

61

Directoras del capítulo
*Jeanne Mager Stellman y
Debra Osinsky*

Sumario

Seguridad en la manipulación y la utilización de productos químicos	61.2
Sistemas de clasificación y etiquetado para productos químicos <i>Konstantin K. Sidorov e Igor V. Sanatskiy</i>	61.6
Seguridad en la manipulación y el almacenamiento de productos químicos <i>A. E. Quinn</i>	61.11
Gases comprimidos: manipulación, almacenamiento y transporte <i>A. Türkdogan y K. R. Mathisen</i>	61.14
Higiene en el laboratorio <i>Frank Miller</i>	61.19
Métodos para el control localizado de contaminantes atmosféricos <i>Louis DiBernardinis</i>	61.23
El sistema de información química GESTIS: estudio de caso <i>Karlheinz Meffert y Roger Stamm</i>	61.27

● SEGURIDAD EN LA MANIPULACION Y LA UTILIZACION DE PRODUCTOS QUIMICOS

El Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT*

El objetivo (sección 1.1.1) del Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT *Seguridad en la utilización de productos químicos en el trabajo* es proteger a los trabajadores de los riesgos inherentes a los productos químicos, prevenir o disminuir la incidencia de las enfermedades y lesiones causadas al utilizar productos químicos en el trabajo y, en consecuencia, contribuir a la protección del público en general y del medio ambiente; con tal fin se presentan recomendaciones para:

- garantizar que todos los productos químicos de uso en el trabajo, incluidas las impurezas, los subproductos, los productos intermedios y los desechos que puedan producirse, sean evaluados a fin de determinar los riesgos que presentan;
- asegurar que se proporcionen a las empresas sistemas adecuados que les permitan obtener de los proveedores información sobre los productos químicos utilizados en el trabajo, de manera que puedan poner en práctica programas eficaces de protección de los trabajadores contra los riesgos de los productos químicos;
- proporcionar a los trabajadores información acerca de los productos químicos utilizados en sus lugares de trabajo y acerca de las medidas adecuadas de prevención que les permitan participar eficazmente en los programas de seguridad;
- establecer las orientaciones básicas de dichos programas para garantizar la utilización de los productos químicos en condiciones de seguridad,
- establecer disposiciones especiales para proteger la información confidencial, pues si ésta se revela a un competidor resultaría perjudicial para la actividad de la empresa, siempre y cuando la seguridad y la salud de los trabajadores no se vean comprometidas.

En la sección 2 del Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT se esbozan las obligaciones, responsabilidades y deberes generales de la autoridad competente, de las empresas y de los trabajadores. Asimismo, se detallan las responsabilidades generales de los proveedores y los derechos de los trabajadores, y se ofrecen directrices respecto a las disposiciones especiales relativas a la divulgación de información confidencial por parte de las empresas. En las recomendaciones finales se aborda la necesidad de cooperación entre empresas, trabajadores y sus representantes.

* Gran parte de la información y los extractos que figuran en el presente capítulo se han tomado del Repertorio de recomendaciones prácticas *Seguridad en la utilización de productos químicos en el trabajo* de la Organización Internacional del Trabajo (OIT 1993). En este Repertorio se ofrecen directrices prácticas sobre la aplicación de las disposiciones del Convenio (núm. 170) sobre la seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo, 1990 y la correspondiente Recomendación (núm. 177), 1990. El objetivo del Repertorio es orientar a aquéllos que pueden participar en la formulación de las disposiciones relativas a la utilización de productos químicos en el trabajo, como las autoridades competentes, los directivos de las empresas en que se suministran o utilizan este tipo de sustancias y los servicios de urgencia, que deben asesorar a su vez a las organizaciones de proveedores, empleadores y trabajadores. En el Repertorio se establecen requisitos mínimos y no se pretende desalentar a las autoridades competentes respecto a la adopción de otros más exigentes.

Para más información sobre productos químicos concretos y grupos de éstos, véase la *Guía de productos químicos* en el Volumen IV de la presente *Enciclopedia*.

Obligaciones, responsabilidades y deberes generales

Los organismos públicos pertinentes se atenderán a las prácticas y las medidas nacionales, previa consulta con las organizaciones interesadas más representativas de empresas y de trabajadores, con el fin de garantizar la seguridad en la utilización de productos químicos en el trabajo. La legislación y las prácticas nacionales deben considerarse en el contexto de los reglamentos, las normas y los sistemas internacionales, así como de las medidas y las prácticas recomendadas en el Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT, el Convenio de la OIT (núm. 170) y la Recomendación de la OIT (núm. 177).

Las medidas encaminadas a garantizar la seguridad de los trabajadores se centran fundamentalmente en:

- la producción y la manipulación de productos químicos peligrosos;
- el almacenamiento de productos químicos peligrosos;
- el transporte de productos químicos peligrosos, de conformidad con la reglamentación nacional e internacional al respecto,
- la eliminación y el tratamiento de productos químicos y residuos peligrosos, conforme a la reglamentación nacional e internacional.

La autoridad competente dispone de varios medios para conseguir este objetivo. Puede promulgar leyes y reglamentos nacionales; adoptar, aprobar o reconocer normas, repertorios o directrices vigentes, y fomentar, cuando no existan, la adopción de estos instrumentos por otra autoridad y reconocerlos posteriormente. Asimismo, puede solicitar a las empresas que justifiquen los criterios que aplican en el trabajo.

De acuerdo con el Repertorio de recomendaciones prácticas (sección 2.3.1), las empresas deberán consignar por escrito la política y las disposiciones relativas a la seguridad en la utilización de los productos químicos que hayan adoptado como parte de sus políticas y disposiciones generales en el campo de la seguridad y la salud en el trabajo, así como las distintas responsabilidades que les incumben en virtud de tales disposiciones, de conformidad con los objetivos y principios establecidos en el Convenio (núm. 155) y en la Recomendación (núm. 164) sobre seguridad y salud de los trabajadores, 1981. Esta información deberá comunicarse a los trabajadores en una lengua que éstos comprendan con facilidad.

Los trabajadores, por su parte, deberán velar, en la medida de lo posible y con arreglo a la capacitación que posean y a las instrucciones recibidas de su empresa, por su propia salud y seguridad y por las de otras personas a quienes puedan afectar sus actos u omisiones en el trabajo (sección 2.3.2).

De conformidad con las directrices establecidas en los apartados pertinentes del Repertorio, y en cumplimiento de las condiciones exigidas en el Convenio núm. 170 y en la Recomendación núm. 177, los proveedores de productos químicos, ya sean fabricantes, importadores o distribuidores, deberán asegurarse de que,

- tales productos hayan sido clasificados o que sus propiedades hayan sido evaluadas;
- dichos productos lleven una marca;
- los productos químicos peligrosos hayan sido etiquetados,
- se preparan y proporcionan a las empresas fichas de datos de seguridad para los productos químicos peligrosos.

Medidas de control operativo

En la sección 6 del Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT se abordan ciertos principios generales relativos al control operativo de los productos químicos en el trabajo y se establece

Comunicación de riesgos: la ficha de datos de seguridad o la ficha técnica de seguridad (FTS)

La adopción de un planteamiento sistemático respecto a la seguridad requiere un flujo eficaz de información de los proveedores a los usuarios de productos químicos respecto a sus posibles riesgos y a las precauciones pertinentes. Al abordar la necesidad de establecer un programa de comunicación de riesgos por escrito, en el Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT *Seguridad en la utilización de productos químicos en el trabajo* (OIT 1993) se establece que: "El proveedor de productos químicos peligrosos debería proporcionar al empleador las informaciones esenciales relativas a los productos que le suministra, mediante las fichas de datos de seguridad preparadas a tal efecto". En esta ficha de datos de seguridad o ficha técnica de seguridad (FTS) se describen los riesgos de un producto y se ofrecen instrucciones sobre el modo de manipularlo, utilizarlo y almacenarlo en condiciones de seguridad. Las FTS son elaboradas por el fabricante o el importador de las sustancias peligrosas. El fabricante debe remitir estas fichas a los distribuidores y otros clientes en la primera adquisición del producto en cuestión y si la FTS es objeto de modificación. Los distribuidores deben suministrar automáticamente las fichas a sus clientes comerciales. De acuerdo con el Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT, "los trabajadores y sus representantes deberían tener el derecho a obtener las fichas de datos de seguridad, así como a recibir información de las mismas, presentada en una forma y lenguaje tales que permitan su fácil comprensión". Puesto que parte de la información requerida puede estar dirigida a especialistas, es posible que sea necesario recabar aclaraciones al empleador. La FDS es sólo una fuente de información más sobre un producto y, por tanto, debe utilizarse junto con folletos técnicos, etiquetas, material pedagógico y otros documentos.

Los requisitos relativos a un programa de comunicación de riesgos por escrito se esbozan al menos en tres importantes directivas internacionales: la Norma de comunicación de riesgos de la Occupational Safety and Health Administration (OSHA), el Sistema de información sobre materiales peligrosos en el lugar de trabajo de Canadá (WHMIS) y la Directiva 91/155/CEE de la Comisión de la Comunidad Europea. En estos tres instrumentos, se establecen las especificaciones relativas a la elaboración de una FTS completa. Entre los criterios de realización de estas fichas figura la oferta de información sobre la identidad del producto químico, su proveedor, su clasificación, sus riesgos, las precauciones de seguridad y los procedimientos de urgencia pertinentes. En el análisis que se ofrece a continuación se detalla el tipo de información exigida que se incluye en el Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT de 1992 *Seguridad en la utilización de productos químicos en el trabajo*. Aunque el Repertorio no se concibió como sustituto de las leyes, reglamentos y normas nacionales aceptadas, sus recomendaciones prácticas están dirigidas a todos aquellos responsables de garantizar una utilización segura de las sustancias químicas en el lugar de trabajo.

La siguiente descripción del contenido de la ficha de datos de seguridad se incluye en la sección 5.3 del Repertorio:

La ficha de datos de seguridad relativa a un producto químico peligroso debería proporcionar información sobre su identificación, su proveedor, su clasificación, su peligrosidad, medidas de seguridad y los procedimientos de urgencia pertinentes.

La ficha debería incluir los datos que hayan sido establecidos por la autoridad competente en la región en que se encuentran situados los locales del empleador, o por un organismo aprobado o reconocido por la autoridad competente. A continuación se detalla el tipo de información que debería exigirse.

(a) Identificación de los productos químicos del fabricante

La denominación debería ser la misma que se haya utilizado en la etiqueta de un producto químico peligroso, ya sea el nombre común del producto químico o una denominación comercial de uso corriente. Se podrá hacer referencia a otras denominaciones en caso de que ello contribuya a la identificación. Debería incluirse el nombre completo, la dirección y el teléfono del proveedor. También debería indicarse un número de teléfono que permita comunicarse con quien corresponda en una situación de urgencia. Este número de urgencia puede ser el del proveedor mismo o el de un organismo de consulta reconocido, con la condición de que el uno o el otro sean accesibles en todo momento.

(b) Información sobre los componentes (composición)

Esta información debería permitir que el empleador identifique con claridad los riesgos inherentes a un producto químico determinado, de manera tal que pueda realizar una evaluación de los riesgos como la que se describe en la sección 6.2 (procedimientos de evaluación) del presente repertorio. En general, se debería indicar la composición de un producto químico en forma detallada y completa, pero ello no será necesario en casos en que los riesgos puedan ser evaluados debidamente. Salvo en los casos en que el nombre o la concentración de un componente en una mezcla química constituya una información confidencial, y se pueda retener de conformidad con la sección 2.6, se debería proporcionar las informaciones siguientes:

- (i) una descripción de los componentes principales, incluida su naturaleza química;
- (ii) la identidad y las concentraciones de los componentes que entrañan riesgos para la seguridad y la salud;
- (iii) la identidad y la concentración máxima en que se presentan ciertos componentes que alcanzan o rebasan el nivel de concentración por el que han sido clasificados como peligrosos para la seguridad y la salud, según las listas aprobadas o reconocidas por la autoridad competente, o que han sido prohibidos en concentraciones superiores por la autoridad competente.

(c) Identificación de los riesgos

Se debería exponer, en forma clara y concisa, los riesgos más importantes, incluidos los riesgos más significativos para la salud, físicos y para el medio ambiente, a modo de compendio de situaciones de urgencia. La información proporcionada debería ser compatible con la que figure en la etiqueta.

(d) Medidas para los primeros auxilios

Las medidas para los primeros auxilios y la autoasistencia se deberían explicar cuidadosamente. Se deberían definir las situaciones en que será necesario intervenir con atención médica de urgencia y cuáles serán las medidas que deberán aplicarse en tales intervenciones. Cuando se considere apropiado, se debería hacer hincapié en la necesidad de prever medidas especiales para emprender tratamientos médicos específicos e inmediatos.

(e) Medidas en caso de incendio

Se deberían incluir las disposiciones relativas a la extinción de incendios en instalaciones que contengan productos químicos, precisando por ejemplo:

- (i) los equipos extintores adecuados;
- (ii) los equipos extintores cuyo uso debería evitarse por razones de seguridad;
- (iii) el equipo de protección especial para las personas encargadas de la extinción de incendios.

Se debería proporcionar también información sobre las propiedades de los productos químicos en combustión, los riesgos especiales que entraña la exposición a los productos resultantes de la combustión y las precauciones que se deberían adoptar al respecto.

(f) Medidas en caso de emisión accidental

Deberían indicarse las medidas necesarias en caso de que se produzca una emisión accidental de productos químicos. Entre ellas, deberían incluirse:

- (i) precauciones relativas a la salud y la seguridad: eliminación de las fuentes de ignición, suministro de ventilación suficiente y de los equipos de protección individual adecuados;
- (ii) precauciones ambientales: mantenerse alejado de los sistemas de desagüe, alertar sin demora a los servicios de urgencia y, de ser necesario, avisar a la población más próxima sobre riesgos inminentes;
- (iii) métodos para realizar la limpieza de los sitios contaminados en condiciones de seguridad: el uso de materiales absorbentes adecuados, la exclusión del agua o de otros diluyentes que puedan causar reacciones productoras de gases o vapores, el empleo de agentes neutralizadores adecuados;
- (iv) advertencias: la difusión de consejos para evitar acciones peligrosas razonablemente previsibles.

(g) Manipulación y almacenamiento

Se deberían indicar las condiciones de seguridad que el proveedor recomienda para la manipulación y almacenamiento de los productos químicos, incluyendo en particular las que se refieren a:

- (i) el diseño y el emplazamiento de los locales y recipientes de almacenamiento de productos químicos;
- (ii) la ubicación de la zona de almacenamiento en sitios apartados de los lugares de trabajo y de otros edificios ocupados por el personal;
- (iii) la incompatibilidad entre determinados materiales;
- (iv) las condiciones para el almacenamiento, como por ejemplo la temperatura y la humedad adecuadas o la protección contra la luz solar;
- (v) la eliminación de las fuentes de ignición, con especial referencia a las medidas destinadas a evitar la acumulación de cargas electrostáticas;
- (vi) el suministro de ventilación tanto local como general;
- (vii) los métodos de trabajo que se recomienda adoptar y aquellos cuya utilización sea desaconsejada.

(h) Controles en caso de exposición y protección individual

Se deberían proporcionar informaciones sobre la necesidad de hacer uso de equipo de protección individual al utilizar productos químicos, así como sobre la clase de equipo que proporciona una protección adecuada y conveniente. Cuando haya lugar, se debería formular un recordatorio para señalar que los medios de control básicos deberían estar contemplados en el diseño y la instalación de todos los equipos y otros dispositivos técnicos utilizados, como también en la información disponible sobre las prácticas que contribuyen a minimizar los riesgos de exposición de los trabajadores. Además de presentar algunos de los procedimientos que se recomiendan para la vigilancia de los niveles de exposición, se deberían indicar ciertos parámetros de control específico, como los límites de exposición o los valores límite biológicos.

(i) Propiedades físicas y químicas

Se debería suministrar una breve descripción de la apariencia del producto químico, informando si se trata de un sólido, un líquido o un gas, y acerca de su color y olor. Si se conocen, se deberían señalar también algunas de sus características y propiedades, y precisar en cada caso la índole de las pruebas que permitan su verificación. Dichas pruebas deberían estar en conformidad con la legislación nacional y con los criterios en vigor en el lugar de trabajo del empleador, y en caso de que no existan criterios o legislación nacional, se deberían utilizar como orientación los criterios de prueba del país exportador. La información facilitada debería comprender todos los datos apropiados que la utilización del producto químico requiera. Entre otros, se podrían incluir datos sobre:

- viscosidad
- punto de congelación/rango de congelación
- punto de ebullición/rango de ebullición
- punto de fusión/rango de fusión
- punto de inflamación
- punto de autoencendido
- propiedades explosivas
- propiedades oxidantes
- presión de vapor
- peso molecular
- peso específico o la densidad
- pH
- solubilidad
- coeficiente de reparto (agua/n-octano)
- parámetros tales como la densidad de vapor
- miscibilidad
- velocidad de evaporación y conductividad.

(j) Estabilidad y reactividad

Se debería señalar que, en determinadas circunstancias, es posible que se produzcan reacciones químicas peligrosas. En consecuencia, deberían indicarse los factores de riesgo que es necesario evitar, ya sean:

- (i) las condiciones físicas en que se encuentra el producto químico, como por ejemplo la temperatura, presión, luminosidad, exposición a golpes o sacudidas, contacto con la humedad o el aire; o
- (ii) las condiciones de proximidad o contacto con otros productos químicos, tales como ácidos, bases, agentes oxidantes o cualquier otra sustancia que pueda provocar una reacción peligrosa.

Se deberían identificar todas las sustancias que resultan de la descomposición de un producto químico, y señalar al mismo tiempo las precauciones que deben adoptarse respecto de cada una de ellas.

(k) Información toxicológica

Esta sección de la ficha de datos de seguridad debería informar sobre los efectos y las vías posibles de penetración de un producto químico en el organismo. Se deberían señalar las afecciones agudas, ya sean de efecto inmediato o diferido, como también las crónicas, resultantes tanto de exposiciones de corta duración como de exposiciones durante un largo período. También deberían mencionarse los peligros para la salud que podría entrañar el producto químico al entrar en reacción con otros productos químicos, y cuando haya lugar, las interacciones que resulten del consumo de medicamentos, tabaco o alcohol.

(l) Información ecológica

Se deberían indicar las características más importantes que pueden tener repercusiones sobre el medio ambiente. La índole y el detalle de la información requerida dependerán de la legislación nacional y las prácticas vigentes que se aplican en la empresa. Entre los tipos de información que debería facilitarse cuando haya lugar, se deberían señalar las eventuales vías de escape del producto químico que origine la situación de riesgo, su capacidad de persistencia y degradación, su potencialidad de acumulación biológica y su toxicidad en medio acuático, así como otras informaciones relativas a sus repercusiones tóxicas sobre el medio ambiente, como, por ejemplo, los efectos en las técnicas de descontaminación del agua.

(m) Informaciones sobre la eliminación del producto

Se deberían proporcionar métodos seguros de eliminación de un producto químico que pueda contener residuos de productos químicos peligrosos. Se debería recordar a los empleadores que pueden existir ya una legislación nacional y prácticas sobre la materia.

(n) Informaciones sobre el transporte

Se deberían señalar las precauciones especiales que el empleador debería conocer u observar durante el transporte de

productos químicos dentro o fuera de sus instalaciones. Se podría incluir también la información pertinente contenida en las Recomendaciones de las Naciones Unidas relativas al transporte de mercancías peligrosas o en otros convenios internacionales.

(o) Informaciones sobre reglamentación

En esta sección de la ficha de datos de seguridad se deberían incluir las informaciones relativas al etiquetado y marcado de los productos químicos. Se deberían mencionar también las disposiciones reglamentarias o las prácticas nacionales aplicables a los usuarios. Se debería recordar a los empleadores que se informaran acerca de los requisitos establecidos por la legislación y la práctica nacionales.

(p) Otras informaciones

Deberían incluirse otras informaciones que puedan ser importantes para la salud y la seguridad de los trabajadores, como por ejemplo: orientaciones para capacitar a los trabajadores en la utilización del producto, recomendaciones sobre usos y restricciones, referencias, fuentes de información esenciales para la compilación de la ficha de datos de seguridad, las coordenadas del contacto de asistencia técnica y la fecha de puesta en circulación de la ficha.

En la sección 6 del Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT se abordan ciertos principios generales relativos al control operativo de los productos químicos en el trabajo y se establece que, tras examinar estos productos, recopilar la información relativa a los peligros que de ellos dimanen y evaluar sus riesgos virtuales, las empresas deberán adoptar medidas para limitar la exposición de los trabajadores a los productos químicos peligrosos (con arreglo a las que se esbozan en las secciones 6.4 a 6.9 del Repertorio) con el fin de protegerles respecto a los riesgos que implica su utilización en el trabajo. Las medidas adoptadas deben eliminar o minimizar tales riesgos, preferiblemente mediante la *sustitución* por otros productos de peligrosidad reducida o nula o la elección de una *tecnología* mejor. Cuando ni la sustitución ni los controles técnicos resulten factibles, otras medidas como la puesta en marcha de prácticas y sistemas de trabajo seguros, los equipos de protección personal (EPP) y la oferta de información y formación facilitarán la atenuación de los riesgos y podrán aplicarse en ciertas actividades que exigen la utilización de productos químicos.

En los casos en que los trabajadores puedan verse expuestos a la acción de productos químicos peligrosos para la salud, deben ser protegidos respecto al riesgo de lesión o de enfermedad que éstos generan. Las exposiciones no deben exceder los límites u otros criterios de evaluación y control del medio ambiente de trabajo establecidos por la autoridad competente o por un organismo aprobado o reconocido por la misma de acuerdo con las normas nacionales o internacionales.

A continuación se indican las medidas de control relativas a la protección de los trabajadores que pueden adoptarse, combinándolas de la manera que resulte más conveniente:

1. Diseño y métodos de funcionamiento adecuados de las instalaciones:
 - sistemas de proceso y de manipulación en medios completamente aislados;
 - separación de un proceso peligroso de los operadores o de otros procesos;

2. Instalaciones, procesos o sistemas de trabajo que reduzcan al mínimo, supriman o puedan retener polvos peligrosos, vapores nocivos, etc., y que, en el caso de derrames y escapes, puedan circunscribir el área de contaminación:
 - recintos parcialmente aislados, dotados de sistemas de ventilación por extracción localizada (VEL);
 - VEL,
 - sistemas de ventilación general adecuada.
3. Sistemas y prácticas de trabajo:
 - reducción del número de trabajadores sometidos a exposición y exclusión de todo acceso no indispensable;
 - reducción del tiempo de exposición de los trabajadores;
 - limpieza periódica de las paredes o superficies contaminadas, etc.;
 - utilización y mantenimiento adecuados de las medidas de control técnico,
 - suministro de medios adecuados para almacenar y eliminar en condiciones de seguridad los productos químicos peligrosos para la salud.
4. Protección personal (cuando las medidas que anteceden resulten insuficientes, debe ponerse a disposición de los trabajadores el EPP adecuado, el cual debe ser utilizado hasta que los riesgos queden eliminados o hayan sido reducidos a un nivel considerado inocuo para la salud);
5. Prohibición de comer, mascar, beber y fumar en zonas contaminadas;
6. Suministro de medios e instalaciones adecuados para lavar, cambiarse y guardar la ropa, incluidas las instalaciones para el lavado de ropa contaminada;
7. Utilización de rótulos y carteles,
8. Procedimientos adecuados en caso de emergencia.

Los productos químicos con efectos cancerígenos, mutagénicos o teratogénicos para la salud se someterán a un control estricto.

Registro de datos

El registro de datos es un elemento esencial de las prácticas de trabajo que facilitan una utilización de productos químicos en condiciones de seguridad. Las empresas deben llevar registros en los que se consignen las mediciones de los productos químicos peligrosos en suspensión en el aire. Tales registros deben identificarse claramente, indicando la fecha, la zona de trabajo y la ubicación de las instalaciones. A continuación se refieren algunos aspectos de la sección 12.4 del Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT, en la que se abordan los requisitos relativos al registro de datos.

- Deben registrarse las mediciones efectuadas durante los muestreos individuales, con inclusión de los niveles de exposición calculados.
- Los registros mencionados deben estar a disposición de los trabajadores y sus representantes, así como de la autoridad competente.

Además de los resultados numéricos resultantes de las mediciones, la información obtenida mediante la vigilancia debe incluir, por ejemplo:

- el marcado de los productos químicos peligrosos;
- la ubicación, índole, dimensiones y otras características distintivas del lugar de trabajo en que se hayan realizado las mediciones estáticas; la ubicación exacta de los lugares donde se hayan efectuado las mediciones de vigilancia individuales, los nombres de los trabajadores implicados y la denominación de los cargos que ejercen;
- la fuente o fuentes de emisión de productos químicos en suspensión en el aire, su ubicación y el tipo de trabajo y operaciones que tenían lugar al tomarse las muestras;
- informaciones pertinentes sobre el desarrollo del proceso, las medidas de control técnico, la ventilación y las condiciones climáticas en relación con las emisiones;
- los instrumentos utilizados para el muestreo, sus accesorios y el método de análisis aplicado
- la fecha y la hora exacta del muestreo;
- el tiempo de exposición de los trabajadores, señalando si utilizaban o no equipos de protección respiratoria y otras observaciones relativas a la evaluación de la exposición,
- los nombres de las personas responsables de los muestreos y de las decisiones inferidas a partir de los análisis.

Los registros deben conservarse durante el período que determine la autoridad competente. Cuando no existan disposiciones al respecto, se recomienda que la empresa conserve los registros, o, en su defecto, un resumen apropiado de los mismos, durante:

1. treinta años, como mínimo, cuando los registros contengan datos sobre las exposiciones de trabajadores identificables,
2. cinco años, como mínimo, en todos los demás casos.

Información y formación

Una instrucción correcta y una formación de calidad son componentes esenciales de un programa de comunicación de riesgos eficaz. En el Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT *Seguridad en la utilización de productos químicos en el trabajo* se ofrecen principios generales de formación (secciones 10.1 y 10.2). Son los siguientes:

- Debe informarse a los trabajadores de los riesgos asociados a los productos químicos utilizados en el lugar de trabajo.
- Debe instruirse a los trabajadores sobre la forma de obtener y usar la información que aparece en las etiquetas y en las fichas de datos de seguridad.
- Debe impartirse a los trabajadores formación sobre el uso correcto y eficaz de las medidas de control, especialmente de

las medidas de control técnico y de las de protección personal puesta a disposición, procurando que comprendan su importancia.

- Las empresas deben utilizar las fichas de datos de seguridad, junto con la información específica relativa al lugar de trabajo, como base para la preparación de instrucciones destinadas a los trabajadores que, en su caso, se consignarán por escrito.
- Debe impartirse a los trabajadores formación continua acerca de los procedimientos y las prácticas que deben seguirse y su importancia para la seguridad en la utilización de productos químicos en el trabajo, y sobre el modo de proceder en casos de emergencia.

Revisión de las necesidades de formación

El alcance de la formación y la instrucción recibidas y exigidas debe revisarse y actualizarse simultáneamente a la revisión de los sistemas y las prácticas de trabajo a las que se hace referencia en la sección 8.2 (Revisión de los sistemas de trabajo).

En el marco de dicha revisión debe analizarse:

- el grado de comprensión de los trabajadores de las circunstancias en que deben utilizarse los equipos de protección y sus limitaciones;
- el grado de comprensión de los trabajadores respecto a la utilización más eficaz de las medidas de control técnico adoptadas;
- el dominio de los trabajadores de los procedimientos aplicables en casos de emergencia en el uso de productos químicos peligrosos,
- los procedimientos de intercambio de información entre trabajadores de turnos diferentes.

SISTEMAS DE CLASIFICACION Y ETIQUETADO PARA PRODUCTOS QUIMICOS

**Konstantin K. Sidorov e
Igor V. Sanotskiy**

Los sistemas de clasificación y etiquetado de riesgos se incluyen en la legislación en materia de seguridad en la producción, el transporte, la utilización y la evacuación de productos químicos. Estas clasificaciones se diseñan para facilitar una transmisión sistemática y completa de información sanitaria. A escala nacional, regional e internacional sólo se dispone de un número reducido de sistemas clasificación y etiquetado significativos. Los criterios y las definiciones utilizadas en estos sistemas varían en cuanto al número y al grado de las escalas de riesgo, la terminología específica, los métodos de ensayo y la metodología para clasificar las mezclas de sustancias químicas o preparados. La creación de una estructura internacional para la armonización de dichos sistemas ejercería un efecto positivo en el comercio de productos químicos, el intercambio de información sobre los mismos, el coste de su evaluación de riesgos y su gestión y, en definitiva, la protección de los trabajadores, la población en general y el medio ambiente.

El fundamento de la clasificación de productos químicos consiste en la evaluación de los niveles de exposición y el impacto ambiental (agua, aire y suelo). En torno a la mitad de los sistemas internacionales incorporan criterios relacionados con el volumen de producción de cada sustancia química o los efectos de las emisiones de contaminantes. Los criterios más generalizados en la clasificación de productos químicos se basan en los valores de la dosis letal media (LD₅₀) y la concentración

letal media (LC₅₀). Estos se evalúan en animales de laboratorio a través de tres vías principales (oral, dérmica e inhalación) en una exposición única. Los valores de LD₅₀ y LC₅₀ se comprueban en las mismas especies animales y con las mismas vías de exposición. En la República de Corea se considera asimismo la LD₅₀ mediante administración intravenosa e intracutánea. En Suiza y Yugoslavia, la legislación sobre gestión de productos químicos exige la aplicación de criterios cuantitativos en la

estimación de la LD₅₀ en la administración oral y contempla la posibilidad de establecer clasificaciones de riesgos diferentes en función de la vía de exposición.

Además, existen disparidades en las definiciones de niveles de riesgo comparables. Mientras que en el sistema de la Comunidad Europea (CE) se utiliza una escala de toxicidad aguda de tres niveles ("muy tóxico", "tóxico" y "nocivo"), en la Norma de comunicación de riesgos de la Administración para la Salud y la

Sistemas de clasificación

3.1. Generalidades

3.1.1. La autoridad competente, o el órgano aprobado o reconocido por ella, debería establecer sistemas y criterios específicos de clasificación sobre la peligrosidad de los productos químicos y debería extender progresivamente estos sistemas, así como su aplicación. Podrán adoptarse los criterios de clasificación ya establecidos por otras autoridades competentes o en acuerdos internacionales, con la condición de que sean compatibles con los criterios y métodos expuestos en este repertorio, y se insta a proceder así cuando ello contribuya a armonizar los conceptos. Cuando hubiere lugar, deberían considerarse los resultados del trabajo del grupo de coordinación del Programa Internacional PNUMA/OIT/OMS de Seguridad de las Sustancias Químicas (IPCS) para la armonización de la clasificación de productos químicos. Las responsabilidades y funciones de las autoridades competentes respecto a los sistemas de clasificación se establecen en los párrafos 2.1.8 (sistemas y criterios específicos), 2.1.9 (lista integrada) y 2.1.10 (evaluación de los nuevos productos químicos).

3.1.2. Los proveedores deberían asegurarse de que los productos químicos que suministran han sido clasificados y de que sus propiedades han sido evaluadas e identificadas [véanse los párrafos 2.4.3 (evaluación) y 2.4.4 (clasificación)].

3.1.3. Los fabricantes o los importadores que no estén eximidos de hacerlo deberían facilitar a la autoridad competente información acerca de los elementos y los compuestos químicos que no se hayan incorporado aún en la lista integrada de clasificación elaborada por la autoridad competente, antes de su utilización en el trabajo [véase el párrafo 2.1.10 (evaluación de los nuevos productos químicos)].

3.1.4. Las cantidades mínimas de un nuevo producto químico requeridas para la investigación y desarrollo se podrían producir en laboratorios y en plantas piloto, y manipular y transportar entre laboratorios y plantas piloto antes de que se conozcan los riesgos que comporte dicho producto químico, de conformidad con la legislación y las reglamentaciones nacionales. Se debería tener en cuenta toda la información disponible impresa o conocida por el empleador a lo largo de su experiencia con productos químicos y aplicaciones similares, y se deberían aplicar las medidas de protección adecuadas como si se tratase de un producto químico peligroso. Asimismo, a los trabajadores que traten con dicho producto se les debería comunicar la información obtenida sobre los peligros que conlleva.

3.2. Criterios de clasificación

3.2.1. Los criterios de clasificación de los productos químicos deberían basarse en los riesgos físicos y para la salud que entrañan dichos productos, entre ellos:

- (a) propiedades tóxicas, incluidos los efectos agudos y crónicos sobre la salud en cualquier parte del cuerpo;
- (b) características químicas o físicas, incluidas sus propiedades inflamables, explosivas, comburentes y aquellas que puedan provocar reacciones peligrosas;
- (c) propiedades corrosivas e irritantes;

- (d) efectos alérgicos y sensibilizantes;
- (e) efectos cancerígenos;
- (f) efectos teratogénos y mutágenos;
- (g) efectos sobre el sistema reproductor.

3.3. Métodos de clasificación

3.3.1. La clasificación de los productos químicos debería basarse en las fuentes de información disponibles, es decir:

- (a) datos obtenidos en las pruebas;
- (b) información proporcionada por el fabricante o el importado, incluida la información sobre la labor de investigación realizada;
- (c) información suministrada en las normas de transporte internacional, verbigracia, las Recomendaciones de las Naciones Unidas relativas al transporte de mercancías peligrosas, que deberían tenerse en cuenta para la clasificación de los productos químicos en lo que se refiere a su transporte, y el Convenio de Basilea del PNUMA sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación (1989), que debería tenerse en cuenta respecto de los desechos peligrosos;
- (d) bibliografía o documentación de referencia;
- (e) experiencia práctica;
- (f) en el caso de mezclas, información obtenida a partir de las pruebas realizadas del compuesto o de los riesgos conocidos de sus componentes;
- (g) información proporcionada por la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC), el Programa Internacional PNUMA/OMS/OIT de Seguridad de las Sustancias Químicas (IPCS), las Comunidades Europeas y distintas instituciones nacionales e internacionales, así como la información disponible mediante sistemas tales como el Registro Internacional de Productos Químicos Potencialmente Tóxicos (RPOPT) del PNUMA sobre la evaluación de los riesgos del trabajo efectuado.

3.3.2. Algunos de los sistemas de clasificación vigentes pueden limitarse de forma exclusiva a determinadas clases de productos químicos. En la *Clasificación Recomendada de Plaguicidas según el Riesgo y Directrices para la Clasificación*, de la OMS, por ejemplo, se clasifican los plaguicidas únicamente según el grado de toxicidad, en función de los riesgos más graves que entrañan para la salud. Los empleadores y los trabajadores deberían ser conscientes de las limitaciones de todos estos sistemas, que pueden ser útiles para complementar un sistema de aplicación más general.

3.3.3. Los compuestos químicos deberían clasificarse según los riesgos manifestados por las propias mezclas. En el caso de que no se hayan ensayado las mezclas en su totalidad, los compuestos deberían clasificarse sobre la base de los riesgos que entrañan sus componentes químicos.

Fuente: OIT 1993, capítulo 3.

Seguridad en el Trabajo de Estados Unidos (OSHA) se recogen dos niveles de toxicidad aguda (“extremadamente tóxico” y “tóxico”). En la mayoría de las clasificaciones se aplican tres categorías (Naciones Unidas (NU), Banco Mundial, Organización Marítima Internacional (OMI), CE y otras) o cuatro (antiguo Consejo de Ayuda Económica Mutua (CAEM), Federación Rusa, China, México y Yugoslavia).

Sistemas internacionales

El análisis de los sistemas de etiquetado y clasificación de productos químicos existentes que se ofrece a continuación se centra fundamentalmente en las estructuras más importantes con una amplia experiencia de aplicación. Las evaluaciones de los riesgos de los plaguicidas no se incluyen en las clasificaciones generales de productos químicos, pero se abordan en las de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS), así como en diversas legislaciones nacionales (p. ej., Bangladesh, Bulgaria, China, Federación Rusa, Polonia, República de Corea, Sri Lanka, Venezuela y Zimbabwe).

Clasificaciones basadas en el transporte

Las clasificaciones basadas en el transporte, de amplia aplicación, fundamentan las normativas en materia de etiquetado, envasado y transporte de mercancías peligrosas. Entre estas clasificaciones figuran las Recomendaciones de las Naciones Unidas relativas al transporte de mercancías peligrosas (UNRTDG), el Código marítimo internacional de mercancías peligrosas de la OMI, la clasificación establecida por el Grupo mixto de expertos sobre los aspectos científicos de la contaminación marítima (GEAMCCM) respecto a las sustancias químicas peligrosas transportadas en buques y diversas clasificaciones de transporte nacionales. En general, éstas se ajustan a las clasificaciones de las Naciones Unidas, la OMI y otros organismos, en el marco de acuerdos internacionales sobre transporte de mercancías peligrosas, por vía aérea, ferrocarril, carretera y navegación fluvial, armonizadas con el sistema de las Naciones Unidas.

Recomendaciones de las Naciones Unidas relativas al transporte de mercancías peligrosas y disposiciones afines en materia de transporte

Las UNRTDG han dado lugar a la creación de un sistema mundial de amplia aceptación que constituye un marco para la formulación de normativas en materia de transporte regional, internacional y combinado. Las Recomendaciones son cada vez más utilizadas como base de los reglamentos nacionales sobre transporte. Sus disposiciones son más bien generales en cuestiones como la notificación, la identificación y la comunicación de riesgos. Su alcance se ha restringido al transporte de sustancias peligrosas envasadas; las Recomendaciones no se aplican a los productos químicos expuestos ni al transporte a granel. Inicialmente, el objetivo era evitar que las mercancías peligrosas provocasen lesiones agudas a los trabajadores o a la población en general y que dañasen otros artículos o los medios de transporte empleados (aeronaves, buques, trenes o vehículos para el desplazamiento por carretera). Actualmente, el sistema se ha ampliado para incluir el amianto y otras sustancias que entrañan riesgos para el medio ambiente.

Las UNRTDG se ocupan esencialmente de la comunicación de riesgos basada en la aplicación de etiquetas que consisten en una combinación de símbolos gráficos, colores, palabras de advertencia y códigos de clasificación. Asimismo, ofrecen datos fundamentales a los equipos de actuación en caso de emergencia. Las Recomendaciones se aplican a la protección de trabajadores del sector del transporte como los miembros de las tripulaciones aéreas, los marineros y las dotaciones de trenes y

vehículos de transporte por carretera. En muchos países, se han incorporado en la legislación sobre protección de los trabajadores portuarios. Componentes del sistema como las Recomendaciones en materia de explosivos han sido adaptados a las normativas regionales y nacionales aplicadas en el lugar de trabajo, normalmente en lo que se refiere a su fabricación y almacenamiento. Otras organizaciones de las Naciones Unidas que se ocupan de cuestiones relacionadas con el transporte han adoptado las UNRTDG. Los sistemas de clasificación para el transporte de mercancías peligrosas de Australia, Canadá, India, Jordania, Kuwait, Malasia y el Reino Unido, por ejemplo, se atienen en esencia a los principios fundamentales de estas Recomendaciones.

En la clasificación de las Naciones Unidas se subdividen los productos químicos en nueve clases en función del riesgo:

- 1ª clase: sustancias explosivas;
- 2ª clase: gases comprimidos, licuados, disueltos bajo presión y altamente condensados;
- 3ª clase: líquidos fácilmente inflamables;
- 4ª clase: sustancias sólidas fácilmente inflamables;
- 5ª clase: sustancias oxidantes, peróxidos orgánicos;
- 6ª clase: sustancias nocivas (tóxicas) e infecciosas;
- 7ª clase: sustancias radiactivas;
- 8ª clase: agentes corrosivos;
- 9ª clase: otras sustancias peligrosas.

El embalaje de mercancías para su transporte, un aspecto considerado en las UNRTDG, no se aborda con el mismo detenimiento en otros sistemas. Como ayuda a la aplicación de las Recomendaciones, organizaciones como la OMI y la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) llevan a cabo programas muy significativos encaminados a la capacitación de los trabajadores portuarios y del personal aeroportuario en el reconocimiento de la información contenida en las etiquetas y en las normas de embalaje.

La Organización Marítima Internacional

La OMI, con un mandato derivado de la Conferencia sobre la seguridad de la vida en el mar de 1960 (SOLAS 1960), ha elaborado el Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG). Este instrumento completa las disposiciones obligatorias del capítulo VII (Transporte de mercancías peligrosas) de SOLAS 74 y del Anexo III del Convenio sobre contaminación marítima (MARPOL 73/78). El Código IMDG ha sido desarrollado y actualizado durante más de 30 años en estrecha colaboración con el Comité de Expertos de las Naciones Unidas sobre transporte de mercancías peligrosas (CETG) y ha sido adoptado por 50 miembros de la OMI, lo que permite su aplicación a un 85 % del volumen de mercancías de este tipo transportadas en el mundo.

La armonización del Código IMDG con las UNRTDG garantiza la compatibilidad con las normas nacionales e internacionales aplicables al transporte de mercancías peligrosas a través de otros medios, en la medida en que estas otras normas se basen asimismo en las recomendaciones del UNCETG, es decir las Instrucciones técnicas de la OACI para el transporte seguro de mercancías peligrosas por vía aérea y los Reglamentos europeos relativos al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR) y por ferrocarril (RID).

En 1991, la 17ª Asamblea de la OMI adoptó una Resolución sobre la coordinación del trabajo en cuestiones relativas a las mercancías y las sustancias peligrosas, en la que, entre otras cosas, se instaba a los organismos de las Naciones Unidas y a los gobiernos a coordinar sus actividades con el fin de garantizar la compatibilidad de la legislación existente en materia de productos químicos y mercancías y sustancias peligrosas con las normas internacionales de transporte establecidas.

Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, 1989

En los anexos al Convenio se definen 47 categorías de desechos, incluidos los domésticos. Aunque la clasificación de riesgos es comparable a la de las UNRTDG, una diferencia significativa entre ambas consiste en la inclusión en la primera de tres categorías adicionales que reflejan con mayor detalle la naturaleza de los desechos tóxicos: toxicidad crónica, liberación de gases tóxicos por la interacción de los desechos con el aire o el agua y capacidad de los desechos para generar material tóxico secundario tras su evacuación.

Plaguicidas

Los sistemas nacionales de clasificación relativos a la evaluación de riesgos de los plaguicidas suelen caracterizarse por su exhaustividad debido a la utilización generalizada de estos productos químicos y su capacidad para dañar el medio ambiente de forma permanente. En estos sistemas pueden identificarse de dos a cinco clasificaciones de riesgos. Los criterios se basan en las dosis letales medias con diversas vías de exposición. Mientras Venezuela y Polonia sólo reconocen una vía, la ingestión, la OMS y otros países consideran además el contacto con la piel.

Los criterios para evaluar los riesgos de los plaguicidas en los países de Europa oriental, Chipre, Zimbabue, China y otros se basan en las dosis letales medias por inhalación. En cambio, en Bulgaria se tienen en cuenta la irritación de la piel y de los ojos, la sensibilización, la capacidad de acumulación, la persistencia en el medio ambiente, los efectos blastogénicos y teratogénicos, la embriotoxicidad, la toxicidad aguda y el tratamiento médico. Asimismo, en numerosas clasificaciones de plaguicidas se aplican criterios específicos basados en las dosis letales medias con diferentes estados de agregación. Por ejemplo, los criterios relativos a los plaguicidas líquidos son más estrictos que los aplicados a los sólidos.

Clasificación de plaguicidas en función del riesgo recomendada por la OMS

Esta clasificación fue publicada por primera vez en 1975 por la OMS y ha sido actualizada periódicamente con posterioridad por el Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la OIT y la OMS (PNUMA/OIT/OMS), en el que ha colaborado la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Consiste en una categoría de riesgo o criterio de clasificación, la toxicidad aguda, dividida en cuatro niveles de clasificación basados en la LD₅₀ (valores en ratas, orales y dérmicos para formas líquidas y sólidas), que van de la calificación de extremadamente peligroso a la de ligeramente peligroso. Aparte de las consideraciones generales, no se establecen normas específicas de etiquetado. La versión actualizada de 1996-1997 contiene una guía de la clasificación en la que figura una lista de los plaguicidas catalogados y procedimientos generales de seguridad. (Véase el capítulo *Minerales y productos químicos para la agricultura*.)

Código internacional de conducta de la FAO sobre la distribución y el uso de plaguicidas.

La clasificación de la OMS se apoya en otro documento, el *Código internacional de conducta de la FAO sobre la distribución y el uso de plaguicidas*. Aunque sólo se trata de una recomendación, la aplicación de esta clasificación es generalizada en los países en desarrollo, donde suele incluirse en la legislación nacional pertinente. En lo que respecta al etiquetado, la FAO ha publicado *Directrices sobre buenas prácticas de etiquetado de plaguicidas* como anexo al código mencionado.

Sistemas regionales (CE, AELC, CAEM)

La Directiva del Consejo (CE) 67/548/CEE se ha mantenido en vigor durante más de dos decenios y ha permitido la armonización de la legislación de 12 países en la materia. Ha dado lugar a la creación de un sistema que comprende un inventario de las sustancias químicas existentes, un procedimiento de notificación de las nuevas sustancias con anterioridad a su comercialización, un conjunto de categorías de riesgos, criterios de clasificación para cada categoría, métodos de ensayo y un sistema de comunicación de riesgos en el que se aborda el etiquetado con mensajes codificados sobre riesgo y seguridad y símbolos indicativos de peligro. Los preparados químicos (mezclas de sustancias químicas) se rigen por la Directiva del Consejo 88/379/CEE. La definición de los elementos que figuran en las fichas de datos de seguridad es prácticamente idéntica a la utilizada en la Recomendación núm. 177 de la OIT, como se ha referido en el presente capítulo. Se ha elaborado un conjunto de criterios de clasificación y una etiqueta destinada a las sustancias químicas peligrosas para el medio ambiente. Las Directivas regulan las sustancias químicas comercializadas, con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente. Las catorce categorías establecidas se dividen en dos grupos relacionados respectivamente con las propiedades fisicoquímicas (explosivas, oxidantes, extremadamente inflamables, altamente inflamables, inflamables) y las toxicológicas (muy tóxicas, tóxicas, nocivas, corrosivas, irritantes, cancerígenas, mutagénicas, tóxicas para la reproducción, peligrosas para la salud o el medio ambiente).

La Comisión de las Comunidades Europeas (CCE) dispone de una ampliación del sistema específicamente dirigida al lugar de trabajo. Además, estas medidas relativas a las sustancias químicas deben considerarse en el marco general de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contemplada en la Directiva 89/391/CEE y otras directivas específicas. A excepción de Suiza, los países de la AELC se atienen en gran medida al sistema de la CE.

Antiguo Consejo de Ayuda Económica Mutua (CAEM)

Este sistema fue elaborado bajo los auspicios de la Comisión Permanente para la Cooperación en Materia de Salud Pública del CAEM, de la que formaban parte Polonia, Hungría, Bulgaria, la antigua URSS, Mongolia, Cuba, Rumania, Vietnam y Checoslovaquia. China sigue utilizando un sistema similar en concepto. Consta de dos categorías de clasificación, toxicidad y riesgo y se aplica una escala de catalogación de cuatro niveles. Otro elemento del sistema del CAEM es la imposición del requisito de preparar un "pasaporte toxicológico de los nuevos compuestos químicos introducidos en la economía y en la vida doméstica". Se definen asimismo los criterios de capacidad de irritación, efectos alérgicos, sensibilización, carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad, antifertilidad y riesgo ecológico. No obstante, la base científica y la metodología de comprobación relacionadas con los criterios de clasificación difieren significativamente de los utilizados por otros sistemas.

Las disposiciones relativas al etiquetado en el lugar de trabajo y los símbolos indicativos de riesgo también son diferentes. Se utiliza el sistema de las UNRTDG en el etiquetado de mercancías para su transporte, pero no parece existir ningún vínculo entre los dos sistemas. No se formulan recomendaciones específicas respecto a las fichas de datos de seguridad para productos químicos. El sistema se describe en detalle en el Estudio Internacional de Sistemas de Clasificación del Registro internacional de productos químicos potencialmente tóxicos (RIPQPT) del PNUMA. Aunque el sistema del CAEM incluye la mayoría de los elementos básicos de otros sistemas de clasificación, difiere significativamente de éstos en lo que respecta a la metodología

de evaluación de riesgos y utiliza las normas de exposición como unos de los criterios de clasificación de riesgos.

Ejemplos de sistemas nacionales

Australia

Australia promulgó la Ley de notificación y evaluación de productos químicos industriales en 1989 y otra ley similar en 1992 relativa a los productos químicos de uso agrario y veterinario. El sistema australiano es similar al de la CE. La diferencia principal radica en su utilización de la clasificación de las UNRTDG (es decir, la inclusión de las categorías de gas comprimido, sustancias radiactivas y otras).

Canadá

El Sistema de información sobre materiales peligrosos en el lugar de trabajo (WHMIS) comenzó a aplicarse en 1988 en virtud de una combinación de leyes federales y provinciales diseñadas para llevar a la práctica la transferencia de información sobre materiales peligrosos ofrecida por productores, proveedores e importadores a las empresas y, a través de éstas, a los trabajadores. Se aplica en todos los sectores y lugares de trabajo de Canadá. El WHMIS es un sistema de comunicación dirigido principalmente a la gestión de los productos químicos industriales y compuesto por tres elementos interrelacionados que forman parte de la comunicación de riesgos: etiquetas, fichas de datos de seguridad sobre productos químicos y programas de formación de los trabajadores. A la consolidación de este sistema contribuyó la creación y la distribución comercial con anterioridad en todo el mundo de una base de datos informatizada, disponible actualmente en disco compacto, que contiene más de 70.000 de las fichas mencionadas, remitidas de forma voluntaria al Canadian Centre for Occupational Health and Safety por fabricantes y proveedores.

Japón

En Japón, el control de los productos químicos se rige fundamentalmente por dos leyes. En primer lugar, la Ley de control de sustancias químicas, modificada en 1987, cuyo objetivo es la prevención de la contaminación ambiental debida a las sustancias químicas escasamente biodegradables y nocivos para la salud humana. En esta ley se define un procedimiento de notificación previo a la comercialización y tres clases de riesgo:

- Clase 1: sustancias químicas especificadas (baja biodegradación, alta bioacumulación, riesgo para la salud humana).
- Clase 2: sustancias químicas especificadas (bajas biodegradación y bioacumulación, riesgo para la salud humana y de contaminación del medio ambiente en grandes áreas).
- Clase 3: sustancias designadas (bajas biodegradación y bioacumulación, posibilidad de riesgo para la salud humana).

Se definen medidas de control y se ofrece una relación de las sustancias químicas existentes.

En segundo lugar, la Ley de salud y seguridad industrial, constituye un sistema paralelo con su propia relación de "sustancias químicas especificadas" que exigen etiquetado. Las sustancias se clasifican en cuatro grupos (plomo, tetralquilo de plomo, disolventes orgánicos, sustancias químicas especificadas). Los criterios de clasificación son: *a)* posibilidad de deterioro grave de la salud; *b)* posibilidad de deterioro frecuente de la salud, y *c)* deterioro de la salud en la práctica. Otras leyes en las que se aborda el control de las sustancias químicas peligrosas son la Ley de control de explosivos, la Ley de control de los gases de alta presión, la Ley de prevención de incendios, la Ley de higiene alimentaria y la Ley de medicamentos, cosméticos e instrumentos médicos.

Estados Unidos

La Norma de comunicación de riesgos (HCS), promulgada por la OSHA y de carácter obligatorio, es una disposición vinculante orientada al lugar de trabajo que se refiere a otras leyes vigentes. Su objetivo es garantizar que todas las sustancias químicas producidas o importadas sean evaluadas y que la información referente a sus riesgos sea transmitida a las empresas y a los trabajadores mediante un programa de comunicación exhaustivo. En éste se abordarán el etiquetado y otras formas de advertencia, así como las fichas de datos de seguridad sobre sustancias químicas y se impartirá formación. Se definen los contenidos mínimos de las etiquetas y las fichas de datos, pero la utilización de símbolos indicativos de peligro no es obligatoria.

De conformidad con la Ley de control de sustancias tóxicas (TSCA), por cuya aplicación vela la Environmental Protection Agency (EPA), se lleva un registro de unas 70.000 sustancias químicas. La EPA desarrolla reglamentos para complementar la HCS de la OSHA en los que se establecerán requisitos similares de evaluación y de comunicación a los trabajadores en el caso de los riesgos ambientales derivados de las sustancias químicas que figuran en el registro. De acuerdo con la TSCA, con anterioridad a la producción o la importación de sustancias que no consten en el registro, el fabricante debe remitir una nota de prefabricación. La EPA puede imponer la realización de pruebas u otros requisitos basándose en el examen de dicha nota. Las nuevas sustancias químicas que acceden al mercado son incluidas en el registro.

Etiquetado

Las etiquetas que figuran en los recipientes de sustancias químicas peligrosas constituyen la primera señal de advertencia acerca del riesgo inherente a las mismas, y deben ofrecer información básica sobre los procedimientos de manipulación seguros, las medidas de protección, los primeros auxilios en caso de emergencia y los peligros de la sustancia en cuestión. Asimismo, la etiqueta debe incluir la identidad de las sustancias químicas peligrosas y el nombre y la dirección de su fabricante.

El etiquetado consiste en la disposición de mensajes por escrito, así como de símbolos gráficos y colores, aplicados directamente al producto, el envase o la etiqueta. Las marcas deben ser claras, de fácil comprensión y capaces de soportar condiciones climáticas adversas. Además, deben situarse contra un fondo que contraste con los datos que acompañan al producto o con el color del recipiente. La ficha técnica de seguridad (FTS) ofrece una información más detallada sobre el carácter de los riesgos inherentes al producto químico y las instrucciones de seguridad pertinentes.

Aunque actualmente no existen requisitos de etiquetado armonizados a escala mundial, se han adoptado normas internacionales, nacionales y regionales para el etiquetado de sustancias peligrosas. Así, la Ley sobre productos químicos (Finlandia), la Ley de productos peligrosos (Canadá) y la Directiva (CE) 67/548 incluyen disposiciones en esta materia. Los requisitos mínimos en cuanto al contenido de las etiquetas impuestos en los sistemas de la Unión Europea, Estados Unidos y Canadá son relativamente similares.

Varias organizaciones internacionales han establecido este tipo de requisitos para la manipulación de productos químicos en el lugar de trabajo y en el transporte. Las etiquetas, los símbolos indicativos de peligro, los mensajes de riesgo y seguridad y los códigos de emergencia de la Organización Internacional de Normalización (ISO), las UNRTDG, la OIT y la UE se analizan a continuación.

En la sección sobre etiquetado de la guía 51 de ISO/CEI, *Directrices para la inclusión de los aspectos de la seguridad en las normas,*

se recogen pictogramas comúnmente reconocidos (dibujo, color, signo). Además, se incluyen mensajes de advertencia breves y sencillos que alertan al usuario respecto a los posibles riesgos y ofrecen información sobre las medidas preventivas en materia de salud y seguridad.

En las directrices se recomienda la utilización de las siguientes expresiones de "aviso" para advertir al usuario:

- PELIGRO: peligro inminente
- MANEJAR CON PRECAUCION: peligro intermedio
- ATENCION: peligro potencial.

En las UNRTDG se establecen cinco pictogramas principales para un reconocimiento visual sencillo de las mercancías peligrosas y la identificación de los riesgos significativos:

- bomba: explosivo
- llama: inflamable
- calavera y huesos cruzados: tóxico
- trébol: radiactivo
- líquido que se derrama de dos tubos de ensayo en una mano y una pieza de metal: corrosivo.

Estos símbolos se completan con otras representaciones como:

- sustancias oxidantes: llama sobre un círculo
- gases no inflamables: una botella de gas
- sustancias infecciosas: tres símbolos de medialuna colocados sobre un círculo
- sustancias nocivas que deben almacenarse aisladas: cruz de San Andrés colocada sobre una espiga.

El Convenio sobre la seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo, 1990 (núm. 170) y la correspondiente Recomendación, 1990 (núm. 177) fueron adoptados en la 77ª Reunión de la Conferencia Internacional del Trabajo (CIT). En ellos se establecen los requisitos relativos al etiquetado de sustancias químicas con el fin de garantizar la comunicación de la información básica sobre riesgos. El Convenio estipula que la información contenida en las etiquetas debe ser fácilmente comprensible y referir al usuario los riesgos potenciales y las medidas de precaución pertinentes. En lo que respecta al transporte de mercancías peligrosas, el Convenio se remite a las UNRTDG.

En la Recomendación se esbozan los requisitos de etiquetado con arreglo a los sistemas nacionales e internacionales existentes y se definen los criterios para la clasificación de sustancias químicas, incluidas las propiedades físicas y químicas, la toxicidad, las propiedades necróticas e irritantes, y los efectos alérgicos, teratogénicos, mutagénicos y sobre la reproducción.

La Directiva (CE) del Consejo 67/548 establece la forma de la información que figura en las etiquetas: símbolos gráficos indicativos del peligro y pictogramas que incluyen mensajes sobre riesgos y seguridad. Los peligros se codifican mediante la letra latina R, acompañada de combinaciones de número arábigos del 1 al 59. Por ejemplo, R10 corresponde a "inflamable", R23 a "tóxico por inhalación". A este código se adjunta uno de seguridad que consiste en la letra S y combinaciones de números del 1 al 60. Así, S39 significa "Utilizar protección ocular/facial". Los requisitos de etiquetado de la CE sirven como referencia para las empresas químicas y farmacéuticas de todo el mundo.

A pesar del esfuerzo significativo dedicado por las diversas organizaciones internacionales y regionales a la obtención, la evaluación y la organización de datos sobre riesgos químicos, aún falta coordinar todas las iniciativas, sobre todo en lo que se refiere a la normalización de los protocolos y los métodos de evaluación y la interpretación de la información. La OIT, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

(OCDE), el IPCS y otros órganos interesados han emprendido varias actividades internacionales encaminadas a facilitar la armonización mundial de los sistemas de clasificación y etiquetado de sustancias químicas. La creación de una estructura internacional que supervise las actividades de evaluación de los riesgos químicos beneficiaría en gran medida a los trabajadores, la población en general y el medio ambiente. Un proceso de armonización idóneo conciliaría la clasificación y el etiquetado de sustancias peligrosas aplicados al transporte, la comercialización y el lugar de trabajo y atendería a los intereses de los consumidores, los trabajadores y el medio ambiente.

SEGURIDAD EN LA MANIPULACION Y EL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS

A. E. Quím*

Antes de la recepción de una sustancia peligrosa para su almacenamiento, debe ofrecerse información a todos los usuarios respecto a su correcta manipulación. La planificación y el mantenimiento de las áreas destinadas al efecto son necesarios para evitar las pérdidas de material, los accidentes y los desastres. La prestación de unos servicios de conservación adecuados es esencial, y debe prestarse especial atención a las sustancias incompatibles, la ubicación conveniente de los productos y las condiciones climáticas.

Debe disponerse de instrucciones por escrito de las prácticas de almacenamiento oportunas, así como de fichas técnicas de seguridad (FTS) en las áreas donde se llevan a cabo estas tareas. La ubicación correspondiente a los distintos tipos de producto químico debe ilustrarse en un plano del almacén y en un registro químico. En éste figurarán la máxima cantidad permitida de todos los productos químicos en general y por clases. La totalidad de las sustancias debe recibirse en una sede central para su distribución a las distintas salas, depósitos y laboratorios. Asimismo, el área de recepción central resulta útil en el seguimiento de las sustancias que pueden acabar entrando en el sistema de evacuación de desechos. Un inventario de las sustancias ubicadas en las salas de almacén y los depósitos facilitará la estimación de la cantidad y la naturaleza de las destinadas a la evacuación en el futuro.

Los productos químicos almacenados serán examinados periódicamente, al menos una vez al año. Aquellos cuya vida útil en depósito haya expirado, estén deteriorados o se encuentren en recipientes con fugas deberán ser evacuados en condiciones de seguridad. Se utilizará un sistema FIFO ("primero en entrar, primero en salir") de gestión de existencias.

El almacenamiento de sustancias peligrosas debe ser supervisado por una persona competente y capacitada. Todos los trabajadores que deban acceder a las áreas de depósito recibirán una formación completa sobre las prácticas de trabajo seguras pertinentes, y un directivo encargado de la seguridad se ocupará de efectuar una inspección periódica de dichas áreas. Debe situarse una alarma de incendios en el interior o en las proximidades de las instalaciones de almacenamiento. Se recomienda evitar que un trabajador desarrolle su actividad sólo en las áreas donde se conserven sustancias tóxicas. Estas áreas deben ubicarse lejos de las zonas de producción, de los edificios ocupados por personas y de otras áreas de almacenamiento. Además, no deben situarse cerca de fuentes de ignición fijas.

* Adaptado de la 3ª edición, *Enciclopedia de la salud y la seguridad en el trabajo*.

Requisitos en materia de etiquetado y reetiquetado

La etiqueta es un elemento esencial para la organización de los productos químicos almacenados. Los depósitos y los envases deben identificarse mediante signos que indiquen el nombre del producto en cuestión. No deben aceptarse envases o botellas de gas comprimido que no presenten las etiquetas identificativas siguientes:

- identificación del contenido;
- descripción del riesgo principal (p. ej., líquido inflamable);
- precauciones para minimizar los riesgos y evitar accidentes;
- procedimientos correctos de primeros auxilios;
- procedimientos correctos para la limpieza de vertidos,
- instrucciones especiales para el personal médico en caso de accidente.

En la etiqueta podrán figurar asimismo mensajes de precaución para un almacenamiento correcto, como "Mantener en lugar fresco" o "Mantener el envase en lugar seco". Cuando ciertos productos peligrosos se entregan en cisternas, barriles o sacos y vuelven a ser embalados en el lugar de trabajo, los nuevos envases deben ser reetiquetados, de manera que el usuario pueda identificar la sustancia química y reconocer de inmediato sus riesgos.

Sustancias explosivas

Se incluyen en esta categoría todas las sustancias químicas, productos pirotécnicos y cerillas que son explosivos *per se*, así como otras sustancias como las sales metálicas sensibles que por sí mismas, en ciertas mezclas o sometidas a determinadas condiciones de temperatura, choque, fricción o acción química, pueden transformarse y experimentar una reacción explosiva. En el caso de los explosivos, la mayoría de los países han adoptado normativas estrictas en lo que se refiere a los requisitos de almacenamiento seguro y las precauciones que deben tomarse con el fin de evitar el robo para su utilización en actividades criminales.

Los lugares de almacenamiento deben situarse alejados de otros edificios y estructuras, de forma que puedan minimizarse los daños en caso de explosión. Los fabricantes de este tipo de sustancias elaboran instrucciones respecto al modo de almacenamiento más adecuado. Las áreas designadas al efecto deben dotarse de una estructura sólida y mantenerse bien cerradas cuando no son utilizadas. Los almacenes no deben situarse cerca de un edificio que contenga petróleo, aceite, material de desecho combustible o sustancias inflamables, o en el que se mantengan fuegos o llamas desnudas.

En algunos países, la legislación obliga a la ubicación de los polvorines a una distancia mínima de 60 metros respecto a centrales generadoras de energía, túneles, pozos mineros, diques, autopistas o edificios. Debe aprovecharse la protección que ofrecen accidentes naturales como colinas, hondonadas o bosques o selvas densos. En ocasiones, pueden situarse alrededor de los lugares de almacenamiento barreras artificiales de tierra o muros de piedra.

Los almacenes deben estar bien ventilados y libres de humedad. Debe utilizarse la iluminación natural, lámparas eléctricas portátiles o luces situadas fuera del área de almacenamiento. Los suelos han de construirse de madera o de otros materiales que no generen chispas. Debe evitarse la presencia de hierba seca, basura u otros materiales susceptibles de arder en la zona que rodea al lugar de almacenamiento. La pólvora y otras sustancias explosivas deben conservarse en salas separadas, en las que no se dispondrá de detonadores, herramientas u otros materiales afines. Se emplearán instrumentos no ferrosos para abrir los recipientes de explosivos.

Sustancias oxidantes

Este tipo de sustancias constituyen fuentes de oxígeno y, por tanto, son capaces de facilitar la combustión e intensificar la violencia de un incendio. Algunas generan oxígeno a la temperatura ambiente del almacén en el que se conserven, pero otras requieren la aplicación de calor. Si los envases de los materiales oxidantes se han deteriorado, su contenido puede mezclarse con otras sustancias combustibles y provocar una ignición. Este riesgo puede evitarse mediante el depósito de estos materiales en zonas de almacenamiento aisladas. No obstante, puede que esta práctica no siempre sea viable, como, por ejemplo, en el caso de los almacenes portuarios de mercancías en tránsito.

Es peligroso almacenar sustancias oxidantes potentes cerca de líquidos, aunque su punto de inflamación sea bajo, o de materiales inflamables, aunque lo sean sólo ligeramente. Resulta más seguro mantener todas las sustancias inflamables lejos del lugar en el que se conservan los oxidantes. El área de almacenamiento debe ser fresca, estar bien ventilada y tener una estructura ignífuga.

Sustancias inflamables

Se considera que un gas es inflamable cuando prende en presencia de aire u oxígeno. El hidrógeno, el propano, el butano, el etileno, el acetileno, el ácido sulfhídrico y el gas de carbón se encuentran entre los gases inflamables más comunes. Algunos como el cianuro de hidrógeno y el cianógeno son inflamables y tóxicos. Los materiales inflamables deben conservarse en lugares suficientemente frescos para evitar igniciones accidentales si los vapores se mezclan con el aire.

Los vapores de disolventes inflamables puede ser más pesados que el aire y moverse a ras de suelo hasta una fuente de ignición distante. Se han observado casos en los que los vapores inflamables generados por sustancias químicas derramadas han descendido por escaleras y huecos de ascensores y han prendido en pisos inferiores. Por tanto, es esencial la prohibición de fumar y de generar llamas desnudas en los lugares en que se manipulan o almacenan dichos disolventes.

Los bidones de seguridad portátiles aprobados constituyen los recipientes más seguros para almacenar sustancias inflamables. Los volúmenes de líquidos inflamables superiores a 1 litro deben depositarse en envases de metal. Habitualmente, se utilizan bidones de doscientos litros para transportar estas sustancias, pero estos recipientes no están concebidos para su almacenamiento a largo plazo. El tapón debe retirarse con cuidado y ser sustituido por una válvula de alivio de presión aprobada que evite el aumento de la presión interna debido al calor, el fuego o la exposición a la luz solar. Al transferir sustancias inflamables desde un equipo metálico, los trabajadores deben utilizar un sistema de traslado cerrado o disponer de una ventilación aspirante adecuada.

El área de almacenamiento debe situarse alejada de toda fuente de calor o de riesgo de incendio. Las sustancias altamente inflamables deben conservarse separadas de agentes oxidantes potentes y de materiales susceptibles de combustión espontánea. Cuando se almacenen líquidos de volatilidad elevada, deben instalarse aparatos y dispositivos eléctricos de iluminación de fabricación antideflagrante certificada y no se permitirá la generación de llamas desnudas en el lugar de almacenamiento o cerca de éste. Se dispondrá además de extintores de incendios y materiales inertes absorbentes como arena y tierra seca para su utilización en situaciones de emergencia.

Las paredes, los techos y los suelos de las salas de almacenamiento se construirán con materiales con una resistencia al fuego mínima de dos horas. Se utilizarán puertas cortafuegos de cierre automático. Las instalaciones de dichas salas dispondrán de toma a tierra eléctrica y serán inspeccionadas

periódicamente, o se equiparán con dispositivos automáticos de detección de humo o fuego. Las válvulas de control en los recipientes de almacenamiento que contengan líquidos inflamables se etiquetarán claramente y las tuberías se pintarán con colores de seguridad distintivos para indicar el tipo de líquido y la dirección del flujo. Los depósitos que contengan sustancias inflamables deben situarse sobre el suelo, en pendiente y alejados de los principales edificios e instalaciones del centro de producción. Si se colocan al nivel del suelo, puede obtenerse protección contra la propagación del fuego mediante el mantenimiento de distancias de separación adecuadas y la disposición de diques. Preferiblemente, la capacidad de éstos debe superar en 1,5 veces la del depósito de almacenamiento, debido a la probabilidad de que el líquido inflamable se derrame al calentarse. Estos depósitos deben dotarse de dispositivos de ventilación y placas cortafuegos. Debe disponerse asimismo de extintores de incendios, ya sean automáticos o manuales. No debe permitirse fumar.

Sustancias tóxicas

Las sustancias químicas tóxicas deben conservarse en áreas frescas y bien ventiladas lejos de fuentes de calor, ácidos, humedad y sustancias oxidantes. Los compuestos volátiles deben almacenarse en refrigeradores que no generen chispas ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) para evitar la evaporación. Puesto que los envases pueden sufrir fugas, las salas de almacenamiento deben equiparse con campanas de evacuación de humos u otros dispositivos de ventilación local equivalentes. Los envases abiertos deben cerrarse con cinta u otro elemento obturador antes de su recolocación en la sala de almacenamiento. Las sustancias que pueden reaccionar químicamente entre sí deben mantenerse en ubicaciones separadas.

Sustancias corrosivas

Se trata de ácidos, álcalis y otras sustancias que pueden provocar quemaduras o irritación de la piel, las membranas mucosas o los ojos, o que deterioran la mayoría de los materiales. Son ejemplos típicos el ácido fluorhídrico, el ácido clorhídrico, el ácido sulfúrico, el ácido nítrico, el ácido fórmico y el ácido perclórico. Estos materiales pueden dañar sus recipientes y propagarse en la atmósfera del área de almacenamiento; algunos son volátiles y otros reaccionan violentamente con la humedad, la materia orgánica u otras sustancias químicas. Los vapores de ácido pueden corroer los materiales estructurales y los equipos y ejercer una acción tóxica sobre el personal. Este tipo de sustancias deben mantenerse a baja temperatura, pero muy por encima de su punto de congelación, ya que un compuesto como el ácido acético puede congelarse a una temperatura relativamente alta, romper su envase y propagarse cuando la temperatura vuelva a superar dicho punto.

Asimismo, algunas sustancias corrosivas pueden tener otras propiedades peligrosas; por ejemplo, el ácido perclórico, además de ser sumamente corrosivo, constituye un potente agente oxidante capaz de causar incendios y explosiones. El *Aqua regia* presenta tres características peligrosas: *a)* combina las propiedades corrosivas de sus dos componentes, el ácido clorhídrico y el ácido nítrico; *b)* es un agente oxidante muy potente, y *c)* una aplicación limitada de calor basta para dar lugar a la formación de cianuro de cloro, un gas de gran toxicidad.

Las áreas de almacenamiento destinadas a las sustancias corrosivas deben aislarse del resto del centro de producción o de otros depósitos de mercancías mediante la disposición de paredes y suelos impermeables, previendo además la evacuación de derrames en condiciones de seguridad. Los suelos deben realizarse de bloques de hormigón que no haya sido tratado para reducir su solubilidad, o de otro material resistente. Dichas

áreas deben contar con una ventilación adecuada. No se utilizará una misma área para el almacenamiento simultáneo de compuestos de ácido nítrico y compuestos de ácido sulfúrico. En ocasiones, es necesario depositar líquidos corrosivos y tóxicos en envases especiales; por ejemplo, el ácido fluorhídrico debe conservarse en botellas de plomo, gutapercha o de ozokerita refinada. Puesto que este ácido interactúa con el cristal, no debe almacenarse cerca de bombonas de este material o de barro que contengan otros ácidos.

Las bombonas que contengan ácidos corrosivos deben envasarse con diatomita (tierra de infusorios) u otro material inorgánico aislante eficaz. Los equipos de primeros auxilios necesarios, como las duchas de emergencia o las botellas de colirio, deben situarse en el lugar de almacenamiento o muy cerca de éste.

Productos químicos que reaccionan con el agua

Algunos productos químicos, como los metales de sodio y de potasio, reaccionan con el agua, generando calor y gases inflamables o explosivos. Algunos catalizadores de polimerización, como los compuestos alquílicos de aluminio, reaccionan violentamente y prenden en contacto con el agua. Las instalaciones para la conservación de este tipo de productos no deben presentar dicho elemento en el área de almacenamiento. Deben emplearse sistemas de pulverización automáticos sin agua.

Legislación

En numerosos países se ha desarrollado legislación detallada con el fin de regular el modo de almacenar diversas sustancias peligrosas; en estas leyes se abordan las especificaciones siguientes:

- tipo de edificio, localización, cantidades máximas de las diversas sustancias que pueden almacenarse en un lugar determinado;
- tipo de ventilación exigido;
- precauciones que deben adoptarse contra incendios, explosiones y emisión de sustancias peligrosas;
- tipo de iluminación (p. ej., equipos eléctricos y dispositivos de iluminación ininflamables cuando se almacenen materiales explosivos o inflamables)
- número y ubicación de salidas de incendios;
- medidas de seguridad para evitar el acceso de personas no autorizadas y los robos;
- etiquetado y marcado de los recipientes de almacenamiento y los conductos,
- notas de advertencia a los trabajadores relativas a las precauciones que deben adoptarse.

En muchos países, se carece de una única autoridad central que se encargue de la supervisión de las precauciones de seguridad para el almacenamiento de sustancias peligrosas, y son varias independientes las que ejercen su función. Son ejemplos de estas autoridades específicas los órganos de inspección de minas y fábricas, las autoridades portuarias, las autoridades en materia de transporte, la policía, los servicios contra incendios, los consejos nacionales y la administración local, que se ocupan, en cada caso, de una gama limitada de sustancias peligrosas de conformidad con diversas competencias legislativas. Habitualmente, es necesario obtener una licencia o un permiso de una de estas autoridades para almacenar ciertos tipos de sustancias peligrosas, como el petróleo, explosivos, celulosa y disoluciones de celulosa. En los procedimientos de concesión de licencia se exige que las instalaciones de almacenamiento cumplan con determinadas normas de seguridad.

● GASES COMPRIMIDOS: MANIPULACION, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

A. Türkdogan y K. R. Mathisen*

Los gases en su estado de comprimidos, y especialmente el aire comprimido, son casi indispensables en la industria moderna, y también se utilizan mucho con fines médicos, para la producción de aguas minerales, en la práctica del buceo y en actividades relacionadas con vehículos de motor.

A los efectos de este artículo, los gases y el aire comprimidos se definen como los que tienen una presión manométrica que supera los 1,47 bar o como líquidos que tienen una presión de vapor superior a 2,94 bar. Por lo tanto, no se presta atención a casos tales como la distribución de gas ciudad, que se analizan en otros capítulos de esta *Enciclopedia*.

En la Tabla 61.1 se muestran los gases que suelen conservarse en botellas comprimidas.

Todos estos gases se caracterizan por ser irritantes o asfixiantes y por constituir un riesgo altamente tóxico para el aparato respiratorio, y también pueden ser inflamables y explosivos cuando se comprimen. La mayoría de los países siguen un sistema de codificación, con colores estándar, por el que se aplican diferentes bandas o etiquetas de color a las botellas de gas para indicar el tipo de riesgo que presentan. Particularmente los gases tóxicos, tales como el cianuro de hidrógeno, reciben además marcas especiales.

Todos los recipientes para gases comprimidos están contruidos de manera que sean seguros en el cumplimiento de los fines para los que han sido concebidos cuando se ponen por primera vez en servicio. No obstante, pueden resultar graves accidentes de su mal uso, su abuso o mal manejo, y debe llevarse el mayor cuidado en el manejo, transporte, almacenamiento e incluso en la eliminación de dichos recipientes o botellas.

Tabla 61.1 • Gases que suelen presentarse en forma comprimida.

Acetileno*	Hidrógeno*
Amoniaco*	Cloruro de hidrógeno (ácido clorhídrico)
Butano*	Cianuro de hidrógeno* (ácido cianhídrico)
Dióxido de carbono	Metano*
Monóxido de carbono*	Metilamina*
Cloro	Neón
Clorodifluorometano	Nitrógeno
Cloroetano*	Dióxido de nitrógeno
Clorometano*	Oxido nitroso
Clorotetrafluoroetano	Oxígeno
Ciclopropano*	Fosgeno
Diclorodifluorometano	Propano*
Etano*	Propileno*
Etileno*	Dióxido de azufre
Helio	

*Estos gases son inflamables.

* Adaptado de la 3ª edición, *Enciclopedia de la salud y la seguridad en el trabajo*.

Características y producción

Según las características del gas, puede introducirse en el recipiente o botella en forma líquida o simplemente como gas a alta presión. Para licuar un gas, es necesario enfriarlo por debajo de su temperatura crítica y someterlo a una presión adecuada. Cuando más se reduce la temperatura por debajo de la temperatura crítica, menos presión se necesita.

Algunos de los gases enumerados en la Tabla 61.1 tienen propiedades contra las que deben tomarse ciertas precauciones. Por ejemplo, el acetileno puede reaccionar peligrosamente con el cobre y no debe estar en contacto con aleaciones que contengan más del 66 % de este metal. Generalmente, se suministra en recipientes de acero de aproximadamente 14,7 a 16,8 bar. Otro gas que tiene una fuerte acción corrosiva sobre el cobre es el amoniaco, y debe mantenerse fuera del contacto con este metal, utilizándose igualmente botellas de acero y aleaciones autorizadas. En el caso del cloro, no ocurre ninguna reacción con el cobre ni con el acero, a excepción de en presencia de agua, y por esta razón en todo momento deben mantenerse libres de contacto con la humedad todos los recipientes de almacenamiento. El gas de flúor, por otra parte, aunque reacciona fácilmente con la mayoría de los metales, tiende a formar un revestimiento protector, como, por ejemplo, en el caso del cobre, donde una capa de fluoruro de cobre sobre el metal le protege de un posterior ataque por parte del gas.

Entre los gases enumerados, el dióxido de carbono es uno de los que licúan más fácilmente, ocurriendo esto a una temperatura de 15 °C y a una presión de aproximadamente 14,7 bar. Tiene muchas aplicaciones comerciales y debe mantenerse en botellas de acero.

Los gases de hidrocarburos, entre los que los gases de petróleo licuado (LPG) son una mezcla formada esencialmente de butano (alrededor del 62 %) y propano (alrededor del 36 %), no son corrosivos y generalmente se suministran en bombonas de acero y otros recipientes a presiones de 14,7 a 19,6 bar. El metano es otro gas que también se suele entregar en bombonas de acero a una presión de 14,7 a 19,6 bar por ser muy inflamable.

Riesgos

Almacenamiento y transporte

Cuando se selecciona un depósito de llenado, almacenamiento y envío, debe prestarse consideración a la seguridad, tanto del lugar como de su entorno. Las salas de bombas, la maquinaria de llenado, etc. deberán estar situadas en edificios pirorresistentes con techos de construcción ligera. Las puertas y otros sistemas de cierre deberán abrirse hacia fuera del edificio. Las instalaciones deberán estar adecuadamente ventiladas e instalarse un sistema de alumbrado con interruptores eléctricos antideflagrantes. Deben tomarse medidas para asegurar un libre movimiento en las instalaciones para las operaciones de llenado, comprobación y envío, proporcionándose salidas de seguridad.

Los gases comprimidos deben almacenarse en espacios abiertos sólo si están adecuadamente protegidos de la intemperie y de la luz del sol directa. Las zonas de almacenamiento deben estar situadas a una distancia segura de instalaciones ocupadas y de viviendas cercanas.

Durante el transporte y la distribución de los recipientes, debe cuidarse de que no se produzcan daños en las válvulas y conexiones. Habrá que tomar las precauciones necesarias para impedir que las botellas caigan de los vehículos y sean sometidas a un uso desconsiderado, choques excesivos o esfuerzos locales, así como un excesivo movimiento de los líquidos en los tanques de mayor tamaño. Cada vehículo irá equipado con un extintor de incendios y una tira eléctricamente conductiva para poner a tierra la electricidad estática, marcándose claramente "líquidos

inflamables". Las tuberías de salida deberán tener un dispositivo de control de llama y durante las operaciones de carga y descarga los motores deberán estar parados. La velocidad máxima de estos vehículos habrá de ser rigurosamente limitada.

Usos

Los riesgos principales en el uso de los gases comprimidos se deben a su presión y a sus propiedades tóxicas y/o inflamables. Las precauciones principales son las de asegurar que el equipo se utilice únicamente con los gases para los que ha sido diseñado, y que no se utilicen gases comprimidos para ningún fin distinto de aquel para el que ha sido autorizado.

Todas las mangueras y el resto del equipo deberá encontrarse en buen estado y revisarse con frecuencia. Siempre que sea necesario se obligará al uso de válvulas de retención. Todas las conexiones de las mangueras deberán encontrarse en buen estado y no se hará ninguna junta forzando entre sí roscas que no corresponden exactamente. En el caso del acetileno y de gases combustibles se utilizará una manguera roja; para el oxígeno será negra. Se recomienda que para todos los gases inflamables las roscas de los tornillos de conexión vayan a izquierdas, y para todos los demás gases, a derechas. Nunca deben intercambiarse entre sí las mangueras.

El oxígeno y algunos gases anestésicos se transportan a menudo en grandes botellas. La transferencia de estos gases comprimidos a bombonas pequeñas es una operación muy peligrosa que deberá hacerse bajo supervisión competente, utilizando el equipo correcto en una instalación adecuada.

El aire comprimido se utiliza ampliamente en muchos sectores de la industria, y debe llevarse cuidado en la instalación de tuberías y su protección de daños. Las mangueras y accesorios deben mantenerse en buen estado y someterse a revisiones regulares. La aplicación de una manguera o chorro de aire comprimido a un corte o herida abierta a través del cual pueda entrar aire en los tejidos o en la corriente sanguínea es particularmente peligrosa; hay que tomar igualmente precauciones contra todas las formas de comportamiento irresponsable que podrían dar como resultado que el chorro de aire comprimido se pusiese en contacto con cualquier abertura del organismo (cuyo resultado sería fatal). Otro riesgo existe cuando los chorros de aire comprimido se utilizan para limpiar componentes mecanizados o lugares de trabajo; se sabe que las partículas volantes han provocado heridas o incluso ceguera, y debe insistirse en las precauciones contra tales peligros.

Rotulación y marcado

Debe ser de acuerdo con la práctica estándar en el país o región en cuestión. El uso de un gas equivocadamente en lugar de otro, o bien el llenado de un recipiente con un gas diferente del que contenía previamente, sin los procedimientos necesarios de limpieza y descontaminación, puede provocar graves accidentes. El marcado por color constituye el mejor método para evitar tales errores y consiste en pintar unas zonas específicas de los recipientes o sistemas de tuberías de acuerdo con el código de color estipulado en las normas nacionales o recomendado por la organización nacional de seguridad.

Botellas de gas

Por razones de comodidad en la manipulación, el transporte y el almacenamiento, los gases suelen comprimirse en botellas metálicas a presiones que oscilan entre unas pocas atmósferas de sobrepresión y presiones de 200 bar, o incluso más. El acero aleado es el material más comúnmente empleado en la fabricación de botellas, aunque el aluminio también se aplica con numerosos fines, como en el caso de los extintores de incendios.

Etiquetado y marcado

4.1.1. La autoridad competente, o un organismo aprobado o reconocido por la autoridad competente, debería establecer las exigencias relativas al etiquetado y marcado de productos químicos que permitan a las personas que los manipulen o utilicen reconocer y distinguir esos productos, tanto al recibirlos como al utilizarlos, a fin de garantizar la seguridad en su utilización [véase el párrafo 2.1.8 (sistemas y criterios específicos)]. Podrán adoptarse los criterios para el marcado y el etiquetado ya establecidos por otras autoridades competentes, con la condición de que sean compatibles con las disposiciones del presente párrafo; se insta a proceder así cuando ello contribuya a armonizar los conceptos.

4.1.2. Los proveedores deberían garantizar que los productos químicos estén marcados y los productos químicos peligrosos estén etiquetados, y deberían velar por que se preparen etiquetas revisadas y se las suministren a los empleadores cada vez que aparezca nueva información pertinente en materia de salud y seguridad [véanse los párrafos 2.4.1 (responsabilidades de los proveedores) y 2.4.4 (clasificación)].

4.1.3. Cuando los empleadores reciban productos químicos que no hayan sido etiquetados o marcados, deberían abstenerse de utilizarlos mientras no obtengan la información pertinente del proveedor o de otras fuentes razonablemente disponibles. Esta debería recabarse principalmente del proveedor, pero también podrá obtenerse de otras fuentes que figuran en la lista del párrafo 3.3.1 (fuentes de información), a los efectos de que el marcado y el etiquetado se efectúen de conformidad con las disposiciones de la autoridad nacional competente, antes de utilizar los productos químicos.

4.3.2. El objeto de la etiqueta es proporcionar información esencial sobre:

- (a) la clasificación del producto químico;
- (b) sus riesgos; y
- (c) las precauciones que se deban adoptar.

La información debería referirse a los riesgos de exposición tanto crónica como aguda.

4.3.3. En el etiquetado, que debería efectuarse de conformidad con las exigencias nacionales, se debería considerar:

- (a) la información que debe figurar en la etiqueta, incluyendo, si hubiere lugar:
 - (i) las denominaciones comerciales;
 - (ii) la identificación del producto químico;
 - (iii) el nombre, dirección y teléfono del proveedor;
 - (iv) los símbolos de peligro;
 - (v) la índole de los riesgos particulares que entrañe la utilización del producto químico;
 - (vi) las precauciones de seguridad;
 - (vii) la identificación del lote;
 - (viii) la indicación de que puede obtenerse del empleador una ficha de datos de seguridad con informaciones complementarias, y
 - (ix) la clasificación asignada con arreglo al sistema establecido por la autoridad competente;
- (b) la legibilidad, durabilidad y tamaño de la etiqueta;
- (c) la uniformidad de las etiquetas y de los símbolos, incluido el color.

Fuente: OIT 1993, capítulo 4.

Los riesgos que deben tenerse en cuenta al manipular y utilizar gases comprimidos son:

- los habituales en la manipulación de objetos pesados;
- los relacionados con la presión (es decir, la cantidad de energía acumulada en los gases),
- los derivados de las propiedades especiales del gas contenido, que puede ser inflamable, tóxico, oxidante, etc.

Fabricación de botellas. Las botellas de acero pueden ser sin costura o soldadas. Las primeras se realizan con aceros aleados de gran calidad y son tratadas térmicamente con sumo cuidado con el fin de obtener la combinación deseada de fuerza y robustez para su utilización a presiones elevadas. Pueden forjarse y estirarse en caliente a partir de piezas de acero o moldearse en caliente con tubos sin costuras. Los cilindros soldados se fabrican con planchas. Las piezas embutidas superior e inferior se sueldan a una sección de tubo cilíndrica sin costuras o soldada y se tratan térmicamente para aliviar tensiones del material. Las botellas soldadas son muy utilizadas en operaciones a baja presión con gases licuados y gases disueltos como el acetileno.

Las botellas de aluminio se extruyen en grandes prensas con aleaciones especiales tratadas térmicamente para darles la robustez deseada.

Las botellas de gas deben diseñarse, fabricarse y comprobarse de acuerdo con normas estrictas. Cada lote debe someterse a pruebas en las que se verifique la calidad de sus materiales y el tratamiento térmico aplicado, y en algunas botellas debe analizarse su resistencia mecánica. En la inspección suele recurrirse a la ayuda de instrumentos sofisticados, y en todos los casos las botellas deben someterse al análisis y las pruebas hidráulicas a una determinada presión de comprobación efectuadas por un inspector autorizado. Los datos identificativos y el sello de la inspección deben fijarse de manera permanente al cuello de la botella o en otro lugar adecuado.

Inspección periódica. Las botellas de gas en uso pueden verse afectadas por un tratamiento deficiente, por la corrosión debida a agentes internos o externos, por incendios, etc. Por tanto, los reglamentos nacionales e internacionales exigen que, con anterioridad a su llenado, las botellas sean inspeccionadas y comprobadas cada cierto tiempo, en intervalos que oscilan entre los dos y los diez años, dependiendo del servicio que presten. Una inspección visual interna y externa, junto con una prueba de presión hidráulica, constituyen la base para conceder la aprobación correspondiente a un nuevo período en un servicio determinado. La fecha de la comprobación (mes y año) debe figurar en la botella.

Eliminación. Cada año, se desecha un gran número de botellas por diversas razones. Es importante que sean eliminadas de forma que se imposibilite su reutilización a través de canales no controlados. Por tanto, las botellas deben dejarse completamente inservibles mediante su corte, aplastamiento u otros procedimiento de seguridad similar.

Válvulas. Las válvulas y otros dispositivos de seguridad deben considerarse parte de la botella y, por tanto, mantenerse en buenas condiciones de funcionamiento. Las roscas del cuello y de salida deben conservarse intactas y la válvula debe ajustarse al cerrar sin que sea necesario la aplicación de una fuerza indebida. Las válvulas de cierre suelen equiparse de un dispositivo de alivio de la presión. Este puede adoptar la forma de una válvula de reajuste de seguridad, una cápsula de seguridad, un tapón fusible o una combinación de éstos dos últimos mecanismos. La práctica varía de un país a otro, pero las botellas diseñadas para gases licuados a baja presión siempre constan de válvulas de seguridad conectadas a la fase gaseosa.

Riesgos

En los diversos códigos de transporte se clasifica a los gases como comprimidos, licuados o disueltos bajo presión. A efectos del presente artículo, resulta útil recurrir al tipo de riesgo como criterio de clasificación.

Alta presión. Si las botellas o los equipos estallan, los daños y las lesiones pueden deberse a la acción de los restos proyectados o a la presión del gas. Cuanto mayor sea la compresión de un gas, mayor será la energía acumulada. Este riesgo siempre está presente en el caso de los gases comprimidos y aumenta con la temperatura en caso de calentamiento de las botellas. Por tanto:

- Deben evitarse los daños mecánicos en las botellas (abolladuras, cortes, etc.).
- Las botellas deben almacenarse lejos de fuentes de calor y de la luz solar directa.
- Las botellas deben mantenerse alejadas del fuego.
- Las botellas sólo deben conectarse a equipos adecuados para el uso previsto.
- Las válvulas de las botellas deben protegerse con su tapa durante el transporte.
- Deben evitarse las caídas de las botellas durante su uso, ya que éstas pueden romper la válvula.
- Debe evitarse la manipulación de los dispositivos de seguridad.
- Las botellas deben manejarse con cuidado para evitar los choques mecánicos en climas muy fríos, ya que el acero puede volverse quebradizo a bajas temperaturas.
- Debe evitarse la corrosión, que reduce la solidez del revestimiento.

Baja temperatura. La mayoría de los gases licuados se evaporan con rapidez bajo los efectos de la presión atmosférica, y pueden alcanzar temperaturas muy bajas. Una persona cuya piel quede expuesta a la acción de tales líquidos puede sufrir lesiones en forma de "quemaduras frías". (El CO₂ líquido origina al expandirse partículas en forma de copos de nieve.) Por tanto, es necesario utilizar el equipo de protección adecuado (p. ej., guantes, gafas de montura ajustada).

Oxidación. El riesgo de oxidación es obvio en el caso del oxígeno, que es uno de los gases comprimidos más importantes. Este elemento no prende por sí solo, pero es necesario para la combustión. El aire norma contiene un 21 % de oxígeno en volumen.

Todos los materiales combustibles prenden con mayor facilidad y se queman con mayor fuerza cuando aumenta la concentración de oxígeno. Así ocurre incluso en el caso de que el aumento sea moderado y, por tanto, deben adoptarse las máximas precauciones para evitar el enriquecimiento de oxígeno en la atmósfera del lugar de trabajo. En espacios restringidos, pequeñas fugas de oxígeno pueden dar lugar a incrementos de la concentración peligrosos.

El riesgo asociado al oxígeno se agrava con el aumento de la presión, hasta un punto en el que muchos metales prenden con fuerza. Los materiales divididos en múltiples fragmentos puede prender en oxígeno con una fuerza explosiva. Las ropas saturadas con este elemento se queman con suma rapidez y resultan difíciles de apagar.

El aceite y la grasa siempre se han considerado peligrosos en combinación con el oxígeno. La razón es su facilidad para reaccionar con éste, su abundancia, la baja temperatura suficiente para su ignición y la posibilidad de que el calor desarrollado prenda el metal al que recubren. En los equipos de oxígeno a alta presión, la temperatura necesaria para la ignición puede alcanzarse con facilidad mediante el *shock* de compresión que puede derivarse de una apertura rápida de una válvula (compresión adiabática).

Por tanto:

- Las válvulas deben abrirse o cerrarse lentamente.
- Todos los equipos de oxígeno deben mantenerse limpios y sin aceite.
- Sólo se emplearán los materiales de seguridad comprobada en la utilización con oxígeno.
- Los trabajadores se abstendrán de lubricar los equipos de oxígeno.
- Debe evitarse el acceso a espacios restringidos en los que pueda existir una concentración elevada de oxígeno.
- Debe comprobarse la atmósfera de trabajo y se evitará estrictamente la utilización de oxígeno en lugar de aire comprimido u otro gas.

Inflamabilidad. Los gases inflamables se caracterizan por tener puntos de inflamación inferiores a la temperatura ambiente y por formar mezclas explosivas con el aire (o el oxígeno) dentro de ciertos umbrales conocidos como los límites de explosión inferiores y superiores.

El gas desprendido (también de válvulas de seguridad) puede prender y quemarse con una llama cuyo tamaño depende de la presión y de la cantidad de gas. A su vez, las llamas pueden calentar equipos cercanos, que pueden quemarse, fundirse o explotar. El hidrógeno se quema con una llama casi invisible.

Incluso las fugas moderadas pueden generar mezclas explosivas en espacios restringidos. Algunos gases, como los del petróleo licuados, y en particular el propano y el butano, son más pesados que el aire y son difíciles de evacuar, ya que se concentran en las zonas inferiores de los edificios y "flotan" a través de canales de una sala a otra. Tarde o temprano, el gas puede alcanzar una fuente de ignición y explotar.

La ignición puede deberse a la acción de fuentes de calor, pero también a la de chispas eléctricas, aunque sean muy pequeñas. El acetileno ocupa un lugar destacado entre los gases combustibles debido a sus propiedades y a la generalización de su uso. Si se calienta, el gas puede comenzar a descomponerse con el aumento de la temperatura, incluso sin la presencia de aire. Si se permite el avance del proceso, éste puede dar lugar a la explosión de la botella que lo contiene. Por razones de seguridad, las botellas de acetileno se llenan con una masa altamente porosa que también contiene un disolvente del gas. El calentamiento provocado por agentes externos como un incendio o un soplete de soldar, o, en ciertos casos, la ignición interna provocada por la retrogresión de la llama en equipos de soldado, pueden iniciar una descomposición en el interior de la botella. En estos casos:

- Debe cerrarse la válvula (utilizando guantes de protección si es necesario) y alejarse la botella del fuego.
- Si una parte de la botella se recalienta, debe sumergirse en un río, canal o similar para enfriarla o ser rociada con pulverizadores de agua.
- Si la botella está demasiado caliente para su manipulación, debe ser rociada con agua a una distancia de seguridad.
- El enfriamiento debe continuar hasta que la botella mantenga la temperatura adecuada por sí misma.
- La válvula se mantendrá cerrada, ya que el flujo de gas acelera la descomposición.

En varios países, las botellas de acetileno se equipan con tapones fusibles. Estos dispositivos alivian la presión del gas cuando se funden (normalmente a unos 100 °C) y evitan la explosión de la botella. Al mismo tiempo, existe el riesgo de que el gas liberado prenda y explote.

Las precauciones habituales que deben adoptarse respecto a los gases combustibles son las siguientes:

- Las botellas deben almacenarse separadas de otros gases en un área bien ventilada por encima del nivel del suelo.
- No deben utilizarse botellas o equipos con fugas.
- Las botellas de gas líquido deben almacenarse y utilizarse en posición vertical. Se desprenderán grandes cantidades si a través de las válvulas de seguridad sale líquido en lugar de gas. La presión se reducirá con mayor lentitud. Se producirán llamas de gran tamaño si el gas prende.
- En caso de fugas, debe evitarse toda fuente de ignición posible.
- Debe prohibirse fumar en los lugares donde se almacenan o se utilizan gases inflamables.
- La forma más segura de apagar un fuego suele consistir en interrumpir el suministro de gas. La mera extinción de la llama puede dar lugar a la formación de una nube explosiva, que volverá a prender en contacto con un objeto caliente.

Toxicidad. Ciertos gases, aunque no son los más comunes, pueden resultar tóxicos. Además, pueden ser irritantes o corrosivos para la piel y los ojos.

Las personas que manipulan estos gases deben recibir una formación adecuada, ser conscientes del peligro que suponen y conocer las precauciones necesarias. Las botellas deben almacenarse en un área bien ventilada. No deben tolerarse fugas. Es necesario utilizar equipos de protección adecuados (máscaras de gas o dispositivos de respiración).

Gases inertes. Gases como el argón, el dióxido de carbono, el helio y el nitrógeno se utilizan muy a menudo para crear atmósferas protectoras que eviten reacciones no deseadas en las actividades de soldado, instalaciones químicas, acerías, etc. Estos gases no se etiquetan como peligrosos y la posibilidad de accidentes graves se debe únicamente al hecho de que sólo el oxígeno puede sostener la vida.

Cuando un gas o mezcla de gases desplaza el aire de forma que la atmósfera respirable resulta deficiente en oxígeno, existe peligro de asfixia. La inconsciencia o la muerte pueden constituir las consecuencias rápidas de la presencia escasa o nula de oxígeno, y no se producen señales de advertencia previas.

Antes de acceder a un espacio restringido en el que la atmósfera respirable sea deficiente en oxígeno, debe procederse a su ventilación. Si se utilizan equipos de respiración, la persona que entra en ese tipo de espacio debe ser supervisada. Estos equipos deben emplearse incluso en operaciones de rescate. Las máscaras de gas normales no protegen de la deficiencia de oxígeno. La misma precaución debe adoptarse en grandes instalaciones permanentes de lucha contra incendios, que suelen ser automáticas, y las personas presentes en estas áreas serán avisados del peligro.

Llenado de botellas. El llenado de botellas exige la utilización de compresores de alta presión o de bombas de líquido. Estas pueden funcionar con líquidos criogénicos (a muy baja temperatura). Asimismo, las instalaciones de llenado pueden incorporar grandes depósitos de almacenamiento de gases líquidos en un estado presurizado y/o de refrigeración extrema.

El personal encargado de llenar las botellas de gas debe comprobar que éstas se encuentran en una situación aceptable para llevar a cabo la operación y debe elegir el gas correcto en una cantidad y con una presión que no sean superiores a las autorizadas. El equipo de llenado debe diseñarse y comprobarse para cada presión y tipo de gas, y protegerse mediante la aplicación de válvulas de seguridad. Los requisitos en cuanto a material y limpieza respecto a la utilización con oxígeno deben cumplirse estrictamente. En las tareas de llenado con gases inflamables o tóxicos, debe prestarse especial atención a la seguridad

de los operarios. La exigencia fundamental consiste en mantener una buena ventilación y emplear las técnicas y los equipos correctos. Las botellas contaminadas con otros gases o líquidos por los clientes constituyen un riesgo especial. Las que carecen de presión residual pueden purgarse o vaciarse antes de su llenado. Es necesario extremar las precauciones para garantizar que las botellas de gas de uso médico no contengan ningún material nocivo.

Transporte. El transporte local tiende a mecanizarse mediante la utilización de carretillas elevadoras, etc. Las botellas deben trasladarse en todo caso con las tapas puestas y bien sujetas para evitar su caída de los vehículos. No deben dejarse caer directamente de éstos al suelo. En el caso de utilización de grúas elevadoras, se emplearán las plataformas adecuadas. Se evitará la aplicación de dispositivos de elevación magnéticos o de tapas cuya rosca no ofrezca fiabilidad para alzar botellas.

En caso de que se junten botellas en unidades de mayor tamaño, debe tenerse mucho cuidado de evitar tensiones en las conexiones. Los riesgos existentes se multiplicarán debido a la gran cantidad de gas manejada en las distintas operaciones. Es conveniente dividir las grandes unidades en secciones y colocar válvulas de cierre donde puedan ser utilizadas en caso de emergencia.

Los accidentes más frecuentes ocurridos al manipular y transportar botellas son lesiones causadas por las unidades duras, pesadas y difíciles de manejar. Debe utilizarse calzado de seguridad. Es necesario disponer de carretillas para el transporte individual de botellas en recorridos de mayor amplitud.

En los códigos internacionales de transporte, los gases comprimidos se clasifican como mercancías peligrosas. Asimismo, se especifica qué gases pueden ser transportados, los requisitos que deben cumplir las botellas, la presión permitida, el marcado, etc.

Identificación del contenido. El requisito más importante para una manipulación segura de los gases comprimidos consiste en la identificación correcta del contenido de los recipientes. El sellado, etiquetado, estarcido y marcado en color son los medios utilizados con este fin. En las normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO) se establecen ciertos requisitos respecto al marcado. En la mayoría de los países, el marcado en color de las botellas de gas de uso médico se atiene a lo estipulado en las normas ISO. Asimismo, los colores normalizados se aplican a otros gases en muchos países, pero esta forma de identificación no es suficiente. En última instancia, sólo la palabra escrita puede considerarse prueba del contenido de una botella.

Tomas de válvula normalizadas. La utilización de una toma de válvula normalizada para un determinado gas o grupo de gases reduce en gran medida la posibilidad de conectar botellas y equipos concebidos para gases diferentes. Por tanto, debe evitarse el empleo de adaptadores, ya que desvirtúan las medidas de seguridad. Al efectuar conexiones, sólo se emplearán herramientas normales y no se aplicará una fuerza excesiva.

Práctica segura para usuarios

La utilización segura de gases comprimidos exige la aplicación de los principios de seguridad esbozados en el presente capítulo y en el Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT *Seguridad en la utilización de productos químicos en el trabajo* (OIT 1993). Este objetivo no podrá cumplirse si el usuario no posee ciertos conocimientos básicos sobre el gas y el equipo que manipula. Además, el usuario deberá adoptar las precauciones siguientes:

- Las botellas de gas sólo se utilizarán con los fines para los que fueron concebidas y no como rodillos o soportes de trabajo.
- Las botellas deben almacenarse y manipularse de forma que no se deteriore su resistencia mecánica (p. ej., a causa de una corrosión grave, abolladuras profundas, cortes, etc.).
- Las botellas se mantendrán alejadas del fuego y del calor excesivo.
- En las áreas de trabajo y en los edificios ocupados sólo se almacenará el número necesario de botellas de gas. Es preferible que sean ubicadas cerca de las puertas y evitar las rutas de salida de emergencia y las áreas de difícil acceso.
- Las botellas que hayan quedado expuestas al fuego deben marcarse claramente y devolverse al encargado de su llenado (propietario), ya que pueden volverse quebradizas o perder su solidez.
- Las botellas deben almacenarse en lugares adecuadamente ventilados, lejos de la lluvia y de la nieve y de depósitos de combustible.
- Las botellas en uso deben asegurarse para evitar su caída.
- El contenido en gas debe identificarse sin lugar a duda antes de su utilización.
- Es necesario leer las etiquetas y las instrucciones con atención.
- Las botellas sólo deben conectarse a los equipos concebidos para cada servicio específico.
- Las conexiones deben mantenerse limpias y en buenas condiciones, y su situación se comprobará periódicamente.
- Deben utilizarse herramientas adecuadas (es decir, de longitud normal, llaves de tuercas fijas).
- Las llaves para válvula sueltas deben colocarse en su lugar cuando la botella esté siendo utilizada.
- Las válvulas deben mantenerse cerradas cuando la botella no sea utilizada.
- Las botellas o los equipos conectados a las mismas deben retirarse de espacios restringidos cuando no sean utilizados (incluso durante pausas breves).
- Debe comprobarse el contenido de oxígeno de la atmósfera de trabajo y, si es posible, el de gases inflamables, antes de acceder a espacios restringidos y durante períodos de trabajo prolongados.
- Debe tenerse en cuenta que los gases pesados pueden concentrarse en áreas inferiores y que su eliminación mediante ventilación puede resultar difícil.
- Las botellas deben protegerse contra la contaminación de equipos con presión interior, ya que el reflujo de otros gases puede dar provocar accidentes graves. Deben utilizarse válvulas de retención adecuadas, dispositivos de bloqueo y descarga y otros mecanismos afines.
- Las botellas vacías deben devolverse al encargado de su llenado con las válvulas cerradas y las tapas en su sitio. Siempre debe mantenerse una pequeña presión residual para evitar la contaminación debida al aire y la humedad.
- Se notificará al encargado del llenado la existencia de botellas defectuosas.
- El acetileno sólo se empleará a una presión correctamente reducida.
- Los disipadores de llamas sólo se aplicarán en líneas de acetileno cuando este gas se utilice con aire comprimido u oxígeno.
- Al emplear equipos de soldadura por llama de gas, se dispondrá de extintores de incendios y guantes de protección contra el calor.
- Las botellas de gas líquido deben almacenarse y utilizarse en posición vertical.
- Los gases tóxicos e irritantes, como el cloro, deben ser manipulados únicamente por operarios bien informado dotados de equipos de seguridad personal.
- Las botellas no identificadas no se almacenarán. Las instalaciones fijas, con las botellas de gas conectadas en centrales suministradoras separadas, son más seguras cuando se utilizan gases con regularidad.

● HIGIENE EN EL LABORATORIO

Frank Miller

Creación de un laboratorio seguro y sano

Un laboratorio sólo puede ser seguro e higiénico si las prácticas y los procedimientos de trabajo aplicados lo son igualmente. La forma de fomentar esta actitud consiste, en primer lugar, en asignar la responsabilidad y la competencia en materia de seguridad e higiene química a un director con autoridad en la materia que, en colaboración con un comité de seguridad del personal del laboratorio, decida qué tareas deben llevarse a cabo y asigne las competencias correspondientes a cada una.

Las labores específicas de dicho comité consisten en efectuar inspecciones periódicas y resumir los resultados en un informe remitido al director de seguridad. Estas inspecciones se realizarán de acuerdo con una lista de comprobación. Otro aspecto importante de la gestión de la seguridad son las inspecciones regulares del equipo utilizado para mantenerla, cuyo objetivo es garantizar que todos sus componentes se encuentran en buenas condiciones de funcionamiento y están ubicados en los lugares designados. Antes de completar esta actividad, debe llevarse a cabo un inventario anual de todos los equipos de seguridad, que comprenderá una descripción breve y la referencia al tamaño o la capacidad y al fabricante. Igualmente importante es el inventario semestral de todas las sustancias químicas del laboratorio, incluidos los productos patentados. Se clasificarán en grupos de sustancias químicamente similares y, además, en función de su riesgo de incendio. Otro criterio de clasificación de seguridad esencial depende del grado de riesgo asociado con cada sustancia, ya que el tratamiento que se le asigna está relacionado directamente con el daño que puede provocar y la facilidad con que éste se genera. Toda sustancia química se incluye en una de las tres clases siguientes con arreglo a la magnitud del riesgo asociado en cada caso:

1. sustancias de riesgo ordinario;
2. sustancias de alto riesgo,
3. materiales extremadamente peligrosos.

Las sustancias de riesgo ordinario son aquellas relativamente fáciles de controlar, bien conocidas por el personal del laboratorio, que no generan riesgos poco habituales. En esta clase se incluyen desde las sustancias inocuas como el bicarbonato de sodio y la sacarosa, hasta el ácido sulfúrico concentrado, el etilenglicol y el pentano.

Las sustancias incluidas en la segunda clase generan riesgos mucho mayores que las comprendidas en la primera grupo. Exigen una manipulación especial y, en ocasiones, vigilancia, y se caracterizan por presentar un grave riesgo de incendio o explosión y para la salud. En este grupo figuran las sustancias químicas que forman compuestos inestables y explosivos en reposo (p. ej., hidroperóxidos formados por éteres), las que poseen toxicidades agudas (p. ej., el fluoruro de sodio, con una toxicidad oral en ratones de 57 mg/kg) y las que poseen toxicidades crónicas como los cancerígenos, los mutágenos o los teratógenos. Los elementos de este grupo presentan a menudo el mismo tipo de riesgo que los incluidos en el siguiente. La diferencia es de grado: las sustancias del grupo 3, materiales extremadamente peligrosos, generan riesgos más intensos, su magnitud es mucho mayor o sus efectos perniciosos se producen con mayor facilidad.

Estas sustancias, cuando no se manipulan correctamente, pueden causar sin dificultad accidentes importantes que den lugar a lesiones graves, pérdidas de vidas o grandes daños materiales. Es necesario extremar las precauciones al utilizarlas. En

esta clase se incluyen el tetracarbonilo de níquel (un líquido volátil extremadamente tóxico, cuyos vapores han sido letales en concentraciones tan bajas como 1 ppm) y el trietilaluminio (un líquido que prende espontáneamente al exponerse al aire y reacciona explosivamente con el agua).

Una de las tareas más importantes del comité de seguridad es redactar el plan de higiene química y seguridad del laboratorio, un documento exhaustivo en el que se describe con detalle su política en la materia y los procedimientos normalizados para llevar a cabo las operaciones del laboratorio y cumplir las obligaciones reglamentarias; se incluyen aquí las directrices sobre utilización de las sustancias comprendidas en cualquiera de las tres categorías de riesgo, inspección del equipo de seguridad y actuación en caso de vertido químico, la política de gestión de residuos químicos, las normas relativas a la calidad del aire y los registros exigidos por las disposiciones vigentes. El plan debe conservarse en el laboratorio y, en caso contrario, será de fácil acceso para todos los miembros de su plantilla. Otras fuentes de información impresa son las fichas de información química [denominadas asimismo fichas técnicas de seguridad (FTS)], el manual de seguridad del laboratorio, los datos toxicológicos y la información sobre el riesgo de incendio. El inventario de sustancias químicas del laboratorio y las tres listas derivadas asociadas (clasificación en función de la clase química, el tipo de seguridad respecto a incendios y los tres grados de riesgo) también debe estar a disposición junto con las referencias anteriores.

Asimismo, debe aplicarse un sistema de archivo de registros de actividades relacionadas con la seguridad. No es necesario que esté presente en el laboratorio o que sea de acceso inmediato para sus trabajadores. Los registros son de utilidad fundamentalmente para el personal encargado de supervisar la seguridad y la higiene química en el laboratorio y para su examen por los inspectores del organismo regulador correspondiente. Por tanto, deben ponerse a disposición con facilidad y mantenerse actualizados. Es aconsejable que los archivos se conserven fuera del laboratorio, con el fin de reducir la posibilidad de su destrucción en caso de incendio. Entre los documentos archivados deberán figurar: los informes de las inspecciones efectuadas por el comité de seguridad, los informes de las inspecciones llevadas a cabo por organismos reguladores locales como departamentos de bomberos y entidades estatales y federales, los registros relativos a la evacuación de desechos peligrosos, los registros de los impuestos exigidos respecto a diversos tipos de desechos peligrosos, en su caso, una segunda copia del inventario de sustancias químicas presentes en el laboratorio, y copias de otros documentos pertinentes relacionados con la instalación y con su personal (p. ej., los registros de asistencia del personal a la sesiones anuales de seguridad en el laboratorio).

Causas de enfermedad y lesión en el laboratorio

Las medidas de prevención de las lesiones personales, las enfermedades y la ansiedad constituyen una parte esencial de los planes de funcionamiento ordinario de un laboratorio adecuadamente gestionado. Entre las personas afectadas por la falta de seguridad y de higiene en este tipo de instalación figuran no sólo los que trabajan en la misma, sino también el personal ubicado en lugares cercanos y las personas que prestan servicios mecánicos y de vigilancia. Puesto que las lesiones personales en los laboratorios se deben en gran medida a un contacto inapropiado entre las sustancias químicas y las personas, a una mezcla inadecuada de estas sustancias o a un suministro incorrecto de energía a las mismas, la protección de la salud exige la prevención de tales interacciones no deseadas. La consecución de este objetivo requiere, a su vez, una conservación adecuada de dichas sustancias, una combinación pertinente de las mismas y una regulación exhaustiva de la energía que se les proporciona. Los tipos principales de lesión

personal en un laboratorio son la intoxicación, las quemaduras químicas, y las derivadas de incendios o explosiones. Este tipo de accidentes provocan quemaduras térmicas, laceraciones, conmociones y otros daños corporales graves.

Ataque de las sustancias químicas al organismo. Estos ataques tienen lugar cuando los tóxicos son absorbidos por el organismo e interfieren en su funcionamiento ordinario mediante la perturbación del metabolismo u otros mecanismos. Las quemaduras químicas o las grandes destrucciones de tejido suelen producirse por contacto con ácidos o álcalis fuertes. Los materiales tóxicos que han penetrado en el organismo mediante absorción a través de la piel, los ojos o las membranas mucosas, ingestión o inhalación, pueden provocar una intoxicación generalizada, normalmente debido a su propagación a través del sistema circulatorio.

Existen dos tipos generales de intoxicación: aguda y crónica. La primera se caracteriza por la aparición de efectos perniciosos durante o justo después de una exposición específica a una sustancia tóxica. La segunda se hace evidente sólo con el paso del tiempo, y puede demorarse semanas, meses, años o incluso decenios. Se dice que la intoxicación crónica ocurre cuando se cumplen las condiciones siguientes: la víctima ha sido objeto de múltiples exposiciones durante períodos de tiempo prolongados y ha estado en contacto con cantidades metabólicamente significativas de un tóxico crónico.

Las quemaduras químicas, que suelen acaecer cuando sustancias líquidas corrosivas se derraman o salpican la piel o los ojos, también se producen cuando estos tejidos entran en contacto con sólidos corrosivos, cuyo tamaño oscila entre partículas de polvo y cristales de considerable tamaño, con líquidos corrosivos nebulizados en el aire, o con gases corrosivos como el cloruro de hidrógeno. Los bronquios, pulmones, lengua, garganta y epiglotis pueden sufrir asimismo la acción de sustancias químicas corrosivas en estado gaseoso, líquido o sólido. Obviamente, las sustancias químicas tóxicas también pueden introducirse en el organismo en cualquiera de estos tres estados físicos, y en forma de polvo o líquido nebulizado.

Lesiones debidas a incendios o explosiones. Los incendios y las explosiones pueden provocar quemaduras térmicas. No obstante, algunas de las lesiones causadas por las explosiones son muy características de este tipo de accidente; son generadas por la fuerza de choque de la detonación en sí o por algunos de sus efectos, como el lanzamiento de fragmentos de cristal, causando la pérdida de dedos o de miembros en el primer caso y los desgarros de la piel y la pérdida de visión en el segundo.

Lesiones en el laboratorio debidas a otras causas. Un tercer tipo de lesiones no son provocadas ni por la acción de las sustancias químicas ni por la combustión. Por el contrario, se deben a la acción de otros factores diversos: mecánicos, eléctricos, fuentes de luz de alta energía (ultravioleta y láseres), quemaduras térmicas por contacto con superficies calientes, explosiones repentinas de recipientes químicos de cristal tapados con tapones metálicos roscados debidas al aumento inesperado de presiones internas de gases elevadas, heridas debidas al contacto con un borde afilado de un tubo de cristal recién roto. Entre las fuentes de lesión de origen mecánico más graves se cuentan las botellas altas de gas a alta presión que se inclinan y acaban cayendo al suelo. Este tipo de sucesos pueden dar lugar a la lesión de piernas y pies; además, si la parte central de la botella se rompe en la caída, ésta, impulsada por el escape de gas rápido, masivo e incontrolado, se convierte en un misil letal sin dirección y en una fuente potencial de daños más graves y generalizados.

Prevención de lesiones

Sesiones de seguridad y divulgación de información. La prevención de lesiones depende simultáneamente de la ejecución de las tareas

Exposición profesional a productos químicos peligrosos en laboratorios

Norma sobre laboratorios de la OSHA, 1990, 29 CFR 1910.1450

La siguiente descripción de un plan de higiene química en laboratorios se incluye en la sección (e:1-4) del Plan general de higiene química de la Norma sobre laboratorios de la OSHA, 1990. Este plan se pondrá a disposición de los trabajadores y de sus representantes a la mayor brevedad posible.

En el plan de higiene química se incluirán los elementos siguientes y se indicarán las medidas específicas que el empleador debe adoptar para garantizar la protección del personal de laboratorio:

- (i) los procedimientos operativos normalizados relativos a la salud y la seguridad que deberán aplicarse cuando la actividad en el laboratorio exija la utilización de productos químicos peligrosos;
- (ii) los criterios que utilizará el empleador para determinar y llevar a la práctica las medidas encaminadas a reducir la exposición de los trabajadores a los productos químicos peligrosos, incluidos los relativos a los controles técnicos, la utilización de equipo de protección individual y las prácticas de higiene; se prestará especial atención a la selección de medidas de control aplicadas a los productos químicos que conllevan un peligro extremo;
- (iii) la exigencia de que las campanas de humos y otros equipos de protección funcionen adecuadamente, y las medidas específicas que se adoptarán para garantizar un rendimiento correcto de estos equipos;
- (iv) las disposiciones referentes a la información y la formación de los trabajadores establecidas [en otras secciones del presente plan];
- (v) las circunstancias en las que una tarea, un procedimiento o una actividad en el laboratorio exigirán la aprobación del empleador o de la persona designada por éste al efecto previa a su realización;
- (vi) las disposiciones relativas a las consultas y las exploración médicas;
- (vii) la designación del personal encargado de la aplicación del plan de higiene química, incluida la designación de un responsable de higiene química y, en su caso, la creación de un comité competente en esta materia; y
- (viii) las disposiciones relativas al perfeccionamiento de la protección de los trabajadores en las actividades con productos especialmente peligrosos. Se trata de "cancerígenos específicos", toxinas reproductivas y otros productos de alta toxicidad aguda. Se prestará atención específica a las disposiciones siguientes, que serán consideradas en el plan cuando resulte pertinente:
 - (a) establecimiento de un área designada;
 - (b) utilización de dispositivos de retención como campanas de humos o cajas de manipulación con guantes;
 - (c) procedimientos para la eliminación segura de los residuos contaminados; y
 - (d) procedimientos de descontaminación.

El empleador revisará y evaluará la eficacia del plan de higiene química al menos una vez año y lo actualizará en caso necesario.

propias de un laboratorio de un modo seguro y prudente y de la formación impartida a los trabajadores sobre la metodología correcta que debe seguirse en este tipo de instalación. Aunque

hayan iniciado esta formación en la enseñanza preuniversitaria y universitaria, su capacitación debe completarse y consolidarse mediante la celebración periódica de sesiones de seguridad. En éstas, además de hacer hincapié en la comprensión de las bases físicas y biológicas de una práctica segura en el laboratorio, debe capacitarse al personal para rechazar con facilidad procedimientos cuestionables y seleccionar los métodos técnicamente aconsejables de una manera natural. En las sesiones también se instruirá a los trabajadores sobre los tipos de datos necesarios para diseñar procedimientos seguros y las fuentes de esta información.

Asimismo, se facilitará su acceso directo, desde sus lugares de trabajo, a la información técnica y de seguridad pertinente. Se les proporcionarán materiales como manuales de seguridad en el laboratorio, fichas de información químicas e informes toxicológicos y de riesgo de incendios.

Prevención de intoxicaciones y quemaduras químicas. Las intoxicaciones y las quemaduras químicas poseen una característica en común: comparten los mismos lugares de acceso o ataque: a) la piel; b) los ojos; c) de la boca al estómago y los intestinos, y d) de la nariz a los bronquios y los pulmones. La prevención consiste en lograr que estas zonas sean inaccesibles para las sustancias tóxicas o corrosivas. Para conseguirlo, deben colocarse una o varias barreras físicas entre la persona protegida y la sustancia peligrosa o garantizar que la atmósfera del laboratorio no esté contaminada. Los procedimientos en los que se utilizan estos métodos incluyen el trabajo detrás de una pantalla de seguridad, el empleo de una campana de ventilación o la combinación de ambos sistemas. Obviamente, la utilización de una caja de manipulación con guantes ofrece una protección doble. La minimización de los daños de la lesión, en caso de que se produzca una contaminación de tejidos, se consigue mediante la eliminación de la sustancia tóxica o corrosiva con la mayor rapidez y exhaustividad posible.

Prevención de quemaduras químicas e intoxicaciones agudas frente a la prevención de intoxicaciones crónicas. Aunque el planteamiento básico de aislar la sustancia peligrosa de la persona que debe protegerse es el mismo en la prevención de intoxicaciones agudas, quemaduras químicas e intoxicaciones crónicas, su aplicación debe diferir en cierta medida en este último caso. Mientras que los dos primeros pueden compararse con un ataque masivo en una guerra, el envenenamiento crónico se asemeja a un asedio. Suele deberse a la actuación de concentraciones muy inferiores que ejercen su influencia a través de múltiples exposiciones a lo largo de amplios períodos de tiempo, y sus efectos comienzan a acusarse de manera gradual e insidiosa mediante una acción sostenida y sutil. La adopción de medidas correctivas exige, en primer lugar, la detección de la sustancia química capaz de provocar la intoxicación crónica antes de la aparición de los síntomas y el reconocimiento de uno o varios aspectos del malestar de un trabajador como posibles síntomas físicos debidos a la misma. Si se sospecha la existencia de una intoxicación crónica, debe procurarse atención médica con prontitud. Cuando se detecta un tóxico de este tipo en una concentración que excede o se aproxima al nivel admisible, deben emprenderse las acciones necesarias para eliminarlo o, al menos, reducir su concentración hasta alcanzar un nivel seguro. La prevención de la intoxicación crónica suele exigir el empleo de los equipos de protección durante toda la jornada de trabajo o gran parte de la misma; no obstante, por razones de comodidad, el uso de una caja de manipulación con guantes o un aparato de respiración autónomo no siempre es factible.

Protección contra la intoxicación y las quemaduras químicas.

Para mejorar la protección contra la contaminación de la piel debida al rociado de un determinado líquido corrosivo o la presencia de un sólido tóxico en suspensión en el aire, es

Apéndice A a las recomendaciones 1910.1450 del National Research Council relativas a la higiene química en laboratorios (no preceptivo)

Las directrices siguientes relativas a la adecuada ventilación en un laboratorio se incluyen en la sección C. La instalación de laboratorio: 4. Ventilación – (a) Ventilación general de laboratorios, apéndice A a la Norma sobre laboratorios de la OSHA, 1990, 29 CFR 1910.1450.

Ventilación

(a) *Ventilación general de laboratorio.* Este sistema: debe suministrar una fuente de aire para respirar y de entrada en los dispositivos de ventilación local; no debe considerarse como una garantía de protección respecto a las sustancias tóxicas emitidas en el laboratorio; debe asegurar una renovación continua del aire en el laboratorio, evitando el aumento de las concentraciones de sustancias tóxicas en la atmósfera de la instalación durante la jornada laboral; debe dirigir el flujo de aire desde las áreas circundantes al laboratorio, y desde éste al exterior del edificio.

(b) *Campanas.* Los laboratorios deben equiparse con campanas que asignen 2,5 pies lineales [76 cm] por persona cada 2 trabajadores si éstos dedican la mayor parte de su tiempo al trabajo con sustancias químicas; cada campana constará de un dispositivo de vigilancia continua que permita la confirmación de un rendimiento adecuado del equipo antes de su utilización. Si no pueden tomarse estas precauciones, debe evitarse el trabajo con sustancias de toxicidad desconocida o aplicarse otros tipos de dispositivos de ventilación local.

(c) *Otros dispositivos de ventilación.* En caso necesario, se instalarán armarios de almacenamiento ventilados, campanas de techo, tubos de respiración, etc. Las campanas de techo y los tubos de respiración dispondrán de un conducto de aspiración individual.

(d) *Áreas de ventilación especial.* El aire extraído de las cajas de manipulación con guantes y las salas de aislamiento debe pasarse por torres depuradoras u otra forma de tratamiento antes de su evacuación al sistema de aspiración ordinario. Las cámaras de frío y de calor deben dotarse de dispositivos para la evacuación rápida y en caso de avería eléctrica.

(e) *Modificaciones.* Las modificaciones del sistema de ventilación se llevarán a cabo únicamente en el caso de que las pruebas exhaustivas realizadas indiquen que la protección de los trabajadores frente a las sustancias tóxicas en suspensión en el aire seguirá siendo adecuada.

(f) *Rendimiento.* Una tasa de renovación del aire de 4 a 12 veces cada hora suele indicar una ventilación general adecuada si se utilizan sistemas de aspiración local (campanas) como método de control principal.

(g) *Calidad.* El flujo general de aire no debe ser turbulento, sino relativamente uniforme en todo el laboratorio, evitando altas velocidades y áreas estáticas; el flujo de aire de entrada en la campana y dentro de ésta no debe excesivamente turbulento; la velocidad en cara de las campanas debe ser la adecuada (normalmente, 0,25-0,5 m/s.).

(h) *Evaluación.* La calidad y la cantidad de la ventilación debe evaluarse en la instalación, controlarse periódicamente (al menos cada tres meses) y reevaluarse en los casos de modificación de la ventilación local.

conveniente utilizar guantes de seguridad y un peto de laboratorio realizados en goma o polímeros naturales o sintéticos apropiados. Por apropiado se entiende un material que no se disuelva, ni se hinche ni sufra ninguna otra modificación debida a la acción de la sustancia de la que debe proteger, ni sea permeable a la misma. La utilización de una pantalla de seguridad en la mesa de trabajo del laboratorio, interpuesta entre los aparatos en los que las sustancias químicas se calientan, reaccionan o se destilan y el investigador es una medida de salvaguarda adicional contra las quemaduras químicas y la intoxicación por contaminación de la piel. Puesto que la velocidad con que se elimina una sustancia corrosiva o tóxica de la piel constituye un factor esencial en la prevención o la minimización de los daños que ésta puede provocar, una ducha de seguridad, ubicada en un lugar adecuado en el laboratorio, es un componente indispensable del equipo de seguridad.

Los ojos pueden protegerse mejor de las salpicaduras de líquido mediante el empleo de gafas de montura ajustada y de máscaras faciales. Entre los contaminantes atmosféricos, además de los gases y vapores, figuran los sólidos y los líquidos cuando se presentan subdivididos en pequeñas partículas en forma de polvo o rocío. La forma más eficaz de evitar su contacto con los ojos consiste en trabajar en una campana de humos o en una caja de manipulación con guantes, si bien las gafas de montura ajustada también ofrecen cierta protección en estos casos. Las gafas pueden utilizarse para mejorar la protección al emplear la campana. La presencia de fuentes para el lavado de ojos de fácil acceso en el laboratorio suele eliminar y reduce sin lugar a dudas los daños en esta parte del cuerpo provocados por la contaminación que generan las salpicaduras de sustancias corrosivas y tóxicas.

La vía boca-estómago-intestinos suele estar relacionada con la intoxicación más que con el ataque de sustancias corrosivas. La ingestión de materiales tóxicos suele producirse de manera inconsciente a través de la contaminación química de alimentos o cosméticos. Las fuentes de esta contaminación son los alimentos almacenados en frigoríficos junto con sustancias químicas, los que se consumen en el laboratorio y las barras de labios que se guardan o aplican en este tipo de instalación. La prevención en estos casos consiste en evitar las prácticas que los provocan, por ejemplo, utilizando ciertos frigoríficos exclusivamente para la conservación de alimentos y reservando lugares para comer fuera del laboratorio.

En lo que respecta a intoxicaciones y quemaduras químicas, la vía nariz-bronquios-pulmones, se ve afectada exclusivamente por las sustancias en suspensión en el aire, ya sea en forma de gases, vapores, polvo o neblina. Estos materiales pueden mantenerse alejados del sistema respiratorio de los trabajadores dentro y fuera del laboratorio mediante la práctica simultánea de: a) limitar la realización de las operaciones que los producen a las campanas de humos; b) ajustar el suministro de aire del laboratorio, de forma que la atmósfera en éste se renueve de 10 a 12 veces por hora, y c) mantener una presión atmosférica negativa en el laboratorio respecto a los pasillos y las salas que lo rodean. Las tareas que producen humo o polvo y exigen la utilización de aparatos muy voluminosos o recipientes del tamaño de un bidón de 218 litros, que son demasiado grandes para su utilización en una campana de humos ordinaria, deben llevarse a cabo en salas especiales dotadas de este tipo de sistemas de extracción. En general, los respiradores o los aparatos de respiración autónomos no deben emplearse en tareas de laboratorio que no tengan un carácter de emergencia.

La intoxicación crónica por mercurio, debida a la inhalación de vapores de este material, ocurre ocasionalmente en los laboratorios. Se produce cuando el mercurio acumulado en un lugar oculto (debajo del revestimiento del suelo, en cajones o en un

armario) ha emitido vapores durante un período de tiempo suficiente para afectar a la salud del personal. Un servicio de mantenimiento adecuado evitará este problema. Si se sospecha de la existencia de una fuente de mercurio oculta, debe comprobarse si este elemento está presente en la atmósfera del laboratorio mediante la utilización de un detector especial diseñado al efecto o la remisión de una muestra de aire para su análisis.

Prevención de incendios y explosiones y extinción de incendios. La causa principal de incendio en un laboratorio es la ignición accidental de líquidos inflamables. En lo que respecta a la seguridad contra incendios, éstos se definen como aquellos líquidos con puntos de inflamación inferiores a 36,7 °C. Las fuentes de ignición que provocan este tipo de suceso consisten en llamas desnudas, superficies calientes, chispas eléctricas generadas por interruptores y motores que forman parte de equipos como agitadores, frigoríficos domésticos y ventiladores eléctricos, y chispas producidas por electricidad estática. La ignición de un líquido inflamable no se produce en el líquido en sí, sino sobre éste, en la mezcla de sus vapores con el aire (cuando la concentración de vapor se encuentra entre ciertos límites superiores e inferiores).

La prevención de incendios en un laboratorio se basa en la retención completa de los vapores de líquidos inflamables en los recipientes que los contienen o en los aparatos en que son utilizados. Si esta retención completa no es posible, el coeficiente de fuga debe minimizarse en la medida de lo posible y debe suministrarse una corriente de aire continua y potente para eliminar dichos vapores, de forma que pueda mantenerse su concentración en todo momento muy por debajo del límite inferior de concentración crítica. Estos objetivos se cumplen cuando las reacciones en las que intervienen líquidos inflamables se llevan a cabo en campanas de humos y cuando los bidones que contienen estos líquidos se almacenan en cámaras con salida a un aparato aspirador.

Una práctica particularmente insegura es el almacenamiento de líquidos inflamables como el etanol en frigoríficos de tipo doméstico. Estos aparatos no mantienen los vapores generados lejos del contacto con las chispas generadas por sus interruptores, motores y relés. Por tanto, nunca deben conservarse recipientes de líquidos inflamables en este tipo de frigoríficos. Esta afirmación es especialmente válida en el caso de los recipientes y bandejas abiertos que contienen dichos líquidos. No obstante, incluso las botellas con tapones de rosca, guardadas en estos frigoríficos, han causado explosiones, supuestamente por la fuga de vapores a través de un cierre defectuoso o por la rotura de estos recipientes. Los líquidos inflamables que requieren refrigeración sólo se almacenarán en frigoríficos a prueba de explosiones.

Las chispas producidas por la acumulación de carga eléctrica debida al movimiento de un fluido constituyen un factor significativo causante de incendios, que actúa cuando se vierten o sifonan grandes cantidades de líquido inflamable de un bidón a otro. Este tipo de generación de chispas puede evitarse mediante la utilización de bidones con toma de tierra para descarga eléctrica.

La mayoría de incendios relacionados con sustancias químicas o disolventes que se producen en el laboratorio y son de una magnitud moderada pueden apagarse con extintores de dióxido de carbono o de polvo. Los laboratorios deben equiparse con uno o varios extintores de cualquiera de los dos tipos, dependiendo de su tamaño. Ciertos incendios especiales exigen la aplicación de otros agentes extintores. Muchos incendios en los que se queman metales se apagan con arena o grafito. La ignición de hidruros metálicos requiere el empleo de grafito o caliza en polvo.

Cuando se prenden ropas en un laboratorio, las llamas deben apagarse con rapidez para reducir al mínimo las lesiones

producidas por las quemaduras térmicas. Una manta colgada en la pared con la que envolver a la víctima extingue este tipo de fuegos con eficacia. Puede utilizarse para sofocar las llamas por la persona cuyas ropas han prendido. También es posible emplear las duchas de seguridad para resolver este tipo de problemas. Existen límites respecto al volumen total de líquidos inflamables que pueden almacenarse en condiciones de seguridad en cada laboratorio. Estos límites, generalmente estipulados en las normativas locales contra incendios, son variables y dependen de los materiales de construcción de la instalación y de su equipación con un sistema de extinción de incendios automático. Suelen oscilar entre los 55 y los 135 litros.

El gas natural suele suministrarse a través de varias válvulas localizadas en diversas partes de un laboratorio convencional. Estos accesos constituyen las fuentes más comunes de fuga, junto con los tubos de goma y los quemadores a los que están conectados. Estos escapes, cuando no se detectan poco después de su inicio, provocan explosiones graves. Los detectores de gas, diseñados para indicar el nivel de concentración de éste en el aire, pueden utilizarse para localizar el origen de la fuga con rapidez.

Prevención de lesiones debidas a diversas fuentes. Los daños provocados por la caída de botellas de gas a alta presión de gran tamaño, una de las causas de accidente más habituales de las comprendidas en este grupo, pueden evitarse con facilidad atando o encadenando firmemente estos recipientes a una pared o un banco de trabajo del laboratorio y tapando todas las botellas vacías no utilizadas.

La mayoría de las lesiones provocadas por los fragmentos cortantes de tubos de cristal se producen por la rotura de éstos al colocarles corchos o tapones de caucho. Para prevenirlas, debe recurrirse a la lubricación del tubo con glicerol y a la protección de las manos con guantes de trabajo de cuero.

Materiales incompatibles

Son incompatibles dos sustancias que, al entrar en contacto o mezclarse, generan un efecto dañino o potencialmente dañino. Los dos miembros de un par incompatible pueden ser sustancias químicas, o una sustancia química y un material de construcción como la madera o el acero. La mezcla o el contacto de dos materiales incompatibles da lugar a una reacción química o a una interacción física que genera una gran cantidad de energía. Los efectos perniciosos específicos o potenciales de estas combinaciones, que pueden provocar en última instancia accidentes graves o daños para la salud, incluyen la liberación de grandes cantidades de calor, incendios, explosiones, producción de gases inflamables y generación de gases tóxicos.

Puesto que en un laboratorio suele encontrarse una amplia gama de sustancias, la existencia de incompatibilidades entre ellas es muy habitual y representa un riesgo para la vida y la salud si no se tratan correctamente.

Rara vez se mezclan deliberadamente materiales incompatibles. Normalmente, su combinación es el resultado de una rotura accidental simultánea de dos recipientes adyacentes. En ocasiones, se debe a fugas o pérdidas, o a la mezcla de gases o vapores procedentes de botellas cercanas entre sí. Aunque en muchos de los casos en que se combinan dos elementos incompatibles los efectos perjudiciales pueden observarse con facilidad, al menos en uno de ellos, la detección de la formación de un tóxico crónico no resulta tan sencilla. Es el caso que consiste en la reacción del gas formaldehído derivado de la formalina al 37 % con el cloruro de hidrógeno desprendido del ácido clorhídrico concentrado, que da lugar a la formación del potente cancerígeno bis(clorometil) éter. Otros casos de efectos de detección no inmediata consisten en la generación de gases inodoros e inflamables.

Evitar que dos materiales incompatibles se mezclen debido a la rotura simultánea de recipientes adyacentes o la fuga de vapores de botellas próximas entre sí es sencillo: los recipientes deben mantenerse separados. No obstante, en primer lugar es necesario identificar el par incompatible; esta tarea no siempre es sencilla u obvia. Para reducir al mínimo la posibilidad de pasar por alto un par incompatible, debe consultarse y hojearse de vez en cuando compendios sobre la cuestión para familiarizarse con los ejemplos menos conocidos. Para prevenir el contacto por fuga o rotura entre una sustancia química y el material incompatible con el que esté construido el estante en el que se apoya su recipiente, se colocará éste en un depósito de vidrio con la capacidad suficiente para dar cabida a la totalidad de su contenido.

MÉTODOS PARA EL CONTROL LOCALIZADO DE CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

Louis DiBernardinis

En general, los profesionales de la salud en el trabajo han confiado en la siguiente jerarquía de técnicas de control para eliminar o minimizar las exposiciones de los trabajadores: sustitución, aislamiento, ventilación, prácticas de trabajo, y ropas y equipos de protección personal. Suele aplicarse una combinación de dos o más de estas técnicas. Aunque en este artículo se analiza fundamentalmente la utilización de los métodos de ventilación, los demás planteamientos se refieren brevemente. No deben pasarse por alto al intentar controlar la exposición a sustancias químicas mediante la ventilación.

El profesional de la salud en el trabajo siempre debe considerar el concepto de la cadena fuente-medio-receptor. El objeto de atención principal será el control de la fuente, y al control del medio se concederá una importancia secundaria. El control del receptor debe considerarse como el último recurso. Ya sea en las fases de inicio o diseño de un proceso o durante la evaluación de un proceso existente, el procedimiento de control de la exposición a contaminantes atmosféricos debe comenzar en la fuente y avanzar hasta el receptor. Es probable que la totalidad o la mayor parte de estas estrategias de control deban ser utilizadas.

Sustitución

Este principio consiste en eliminar o reducir el riesgo mediante la sustitución por materiales inocuos o menos tóxicos o el rediseño del proceso para impedir la fuga de contaminantes en el lugar de trabajo. En teoría, las sustancias químicas sustitutas no serán tóxicas y el rediseño del proceso evitará plenamente la exposición. No obstante, puesto que estos objetivos no siempre son alcanzables, se recurrirá a otros controles incluidos en la jerarquía referida.

Deben extremarse las precauciones para asegurar que la sustitución no de lugar a una situación de mayor riesgo. Aunque aquí se analiza el peligro de toxicidad, la inflamabilidad y la reactividad química de los sustitutos también deben considerarse al valorar el riesgo.

Aislamiento

El principio de aislamiento consiste en eliminar o reducir el riesgo mediante la separación del proceso emisor de contaminantes del trabajador. Para ello, puede optarse por el cerramiento total del proceso o por su localización a una distancia de

seguridad de las personas. No obstante, estas opciones pueden exigir la operación y/o el control remoto del proceso. El aislamiento resulta especialmente útil en las tareas que requieren pocos trabajadores y cuando el control por otros medios es difícil. Otra posibilidad consiste en efectuar las operaciones peligrosas en turnos poco concurridos para limitar el número de trabajadores expuestos. En ocasiones, la utilización de esta técnica no elimina la exposición, pero reduce la cantidad de personas afectadas.

Ventilación

Habitualmente se emplean dos tipos de ventilación aspirante para reducir al mínimo los niveles de exposición a contaminantes atmosféricos. El primero se denomina ventilación general o por dilución. El segundo se conoce como control de la fuente o ventilación por extracción localizada (VEL) y se analiza con mayor detalle más adelante en el presente artículo.

Estos dos tipos no deben confundirse con la ventilación de climatización, cuyo fin principal es el suministro de cantidades medidas de aire externo para respirar y mantener una temperatura y una humedad específicas. En otros artículos de esta *Enciclopedia* se analizan diversas formas de ventilación.

Prácticas de trabajo

El control de las prácticas de trabajo comprende la supervisión de los métodos que emplean los trabajadores para llevar a cabo las distintas tareas y de la medida en que se atienen a los procedimientos correctos. En esta *Enciclopedia* se ofrecen diversos ejemplos de este procedimiento de control al analizar procesos generales o específicos. Al abordar conceptos generales como la educación y la formación, los principios de gestión y los sistemas de ayuda social se examina la importancia de las prácticas de trabajo en el control de las exposiciones.

Equipos de protección personal

Los equipos de protección personal (EPP) se consideran la última línea de defensa en el control de la exposición de los trabajadores. Comprenden la utilización de dispositivos respiratorios y ropa protectora. Suelen combinarse con otras prácticas de control, en particular con el fin de reducir al mínimo los efectos de emisiones o accidentes imprevistos. Estas cuestiones se analizan con mayor detenimiento en el capítulo dedicado a la *protección personal*.

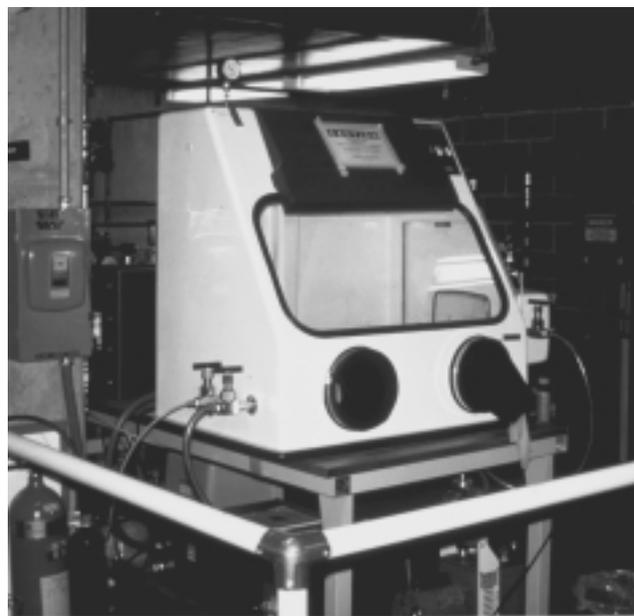
Ventilación por extracción localizada

La forma más eficaz y rentable de control de contaminantes es la VEL. Consiste en la captura del contaminante químico en su fuente de generación. Hay tres tipos de sistemas de VEL:

1. cerramientos;
2. campanas exteriores,
3. campanas receptoras.

Los cerramientos constituyen la forma de VEL preferible. Se diseñan fundamentalmente para contener los materiales que se generan en su interior. Cuanto más completos sean, mejor será la retención del contaminante. Los cerramientos completos son los que carecen de aberturas. Son ejemplos de este tipo las cajas de manipulación con guantes, las cámaras de chorreo abrasivo y las cámaras de almacenamiento de gases tóxicos (véanse las Figuras 61.1, 61.2 y 61.3). En los cerramientos parciales, uno o varios lados están abiertos, pero la fuente se mantiene en su interior. Son ejemplos de este tipo de cerramientos las cabinas de pintura con pistola pulverizadora (véase la Figura 61.4) y una campana de laboratorio. A menudo, puede parecer que el diseño de los cerramientos responde más a fines artísticos que a criterios científicos. El principio básico es diseñar campanas con las aberturas más reducidas posibles. El caudal de aire requerido suele basarse en el área del conjunto de aberturas y en el mantenimiento de

Figura 61.1 • Cerramiento completo: caja de manipulación con guantes.



Louis DiBernardinis

una velocidad del flujo de aire al pasar por éstas que oscile entre 0,25 y 1,0 m/s. La velocidad de control elegida dependerá de las características de la tarea, incluida la temperatura y las condiciones en que el contaminante es liberado y dispersado. En cerramientos complejos, deben extremarse las precauciones para

Figura 61.2 • Cerramiento completo: cámara de almacenamiento de gas tóxico.



Louis DiBernardinis

Figura 61.3 • Cerramiento completo: cámara de chorreo abrasivo.



Michael McCann

garantizar que el flujo de salida se distribuye homogéneamente en todo su interior, sobre todo si las aberturas se encuentran repartidas. Muchos diseños de cerramiento se evalúan en la práctica y, si se demuestra su eficacia, son incluidos como prototipos en el manual de ventilación industrial de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales del Gobierno (ACGIH 1992).

Con frecuencia, el cerramiento total de la fuente no es posible o no es necesario. En estos casos, puede utilizarse otra forma de aspiración localizada, como una campana exterior o de captura. La primera evita la emisión de materiales tóxicos en el lugar de trabajo mediante su captura o arrastre en la fuente de generación o cerca de la misma, normalmente un puesto de trabajo o una operación incluida en un proceso. El volumen de aire que

Figura 61.4 • Cerramiento parcial: cabina de pintura con pistola pulverizadora.



Louis DiBernardinis

suele requerirse es considerablemente inferior al necesario en el caso del cerramiento parcial. No obstante, puesto que el contaminante se genera fuera de la campana, ésta debe diseñarse y utilizarse apropiadamente para ser tan eficaz como un cerramiento parcial. La forma más eficaz de control es un cerramiento completo.

Para funcionar eficazmente, la entrada de aire de una campana exterior debe tener un diseño geométrico adecuado y situarse cerca del lugar de emisión de sustancias químicas. La distancia de separación dependerá del tamaño y de la forma de la campana y de la velocidad del aire necesaria en la fuente de generación para capturar el contaminante y atraerlo hacia la campana. En general, cuanto más cerca de la fuente de generación, mejor. Las velocidades de los modelos frontales y de rendija suelen oscilar entre 0,25 y 1,0 y 5,0 y 10,0 m/s, respectivamente. Se ofrecen numerosas directrices en cuanto al diseño de este tipo de campanas de aspiración en el capítulo 3 del manual de la ACGIH (ACGIH 1992) y en Burgess, Ellenbecker y Treitman (1989). Dos tipos de campanas exteriores de aplicación frecuente son las de "techo" y las de "rendija".

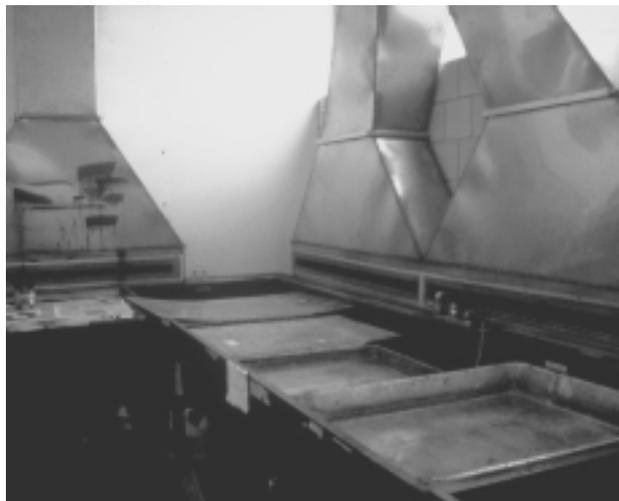
Las primeras se utilizan principalmente en la absorción de gases, vapores y aerosoles emitidos en una dirección con una velocidad que puede aprovecharse para facilitar dicha absorción. En ocasiones, estos dispositivos se denominan campanas "receptoras". Este tipo suele emplearse cuando el proceso que debe controlarse se desarrolla a temperaturas elevadas, con el fin de aprovechar la corriente aérea ascendente provocada por el calor, o cuando las emisiones se dirigen hacia arriba por la naturaleza del proceso. Son ejemplos de las operaciones que pueden controlarse de este modo las estufas de secado, los hornos de

Figura 61.5 • Campana de techo: aspiración en un horno.



Louis DiBernardinis

Figura 61.6 • Campana exterior: soldeo.



Michael McCann

fusión y las autoclaves. Muchos fabricantes de equipos recomiendan configuraciones específicas para las campanas de aspiración adecuadas a las unidades que producen. Debe consultárseles para recibir asesoramiento. Las directrices de diseño también se encuentran en el capítulo 3 del manual de la ACGIH (ACGIH 1992). Por ejemplo, en el caso de una autoclave o un horno en los que la distancia entre la campana y la fuente de calor no excede, aproximadamente, de la menor de las magnitudes entre el diámetro de la fuente o 1 m, la campana puede considerarse de techo baja. En estas condiciones, el diámetro o la sección transversal de la columna de aire caliente será prácticamente igual al de la fuente. Por tanto, el diámetro o las dimensiones de los laterales de la campana sólo deben ser superiores en 0,3 m a las de la fuente.

El caudal total en el caso de una campana de techo baja es

$$Q_t = 0,04516 (D_f)^{2,33} (D_c)^{0,42}$$

donde:

Q_t = caudal total de aspiración de aire, en m^3/s

D_f = el diámetro de la campana, en m.

D_c = la diferencia entre la temperatura de la fuente controlada por la campana y la temperatura ambiente, en $^{\circ}C$.

Relaciones similares son aplicables en las campanas rectangulares y en las de techo altas. Un ejemplo de este último tipo puede observarse en la Figura 61.5.

Las campanas de rendija se utilizan en el control de operaciones que no pueden llevarse a cabo dentro de una campana de contención o debajo de una campana de techo. Son casos característicos de estas operaciones el llenado de barriles, la galvanoplastia, la soldadura y el desengrasado. En las Figuras 61.6 y 61.7 se ofrecen ejemplos de estas actividades. El flujo requerido puede calcularse mediante una serie de ecuaciones determinadas empíricamente en función del tamaño y de la forma de la campana y de la distancia entre ésta y la fuente. Así, en el caso de una campana de rendija con pestaña, el caudal se estima mediante la fórmula

$$Q = 2,6 LVX$$

donde:

Q = caudal total de aire de la campana, en m^3/s

L = la longitud de la rendija, en metros

V = la velocidad necesaria en la fuente para aspirarla, en m/s .

X = la distancia de la fuente a la rendija, en metros.

En ocasiones, la velocidad necesaria en la fuente se denomina "de captación" y suele oscilar entre 0,25 y 2,5 m/s. Las directrices para seleccionar una velocidad de aspiración adecuada figuran en el manual de la ACGIH. En las áreas con un exceso de corrientes cruzadas o en el caso de materiales de toxicidad elevada, debe optarse por el extremo superior de la gama. En cuanto a las partículas, deben aplicarse velocidad de captación superiores.

Alguna campanas pueden configurarse como combinación de modelos de cerramiento, exteriores y receptores. Por ejemplo, la cabina de pintura con pistola pulverizadora mostrada en la Figura 61.4 es un cerramiento parcial y, a la vez, una campana receptora. Se ha diseñado para facilitar una aspiración eficaz de las partículas generadas al aprovechar la velocidad de éstas creada por la muela abrasiva rotante en la dirección de la campana.

Es necesario tener cuidado al seleccionar y diseñar los sistemas de aspiración locales. Debe considerarse: a) la capacidad para aislar la operación; b) las características de la fuente (es decir, concentración frente a dispersión) y el modo en que se genera el contaminante; c) la capacidad de los sistemas de ventilación existentes; d) los requisitos en cuanto a espacio, y e) la inflamabilidad de los contaminantes.

Una vez instalada la campana, se aplicará un programa de mantenimiento y seguimiento rutinario de los sistemas para garantizar su eficacia en la prevención de la exposición de los trabajadores (OSHA 1993). El control de la campana química de laboratorio estándar está normalizado desde el decenio de 1970. No obstante, no existen procedimientos normalizados

Figura 61.7 • Campana exterior: llenado de bidones.



Louis DiBernardinis

afines correspondientes a otras formas de aspiración local; por tanto, el usuario debe establecer uno propio. El más eficaz es el control de flujo continuo. Este puede consistir en un método tan sencillo como la instalación de un indicador magnético de presión de agua que mida la presión estática en la campana (ANSI/AIHA 1993). La presión estática requerida (cm de agua) podrá estimarse sobre la base de los cálculos de diseño, y podrán realizarse mediciones de flujo con ocasión de la instalación para verificarlas. Con independencia de que se adapte un control de flujo continuo o no, debe llevarse a cabo algún tipo de evaluación periódica del rendimiento de la campana. Para ello puede recurrirse a la aplicación de humo que permita visualizar la aspiración o a la medición del flujo total en el sistema y su comparación con el previsto en el diseño. En el caso de los cerramientos, suele resultar conveniente medir la velocidad frontal a través de las aberturas.

Asimismo, el personal debe recibir formación sobre la correcta utilización de estos tipos de campanas, sobre todo en los casos en que la distancia de éstas a la fuente puede ser modificada con facilidad por el usuario.

Si los sistemas de aspiración local se diseñan, instalan y utilizan apropiadamente, pueden constituir un medio eficaz y económico de controlar las exposiciones a sustancias químicas.

● EL SISTEMA DE INFORMACION QUÍMICA GESTIS: ESTUDIO DE CASO

Karlheinz Meffert y Roger Stamm

GESTIS, el sistema de información sobre sustancias peligrosas de las *Berufsgenossenschaften* (BG, compañías de seguros de accidente obligatorios) en Alemania, se presenta en este artículo como un estudio de caso de un sistema de información integrado para la prevención de los riesgos generados por las sustancias y los productos químicos en el lugar de trabajo.

Con la promulgación y la aplicación de la normativa sobre sustancias peligrosas en Alemania a mediados del decenio de 1980, aumentó en gran medida la demanda de datos e información sobre este tipo de sustancias. Esta necesidad debía ser satisfecha directamente por las BG en el marco de sus actividades industriales de asesoramiento y supervisión.

Los especialistas, incluidas las personas que trabajan para los servicios de inspección técnica de las BG, los ingenieros de seguridad en el lugar de trabajo, los médicos del trabajo y las personas que cooperan con los equipos de expertos, requieren datos específicos sobre salud. No obstante, la información relativa a los riesgos químicos y las medidas de seguridad apropiadas no son menos importantes para el personal no especializado que trabaja con productos peligrosos. En las fábricas, la eficacia de las normas de protección laboral es lo que cuenta en última instancia; por tanto, es esencial garantizar que los propietarios, el personal responsable de la seguridad, los trabajadores y, en su caso, los comités de empresa, accedan con facilidad a la información pertinente.

En este contexto, GESTIS fue creado en 1987. La mayoría de las instituciones de las BG habían mantenido individualmente bases de datos durante más de 20 años. En el marco de GESTIS, estas bases se combinaron y completaron con nuevos componentes, incluida una base de datos prácticos sobre sustancias y productos, y sistemas de información específicos de ciertas ramas de la industria. GESTIS se organiza en torno a un eje central y un eje periférico, y dispone de datos exhaustivos sobre

y para la industria en Alemania. Se estructura y clasifica con arreglo a las distintas ramas de la industria.

GESTIS consta de cuatro bases de datos esenciales centralizadas en la Asociación de *Berufsgenossenschaften* y su Instituto para la Seguridad en el Trabajo (BIA), además de sistemas de información periféricos específicos de cada rama, documentación sobre vigilancia en la medicina del trabajo y conexiones con bases de datos externas.

Los grupos a los que va dirigida la información sobre sustancias peligrosas, como los ingenieros de seguridad y los médicos del trabajo, requieren diversos tipos de la misma y datos específicos para desempeñar su labor. La información destinada a los trabajadores debe ser comprensible y estar relacionada con la manipulación concreta de sustancias. Es posible que los inspectores técnicos necesiten otros datos. Por último, el público en general tiene derecho y está interesado en recibir información sobre la salud en el lugar de trabajo, incluida la identificación y la situación de determinados riesgos y la incidencia de las enfermedades profesionales.

GESTIS debe ser capaz de satisfacer las necesidades de información de los diversos grupos objetivo suministrándoles datos centrados en la práctica.

¿Qué información se necesita?

Información esencial sobre sustancias y productos

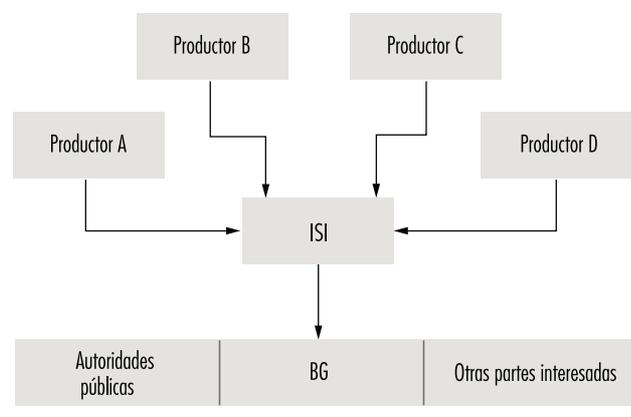
Los hechos contrastados deben constituir la base fundamental. En esencia, se trata de datos sobre sustancias químicas puras basados en el conocimiento científico y en los requisitos legales. El alcance de las materias y de la información en las fichas técnicas de seguridad (FTS), como las definidas por la Unión Europea en la Directiva (UE) 91/155/CEE, se corresponde con los requisitos de la protección del trabajo en los centros de producción y constituye un marco adecuado.

Estos datos se encuentran en la base central de sustancias y productos de GESTIS (ZeSP), una base de datos en línea recopilados desde 1987 en la que se ha prestado especial atención a las sustancias y a la cooperación con los servicios públicos de inspección del trabajo (es decir, las bases de datos de los Estados sobre sustancias peligrosas). La información correspondiente sobre productos (mezclas) se establece únicamente en función de los datos válidos relativos a sustancias. En la práctica, se plantea un grave problema ya que, con frecuencia, los productores de las fichas mencionadas no identifican las sustancias pertinentes en las preparaciones. La Directiva de la UE antes referida establece la adopción de mejoras en las fichas técnicas de seguridad y exige una mayor precisión de los datos que figuran en la relación de componentes (dependiendo de los niveles de concentración).

La recopilación de las FTS en el marco de GESTIS es indispensable para combinar los datos de los productores con la información sobre sustancias independiente de éstos. Para lograr este objetivo se recurre tanto a las actividades de registro de la BG específicas de cada rama, como al desarrollo de un proyecto en colaboración con los productores, que garantizan la disponibilidad de las fichas actualizadas y, en gran parte, en formato de proceso de datos (véase la Figura 61.8) en la base ISI (fichas técnicas de seguridad del sistema de información).

Puesto que en las FTS no suele considerarse adecuadamente la utilización específica de un producto, los especialistas de cada rama de la industria recopilan información sobre grupos de productos (p. ej., lubricantes refrigerantes para la protección en la práctica del trabajo en las fábricas) basándose en la información de los productores y en los datos sobre sustancias. Estos grupos se definen con arreglo a su utilización y a su riesgo químico potencial. La información disponible al respecto es independiente de los datos que suministran los productores

Figura 61.8 • Centro de recogida de datos e información para fichas de seguridad – estructura básica.



sobre la composición de cada producto, ya que ésta se basa en las fórmulas generales de composición. Por lo tanto, el usuario cuenta con el acceso a una fuente de información independiente complementaria aparte de la que le proporcionan las fichas técnicas de seguridad.

Un rasgo característico de la ZeSP es el suministro de información sobre la manipulación segura de sustancias peligrosas en el lugar de trabajo, incluidas las medidas específicas de prevención y de urgencia. Por otra parte, la ZeSP contiene información exhaustiva sobre medicina del trabajo organizada en un formato detallado, comprensible y relacionado con la práctica (Engelhard y cols. 1994).

Además de la información orientada a la práctica antes esbozada, es necesario disponer de otros datos en relación con la actividad de los equipos de expertos nacionales e internacionales con el fin de llevar a cabo evaluaciones de los riesgos de las sustancias químicas (p. ej., el Reglamento de la UE sobre las sustancias químicas existentes). En lo que se refiere a la evaluación de riesgos, se requieren datos para la manipulación de sustancias peligrosas, incluidos los relativos a: a) la categoría de utilización de las sustancias o los productos; b) las cantidades empleadas en la producción y en la manipulación, así como el número de personas que trabajan con estas sustancias o se ven

expuestos a las mismas, y c) las exposiciones. Esta información puede consultarse en los registros de sustancias peligrosas de los centros de producción, que son obligatorios de conformidad con la legislación europea en la materia, con el fin de poner en común los datos obtenidos a un nivel superior y crear registros sectoriales o generales. Estos instrumentos son cada vez más necesarios para dotar de las referencias pertinentes a los responsables de la adopción de decisiones políticas.

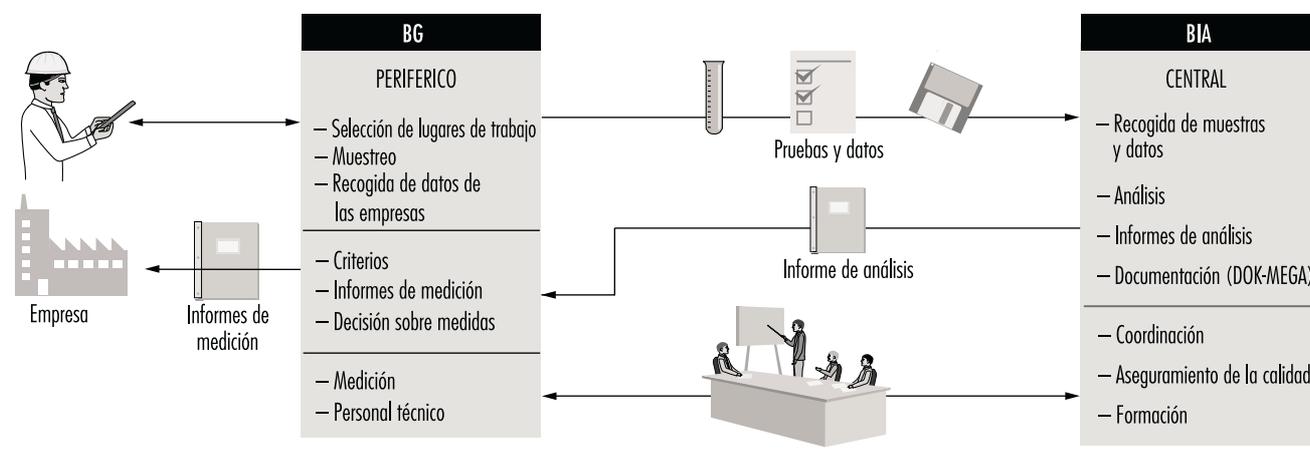
Datos de exposición

Los datos de exposición (es decir, los valores estimados de las concentraciones de sustancias peligrosas) se obtienen a través de las BG en el marco del sistema de medición de sustancias peligrosas (BGMG 1993), con el fin de llevar a cabo las mediciones obligatorias teniendo en cuenta los valores umbral en el lugar de trabajo. Su documentación es necesaria para considerar el nivel de tecnología al establecer dichos valores, efectuar análisis de riesgos (p. ej., en lo que respecta a la determinación de los riesgos inherentes a las sustancias existentes), realizar estudios epidemiológicos y evaluar las enfermedades profesionales.

Por tanto, los valores determinado como parte de las tareas de vigilancia en el lugar de trabajo se registran en la Documentación relativa a los Datos de Medición sobre Sustancias Peligrosas en el Lugar de Trabajo (DOK-MEGA). Desde 1972, más de 800.000 valores de medición se han obtenido en más de 30.000 empresas. Actualmente, se añaden cada año unos 60.000 de estos valores. Las características específicas del BGMG son la aplicación de un sistema de aseguramiento de la calidad, la inclusión de componentes de educación y formación, el desarrollo de procedimientos normalizados para la toma de muestras y el análisis, la adopción de una estrategia de medición armonizada basada en fundamentos jurídicos y la utilización de instrumentos apoyada por el proceso de datos, la recopilación de información, la garantía de la calidad y la evaluación (Figura 61.9).

Los valores de medición de las exposiciones deben ser representativos, repetibles y compatibles. Los datos sobre exposiciones obtenidos de la vigilancia en el lugar de trabajo en el marco del BGMG se consideran estrictamente "representativos" de la situación específica de cada centro productivo, puesto que la selección de lugares para la medición se efectúa en cada caso de acuerdo con criterios técnicos, no estadísticos. No obstante, la cuestión de la representatividad se plantea cuando los valores medidos correspondientes a un lugar de trabajo idéntico o

Figura 61.9 • Sistema de medición de las BG para las sustancias peligrosas (BGMG) – cooperación entre el BIA y las BG.



similar, o incluso a ramas completas de la industria, deben agruparse estadísticamente. En general, los datos determinados como parte de la actividad de vigilancia ofrecen valores medios superiores a los de los datos recogidos inicialmente para obtener una sección cruzada representativa de una rama de la industria.

En cada medición, es necesario un registro y una documentación diferenciados del centro productivo, el proceso y los parámetros de muestreo correspondientes, de forma que los valores medidos puedan combinarse de un modo estadísticamente razonable, evaluarse e interpretarse de manera adecuada desde el punto de vista técnico.

En la DOK-MEGA, este objetivo se consigue de conformidad con los siguientes criterios de registro de datos y documentación

- adopción de una estrategia de medición normalizada de acuerdo con las Normas técnicas sobre Sustancias Peligrosas (TRGS), documentando en concreto la toma de muestras y la duración de la exposición
- aplicación de procedimientos comparables y fiables en el muestreo, la medición y el análisis
- clasificación de los valores de medición de acuerdo con el área industrial, el proceso de trabajo o el lugar de trabajo, así como con las actividades de forma sistematizada y codificada (directorios de códigos de GESTIS)
- documentación de las condiciones ambientales específicas del proceso y del lugar de trabajo (p. ej., ventilación por extracción localizada) y de las sustancias químicas utilizadas (p. ej., tipo de electrodos empleados en las tareas de soldadura).

El BIA aprovecha su experiencia con DOK-MEGA en un proyecto de investigación con representantes de otras bases de datos nacionales sobre exposición con el objetivo de mejorar la comparabilidad de los resultados de exposición y medición. En concreto, se pretende definir la información esencial que sirva como base de las comparaciones y desarrollar un "protocolo" para la documentación de datos.

Datos sanitarios

Además de la información relativa a las sustancias y los productos químicos y a los resultados de las medición de las exposiciones, es necesario disponer de datos sobre los efectos para la salud de la exposición real a sustancias peligrosas en el lugar de trabajo. De la mera observación general del potencial de riesgo, del peligro real y de sus efectos, pueden extraerse conclusiones adecuadas respecto a la seguridad en el trabajo a escala empresarial y en contextos más generales.

Por tanto, otro componente de GESTIS es la documentación sobre enfermedades profesionales (BK-DOK), en la que se han registrado todos los casos referidos desde 1975. Para la documentación de las enfermedades profesionales en el área de las sustancias peligrosas es esencial la determinación y el registro inequívocos y correctos de las asociadas con cada caso. En general, esta determinación lleva mucho tiempo, pero la adquisición de conocimientos en materia de prevención es imposible sin una identificación precisa de las sustancias y los productos implicados. Así, en el caso de las enfermedades respiratorias y de la piel, que requieren particularmente una mejora de la comprensión de los posibles agentes causantes, debe dedicarse un esfuerzo especial al registro de la información sobre utilización de sustancias y productos con la mayor exactitud posible.

Datos bibliográficos

El cuarto componente propuesto para GESTIS fue la disposición de información de referencia en forma de documentos bibliográficos, de forma que los datos básicos pudiesen juzgarse con propiedad sobre la base del conocimiento vigente y fuera posible extraer conclusiones. A tal efecto, se desarrolló una interfase con

la base de datos bibliográfica (ZIGUV-DOK), con un total de 50.000 referencias en la actualidad, de las que 8.000 versan sobre las sustancias peligrosas.

Coordinación y elaboración de los datos orientada a la resolución de problemas

Coordinación de la información

Los componentes de GESTIS antes descritos no pueden mantenerse aislados si se pretende utilizar este sistema eficazmente. Requieren la existencia de posibilidades de coordinación adecuadas, por ejemplo, entre los datos de exposición y los casos de enfermedad profesional. Esta vinculación permite la creación de un sistema información realmente integrado. La coordinación se basa en la información esencial disponible, codificada mediante el sistema de codificación GESTIS normalizado (véase la Tabla 61.2).

Con la ayuda del código GESTIS, pueden asociarse entre sí datos individuales (p. ej., datos de medición correspondientes a un determinado lugar de trabajo con un caso de enfermedad profesional que haya ocurrido en ese mismo lugar o en otro similar) y obtenerse información "tipificada" y condensada estadísticamente (p. ej., asociación de las enfermedades relacionadas con determinados procesos de trabajo con los datos de exposición medios). En cuanto a las asociaciones individuales de datos (p. ej., basadas en la utilización del número del seguro de pensión), la obligación de respetar estrictamente la legislación sobre protección de la información es obvia.

Por consiguiente, es evidente que sólo un mecanismo de codificación sistemática es capaz de estos requisitos de coordinación en un sistema de información. No obstante, debe llamarse la atención respecto a la posibilidad de la coordinación de varios de estos sistemas trascendiendo las fronteras nacionales. Estas opciones de coordinación y comparación dependen fundamentalmente de la utilización de normas de codificación unificadas a escala internacional, siempre que sean necesarias además de las normas nacionales.

Elaboración de la información orientada a la resolución de problemas y la utilización en la práctica

En el centro de la estructura de GESTIS se sitúan las bases de datos específicas sobre sustancias y productos, exposiciones, enfermedades profesionales y bibliografía. Los datos son recopilados por los especialistas que desarrollan su actividad en el centro y mediante las actividades periféricas de las BG. Para la aplicación y la utilización de los datos, es necesario acceder a los

Tabla 61.2 • Sistema normalizado de codificación de GESTIS.

Objeto	Individual	Grupo
	Código	Código
Sustancia, producto	Número de asignación central ZVG (BG)	SGS/PGS, código de grupo de sustancia/producto (BG)
Lugar de trabajo	Area de actividad IBA de cada fábrica (BG)	Area de actividad AB (BIA)
Persona expuesta		Actividad (BIA, de acuerdo con la clasificación sistemática de ocupaciones del Instituto Federal de Estadística)

El origen de los códigos se ofrece entre paréntesis.

usuarios, de manera centralizada a través de la divulgación en publicaciones pertinentes (p. ej., sobre la cuestión de la incidencia de las enfermedades profesionales), y también de forma específica gracias a las actividades de asesoramiento de las BG en sus empresas afiliadas.

Para lograr la utilización más eficaz posible de la información de que dispone GESTIS, se plantea la cuestión de la elaboración de la información orientada a la resolución de problemas y dirigida a determinados grupos. Los requisitos de adecuación a los usuarios se abordan en las bases de datos específicas sobre sustancias y productos químicos, por ejemplo, en la exhaustividad de la información o en su presentación orientada a la práctica. No obstante, no todos los requisitos concretos de los posibles usuarios pueden atenderse directamente en estas bases de datos. Se requiere una elaboración adaptada a grupos y problemas específicos, en caso necesario, facilitada por el proceso de datos. Debe divulgarse información orientada al lugar de trabajo respecto a la manipulación de sustancias peligrosas. Los datos más importantes extraídos de la base correspondiente deben presentarse en un formato comprensible y apropiado para el lugar de trabajo, por ejemplo, adoptando la forma de unas "instrucciones", estipuladas en la legislación en materia de seguridad en el trabajo de muchos países. A menudo, se presta muy escasa atención a esta elaboración específica de los datos destinada a los trabajadores. Los sistemas especiales pueden preparar esta información, pero los centros especializados que responden a las consultas individuales también la ofrecen y prestan el apoyo necesario a las empresas. En el

marco de GESTIS, estos procesos de recogida y elaboración de los datos se llevan a cabo, por ejemplo, mediante la acción de sistemas de ramas específicas como el GISBAU (Sistema de Información sobre Sustancias Peligrosas de las BG del Sector de la Construcción), el GeSi (Sustancias Peligrosas y Sistema de Seguridad), y de centros de información especializados en las BG, en el BIA o en la asociación de las Berufsgenossenschaften.

GESTIS ofrece las conexiones pertinentes para el intercambio de datos y fomenta la cooperación mediante el reparto de tareas:

- Las BG pueden acceder a la búsqueda directa en línea a través de la base de datos central sobre sustancias y productos (ZeSP) y la base de datos bibliográfica (ZIGUV-DOK).
- El intercambio sin conexión a red entre las bases de datos centrales y periféricas se consigue con la ayuda de los formatos de conexión apropiados.
- En los centros de información especializados pertenecientes a GESTIS, los expertos llevan a cabo evaluaciones orientadas y estudios previa solicitud.

Perspectivas de futuro

En el desarrollo futuro se concederá prioridad a la prevención. En colaboración con los productores, los planes previstos comprenden la elaboración exhaustiva y actualizada de los datos sobre productos, el establecimiento de valores característicos del lugar de trabajo determinados estadísticamente y derivados de la medición de las exposiciones y una evaluación de la documentación relativa a enfermedades profesionales.

Referencias

American National Standards Institute (ANSI) y American Industrial Hygiene Association (AIHA). 1993. *Laboratory Ventilation*. Norma Z9.5. Fairfax, VA: AIHA.

BG-Measuring System Hazardous Substances (BGMG). 1995. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften. Sankt Augustin: BGMG.

Burgess, WA, MJ Ellenbecker, RD Treitman. 1989. *Ventilation for Control of the Work Environment*. Nueva York: John Wiley and Sons.

Conferencia Americana de Higienistas Industriales del Gobierno (ACGIH), Committee on Industrial Ventilation. 1992. *Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practices*. 22 ed. Cincinnati, Ohio: ACGIH.

Engelhard, H, H Heberer, H Kersting, R Stamm. 1994. *Arbeitsmedizinische Informationen aus der Zentralen Stoff- und Productdatenbank ZeSP der*

gewerblichen Berufsgenossenschaften. *Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Umweltmedizin*. 29(3S): 136-142.

Organización Internacional del Trabajo (OIT). 1993. *Seguridad en la utilización de productos químicos en el trabajo*. Repertorio de Recomendaciones prácticas de la OIT. Ginebra: OIT.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA). 1993. Norma en materia de salud y seguridad. Exposición profesional a sustancias peligrosas en laboratorios. *Federal Register*. 51(42):22660-22684.

Otras lecturas recomendadas

Comisión de las Comunidades Europeas (CCE). 1994. *Working with Dangerous Products*. Año europeo de la seguridad, la higiene y la salud. Luxemburgo: CCE.

Organización Internacional del Trabajo (OIT). 1993. *Report on the Size of the Task of Harmonization of*

Existing Systems of Classification and Labelling for Hazardous Chemicals. Papers of the Governing Body (ILO-GB.255/10/4/4). Ginebra: OIT.

Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas (IPCS) y la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (UIQPA). 1992. *Chemical Safety Matters*. UIQPA-IPCS. Cambridge: Cambridge University Press.

Stückrath, M. 1992. Documentation MEGA: Measurement data on hazardous substances at the workplace. En *Clean Air at Work: New Trends in Assessment and Measurement for the 1990s*, dirigido por RH Brown. Londres: Royal Society of Chemistry.

Vinzens, P, B Carton, P Fjeldstad, B Rajan, R Stamm. 1994. *Exposure Registers in Europe. Extraction of Core Information and Possibilities for Comparison between European Databases for Occupational Air Pollutant Measurements*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de la Comunidades Europeas.