada.
- 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 y el calor generados por el incendio mediante exutorios u otros medios de extracción.
- 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. El número y ubicación de las salidas debe ser suficiente y adecuado, en función de la normativa específica.

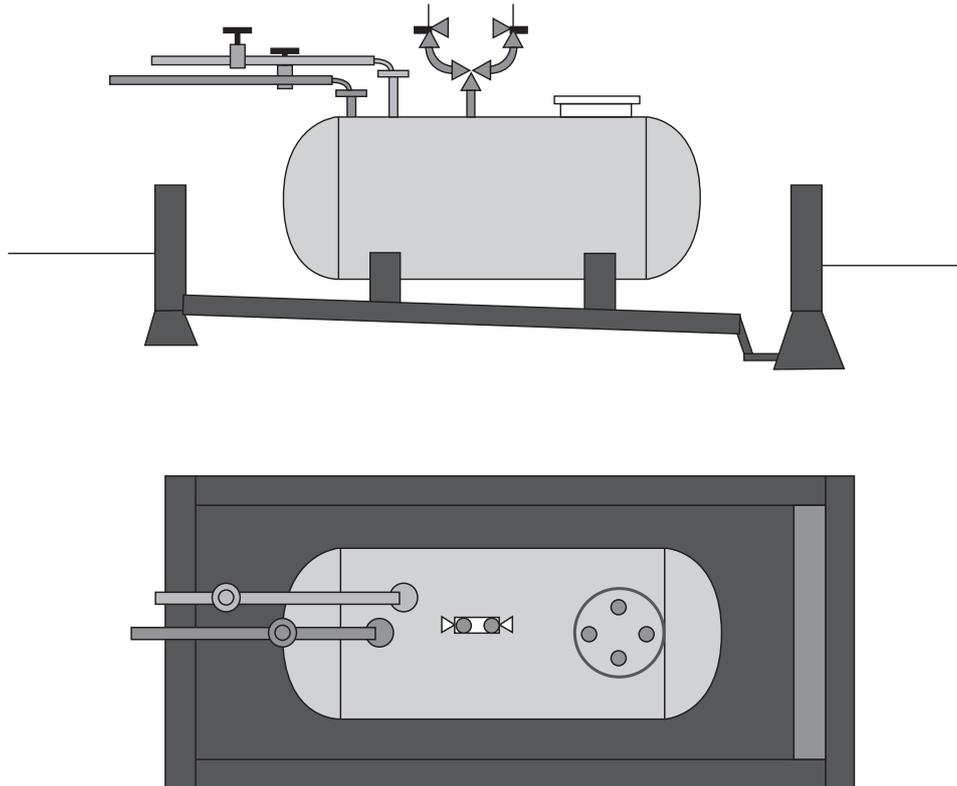


Figura 2. Cubeto de retención para depósitos de líquidos.

- Señalizar tanto las salidas como los medios de protección contra incendios de utilización manual, teniendo en cuenta lo dispuesto en la normativa al respecto.

En el caso del riesgo por explosión, las medidas de protección complementarias para minimizar las consecuencias de su materialización se adoptarán conforme a lo establecido en el Real Decreto 681/2003 y en su guía técnica del INSST. En el caso del riesgo por reacciones exotérmicas peligrosas, entre las medidas de protección complementarias para minimizar las consecuencias de su materialización están las siguientes:

- Inundación con agua del reactor, con el fin de lograr la necesaria refrigeración del proceso químico ante

el posible descontrol 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 cuando 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.

- 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.).

Las máquinas utilizadas deberán ser conformes a los requisitos esenciales de seguridad y salud exigidos por

el Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas. Para el control del riesgo de incendio, este real decreto establece en el apartado 1.5.6 de su anexo I que "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".

Para el control de riesgo de explosión, el citado real decreto exige, en el apartado 1.5.7 de su anexo I, que *“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”,* y que *“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”.*

Los requisitos exigibles a los equipos que vayan a ser usados en atmósferas potencialmente explosivas se indican en el Real Decreto 144/2016.

Los requisitos legales exigibles en materia del uso seguro de los equipos de trabajo por los trabajadores pueden consultarse en la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos de trabajo, del INSST.

El mantenimiento de los equipos de trabajo 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 I 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 clasificaba los aparatos en grupos según su destino de utilización: Grupo I en minas y Grupo II en ambientes con atmósferas explosivas en general. Esta clasificación se ha mantenido en

el Real Decreto 144/2016 que deroga al anterior. La descripción de las exigencias legales a estos equipos pueden consultarse en el apéndice 4 de la Guía técnica del Real Decreto 681/2003, elaborada por el INSST.

- 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 la 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 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 la interpretación y aplicación del mismo.

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 de aplicación cuando la evaluación de riesgos revele un riesgo para la seguridad y salud de las personas trabajadoras y, por tanto, ponga de manifiesto la necesidad de proceder a realizar la vigilancia de la salud, teniendo en cuenta los criterios establecidos en los artículos 3.3 y 3.4 del presente real decreto.

La vigilancia de la salud está regulada, principalmente, en el artículo 22 de la LPRL, el artículo 37 del RSP y el

Real Decreto 843/2011, de 17 de junio, por el que se establecen los criterios básicos sobre la organización de recursos para desarrollar la actividad sanitaria de los servicios de prevención.

La vigilancia de la salud es un derecho de las personas trabajadoras y, consecuentemente, una obligación de la empresa, siempre atendiendo a su carácter voluntario de acuerdo con lo establecido en el artículo 22 de

la LPRL. De este carácter voluntario sólo se exceptúan, previo informe de los representantes de las personas trabajadoras, los supuestos en los que la realización de los reconocimientos es imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre su salud o para verificar si el estado de salud puede constituir un peligro para sí mismo, para el resto de la plantilla o para otras personas relacionadas con el centro de trabajo, o cuando así esté establecido en una disposición legal en relación con la protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad. Así mismo, la empresa debe realizar reconocimientos previos y periódicos a quienes ocupan un puesto de trabajo en el

que exista un riesgo de enfermedad profesional (art. 243 del Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social).

Por encomienda de este real decreto, el Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social ha elaborado la Guía básica y general de orientación de las actividades de vigilancia de la salud para la prevención de riesgos laborales, y guías y protocolos de vigilancia específica de la salud de los trabajadores. En todo caso la vigilancia de la salud deberá contemplar los criterios contenidos en dichos instrumentos.

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 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 suma la posibilidad de producir un daño en las condiciones concretas de exposición. Por ejemplo, la vigilancia de la salud se considerará una herramienta adecuada 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) si:

- 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.

Se entiende, además, que las 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.

No sería adecuada una vigilancia de la salud:

- Que no se centre específicamente en la detección de las enfermedades o efectos para la salud relaciona-

dos con los agentes químicos a los que está 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.
- Que se base en pruebas de validez cuestionable, incluya pruebas cuya utilidad preventiva no compense el riesgo que suponen para las personas trabajadoras o, en definitiva, no se base en métodos de cribaje y diagnóstico preclínico acordes con el conocimiento médico-científico del momento.

Por ejemplo, no deberán considerarse adecuadas pruebas tales como:

- 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 el artículo 3.1.j y 3.1.k del Real Decreto 843/2011.
- El análisis de indicadores biológicos de exposición, si no ofrece ventajas sobre el uso del control ambiental, o si no se respetan las condiciones y momento de toma de la muestra especificado en el documento del INSST "Límites de exposición profesional para agentes químicos en España".

3. La vigilancia de la salud será un requisito obligatorio para trabajar con un agente químico peligroso 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, la obligatoriedad de la vigilancia de la salud podría establecerse:

- Cuando no esté garantizada la efectividad de las medidas preventivas existiendo un riesgo sustancial y significativo de daño para la salud.
- Cuando la exposición por vía dérmica (o por otras vías, además de la inhalatoria) pueda ser importante.
- Cuando, dada la naturaleza de las actividades o procesos, la exposición sea muy irregular (y, en consecuencia, de difícil control) por la variabilidad de la magnitud de la exposición o por la variabilidad 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.

Las características personales de las personas trabajadoras (edad, patologías, estado físico, etc.) o su estado biológico conocido pueden ser determinantes en el desarrollo de una sensibilidad especial a un agente químico concreto. Por ello, se deberán determinar las circunstancias personales de los trabajadores y las trabajadoras que pueden dar lugar a una mayor vulnerabilidad con la finalidad de aplicar medidas de prevención y protección específicas.

Entre las circunstancias personales, y con carácter general, se deberán tener en cuenta aquellas que la LPRL nombra explícitamente, como son ser menores, ser mujeres embarazadas, que han dado a luz recientemente o que están en periodo de lactancia y ser trabajadoras o trabajadores en edad fértil.

Respecto a la protección de la maternidad en el trabajo, la normativa básica se encuentra recogida en el artículo 26 de la LPRL y en el artículo 4 y los anexos VII y VIII del RSP.

Con relación a la protección de la reproducción, el INSST ha publicado el documento "Directrices para la evaluación de riesgos y protección de la maternidad en el trabajo" y varias NTP sobre agentes químicos y efectos sobre la reproducción.

La protección específica de los trabajadores menores está regulada en el artículo 27 de la LPRL.

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 el anexo II se establecen valores límite biológicos de aplicación obligatoria y medidas de vigilancia de la salud.

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 toda persona trabajadora relativa a su

puesto de trabajo antes de ser adscrita al mismo, informándole de los elementos obligatorios de la vigilancia de la salud y de su finalidad.

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.

La vigilancia de la salud estará sometida a protocolos específicos u otros medios existentes con respecto a los factores de riesgo a los que esté expuesto el trabajador.

Actualmente existen veintiún protocolos de vigilancia sanitaria específica de los trabajadores publicados por el Ministerio de Sanidad, de los cuales catorce pueden aplicarse a la exposición a agentes químicos: ocho específicos para agentes (anestésicos inhalatorios, citotáticos, óxido de etileno, plomo, amianto, plaguicidas, cloruro de vinilo monómero y sílice cristalina (silicosis)), cinco específicos de los efectos (asma, alveolitis alérgica extrínseca, neumoconiosis (excepto silicosis), dermatosis, adenocarcinoma de fosas nasales y senos paranasales en trabajadores expuestos al polvo de madera) y uno específico para el Sector Agrario.

En el caso de no existir protocolo de vigilancia sanitaria específica aprobado por el Ministerio de Sanidad, y en aplicación del artículo 5.3 y el artículo 37.3.c del RSP, se debería recurrir a guías de instituciones com-

petentes 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 podrá formar parte de la vigilancia de la salud y se incluirá en el protocolo de vigilancia médica siempre que así lo disponga la normativa aplicable. 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 límite biológicos (VLB[®]) recogidos en el documento "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España" del INSST.

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 solo los historiales individuales sino también los informes colectivos derivados de los estudios epidemiológicos citados en los artículos 37.3.d y 37.3.f del RSP y en el 3.1.f del Real Decreto 843/2011.

Según el artículo 37.3.c del RSP, los historiales individuales deberán contener como mínimo:

- El historial clínico del personal 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.

- Los datos de la exploración física y del control biológico si procede.
- Las 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 y conclusiones obtenidas de los mismos en relación con la aptitud de las personas trabajadoras para el desempeño del puesto de trabajo o con la necesidad de introducir o mejorar las medidas de protección y prevención pertinentes (LPRL, art. 23.1.d).
- Relación de los puestos de trabajo exentos de riesgo para la mujer embarazada, que ha dado a luz recientemente o en periodo de lactancia, según el resultado de la evaluación de riesgos (LPRL, art. 26).
- Informe colectivo de los exámenes de salud y del conjunto de las actividades de vigilancia de la salud (RSP, art. 39.2 y Real Decreto 843/2011, art. 3.1).

- Relación de los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo (LPRL, art. 23.1.e).
- Memoria y programación anual de la actividad sanitaria del servicio de prevención (RSP, art.15.5).
- En el caso de no disponer de protocolos de vigilancia sanitaria específica aprobados por el Ministerio de Sanidad, se deberán dar las referencias de los criterios y procedimientos utilizados (RSP, art. 7.d).
- Documentación requerida en la normativa específica (por ejemplo, amianto, cancerígenos o mutágenos, entre otros).

Adicionalmente a lo detallado en el apartado anterior, sería una buena práctica que ayudaría a mejorar la ges-

tión de la vigilancia de la salud el disponer de los siguientes registros documentales:

- Consentimiento informado del personal.
- 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 las personas trabajadoras.
- Comunicación al personal de la obligatoriedad de la vigilancia de la salud, informando de los motivos.
- A nivel colectivo, documentación de los estudios de las ausencias por enfermedad y el tratamiento epidemiológico de los resultados del seguimiento de salud, incluyendo los informes colectivos de control biológico.

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 de las personas trabajadoras a aquella documentación generada por la vigilancia de la salud que les afecte personalmente, sin perjuicio del derecho expresado en el artículo 22.3 de la LPRL de recibir la oportuna comunicación acerca de los resultados de la vigilancia y control de su salud, que se trasladarán por escrito de forma adecuada y comprensible.

Este derecho de acceso a los datos de carácter personal del sistema de vigilancia de la salud está regulado por el artículo 13 de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.

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.

En el caso de que los resultados de las pruebas realizadas pongan en evidencia algún efecto en la salud de las personas trabajadoras, estas serán informadas 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 que se sospecha es de origen profesional, 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 aquellos casos en los que la naturaleza de los riesgos inherentes al trabajo lo hagan necesario, por ejemplo, cuando el efecto adverso pueda manifestarse una

vez cesada la exposición, se deberá informar al trabajador y la trabajadora acerca de las medidas a adoptar, como puede ser la necesidad de una vigilancia médica periódica más allá de la finalización de la relación la-

boral. Sería conveniente informar a las personas afectadas de cuál es el significado de dichas alteraciones en su salud 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 una persona trabajadora expuesta a agentes químicos peligrosos o la superación de un VLB de los indicados en el anexo II implicará:

- una investigación, tal y como exige el artículo 16.3 de la LPRL,

- la actualización de la última evaluación de riesgos, tal y como dispone el artículo 6.1 del RSP, y
- 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 las personas trabajadoras 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 alternativas

que mejor se adapten a las capacidades de la persona en cuestión. Solo 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 a la persona trabajadora 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 las personas trabajadoras afectadas, en este apartado se añade un nuevo examen de salud que se aplicará al resto de personal sometido a una exposición similar y que deberá llevarse a cabo cuando se hayan detectado daños para la salud relacionados con la exposición o se haya superado un VLB 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, que estará basada 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.

El artículo 20 de la LPRL exige al empresario, en función del tamaño de la empresa, de su actividad y de la posible presencia de personas ajenas a la misma, analizar las posibles situaciones de emergencia (identificación, localización y evaluación) y adoptar las medidas necesarias de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de las trabajadoras y los trabajadores. En la identificación de las situaciones de emergencia deben tenerse en cuenta los posibles riesgos originados por la presencia de sustancias químicas.

La empresa deberá dotarse de los recursos humanos necesarios para garantizar la optimización y el uso correcto de los medios de protección instalados y, además, periódicamente, deberá realizar la revisión del correcto funcionamiento de los mismos y llevar a cabo simulacros. El personal implicado debe estar adecuadamente formado (formación teórica y práctica) con entrenamiento específico en el uso de los medios contra incendios y, en su caso, de autosalvamento.

Para la aplicación de las medidas adoptadas, la empresa 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 una práctica común en empresas y actividades de alto riesgo, como centrales nucleares o industrias químicas afectas por el Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

El artículo 21 de 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 o sus representantes legales.

El concepto de riesgo laboral grave e inminente se define en el artículo 4 de la LPRL: *“Se entenderá como «riesgo laboral grave e inminente» aquel que resulte probable racionalmente que se materialice en un futuro inmediato y pueda suponer un daño grave para la salud de los trabajadores”*.

2. Con objeto de proteger la salud y la seguridad 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.

Ante cualquier posible situación de emergencia, accidente o incidente, la empresa debe haber previsto: “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.

De cara a la planificación de las actividades a desarrollar en estas situaciones y a la selección de las medidas necesarias para la correcta realización de las mismas, se debe tener en cuenta el marco normativo específico en función de las peculiaridades de cada establecimiento:

- Para los establecimientos afectados por la legislación de accidentes graves (Real Decreto 840/2015), es necesario establecer las líneas de actuación en caso de que se produzcan incidentes o situaciones de riesgo que puedan generar un accidente grave, con el fin de adoptar de forma rápida y coordinada las medidas que permitan su control y la limitación de sus consecuencias.

Además de adoptar medidas para evitar los daños que puedan derivarse de estas situaciones, en estos establecimientos se debe elaborar un plan de autoprotección que, ante todas las posibles situaciones

de emergencia provocadas por accidentes graves en las instalaciones, permita dar una respuesta coordinada haciendo un uso racional de los medios y recursos existentes.

El plan de autoprotección, denominado también plan de emergencia interior (PEI), deberá contemplar la identificación de los accidentes que justifiquen su activación, basándose en un análisis de riesgos acorde con su grado de afectación o el informe de seguridad.

El contenido del plan de autoprotección de un establecimiento en materia de accidentes graves se debe ajustar a lo especificado en el artículo 3.3 de 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 Real Decreto 1196/2003, y a la normativa en vigor en materia de autoprotección.

- En los supuestos de los establecimientos industriales que contengan una o varias instalaciones de almacenamiento de productos químicos incluidas en el RAPQ deberán disponer de un plan de autoprotección integrado, como mínimo, en los casos indicados en el artículo 11 de dicho reglamento.

- Con carácter general, el plan de autoprotección debe ajustarse a lo requerido en el Real Decreto 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia (en adelante, NBA) y, en el caso de establecimientos afectados por la normativa de accidentes graves, a los requerimientos del Real Decreto 840/2015.

Mediante la NBA se desarrollan los preceptos relativos a la autoprotección. Así, 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 es-

tructura 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 dispuesto en ella se entenderá sin perjuicio de lo establecido en la LPRL y en la normativa que la desarrolla.

En la NTP 818 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. Se deberá distinguir entre los recursos técnicos o materiales y los recursos humanos necesarios para la optimización del uso de los recursos materiales.

Los medios instalados serán acordes con los distintos tipos de riesgo identificados (tales como incendio, explosión, fugas y derrames) y con la magnitud esperada de las consecuencias en caso de materialización. Así, 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 del mismo agente en una fase más avanzada 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. En este sentido, la norma-

tiva de edificación correspondiente marca el número mínimo de vías y salidas de evacuación.

En cuanto a los requisitos que deben satisfacer y las condiciones que deben cumplir los establecimientos de uso industrial para su seguridad en caso de incendio (para prevenir su aparición y dar respuesta adecuada, limitar la propagación y posibilitar su extinción, para anular o reducir los daños o pérdidas que pueda ocasionar el incendio a personas o bienes), están incluidos en el Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

En relación con los equipos, materiales e instalaciones de primeros auxilios, los requisitos legales se recogen en el Real Decreto 486/1997. Esta normativa no especifica nada en relación con el número de personas con formación en primeros auxilios y rescate (socorristas) necesarios en el centro de trabajo. A modo de guía, se podría recomendar un mínimo de un socorrista por cada 50 personas trabajadoras, 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.

- 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 para el control de las situaciones de peligro, se deberán organizar los equipos de intervención necesarios (de lucha contra el fuego, de primeros auxilios, de alarma y evacuación, etc.) para actuar en 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 estén familiarizados y entrenados en el uso de los medios puestos a su disposición. El programa de formación debe ser continuado y ajustado a las necesidades de la empresa, en particular al tipo de trabajo y a los riesgos asociados.

Los equipos de primeros auxilios deberían estar organizados y preparados de forma que sean capaces de atender con rapidez y eficacia a la persona o personas trabajadoras 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 implantados y la eficacia de las actuaciones de los equipos de intervención 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 y autoprotección 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 (como servicios de ambulancia, urgencia, salvamento, centros especializados e incluso protección civil y bomberos), se deben organizar con antelación las relaciones con ellos, así como establecer los cauces de comunicación que garanticen la rapidez y eficacia de su actuación.

El Real Decreto 840/2015 establece, en su artículo 17, la información que deberán facilitar los industriales de los establecimientos comprendidos en su ámbito de aplicación a los órganos competentes de la Comunidad autónoma en materia de protección civil 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 para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas establece los formatos normalizados para la correspondiente notificación de los accidentes graves, y 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.

Los establecimientos incluidos en el catálogo de actividades de la NBA (anexo I) deben tener la capacidad operativa adecuada y estar coordinados con los planes de protección civil que les sean aplicables.

De conformidad con todo ello, el Plan estatal de protección civil ante el riesgo químico, aprobado por el Real Decreto 1070/2012, de 13 de julio, tiene como finalidad establecer la organización y los procedimientos de actuación de aquellos recursos y servicios del Estado y, en su caso, de otras entidades públicas y privadas, que sean necesarios para asegurar una respuesta eficaz del conjunto de las Administraciones Públicas ante las diferentes situaciones de emergencia por accidente con sustancias peligrosas en las que esté presente el interés nacional, así como los mecanismos de apoyo a los planes de las comunidades autónomas en los supuestos que lo requieran.

- 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:

1.º 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.

2.º 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.

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.

El artículo 5 del Real Decreto 393/2007 establece que, para los establecimientos donde se desarrollan actividades incluidas en el catálogo de actividades del anexo I de la NBA, el titular de la actividad debe facilitar con carácter previo a los órganos competentes de las comunidades autónomas *“Los datos, de los planes de autoprotección, relevantes para la protección civil para ser inscritos en un registro administrativo, que incluirá como mínimo los datos referidos en el anexo IV de la Norma Básica de Auto-protección”*. Esta disposición de ámbito nacional se complementa o desarrolla, en algunos casos, con disposiciones promulgadas en el ámbito de las Administraciones Autonómicas o Locales.

Para los establecimientos a los que sea de aplicación el Real Decreto 840/2015, en su artículo 13 se establece

- 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 de emergencia a los distintos equipos internos de intervención y, en su caso, a los servicios externos de ayuda, a fin de garantizar su rápida respuesta, así como 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.

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 en materia de protección civil la información y apoyo necesarios para que estos puedan elaborar el PEE.

La Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas establece en su artículo 7.3.6 los criterios de activación del PEE, y 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 de primeros auxilios específico para la empresa, cuya tenencia fuera obligatoria para los socorristas y para los responsables de la asistencia especializada y que, en versión resumida, podría entregarse a todos los trabajadores y trabajadoras con el fin de informarles sobre cuáles son los procedimientos de alerta y actitud correcta si presencian un accidente.

Tal notificación requerirá de una instalación de alarma (preferiblemente por megafonía), y que todos los ocupantes de la instalación estén informados y familiarizados con los distintos códigos empleados por la misma. A tal efecto, se recuerda que el Real Decreto 485/1997 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 de una inmediata y fiable comunicación del suceso a los equipos de interven-

ción, a fin de que dicha situación pueda ser controlada 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, en su anexo I, establece que *“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 las personas trabajadoras que las realizan puedan verse expuestas 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. Esta autorización de trabajo deberá contemplar, como mínimo:

- El trabajo a realizar y para el cual se extiende la autorización.
- Fecha, período y turno de validez. La validez de la autorización no debería exceder de un turno de trabajo.

- Localización del punto de trabajo.
- Descripción de las tareas a realizar.
- Relación de riesgos previsibles.
- Responsabilidades de las personas autorizadas.
- 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 para realizar las tareas.
- 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 “Prohibiciones” de este real decreto son agentes químicos peligrosos cuya producción, fabricación o utilización durante el trabajo quedan prohibidas. Están exentas de esta prohibición las sustancias que contengan estos agentes químicos en concentraciones inferiores al 0,1 % en peso.

Todos los agentes químicos incluidos en este anexo III están clasificados de forma armonizada como cancerígenos conforme a los criterios de clasificación establecidos en el Reglamento CLP.

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 sub-productos o productos residuales.

La presencia de estas sustancias en los residuos o sub-productos 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

residuo, 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 utili-

zación, ateniéndose estrictamente a lo establecido en el artículo 8.3.

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 de uso de estas sustancias, debe considerarse que, tal como se indica en el artículo 1.2 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, ya que las sustancias prohibidas están clasificadas en la tabla 3 del anexo VI del Reglamento CLP como cancerígenas: de categoría 1B (4-nitrodifenilo) y de categoría 1A las otras tres (2-naftilamina, 4-aminodifenilo y bencidina).

- 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. La 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:

1.º El motivo por el que se solicita la excepción.

2.º Las cantidades utilizadas anualmente.

3.º Las actividades y reacciones o procesos implicados.

4.º El número de trabajadores que puedan estar sujetos a exposición.

5.º 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 las personas trabajadoras, establece la obligación de la empresa de informar de los riesgos existentes, de las medidas y actividades de prevención y protección aplicables y de las medidas de emergencia. Esta información podrá cursarse, en su caso, a través de los representantes legales, aunque deberá ser directa a la persona trabajadora en lo que se refiere a los riesgos de su propio puesto de trabajo y a las medidas de prevención y protección aplicables.

El artículo 19 de esta Ley, referente a la formación de las personas trabajadoras, dispone que el empresario garantizará que cada trabajadora y trabajador reciba formación en materia preventiva en el momento de su

contratación, así como cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñe, en los equipos de trabajo que utiliza o cuando se introduzcan nuevas tecnologías. 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 persona trabajadora. Deberá impartirse por la empresa mediante recursos propios o servicios ajenos, si bien, en ambos casos, el personal técnico que la realice acreditará la cualificación requerida en el capítulo VI del RSP, que como mínimo corresponderá a funciones de nivel intermedio. Se realizará dentro de la jornada de trabajo o, de no ser posible, fuera de la misma con el descuento del tiempo invertido.

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 los agentes químicos se obtendrá, principalmente, de los datos contenidos en la FDS y de otros documentos utilizados en la evaluación de riesgos. De toda esta información, se facilitará a la persona trabajadora la necesaria para permitirle la correcta utilización del agente. Se consideran básicos los siguientes contenidos informativos:

- Identificación de los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo e información sobre su peligrosidad intrínseca y propiedades fisicoquímicas. Esta información comprenderá la indicación del tipo de peligro (clase/categoría de peligro y pictograma) y la descripción del mismo (indicación de peligro H). En el caso de la mezclas o artículos, habrá que identificar los agentes peligrosos que contienen (composición).

- Información sobre las medidas preventivas a adoptar (consejos de prudencia P).
- Límites de exposición profesional en España o, en su defecto, de un organismo de reconocido prestigio internacional.
- Equipos de protección (individual y colectiva) a emplear para el desarrollo de la operación.
- Actuación en caso de emergencia: vertido, salpicadura, incendio, etc.
- Primeros auxilios.

Así mismo, para las sustancias y mezclas comercializadas en una cantidad superior a 10 toneladas por año

y clasificadas como peligrosas, el Reglamento REACH exige anexar a la FDS de la sustancia o mezcla los escenarios de exposición relevantes para sus usos identificados, es decir, información sobre las condiciones específicas para cada uno de los usos identificados de la sustancia o mezcla, y su manipulación segura de acuerdo con lo manifestado, a su vez, por el usuario.

Para agentes químicos peligrosos para los que no es de aplicación disponer de FDS, como, por ejemplo, productos intermedios o residuos, el empresario deberá obtener del proveedor, y proporcionar a su personal, 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 las personas trabajadoras para evitar o re-

ducir los riesgos, se elaborarán e implantarán procedimientos de trabajo que contemplen estos aspectos. Estos procedimientos deberán ser conocidos y comprendidos por las personas implicadas.

- d) Acceso a toda ficha técnica facilitada por el proveedor, conforme lo dispuesto en la normativa sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y mezclas peligrosas y, en particular, a toda ficha de datos de seguridad facilitada por el proveedor con arreglo a lo dispuesto en el artículo 31 del Reglamento (CE) n.º 1907/2006.

La FDS suministrada por el proveedor en cumplimiento de la normativa citada tiene que estar a disposición del personal sin ninguna restricción. Las

personas trabajadoras deben ser informadas 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 o empresaria y, en su caso, el técnico o técnica responsable del proceso o servicio en quien haya delegado estas funciones, deberán garantizar que la información necesaria para el correcto desarrollo de la tarea ha sido recibida por todas y cada una de las personas trabajadoras y que estas 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 considere necesario. La información podrá facilitarse de forma 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 la persona trabajadora 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 existentes 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, por lo que debe garantizarse la correcta identificación de cualquier envase intermedio o temporal con el objetivo de cumplir en todo momento con el deber de información a las personas trabajadoras. En el apartado 4 (*Tuberías, recipientes y áreas de almacenamiento de sustancias y preparados peligrosos*) del anexo VII del Real Decreto 485/1997 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 mezclas peligrosas 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 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 mezclas peligrosas 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. Si no existe señal de advertencia equivalente en el anexo III, se deberá utilizar el pictograma de peligro correspondiente, conforme al anexo V del Reglamento (UE) n.º 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008.

En el caso de transporte de recipientes dentro del lugar de trabajo, podrá sustituirse o complementarse por señales que sean de aplicación en toda la Unión Europea, para el transporte de sustancias o mezclas peligrosas.

4.º Las zonas, locales o recintos utilizados para almacenar cantidades importantes de sustancias o mezclas peligrosas 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 4.1º, 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 dicha identificación.

Si no existe señal de advertencia equivalente en el anexo III para advertir a las personas de la existencia de sustancias o mezclas peligrosas, se deberá utilizar el pictograma de peligro correspondiente, conforme al anexo V del Reglamento (UE) n.º 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo.

El almacenamiento de diversas sustancias o mezclas peligrosas puede indicarse mediante la señal de advertencia «peligro en general»”.

Para la aplicación de este apartado se recomienda consultar las indicaciones y aclaraciones de la Guía técnica sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo, del INSST, 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 artículo 18.2 de la LPRL 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 repre-

sentación 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 de la empresa para 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 técnica.

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 ⁹	CAS ¹⁰	Valor límite ambiental para la exposición diaria		Valor límite ambiental para exposiciones de corta duración	
			mg/m ³ [11]	ppm ¹²	mg/m ³ [11]	ppm ¹²
Plomo inorgánico y sus derivados	-	-	0,15	-	-	-

ANEXO II

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

Plomo y sus derivados iónicos

- 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 µg Pb /100 ml de sangre.
- 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 µg Pb/100 ml.

ANEXO III

Prohibiciones

a) Agentes químicos:

EINECS ⁹	CAS ¹⁰	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

b) Actividades con agentes químicos: Ninguna.

⁹ EINECS: European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (Inventario europeo de sustancias químicas comerciales existentes).

¹⁰ CAS: Chemical Abstracts Service (Servicio de resúmenes químicos).

¹¹ mg/m³: miligramos por metro cúbico de aire a 20 °C y 101,3 kPa.

¹² ppm: partes por millón en volumen en el aire (ml/m³).

III. APÉNDICES

APÉNDICE 1. DEFINICIONES Y CONSIDERACIONES SOBRE LA VALORACIÓN DE LA EXPOSICIÓN 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

Se entiende por “zona de respiración” al espacio alrededor de la cara del trabajador del que este 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 1540:2012. “Exposiciones en el lugar de trabajo. Terminología”).

Período de referencia

Se entiende por “período de referencia” el periodo especificado de tiempo, establecido para el valor límite de un determinado agente químico. El período de referencia para el límite de exposición diaria es habitualmente de 8 horas y, para el límite de corta duración, de 15 minutos (UNE-EN 1540:2012. “Exposiciones en el lugar de trabajo. Terminología”).

Exposición

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

La “exposición” 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 ED¹³ puede calcularse matemáticamente por la siguiente fórmula:

$$ED = \frac{\sum_{i=1}^n (c_i \cdot t_i)}{8}$$

siendo:

c_i la concentración i-ésima

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

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 EC¹⁴ correspondiente se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$EC = \frac{\sum_{i=1}^n (c_i \cdot t_i)}{15}$$

siendo:

¹³ 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.

¹⁴ La suma de los tiempos de exposición que se han de considerar en la fórmula anterior será igual a 15 minutos.

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

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 y 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 fisicoquímica 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/m^3 (ppm), valor independiente de las variables de temperatura y presión atmosférica, pudiendo también expresarse en mg/m^3 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/m^3 se efectúa utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{VLA (mg/m}^3\text{)} = \frac{\text{VLA (ppm)} \cdot \text{peso molecular o atómico (g)}}{24,04}$$

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 o 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. Las exposiciones por encima del VLA-ED® hasta el VLA-EC® deben ser de 15 minutos como máximo, no deben ocurrir más de cuatro veces en una jornada de trabajo de 8 horas y con un intervalo mínimo de una hora entre exposiciones sucesivas en este rango.

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)

Hay muchas sustancias con VLA-ED® que no tienen un VLA-EC®. Sin embargo, ya que las concentraciones reales de los agentes químicos en el ambiente del lugar de trabajo pueden fluctuar de manera considerable a lo largo de la jornada, se deben controlar las exposiciones de corta duración por encima del VLA-ED®, incluso cuando el VLA-ED® de 8 horas esté dentro de los límites recomendados. La limitación en las exposiciones a concentraciones elevadas de corta duración tiene por objeto evitar que se produzcan posibles efectos adversos para la salud. Es prudente limitar dichas exposiciones dado que los efectos adversos, aunque no se hayan documentado todavía, pueden producirse en algún múltiplo del VLA-ED®. Por lo tanto, para las sustancias que tienen VLA-ED®, pero no un VLA-EC®, se aplican los siguientes límites:

Las exposiciones de corta duración pueden ser superiores a 3 veces el valor VLA-ED® durante 15 minutos como máximo en no más de 4 ocasiones en una jornada de trabajo de

8 horas y con un intervalo mínimo de una hora entre dos exposiciones pico sucesivas. En ningún caso debe superarse 5 veces el valor del VLA-ED®. Además, el VLA-ED® de 8 horas no debe excederse durante la jornada de trabajo.

Esta pauta para limitar las exposiciones de corta duración por encima del valor del VLA-ED®, que se ha establecido teniendo en cuenta consideraciones de carácter estadístico, pretende fomentar la disminución de la variabilidad del proceso y garantizar la protección de los trabajadores.

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 debe 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, debe 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 con-

ducta, 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 debe hacerse calculando:

$$\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{VLA_i}$$

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, debe 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:

$$ES = \frac{\sum_{i=1}^n ED_i}{5}$$

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

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

APÉNDICE 2. INFORMACIÓN SOBRE LA PELIGROSIDAD DE LOS AGENTES QUÍMICOS

En este apéndice se facilitan algunos enlaces a páginas web para obtener información útil para la evaluación y prevención de riesgos.

ENLACES DE INTERÉS

INSTITUCIONES

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo

A través del portal del riesgo químico del INSST, podrá acceder a los siguientes contenidos sobre esta materia:

- Las Fichas Internacionales de Seguridad Química (FISQ) en español.
- Límites de exposición profesional en España.
- Notas Técnicas de Prevención relacionadas con el riesgo químico.
- Fichas de control de agentes químicos.
- La aplicación RISKQUIM sobre clasificación y etiquetado de sustancias y mezclas.
- INFOCARQUIM, base de datos con información sobre agentes cancerígenos, mutágenos y tóxicos para la reproducción.
- El portal BASEQUIM, fichas dedicadas a situaciones de trabajo con exposición potencial a agentes químicos peligrosos. Para cada situación descrita, se proporciona información sobre los agentes químicos que pueden estar presentes en la realización de la tarea, los daños para la salud derivados de la exposición, los factores de riesgo y las medidas preventivas.
- Las páginas de los organismos nacionales e internacionales más relevantes en la materia.

ECHA (Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas)

La ECHA (Helsinki, Finlandia) gestiona los aspectos técnicos, científicos y administrativos de los Reglamentos REACH, CLP y de biocidas.

EU-OSHA (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo)

Desarrollan, recogen y ofrecen información fiable y relevante, análisis y herramientas para aumentar los conocimientos, sensibilizar e intercambiar información y buenas prácticas sobre seguridad y salud en el trabajo que cubran las necesidades de quienes participan en la Seguridad y Salud en el Trabajo.

INFORMACIÓN SOBRE PELIGROSIDAD DE LAS SUSTANCIAS Y MEZCLAS QUÍMICAS

ECHA

Se puede consultar en la base de datos de ECHA la información de la clasificación y el etiquetado de las sustancias notificadas y registradas que los fabricantes e importadores han facilitado a ECHA. También se incluyen las clasificaciones armonizadas (tabla 3 del anexo VI del Reglamento (CE) n.º 1272/2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (Reglamento CLP)).

ILPI

Relación de páginas web que permiten consultar fichas de datos de seguridad química de acceso gratuito y otra información sobre sustancias químicas.

GESTIS

Base de datos de IFA (Instituto Alemán para la Seguridad y Salud Laboral) que contiene extensa información para unas 8.800 sustancias químicas. Esta base de datos dispone también de una lista de valores DNEL y otras bases de datos sobre sustancias químicas.

MONOGRAFÍAS IARC

Estas monografías facilitan la clasificación de la IARC (International Agency for Research on Cancer) de los agentes cancerígenos y la evidencia científica disponible en cada caso.

CATÁLOGO COMERCIAL DE SIGMA-ALDRICH

Acceso a las fichas de datos de seguridad química en varios idiomas.

TOXNET

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) y GENE-TOX (Genetic Toxicology/Mutagenicity Data Bank).

ATSDR

En la página web de esta Agencia para las sustancias tóxicas y el registro de enfermedades se puede consul-

tar la información toxicológica sobre agentes químicos; está disponible también en español.

eChemPortal

Compendio de bases de datos con información sobre agentes químicos, gestionado por la OCDE. Desde aquí se accede a otras de las bases mencionadas en este apéndice.

CAMEO CHEMICALS

Base de datos de NOAA, Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica, agencia científica del Departamento de Comercio de Estados Unidos. CAMEO Chemicals es una base de datos de sustancias químicas peligrosas, incluidos los peligros de incendio y explosión, peligros para la salud, técnicas de extinción de incendios, procedimientos de limpieza, ropa protectora y propiedades químicas.

NIOSH POCKET GUIDE

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

MINISTERIO DE SANIDAD

Se encuentra disponible en la página web de este ministerio la base de datos del registro de plaguicidas no agrícolas (o biocidas).

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

Este ministerio actualiza periódicamente la base de datos del registro de productos fitosanitarios en su página web, con la información útil para todos los sectores involucrados: fabricantes, comercializadores, usuarios y aplicadores.

BASE DE DATOS DE LA COMISIÓN EUROPEA SOBRE FITOSANITARIOS

Base de datos de los plaguicidas autorizados para la comercialización conforme al Reglamento (CE) n.º 1107/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, relativo a la comercialización de productos fitosanitarios.

REPROTOX

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

ISTAS (Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud)

Se pueden encontrar publicaciones periódicas, informes, estudios monográficos, guías prácticas y materiales de formación y de sensibilización en materia de salud laboral.

RISCTOX

Ofrece información clara, organizada y sucinta sobre los riesgos para la salud y el medio ambiente de las sustancias químicas que pueden estar presentes en los productos que se manejan o generan en la empresa.

TERIS (SHEPARD'S Catalog of Teratogenic Agents)

Base de datos con información sobre teratogenicidad química. Ofrece resúmenes de la información clínica y experimental para cada agente, exhaustivamente revisada. Consultable online con suscripción.

INCHEM

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 mencionadas en este apéndice.

FEIQUE

Directorio de empresas y productos químicos que se fabrican y comercializan en España; se accede con suscripción.

INFORMACIÓN SOBRE SUSTITUCIÓN DE AGENTES QUÍMICOS PELIGROSOS

A continuación se facilita una relación de fuentes útiles para buscar alternativas en la sustitución de sustancias químicas.

INFOCARQUIM

Es una base de datos disponible en la página web del INSST. Ofrece información sobre los agentes cancerígenos, mutágenos o tóxicos para la reproducción con clasificación armonizada: los usos y aplicaciones de dichos agentes, las posibles alternativas, cuando se conocen, a cada agente con relación a su uso concreto, los tumores relacionados con cada agente y su distinto grado de certeza según el conocimiento científico actual.

RISKOFDERM

Es una aplicación para ayudar en la evaluación y gestión del riesgo por la exposición dérmica a productos químicos peligrosos en el puesto de trabajo.

OCDE Toolbox

Herramienta para la sustitución y evaluación de posibles alternativas.

Comisión Europea

En su página web se puede acceder a un documento orientativo para la sustitución de sustancias químicas: "Minimising chemical risk to workers' health and safety through substitution", Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion.

ChemSec - The International Chemical Secretariat

ChemSec es una organización independiente que aboga por la sustitución de sustancias químicas tóxicas por alternativas más seguras.

En su página CHEMSEC-SINLIST se puede buscar alternativas a algunas sustancias.

Modelo de columnas BGIA (Alemania)

Se puede acceder en la página web de IFA a la información relativa al modelo de columnas para la búsqueda de un sustituto adecuado a una sustancia química. También puede consultarse la NTP 712 del INSST.

INRS-FAS

Su página web incluye las fichas FAS (fichas de ayuda a la sustitución).

ANSES

Aporta ayuda en la búsqueda de sustitutos para cancerígenos, mutágenos y tóxicos para la reproducción de categoría 1A y 1B.

SEIRICH

Herramienta para evaluar y prevenir el riesgo químico. Permite evaluar el impacto que tendría la sustitución de una sustancia.

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

En esta página se facilitan varios métodos para la sustitución de agentes químicos.

También se puede acceder a través de CleanerSolutions a posibles alternativas para productos disolventes utilizados en la limpieza de superficies.

SUBSPORT

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.

APÉNDICE 3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO POR ACCIDENTE

INTRODUCCIÓN

Los métodos de evaluación del riesgo por accidente debido a la utilización de sustancias y mezclas químicas pueden clasificarse en métodos de evaluación simplificados y métodos de evaluación complejos.

Los métodos de evaluación simplificados se emplean cuando, en caso de materialización del accidente, 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.

Los métodos de evaluación complejos se emplean cuando de la materialización del accidente se prevean consecuencias catastróficas (en pérdidas humanas, materiales/patrimoniales o medioambientales).

MÉTODOS DE EVALUACIÓN SIMPLIFICADOS

Se centran en el daño esperado y permiten obtener una primera aproximación o conocimiento general de la situación, a partir del cual se podrá proceder a jerarquizar los riesgos y a priorizar las actuaciones preventivas.

Dentro de los métodos simplificados para la evaluación del riesgo de accidente puede distinguirse entre métodos generales y métodos específicos.

Métodos generales

Los métodos generales están enfocados a la evaluación general del riesgo por accidente. Como metodologías generales existentes que, en su caso, podrían utilizarse se encuentran: “Evaluación de las condiciones de trabajo en pequeñas y medianas empresas”, el Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente y la recogida en el documento “Evaluación de riesgos laborales”, todas ellas publicadas por el INSST.

La “Evaluación de las condiciones de trabajo en pequeñas y medianas empresas” es una metodología general basada en la recogida de datos mediante cuestionarios de chequeo que facilitan 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.

Métodos específicos

Los métodos específicos están enfocados a valorar el riesgo de accidente químico. Un ejemplo es la “Meto-

dología simplificada de evaluación del riesgo de accidente por agentes químicos”, recogida en la NTP 934. Esta metodología está basada en la aplicación específica de las metodologías generales a la evaluación de este tipo de riesgos (especialmente la desarrollada en la NTP 330).

Con esta metodología se pretende aproximar la evaluación a las exigencias del artículo 3 del Real Decreto 374/2001 que exige que, para llevar a cabo la citada evaluación de riesgos, 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 374/2001 remite de forma explícita a la información sobre las propiedades fisicoquímicas y toxicológicas contenidas en la etiqueta y en la ficha de datos de seguridad.

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 NPO constituye una novedad y una especificidad para la evaluación del riesgo por accidente por agentes químicos peligrosos. Las otras dos variables, el NE y el NC, no difieren ni en su cualificación ni en su cuantificación al uso que de las mismas se hace en las metodologías generales.

El NPO viene a ser la magnitud de la vinculación esperable entre el conjunto de factores de riesgo considerados y su relación causal directa con el posible accidente.

Para el cálculo del NPO el primer paso es identificar, mediante un cuestionario de chequeo, las posibles deficiencias asociadas a la presencia de agentes químicos peligrosos. Una vez identificadas las deficiencias existentes, se procede a valorarlas conjunta e inseparablemente con el nivel de peligrosidad intrínseca del agente químico en cuestión, ya que para evaluar objetivamente el riesgo por accidente químico no basta con saber cómo se trabaja sino que hay que saber también con qué se trabaja (es decir, hay que conocer la peligrosidad intrínseca del agente químico).

El cuestionario para determinar el NPO está compuesto por una serie de preguntas estructuradas en cinco bloques que tienen por objetivo identificar deficiencias de distinta tipología asociadas a la presencia de agentes químicos peligrosos en cinco situaciones habituales: identi-

ficación de agentes químicos; almacenamiento/envasado de agentes químicos; utilización/proceso de agentes químicos; organización de la prevención en el uso de agentes químicos; uso de equipos de protección individual (EPI); e instalaciones de socorro.

La cumplimentación del cuestionario proporciona un conocimiento del nivel de deficiencia global de la empresa. Pero es posible evaluar el NR concreto de cada tarea, actividad, instalación, etc. aplicando el NE y el NC a cada una de las cuestiones que haya dado una deficiencia, a la que, a su vez, se le habrá asignado un determinado NPO.

MÉTODOS DE EVALUACIÓN COMPLEJOS

Centran su análisis en el daño máximo al que puede dar lugar el accidente (*top event*). Se emplean cuando las consecuencias del accidente pueden ser graves y la interrelación e importancia de los posibles factores de riesgo no sea evidente.

Estos métodos de evaluación complejos requieren un conocimiento profundo de las características de las instalaciones y del proceso, lo que hace difícil su aplicación y por ello deben llevarse a cabo por un equipo de expertos.

Algunos de estos métodos son utilizados en el análisis de riesgo que debe realizarse dentro del marco normativo del Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, es decir, en el control de riesgos de accidentes graves (CORAG). El análisis del riesgo por accidente tendrá en cuenta los accidentes previsibles que puedan darse en el establecimiento así como sus efectos previsibles, todo ello estimado mediante técnicas y modelos reconocidos internacionalmente.

Según las guías técnicas de análisis de riesgo de protección civil, los métodos de evaluación complejos pueden clasificarse en cualitativos, cuantitativos y semicuantitativos o de índices. Se citan a continuación algunos de los más utilizados.

Métodos cualitativos

Los métodos cualitativos realizan la valoración del riesgo por accidente sin recurrir a una medición numérica. Los más habituales son los métodos AMFE y HAZOP, descritos a continuación, pero además existen otros como el "Análisis histórico de accidentes", el "Análisis preliminar", el "Check list", el "What if", etc.

Análisis de los modos de fallo y de sus efectos (AMFE) (Failure Modes and Effects Analysis, FMEA)

El método AMFE aplicado al riesgo por accidente químico se centra en el análisis de equipos y sistemas de

la planta química, con objeto de identificar los posibles fallos y estimar los posibles efectos de cada uno de ellos.

Los fallos considerados suelen ser fallos de elementos básicos: válvulas, termostatos, estanqueidad de equipos, presostatos, etc.

Es una herramienta muy útil y ampliamente empleada en el ámbito del control de la calidad.

Este método tiene su mayor utilidad en la fase de diseño, ya que permite identificar consecuencias desfavorables o críticas debidas a fallos simples. Esto posibilita dotar de antemano a los sistemas de las redundancias y protecciones necesarias para alcanzar un adecuado nivel de seguridad.

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*).

Puede ampliarse la información en:

- Guía técnica "Métodos cualitativos para el análisis de riesgos". Dirección General de Protección Civil.
- NTP 679 "Análisis modal de fallos y efectos. AMFE".
- Norma UNE-EN IEC 60812:2018 Análisis de los modos de fallo y de sus efectos (AMFE y AMFEC).

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.

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, etc.) 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 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 esfuerzo y tiempo para alcanzar análisis profundos. Frecuentemente, deberá ser aplicado por un equipo multidisciplinar.

Una descripción detallada del método puede encontrarse en:

- Guía técnica “Métodos cualitativos para el análisis de riesgos”. Dirección General de Protección Civil.
- NTP 238 “Los análisis de peligros y de operabilidad en instalaciones de proceso” en donde se describe la forma de utilización y un ejemplo de aplicación de este método.
- UNE-EN 61882:2017 Estudios de peligros y operatividad (estudios HAZOP). Guía de aplicación.

Métodos cuantitativos

Los métodos de evaluación cuantitativos permiten cuantificar la frecuencia o probabilidad de que se produzcan los sucesos que intervienen, o que pueden intervenir, en la materialización del accidente. A continuación se describen, de forma genérica, dos de los métodos existentes para la realización de un análisis cuantitativo del riesgo de accidente, aplicables al análisis del riesgo de accidentes graves por sustancias y mezclas químicas.

Ambos métodos están explícitamente citados en el artículo 4.4.4 del Real Decreto 1196/2003, de 19 de septiembre, 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, 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 840/2015.

Método de análisis del árbol de fallos (Fault Tree Analysis)

Método deductivo de análisis que permite el estudio y conocimiento 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 para indagar los diferentes sucesos intermedios y originarios, averiguando los fallos y errores que los puedan provocar. Puede usarse de forma cualitativa y cuantitativa.

La finalidad principal 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. De esta manera, para ser eficaz, un análisis por el árbol de fallos debe ser elaborado por personas que conozcan muy bien las instalaciones/equipos/procesos y que tengan experiencia en la aplicación del método, siendo recomendable que el trabajo se realice por un equipo multidisciplinar.

Una descripción detallada de este método puede encontrarse en:

- Guía técnica “Métodos cuantitativos para el análisis de riesgos”. Dirección General de Protección Civil.
- NTP 333 “Análisis probabilístico de riesgos: Metodología del “Árbol de fallos y errores”.
- UNE-EN 61025:2011. Análisis por árbol de fallos (AAF).

Método de análisis del árbol de sucesos (Event tree analysis)

Método inductivo de identificación y análisis 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.

Al igual que el anterior, puede usarse de forma cualitativa y cuantitativa, y tiene que ser aplicado por personas con experiencia en el método y con conocimientos de las instalaciones/equipos que se analizan, siendo recomendable que participe un equipo multidisciplinar.

Una descripción detallada de este método puede encontrarse en:

- Guía técnica “Métodos cuantitativos para el análisis de riesgos”. Dirección General de Protección Civil.
- NTP 328 “Análisis de riesgos mediante el árbol de sucesos”.
- UNE-EN 62502:2010. Técnica de análisis de la confiabilidad. Análisis por árbol de eventos (ratificada por AENOR en marzo de 2011).

Metodologías de índices o semicuantitativas

Se entiende por métodos de evaluación de riesgo semicuantitativos aquellos que, no llegando al detalle y rigor de una evaluación cuantitativa del riesgo, suponen un avance hacia ello desde los métodos cualitativos, en el sentido de que son métodos que dan como resultado una clasificación relativa del riesgo asociado a una instalación química o de una parte de la misma. Utilizan valores numéricos pero no en forma de valores absolutos sino de índices relativos de ponderación.

El método más utilizado es el DOW, de incendio y explosión, aunque existen otros, no descritos en este apéndice, como el Mond.

Método DOW. Índice de riesgo de incendio y explosión

Método objetivo para evaluar riesgos de incendio y explosión en plantas en base al estudio de las unidades o equipos de proceso más peligrosos existentes en las mismas.

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.

Una descripción detallada del método puede encontrarse en la Guía técnica “Métodos cualitativos para el análisis de riesgos” de la Dirección General de Protección Civil.

EVALUACIÓN DEL RIESGO POR INCENDIO

Existen otros métodos de evaluación del riesgo por incendio, como el método del *Coficiente K*, el *método de los Factores alfa*, el *método Gretener*, el *método Gustav Purt*, el *método Meseri*, la *metodología de Edwin E. Smith*, el *método de G.A. Herpol*, etc.

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), el cual 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).

Asimismo, el INSST ha desarrollado la herramienta “Seguridad contra incendios en establecimientos industriales: Nivel de riesgo intrínseco”, disponible en

la sección “Herramientas para la prevención” de su web.

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:

- Norma UNE-EN ISO 12100:2012. Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo.
- Norma UNE-EN ISO 14123-1:201. Seguridad de las máquinas. Reducción de riesgos para la salud debido a sustancias peligrosas emitidas por las máquinas. Parte 1: Principios y especificaciones para los fabricantes de maquinaria. (ISO 14123-1:2015).
- Norma UNE-EN ISO 14123-2:2016. Seguridad de las máquinas. Reducción de riesgos para la salud debido a sustancias peligrosas emitidas por las máquinas. Parte 2: Metodología para especificar los procedimientos de verificación. (ISO 14123-2:2015).
- Norma UNE-EN 1127-1:2020. Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: Conceptos básicos y metodología.
- Norma UNE-EN 1127-2:2014 (Ratificada). Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 2: Conceptos básicos y metodología para minería. (Ratificada por AENOR en abril de 2015).

APÉNDICE 4. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS. APLICACIÓN DE LA NORMA UNE-EN 689:2019+AC:2019.

INTRODUCCIÓN

En este apéndice se recogen y desarrollan los criterios de evaluación que propone la Norma UNE-EN 689:2019+AC:2019 “Mediciones de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional”. Estos criterios se complementan, cuando ha sido necesario, con otros provenientes de fuentes bibliográficas suficientemente contrastadas que constituyen referencias técnicas de uso extendido.

El procedimiento para la evaluación de la exposición a agentes químicos no es sencillo ya que deben establecerse unos requisitos mínimos de representatividad de las mediciones, justificar 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, el procesamiento y tratamiento de los datos, etc. En esta coyuntura, y con el ánimo de aunar criterios y facilitar la labor al personal técnico, se enmarca el contenido del presente apéndice que, para una mejor comprensión del mismo, se ha considerado conveniente estructurar en cuatro apartados (véase figura 1): 1) Caracterización básica, 2) Mediciones de la exposición, 3) Comparación con el valor límite ambiental (VLA) y 4) Reevaluación de la exposición.

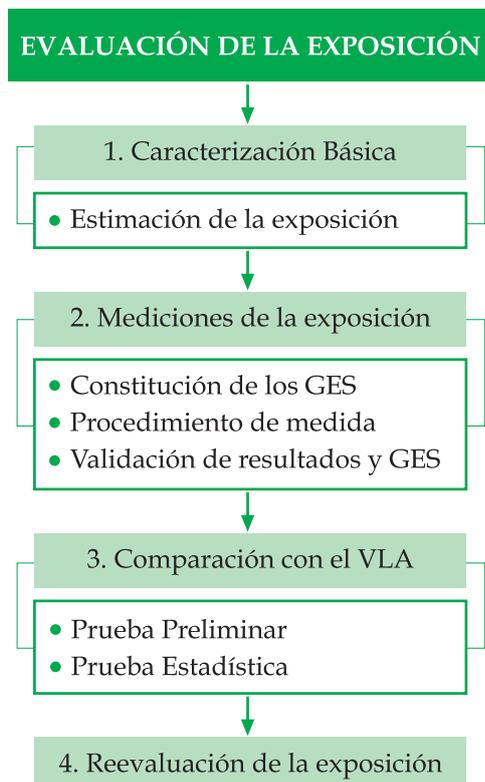


Figura 1: Procedimiento para la evaluación de la exposición debido a la inhalación de agentes químicos.

Cabe indicar que, para realizar la evaluación de la exposición a agentes químicos que se expone a continuación, se dispone de un calculador publicado en la página web del INSST: <https://herramientasprl.insst.es/>.

CARACTERIZACIÓN BÁSICA

La caracterización básica constituye la primera fase del proceso de evaluación de la exposición a agentes químicos. En esta fase el técnico debe identificar los agentes químicos más relevantes y las condiciones en que se produce la exposición, es decir, tipo de proceso y tarea, configuración de la zona de trabajo, sistemas de control de la exposición, duración de la exposición, etc. El conjunto de esta información, junto a la experiencia profesional, va a permitir al personal técnico hacer una estimación de la exposición y, por tanto, del riesgo potencial al que puede estar expuesto el trabajador. En este sentido, la utilización de equipos de lectura directa y la aplicación de los métodos de evaluación basados en la estimación de la exposición pueden proporcionar una gran ayuda. En la tabla 1 se enumeran los métodos más utilizados para la estimación de la exposición.

1. Mediciones en el caso más desfavorable.
2. Mediciones de los parámetros técnicos.
3. Métodos cualitativos (COSHH, INRS, etc.).
4. Modelos o algoritmos validados (modelos cualitativos).
5. Comparación con otras zonas de trabajo similares.
6. Guía de buenas prácticas en la ejecución de la tarea u operación.

Tabla 1. Principales métodos de evaluación basados en la estimación de la exposición.

Finalizada la caracterización básica, y en función de la exposición estimada, al técnico se le presentan tres posibles escenarios (véase figura 2):

Escenario 1. La exposición es muy superior al VLA (no conformidad). En estos casos, el personal técnico redactará el informe de la evaluación instando a los responsables a aplicar, sin demora, un programa de medidas de control con el objeto de reducir la exposición. Lógicamente, y como se recoge en la reglamentación, una vez aplicadas las medidas de control propuestas o programadas, se realizará una nueva caracterización básica.

Escenario 2. La exposición es muy inferior al VLA (conformidad). En estos casos, el personal técnico decidirá

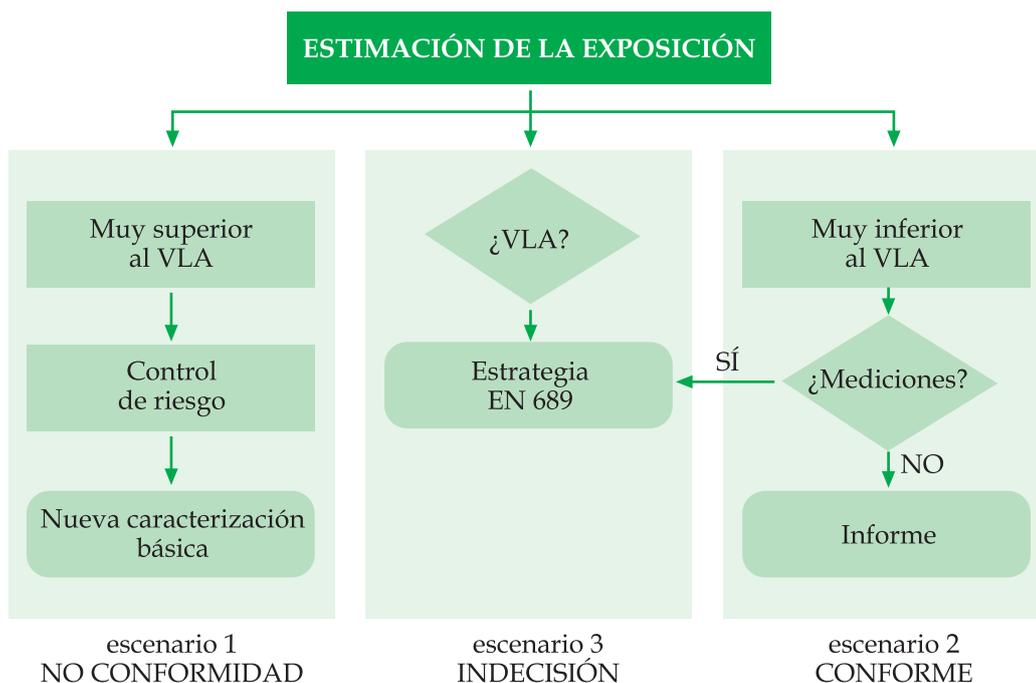


Figura 2. Tipos de escenarios definidos en la caracterización básica.

sobre la necesidad de realizar mediciones de la exposición. En el caso de que considere que las mediciones no son relevantes, redactará el correspondiente informe, indicando los métodos de evaluación por los que ha llegado a tal conclusión y las razones por las que no considera necesario realizar mediciones, de conformidad con los artículos 3.5 y 3.9 del Real Decreto 374/2001. Dicho informe indicará también la periodicidad con la que se realizará una nueva evaluación.

Si, por el contrario, debido a las características de la exposición, a la toxicidad del agente químico o a la existencia de una normativa específica, el personal técnico considera necesaria la realización de mediciones, propondrá el procedimiento para la ejecución de las mismas y el número mínimo necesario para demostrar la conformidad con los VLA.

Escenario 3. Indecisión. No se puede concluir acerca de la conformidad de la exposición con los VLA, ya que la información y los diferentes métodos de evaluación aplicados son insuficientes y no lo permiten. En estos casos, el personal técnico continuará con el plan trazado en el documento técnico, pasando a la siguiente fase, es decir, realizando las mediciones de la exposición para comparar con los VLA.

MEDICIONES DE LA EXPOSICIÓN

Las mediciones constituyen la pieza central del procedimiento para evaluar la exposición debido a la inhalación de agentes químicos del trabajador o trabajadora o grupo de personas trabajadoras. A este respecto, la Norma indica que las mediciones para comparar con los VLA tienen que ser fiables y repre-

sentativas de la exposición de los trabajadores. Conseguir este objetivo no es una tarea sencilla y requiere desarrollar una estrategia adecuada a cada situación, fundamentada en la buena optimización de los recursos técnicos y de los costes. En este sentido, la estrategia desarrollada en la Norma se fundamenta en tres aspectos principales:

- Constitución de los grupos de exposición similar (GES).
- Procedimiento de medida.
- Validación de los resultados y GES.

Constitución de los grupos de exposición similar (GES)

Una buena práctica, para un mejor aprovechamiento y eficiencia de los recursos, es agrupar a las personas trabajadoras en grupos de exposición similar (GES). El GES está constituido por aquellos trabajadores y trabajadoras que, en virtud de la similitud y frecuencia de las tareas que realizan, de los materiales con los que trabajan y de la similitud de la manera en que realizan las tareas, están expuestos a los mismos agentes químicos y a las mismas condiciones de exposición.

La constitución de los GES se realiza a partir de la información obtenida en la caracterización básica y requiere la participación de un experto en higiene industrial. Una vez constituido el GES, en las mediciones para evaluar la exposición participaran los diferentes integrantes del mismo, y las conclusiones obtenidas en la evaluación se aplicaran al conjunto de personas del GES.

El análisis del puesto de trabajo y la formación y experiencia en la práctica de la higiene industrial son claves para la correcta constitución de los GES, si bien la Norma proporciona algunos métodos estadísticos y un método gráfico que permiten validar la formación de los GES y la identificación de trabajadores y trabajadoras incluidos que no forman parte del grupo.

Estos métodos de validación del GES se tratan más adelante, en el apartado “Validación de los resultados y los GES”.

Procedimiento de medida

El objeto del procedimiento de medida es obtener resultados válidos y representativos de la exposición de las personas trabajadoras para su comparación con el VLA. Respecto a esto, la Norma indica que los procedimientos de medida utilizados deben estar validados, es decir, deben cumplir los requisitos relativos a la especificidad, a la sensibilidad, a la estabilidad y al transporte, al rango de aplicación y a la incertidumbre establecidos para las mediciones de comparación con los valores límite en la Norma UNE-EN 482:2021, y otros requisitos particulares, que puedan ser de aplicación, establecidos en Normas tales como UNE-EN 481:1995, UNE-EN 838:2010, UNE-EN ISO 22065:2020, UNE-EN 13205-1:2015, UNE-EN ISO 21832:2021 y UNE-EN ISO 13936:2004. En el caso de que alguno de los requisitos sea técnicamente imposible de cumplir, se indicarán las causas en el informe.

La responsabilidad del personal técnico es seleccionar procedimientos que cumplan los requisitos de esos documentos. En este aspecto, se pueden encontrar procedimientos de medida validados para multitud de agentes químicos, publicados como Normas UNE, Métodos de Toma de Muestra y Análisis del INSST, Normas ISO, Manual de Métodos Analíticos del NIOSH, Métodos de Muestreo y Determinación de la OSHA, etc. El uso de estos procedimientos es toda una garantía para obtener unos adecuados resultados de las mediciones.

La medida de la exposición las personas trabajadoras, siempre que sea posible, se realizará mediante dispositivos fijados sobre ellas, de forma que el elemento de captación se sitúe en su zona de respiración (muestreo personal) (véase figura 3). Debido a la variación de la concentración del agente químico con la distan-

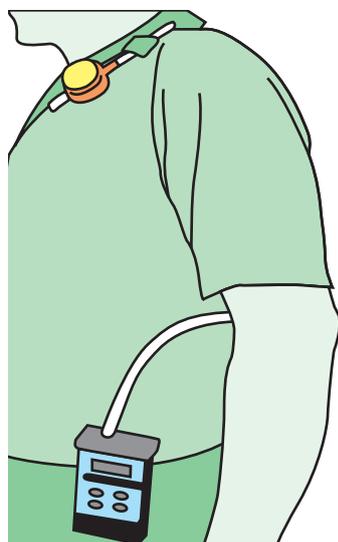


Figura 3. Muestreo personal

cia al foco de emisión, este es el tipo de muestreo que proporciona valores más representativos de la exposición, además de ser el especificado en el artículo 3 del Real Decreto 374/2001.

En determinadas situaciones en las que los trabajos a realizar imposibiliten o dificulten el muestreo personal, como una alternativa que debe quedar debidamente justificada en el informe de resultados, se pueden utilizar muestras ambientales tomadas en un punto fijo.

El número de mediciones serán las necesarias para concluir acerca de la conformidad de la exposición con el VLA (véase el apartado “Comparación con el VLA”). En todo caso, se tendrá en cuenta también el número de personas trabajadoras integrantes del GES para contemplar la posibilidad de realizar mediciones adicionales a las mínimas necesarias, en especial cuando la verificación de la conformidad de la exposición con el VLA requiera la realización de la Prueba Estadística. A este respecto, la Norma no establece ninguna indicación, pero se puede utilizar el trabajo de Liedel y col. (1977) como guía orientativa para determinar el número de mediciones a realizar.

Liedel y col. (1977) razonan la elección del número de personas trabajadoras a muestrear en un GES bajo la hipótesis de que entre los individuos, seleccionados al azar, se encuentre al menos una de las personas trabajadoras de exposición más alta. Para ello utiliza los principios de la distribución hipergeométrica:

$$p = \frac{\binom{N_0}{x} \binom{N - N_0}{n - x}}{\binom{N}{n}} ; \text{ donde: } \binom{N}{n} = \frac{N!}{n! (N - n)!}$$

(fórmula 1)

donde:

n: es el número de personas trabajadoras que se muestrean; N_0 : el número de personas trabajadoras de mayor exposición dentro del GES; N: es el total de personas trabajadoras del GES; y $1-p$: es la probabilidad de que, entre los n muestreados, se incluya al menos una de las personas trabajadoras N_0 de mayor exposición.

En la tabla 2 se indican, para cuatro combinaciones diferentes de N_0 y p, las personas trabajadoras a muestrear (n) en un grupo de N personas trabajadoras, para que al menos incluya a uno de los N_0 de exposición más alta.

La duración total del muestreo es otro factor muy importante que puede influir en la representatividad de las mediciones de la exposición. A este respecto, la Norma establece, con carácter general, que la duración total del

<i>Ejemplo (combinación $N_0=0,2N$ y $p=0,05$).</i>														
Si de un GES de 50 o más personas trabajadoras ($N \geq 50$) se eligen al azar 14 ($n = 14$), la probabilidad de muestrear al menos una de las diez personas trabajadoras (el 20% del total) que tienen mayor exposición sería del 95% ($1 - p = 0,95$).														
N	8	9	10	11-12	13-14	15-17	18-20	21-24	25-29	30-37	38-49	50	>50	$N_0=0,1N$ $p=0,1$
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		$N_0=0,1N$ $p=0,05$
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	29		
N	6	7-9	10-14	15-26	27-50	>50								$N_0=0,2N$ $p=0,1$
n	5	6	7	8	9	11								
N	7-8	9-11	12-14	15-18	19-26	27-43	44-50	>50						$N_0=0,2N$ $p=0,05$
n	6	7	8	9	10	11	12	14						

Tabla 2. Número de personas trabajadoras a muestrear pertenecientes a un GES. (Extraído de Leidel, Busch y Lynch. *Occupational Exposure Sampling Strategy*. NIOSH, 1977).

muestreo (DTM) debe ser similar al tiempo de referencia del VLA con el que se quiere verificar la conformidad. En caso contrario, el personal técnico debe examinar que no se producen cambios importantes en la exposición durante el periodo de tiempo no muestreado.

El número de muestras necesarias para cubrir la duración total del muestreo dependerá de la concentración del agente tóxico y de la variación de la misma, del límite de cuantificación del método analítico (Loq) y de limitaciones técnicas, tales como la colmatación del filtro y la saturación del material adsorbente utilizados en la captación del agente químico. A este respecto, el procedimiento de medida proporcionará datos relevantes como el límite de cuantificación del método de análisis, el caudal de la bomba de muestreo, los tiempos recomendados de muestreo, etc., para permitir a la persona que realiza la evaluación elaborar una estrategia de muestreo que le permita determinar concentraciones ambientales de los agentes químicos en el intervalo 0,1 VLA-ED a 2 VLA-ED. Esto implica determinar el volumen mínimo de aire muestreado del procedimiento de medida, que se calculará con la siguiente expresión:

$$V_{\text{mínimo}} = \text{Loq} / (0,1 \cdot \text{VLA-ED})$$

(fórmula 2)

de forma que el volumen de aire utilizado y definido en la estrategia de muestreo será igual o superior al volumen mínimo calculado mediante la fórmula 2:

$$V_{\text{muestreo}} \geq V_{\text{mínimo}}$$

Se define el límite de cuantificación del procedimiento de medida (LOQ) como la razón entre el límite de cuantificación de la técnica analítica (Loq) y el volumen de aire muestreado.

$$\text{LOQ} = \frac{\text{Loq}}{V_{\text{muestreo}}}$$

El LOQ siempre tiene que ser igual o menor que el 10% de la concentración del VLA-ED correspondiente (requisito establecido en la Norma UNE-EN 482:2021).

Cuando la evaluación de la exposición se realiza con respecto a un valor límite ambiental de corta exposición (VLA-EC), la estrategia debe permitir determinar concentraciones ambientales de los agentes químicos en el intervalo 0,5 VLA-EC a 2 VLA-EC. En este caso, el volumen mínimo de aire que debe captarse se obtiene mediante la expresión:

$$V_{\text{mínimo}} = \text{Loq} / 0,5 \text{ VLA-EC}$$

(fórmula 3)

De forma que el volumen de aire de muestreo será igual o superior al volumen mínimo calculado mediante la fórmula 3:

$$V_{\text{muestreo}} \geq V_{\text{mínimo}}$$

siendo el límite de cuantificación del procedimiento de medida (LOQ):

$$\text{LOQ} = \frac{\text{Loq}}{V_{\text{muestreo}}}$$

En estos casos el LOQ tiene que ser igual o menor que el 50% de la concentración del VLA-EC correspondiente (requisito de la Norma UNE-EN 482:2021).

V_{muestreo} : volumen de aire tomado en el muestreo, expresado en litros.

Loq: límite de cuantificación técnica analítica, en $\mu\text{g}/\text{muestra}$.

VLA-ED: valor límite de exposición diario, expresado en $\mu\text{g}/\text{l}$.

VLA-EC: valor límite de exposición de corta duración, expresado en $\mu\text{g}/\text{l}$.

Dado que el volumen de aire muestreado (V_{muestreo}) es igual al caudal de la bomba empleada en el muestreo por el tiempo de duración del mismo, para obtener el volumen mínimo de aire que debe captarse se puede actuar modificando el caudal o modificando el tiempo de muestreo o modificando los dos simultáneamente, dependiendo de cada caso particular.

$$V_{\text{aire}} = Q \cdot t$$

(fórmula 4)

Q= caudal de la bomba en l/min.

t= tiempo de duración del muestreo en min.

Ejemplo: Cálculo del volumen de aire mínimo de muestreo

Se pretende calcular el volumen mínimo de muestreo para evaluar la exposición a un agente químico cuyo VLA-ED es de 4 mg/m³, el límite de cuantificación del laboratorio es de 5 µg/muestra y se utiliza un captador de la fracción inhalable de partículas tipo IOM que opera a un caudal de 2 l/min.

$$V_{\text{mínimo}} = \text{Loq} / (0,1 \text{ VLA-ED})$$

$$V_{\text{mínimo}} = 5 \mu\text{g} / 0,4 \text{ } 103 \mu\text{g} / \text{m}^3 = 0,0125 \text{ m}^3 = 12,5 \text{ litros}$$

Dado que el caudal es de 2 l/min, el tiempo de muestreo para captar el volumen mínimo necesario será:

$$t = 12,5 \text{ l} / 2 \text{ l/min} = 6,25 \text{ min.}$$

Una buena estrategia en la realización de las mediciones para evaluar la exposición a este agente químico contemplaría la realización de volúmenes de muestreo superiores a 12,5 litros. Volúmenes de muestreo inferiores a 12,5 litros no posibilitan la determinación de concentraciones en el ambiente inferiores a 0,1 VLA-ED, y este es un requisito que deben cumplir todos los procedimientos de medida de agentes químicos en aire.

Cuando el procedimiento de medida (toma de muestra + análisis) no pueda ser capaz de cuantificar concentraciones en el ambiente del agente químico iguales o inferiores del 10% de la concentración establecida para el VLA-ED correspondiente ($\text{LOQ} > 10\% \text{ VLA-ED}$), o iguales o inferiores al 50% de la concentración establecida para el VLA-EC ($\text{LOQ} > 50\% \text{ VLA-EC}$) (Norma UNE-EN 482:2021), se justificará que se utilizan procedimientos analíticos suficientemente sensibles y los mayores volúmenes de muestreo posibles, para garantizar que se ha conseguido con el procedimiento de medida el LOQ más bajo alcanzable, dadas las condiciones de la exposición y el estado del arte.

La duración total del muestreo (DTM), como se ha afirmado anteriormente, con carácter general debe ser si-

milar al tiempo de referencia del VLA con el que se va a comparar. De esta forma, se presentan dos situaciones diferentes, según las mediciones se comparen con el valor límite ambiental de exposición de corta duración (VLA-EC), con un tiempo de referencia de 15 min., o se comparen con el valor límite ambiental de exposición diaria (VLA-ED) cuyo tiempo de referencia es de 8 horas.

- **Valor límite ambiental de exposición de corta duración (VLA-EC).** En esta situación, e independientemente de la duración de la tarea, el tiempo de muestreo será de 15 minutos y, como se observa en la figura 4(a), se realizará siempre muestreando el periodo de máxima exposición.
- **Valor límite ambiental de exposición diaria (VLA-ED).** En este caso, y con objeto de optimizar los recursos y reducir gastos, la norma posibilita diferentes actuaciones cuando se pretende determinar la duración total del muestreo:
 - (a) *El tiempo de exposición durante la jornada laboral es menor de 2 horas:* En estos casos la duración total del muestreo debe abarcar todo el periodo de exposición.
 - (b) *La evolución de la concentración del contaminante a lo largo de la jornada de trabajo es regular, sin importantes variaciones.* En estas situaciones, la duración total del muestreo puede ser menor que el tiempo de referencia del VLA-ED, pero nunca inferior a 2 horas. En la figura 4 (b) se presentan diferentes opciones de muestreo para esta situación.
 - (c) *La evolución de la concentración del contaminante a lo largo de la jornada laboral es irregular, con importantes variaciones.* En estos casos, la duración total del muestreo debe ser superior a 2 horas y como mínimo igual al 80% de la duración de la exposición (criterio adoptado por el INSST). Al igual que en el caso anterior, el personal técnico puede proceder de forma diferente, como se muestra en la figura 4 (c).

Ejemplo. Figura 4 (a)

Un operario trabaja durante 6 horas en un proceso en el que está expuesto a una sustancia química que tiene un valor límite de corta duración, VLA-EC. La concentración del agente evoluciona de forma irregular.

En este caso la duración total del muestreo tiene que ser de 15 min. y se debe realizar en el momento de la jornada laboral en que la exposición presumiblemente es máxima.

Se tomó una única muestra durante 15 min. en el periodo de máxima exposición durante la jornada la-

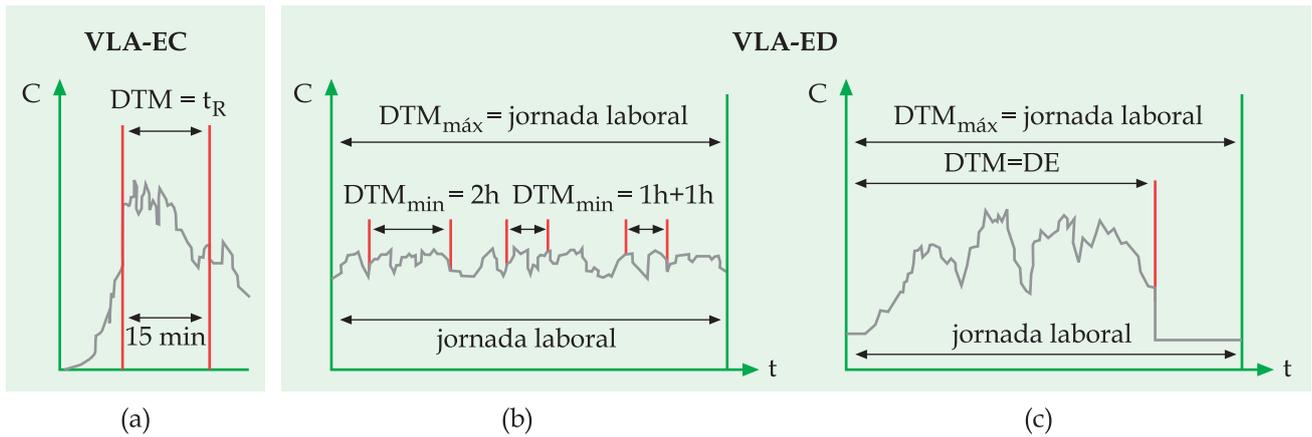


Figura 4. Duración total del muestreo (DTM) para la comparación de las mediciones con el VLA: (a) la duración total del muestreo es de 15 minutos; (b) no hay variaciones importantes de la concentración del agente químico a lo largo de la jornada laboral; (c) hay variaciones importantes de la concentración a lo largo de la jornada laboral.

boral. El análisis del agente químico en la muestra dio un resultado de $1,58 \text{ mg/m}^3$.

La exposición de la persona trabajadora EC para comparar con el VLA-EC es: $1,58 \text{ mg/m}^3$.

Ejemplo. Figura 4 (b)

Un operario trabaja 7 horas en un proceso en el que está expuesto a un agente químico cuya concentración evoluciona de forma regular durante la jornada laboral, y que tiene un valor límite de exposición diario, VLA-ED.

En este caso la duración total del muestreo puede ser inferior al tiempo de referencia del VLA pero nunca inferior a 2 horas. Como se observa en la figura 4 (b) se permiten diferentes estrategias:

- Estrategia 1: obtener una o varias muestras consecutivas hasta completar todo el tiempo de exposición durante la jornada laboral (7 horas). Se realiza una única muestra y se obtiene la concentración del agente químico a partir del resultado emitido por el laboratorio.

La concentración promedio del agente químico en el tiempo de exposición es de $4,56 \text{ mg/m}^3$.

La exposición de la persona trabajadora para comparar con el VLA-ED se determina:

$$(4,56 \times 7 + 0 \times 1) / 8 = 3,99 \text{ mg/m}^3$$

- Estrategia 2: obtener una o varias muestras consecutivas hasta completar 2 horas del tiempo de exposición. Se realiza una única muestra de 2 horas y la concentración del agente químico obtenida a partir del resultado del laboratorio resultó de $4,30 \text{ mg/m}^3$. Se considera que la persona trabajadora está expuesta a esta concentración durante todo el tiempo de exposición.

La exposición de la persona trabajadora para comparar con el VLA-ED se determina:

$$(4,30 \times 7 + 0 \times 1) / 8 = 3,76 \text{ mg/m}^3$$

- Estrategia 3: obtener varias muestras a lo largo de la jornada laboral hasta completar 2 horas del tiempo de exposición. Se realizan 2 muestras de una hora cada una de ellas. Los resultados obtenidos en el análisis de esas muestras son $4,70$ y $4,15 \text{ mg/m}^3$. Se considera que la media de estos dos resultados constituye la concentración a la que está expuesta la persona trabajadora durante todo el tiempo de exposición.

La exposición de la persona trabajadora para comparar con el VLA-ED se determina:

$$(4,70 + 4,15) / 2 = 4,42 \text{ mg/m}^3$$

$$(4,42 \times 7 + 0 \times 1) / 8 = 3,87 \text{ mg/m}^3$$

Ejemplo. Figura 4 (c)

Un operario que tiene una jornada laboral de 8 horas diarias está expuesto 5 horas a un agente químico cuya concentración evoluciona de forma irregular, y que tiene un valor límite de exposición diaria, VLA-ED.

En este caso la duración total del muestreo tiene que ser superior a 2 horas y nunca inferior al 80% del tiempo de exposición durante la jornada laboral. Como se observa en la figura 4c son posibles diferentes estrategias.

- Estrategia 1: obtener una o varias muestras consecutivas hasta completar toda la jornada de trabajo (8 horas). Se realiza una única muestra durante toda la jornada laboral y la concentración calculada es de $115,4 \text{ mg/m}^3$.

La exposición de la persona trabajadora para comparar con el VLA-ED es 115,4 mg/m³.

- Estrategia 2: obtener una o varias muestras consecutivas hasta completar como mínimo el 80 % del tiempo de exposición. Se realizan 2 mediciones consecutivas de 2 horas cada una durante el tiempo de exposición. Los resultados de las concentraciones son: 235 y 115 mg/m³.

La exposición de la persona trabajadora para comparar con el VLA-ED se calcula:

$$(235 + 115)/2=175 \text{ mg/m}^3$$

Se considera que esta es la concentración del agente químico a la que está expuesta durante todo el tiempo de exposición (5 horas).

$$(175 \times 5)/8=109,4 \text{ mg/m}^3$$

La exposición de la persona trabajadora para comparar con el VLA-ED es: 109,4 mg/m³.

Un caso especial en las comparaciones de las exposiciones con el VLA-ED lo constituyen exposiciones a un mismo agente químico en múltiples escenarios (tareas diferentes) durante la jornada de trabajo.

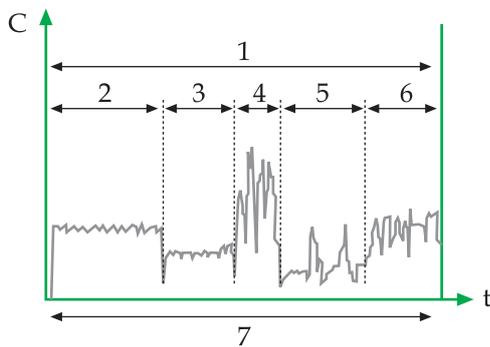


Figura 5. Exposiciones a un agente químico en múltiples escenarios.

En estos casos, con carácter general, la duración total del muestreo debe ser igual al tiempo de exposición, y permite diferentes estrategias como se observa en la figura 5. La realización de evaluaciones independientes de cada una de las tareas proporciona, adicionalmente, una valiosa información sobre los niveles de exposición en cada una de las mismas.

Ejemplo: Figura 5

Un operario trabaja 8 horas diarias realizando 5 tareas (2, 2, 1, 1 y 2 horas) en las que está expuesto a un agente químico que tiene un VLA-ED.

- Estrategia 1. Se realizan una o varias muestras consecutivas hasta completar el tiempo de exposición (8 horas). Se ha realizado una única mues-

tra de 8 horas y la concentración del agente químico obtenida a partir de los resultados del laboratorio es: 32 mg/m³.

La exposición del trabajador para comparar con el VLA-ED es: 32 mg/m³.

- Estrategia 2: Se realizan, para cada tarea, una o varias muestras hasta completar el tiempo de exposición de cada tarea. Se ha realizado, en cada tarea, una única muestra durante el tiempo de exposición respectivo. De esta forma, se obtienen de los resultados del laboratorio las concentraciones del agente químico en cada una de las tareas. Los resultados han sido: 28, 23, 57, 19, y 31 mg/m³.

La exposición del trabajador para comparar con el VLA-ED se determina:

$$(28 \times 2 + 23 \times 2 + 57 \times 1 + 19 \times 1 + 31 \times 2) / 8 = 30 \text{ mg/m}^3$$

La exposición del trabajador para comparar con el VLA-ED es: 30 mg/m³.

Validación de los resultados y GES

Previamente a la utilización para verificar la conformidad con los valores límite (VLA), se debe evaluar la validez de los resultados de las mediciones. Para ello, cada resultado se examina con la información recogida durante la medición y se compara con los otros resultados. Si el resultado es inusualmente alto o bajo, debe considerarse la posibilidad de que sea debido a errores en el muestreo o en el análisis; si esto se confirma, entonces el resultado debe ser excluido.

Obtenidos una colección de seis o más resultados validados, estos se tienen que examinar para certificar que el conjunto de los mismos procede de unas condiciones de exposición similares y, por tanto, que proceden de exposiciones en las que los factores de exposición no han sido sustancialmente modificados o, lo que es lo mismo, que las personas trabajadoras incluidas pertenecen realmente al mismo grupo de exposición similar (caso de evaluación de la exposición en GES). Se dispone de **métodos estadísticos y gráficos** que permiten evaluar colecciones de seis o más mediciones.

Métodos estadísticos

Si los factores que condicionan la exposición no sufren cambios importantes o el GES está bien constituido, los resultados de las mediciones realizadas se ajustan a una distribución log Normal o, en algunos casos, a una distribución Normal. Se dispone de diferentes métodos estadísticos que permiten examinar el tipo de distribución al que se ajustan mejor los resultados. Estos métodos están disponibles en programas informáticos de tratamiento de datos, por ejemplo el SPSS, el

BWStat, el IHStat, el Excel, etc. Uno de los métodos propuestos es la *Prueba Shapiro-Wilk*, válida hasta un número máximo de 50 resultados.

Prueba Shapiro-Wilk: Esta prueba consiste en ordenar la colección de resultados de menor a mayor (X_i). A continuación, a partir de los resultados ordenados, se calcula el estadístico de contraste (W).

$$W = \frac{b^2}{SS}$$

$$b = \sum_{j=1}^m a_{jn} (X_{n+1-j} - X_j); \quad SS = \sum (X_i - \bar{X})^2$$

n = número de resultados.

a_{jn} : coeficientes cuyos valores se pueden encontrar en la tabla 3, disponible al final de este capítulo.

\bar{X} = valor medio del conjunto de resultados X_i .

$$m = \begin{cases} n/2, & \text{si } n \text{ es par} \\ (n-1)/2, & \text{si } n \text{ es impar} \end{cases}$$

Seleccionado un nivel de significación α (por lo general, se toma $\alpha = 0,05$) y considerando el número total de resultados (n), se obtiene el valor del estadístico W crítico (véase la tabla 4, disponible al final del apéndice), que permite tomar una decisión, de forma que si $W > W_{\text{crítico}}$, entonces los resultados se ajustan a una distribución Normal.

La forma de proceder para examinar el tipo de distribución, distribución Normal o distribución log Normal, al que se ajustan mejor los resultados de las mediciones de la exposición, es muy sencilla. Primero se examina si los resultados se ajustan a una distribución Normal; esto nos da un estadístico de contraste W_1 . A continuación se repite la prueba para los logaritmos neperianos de los resultados de las mediciones de la exposición; esto nos da un estadístico de contraste W_2 para la hipótesis de que los resultados de la exposición se ajustan a una distribución log Normal. Si $W_1 > W_2$, entonces los resultados se ajustan mejor a una distribución Normal; en caso contrario, si $W_2 > W_1$, entonces la distribución que mejor ajusta los resultados es la distribución log Normal.

Ejemplo: Tipo de distribución. Aplicación de la Prueba Shapiro-Wilk

Se quiere determinar el tipo de distribución a la que se ajustan los resultados obtenidos en la evaluación de la exposición a un agente químico que se indican a continuación: 1,5; 3,2; 2,5; 4,3; 1,7; 2,1 y 3,9 mg/m³.

Distribución Normal

Se ordenan los resultados de menor a mayor:

Resultados (x_i) ordenados de menor a mayor
1,5 mg/m ³
1,7 mg/m ³
2,1 mg/m ³
2,5 mg/m ³
3,2 mg/m ³
3,9 mg/m ³
4,3 mg/m ³

$$\text{Valor medio } (\bar{X}) = \frac{\sum X_i}{n} = 2,743 \text{ mg/m}^3$$

$$\text{Parámetro } SS = 7,077$$

$$b = (4,3 - 1,5) 0,6233 + (3,9 - 1,7) 0,3031 + (3,2 - 2,1) 0,1401 = 2,5661 \text{ (Tabla 3: } 0,6233; 0,3031; 0,1401; \text{ son los coeficientes obtenidos en la tabla 3 para } n=7)$$

$$\text{Estadístico } W_1 = b^2/SS$$

$$W_1 = b^2/SS = 2,5661^2 / 7,077 = 0,930$$

$$W_{\text{crítico}} = 0,803 \text{ (tabla 4: para } n=7 \text{ y } \alpha=0,05)$$

$$W_1 > W_{\text{crítico}} = \text{la distribución es Normal}$$

Distribución log Normal

Logaritmo neperiano de los resultados ordenados de menor a mayor
0,4055 mg/m ³
0,5306 mg/m ³
0,7419 mg/m ³
0,9163 mg/m ³
1,1630 mg/m ³
1,3610 mg/m ³
1,4586 mg/m ³

Se toman los logaritmos neperianos de los resultados de la exposición y se ordenan de menor a mayor:

$$\text{Valor medio } (\bar{X}) = 0,9395 \text{ mg/m}^3$$

$$\text{Parámetro } SS = 0,9890$$

$$b = (1,4586 - 0,4055) 0,6233 + (1,3610 - 0,5306) 0,3031 + (1,1630 - 0,7419) 0,1401 = 0,9671 \text{ (tabla 3)}$$

$$\text{Estadístico } W_2 = b^2/SS$$

$$W_2 = b^2/SS = 0,9671^2 / 0,9890 = 0,9457$$

$W_{\text{crítico}} = 0,803$ (tabla 4: para $n=7$ y $\alpha=0,05$)

$W_2 > W_{\text{crítico}}$ = la distribución es log Normal

Como $W_2 > W_1$, la distribución de los resultados es log Normal

El W (Shapiro -Wilk): 0,9457

El $W_{\text{crítico}}$: 0,803

Finalmente, el tipo de distribución al que se ajustan los resultados va a determinar los estadísticos que se utilizarán en la Prueba Estadística para evaluar la conformidad de la exposición con los valores límite de exposición (VLA). Si la distribución es normal, se utilizarán la media aritmética (MA) y la desviación estándar (DS). Si la distribución es logaritmo normal, se utilizarán la media geométrica (MG) y la desviación estándar geométrica (DSG). Este aspecto se tratará en el apartado. "Comparación con el valor límite ambiental".

Método gráfico

La evaluación del tipo de distribución (distribución Normal o distribución log Normal) al que se ajustan una colección de resultados ($n>6$) se puede realizar también mediante un método gráfico. Este método, además, permite detectar la presencia de resultados con valores excepcionalmente altos o bajos. Estos resultados deben cuestionarse, y puede ser indicativo de cambios importantes en los factores de exposición o, cuando se trata de evaluaciones en un GES, de la inclusión de un trabajador no perteneciente al mismo.

El método gráfico propuesto se basa en representar los logaritmos neperianos de los resultados obtenidos en la evaluación de la exposición de los trabajadores ($\ln Y_i$), frente a los valores z asociados a la probabilidad asignada a esos valores (z_i). Esta representación gráfica conduce a una línea recta. Cualquier punto excepcionalmente separado de la recta indica un resultado anómalo y, por tanto, la existencia de una persona trabajadora cuya inclusión en el GES debe ser reconsiderada.

Si los resultados se ajustan a una distribución Normal (situación menos corriente), en la representación gráfica se utilizan los resultados en vez del logaritmo neperiano de los mismos.

En la práctica el procedimiento se realiza en varios pasos.

- 1º Los logaritmos neperianos de los resultados de las exposiciones se ordenan en orden creciente.
- 2º Se asigna a cada uno de los logaritmos neperianos de las exposiciones la probabilidad acumulada (P), aplicando la fórmula 5 (Norma ISO 5479):

$$P = (k-3/8)/(n+1/4)$$

(fórmula 5)

k: posición ocupada por el resultado en la serie ascendente.

n: número total de resultados.

3º Se asigna a cada una de las probabilidades acumuladas (P) el valor de z correspondiente (Tabla 5, disponible al final de este capítulo).

4º Se realiza el gráfico de la regresión de los logaritmos neperianos de los resultados de las exposiciones respecto a los valores de z correspondientes:

$$\ln Y = \ln MG + z \ln DSG \text{ (distribución log Normal)}$$

(fórmula 6)

$$Y = MA + z DS \text{ (distribución Normal)}$$

(fórmula 7)

La obtención de un buen coeficiente de correlación de la recta de regresión (R^2) es indicativo de un buen ajuste de los resultados al tipo de distribución ensayada.

Ejemplo: Tipo de distribución y detección de resultados anómalos. Método Gráfico

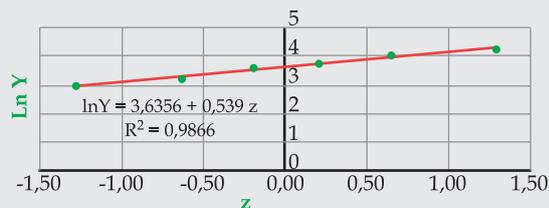
Se ha constituido un grupo de exposición homogéneo (GES) integrado por tres personas trabajadoras. Se han realizado mediciones de la exposición de estas personas durante 6 jornadas. Los resultados de las mediciones son los siguientes: 25, 57, 19, 43, 71 y 36 mg/m^3 . Verificar el tipo de distribución y la correcta composición del GES.

Se ordenan los resultados y los logaritmos neperianos de los resultados de menor a mayor. Se calcula el percentil acumulado (P) (fórmula 5) y se asigna el valor de z correspondiente (véase tabla 5 al final del apéndice).

Y (mg/m^3)	Ln Y (mg/m^3)	k	P	z
19	2,94443	1	0,1	-1,28
25	3,21887	2	0,26	-0,64
36	3,58352	3	0,42	-0,2
43	3,76120	4	0,58	0,2
57	4,04305	5	0,74	0,64
71	4,26268	6	0,90	1,28

Distribución log Normal

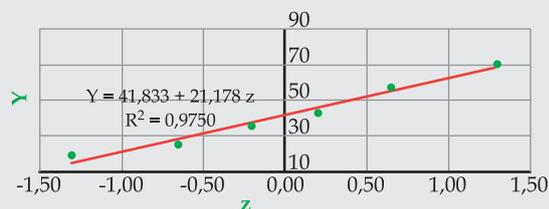
Se realiza la regresión de $\ln Y$ respecto de z y se obtiene:



El gráfico pone de manifiesto que los resultados se ajustan muy bien a una distribución log Normal con un coeficiente de ajuste $R^2 = 0,9866$; y también pone de manifiesto que todos los resultados pertenecen a la distribución, por lo que, en este caso, el grupo de exposición similar (GES) está bien constituido.

Distribución normal

Se realiza la regresión de Y_i respecto de z_i . Se obtiene la siguiente gráfica:



Los datos también se ajustan bien a una distribución Normal, con un coeficiente de ajuste $R^2 = 0,975$, no detectándose ningún resultado anómalo.

Es un ejemplo en el que los resultados se ajustan a los dos tipos de distribuciones. En estos casos, como dice la norma, se tratarán los datos de acuerdo a la distribución a la que presenten un mejor ajuste, es decir, según la distribución que proporciona un coeficiente de ajuste R^2 mayor.

Esto también habría quedado de manifiesto en la prueba Shapiro-Wilk, puesto que para la distribución log Normal nos habría dado un estadístico de contraste (W_2) superior.

COMPARACIÓN CON EL VALOR LÍMITE AMBIENTAL (VLA)

La evaluación del riesgo de la exposición debido a la inhalación de agentes químicos requiere comparar el valor de la concentración media del agente químico en el ambiente con los valores límite de exposición profesional (VLA). Esta concentración media se ponderará a 8 horas cuando se trate de evaluaciones de las exposiciones diarias de los trabajadores (VLA-ED). En el caso de evaluaciones del riesgo debido a exposiciones de corta duración, las concentraciones en el ambiente de los agentes químicos se ponderarán a 15 minutos (VLA-EC).

Para las actividades que entrañen una exposición simultánea a varios agentes químicos, la evaluación se

debe realizar teniendo en cuenta el riesgo que presente la combinación de dichos agentes. Para estas situaciones la Norma propone la utilización de un índice (I) que es la suma de las exposiciones (E_i) a cada una de las sustancias dividido por su VLA respectivo:

$$I = \frac{E_1}{VLA_1} + \frac{E_2}{VLA_2} + \frac{E_3}{VLA_3} + \dots$$

(fórmula 8)

El valor del índice calculado (I) es tratado como la exposición, y el valor límite para evaluar el riesgo de la exposición toma el valor de 1.

Para la aplicación de la fórmula 8 y, por tanto, la determinación del valor del índice (I), la Norma facilita algunas aproximaciones:

- **Primera aproximación:** el índice de exposición (I) se calcula a partir de la suma de las exposiciones a todos los agentes químicos divididas por sus respectivos VLA. Se trata de la aproximación más conservadora y se sugiere elegirla cuando no se tiene suficiente información acerca de los efectos combinados de los agentes químicos.
- **Segunda aproximación:** considerar solo aditivas las sustancias que tienen efectos tóxicos similares o que actúan sobre el mismo órgano diana. El índice de exposición (I) se calcula a partir de la suma de las exposiciones de estos agentes químicos divididas por sus respectivos VLA (un ejemplo típico es la evaluación de la exposición a los disolventes utilizados en la fabricación o la aplicación de pintura).

En todo caso, sean uno o varios agentes químicos, verificar la conformidad de la exposición con el valor límite no es una tarea sencilla. La exposición de los trabajadores y trabajadoras depende de múltiples factores (distancia del personal a los focos de emisión, ritmo de trabajo, condiciones de ventilación, condiciones ambientales, etc.), algunos de ellos difíciles de controlar incluso en los puestos de trabajo en los que las condiciones de exposición están perfectamente establecidas. Es un hecho perfectamente constatado que las mediciones de la exposición realizadas a lo largo del tiempo en un mismo puesto de trabajo presentan una gran variabilidad (véase figura 6).

La Norma UNE-EN 689:2019+AC:2019 parte de una idea común: la imposibilidad práctica, tanto técnica como económica, de realizar mediciones de la exposición a cada una de las trabajadoras y trabajadores y cada uno de los días de trabajo para demostrar la conformidad con los VLA. Como consecuencia, propone un procedimiento que permite evaluar la exposición de las personas trabajadoras o GES a partir de un número reducido de mediciones.

El procedimiento comprende dos etapas: una prueba inicial, llamada **Prueba Preliminar**, en la que es nece-

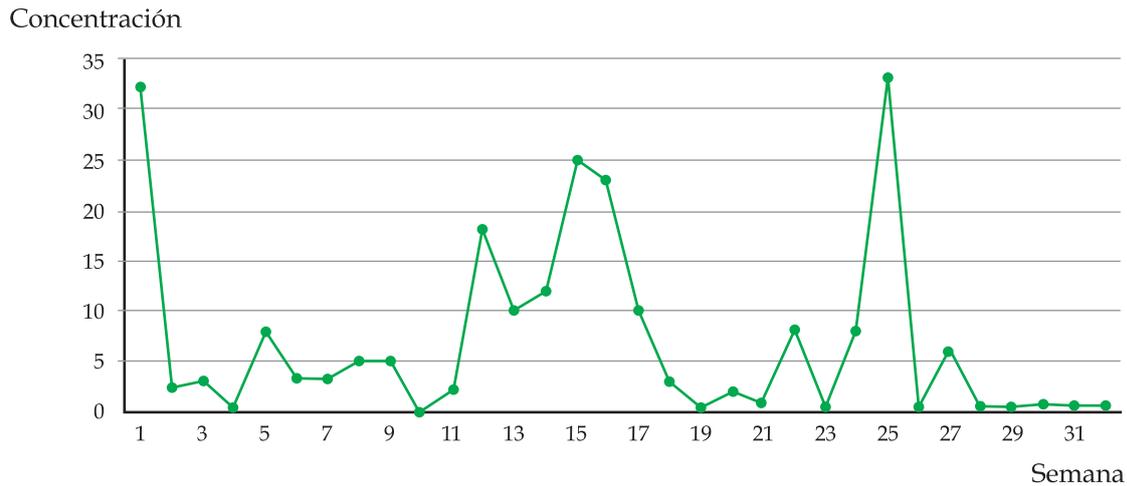


Figura 6. Evolución de los resultados de la exposición de los trabajadores a un agente químico con respecto a la semana de la realización de las mediciones.

sario un mínimo de tres mediciones; y una segunda, la **Prueba Estadística**, que solo es necesaria en el caso de no poder concluir acerca del riesgo en la prueba preliminar, y para su realización será necesario completar las mediciones anteriores hasta un mínimo de seis.

Prueba Preliminar

Es una forma sencilla de demostrar la conformidad con los VLA en situaciones en que la exposición es muy inferior al VLA. Su aplicación requiere tres, cuatro o cinco mediciones de la exposición de las personas trabajadoras o GES. El criterio empleado está basado en las simulaciones realizadas por Grzebyk y Sandino y es el siguiente:

- **Para tres mediciones de la exposición:** si todos los resultados son inferiores a $0,1VLA$, la exposición es inferior al VLA: **Conformidad**.
- **Para cuatro mediciones de la exposición:** si todos los resultados son inferiores a $0,15VLA$, la exposición es inferior al VLA: **Conformidad**.
- **Para cinco mediciones de la exposición:** si todos los resultados son inferiores a $0,2VLA$, la exposición es inferior al VLA: **Conformidad**.

Si una medición de la exposición es superior al VLA, la exposición se considera superior al VLA: **No conformidad**.

Si los resultados de las mediciones no cumplen las condiciones establecidas en los apartados a), b) y c), entonces no es posible tomar una decisión acerca de la conformidad de la exposición con los VLA. En esta situación se deben realizar más mediciones hasta completar un mínimo de seis y aplicar la Prueba Estadística.

La figura 7 propone un esquema, basado en las simulaciones de Grzebyk y Sandino, para la toma de deci-

siones en la evaluación de la exposición a partir de la **Prueba Preliminar**.

Prueba Estadística

En los casos en los que la prueba preliminar no es concluyente, la verificación de la conformidad de la exposición con los VLA requiere aplicar una prueba estadística que permita determinar, con un nivel de confianza del 70%, que la probabilidad de que la exposición supere el VLA sea menor del 5%. El método propuesto en la Norma UNE-EN 689:2019+AC:2019 es aplicable cuando los resultados de la exposición siguen una ley de distribución log Normal (caso más frecuente) (véase figura 8) o una ley de distribución Normal (en situaciones excepcionales) (véase figura 9), y requiere calcular el límite superior del intervalo definido por un nivel de confianza del 70% para el percentil 95 de la distribución ($LSC_{95,70}$) (véase figura 10).

El valor calculado para el $LSC_{95,70}$ se compara con el VLA, de forma que si:

- $LSC_{95,70} < VLA$, la exposición es CONFORME (ACEPTABLE).
- $LSC_{95,70} \geq VLA$, la exposición NO es CONFORME (NO ACEPTABLE).

La determinación del valor del $LSC_{95,70}$ se realiza a partir de los estadísticos que caracterizan la distribución, obtenidos a partir de un mínimo de seis resultados. Estos estadísticos son, para el caso de resultados que siguen una ley de distribución log Normal, la media geométrica (MG) y la desviación estándar geométrica (DSG). Cuando los resultados se ajustan a una distribución Normal, se utilizan la media aritmética (MA) y la desviación estándar (DS). Las fórmulas empleadas para el cálculo son:

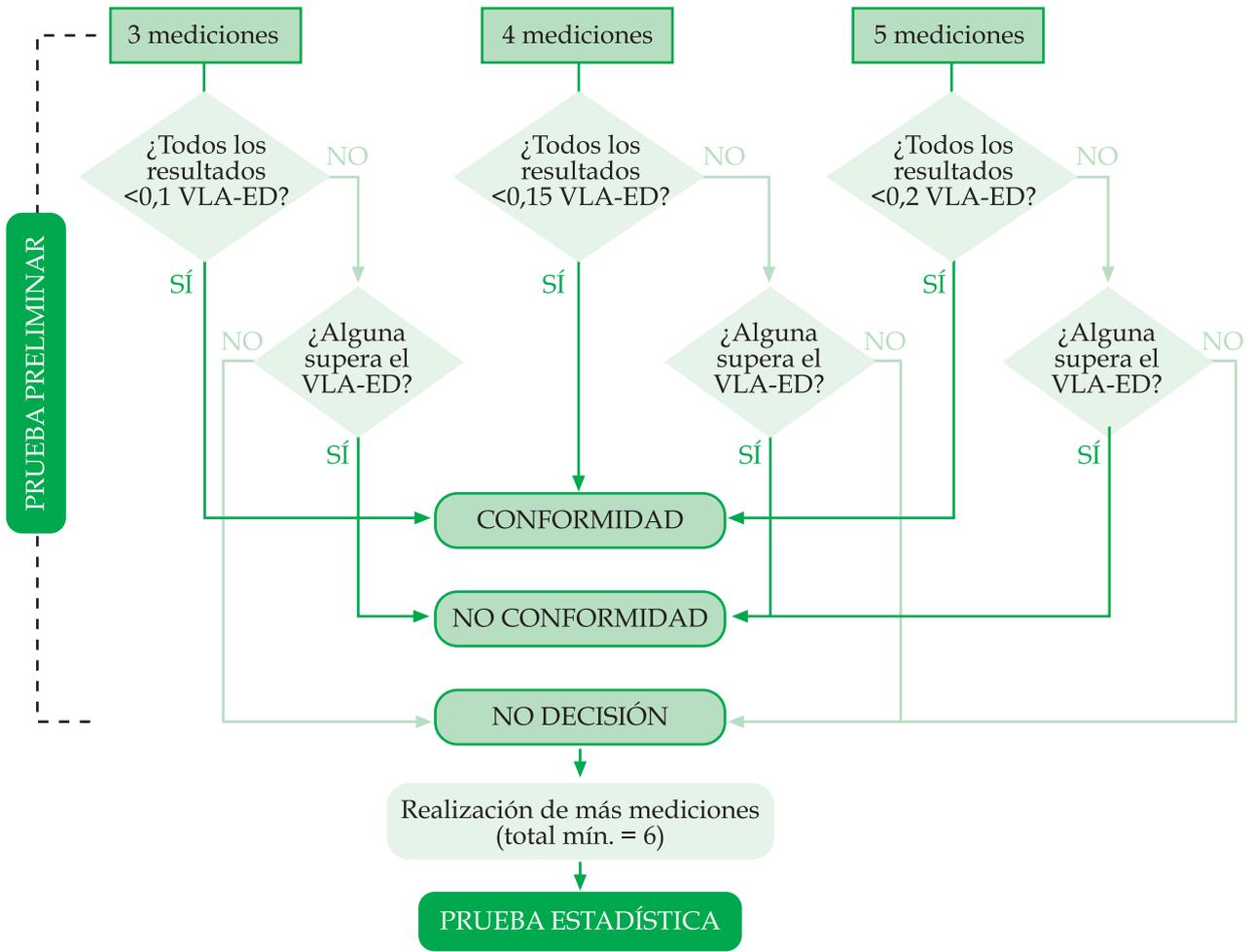


Figura 7. Esquema para la toma de decisiones en la aplicación de la Prueba Preliminar a la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos.

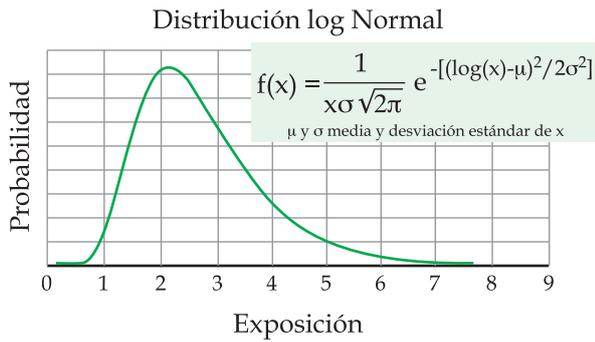


Figura 8. Curva de distribución log Normal de la probabilidad para una muestra con un valor medio y desviación estándar de los Log de los resultados de 0,9396 y 0,406, respectivamente.

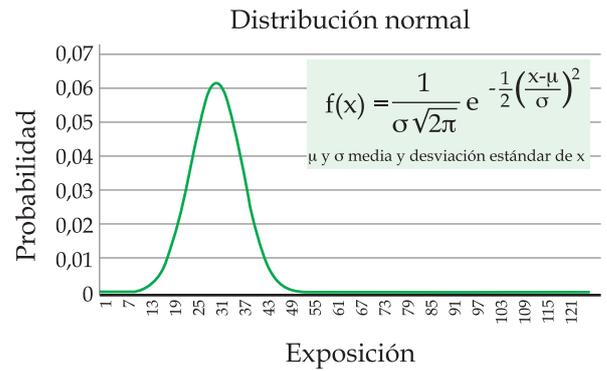


Figura 9. Curva de la distribución Normal de la probabilidad de una muestra con un valor medio y desviación estándar de los resultados 28 y 6,56, respectivamente.

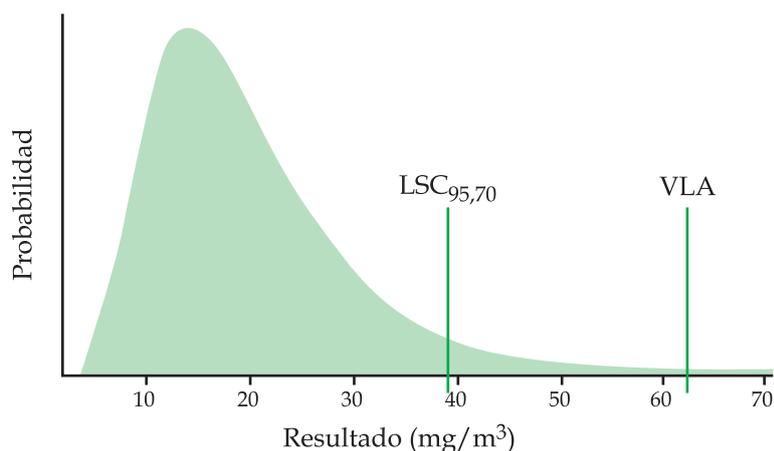


Figura 10. Ejemplo de una exposición cuyos resultados se ajustan a una distribución log Normal y es conforme con el VLA.

• **Distribución log Normal**

$$\text{Ln LSC}_{95,70} = \text{Ln MG} + U_T \text{Ln DSG}$$

(fórmula 9)

$$\text{LSC}_{95,70} = e^{\text{Ln LSC}_{95,70}}$$

$$\text{Ln MG} = \frac{\sum \text{Ln } x_i}{n}$$

$$\text{Ln DSG} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Ln } x_i - \text{Ln MG})^2}{n - 1}}$$

• **Distribución normal**

$$\text{LSC}_{95,70} = \text{MA} + U_T \text{DS}$$

(fórmula 10)

$$\text{MA} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\text{DS} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \text{MA})^2}{n - 1}}$$

x_i = resultados obtenidos para las exposiciones.

n: número total de resultados.

Al parámetro U_T se le asignan los valores correspondientes a la t de Student para distribuciones no centradas. Estos valores dependen del tamaño de la muestra o número de resultados y, para el caso del percentil 95 y para un nivel de confianza del 70%, los valores se indican en tabla 6.

Otro método sencillo para aplicar la Prueba Estadística y verificar la conformidad de la exposición con los VLA consiste en calcular el parámetro U_R . Estos valores de U_R se comparan con los valores de referencia tabulados U_T . Si el valor del parámetro U_R es superior al tabulado para el número de mediciones correspondiente (U_T), la exposición se considera inferior al VLA y, por tanto, **Conformidad**. Por el contrario, si U_R es igual o inferior a U_T , la probabilidad de que la exposi-

Nº mediciones	U_T	Nº mediciones	U_T	Nº mediciones	U_T
2	4,216	22	1,857	42	1,789
3	2,809	23	1,851	43	1,787
4	2,453	24	1,846	44	1,785
5	2,286	25	1,841	45	1,783
6	2,187	26	1,836	46	1,781
7	2,120	27	1,832	47	1,780
8	2,072	28	1,828	48	1,778
9	2,035	29	1,824	49	1,776
10	2,005	30	1,820	50	1,775
11	1,981	31	1,817	51	1,773
12	1,961	32	1,814	52	1,772
13	1,944	33	1,811	53	1,771
14	1,929	34	1,808	54	1,769
15	1,917	35	1,805	55	1,768
16	1,905	36	1,802	56	1,767
17	1,895	37	1,800	57	1,765
18	1,886	38	1,797	58	1,764
19	1,878	39	1,795	59	1,763
20	1,870	40	1,793	60	1,762
21	1,863	41	1,791	n > 60	1,75

Tabla 6. Valores de U_T para el percentil 95; confianza del 70%.

ción supere el VLA no es inferior al 5%, y la conclusión debe ser de **No conformidad**.

- $U_R \leq U_T$ La exposición **NO** es CONFORME (no aceptable).
- $U_R > U_T$ La exposición es **CONFORME** (aceptable).

Los valores de U_R se calculan, dependiendo del tipo de distribución, como se indica a continuación:

- **Distribución log Normal**

$$U_R = (\ln \text{VLA} - \ln \text{MG}) / (\ln \text{DSG})$$

(fórmula 11)

- **Distribución normal**

$$U_R = (\text{VLA} - \text{MA}) / \text{DS}$$

(fórmula 12)

Ejemplo: Comparación con el VLA. Prueba Estadística

Se quiere evaluar la exposición de un trabajador a un agente químico con VLA-ED= 50 mg/m³. Se han realizado seis mediciones de la exposición diaria del trabajador, obteniendo los siguientes resultados: 19, 34, 23, 15, 28, 31 mg/m³.

- El primer resultado de la exposición del trabajador (19 mg/m³) es 0,38 VLA-ED. No se cumplen las condiciones de la Prueba Preliminar. Se tiene que aplicar la Prueba Estadística para estudiar la conformidad.

Previo a aplicar la Prueba Estadística hay que determinar el tipo de distribución al que se ajustan los resultados de la exposición obtenidos: Prueba Shapiro-Wilk.

- Distribución log Normal:

Logaritmo neperiano de los resultados ordenados de menor a mayor
2,708050
2,944439
3,135494
3,332204
3,433987
3,526360

$$X_{\text{media}} = 3,180089$$

$$\sigma_{n-1} = 0,312361$$

$$\text{SS} = 0,487847$$

$$b = 0,680833925$$

$$W_1 = b^2 / \text{SS} = 0,4635348 / 0,487847 = 0,950$$

$$W_{\text{critico}} = 0,788$$

- Distribución normal

Resultados ordenados de menor a mayor
15
19
23
28
31
34

$$X_{\text{media}} = 25$$

$$\sigma_{n-1} = 7,29383$$

$$\text{SS} = 266$$

$$b = 16,0236$$

$$W_2 = b^2 / \text{SS} = 256,7557 / 266 = 0,965$$

$$W_{\text{critico}} = 0,788$$

$$W_2 > W_1 > W_{\text{critico}}$$

Los resultados se ajustan a una distribución Normal.

- Prueba Estadística. Cálculo del LSC_{95,70}

$$\text{LSC}_{95,70} = \text{MA} + U_T \text{DS}$$

$$\text{LSC}_{95,70} = 25 + 2,187 \cdot 7,29383 = 40,95$$

$$\text{MA} = 25$$

$$\text{DS} = 7,29383$$

$$U_T = 2,187 \text{ (n=6 resultados)}$$

El LSC_{95,70} es inferior al VLA-ED, la exposición es conforme (Aceptable).

- Prueba Estadística. Cálculo del parámetro UR:

$$U_R = (\text{VLA} - \text{MA}) / \text{DS}$$

$$U_R = (50 - 25) / 7,29383 = 3,43$$

$$U_T = 2,187$$

UR > UT; La exposición es conforme (aceptable).

Evaluación de exposiciones con resultados inferiores al límite de cuantificación del procedimiento de medida (LOQ)

Un caso particular lo constituyen evaluaciones de exposiciones con resultados inferiores al límite de cuantificación del procedimiento de medida (LOQ), y que requieren, para verificar la conformidad con el VLA,

la aplicación de la Prueba Estadística. En estos casos, los resultados inferiores al LOQ no pueden ignorarse o ser reemplazados por un valor fijo como LOQ/2, ya que esto conlleva una sobrestimación de la media (MG o MA) y una subestimación de la desviación estándar (DS o DSG), lo cual puede llevar a una decisión errónea sobre la conformidad.

Para resolver esta situación, al conjunto de resultados, incluidos los inferiores al LOQ, se les aplica la prueba Shapiro-Wilk para determinar si siguen una distribución Normal o siguen una distribución log Normal. Posteriormente, y de acuerdo con el procedimiento descrito en el *método gráfico* para la validación de resultados y GES, se asigna a cada uno de los resultados la probabilidad y el valor de z correspondiente. Finalmente, se realiza la regresión de los resultados superiores al LOQ sobre sus correspondientes valores de z asignados. De esta forma se obtiene una recta, cuya ordenada en el origen representa el valor medio (MA o Ln MG) y cuya pendiente representa la desviación estándar (DS o Ln DSG) de la distribución de las mediciones. Estos estadísticos, así obtenidos, serán los utilizados para verificar la conformidad de la exposición con los VLA.

Para la obtención de la recta de regresión se requiere un mínimo de dos resultados por encima del LOQ, y las ecuaciones de las correspondientes rectas de regresión en función del tipo de distribución son:

- Distribución log Normal

$$\text{Ln(exposición)} = \text{Ln MG} + z \text{ Ln DSG}$$

(fórmula 13)

- Distribución normal

$$\text{Exposición} = \text{MA} + z \text{ DS}$$

(fórmula 14)

Se dispone de muchos programas informáticos que permiten la obtención de forma rápida y sencilla de la recta de regresión; no obstante, a continuación se indican las ecuaciones para obtener tanto la ordenada en el origen (MA o Ln MG) como la pendiente de la recta (DS o Ln DSG):

$$\text{DS} = \frac{n \sum (z_i x_i) - \sum z_i \sum x_i}{n \sum z_i^2 - (\sum z_i)^2}$$

$$\text{Ln DSG} = \frac{n \sum (z_i \text{Ln} x_i) - \sum z_i \sum \text{Ln} x_i}{n \sum z_i^2 - (\sum z_i)^2}$$

(fórmula 15: pendiente de la recta)

$$\text{MA} = \frac{n \sum z_i^2 \sum x_i^2 - \sum z_i \sum z_i x_i}{n \sum z_i^2 - (\sum z_i)^2}$$

$$\text{Ln MG} = \frac{n \sum z_i^2 \text{Ln} x_i^2 - \sum z_i \sum z_i \text{Ln} x_i}{n \sum z_i^2 - (\sum z_i)^2}$$

(fórmula 16: ordenada en el origen)

n: número de resultados superiores al LOQ.

Ejemplo: Evaluaciones con exposiciones inferiores al LOQ

Se pretende evaluar la exposición a un agente químico que tiene un VLA-ED= 2 mg/m³, para lo cual se ha utilizado un procedimiento de medida que tiene un LOQ= 0,14 mg/m³, y se han realizado seis mediciones de la exposición del trabajador con los siguientes resultados: 0,48, 1,12, 0,06, 0,23, 1,24 y 0,10.

TIPO DE DISTRIBUCIÓN: Se aplica el Test de Shapiro-Wilk

- Distribución Normal

Resultados ED ordenados de menor a mayor
0,06 mg/m ³
0,10 mg/m ³
0,23 mg/m ³
0,48 mg/m ³
1,12 mg/m ³
1,24 mg/m ³

Valor medio= 0,538 mg/m³

Parámetro SS = DS²(n-1) = 0,51962 x 5 = 1,350

Estadístico W₁ = b²/SS

b (6 result.) = (1,24 - 0,06) 0,6431 + (1,12 - 0,10) 0,2806 + (0,48 - 0,23) 0,0875 = 1,066945

W₁ = b²/SS = 1,066945²/1,350 = 0,843

W_{crítico} (tabla 4) = 0,788

W₁ > W_{crítico} = la distribución es Normal

- Distribución log Normal

Logaritmo neperiano de los ED ordenados de menor a mayor
-2,8134 mg/m ³
-2,3025 mg/m ³
-1,470 mg/m ³
-0,734 mg/m ³
0,113 mg/m ³
0,215 mg/m ³

Valor medio = - 1,165 mg/m³

Parámetro SS = DS²(n-1) = 1,2512² x 5 = 7,827

Estadístico W² = b²/SS

b (6 result.) = (0,215 + 2,8134) 0,6431 + (0,113 + 2,3025) 0,2806 + (-0,734 + 1,470) 0,0875 = 2,68985

W₂ = b²/SS = 2,68985² / 7,827 = 0,924

W_{crítico} (tabla 4) = 0,788

W₂ > W_{crítico} = la distribución es log Normal

W₂ > W₁ = la distribución es log Normal

Conclusión: Los resultados siguen una distribución log Normal.

El W(Shapiro -Wilk): 0,924

El W_{crítico}: 0,788

ESTADÍSTICOS: Se utilizan la MG y la DSG.

Se tienen que calcular gráficamente, a partir de la recta de la regresión de los valores de Ln ED sobre los valores z. Ln ED = Ln MG + z Ln DSG.

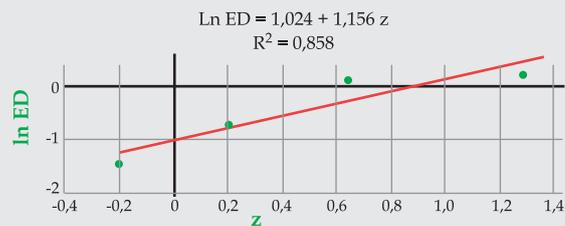
Para asignar la probabilidad se consideran los seis resultados de ED. Probabilidad = (k - 3/8)/(n + 0,25).

Para la asignación de los valores de z se usa la tabla 5.

Para realizar la recta de regresión no se consideran los resultados de ED inferiores al LOQ (son los dos primeros).

k	Ln EDi (mg/m ³) Ordenados de menor a mayor	Probabilidad	z
1	-2,813	0,10	-1,28
2	-2,3025	0,26	-0,64
3	-1,470	0,42	-0,20
4	-0,734	0,58	0,20
5	0,113	0,74	0,64
6	0,215	0,90	1,28

Recta de regresión:



$$\text{Ln ED} = \text{Ln MG} + z \text{ Ln DSG}$$

$$\text{Ln ED} = -1,024 + 1,156 z$$

ordenada en el origen de la recta: Ln MG = -1,024

pendiente de la recta: Ln DSG = 1,156

$$\text{MG} = 0,359 \text{ mg/m}^3$$

$$\text{DSG} = 3,177$$

PRUEBA ESTADÍSTICA

$$\text{Ln LSC}_{95,70} = \text{Ln MG} + U_T \text{ Ln DSG};$$

$$U_T \text{ (tabla 6)} = 2,187$$

$$\text{Ln LSC}_{95,70} = -1,024 + 2,187 \times 1,156 = 1,504 \text{ mg/m}^3$$

$$\text{LSC}_{95,70} = 4,50 \text{ mg/m}^3 \text{ (NO CONFORMIDAD)}$$

$$U_R = (\text{Ln VLA-ED} - \text{Ln MG}) / \text{Ln DSG} = (0,693 + 1,024) / 1,156 = 1,485$$

$$U_R < U_T \text{ (NO CONFORMIDAD)}$$

NO CONFORMIDAD

REEVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

La empresa debe considerar que la evaluación de la exposición tiene que ser revisada y actualizada, en cumplimiento de lo indicado en el punto 7 del artículo 3 del Real Decreto 374/2001. Esta actualización será inmediata en el caso de cambios significativos en los factores determinantes de la exposición. En el resto de casos, realizará un programa de seguimiento para corroborar, a pesar de la ausencia de modificaciones significativas, que la condición de conformidad con el VLA se mantiene en el tiempo. Este seguimiento de la exposición puede realizarse mediante mediciones u otros métodos alternativos (mediciones de los parámetros técnicos, métodos cualitativos, guías de buenas prácticas, etc.) dependiendo, en cada caso, de la peligrosidad de los agentes químicos y de las condiciones de la exposición. En general, para cualquier método utilizado, se recomienda una periodicidad anual.

Una buena práctica, especialmente para aquellas evaluaciones cuya conformidad con los VLA se ha realizado con mediciones, es programar las reevaluaciones de la exposición incluyendo la realización periódica de

nuevas mediciones, sin que esto sea óbice para descuidar las revisiones anuales, que pueden realizarse por otros métodos. La periodicidad para realizar estas mediciones dependerá de cada caso. Así:

- Si la conformidad de la exposición con el VLA solo requirió la aplicación de la Prueba Preliminar, parece conveniente, transcurrido un año, realizar una o más mediciones y aplicar, al total de las mediciones, la Prueba Preliminar o la Prueba Estadística para verificar la conformidad y programar la nueva reevaluación.
- Si la conformidad de la exposición con el VLA requirió la aplicación de la Prueba Estadística (seis o más mediciones), entonces la periodicidad para realizar una o más mediciones nuevas, de cara a reevaluar la exposición, se puede calcular a partir de las dos aproximaciones que se dan en la Norma UNE-EN 689:2019+AC:2019 y que se indican a continuación:

1º *Media geométrica (MG) o media aritmética (MA)*. Se calcula la periodicidad para la realización de nuevas mediciones a partir de la media geométrica (MG) o de la media aritmética (MA), dependiendo del tipo de distribución, de los resultados de las últimas mediciones de la exposición (seis como mínimo). La periodicidad se calcula de acuerdo con la tabla 7.

Resultado	Periodicidad
(MG o MA) < 0,1 VLA	36 meses
0,1 VLA < (MG o MA) < 0,25 VLA	24 meses
0,25 VLA < (MG o MA) < 0,50 VLA	18 meses
(MG o MA) > 0,5 VLA	12 meses

Tabla 7. Determinación de la periodicidad de las mediciones utilizando la media aritmética (MA) o la media geométrica (MG).

2º *Parámetro j*: Se calcula la periodicidad para la realización de nuevas mediciones a partir del valor del parámetro j, calculado como la razón entre el límite superior de confianza LSC_{95,70} y el VLA, según la fórmula 17. La periodicidad se calcula de acuerdo con la tabla 8.

$$j = \text{LSC}_{95,70} / \text{VLA}$$

(fórmula 17)

Resultado	Periodicidad
$j < 0,25$	36 meses
$0,25 < j < 0,50$	30 meses
$0,5 < j < 1$	24 meses

Tabla 8. Determinación de la periodicidad de las mediciones utilizando el parámetro j.

El técnico o técnica puede optar por cualquiera de las dos aproximaciones para determinar la periodicidad en la realización de nuevas mediciones. La medición o mediciones realizadas se unirán a las obtenidas con anterioridad con el objeto de, utilizando los resultados más recientes (mínimo seis), verificar la conformidad con el VLA y calcular de nuevo el periodo para realizar nuevas mediciones.

Ejemplo: Periodicidad para realizar nuevas mediciones

Se realizó la evaluación de la exposición de un GES a un compuesto químico de VLA = 175 mg/m³. Se obtuvieron los siguientes resultados de la exposición de las personas trabajadoras:

Exposiciones (mg/m ³)	17	12	21	23

Se aplicó la Prueba Preliminar: Hay cuatro resultados de la exposición inferiores a 0,15 VLA (26) CONFORMIDAD.

Transcurrido 1 año, y considerando las recomendaciones, se ha procedido a realizar una medición al GES para reevaluar la exposición. El resultado obtenido es 73 mg /m³. El conjunto de los cinco resultados no cumple la condición de conformidad establecida en la prueba preliminar, no son todos inferiores a 0,2 VLA (35). En estas condiciones se realiza una nueva medición que dio un resultado de 39 mg/m³. Finalmente se dispone de seis mediciones y se aplica la Prueba Estadística para verificar la conformidad de la exposición con el VLA.

Exposiciones (mg/m ³)	17	12	21	23	73	39

Tipo de distribución (Prueba Shapiro-Wilk)

- Distribución normal

$$X_{\text{media}} = 30,83$$

$$\sigma = 22,578$$

$$SS = 2548,83$$

$$b_2 = 2077,29$$

$$W_1 = b^2 / SS = 0,815$$

- Distribución log Normal

$$\text{Ln MG} = 3,242$$

$$\text{Ln DSG} = 0,6430$$

$$SS = 2,06747$$

$$b_2 = 1,965784$$

$$W_2 = b^2 / SS = 0,950$$

$W_2 > W_1 > W_{\text{critica}}$ (0,788) ; la distribución es log Normal.

Comparación con el VLA

$$\text{Ln LSC}_{95,70} = \text{Ln MG} + \text{UT Ln DSG}$$

$$\text{UT} = 2,187$$

$$\text{Ln LSC}_{95,70} = 3,242 + 2,187 \cdot 0,6430 = 4,6482$$

$$\text{LSC}_{95,70} = 104,40$$

$$\text{LSC}_{95,70} < \text{VLA}; \quad \text{CONFORMIDAD}$$

$$U_R = (\text{Ln VLA} - \text{Ln MG}) / \text{Ln DSG} = (5,164786 - 3,242) / 0,6430 = 2,990$$

$$U_T = 2,187$$

$$U_R > U_T; \quad \text{CONFORMIDAD}$$

Periodicidad para nuevas mediciones:

- Media geométrica

$$\text{Ln MG} = 3,242$$

$$\text{MG} = 25,58$$

$$25,58/175 = 0,146; \text{MG} = 0,146 \text{ VLA}$$

$$0,1 \text{ VLA} < \text{MG} < 0,25 \text{ VLA}$$

Periodicidad: 24 meses

- Parámetro j

$$j = \text{LSC}_{95,70} / \text{VLA} = 104,4 / 175 = 0,596$$

$$0,5 < j < 1$$

Periodicidad: 24 meses

Transcurridos 24 meses, el técnico realizará una o más mediciones de la exposición, que añadirá a las mediciones anteriores, y aplicará la Prueba Estadística para verificar la conformidad con el VLA. En caso de conformidad, programará la realización de nuevas mediciones aplicando al conjunto de todos los resultados cualesquiera de las dos aproximaciones: media geométrica o aritmética, o parámetro j.

n										
j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0,7071	0,7071	0,6872	0,6646	0,6431	0,6233	0,6052	0,5888	0,5739
2			0,0000	0,1677	0,2413	0,2806	0,3031	0,3164	0,3244	0,3291
3					0,0000	0,0875	0,1401	0,1743	0,1976	0,2141
4							0,0000	0,0561	0,0947	0,1224
5									0,0000	0,0399

j	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0,5601	0,5475	0,5359	0,5251	0,5150	0,5056	0,4968	0,4886	0,4808	0,4734
2	0,3315	0,3325	0,3325	0,3318	0,3306	0,3290	0,3273	0,3253	0,3232	0,3211
3	0,2260	0,2347	0,2412	0,2495	0,2495	0,2521	0,2540	0,2553	0,2561	0,2565
4	0,1429	0,1586	0,1707	0,1802	0,1878	0,1988	0,1988	0,2027	0,2059	0,2085
5	0,0695	0,0922	0,1099	0,1240	0,1353	0,1447	0,1524	0,1587	0,1641	0,1686
6	0,0000	0,0303	0,0539	0,0727	0,0880	0,1005	0,1109	0,1197	0,1271	0,1334
7			0,0000	0,0240	0,0433	0,0593	0,0725	0,0837	0,0932	0,1013
8					0,0000	0,0196	0,0359	0,0496	0,0612	0,0711
9							0,0000	0,0163	0,0303	0,0422
10									0,0000	0,0140

j	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	0,4643	0,4590	0,4542	0,4493	0,4450	0,4407	0,4366	0,4328	0,4291	0,4254
2	0,3185	0,3156	0,3126	0,3098	0,3069	0,3043	0,3018	0,2992	0,2968	0,2944
3	0,2578	0,2571	0,2563	0,2554	0,2543	0,2533	0,2522	0,2510	0,2499	0,2487
4	0,2119	0,2131	0,2139	0,2145	0,2148	0,2151	0,2152	0,2151	0,2150	0,2148
5	0,1736	0,1764	0,1787	0,1807	0,1822	0,1836	0,1848	0,1857	0,1864	0,1870
6	0,1399	0,1443	0,1480	0,1512	0,1539	0,1563	0,1584	0,1601	0,1616	0,1630
7	0,1092	0,1150	0,1201	0,1245	0,1283	0,1316	0,1346	0,1372	0,1395	0,1415
8	0,0804	0,0878	0,0941	0,0997	0,1046	0,1089	0,1128	0,1162	0,1192	0,1219
9	0,0530	0,0618	0,0696	0,0764	0,0823	0,0876	0,0923	0,0965	0,1002	0,1036
10	0,0263	0,0368	0,0459	0,0539	0,0610	0,0672	0,0728	0,0778	0,0822	0,0862
11	0,0000	0,0122	0,0228	0,0321	0,0403	0,0476	0,5400	0,0598	0,0650	0,0697
12			0,0000	0,0107	0,0200	0,0284	0,3580	0,0424	0,0483	0,0537
13					0,0000	0,0094	0,1078	0,0253	0,0320	0,0381
14							0,0000	0,0084	0,0159	0,0227
15									0,0000	0,0076

j	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	0,4220	0,4188	0,4156	0,4127	0,4096	0,4068	0,4040	0,4015	0,3989	0,3964
2	0,2921	0,2898	0,2876	0,2854	0,2834	0,2813	0,2794	0,2774	0,2755	0,2737
3	0,2475	0,2463	0,2451	0,2439	0,2427	0,2415	0,2403	0,2391	0,2380	0,2368
4	0,2145	0,2141	0,2137	0,2132	0,2121	0,2121	0,2116	0,2110	0,2104	0,2098
5	0,1874	0,1878	0,1880	0,1882	0,1883	0,1883	0,1883	0,1881	0,1880	0,1878
6	0,1641	0,1651	0,1660	0,1667	0,1673	0,1678	0,1683	0,1686	0,1689	0,1691
7	0,1433	0,1449	0,1463	0,1475	0,1487	0,1496	0,1505	0,1513	0,1520	0,1526
8	0,1243	0,1265	0,1284	0,1301	0,1317	0,1331	0,1344	0,1356	0,1366	0,1376
9	0,1066	0,1093	0,1118	0,1140	0,1160	0,1179	0,1196	0,1211	0,1225	0,1237
10	0,0899	0,0931	0,0961	0,0988	0,1013	0,1036	0,1056	0,1075	0,1092	0,1108
11	0,0739	0,0777	0,0812	0,0844	0,0873	0,0900	0,0924	0,0947	0,0967	0,0986
12	0,0585	0,0629	0,0669	0,0706	0,0739	0,0770	0,0798	0,0824	0,0848	0,0870
13	0,0435	0,0485	0,0530	0,0572	0,0610	0,0645	0,0677	0,0706	0,0733	0,0759
14	0,0289	0,0344	0,0395	0,0441	0,0484	0,0523	0,0559	0,0592	0,0622	0,0651
15	0,0144	0,0206	0,0262	0,0314	0,0361	0,0404	0,0444	0,0481	0,0515	0,0546
16	0,0000	0,0068	0,0187	0,0187	0,0239	0,0287	0,0331	0,0372	0,0409	0,0444
17			0,0000	0,0062	0,0119	0,0172	0,0220	0,0264	0,0305	0,0343
18					0,0000	0,0057	0,0110	0,0158	0,0203	0,0244
19							0,0000	0,0053	0,0101	0,0146
20									0,0000	0,0049

j	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	0,3940	0,3917	0,3894	0,3872	0,3850	0,3830	0,3808	0,3789	0,3770	0,3751
2	0,2719	0,2701	0,2684	0,2667	0,2651	0,2635	0,2620	0,2604	0,2589	0,2574
3	0,2357	0,2345	0,2334	0,2323	0,2313	0,2302	0,2291	0,2281	0,2271	0,2260
4	0,2091	0,2085	0,2078	0,2072	0,2065	0,2058	0,2052	0,2045	0,2038	0,2032
5	0,1876	0,1874	0,1871	0,1868	0,1865	0,1862	0,1859	0,1855	0,1851	0,1847
6	0,1693	0,1694	0,1695	0,1695	0,1695	0,1695	0,1695	0,1693	0,1692	0,1691
7	0,1531	0,1535	0,1539	0,1542	0,1545	0,1548	0,1550	0,1551	0,1553	0,1554
8	0,1384	0,1392	0,1398	0,1405	0,1410	0,1415	0,1420	0,1423	0,1427	0,1430
9	0,1249	0,1259	0,1269	0,1278	0,1286	0,1293	0,1300	0,1306	0,1312	0,1317
10	0,1123	0,1136	0,1149	0,1160	0,1177	0,1180	0,1189	0,1197	0,1205	0,1212
11	0,1004	0,1020	0,1035	0,1049	0,1062	0,1073	0,1085	0,1095	0,1105	0,1113
12	0,0891	0,0909	0,0927	0,0943	0,0950	0,0972	0,0986	0,0998	0,1010	0,1020
13	0,0782	0,0804	0,0824	0,0842	0,0860	0,0876	0,0892	0,0906	0,0919	0,0932
14	0,0677	0,0701	0,0724	0,0745	0,0765	0,0783	0,0801	0,0817	0,0832	0,8446
15	0,0575	0,0602	0,0628	0,0651	0,0673	0,0694	0,0713	0,0731	0,0748	0,0764
16	0,0476	0,0506	0,0534	0,0560	0,0584	0,0607	0,0628	0,0648	0,0667	0,0685
17	0,0379	0,0411	0,0442	0,0471	0,0497	0,0522	0,0546	0,0568	0,0588	0,0608
18	0,0283	0,0318	0,0352	0,0383	0,0412	0,0439	0,0465	0,0489	0,0511	0,0532
19	0,0188	0,0227	0,0263	0,0296	0,0328	0,0357	0,0385	0,0411	0,0436	0,0459
20	0,0094	0,0136	0,0175	0,0211	0,0245	0,0277	0,0307	0,0335	0,0361	0,0386
21	0,0000	0,0045	0,0087	0,0126	0,0163	0,0197	0,0229	0,0259	0,0288	0,0314
22			0,0000	0,0042	0,0081	0,0118	0,0153	0,0185	0,0215	0,0244
23					0,0000	0,0039	0,0076	0,0111	0,0143	0,0174
24							0,0000	0,0037	0,0071	0,0104
25									0,0000	0,0035

Tabla 3. Coeficientes a_{jn} del estadístico de Shapiro-Wilk.

Q									
n	0,01	0,02	0,05	0,1	0,5	0,9	0,95	0,98	0,99
3	0,753	0,756	0,767	0,789	0,959	0,998	0,999	1,000	1,000
4	0,687	0,707	0,748	0,792	0,935	0,987	0,992	0,996	0,997
5	0,686	0,715	0,762	0,806	0,927	0,979	0,986	0,991	0,993
6	0,713	0,743	0,788	0,826	0,927	0,974	0,981	0,986	0,989
7	0,730	0,760	0,803	0,838	0,928	0,972	0,979	0,985	0,988
8	0,749	0,778	0,818	0,851	0,932	0,972	0,978	0,984	0,987
9	0,764	0,791	0,829	0,859	0,935	0,972	0,978	0,984	0,986
10	0,781	0,806	0,842	0,869	0,938	0,972	0,978	0,983	0,986
11	0,792	0,817	0,850	0,876	0,940	0,973	0,979	0,984	0,986
12	0,805	0,828	0,859	0,883	0,943	0,973	0,979	0,984	0,986
13	0,814	0,837	0,866	0,889	0,945	0,974	0,979	0,984	0,986
14	0,825	0,846	0,874	0,895	0,947	0,975	0,980	0,984	0,986
15	0,835	0,855	0,881	0,901	0,950	0,975	0,980	0,984	0,987
16	0,844	0,863	0,887	0,906	0,952	0,976	0,981	0,985	0,987
17	0,851	0,869	0,892	0,910	0,954	0,977	0,981	0,985	0,987
18	0,858	0,874	0,897	0,914	0,956	0,978	0,982	0,986	0,988
19	0,863	0,879	0,901	0,917	0,957	0,978	0,982	0,986	0,988
20	0,868	0,884	0,905	0,920	0,959	0,979	0,983	0,986	0,988
21	0,873	0,888	0,908	0,923	0,960	0,980	0,983	0,987	0,989
22	0,878	0,892	0,911	0,926	0,961	0,980	0,984	0,987	0,989
23	0,881	0,895	0,914	0,928	0,962	0,981	0,984	0,987	0,989
24	0,884	0,898	0,918	0,930	0,963	0,981	0,984	0,987	0,989
25	0,888	0,901	0,918	0,931	0,964	0,981	0,985	0,988	0,989

n	0,01	0,02	0,05	0,1	0,5	0,9	0,95	0,98	0,99
26	0,891	0,904	0,920	0,933	0,965	0,982	0,985	0,988	0,989
27	0,894	0,906	0,923	0,935	0,965	0,982	0,985	0,988	0,990
28	0,896	0,908	0,924	0,936	0,966	0,982	0,985	0,988	0,990
29	0,898	0,910	0,926	0,937	0,966	0,982	0,985	0,988	0,990
30	0,900	0,912	0,927	0,939	0,967	0,983	0,985	0,988	0,990
31	0,902	0,914	0,929	0,940	0,967	0,983	0,986	0,988	0,990
32	0,904	0,915	0,930	0,941	0,968	0,983	0,986	0,988	0,990

33	0,906	0,917	0,931	0,942	0,968	0,983	0,986	0,989	0,990
34	0,908	0,919	0,933	0,943	0,969	0,983	0,986	0,989	0,990
35	0,910	0,920	0,934	0,944	0,969	0,984	0,986	0,989	0,990
36	0,912	0,922	0,935	0,945	0,970	0,984	0,986	0,989	0,990
37	0,914	0,924	0,936	0,946	0,970	0,984	0,987	0,989	0,990
38	0,916	0,925	0,938	0,947	0,971	0,984	0,987	0,989	0,990
39	0,917	0,927	0,939	0,948	0,971	0,984	0,987	0,989	0,991
40	0,919	0,928	0,940	0,949	0,972	0,985	0,987	0,989	0,991
41	0,920	0,929	0,941	0,950	0,972	0,985	0,987	0,989	0,991
42	0,922	0,930	0,942	0,951	0,972	0,985	0,987	0,989	0,991
43	0,923	0,932	0,943	0,951	0,973	0,985	0,987	0,990	0,991
44	0,924	0,933	0,944	0,952	0,973	0,985	0,987	0,990	0,991
45	0,926	0,934	0,945	0,953	0,973	0,985	0,988	0,990	0,991
46	0,927	0,935	0,945	0,953	0,974	0,985	0,988	0,990	0,991
47	0,928	0,936	0,946	0,954	0,974	0,985	0,988	0,990	0,991
48	0,929	0,937	0,941	0,954	0,974	0,985	0,988	0,990	0,991
49	0,929	0,937	0,947	0,955	0,974	0,985	0,988	0,990	0,991
50	0,930	0,938	0,947	0,955	0,974	0,985	0,988	0,990	0,991

Tabla 4. Valores críticos ($W_{crítico}$) del estadístico de contraste de Shapiro-Wilk en función del grado de significación α y el número de resultados n .

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

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

Tabla 5. Valores de z asociados a la probabilidad acumulada (P) en una distribución Normal.

BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía referenciada en este apéndice se puede encontrar en el apartado IV “Fuentes de información” de la Guía técnica. No obstante, a continuación se incluye un listado de referencias documentales adicionales cuya consulta puede ser de interés en relación con el contenido del apéndice.

- ISO 5479:1997. Statistical interpretation of data. Tests for departure from the normal distribution.
- Clerc F., Vincent R., Assessment of occupational Exposure to Chemicals by Air Sampling for comparison With limit Values: The Influence of Sampling Strategy. Ann. Occup Hyg. 2014.
- Filiben J.J: The probability plot correlation coefficient test normality. Technometrics. 1975, 17 pp.111-117.
- Grzebyk M., Sandino J-P. (2005), Aspects statistiques et rôle de l'incertitude de mesurage dans l'évaluation de l'exposition professionnelle aux agents chimiques. INRS ND 2231. Hygiene et sécurité du travail. Cahiers de notes documentaires 200 (5): 9-12.
- INRS. Interpretation statistique des résultats de mesure. Fiche méthodologique Métropol, versión 1. Institut National de Recherche et de la Sécurité, Nancy, France, 2015.
- INRS. (2015), Interpretation statistique des résultats des mesure. IN: Expression et interpretation des résultats de mesures. Fiches du guide méthodologique Métropol. Expression et interpretation des résultats de mesures. Electronic publication. <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil53>.
- Leidel N.A., Bush K.A., Lynch J.A. National Exposure Sampling Strategy Manual. National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH, 1977.
- Mulhausen J., Damiano J. (2015) Chapter 4, Establishing Similar Exposed Groups. In A Strategy for assessing and managing occupational exposures, 4th Edition, Jhan, Bullock and Ignacio, Eds. American Industrial Hygiene Association, Falls Church, VA 22042, USA.
- Ogden T., Lavoué J., William P. Yant Award Lecture, Testing Compliance with Occupational Exposure Limits: Development of the British-Dutch Guidance. J. Occup. Environ Hyg. 2012, 9 pp. D63-D70.
- Shapiro S.S., Wilk M.B. An analysis of variance test for normality. Biometrika. 1965, 52 pp 591-611
- Shapiro S.S. How to test Normality and other distributional assumptions. -2nd ed. Volume 3 in The ASCQ basic references in quality control: Statistical techniques Editors S.S. Shapiro and E.F. Mykytka. The American Society for Quality Control (1990).
- https://en.wikipedia.org/wiki/noncentral_t-distribution.

APÉNDICE 5. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS. MÉTODOS CUALITATIVOS Y MODELOS DE ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Cuando se demuestre claramente por otros medios de evaluación que se ha logrado una adecuada prevención y protección, la realización de mediciones para evaluar la exposición puede no ser necesaria, 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 técnico del higienista puede ser suficiente; suelen ser aquellas en las que la exposición es muy intensa o, por el contrario, es muy baja. También existen procedimientos de evaluación sistematizados y contrastados que permiten gestionar esta información y estimar la magnitud de la exposición.

Las herramientas cualitativas o semicuantitativas disponibles para la gestión del riesgo químico, y que sirven de ayuda en el proceso de realización de las evaluaciones de riesgos donde hay exposición a sustancias químicas peligrosas, podrían diferenciarse en dos grupos. Por un lado, aquellas que de un modo cualitativo estiman un nivel de riesgo en función de la clasificación de dichos agentes y, por otro, aquellas herramientas, o modelos matemáticos, que estiman el nivel de exposición sin tener en cuenta la clasificación del peligro de los agentes químicos.

Estas metodologías no están concebidas como una alternativa a la evaluación cuantitativa descrita en el apéndice 4, sino como complementarias al proceso de evaluación. De manera general, las del primer grupo se desarrollan en base a una matriz en la que se combinan las variables de peligro y exposición, que se dividen en varios niveles o bandas. En cambio, los modelos matemáticos de exposición funcionan mediante distintos algoritmos y fórmulas cuyas variables son los parámetros que pueden influir en la exposición (velocidad del aire, emisión del contaminante, etc.). Ambos tipos de herramientas se pueden emplear en la evaluación inicial de la estrategia descrita en la norma UNE-EN 689:2019+AC:2019, en la fase de caracterización básica.

Estas herramientas, además de servir para una fase inicial y establecer un primer diagnóstico, son muy útiles para aquellas situaciones en las que las sustancias químicas no tengan un valor límite, no exista un procedimiento de medida o situaciones en las que se utilice una gran cantidad de sustancias químicas y exista una necesidad de priorizar acciones. Permiten discriminar las situaciones de riesgo leve de aquellas que requieran más atención por estimar un riesgo mayor y facilitar la prioridad de las acciones y poder hacer mejor uso de los recursos.

En algunos casos, las herramientas cualitativas dan como resultado un nivel de riesgo estimado que puede llevar asociada una medida de control ajustada a ese nivel de riesgo. Este sería el caso del COSHH Essentials (una de las pioneras en esta área) desarrollada por el HSE (Health and Safety Executive).

Este método ha incorporado las estrategias de control en una colección de fichas prácticas (fichas de control de agentes químicos) que se asocian a cada uno de los niveles de riesgo obtenido. Esta colección ha sido ampliada para medidas de control específicas para ciertos sectores de actividad. El COSHH Essentials está disponible en su página web en inglés. La matriz de COSHH Essentials para la consideración del peligro emplea la clasificación del Reglamento (CE) n.º 1272/2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, cuyas indicaciones de peligro (H) se distribuyen en 5 niveles de peligro. La exposición se divide en cuatro niveles o bandas atendiendo a las propiedades fisicoquímicas de las sustancias, la volatilidad o pulverulencia y la cantidad empleada. El cruce de estas variables permite obtener el nivel de riesgo. Hay 4 niveles de riesgo, y a cada uno se le asocia la medida de control correspondiente. El mecanismo de funcionamiento, cómo distribuye las bandas de peligro y exposición, está descrito en el documento técnico *“The technical basis for COSHH essentials: easy steps to control chemicals”*, y en la NTP 936. En la página web del INSST está disponible un calculador para la aplicación de esta herramienta.

También están disponibles las “Fichas de Control de Agentes Químicos (FCAQ)” que son la traducción de las fichas COSHH. Estas fichas de control proporcionan recomendaciones básicas de buenas prácticas de trabajo para distintas operaciones a fin de controlar la exposición a sustancias químicas peligrosas en el entorno laboral. Hay dos tipos de fichas: unas genéricas, en las que se recomiendan estrategias o niveles de control que contienen acciones cuyo objetivo es minimizar la exposición, y otras específicas, dirigidas a determinados sectores industriales, en las que se ofrece ayuda a los profesionales del sector para el control de la exposición.

La distribución en bandas de peligro también se utiliza en otras herramientas, aunque la distribución en los distintos niveles puede variar de una a otra según el criterio de los organismos que las han desarrollado. Por ejemplo: el Institut National de Recherche et Sécurité (INRS) ha desarrollado un método que recientemente ha incorporado a una herramienta más completa de evaluación de riesgo químico denominada SEIRICH, herramienta para la información y evaluación de riesgo químico. Esta herramienta contempla

no solamente los peligros para la salud por la vía inhalatoria y dérmica sino también de incendio y para el medio ambiente. Considera la posibilidad de tres niveles de usuarios (1-3), según el nivel de conocimiento en el tema, que SEIRICH determina previamente antes de que se comience a usar la herramienta. Establece una estrategia basada en cuatro pasos: 1º Inventario de productos etiquetados y agentes químicos emitidos; 2º Jerarquización de riesgos potenciales, para priorizar productos que requieren una evaluación más detallada; 3º Evaluación del riesgo residual; y 4º Planificación de acciones preventivas para reducir riesgos.

A diferencia del método COSHH Essentials, la mecánica de esta herramienta no está públicamente disponible, aunque en dos de sus publicaciones, "Evaluation du risque chimique. Hiérarchisation des risques potentiels" (2000) y "Méthodologie d'évaluation simplifiée du risque chimique. Un outil d'aide à la décision" (2005), describen parte del mecanismo de la herramienta online SEIRICH, en la cual se han modificado y actualizado alguna de las variables.

Inspirado en esta metodología descrita por el INRS en sus publicaciones, el INSST presenta en la NTP 937 y la NTP 1080 la descripción del método, con ligeras modificaciones adoptadas por el INSST, y cuya metodología se ha incorporado en su calculador "Exposición a agentes químicos. Evaluación cualitativa del riesgo por inhalación de agentes químicos", disponible en su página web.

Otra de las herramientas más completas encaminada, en la misma línea, a la gestión del riesgo químico, con la consideración del peligro y la exposición, es la holandesa Stoffenmanager. También establece varias bandas o niveles de peligro con la correspondiente distribución de indicaciones de peligro, atendiendo al sistema globalmente armonizado "SGA", y que ha adoptado de la publicación "Hazard banding in compliance with the new Globally Harmonised System (GHS) for use in control banding tools" (Arnone, *et al.*, 2015). Cabe mencionar que anteriores versiones empleaban la misma distribución en bandas que el COSHH Essentials. En la parte de exposición, esta herramienta utiliza un algoritmo que contempla distintos parámetros relacionados con la exposición y que también se pueden encontrar descritos en la literatura científica.

El Stoffenmanager presenta varias etapas, de manera similar al SEIRICH, en las que se incluye la elaboración de un inventario de sustancias y productos, registro de cancerígenos, mutágenos y tóxicos para la reproducción y una etapa denominada "priorización" en la cual realiza la evaluación cualitativa del riesgo, por vía inhalatoria y también dérmica, teniendo en cuenta los datos introducidos para el peligro (indicaciones de peligro H) y los de exposición (por ejemplo, duración de la tarea, distancia a la fuente, características fisicoquímicas de la sustancia). Generalmente, toda la informa-

ción puede extraerse de la ficha de datos de seguridad (FDS). Esta herramienta, además, tiene otras etapas y módulos que permiten realizar estimaciones cuantitativas de la exposición y también evaluaciones cualitativas para nanomateriales mediante su módulo específico "nano".

Otra herramienta que también distribuye en bandas de peligro las sustancias químicas, según sus propiedades, es la desarrollada por el NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) denominada "NIOSH Occupational Exposure Banding e-Tool", enfocada inicialmente para aquellas sustancias que carecen de valor límite. Se trata de una herramienta que permite ayudar al usuario a categorizar las sustancias que no tienen límite de exposición profesional en una de las 5 bandas, A-E, atendiendo a los parámetros de salud y a su potencia tóxica, para estimar un nivel potencial de exposición y un control adecuado del posible riesgo. La herramienta se concibe como un proceso sistemático de decisiones que utiliza información cualitativa y cuantitativa sobre el peligro en base a unos determinados efectos adversos para la salud. En función de esto, establece 5 intervalos de exposición potencial y posteriormente recomienda las medidas de control en el proceso de gestión de riesgos. Al igual que las otras herramientas descritas, requiere cierta formación y experiencia en su uso.

También se pueden encontrar otras herramientas similares inspiradas en el COSHH Essentials, como el ILO-International Chemical Control Toolkit de la OIT (Organización Internacional del Trabajo) o el EMKG-Easy to use de BAuA, Alemania.

Hay herramientas que han incorporado la exposición de la vía dérmica y otras que se han desarrollado específicamente para esta vía de exposición, como, por ejemplo, el modelo RISKOFDERM, el método semicuantitativo Dermal Exposure Assessment Method (DREAM) o el Dermal Advance REACH Tool (dART).

En la elección sobre el método a emplear intervienen factores tales como el tipo de actividad o tarea desarrollada, el número total de agentes y de operaciones, y el objetivo final de la evaluación (diagnóstico inicial, comprobación de tareas específicas, requisitos del Reglamento REACH, etc.). En cualquier caso, es responsabilidad del usuario su correcta aplicación y el juicio sobre la bondad de los resultados así como la comprobación del funcionamiento de las instalaciones y medidas preventivas ya implantadas o a implantar. En el escenario REACH, los modelos de exposición se utilizan para realizar el cálculo estimado de la exposición, compararlo con el correspondiente DNEL (nivel sin efecto derivado) y calcular así el cociente de caracterización del riesgo para dar cumplimiento a los requisitos exigidos en el Reglamento cuando corresponda. Uno de los más empleados y que ha sido incorporado en la herramienta Chesar de la ECHA (Agencia Euro-

pea de Sustancias y Mezclas Químicas) es el ECETOC TRA que ya se contempla en las fichas de datos de seguridad ampliadas.

A pesar de que algunas de las herramientas parecen sencillas de utilizar, las decisiones e interpretaciones técnicas son indispensables, y sólo con la formación adecuada, la experiencia y la revisión de muchas y diversas situaciones se consigue maximizar la utilidad de las mismas.

Se pueden encontrar en la literatura distintas denominaciones para estas herramientas, como, por ejemplo: métodos cualitativos, métodos de bandas de control ("control banding", en su denominación inglesa), métodos simplificados. A las herramientas que van destinadas a la estimación de la exposición se las suele conocer como modelos de estimación de la exposición o modelos matemáticos de estimación de la exposición.

Hay que insistir en que ni los métodos cualitativos ni los modelos matemáticos sustituyen a la realización de mediciones sino que son una ayuda complementaria; por ejemplo, la norma UNE-EN 689:2019+AC:2019 contempla ambos tipos de herramientas en la etapa de caracterización básica. Estas herramientas ayudan a diferenciar las situaciones de muy bajo riesgo de aquellas que requieran una evaluación más detallada o directamente la adopción de medidas correctoras. En los casos en los que hubiera que aplicar medidas correctoras, una vez implantadas, habría que volver a comenzar con el proceso de evaluación. Algunas de ellas presentan además la ventaja de ordenar e inventariar la información sobre las sustancias y productos químicos, elaborar los listados de sustancias cancerígenas y priorizar las acciones a realizar o implantar y modificar las medidas de control necesarias. Otra utilidad de estas herramientas es la de mecanismo de comunicación e información sobre la gestión del riesgo químico en la empresa.

Los modelos matemáticos, a pesar de tener un uso más extendido en el ámbito del Reglamento REACH, cuyo usuario difiere del técnico de prevención de riesgos laborales que lleva a cabo las evaluaciones de riesgos para agentes químicos, son también muy útiles en el proceso de gestión del riesgo químico; por ejemplo, en la misma etapa de caracterización básica de la UNE-

EN 689:2019+AC:2019, puesto que aporta una estimación cuantitativa de la exposición potencial. Permiten, además, hacer simulaciones sobre las posibles exposiciones a la hora de diseñar un proceso o una tarea, observar y definir variables así como ver la influencia de cambios de las distintas variables para reducir la exposición (por ejemplo: si se varía el tiempo o la distancia a la fuente, permite observar cómo cambia la exposición). También son útiles para construir perfiles de exposición prospectivos o retrospectivos y valorar el efecto de distintas medidas de control.

Todas las herramientas tienen también una serie de limitaciones que habrá que tener en cuenta cuando se utilicen. Lo primero que habrá que valorar es el dominio de aplicabilidad, es decir, si la sustancia que se quiere considerar entra dentro del ámbito de la herramienta ya que, por ejemplo, algunas de ellas no sirven para fibras, gases o trabajos en caliente. Existen diferencias en la distribución en bandas de peligro entre las distintas herramientas, pues cada una tiene los criterios técnicos definidos por la entidad que las ha desarrollado. Su uso se puede complicar además por la información que necesitan y la disponibilidad de la misma, lo cual viene determinado por la propia complejidad de algunos modelos.

En general, todas las herramientas, tanto los métodos para la evaluación cualitativa del riesgo como los modelos de estimación de la exposición, son útiles y efectivas para la gestión del riesgo químico y para ayudar a proteger la salud de las trabajadoras y los trabajadores si se emplean adecuadamente. Estas herramientas pueden servir también para facilitar, mejorar, promover e incrementar la participación de las personas trabajadoras y para su formación en relación con las sustancias químicas peligrosas y los riesgos que pueden derivarse de la exposición y uso. Hay que tener en cuenta que aún se necesitan más estudios para validar las distintas herramientas, armonizar ciertas características y comparar resultados con las mediciones para dar mayor fiabilidad a las mismas. Así mismo, habrá que garantizar y comprobar el funcionamiento eficaz de las medidas de control. En la bibliografía se incluyen las referencias a una gran parte de estas herramientas y se puede ampliar esta información en la publicación del INSST "Herramientas para la gestión del riesgo químico: métodos de evaluación cualitativa y modelos de estimación de la exposición".

APÉNDICE 6. MÉTODOS DE MEDICIÓN PARA AGENTES QUÍMICOS

INTRODUCCIÓN

En el artículo 3.5 del Real Decreto 374/2001 se indica que “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 (VLA) que corresponda”.

También se menciona que los métodos de medición 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 métodos 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 MEDIDA. TIPOS

Los métodos de medición para agentes químicos se pueden dividir en métodos de toma de muestra y análisis (MTA) y métodos de lectura directa.

Métodos de toma de muestra y análisis

Un método de toma de muestra 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 MTA se pueden diferenciar tres etapas:

- 1^a La toma de muestras, donde se indica el procedimiento que se debe seguir para obtener las muestras.
- 2^a El transporte y almacenamiento, donde se indican las precauciones y recomendaciones para evitar alteraciones de las muestras una vez obtenidas.
- 3^a El análisis, que describe el tratamiento a aplicar a las muestras en el laboratorio.

Métodos de lectura directa

Los métodos de lectura directa son aquellos en los que la toma de muestra y la determinación analítica se realiza de forma simultánea.

Estos métodos presentan algunas ventajas con respecto a los MTA, principalmente en lo que se refiere a la posibilidad de obtener resultados puntuales de la concentración del agente químico en el ambiente, la posibilidad de estudiar el gradiente de la concentración del contaminante a lo largo del tiempo, además de su rapidez, economía, etc. Sin embargo, pueden ser menos precisos y están sujetos, frecuentemente, a interferencias no siempre previsible.

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 DE MEDIDA. PROPIEDADES Y VALIDACIÓN

Los métodos de medida para la evaluación de la exposición a agentes químicos quedan básicamente definidos por:

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

Características básicas del método de medida

Las principales características técnicas de un método de medida 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 procedimiento de medida frente a las posibles interferencias.

- **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.
- **Límite de detección analítico (Lod):** la cantidad menor de un analito que se puede detectar con un nivel de confianza dado.
- **Límite de cuantificación analítico (Loq):** la cantidad menor de un analito que se puede cuantificar con un nivel de confianza dado. El límite de cuantificación se puede calcular como diez veces la desviación típica de las medidas de un blanco.
- **Intervalo de medida:** intervalo de concentraciones para el que la incertidumbre expandida de un procedimiento de medida validado es inferior a un valor especificado.
- **Precisión:** proximidad de acuerdo entre resultados de ensayo/medida independientes obtenidos bajo condiciones estipuladas.
- **Sesgo:** diferencia entre la esperanza matemática de un resultado de ensayo o de medida y el valor verdadero.
- **Incertidumbre de la medida:** parámetro asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando.
- **Incertidumbre típica:** incertidumbre del resultado de una medición, expresada en forma de desviación típica.
- **Incertidumbre típica combinada (uc):** incertidumbre típica del resultado de una medición, obtenida a partir de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las diferentes incertidumbres típicas asociadas a cada una de las etapas u operaciones que comprende el procedimiento de medida.
- **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 al mensurando ($U = K \cdot uc$).
- **Factor de cobertura (K):** factor numérico utilizado como multiplicador de la incertidumbre típica combinada (uc), para obtener la incertidumbre expandida (U). Suele tomar el valor de 2.

Contenido y estructura del método de medida

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 UNE-ISO 78/2:2014 "Química. Diseños para normas. Parte 2: Métodos de análisis químico" 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 (incertidumbre).
- Bibliografía.

Validación del método de medida

Los métodos a utilizar deberán ser métodos validados que garanticen la obtención de resultados con el grado de fiabilidad requerido.

La validación de un método de medición establece, mediante estudios sistemáticos de laboratorio, que las características de dicho método 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.

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, de la precisión y de la incertidumbre en los resultados. Estos criterios, que también tienen en cuenta las posibles influencias ambientales, suelen plasmarse en documentos denominados "Protocolos de Validación".

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 de medida

Las tres partes que componen, generalmente, el método de medición (toma de muestra, transporte y con-

servación, y análisis instrumental) suelen ser llevadas a cabo por distintas personas, lo que obliga a disponer de sistemas que garanticen la integridad y custodia de la muestra a lo largo del método.

Respecto 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 “Fichas de Toma de Muestra de Agentes Químicos” del INSST.

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 de medida

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 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.

MÉTODOS DE MEDIDA. OBJETO DE LA MEDICIÓN

Los métodos de medida de la concentración de los agentes químicos en aire se clasifican, según la Norma UNE-EN 482:2021 “Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos de medida de los agentes químicos”, en función del objeto de la medida a realizar.

Métodos de medida para la evaluación inicial de la concentración media ponderada en el tiempo

Estos métodos de medida pretenden 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 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).

Métodos de medida para la 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;

- estimar la eficacia de la ventilación o de otras medidas técnicas.

Métodos de medida para la 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.

MÉTODOS DE MEDIDA. FIABILIDAD

Los requisitos de fiabilidad de los métodos de medida dependerán del objeto de la medición que se va a realizar. Dichos requisitos vienen recogidos en la Norma UNE-EN 482:2021 y se aplican a cada una de las etapas del método.

En el caso de los métodos de medida para la comparación con los VLA y las mediciones periódicas, la norma incluye, entre otros, los siguientes requisitos de fiabilidad:

- El intervalo de medida del método cubrirá, al menos, las concentraciones de 0,1 a 2 veces el valor límite para medidas de larga duración (exposición diaria) 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, establecida en términos de incertidumbre expandida relativa (incertidumbre), deberá ser la que se muestra en la tabla 1.

MÉTODOS DE MEDIDA. INFORME ANALÍTICO

Los resultados de los análisis de las muestras 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 17025:2017 "Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración", en su 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 firma(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 las 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.

El informe analítico deberá archivararse junto con toda la documentación que se haya generado en la evaluación del riesgo correspondiente.

Periodo de referencia	Intervalo de medida	Incertidumbre expandida relativa
Corta duración (por ejemplo, 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. Requisitos de la incertidumbre expandida para mediciones de comparación con los valores límite y mediciones periódicas.

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.

MÉTODOS DE MEDIDA. CRITERIOS GENERALES PARA LA ELECCIÓN

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 ella. 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 obtenidos con los valores límite establecidos para tomar una decisión sobre el nivel de exposición.

Para la elección del método, 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:

- 1º 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>).
- 2º Métodos del INSST. Métodos validados y publicados por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- 3º Normas internacionales (ISO) para atmósferas en los lugares de trabajo.
- 4º Métodos normalizados publicados por instituciones o entidades de reconocido prestigio en la materia (NIOSH, OSHA, HSE, etc.).

- 5º 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, relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, sobre la necesidad de disponer de métodos normalizados para la medida de las concentraciones de agentes químicos en aire, en relación con los límites de exposición profesional, se ha desarrollado el proyecto BC/CEN/ENTR/000/2002-16 - Analytical Methods for Chemical Agents.

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 (MTA)

- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). Métodos de toma de muestras y análisis.
- Health and Safety Executive (HSE). Methods for the Determination of Hazardous Substances.
- Institute National de Recherche et de Sécurité (INRS). Base de datos MetroPol.
- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) Analyses of Hazardous Substances in Air (lista de libros disponibles en alemán e inglés, algunos consultables online).
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Manual of Analytical Methods (textos completos en inglés).
- U.S. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). Sampling and Analytical Methods (textos completos en inglés).

APÉNDICE 7. CALIDAD EN LAS MEDICIONES DE AGENTES QUÍMICOS

INTRODUCCIÓN

En este apéndice se dan algunas recomendaciones técnicas para la implantación de un sistema de gestión de la calidad para las actividades de medición de agentes químicos en aire, con el objeto de garantizar la confianza en el resultado de la medición. 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.

Se proponen diferentes pautas 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.

Para el caso concreto de la actividad que se realiza en el laboratorio (análisis de las muestras), son aplicables todas las indicaciones 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.

REFERENCIAS PARA LA CALIDAD DE LAS MEDICIONES DE AGENTES QUÍMICOS

Para la realización de las mediciones de agentes químicos, el Real Decreto 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 6 se aporta información sobre las características y requisitos que deben reunir los procedimientos de medida para la determinación de agentes químicos, en línea con lo que indica el artículo 3.5 del Real Decreto 374/2001. En este sentido, es importante considerar los requisitos contenidos en las normas desarrolladas específicamente para la medición de los agentes químicos en los lugares de trabajo: la norma UNE-EN 482:2021 "Exposición en el lugar de trabajo. Procedimientos para la determinación de la concentración de los agentes químicos. Requisitos generales relativos al funcionamiento", de carácter general, y las normas específicas desarrolladas para diferentes tipos de procedimientos y equipos de medida.

La norma UNE-EN 482:2021 establece los requisitos básicos de funcionamiento de los procedimientos para la determinación de concentraciones de agentes quí-

micos en la atmósfera 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. La 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 los muestreadores de aerosoles (UNE-EN 13205:2015); para la medición de gases y vapores utilizando muestreadores por difusión (pasivos) (UNE-EN 838:2010); para la medición de gases y vapores utilizando muestreadores y aspiración (bombas) (UNE-EN ISO 22065:2020); para tubos detectores de corta duración (UNE-EN ISO 17621:2016); para bombas de muestreo personal (UNE-EN ISO 13137:2014); para la medición de metales y no metales en partículas (UNE-EN ISO 21832: 2021); etc.

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 hay que considerar todas las etapas de la medición y todos los factores, humanos y materiales, que intervienen en ellas y que, directa o indirectamente, pueden afectar a la calidad.

La necesidad de considerar 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 del procedimiento de medida. En este sentido, la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017 "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 ensayos (incluido el muestreo) o 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 de la calidad para sus actividades 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 obligatorios serán los que se encuentran explícita o implícitamente contenidos en la normativa general de prevención de riesgos laborales y en la normativa 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 cumplen las indicaciones del artículo 3.5 del RD 374/2001. En el apéndice 6 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 482:2021 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 INSST (CR-04/2008, CR-05/2009, CR-06/2009 y CR-07/2011) y las Notas Técnicas de Prevención NTP 930 y NTP 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 se va a utilizar el método seleccionado no coinciden con las consideradas en el mismo. Con este fin, pueden utilizarse como guías los protocolos de validación del INSST (véase apéndice 6) 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, deberán estar adecuadamente calibrados y mantenidos para garantizar que, siempre que se utilicen, su funcionamiento sea correcto para que la incertidumbre de la 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 correcto funcionamiento, especialmente si se trata de equipos manipulados por varias personas.

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 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. Se establecerá qué equipos son de calibración interna y qué equipos son de calibración externa.

El "*Plan de calibración*" definirá, entre otros:

- qué equipos se calibran,
- quién realiza las calibraciones,
- su frecuencia y
- el procedimiento a aplicar.

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 responsable de 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 y calibración 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 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, se revisará que los equipos que se van a utilizar 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. 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 la referencia asignada, la fecha y 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, los laboratorios a los que se envían las muestras para su análisis, etc.

Transporte y conservación de las muestras

El transporte y el almacenamiento o conservación de la muestra es también importante, ya que un tratamiento inadecuado de las muestras durante esta etapa puede afectar a su integridad e invalidar todo el proceso de medición.

El procedimiento de medida 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 periódicamente, y puede incluir, entre otros (norma UNE-EN ISO/IEC 17025: 2017):

- 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.

El sistema de gestión de la calidad del laboratorio debe incluir, además de un sistema de control de la calidad interno, la participación regular en programas de evaluación externa de la calidad (comparaciones interlaboratorios) que cubran, en lo posible, todas las familias de ensayo que realice. Estos programas aportan una evaluación externa e independiente que permite al laboratorio poder demostrar el mantenimiento de la competencia técnica en los análisis que realiza.

La participación en comparaciones interlaboratorios es un requisito exigido por las entidades de acreditación, 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 INSST para los laboratorios que realizan análisis (recuento) de fibras de amianto (RD 396/2006).

El Programa Interlaboratorios de Control de Calidad (PICC)¹⁵, establecido por el INSST, está diseñado específicamente para las mediciones de agentes químicos

¹⁵ Los programas específicos que constituyen el PICC son: fibras de amianto (PICC-FA), metales en filtros (PICC-MET), metales en orina (PICC-MetU), vapores orgánicos (PICC-VO), gravimetrías (PICC-Gr) y sílice cristalina (PICC-SIL). Más información sobre los PICC en la web del INSST.

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.

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 6 de esta guía. En cualquier caso, debe incluir el contenido mínimo de la documentación sobre la evaluación indicado en los comentarios de esta guía al artículo 3.9 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 la toma 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 certificados de los organizadores de su participación y resultados), etc.

Si el laboratorio está acreditado por el organismo nacional de acreditación, puede considerarse suficiente el certificado de acreditación en el que figure claramente a qué mediciones o actividad corresponde el alcance de la misma. 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.

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.

APÉNDICE 8 . TÉCNICAS DE VENTILACIÓN PARA EL CONTROL DE AGENTES QUÍMICOS**INTRODUCCIÓN**

Los riesgos para la seguridad y salud de las personas trabajadoras debidos a la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo son de muy distinta tipología y requieren actuaciones muy diversas, 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 químico 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 en este apéndice se realizará 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 identifi-

cadas como extracción localizada y ventilación por dilución, cuyos fundamentos y criterios de diseño se describen brevemente a continuación con objeto de facilitar su correcta aplicación.

EXTRACCIÓN LOCALIZADA**Fundamento teórico**

Consiste en crear, mediante aspiración, una corriente de aire con la intención de captar los contaminantes (polvo, fibras, humo, vapores, etc.) lo más cerca posible de su zona de emisión al ambiente (foco de contaminación). De esta forma, se evita que el contaminante se disperse en el ambiente del lugar de trabajo pudiendo dar lugar a concentraciones peligrosas, sea por inhalación o por aproximarse al límite inferior de inflamabilidad.

Descripción

Un sistema de extracción localizada siempre está constituido por (véase figura 1):

- una campana, que es el elemento situado en las proximidades del foco de generación del contaminante 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
- un 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.

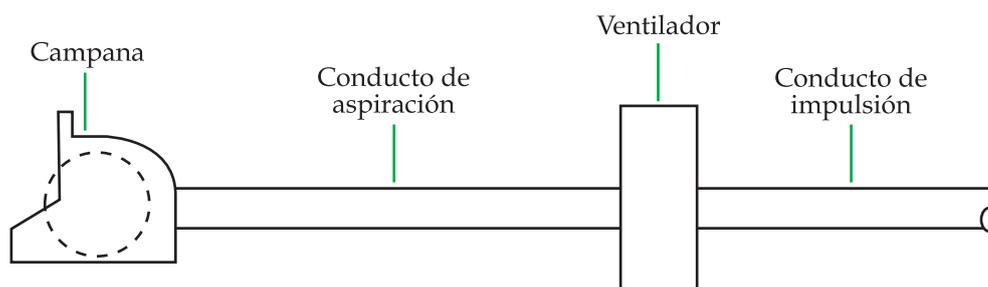


Figura 1. Sistema de extracción localizada.

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 este sistema sea eficaz:

- La campana tiene que tener una forma y unas dimensiones adaptadas a la forma y dimensiones del foco de contaminación. Son preferibles las campanas que encierran total o parcialmente el foco.
- La campana debe estar situada lo más cerca posible del foco de contaminación y debe ser compatible con las operaciones de producción. De acuerdo con esto, habrá ocasiones en que estén situadas sobre el foco de emisión y otras en que se coloquen lateralmente. 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, es suficiente una velocidad del aire en el foco de contaminación entre 0,5 y 2,5 m/s para lograr este efecto. No se debe confundir esta "velocidad en el foco" (velocidad de captura), 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 entradas de aire exterior suficientes para proporcionar un caudal de aire 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, debe proporcionar, teniendo en cuenta la pérdida de carga o resistencia del sistema al flujo del aire, el caudal de aire necesario para garantizar la eficacia del sistema de extracción.

Conviene recordar que el anexo 1 del Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas, y donde se enumeran los requisi-

tos esenciales de seguridad y salud de las máquinas, incluye el siguiente:

"1.5. Riesgos debidos a 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 Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en su anexo I 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 por 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 precise, el manual de instrucciones de la máquina o equipo especificará 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 armonizadas 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 garantice 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 NTP 615 y NTP 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 (véase NTP 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 se utiliza, en la mayoría de ocasiones, para el control de vapores orgánicos con un valor límite ambiental (VLA) de 20 ppm o superior, y cuya generación se produce a partir de un considerable número de focos dispersos o móviles, lo que imposibilita, en muchos casos, el control mediante extracción localizada.

Para evitar los riesgos por 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 menor al límite inferior de inflamabilidad.

La NTP 741 desarrolla la ventilación general por dilución para el control del riesgo químico y ofrece ejem-

plos de cálculos, y en el portal web del INSST se ofrece el calculador "Caudal de ventilación por dilución".

Descripción

Un sistema de ventilación por dilución puede ser:

- Natural: entradas y salidas de aire no forzadas.
- Forzada: consiste en una combinación de máquinas que extraen aire del local para verterlo al exterior y otras que captan aire del exterior para introducirlo en el local (entradas y salidas de aire mecanizadas).
- Mixta (combinación de los dos sistemas anteriores): entradas de aire naturales y salidas de aire mecanizadas o viceversa.

En cualquier caso, siempre se debe cumplir que el caudal de aire que entra en un recinto sea igual al caudal de aire que sale del mismo.

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 local de trabajo (sistema mixto); en cambio, en locales de trabajo de grandes dimensiones es habitual utilizar un sistema basado en extractores y en una introducción de aire también 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. Es decir: la cantidad de aire necesaria 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 o 6.000 m³ de aire por hora y soldador).

Los requisitos necesarios de un sistema de ventilación por dilución son los siguientes:

- 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. Es preferible ubicar las salidas de aire del local cerca de los focos de contaminación, favoreciendo de esta forma la captura de los contaminantes y el flujo del aire limpio a las zonas más contaminadas.
- Calcular el caudal de aire necesario para conseguir una dilución suficiente del contaminante, manteniendo su concentración por debajo de un valor aceptable.
- Solo 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.
- Se debe considerar el recorrido esperable del aire en la zona (idealmente la secuencia debería ser: entrada aire-trabajador-foco-salida de aire). Se debe estudiar la posible existencia de situaciones incorrectas en el movimiento del aire del local, como el recorrido inadecuado, la presencia de zonas muertas, las corrientes, etc.
- Evitar que el aire extraído vuelva a introducirse en el local (ventanas, aberturas cerca de los puntos de descarga).
- 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 Real Decreto 486/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, en su anexo III 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

La bibliografía referenciada en este apéndice se puede encontrar en el apartado IV “Fuentes de información” de la Guía técnica. No obstante, a continuación se incluye un listado de referencias documentales adicionales cuya consulta puede ser de interés en relación con el contenido del apéndice.

- ACGIH. Industrial Ventilation. A manual of recommended practice for design. American Conference of Governmental Industrial Hygienist. 30th Edition. Signature Publications 2019.
- ALDEN J.L, KANE J.M. Design of Industrial Ventilation Systems. Industrial Press Inc. New York, 1982.
- 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 (Third edition, published 2017). HSE Books, 2017.
- HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. Clearing the air. A simple guide to buying and using local exhaust ventilation (LEV). 2016 INDG408 (rev1).
- HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. Time to clear the air! A workers’ pocket guide to local exhaust ventilation (LEV). 2008. INDG409.
- INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ (INRS). Collection des guides pratiques de ventilation.

APÉNDICE 9. CRITERIOS GENERALES PARA LA SELECCIÓN 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 su utilización.

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 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 Reglamento (UE) 2016/425. Los EPI comercializados en la Unión Europea llevan el marcado CE para mostrar que cumplen los requisitos del mencionado Reglamento; sin embargo, el marcado CE no convierte al equipo en 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 Real Decreto 773/1997 (transposición de la Directiva 89/656/CEE). Puede encontrarse información amplia de este Real Decreto en la Guía Técnica para la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual del INSST.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

La selección de los equipos, que deben disponer del preceptivo marcado “CE” conforme a lo recogido en el Reglamento (UE) 2016/425, y modificaciones posteriores, puede desarrollarse conforme a la secuencia de actuación que se presenta en la tabla 1.

A continuación se desarrolla cada uno de los elementos de la secuencia propuesta.

Secuencia de actuación	Parámetros de decisión
Determinación del tipo de equipo a utilizar.	Vías de entrada del contaminante.
Determinación de las características técnicas del equipo a utilizar.	Evaluación de riesgos. Información del fabricante.
Adquisición del equipo.	Adecuación al riesgo. Adaptación al entorno de trabajo, a la tarea y al usuario.

Tabla 1. Selección de los equipos de protección individual (EPI) frente a agentes químicos.

DETERMINACIÓN DEL EQUIPO A UTILIZAR

Dependiendo del tipo de exposición, puede ser precisa la utilización de uno o varios equipos de protección 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 (véase tabla 2).

Vía de entrada	Equipo a utilizar
Inhalatoria	Equipo de protección respiratoria.
Dérmica	Guantes de protección. Ropa de protección. Calzado.
Contacto ocular	Gafas de protección.

Tabla 2. 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. En la tabla 3 se presenta un ejemplo de combinación característica.

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.

Vías de entrada	Soluciones posibles	
Inhalación + contacto ocular	Combinación de equipos	Equipo multirriesgo
	Mascarilla + filtro + gafas de protección	Máscara + filtro

Tabla 3. Coexistencia de vías de entrada y uso de equipos de protección individual (EPI).

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 1) que llevan marcados el EPI y su embalaje, así como cualquier información que se proporcione a demanda del usuario.



Figura 1. Véase información suministrada por el fabricante.

A continuación se indican diferentes parámetros técnicos que se deben considerar para los diferentes tipos de equipos.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA

El fin último de todo equipo de protección respiratoria (EPR) es proteger el sistema respiratorio de la inhalación de atmósferas peligrosas, ya sea por estar contaminadas con partículas, gases o vapores, ya sea por tener una deficiencia de oxígeno.

Todo EPR 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, los EPR se clasifican en:

- **Equipos filtrantes:** son dependientes de la atmósfera ambiente y proporcionan aire respirable mediante la eliminación de los contaminantes antes de que lleguen a las vías respiratorias. 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 de penetración baja, media o alta, respectivamente.
- 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, 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 capacidad de protección baja, media o alta, respectivamente.

En la tabla 4 se indican los distintos tipos de filtros, las clases que pueden presentar y los colores que los identifican.

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 en la sección de EPI de la página web del INSST, y la NTP 787, en la que se proporciona información sobre la clasificación de los filtros y su marcado.

- **Equipos aislantes:** independientes de la atmósfera ambiente, 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.

Se advierte que los 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.).

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	Amoniaco y derivados orgánicos del amoniaco.
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.
	-----	Azul	Óxidos de nitrógeno. Siempre debe incorporar un filtro contra partículas de clase 3.
		Blanco	
Hg-P ₃	-----	Rojo	Vapores de mercurio. Siempre debe incorporar un filtro contra partículas de clase 3. Tiempo máximo de uso de 50 horas.
		Blanco	

Tabla 4. Tipos de filtros.

- 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 2 se presenta un diagrama de decisión de apoyo para la 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)¹⁶.

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 (C_0) y la concentración de contaminante en el interior de la pieza facial (C_1), y 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:

$$FP = 1/p = 1/(1-e)$$

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:

¹⁶ 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.

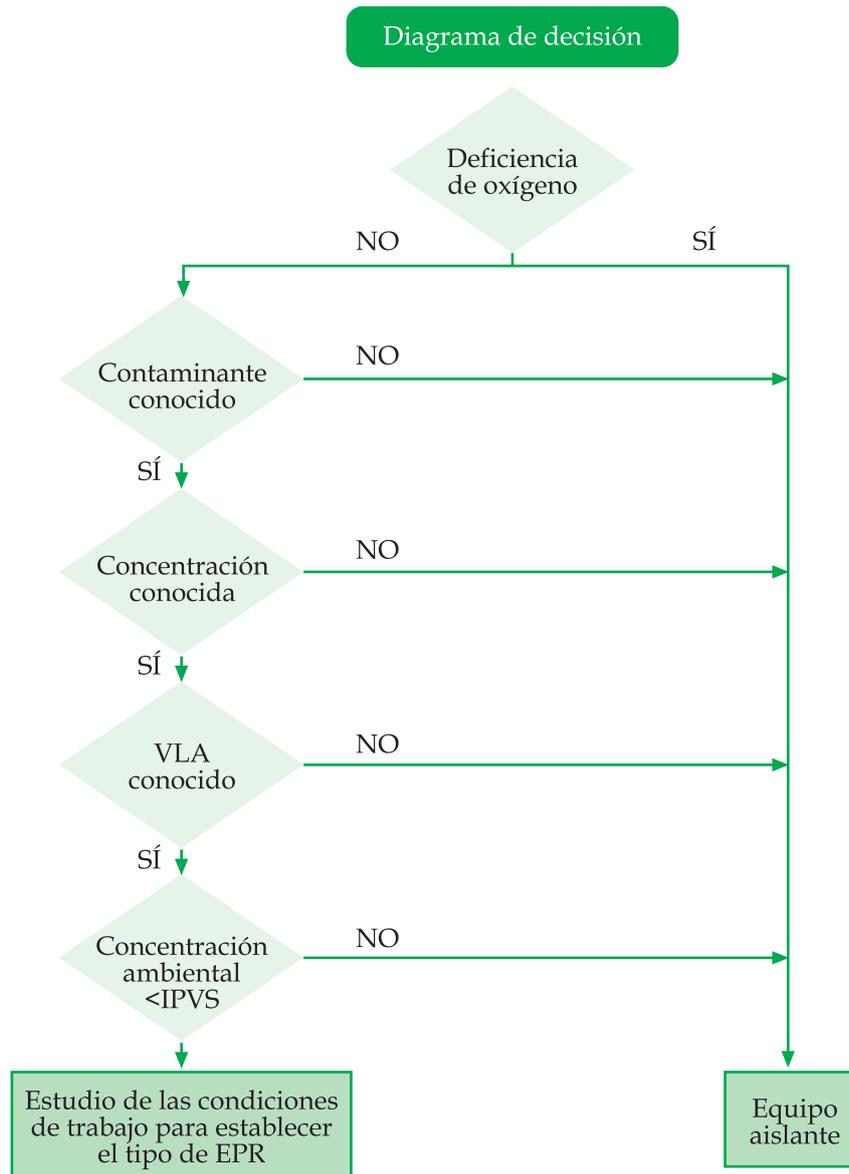


Figura 2. Diagrama de decisión para la elección de equipos de protección respiratoria.

- “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.

Evaluación del ajuste en piezas faciales herméticas

Una de las bases del nivel de protección de las piezas faciales (máscaras, medias máscaras y mascarillas autofiltrantes) es la hermeticidad, es decir, la ausencia de fugas entre la pieza y la cara del usuario. Por ello es de vital importancia evaluar el correcto ajuste, tanto en la selección inicial de los equipos como en su uso diario.

A continuación se describen algunos métodos incluidos en la Norma UNE-EN 529:2006. "Equipos de protección respiratoria. Recomendaciones sobre selección, uso, cuidado y mantenimiento. Guía", comúnmente utilizados para la evaluación del ajuste de las piezas faciales y que emplean equipos de fácil adquisición en el mercado, agrupados en dos categorías: ensayos de ajuste y comprobaciones de ajuste.

A) Ensayos de ajuste

Estos ensayos deben realizarse en la selección inicial de los equipos para los usuarios y cuando cambie algún aspecto de la fisonomía del usuario en relación a la cara (por ejemplo, cambios de peso que aumenten o disminuyan el volumen y contorno de la cara). Por tanto se harán con el equipo que se vaya a utilizar y el trabajador que lo vaya a emplear.

A.1) Ensayos de ajuste cualitativo

Son adecuados para medias máscaras, mascarillas autofiltrantes y máscaras completas, aunque estas últimas excepto en el caso de que se busque alcanzar altos factores de protección.

La persona debe ser sensible a bajas concentraciones del agente de ensayo para detectar las posibles fugas, ya que se utilizan sustancias con un olor o sabor distintivo. En el mercado se pueden encontrar con facilidad kits para la realización de este ensayo, que incluyen las instrucciones necesarias para su realización. No obstante, los pasos a seguir, de forma general, serían los siguientes:

- Colocar y ajustar la pieza facial de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Exponer al usuario a una atmósfera localizada del agente de ensayo.
- Si el usuario detecta la sustancia, reajustar la pieza y repetir el ensayo.
- Si no se puede conseguir el ajuste correcto, el trabajador no puede utilizar el equipo ensayado.

A.2) Ensayos de ajuste cuantitativo

Estos ensayos son recomendables para máscaras completas cuando se usen por necesidad de alcanzar altos factores de protección. Utilizan equipos portátiles comercialmente disponibles y se dividen a su vez en dos métodos que se describen brevemente a continuación.

Método de conteo de partículas:

- Colocar y ajustar la pieza facial de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Utilizar las partículas ambientales o bien generar un aerosol de ensayo.
- Mediante el uso de un equipo, contar las partículas que desde el ambiente entran en la pieza facial y compararlo con el número de partículas en el exterior, mientras que el usuario realiza ejercicios especificados.
- Si no se puede conseguir el ajuste correcto, descartar la selección del equipo para el usuario.

Método de presión negativa (no aplicable a mascarillas autofiltrantes):

- Mediante el uso de un equipo, generar y mantener una presión constante dentro de la pieza facial mientras el usuario permanece sin moverse.
- Mantener una presión negativa y constante en la pieza facial, controlando la velocidad del aire evacuado.
- La cantidad de aire evacuado se interpreta como un factor de ajuste equivalente.
- Si no se puede conseguir el ajuste correcto, no utilizar el equipo.

B) Comprobaciones de ajuste

Se basan en la opinión del usuario, son sencillas y rápidas de hacer, pero pueden no detectar pequeñas fugas. Se recomiendan para la comprobación diaria antes del uso de piezas faciales que previamente se hayan seleccionado para el usuario utilizando un método de ensayo de ajuste.

B.1) Comprobación de ajuste por presión negativa

- Colocar y ajustar la pieza facial de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Bloquear la entrada de aire (el elemento filtrante del equipo) con las manos o con algún elemento que pueda tapar por completo la mascarilla o los filtros.

- Inhalar suavemente hasta que la pieza facial se hunda levemente en la cara.
- Mantener la respiración durante unos diez segundos.
- Si la pieza facial permanece hundida, no hay fugas significativas.
- En caso contrario (si vuelve a su posición inicial), reajustar la pieza facial o las bandas de ajuste y volver a realizar la comprobación.
- Si no se puede conseguir el ajuste correcto, no utilizar el equipo.

B.2) Comprobación de ajuste por presión positiva

Este método puede utilizarse para mascarillas autofiltrantes sin válvulas o medias máscaras sin válvulas.

- Colocar y ajustar la pieza facial de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Cubrir el elemento filtrante del equipo con las manos o con algún elemento.
- Exhalar con fuerza.
- Si se detectan fugas de aire entre los bordes de la pieza facial y la cara, reajustar la pieza facial o las bandas de ajuste y volver a realizar la comprobación.
- Si no se puede conseguir el ajuste correcto, no utilizar el equipo.

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 *normalized breakthrough time* (NBT). Este tiempo, en minutos, sirve para clasificar el material del guante en seis clases o niveles, desde la clase 1 hasta la 6, tal y como se indica en la tabla 5. El fabricante debe hacer referencia en su folleto informativo a

Tiempo de paso ¹⁷	Clase o nivel de prestación
>10 minutos	1
>30 minutos	2
>60 minutos	3
>120 minutos	4
>240 minutos	5
>480 minutos	6

Tabla 5. Clasificación de los guantes de protección química en función de su resistencia a la permeación, medida en minutos.

los productos químicos ensayados y a las clases de permeación obtenidas.

De acuerdo a la norma de requisitos de guantes de protección química, UNE-EN ISO 374-1:2016/ A1:2018, la información sobre la resistencia a la permeación se presenta de forma simbólica mediante el marcado del guante con tres posibles pictogramas en función de la protección que ofrezca frente a los productos químicos de entre los 18 enumerados en la tabla 2 de dicha norma, cada uno de ellos asociado a un código¹⁸:

- Guante de protección química Tipo A

EN ISO 374-1/Tipo A



UVWXYZ

Los códigos bajo el pictograma corresponden a 6 compuestos de la tabla 2 de la norma UNE-EN ISO 374-1, para los que la clase obtenida para el ensayo de resistencia a la permeación ha sido como mínimo 2.

- Guante de protección química Tipo B

EN ISO 374-1/Tipo B



XYZ

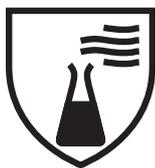
¹⁷ No debe confundirse el tiempo de paso, o *normalized breakthrough time*, con el tiempo de uso recomendado de un guante. El tiempo de paso se obtiene en condiciones de ensayo en laboratorio y contacto permanente con el producto químico. Por tanto, este dato sólo debe utilizarse como un referente a la hora de la selección de un guante en función de las condiciones de la exposición

¹⁸ Metanol (A), acetona (B), acetonitrilo (C), diclorometano (D), sulfuro de carbono (E), tolueno (F), dietilamina (G), tetrahydrofurano (H), acetato de etilo (I), n-heptano (J), hidróxido sódico 40 % (K), ácido sulfúrico 96 % (L), ácido nítrico 65 % (M), ácido acético 99 % (N), hidróxido de amonio 25 % (O), peróxido de hidrógeno 30 % (P), ácido fluorhídrico 40 % (S), formaldehído 37 % (T).

Los códigos bajo el pictograma corresponden a 3 compuestos de la tabla 2 de la norma UNE-EN ISO 374-1, para los que la clase obtenida para el ensayo de resistencia a la permeación ha sido como mínimo 2.

- Guante de protección química Tipo C

EN ISO 374-1/Tipo C



El guante tipo C se ha ensayado para 1 compuesto de la tabla 2 de la norma UNE-EN ISO 374-1, para el que la clase obtenida para el ensayo de resistencia a la permeación ha sido como mínimo 1.

En la figura 3 se incluye un ejemplo explicativo de un guante de protección tipo B, dado que se ha obtenido clase 2 con, al menos, tres productos químicos de dicha lista.

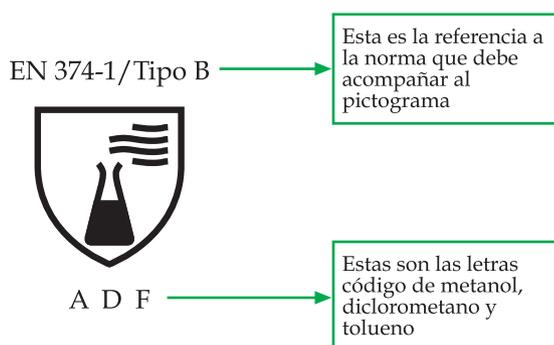


Figura 3. Ejemplo de marcado de unos guantes de protección química tipo B.

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, al menos, 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 3 no exime al fabricante de incluir en las instrucciones las clases obtenidas para otros productos ensayados, que no tienen por qué estar limitados a los incluidos en la lista. Un ejemplo particular sería aportar datos de ensayos realizados con productos citostáticos. De hecho, una protección ade-

cuada de un material a un producto químico sólo puede avalarse por un ensayo, siendo arriesgado, de forma general, hacer extrapolaciones en términos de protección.

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.

Además del ensayo de resistencia a la permeación, hay otro ensayo de resistencia química del material que mide su degradación en contacto con un producto. Este proceso se define como el deterioro o la pérdida de una o más propiedades de dicho material debido al contacto con un producto químico. La resistencia a la degradación se mide en condiciones de laboratorio determinando, en concreto, el cambio en la resistencia a la perforación que puede sufrir el material tras el contacto.

Para más información en relación con la protección frente a riesgos específicos, símbolos de marcado y contenido del folleto informativo, puede consultarse la NTP 1136 y las fichas de selección y uso para ropa y guantes de protección, disponibles a través de la sección de EPI de la página web del INSST.

ROPA DE PROTECCIÓN

Para la ropa de protección química, no sólo el material de fabricación sino también el diseño del traje juegan 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 6 se muestran los diferentes tipos de trajes y el uso al que van destinados.

La elección de un tipo u otro de prenda dependerá de la parte del cuerpo expuesta y de la forma de presentación del contaminante. En la figura 4 se incluye un diagrama de decisión de apoyo para su selección.

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.

		Forma física del contaminante				
		Vapor, gas	Chorro de líquido	Pulverizado	Pequeñas salpicaduras	Polvo, partículas
PARTE DEL CUERPO	TODO	Trajes tipo 1a, 1b, 1c	Trajes tipo 3	Trajes tipo 4	Trajes tipo 6	Trajes tipo 5
	ZONAS	Prendas de protección parcial				

Tabla 6. Tipos de trajes y uso al que van destinados.

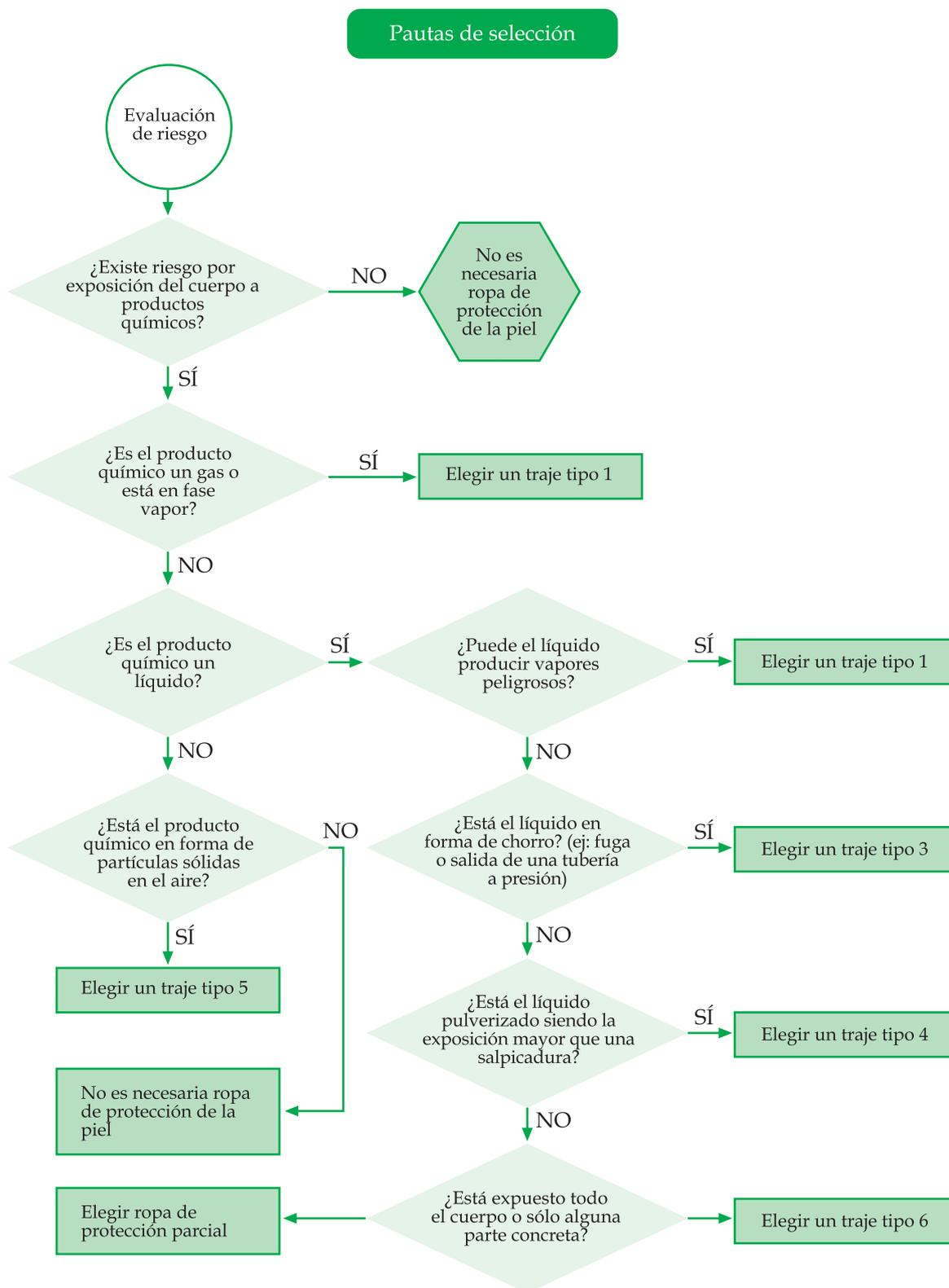


Figura 4. Pautas de selección de la ropa de protección.

De forma breve, en la tabla 7 se indican los ensayos de resistencia al paso de productos químicos que se requiere para el material según el tipo de traje. Si se requiere información más detallada, se pueden consultar las normas europeas aplicables o la bibliografía.

Puede consultarse más información sobre la ropa de protección frente a riesgos químicos y sus normas de requisitos en la NTP 929 y en las fichas de selección y uso para ropa y guantes de protección, disponibles a través de la sección de EPI de la página web del INSST.

	Ensayo del material	
TIPO DE TRAJE	Trajes tipo 1a, 1b, 1c, 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 7. Ensayos de resistencia al paso de productos químicos según el tipo de traje.

CALZADO

El calzado protector frente 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.

Se dispone de dos tipos de calzado protector frente a productos químicos en función del tiempo de contacto: el calzado de contacto limitado (< 1 h), que protege de salpicaduras y degradación, siendo el pictograma opcional en el marcado, y el calzado de contacto prolongado (> 1 h), que protege de la degradación y de la permeación, siendo en este caso el pictograma obligatorio en la suela de cada ejemplar.

En la figura 5 se especifica el marcado que lleva el calzado protector frente a productos químicos, mediante el cual se puede determinar la protección ofrecida.

Por ejemplo, el marcado EN 13832-3:2018 [B-M-J] 200J-HRO-A, en un calzado, significa que protege frente a acetona (B), ácido nítrico (65±3)% (M) y n-Heptano (J) según la norma EN 13832-3, que tiene un tope que ha sido ensayado frente a una resistencia al impacto en la zona de los dedos de 200 J, que tiene una suela resistente al calor por contacto (HRO) y que el calzado tiene propiedades antiestáticas (A).

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 INSST.

PROTECCIÓN OCULAR Y FACIAL

La propiedad que define el tipo de 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 cuál es el campo de uso del protector, es decir, la protección que ofrece frente a un riesgo determinado. Se debe 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 8.

En consecuencia, los protectores adecuados para su uso frente a agentes químicos son aquellos que lleven en el apartado del marcado 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 protec-

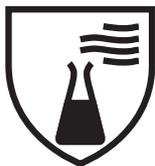
	+		+	Productos químicos frente a los que protege (según el código de letras que se establece en la norma)	+	Protección de los dedos (100J o 200J)	+	Otros marcados adicionales
Instrucciones de uso		Pictograma opcional/ obligatorio		El código de letras entre corchetes				

Figura 5. Marcado del calzado protector frente 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 8. Símbolo, campo de uso y tipo de montura de las gafas de protección contra agentes químicos.

ción 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, se pueden consultar las fichas de selección y uso para protección ocular disponibles a través de la sección de EPI de la página web del INSST.

ADQUISICIÓN DEL EQUIPO

Como ya se ha indicado, el equipo seleccionado debe cumplir la legislación de seguridad del producto que le es de aplicación (Reglamento (UE) 2016/425), 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 de la persona trabajadora 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^a Utilizar el equipo para los usos previstos, siguiendo las instrucciones del fabricante.

- 2^a Colocarse y ajustarse adecuadamente el equipo conforme a las instrucciones del fabricante y a la formación e información recibida a este respecto.
- 3^a Utilizarlo mientras se esté expuesto al riesgo y tener presentes las limitaciones del equipo indicadas en el "folleto informativo del fabricante".
- 4^a Mantenerlos y almacenarlos en las condiciones indicadas por el fabricante.
- 5^a Dar la formación e información adecuada y suficiente a los trabajadores y trabajadoras 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:

- 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 indicadas 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

calificada 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.
- 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 crema protectora en caso necesario.
- 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 térmicas 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.
- 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.

FORMACIÓN

De acuerdo con el Real Decreto 773/1997, sobre utilización de equipos de protección individual, se deberá garantizar la formación de las personas trabajadoras en el uso correcto de los equipos. Esta formación debería ser, en la medida de lo posible, teórica y práctica.

Se puede consultar más información relacionada con la formación en la Guía Técnica para la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual del INSST.

APÉNDICE 10. 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 las que la contribución de esta vía llega a ser incluso mayor que la vía inhalatoria. 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, adaptándose posteriormente a otros contaminantes químicos presentes en el mundo laboral que tienen la propiedad de penetración percutánea y cuya descripción se detalla en este apéndice.

La piel, como una de las vías de entrada de agentes químicos al organismo, 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 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 indicaciones de peligro H310, H311 y H312 (mortal, tóxico y nocivo 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. Incluso no puede descartarse que una sustancia no provoque ningún efecto agudo sistémico por vía dérmica, a pesar de no estar clasificado por esta vía, cuando sí está clasificada por su toxicidad aguda por vía inhalatoria o digestiva. Las principales razones para ello son:

- La sustancia, aunque ha sido ensayada para determinar su clasificación como tóxico agudo por vía

dérmica cumpliendo con los requisitos del Reglamento REACH, debe tenerse en cuenta que no puede ser ensayada a dosis que se conoce que producen dolor o angustia al animal ensayado por su carácter irritante. Por lo que en el supuesto de que a dosis inferiores no se requiriese su clasificación en toxicidad aguda por vía dérmica, no podría descartarse tal efecto a la dosis empleada para determinar su toxicidad local por esta vía cuando además se conoce que la sustancia produce efectos sistémicos agudos por otras vías de exposición.

- La sustancia no se ha ensayado por vía dérmica al no ser un requisito exigido en el Reglamento REACH para cantidades de sustancias fabricadas o importadas entre 1-10 toneladas. Para cantidades entre 10-100 toneladas, este Reglamento no exige la realización de ensayos para la determinación de la toxicidad aguda por vía dérmica, cuando se considera más adecuado realizar como segunda vía de exposición (aparte de la vía oral) el ensayo por vía de inhalación.

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 INSST “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 para determinar la exposición dérmica con un valor de referencia) casi nunca es posible, ya que no existen valores límite 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.

MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN DÉRMICA

La determinación de la exposición dérmica laboral puede hacerse bien mediante métodos de medida directa, cuyo objetivo es determinar la cantidad de agente químico en la muestra a analizar, o indirecta mediante la medición de un indicador específico en muestras biológicas tomadas al trabajador o trabajadora (véase apéndice 11). Una descripción detallada de los métodos de medida directa se encuentra en la NTP 895.

También puede llevarse a cabo una estimación de la exposición dérmica mediante el uso de una serie de modelos de cálculo desarrollados para evaluar el riesgo de las sustancias con vistas a su comercialización, sin necesidad de efectuar mediciones. Éstos últimos normalmente se basan en mediciones reales de exposición dérmica utilizando los métodos de medida directa, referidos anteriormente. El fundamento de estos modelos de cálculo, en líneas generales, es ajustar esos valores iniciales de exposición a las condiciones particulares en las que se está llevando a cabo la evaluación.

También existen métodos cuyo objetivo es evaluar el riesgo por exposición dérmica (es decir, métodos que tienen en cuenta tanto la toxicidad o peligro intrínseco del agente químico como el grado de exposición al mismo) sin la necesidad de realizar mediciones. Son los actualmente denominados métodos cualitativos, que permiten estimar el riesgo mediante el establecimiento de categorías de la peligrosidad de las sustancias para la piel y categorías de exposición de los trabajadores.

Una mayor información acerca de estos métodos de evaluación cualitativa y sobre los modelos de estimación de la exposición se encuentra en la NTP 896, NTP 897 y en el documento Herramientas para la Gestión del Riesgo Químico.

Para uno de estos métodos de evaluación cualitativa, el INSST ha desarrollado una herramienta informática con objeto de facilitar la evaluación y gestión del riesgo por exposición dérmica laboral a sustancias químicas. Esta herramienta, basada en la Guía para la Evaluación y Gestión del Riesgo por Exposición Dérmica Laboral a Sustancias Químicas elaborada en el proyecto euro-

peo Risk Assessment for Occupational Dermal Exposure to Chemicals (RISKOFDERM), está disponible en la página web del INSST (Riesgo por exposición dérmica).

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 por vía inhalatoria.

En la mencionada NTP 895 se ofrecen algunas orientaciones al usuario sobre las estrategias a seguir para el muestreo de la exposición dérmica. Desde la publicación de esta NTP, cabe destacar la publicación de los resultados obtenidos en un proyecto desarrollado en 2019 por el TNO (Netherlands Organisation for applied scientific research) y el BPI (Benaki Phytopathological Institute) denominado "Systematic analysis of dermal exposure to hazardous chemical agents at the workplace (SysDEA)" que aporta nuevos conocimientos que ayudan al establecimiento de estrategias para el muestreo de la exposición dérmica.

El principal objetivo de este estudio fue generar conocimiento científico para mejorar y estandarizar los métodos de medición de la exposición dérmica a sustancias químicas en los lugares de trabajo. Para ello, se llevaron a cabo 320 experimentos para medir la exposición dérmica a varias sustancias (sólidas y líquidas) durante la ejecución de las siguientes tareas: transferencia de sólidos, vertido de líquidos, dispersión con rodillo, pulverización con pistola, manipulación de objetos sumergidos en líquidos y manipulación de objetos contaminados con partículas pulverulentas.

Con vistas a comparar los resultados de unas técnicas de medición con otras, se emplearon los siguientes métodos en función de la parte del cuerpo a muestrear:

- Exposición dérmica del cuerpo: se compararon los resultados obtenidos con el método del cuerpo entero (a través de monos de mangas y perneras largas) y con el método de los parches.
- Exposición de las manos: se compararon los resultados obtenidos tras la medición con el método de los guantes absorbentes y con el método del lavado de manos.
- Exposición de la cabeza: se emplearon el método de las bandas para la cabeza y el método de retirada del contaminante con toallita húmeda.

APÉNDICE 11. CONTROL BIOLÓGICO DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS

INTRODUCCIÓN

El control biológico constituye una herramienta útil para evaluar la exposición laboral a agentes químicos y, en ciertos casos, el riesgo potencial para la salud de los trabajadores y trabajadoras expuestos.

Puede definirse como la "evaluación de la exposición total a sustancias químicas presentes en el entorno de trabajo, a partir de un indicador en muestras biológicas tomadas al trabajador en un momento determinado" (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH). Por tanto, es un seguimiento de la exposición por todas las vías de entrada al organismo a través de la detección de ciertos indicadores en uno o varios medios biológicos de los trabajadores expuestos (aire exhalado, orina, sangre u otros).

El control biológico se plantea sobre una base individual para conocer la dosis absorbida. Sin embargo, el tratamiento conjunto de los resultados individuales de las personas trabajadoras expuestas 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 frente a una situación de riesgo.

El control biológico debe considerarse complementario del control ambiental y debe ponerse en práctica solo cuando nos permita realizar una valoración más completa y realista de la exposición que la obtenida mediante el uso exclusivo del control ambiental. Entre estas ventajas adicionales se encuentran las siguientes:

- Detectar una posible absorción por la vía dérmica y/o gastrointestinal, especialmente para sustancias poco volátiles y fácilmente absorbibles por la piel (como, por ejemplo, los plaguicidas y las aminas aromáticas).
- Detectar una posible exposición extralaboral.
- Detectar exposición a contaminantes en exteriores o en interiores con un régimen muy fluctuante en las concentraciones, donde la evaluación ambiental encontraría dificultades para obtener muestras representativas.
- Comprobar la eficacia de los equipos de protección respiratoria y otros equipos de protección individual.

El control biológico trata de estimar lo que se ha dado en llamar "dosis interna o carga corporal de un contaminante" (cantidad de sustancia que alcanza el organismo a través de todas las vías de entrada posibles),

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 dosis debida a la absorción durante el día precedente; o bien aquella que es reflejo de la exposición durante los últimos meses, útil para contaminantes con tendencias acumulativas, como el caso de algunos metales.

Esta "dosis interna" puede reflejar también 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 la sangre para transportar oxígeno a las células. No siempre es posible medir esta "dosis efectiva"; de hecho, el caso del monóxido de carbono es excepcional, debido a la dificultad para acceder a esos órganos diana de forma rutinaria.

LOS INDICADORES BIOLÓGICOS Y SUS FACTORES DETERMINANTES

Los indicadores biológicos son parámetros disponibles en un medio biológico de la persona trabajadora, que se miden en un momento determinado y que están asociados, directa o indirectamente, con la exposición global a un agente químico. Puede ser el propio contaminante, sus metabolitos, o el efecto causado por el contaminante o sus metabolitos en el organismo (cambios bioquímicos o funcionales).

La elección de un indicador biológico apropiado requiere conocer el comportamiento toxicocinético del contaminante 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 biológico 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 (que dé pocos falsos negativos) y selectivo (que dé pocos falsos positivos).
- Que la muestra biológica pueda ser obtenida y conservada sin dificultades.

- Que se disponga de una metodología fiable para las determinaciones analíticas a realizar sobre la muestra biológica.

Los indicadores biológicos pueden ser clasificados como indicadores de dosis e indicadores de efecto.

Indicadores biológicos de dosis

Son parámetros que miden la concentración de un contaminante o de un metabolito del mismo en algún medio biológico, y que en buena medida son representativos de la dosis absorbida. Hay diferentes tipos:

- 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. Por ejemplo, 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 (por ejemplo, carboxihemoglobina en sangre como índice de la exposición a monóxido de carbono).
- Indicadores de acumulación: reflejan la cantidad de sustancia acumulada en un compartimento biológico (por ejemplo, en el tejido graso); son 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 biológicos 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. Se pueden distinguir dos tipos de indicadores biológicos:

- 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; por ejemplo, la inhibición de la acetilcolinesterasa en eritrocito se 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; por ejemplo, la disminución de la conducción nerviosa en el nervio periférico radial de la muñeca debido a la exposición a plomo.

Para comprender el significado y las limitaciones que presenta el control biológico hay que tener en cuenta la influencia en los indicadores biológicos de dos factores determinantes en la interpretación de los resultados: la variabilidad biológica, debida a las características individuales de cada persona, y el momento en el que debe ser tomada la muestra.

Variabilidad biológica

La variabilidad biológica, o respuesta individual, es capaz de provocar que, ante una misma exposición ambiental, los individuos expuestos puedan presentar valores distintos en sus resultados de control biológico debido a las características diferentes que presentan a nivel anatómico y funcional, y también en lo que respecta a sus hábitos de vida y conducta.

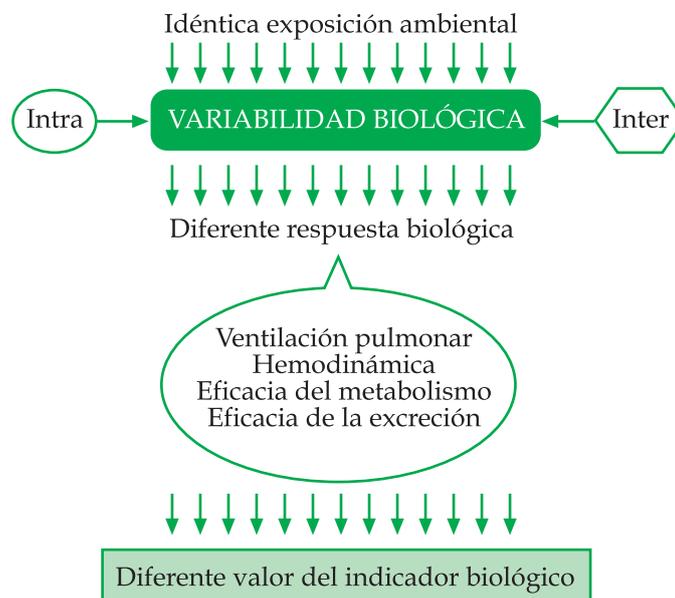


Figura 1. Variabilidad biológica.

Todos los factores que puedan afectar a la entrada, absorción y distribución del contaminante por el organismo, así como a su eliminación del mismo, influyen en el resultado de un indicador biológico. Así, factores personales como el caudal respiratorio, las características hemodinámicas y la eficacia de los mecanismos de metabolización y excreción producirían variaciones en el resultado obtenido para 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, al establecer su relación con los resultados obtenidos en el control ambiental.

Momento de toma de la muestra

La distribución 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 la toma de muestra habrá que considerar un parámetro denominado "vida media biológica", que es el tiempo que tarda un contaminante presente en el organismo en reducir su presencia inicial (cantidad o concentración) a la mitad. Se deben adoptar precauciones 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.

El tiempo en el que hay que realizar el muestreo se establece de acuerdo con las diferencias entre las velocidades de absorción y eliminación de los compuestos químicos y sus metabolitos, o de acuerdo con la persistencia de los cambios bioquímicos inducidos.

En función del indicador biológico, el medio elegido y el momento adecuado para la toma de muestra, la evaluación indica alguna de las situaciones siguientes: la intensidad de una exposición reciente, la exposición media diaria o una exposición crónica acumulativa.

En la tabla 1 se categorizan los contaminantes en función de su vida media biológica, especificando si se acumulan o no y cuán crítico puede resultar el mo-

mento 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.

MEDIOS BIOLÓGICOS

Son los materiales biológicos (fluidos y tejidos) en los cuales se realizan las determinaciones de los parámetros escogidos como indicadores biológicos. Aunque se han estudiado indicadores en medios como saliva o cabello, actualmente solo tienen aplicación práctica las determinaciones de los indicadores en sangre, orina y aire exhalado.

La sangre

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 las sustancias transportadas por la sangre con los diferentes órganos.

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 y escasas probabilidades de contaminación. Como desventajas, que la extracción de sangre para obtener la muestra constituye una técnica invasiva y la facilidad con que puede deteriorarse la muestra.

Toma de muestra

La toma de muestra sanguínea para la determinación de los indicadores biológicos para la práctica del control biológico de la exposición a agentes químicos cons-

Vida media	Acumulación	Momento del muestreo	Cuándo
< 5 horas	No	Muy crítico	Antes de la jornada laboral (16 h 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).

Tabla 1. Momento de la toma de muestra.

tituye el principal inconveniente de este medio biológico puesto que, como ya se ha indicado, además de constituir una técnica invasiva, las muestras se pueden deteriorar fácilmente si no se toman las debidas precauciones. En concreto, hay dos aspectos que se deben tener en cuenta puesto que su manifestación inutiliza el uso de las muestras:

1º La hemólisis de la sangre. Es la descomposición de los glóbulos rojos. Se rompe la membrana y la fuga de la hemoglobina al plasma produce 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 se debe evitar la agitación y los cambios de temperatura durante el transporte.

Las muestras de sangre total congeladas hemolizan siempre. Para evitar esto, se centrifugan y se guarda por separado el plasma y el centrifugado.

2º La coagulación sanguínea. La coagulación sanguínea es el proceso por el que la sangre líquida pasa a convertirse en coágulos de sangre semisólida. En el proceso intervienen proteínas (fibrina) y compuestos celulares (plaquetas), que juntos forman una malla estable en donde las células sanguíneas quedan atrapadas originándose un coágulo. La coagulación se inicia de forma inmediata tras la extracción de la sangre, e inutiliza las muestras para sus posteriores fines analíticos. Para evitar la coagulación se utilizan anticoagulantes durante la toma de muestra. Los más utilizados son la heparina, el EDTA y el citrato trisódico. El anticoagulante debe seleccionarse en función del indicador biológico y procedimiento analítico. Así, la heparina es el comúnmente empleado en la determinación de metales, mientras que el EDTA se utiliza para la determinación de mercurio.

La orina

La orina es un fluido excretado por los riñones, almacenado en la vejiga y eliminado a través de la uretra que, básicamente, está 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 para la práctica del control biológico se encuentran que la obtención de la orina no constituye una técnica invasiva y la posibilidad de disponer de cualquier cantidad de muestra, mientras que su principal desventaja es la variabilidad de la concentración de los contaminantes o metabolitos en 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, 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.

La orina es un medio adecuado para el seguimiento biológico de compuestos hidrófilos, metales y disolventes polares sin metabolizar. Resulta especialmente útil para aquellos indicadores con una vida media biológica relativamente corta, de entre 4 y 8 horas.

Toma de muestra

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 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 agente químico o metabolito.

La medida cuantitativa de la exposición a partir de muestras puntuales puede verse afectada por la variabilidad de la 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 medida en la misma muestra, expresándose los resultados en peso del indicador por unidad de peso de creatinina.

$$C_{\text{corregida}} (\text{mg/g creatinina}) = \frac{C_{\text{(mg/l orina)}}}{C_{\text{creatinina (g/l orina)}}$$

Las muestras de orina muy diluidas (creatinina < 0,5 g/l) y las muy concentradas (creatinina > 3,0 g/l) se deben rechazar, debiéndose repetir en estos casos la toma de muestra.

Cuando no sea aconsejable la corrección mediante la creatinina, 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 or-

gánicos volátiles, ya que pueden correlacionarse adecuadamente con la concentración de los contaminantes tanto en la sangre como en el ambiente del lugar de trabajo. 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 debe tener en cuenta 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.

Toma de muestra

La captación de una muestra representativa de aire exhalado, que sirva para los propósitos del control biológico, presenta dificultades tanto debido a la complejidad del mecanismo de eliminación como a la falta, por el momento, de un sistema normalizado de toma de muestras.

El espacio anatómico de los conductos respiratorios (boca, nariz, faringe, tráquea y bronquios) es de unos 150 ml. Debido a este espacio "muerto", la concentración de las sustancias volátiles en el aire exhalado varía durante la expiración.

El aire alveolar, donde la concentración del tóxico es representativa de la exposición, se mezcla con el aire que ocupa el volumen muerto (aire normal), de forma que en el aire espirado la concentración del contaminante es menor que en los alvéolos.

Se debe distinguir, por consiguiente, 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. La utilización del aire alveolar ofrece mayores ventajas para ser utilizado como medio biológico.

El perfil de la concentración de un disolvente en una exhalación simple (véase figura 2) permite distinguir tres fases:

- Fase I: es el inicio de la expiración, no se registra presencia de disolvente o solamente trazas del mismo.
- Fase II: la expiración continúa, se da un incremento rápido en la concentración de disolvente hasta que se alcanza el punto de estabilización (meseta).
- Fase III: la expiración está próxima a concluir y la concentración se estabiliza (meseta), a pesar que 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.

Perfil de la concentración del contaminante¹⁹

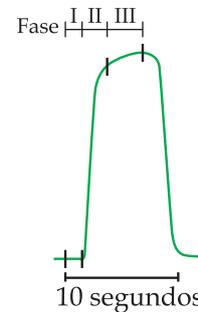


Figura 2. Concentración de un disolvente en una exhalación.

La captación de unos 200 ml de aire exhalado correspondiente a esta última parte de la exhalación, fase III, proporcionaría una muestra válida de aire alveolar suficiente para la determinación del contaminante. Por esta razón, se deben diseñar sistemas que permitan garantizar este tipo de captación.

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 (Fase III).

En los últimos tiempos ha decaído la utilización de este medio biológico debido a la dificultad comentada, a la retirada progresiva de los valores límite biológicos establecidos o a la pérdida del valor cuantitativo que se les asignaba en el pasado.

VALORES LÍMITE BIOLÓGICOS

Son valores de referencia para los indicadores biológicos asociados a la exposición global a los agentes químicos; están 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 valores límite biológicos (VLB) a períodos de tiempo distintos al de referencia debe 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 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.

¹⁹ Fases I + II: aire exhalado mezclado (aire alveolar + aire del volumen muerto).

Fase III: aire alveolar (refleja la concentración en los alvéolos).

cos 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.

El INSST publica y actualiza anualmente un listado de valores límite biológicos (VLB®) y, en general, representan los valores más probables de los indicadores biológicos en personas trabajadoras sanas sometidas a una exposición global a agentes químicos equivalente, en términos de dosis absorbida, a una exposición exclusivamente por inhalación del orden del VLA-ED.

Existen otras instituciones internacionales que publican valores límite biológicos. Entre ellas conviene mencionar la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), que propone los valores BEI (Biological Exposure Indices) y la DFG (Deutsche Forschung Gemeinschaft), que propone los valores BAT (Biologischer Arbeitsstoff-Toleranzwert).

La utilización de los VLB no es adecuada para definir una exposición taxativamente como de riesgo, pues no tienen un valor directo para la medida de efectos adversos para la salud o para diagnosticar enfermedades profesionales.

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 se saben hallar o interpretar las causas de las discrepancias.

Una de las causas es que las condiciones de trabajo varían a lo largo de una misma jornada y entre días distintos (aunque se realicen las mismas operaciones), lo que provoca que los resultados de las mediciones de las concentraciones de un contaminante en un puesto de trabajo a lo largo del tiempo fluctúen (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 biológica del contaminante. Esta circunstancia pone de manifiesto la necesidad de prestar atención al momento de la toma de muestra biológica, que debe ser el expresamente recomendado para cada contaminante.

Otra causa es la variabilidad biológica y la diversidad de hábitos y conductas, que constituyen factores que pueden producir resultados biológicos discrepantes

entre individuos con exposición ambiental aparentemente idéntica.

Se debe prestar una especial atención 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 cardíaco, 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 subestimado 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 del control 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 las personas trabajadoras expuestas 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 biológico representa una ventaja, al permitir obtener una estimación de la exposición glo-

bal a varios contaminantes presentes simultáneamente y que tienen el mismo indicador biológico. Es el caso de la concentración del ácido tricloroacético en orina, que es el indicador biológico de agentes químicos como el tricloroetileno, tetracloroetileno y 1,1,1 tricloroetano; o el caso de la concentración de metahemoglobina en sangre, que es el indicador biológico de los agentes inductores de la metahemoglobina (nitrobeneno, anilinas, óxidos de nitrógeno, etc.).

Los resultados del control biológico corresponden a datos de la evaluación de la exposición de los trabajadores y trabajadoras a los agentes químicos presentes en su lugar de trabajo, de la misma forma que los datos de control ambiental. No son datos sobre la salud de los trabajadores y, por lo tanto, no están afectados por la confidencialidad.

BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía referenciada en este apéndice se puede encontrar en el apartado IV "Fuentes de información" de la Guía técnica. No obstante, a continuación se incluye un listado de referencias documentales adicionales cuya consulta puede ser de interés en relación con el contenido del apéndice.

- 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.

APÉNDICE 12. LOS REGLAMENTOS REACH Y CLP Y SU RELACIÓN CON LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

INTRODUCCIÓN

El Reglamento (CE) n.º 1907/2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (Reglamento REACH), y el Reglamento (CE) n.º 1272/2008, sobre la clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (Reglamento CLP), inciden de forma importante 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, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

En este apéndice se aporta información sobre aquellos aspectos de esta normativa que tienen una mayor relación con la prevención de riesgos laborales, como son: la mejora de la información a través de la cadena de suministro mediante las fichas de datos de seguridad, el establecimiento de escenarios de exposición, la caracterización de riesgos mediante los valores DNEL (niveles sin efecto derivado), el fomento de la sustitución y la restricción de uso de determinadas sustancias debido a su peligrosidad para la salud y el medio ambiente, así como la clasificación y etiquetado de sustancias y mezclas peligrosas.

REGLAMENTO REACH

El Reglamento REACH nació con el objetivo de racionalizar y mejorar el marco legislativo anterior sobre sustancias y mezclas químicas de la Unión Europea (UE). Pretende paliar la falta de información existente sobre los riesgos para la salud humana y el medio ambiente de un gran número de sustancias fabricadas o importadas en la UE, así como garantizar la transmisión de información sobre el uso o usos seguros de las mismas.

Las principales ventajas que ha supuesto el Reglamento REACH son:

- Los fabricantes, importadores y usuarios intermedios solo pueden fabricar, comercializar o usar sustancias que garanticen un elevado nivel de protección de la salud humana y del medio ambiente. En este sentido, se crea un registro único en el que se relacionan todas estas sustancias y, para cada una de ellas, los peligros asociados a cada uno de sus posibles usos. Deben registrarse ante la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA) (véase NTP 871):
 - Sustancias, como tales o contenidas en una mezcla, comercializadas en cantidades $\geq 1t/año$.
 - Sustancias contenidas en un artículo si están presentes en cantidad $> 1t/año$ y destinadas a liberarse en condiciones de uso normales o razonablemente previsibles.
- Las sustancias más peligrosas son objeto de restricción, y en algunos casos podrán 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 a lo largo de 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.

REGLAMENTO CLP

El Reglamento CLP incorpora a la UE el Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA, GHS en sus siglas en inglés). El SGA es una regulación aprobada a nivel mundial, propiciada por la ONU, y su propósito es armonizar la clasificación e identificación de los productos químicos, de manera que se facilite y mejore la información que llega al usuario sobre los peligros para la salud y el medio ambiente derivados del uso de los mismos (véase NTP 878).

El Reglamento CLP no aplica a las sustancias y mezclas en los siguientes productos terminados, destinados al usuario final:

- medicamentos (de 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 aplica a:

- sustancias y mezclas radiactivas;
- sustancias y mezclas sometidas a supervisión aduanera;
- sustancias intermedias no aisladas;

- sustancias y mezclas destinadas a la investigación y desarrollo científico no comercializadas;
- residuos;
- el transporte de mercancías peligrosas, excepto cuando se trate de envases interiores o intermedios.

CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO

Los fabricantes, importadores y usuarios intermedios deben clasificar y etiquetar las sustancias y mezclas peligrosas para garantizar un elevado nivel de protección, permitiendo identificar los peligros asociados a las mismas y, en consecuencia, tomar las debidas precauciones. Es lo que se denomina “*autoclasi-ficación*”.

En relación con las sustancias más preocupantes (las que son cancerígenas, mutágenas, tóxicas para la reproducción (CMR) y sensibilizantes respiratorios), la clasificación y el etiquetado deben armonizarse en toda la UE. Es lo que se denomina “*clasificación y etiquetados armonizados*” (CLH, en sus siglas en inglés).

A este respecto, se establece:

- una lista de sustancias con clasificación armonizada en la tabla 3 del Anexo VI del Reglamento CLP, así como
- un “Catálogo de Clasificación y Etiquetado”, que puede consultarse en la página web de la ECHA. En este catálogo se relacionan todas las sustancias notificadas por fabricantes, importadores y usuarios intermedios, incluyendo la propuesta de clasificación y etiquetado para las mismas realizada por ellos (autoclasi-ficación), además de la clasificación armonizada en caso de tenerla.

Clasificación

En virtud del Reglamento CLP, toda sustancia peligrosa que no tenga clasificación armonizada y las mezclas (que no están sujetas a clasificación y etiquetado armonizados) deben autoclasificarse antes de su comercialización.

La clasificación de sustancias y mezclas peligrosas se encuentra regulada en el Título II del Reglamento CLP, y en su anexo I se establecen los criterios para llevarla a cabo, los cuales están basados en la información y datos disponibles sobre las sustancias y mezclas.

Para llevar a cabo esta clasificación (tanto autoclasificación como clasificación armonizada), el Reglamento CLP establece diversas clases y categorías de peligro, para los peligros físicos, para los peligros para la salud y para los peligros para el medioambiente (véase tabla 1 y NTP 878, NTP 880 y NTP 881).

Las sustancias y mezclas peligrosas pueden ser clasificadas en una, o en varias, de las clases y categorías de peligro comentadas.

La clasificación de las mezclas puede resultar complicada, especialmente cuando se trata de mezclas complejas, ya que puede ser muy difícil tener todos los datos relativos a las mismas, y más aún cuando se formulan en base a materias primas comerciales.

Para clasificar una mezcla:

- si se dispone de información sobre la misma, se llevará a cabo aplicando los criterios de clasificación del anexo I al igual que para las sustancias;
- si no se dispone de información sobre la misma:
 - su clasificación respecto a los peligros físicos se obtendrá a partir de los resultados de los ensayos realizados sobre ella, aplicando los criterios de clasificación establecidos en la parte 2 del anexo I del Reglamento CLP, y
 - su clasificación respecto a los peligros para la salud humana y para el medioambiente podrá realizarse aplicando otros procedimientos de clasificación de mezclas, como: la aplicación de principios de extrapolación (Reglamento CLP, art. 9.4) a la información y datos de ensayo existentes de otras mezclas similares ya analizadas y de las distintas sustancias peligrosas utilizadas como ingredientes en la mezcla, o la aplicación de cálculos de adición a partir de los datos de las sustancias peligrosas incluidas en la mezcla y la clasificación dada a las mismas por el proveedor.

Los criterios para aplicar estos procedimientos se describen para cada clase de peligro individual en las partes 3 y 4 del anexo I del Reglamento CLP.

Para una mayor información sobre la clasificación de las mezclas se pueden consultar la NTP 973 y la NTP 974.

Etiquetado

El etiquetado de sustancias y mezclas peligrosas debe cumplir una serie de requisitos que se encuentran regulados principalmente en el título III, capítulo 2 del Reglamento CLP, así como en sus anexos I y II.

Deberán etiquetarse:

- sustancias o mezclas que estén clasificadas como peligrosas (Reglamento CLP, art. 17) y
- mezclas que, aunque en sí mismas no estén clasificadas como peligrosas, sí contengan una sustancia clasificada como peligrosa (Reglamento CLP, art. 25.6.). En este caso, la etiqueta deberá incluir

Peligros físicos		Peligros para la salud		Peligros para el medioambiente	
Clases	Categorías	Clases	Categorías	Clases	Categorías
Explosivos		Toxicidad aguda	4	Peligroso para el medioambiente acuático	5
Inflamables	Gases	Corrosión/irritación cutánea	2	Peligroso para la capa de ozono	1
	Líquidos	Lesiones oculares graves / irritación ocular	2		
	Sólidos	Sensibilización respiratoria y cutánea	2		
	Aerosoles	Mutagenicidad	2		
Comburentes	Gases	Carcinogenicidad	2		
	Líquidos	Toxicidad para la reproducción y lactancia	3		
	Sólidos	Toxicidad específica - exposición única	3		
Gases a presión		Toxicidad específica - exposiciones repetidas	2		
Reacción espontánea		Peligro por aspiración	1		
Pirofóricos	Líquidos				
	Sólidos				
Calentamiento espontáneo					
Con agua desprenden gases inflamables					
Peróxidos orgánicos					
Corrosivos para metales					
Explosivos insensibilizados					

Tabla 1. Clases y categorías de peligro (Reglamento (CE) n.º 1272/2008, sobre la clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (Reglamento CLP)).

cierta información y elementos suplementarios (anexo II, parte 2, y anexo III, parte 3, del Reglamento CLP).

En general, las sustancias y mezclas comercializadas se suministran con la información necesaria plasmada en la etiqueta, la cual irá fijada al envase que las contiene de inmediato, y estará escrita en la lengua oficial del Estado miembro donde se comercialice dicha sustancia o mezcla.

El contenido obligatorio de la etiqueta es el siguiente:

- Nombre, dirección y número de teléfono del proveedor o proveedores.
- 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.
- Identificadores del producto (Reglamento CLP, art. 18):
 - a) En el caso de una sustancia, son:
 - la denominación y el número de identificación que constan para ella en la parte 3 del anexo VI de Reglamento CLP o, si no figura aquí,
 - la denominación y el número de identificación que constan para ella en el catálogo de clasificación y etiquetado y, si tampoco figura aquí,
 - su número CAS y su denominación IUPAC.
 - b) En el caso de una mezcla, el nombre comercial y la identidad de todas las sustancias que contribuyen a su clasificación como peligrosa para la salud.

- Y, cuando proceda:
 - Pictogramas de peligro (Reglamento CLP, art. 19) (véase tabla 2).
 - Palabras de advertencia (“peligro” o “atención”) (Reglamento CLP, art. 20).
 - Indicaciones de peligro (H) (Reglamento CLP, art. 21).
 - Consejos de prudencia (P) (Reglamento CLP, art. 22).
 - Información suplementaria cuando proceda y siempre que no contradiga la validez de la información especificada en la etiqueta (Reglamento CLP, art. 25).

En la etiqueta o en el envase de una sustancia o mezcla peligrosa 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.

Para más información sobre el etiquetado, se recomienda consultar la NTP 973, la NTP 878 y el documento “Orientación sobre etiquetado y envasado de conformidad con el Reglamento (CE) n.º 1272/2008”.

FICHAS DE DATOS DE SEGURIDAD

La ficha de datos de seguridad (FDS) es un documento que proporciona información sobre la peligrosidad y la manipulación segura de sustancias y mezclas a los usuarios (empresarios y empresarias o personas trabajadoras), debiendo ser facilitada por el proveedor al usuario en un idioma oficial del Estado en donde se comercialice la sustancia o la mezcla, con el primer suministro.

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 la FDS y proporcionársela nuevamente al usuario, cuando se modifique el contenido de la misma, y en los casos descritos en el artículo 31.9 del Reglamento REACH (véase el documento “Orientación sobre la elaboración de las fichas de datos de seguridad”).

El proveedor de una sustancia o mezcla debe facilitar una FDS siempre que dicha sustancia o mezcla:

- reúna los criterios para ser clasificada como peligrosa con arreglo al Reglamento CLP; o
- sea clasificada como persistente, bioacumulable y tóxica (PBT), o como muy persistente y muy bioacumulable (mPmB), con arreglo a los criterios establecidos en el anexo XIII del Reglamento REACH; o

Pictograma	Referencia/descripción
	GHS01 Explosivo (Bomba explotando)
	GHS02 Inflamable (Llama)
	GHS03 Comburente (Llama sobre un círculo)
	GHS04 Gas a presión (Bombona de gas)
	GHS05 Corrosivo (Corrosión)
	GHS06 Toxicidad aguda (Calavera y tibias cruzadas)
	GHS07 Peligro para la salud (Signo de exclamación)
	GHS08 Peligro grave para la salud (Peligro para la salud)
	GHS09 Peligro para el medio ambiente (Medio ambiente)

Tabla 2. Pictogramas de peligro (Reglamento (CE) n.º 1272/2008, sobre la clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (Reglamento CLP).

- aparezca en la lista de sustancias que podrían ser incluidas en el anexo XIV "Lista de sustancias sujetas a autorización" (Reglamento REACH, art. 59.1).

El proveedor facilitará al destinatario, a petición de este, una FDS en el caso de mezclas que no reúnan los requisitos para ser clasificadas como peligrosas por el Reglamento CLP pero contengan:

- al menos una sustancia peligrosa para la salud o para el medioambiente en una concentración ≥ 1 % en peso para mezclas no gaseosas, y $\geq 0,2$ % en volumen para mezclas gaseosas; o
- al menos una sustancia en una concentración $\geq 0,1$ % en peso, para mezclas no gaseosas, clasificada como carcinógena de categoría 2, o tóxica para la reproducción de categoría 1A, 1B y 2, o sensibilizante cutáneo o respiratorio de categoría 1, o con efectos adversos sobre la lactancia o a través de ella, o es persistente, bioacumulable y tóxica (PBT) o muy persistente y muy bioacumulable (mPmB), o se ha incluido en la lista de sustancias que podrían ser incluidas en el Anexo XIV; o
- una sustancia para la que existan límites de exposición profesional comunitarios.

En el caso de artículos que contengan una sustancia peligrosa que esté en la lista de sustancias candidatas que podrían ser incluidas en el anexo XIV "Lista de sustancias sujetas a autorización" de acuerdo con el artículo 59.1 del Reglamento REACH, en una concentración $\geq 0,1$ % en peso/peso, 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 las personas trabajadoras, y a sus representantes, acceso a la información contenida en la FDS de las sustancias o mezclas que usan o a las que puedan verse expuestas en el transcurso del trabajo.

La información contenida en las FDS se distribuye en 16 epígrafes normalizados:

1. Identificación de la sustancia o 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 liberación accidental.
7. Manipulación y almacenamiento.
8. Control de exposición/protección individual.

9. Propiedades físicas y químicas.
10. Estabilidad y reactividad.
11. Información toxicológica.
12. Información ecológica.
13. Consideraciones sobre eliminación.
14. Información sobre el transporte.
15. Información reglamentaria.
16. Otra información.

Además, cuando proceda, la FDS incluirá los escenarios de exposición que correspondan (más información al respecto en el apartado "Escenarios de exposición").

ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN

El Reglamento REACH introduce el concepto de "Escenario de exposición" (EE), entendido como el conjunto de condiciones, incluidas las condiciones operativas y las medidas de gestión de riesgos, que describen el modo en que la sustancia se fabrica o se utiliza durante su ciclo de vida, así como el modo en que el fabricante o importador controla, o recomienda a los usuarios intermedios que controlen la exposición de la población y del medioambiente.

Los EE se adjuntan a la FDS convirtiéndola en lo que se denomina una "FDS ampliada":

- Sustancias: los EE se adjuntan en forma de anexo.
- Mezclas: el formulador tiene obligación de comunicar en la FDS de la mezcla la información pertinente derivada de los EE de las sustancias que la integran. Puede hacerlo de tres formas:
 - En un anexo de la FDS, incluir información sobre el uso seguro de la mezcla.
 - En el cuerpo de la FDS (normalmente en las secciones 7 y 8), incluir información sobre el uso seguro de la mezcla.
 - En un anexo de la FDS, incluir los EE de los ingredientes relevantes de la mezcla.

Los EE deberán adjuntarse siempre que se realice una valoración de la seguridad química (VSQ) y se cumpliera el consecuente informe sobre la seguridad química (ISQ), que será en todos aquellos casos en que la sustancia supeditada a registro sea fabricada o importada en cantidades ≥ 10 toneladas anuales por solicitante de registro.

La responsabilidad de incluir los EE en la FDS es del fabricante o importador o bien del usuario intermedio cuando vaya a dar a la sustancia un uso distinto de los

usos contemplados por el proveedor de la misma en la FDS, debiendo considerar en tal caso las obligaciones que le corresponden en estas circunstancias, y viéndose obligado a interrumpir el uso de la sustancia de no hacerlo (véase el documento “Orientación para usuarios intermedios”).

Para determinar un EE 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, la 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 EE en función de los diferentes usos previstos para la misma. Si no pudiese describir medidas específicas y realistas para el control de los riesgos derivados de un determinado uso, no podrá incluir dicho uso en su EE.

Un EE puede, según proceda, referirse a un proceso o uso específico, o bien abarcar varios procesos o usos. En este último caso, el EE estará compuesto de diferentes “escenarios de exposición contributivos”, cada uno de los cuales describirá un uso concreto de la sustancia dentro del mismo EE (por ejemplo: siendo el EE la exposición durante la fabricación de la sustancia, un EE contributivo podría ser la exposición durante la fabricación en un proceso cerrado sin probabilidad de exposición, y otro la exposición durante la fabricación en un proceso continuo con exposición ocasional).

Es importante resaltar que la información contenida en los EE es de gran utilidad como fuente de información para la evaluación de riesgos que la empresa debe realizar en virtud del Real Decreto 374/2001. Sin embargo, el mero cumplimiento de las medidas de control del riesgo incluidas en el EE, 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, la empresa está obligada a tomar las acciones correctoras pertinentes. Además, con el objetivo de subsanar tal discrepancia, debe comunicarlo al suministrador de la FDS, para que este pueda comprobarlo, detectar el problema y, en su caso, corregir el EE.

Asimismo, si un usuario intermedio es capaz de controlar el riesgo de otra forma no incluida en el EE anexo a la FDS, puede comunicarlo al suministrador de la misma, siempre con el objetivo de mejorar y ajustar la información contenida en la FDS ampliada.

NIVELES SIN EFECTOS DERIVADOS (DNEL) Y CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

Según el Reglamento REACH, es obligatorio establecer el nivel sin efectos derivados (DNEL, *Derived No Effect Level*) de todas las sustancias supeditadas a registro fabricadas o importadas en cantidades iguales o superiores a 10 toneladas anuales por solicitante de registro (es decir, aquellas para las que es obligatorio realizar la valoración de la seguridad química conforme el art. 14 del Reglamento REACH). El DNEL se usará para llevar a cabo la caracterización cuantitativa del riesgo de exposición a la sustancia para la salud humana.

Concepto y establecimiento de los DNEL

Los DNEL son niveles umbrales de exposición por debajo de los cuales se considera que los riesgos para la salud humana están controlados y, por lo tanto, determinan el nivel de exposición a la sustancia por encima del cual no deberían quedar expuestos los seres humanos. Son establecidos por los fabricantes e importadores y revisados por la ECHA, exclusivamente en base a criterios de salud. La metodología para establecerlos es compleja (se puede consultar en la web de la ECHA en el documento “Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.8: Characterisation of dose [concentration]-response for human health”).

El valor DNEL varía según el patrón de exposición a la sustancia, que suele definirse considerando los siguientes elementos:

- la población que probablemente quede expuesta a la sustancia química, es decir: trabajadoras y trabajadores, consumidores o personas expuestas a través del medioambiente. Además, en algunos casos, pueden considerarse poblaciones vulnerables específicas, como mujeres embarazadas o niños y niñas;
- 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 derivado de la exposición a la sustancia, y, dentro de este, para cada patrón de exposición relevante, es necesario establecer el DNEL correspondiente.

Los DNEL se calculan dividiendo el valor del descriptor de dosis del efecto para la salud considerado por un factor de seguridad. Los descriptores de dosis se determinan en los estudios toxicológicos que se realizan sobre los peligros de la sustancia, y se suelen expresar en forma de NOAEL, NOAEC, LD₅₀, LC₅₀, etc. Dado que se obtienen a partir de datos experimentales (en animales o en humanos), es necesario aplicarles un

factor de seguridad que permita su extrapolación a situaciones de exposición real de los seres humanos.

El DNEL más bajo posible en cada caso se documentará en el informe sobre la seguridad química (ISQ) y en la FDS, y, si la sustancia es clasificada como peligrosa tras la valoración del peligro para la salud humana, los DNEL se usarán en la caracterización del riesgo (última etapa de la valoración de la seguridad química) (véase anexo I, apartado 6, del Reglamento REACH).

Hay que señalar que para determinados efectos para la salud puede no ser posible establecer un DNEL, como, por ejemplo, para la carcinogenicidad, ya que, en la mayoría de casos, no es posible fijar un nivel umbral de seguridad. En estos casos, y si los datos existentes lo permiten, puede desarrollarse un valor conocido como nivel con efecto mínimo derivado (DMEL, *Derived Minimal Effect Level*), que representa el nivel de exposición donde la probabilidad de que aparezca en una población el efecto adverso identificado 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 del riesgo.

Caracterización del riesgo

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 EE.

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, con la finalidad de estimar la probabilidad de evitar los efectos para la salud al implantar el EE.

Una vez caracterizado el riesgo, las condiciones operativas y las medidas de gestión del riesgo deben ir orientadas a evitar o reducir 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 efectos para los que sí se puede estimar un DNEL/DMEL.

Por lo tanto, se deben realizar los dos tipos de caracterización del riesgo a fin de garantizar el control de los riesgos: la caracterización cuantitativa o semicuantitativa para los efectos con DNEL/DMEL, y la caracterización cualitativa para los efectos sin DNEL/DMEL establecido.

Ni los valores DNEL/DMEL, ni tampoco los NOAEL (nivel sin efecto adverso observado) u otros descriptores de dosis, pueden considerarse como un límite de exposición profesional (LEP). A pesar de que todos estos valores están basados en efectos para la salud, su determinación se hace de forma distinta a la de un LEP, y considerando distintas variables como son factores de corrección, criterios de factibilidad técnicos o económicos (en el caso de los LEP), colectivos afectados (población general o trabajadora) y vías de penetración en el organismo. Ello da lugar a que para una misma sustancia estos valores puedan ser distintos entre sí, sin que deba interpretarse por ello, en la mayoría de los casos, que son datos contradictorios. A pesar de no ser equivalentes, es de esperar que el proceso de establecimiento de valores DNEL y el consiguiente estudio de la toxicología de la sustancia reviertan positivamente en la actualización de los valores LEP y viceversa.

A pesar de no ser LEP, los DNEL/DMEL pueden resultar de gran ayuda en la evaluación de la exposición a agentes químicos que no disponen de LEP, no como valor de referencia para valorar el nivel del riesgo, pero sí como criterio para el establecimiento de medidas preventivas.

Puede consultarse información sobre los valores DNEL estimados para sustancias químicas en la base de datos publicada por IFA (Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung).

AUTORIZACIÓN Y RESTRICCIÓN DE USO

El Reglamento REACH fomenta la sustitución de aquellas sustancias que presentan una mayor peligrosidad para la salud y el medioambiente, exigiendo su autorización e imponiendo restricciones a determinados usos.

Autorización

No se pueden poner en el mercado o usar, independientemente de su tonelaje, a menos que tengan la correspondiente autorización, las sustancias altamente preocupantes, entre las que se encuentran:

- Las sustancias cancerígenas, mutágenas y tóxicas para la reproducción (CMR) de categoría 1A y 1B.
- 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 medioambiente, que susciten un grado de preocupación equivalente al que suscitan otras

sustancias incluidas en los grupos anteriores. Un ejemplo son los alteradores endocrinos, cuya situación debe revisarse, dadas las dificultades técnicas y científicas existentes para su clasificación.

El anexo XIV del Reglamento REACH establece la lista de sustancias sujetas a autorización.

Los fabricantes, importadores y usuarios intermedios que soliciten autorización para comercializar o usar estas sustancias, deben:

- 1º demostrar que los riesgos asociados a su uso están adecuadamente controlados, o que los beneficios socioeconómicos de su uso pesan más que los riesgos, y
- 2º analizar si existe una alternativa adecuada de sustitución de la sustancia (otras sustancias menos peligrosas) o de sustitución de la tecnología (otras tecnologías que hagan menos peligroso el uso de la sustancia original) y, si la hay, preparar un plan de sustitución y, si no la hay, informar de las acciones de investigación y desarrollo llevadas a cabo para buscarla.

La autorización se concede siempre de forma temporal, y, por lo tanto, está sujeta a renovación después de un determinado tiempo. Durante la vigencia de la autorización, el responsable de la comercialización habrá desarrollado actividades de I+D dirigidas a encontrar alternativas al uso de la sustancia en cuestión, que en algunos casos conducirán a la no necesidad de cursar dicha renovación.

Todas las autorizaciones se revisan al cabo de un tiempo por la Comisión Europea. Si durante la revisión aparecen alternativas de sustitución adecuadas, la Comisión puede corregir o retirar la autorización, incluso si se ha dado en base a su adecuado control.

Restricción de uso

La restricción en el uso de sustancias está destinada a regular o prohibir la fabricación, comercialización o uso de sustancias que presenten un riesgo inaceptable para la salud o el medioambiente.

Puede ser objeto de restricciones cualquier sustancia, ya sea sola o contenida en una mezcla o en un artículo.

Una sustancia sujeta a restricción no se fabricará, comercializará o usará a menos que cumpla las condiciones de dicha restricción.

La Comisión no puede conceder, bajo ningún concepto, una autorización de comercialización o uso de una sustancia cuyo uso esté restringido.

Las restricciones existentes están incluidas en el anexo XVII del Reglamento REACH.

BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía referenciada en este apéndice se puede encontrar en el apartado IV "Fuentes de información" de la Guía técnica. No obstante, a continuación se incluye un listado de referencias documentales adicionales cuya consulta puede ser de interés en relación con el contenido del apéndice.

- NTP 1059. Reglamento CLP. Clasificación de mezclas: peligros para el medio ambiente.
- NTP 1061. Aplicación de los escenarios de exposición del Reglamento REACH en la PRL.
- 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.

APÉNDICE 13. CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS PARA LA PEQUEÑA EMPRESA

La “Guía técnica con orientaciones para la elaboración de un documento único que contenga el plan de prevención de riesgos laborales, la evaluación de riesgos y la planificación de la actividad preventiva” (Guía de simplificación documental) del INSST se dirige esencialmente a las pequeñas empresas y 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.

Las guías técnicas del INSST, asociadas a los distintos “decretos técnicos” (incluido el RD 374/2001, que encomienda al INSST la elaboración de la presente Guía), deben tener un capítulo específico sobre su aplicación a las pymes.

Puesto que la Guía de “Simplificación documental” es de carácter transversal, sus criterios y orientaciones son aplicables a los riesgos por exposición a agentes químicos. En este apéndice se pretende 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 las personas trabajadoras designadas (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 a la empresa (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 una persona trabajadora, o de cambiarla de puesto de trabajo, sea sometida, 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 la trabajadora o 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 las personas trabajadoras 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 o trabajadora.

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 cualitativos de evaluación (véase apéndice 5 de esta Guía), para evitar mediciones o justificaciones innecesarias considerando, en cualquier caso, que, si la empresa (siguiendo el consejo del TD/SPA) decide adoptar una medida para mejorar una situación, no está obligada 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 a la empresa 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 la persona trabajadora.

IV. FUENTES DE INFORMACIÓN

A. DOCUMENTOS CITADOS EN LA GUÍA

Normativa legal relacionada

La legislación referida a lo largo de esta guía puede consultarse a través de internet en el sitio web del INSST - <https://www.insst.es> - donde, además, se puede acceder a diversa documentación elaborada por el propio INSST así como a enlaces de instituciones y organismos europeos e internacionales.

La normativa citada en la presente guía técnica es la existente en el momento de publicación de la misma. No obstante, hasta una nueva revisión, puede ser publicada otra nueva normativa que deberá ser tenida en cuenta.

La normativa se encuentra directamente enlazada al apartado "legislación consolidada" del BOE. Sin embargo, en las disposiciones para las que el BOE no disponga de su texto consolidado, se recomienda consultar el apartado de "análisis jurídico".

Ámbito nacional

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, 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 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- 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.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, 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.
- Real Decreto 1196/2003, de 19 de septiembre, 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 171/2004, de 30 de enero, 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 de febrero, por el que se establece un sistema de seguimiento y de información sobre el tráfico marítimo.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.
- 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.
- Real Decreto 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

- Real Decreto 298/2009, de 6 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, 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.
- Real Decreto 843/2011, de 17 de junio, por el que se establecen los criterios básicos sobre la organización de recursos para desarrollar la actividad sanitaria de los servicios de prevención.
- Real Decreto 1070/2012, de 13 de julio, por el que se aprueba el Plan estatal de protección civil ante el riesgo químico.
- Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes.
- Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español.
- Orden FOM/456/2014, de 13 de marzo, por la que se modifica el anexo 2 del Real Decreto 1749/1984, de 1 de agosto, por el que se aprueba 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 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
- Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social.
- Real Decreto 144/2016, de 8 de abril, por el que se establecen los requisitos esenciales de salud y seguridad exigibles a los aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas y por el que se modifica el Real Decreto 455/2012, de 5 de marzo, por el que se establecen las medidas destinadas a reducir la cantidad de vapores de gasolina emitidos a la atmósfera durante el repostaje de los vehículos de motor en las estaciones de servicio.
- Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10.

- Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.

Ámbito europeo

- Reglamento (CE) 1907/2006, de 18 de diciembre, relativo al registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH).
- Reglamento (CE) 1272/2008, de 16 de diciembre, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (CLP).
- Reglamento (UE) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2016, relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo.

Normas técnicas

En el presente documento se citan diversas normas técnicas en las que se indica el año de la versión referenciada. Es esta versión la que responde a los comentarios específicos que puedan hacerse en la guía técnica. No obstante, en determinados casos, es recomendable tomar en consideración la última versión de la norma que, en el momento de su lectura, esté vigente. Esta advertencia es de especial interés en el caso de que la norma citada sea armonizada.

- UNE-ISO 78-2:2014. Química. Diseños para normas. Parte 2: Métodos de análisis químico.
- UNE-EN 166:2002. Protección individual de los ojos. Especificaciones
- UNE EN ISO 374-1:2016 +A1: 2018. Guantes de protección contra los productos químicos y los microorganismos. Parte 1: Terminología y requisitos de prestaciones para riesgos químicos.
- 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.
- UNE-EN 482:2021. Exposición en el lugar de trabajo. Procedimientos para la determinación de la concentración de los agentes químicos. Requisitos generales relativos al funcionamiento.
- UNE-EN 529:2006. Equipos de protección respiratoria. Recomendaciones sobre selección, uso, cuidado y mantenimiento. Guía.
- UNE-EN 689:2019+AC:2019. Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional.

- 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.
- UNE-EN 1127-1:2020. Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: Conceptos básicos y metodología.
- UNE-EN 1127-2:2014 Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 2: Conceptos básicos y metodología para minería. (Ratificada por AENOR en abril de 2015).
- UNE-EN 1540:2012. Exposiciones en el lugar de trabajo. Terminología.
- UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo.
- UNE-EN ISO 13137:2014. Bombas para muestreo personal de los agentes químicos y biológicos. Requisitos y métodos de ensayo.
- UNE-EN 13205-1:2015. Exposición en el lugar de trabajo. Evaluación del funcionamiento de los muestreadores para la medición de concentraciones de partículas en suspensión en el aire. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 13832-1:2019. Calzado protector frente a productos químicos. Parte 1: Terminología y métodos de ensayo.
- UNE-EN 13832-2:2020. Calzado protector frente a productos químicos. Parte 2: Requisitos para el contacto limitado con productos químicos.
- UNE-EN 13832-3:2020. Calzado protector frente a productos químicos. Parte 3: Requisitos para el contacto prolongado con productos químicos.
- UNE-EN 13936:2014. Exposición en el lugar de trabajo. Procedimientos para la medición de agentes químicos presentes como mezclas de partículas en suspensión en el aire y vapores. Requisitos y métodos de ensayo.
- UNE-EN ISO 14123-1:2016. Seguridad de las máquinas. Reducción de riesgos para la salud debido a sustancias peligrosas emitidas por las máquinas. Parte 1: Principios y especificaciones para los fabricantes de maquinaria.
- UNE-EN ISO 14123-2:2016. Seguridad de las máquinas. Reducción de riesgos para la salud debido a sustancias peligrosas emitidas por las máquinas. Parte 2: Metodología para especificar los procedimientos de verificación..
- UNE-EN 15154-1:2007. Duchas de seguridad. Parte 1: Duchas para el cuerpo conectadas a la red de agua utilizadas en laboratorios.
- UNE-EN 15154-2:2007. Duchas de seguridad. Parte 2: Lavaojos conectados a la red de agua.
- UNE-EN 15154-3:2010. Duchas de seguridad. Parte 3: Duchas para el cuerpo no conectadas a la red de agua.
- UNE-EN 15154-4:2010. Duchas de seguridad. Parte 4: Lavaojos no conectados a la red de agua.
- UNE-EN ISO/IEC 17025:2017. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
- UNE-EN ISO 17621:2016. Sistemas de medición por tubos detectores de corta duración. Requisitos y métodos de ensayo.
- UNE-EN ISO 21832:2021. Aire en el lugar de trabajo. Metales y no metales en partículas en suspensión en el aire. Requisitos para la evaluación de los procedimientos de medición. (ISO 21832:2018).
- UNE-EN ISO 22065:2020. Aire en el lugar de trabajo. Gases y vapores. Requisitos para la evaluación de procedimientos de medición que utilizan muestreadores por aspiración.
- UNE-EN IEC 60812:2018. Análisis de los modos de fallo y de sus efectos (AMFE y AMFEC).
- UNE-EN 61025:2011. Análisis por árbol de fallos (AAF).
- UNE-EN 61882:2017. Estudios de peligros y operatividad (estudios HAZOP). Guía de aplicación.
- UNE-EN 62502:2010. Técnica de análisis de la confiabilidad. Análisis por árbol de eventos (ratificada por AENOR en marzo de 2011).
- CEN/TR 15278:2006. Workplace exposure - Strategy for the evaluation of dermal exposure.
- CEN/TS 15279:2006. Workplace exposure- Measurement of dermal exposure- Principles and methods.

Publicaciones del INSST

Guías técnicas

- Guía técnica para la integración de la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa.
- Guía técnica de simplificación documental.
- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- Guía técnica para la evaluación y la prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo.

- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los equipos de trabajo.
- Guía técnica para la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual.
- Guía técnica sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Notas técnicas de prevención (NTP)

- NTP 238: Los análisis de peligros y de operabilidad en instalaciones de proceso.
- NTP 328: Análisis de riesgos mediante el árbol de sucesos.
- NTP 330: Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente.
- NTP 333: Análisis probabilístico de riesgos: Metodología del "Árbol de fallos y errores".
- NTP 615: Medición de la presión estática para la comprobación rutinaria de sistemas de extracción localizada.
- NTP 618: Almacenamiento en estanterías metálicas.
- NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE.
- NTP 668: Medición del caudal en sistemas de extracción localizada.
- NTP 697: Exposición a contaminantes químicos por vía dérmica.
- NTP 741: Ventilación general por dilución.
- NTP 768: Trasvase de agentes químicos: medidas básicas de seguridad.
- NTP 787: Equipos de protección respiratoria: identificación de los filtros según sus tipos y clases.
- NTP 797: Riesgos asociados a la nanotecnología.
- NTP 818: Norma Básica de Autoprotección.
- NTP 831: Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales (RD 2267/2004) (I).
- NTP 832: Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales (RD 2267/2004) (II).
- NTP 863: El informe higiénico. Pautas de elaboración.
- NTP 871: Regulación UE sobre productos químicos (I): Reglamento REACH.
- NTP 877: Evaluación del riesgo por exposición a nanopartículas mediante el uso de metodologías simplificadas.
- NTP 878: Regulación UE sobre productos químicos (II). Reglamento CLP: aspectos básicos.
- NTP 880: Regulación UE sobre productos químicos (III). Reglamento CLP: peligros físicos.
- NTP 881: Regulación UE sobre productos químicos (IV). Reglamento CLP: peligros para la salud y para el medioambiente.
- 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.
- NTP 925: Exposición simultánea a varios agentes químicos: criterios generales de evaluación del riesgo.
- NTP 929: Ropa de protección contra productos químicos.
- NTP 930: Toma de muestras personal: determinación de la incertidumbre del volumen de aire muestreado.
- NTP 931: Determinación de la incertidumbre de medida de agentes químicos (I): gases y vapores.
- NTP 934: Agentes químicos: metodología cualitativa y simplificada de evaluación del riesgo de accidente.
- NTP 936: Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (II). Modelo COSHH Essentials.
- NTP 937: Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS.
- NTP 973: Reglamento CLP. Criterios generales para la clasificación de mezclas.
- NTP 974: Reglamento CLP. Clasificación de mezclas: peligros para la salud.
- NTP 1080: Agentes químicos: jerarquización de riesgos potenciales (método basado en el INRS).
- NTP 1136: Guantes de protección contra productos químicos.

Otras publicaciones INSST

Los contenidos en materia de riesgo químico se encuentran organizados en un portal temático estructurado por temas para facilitar su consulta.

- Límites de exposición profesional - LEP.
- Directrices básicas para la evaluación de riesgos laborales.
- Cuestionario. Identificación y prevención del riesgo en espacios confinados.
- Directrices para la evaluación de riesgos y protección de la maternidad en el trabajo.
- Guía para la gestión preventiva de las instalaciones de los lugares de trabajo.
- Fichas de control de agentes químicos.
- Aplicación RISKQUIM sobre clasificación y etiquetado de sustancias y mezclas.
- INFOCARQUIM, base de datos con información sobre agentes cancerígenos, mutágenos y tóxicos para la reproducción.
- Portal BASEQUIM, fichas dedicadas a situaciones de trabajo con exposición potencial a agentes químicos peligrosos.
- Evaluación de las condiciones de trabajo en pequeñas y medianas empresas.
- Evaluación de riesgos laborales.
- Herramientas para la prevención. Seguridad contra incendios en establecimientos industriales: Nivel de riesgo intrínseco.
- AIP.203 RISKOFDERM - Evaluación del riesgo por exposición dérmica laboral a sustancias químicas. Versión 1.0. INSST
- Herramientas para la gestión del riesgo químico. Métodos de evaluación cualitativa y modelos de estimación de la exposición. 2017.
- Fichas de toma de muestra de contaminantes químicos en aire.
- Calculador. Caudal de ventilación por dilución.
- Equipos de Protección Individual (EPI). Listado de normas técnicas.
- Control biológico de los trabajadores expuestos a contaminantes químicos. 1998.

Otra bibliografía citada en la guía

- COSHH Essentials. Health and Safety Executive.

- Vigilancia de la salud para la prevención de riesgos laborales. Guía básica y general de orientación. Ministerio de Sanidad, Consumo y bienestar Social. 2019.
- Protocolos de vigilancia sanitaria específica de los trabajadores. Ministerio de Sanidad.
- Guía técnica "Métodos cualitativos para el análisis de riesgos". Dirección General de Protección Civil.
- The Technical Basis for COSHH Essentials. Health & Safety Executive. 1999.
- Herramienta para la información y evaluación de riesgo químico SEIRICH. INRS.
- Evaluation du risque chimique. Hiérarchisation des risques potentiels. INRS, 2000.
- Méthodologie d'évaluation simplifiée du risque chimique. Un outil d'aide à la décision. INRS, 2005.
- StoffenManager, Holanda.
- Hazard banding in compliance with the new Globally Harmonised System (GHS) for use in control banding tools. Arnone M., et al (2015). Regulatory Toxicology and Pharmacology, 73 (1), 287-295.
- NIOSH Occupational Exposure Banding e-Tool. NIOSH.
- ILO-International Chemical Control Toolkit. OIT.
- EMKG-Easy to use. Easy-to-use Workplace Control Scheme for Hazardous Substances. BAuA.
- Herramienta Chesar. CHEMical Safety Assessment and Reporting tool. ECHA.
- Herramienta ECETOC TRA.
- 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
- 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.
- WHO (1982), World Health Organization; Field surveys of exposure to pesticides; Standard protocol. VBC/82.1. WHO. Geneva, Switzerland.
- US EPA (1987), Pesticide Assessment Guidelines; Subdivision U. Applicator exposure monitoring.

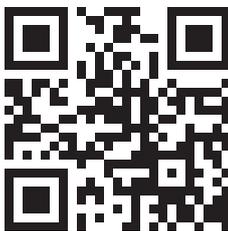
- US Environmental Protection Agency, Washington DC, USA.
- OECD. Guidance Document for the Conduct of Studies of Occupational Exposure to Pesticides During Agricultural Application. OECD Series on Testing and Assessment, No 9 OECD/GD(97) 148, Paris, 1997.
 - TNO & BPI (2019); SysDEA: Systematic analysis of dermal exposure to hazardous chemical agents at the workplace.
 - 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.
 - ECHA. Orientación sobre la elaboración de las fichas de datos de seguridad Versión 4.0 - Diciembre de 2020.
 - ECHA. Guidance on labelling and packaging in accordance with Regulation (EC) No 1272/2008. Version 4.2 March 2021.
 - ECHA. Orientación para usuarios intermedios. Versión 2.1 Octubre de 2014.
 - ECHA. Catálogo de clasificación y etiquetado de sustancias.
 - ECHA. "Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.8: Characterisation of dose [concentration]-response for human health.
- ### B. OTROS DOCUMENTOS NO CITADOS EN LA GUÍA
- Evaluación del riesgo por exposición a nanopartículas mediante el uso de metodologías simplificadas. Método Stoffenmanager nano 1.0. 2013.
 - Comparación de los métodos de evaluación cualitativa del riesgo por exposición a nanomateriales CB Nanotool 2.0 y Stoffenmanager nano 1.0. 2014.
 - Seguridad y salud en el trabajo con nanomateriales. 2015.
- ### C. REFERENCIA A LA WEB DE ORGANISMOS DE INTERÉS
- Los enlaces citados a continuación no pertenecen al INSST y, por tanto, este organismo no se hace responsable de su contenido. Todos los enlaces han sido verificados en la fecha de publicación de esta guía.
- Protocolos de vigilancia sanitaria específica de los trabajadores. Ministerio de Sanidad.
 - Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas, ECHA. Contiene información sobre la legislación de la UE sobre sustancias químicas y sobre las sustancias químicas que se fabrican e importan en Europa, recoge sus propiedades peligrosas, su clasificación y etiquetado e información para un uso seguro de las mismas.
 - Protección Civil y Emergencias.

Para cualquier observación o sugerencia en relación con esta Guía técnica, puede dirigirse al:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

C/Torrelaguna, 73 - 28027 Madrid

Tlf. 91 363 41 00



www.insst.es



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL

insst

Instituto Nacional de
Seguridad y Salud en el Trabajo