

TEMA 5

CONTROL DE LAS EXPOSICIONES FRENTE AGENTES QUÍMICOS. TÉCNICAS GENERALES: ACCIONES DE CONTROL TÉCNICAS. ACCIONES DE CONTROL ORGANIZATIVAS. PRIORIZACIÓN DEL CONTROL DE RIESGOS. ACCIONES SOBRE EL AGENTE. ACCIONES SOBRE EL PROCESO. ACCIONES EN EL LOCAL DE TRABAJO. ACCIONES EN LOS MÉTODOS DE TRABAJO. TÉCNICAS DE VENTILACIÓN PARA EL CONTROL DE LOS AGENTES QUÍMICOS: EXTRACCIÓN LOCALIZADA Y VENTILACIÓN POR DILUCIÓN

INTRODUCCIÓN

Los riesgos para la seguridad y salud de las personas trabajadoras debidos a la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo son de muy distinta tipología y forma de actuación, pero muchos de ellos tienen en común el factor de riesgo “concentración en el ambiente” como parámetro que determina la magnitud del riesgo; en consecuencia, las medidas preventivas deben ir encaminadas a disminuir la exposición de la persona trabajadora a dicha concentración del agente químico.

Los principios de la acción preventiva relativos al control de las exposiciones de agentes químicos deben entenderse como una extensión de los principios enunciados en el apartado 1 del artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales aplicados a las actividades con agentes químicos peligrosos.

La necesidad de adopción de medidas preventivas específicas vendrá determinada por la evaluación de riesgos, de la que se deducirán así mismo las medidas concretas a implantar.

1. CONTROL DE LAS EXPOSICIONES FRENTE A AGENTES QUÍMICOS

Son el conjunto de técnicas y procedimientos aplicables para evitar o disminuir la exposición de los trabajadores a agentes químicos. Implica implantar o ejecutar acciones eficaces para prevenir riesgos y mantener esta situación a lo largo del tiempo y en cualquier circunstancia. Estas acciones pueden clasificarse atendiendo al elemento sobre el que actúan: el agente químico en sí mismo, el proceso o instalación, el local (o zona o ambiente de trabajo) y el método de trabajo. Cada una de ellas tiene un objetivo distinto:

- **Acciones sobre el agente químico:** su objetivo es evitar su presencia.
- **Acciones en el proceso o instalación:** su objetivo es eliminar o reducir la emisión al ambiente.
- **Acciones en el local (zona o ambiente de trabajo):** su objetivo es mantener la concentración ambiental del agente químico en un valor seguro.
- **Acciones en el método de trabajo:** su objetivo es evitar el contacto directo entre el agente químico y el trabajador.

2. TÉCNICAS GENERALES: ACCIONES DE CONTROL TÉCNICAS, ACCIONES DE CONTROL ORGANIZATIVAS.

Para disminuir la exposición a los contaminantes químicos habrá que desarrollar acciones de control encaminadas a reducir:

- La concentración del contaminante en el ambiente
- El tiempo de exposición de los trabajadores

Acciones de control técnicas

Tienen por objeto reducir la concentración del contaminante en la zona de respiración del trabajador.

El análisis de las situaciones de riesgo parte de la utilización de un agente químico o de su generación durante un determinado proceso. El equipo que emite el agente químico al ambiente de trabajo se denomina foco de emisión. El foco de emisión está situado en el local de trabajo que es el medio de propagación del contaminante entre el foco y la zona de respiración del trabajador. Por último, la existencia de una persona que trabaja en la zona de exposición al contaminante.

El escenario que se acaba de presentar permite clasificar las acciones de control atendiendo al elemento sobre el que actúan, es decir, el agente químico, el proceso, local de trabajo o método de trabajo.

Acciones de control organizativas

Las acciones de control organizativas tienen por objeto reducir el tiempo de exposición de los trabajadores a los contaminantes químicos.

Al planificar la distribución de los puestos de trabajo y las tareas a realizar en cada uno de ellos siempre es posible buscar la optimización de las exposiciones en el sentido de lograr que el número de trabajadores sea mínimo y que el tiempo de exposición de cada uno de ellos sea mínimo. La rotación de puestos de trabajo o el reparto de tareas entre varios trabajadores son ejemplos de cómo, mediante la organización del trabajo, se puede reducir la exposición.

3. PRIORIZACIÓN DEL CONTROL DE RIESGOS

El empresario tiene la obligación de garantizar la eliminación o reducción al mínimo del riesgo que entraña un agente químico peligroso para la seguridad y salud de los trabajadores durante el trabajo.

El Real Decreto 374/2001 establece el siguiente orden de prioridad en el establecimiento de las medidas preventivas:

- La concepción y la utilización de procedimientos de trabajo, controles técnicos, equipos y materiales que permitan, aislando el agente en la medida de lo posible, evitar o reducir al mínimo cualquier escape o difusión al ambiente o cualquier contacto directo con el trabajador que pueda suponer un peligro para la salud y seguridad de éste.

- Medidas de ventilación u otras medidas de protección colectiva, aplicadas preferentemente en el origen del riesgo, y medidas adecuadas de organización del trabajo.
- Medidas de protección individual, acordes con lo dispuesto en la normativa sobre utilización de equipos de protección individual, cuando las medidas anteriores sean insuficientes y la exposición o contacto con el agente no pueda evitarse por otros medios.

Teniendo en cuenta que siempre que haya presencia de un agente químico peligroso habrá, en mayor o menor grado, un riesgo, la acción preventiva prioritaria debe ser la eliminación del agente químico peligroso mediante sustitución por otro agente químico que no sea peligroso o mediante la modificación del proceso que lo genera. Así pues, aunque siempre es recomendable plantear la sustitución, ello adquiere especial relevancia ante los agentes y situaciones de mayor riesgo (por ejemplo: para agentes cancerígenos existe una mayor exigencia, tal y como establece su normativa específica, el Real Decreto 665/1997 en su artículo 4). Por ello, a pesar de ser también un principio general, la sustitución del agente químico peligroso viene mencionada explícitamente en el Real decreto 374/2001 como una medida específica de prevención y protección.

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

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

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

La Guía Técnica del INSST indica el siguiente orden para priorizar las técnicas de control de las exposiciones según su objetivo:

Eliminación del riesgo

- Sustitución total del agente químico por otro menos peligroso.
- Sustitución del proceso/ Utilización de equipos intrínsecamente seguros.
- Automatización, robotización, control remoto.

Reducción o control del riesgo

- Sustitución parcial del agente o cambio de forma o estado físico.
- Proceso cerrado, cabinas con guantes, aumento de distancia, mantenimiento preventivo, extracción localizada, equipos con extracción local incorporada y cubetas de retención.
- Orden y limpieza, segregación de departamentos sucios, duchas de aire, cortinas de aire, cabinas para los trabajadores, drenajes y control de focos de ignición.

- Buenas prácticas de trabajo, supervisión, reducción de horarios.

Protección del trabajador

- EPI de protección respiratoria, dérmica u ocular.

Las diferentes técnicas de control se muestran en la tabla 1 en un orden de prioridad (de arriba hacia abajo) y para prioridad en orden de preferencia (de izquierda a derecha), basándose en que son preferibles los controles técnicos que los basados en la organización del trabajo debido a su mayor fiabilidad. El concepto de prioridad debe entenderse en sentido estricto: no es adecuado desde un punto de vista preventivo contemplar la posibilidad de aplicación de una técnica hasta que todas las técnicas de las filas superiores se han puesto en práctica o se han descartado por ser inviables técnica o económica. Estos casos de inviabilidad deben ser analizados de manera concreta.

La implantación de cualquiera de estas técnicas requiere, normalmente, la colaboración de especialistas de ramas muy diversas y procedimientos de trabajo que pueden ser complejos.

Todas estas técnicas de control o medidas preventivas pueden agruparse en:

- **Sustitución:** Buscan la eliminación o reducción al mínimo del riesgo que entraña un agente químico.
- **Reducción del riesgo al mínimo:** Cuando no se pueda eliminar el riesgo, se reducirá al mínimo aplicando medidas de prevención y protección. El orden de prioridad en las medidas a implantar es el siguiente:
 - Aislar el agente, evitando o reduciendo al mínimo cualquier escape, difusión al ambiente o contacto directo con el trabajador.
 - Medidas de protección colectiva. Aplicadas preferentemente en el origen del riesgo y medidas adecuadas de organización del trabajo (medidas técnicas y medidas organizativas).
 - La ventilación general
 - La extracción localizada.
 - Medidas de protección individual. Cuando la exposición no pueda evitarse por otros medios.

Tabla 1. Técnicas de control de las exposiciones a agentes químicos

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

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

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

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

La evaluación de riesgos determinará las medidas necesarias para lograr una adecuada protección del trabajador.

4. ACCIONES SOBRE EL AGENTE QUÍMICO

Tienen como objetivo evitar la presencia del contaminante químico en el ambiente de trabajo.

El Reglamento REACH fomenta la sustitución del uso de aquellas sustancias que presentan una mayor peligrosidad para la salud y el medio ambiente, exigiendo su autorización e imponiendo restricciones a determinados usos. Además de estas normas reglamentarias que prohíben o limitan el uso de ciertos productos la experiencia muestra que se han obtenido grandes avances en la prevención de riesgos mediante la sustitución o modificación de los productos.

Eliminación del riesgo

Sustitución total del agente químico por otro menos peligroso

La sustitución es una medida preventiva consistente en eliminar un determinado riesgo actuando en el origen, ya sea por utilización de un agente químico alternativo o bien empleando otro proceso. En la mayoría de los casos, ello implicará la aparición de un nuevo riesgo, necesariamente de menor magnitud, que deberá valorarse y controlarse de forma adecuada.

El Real Decreto 374/2001 establece que el empresario garantizará la eliminación o reducción al mínimo del riesgo que entraña un agente químico. Para ello, deberá (preferentemente) evitar el uso de dicho agente, sustituyéndolo por otro o por un proceso químico que no sea peligroso o que lo sea en menor grado.

Para los agentes químicos cancerígenos y mutágenos el principio de sustitución se aplica de forma aún más estricta puesto que deja de ser una prioridad en el conjunto de acciones preventivas para convertirse en un imperativo legal "*siempre que sea técnicamente posible*" (artículo 4 del Real Decreto 665/1997 sobre la prevención de riesgos derivados de agentes cancerígenos y mutágenos en el trabajo).

En este sentido, se debe proceder a la sustitución, debido a la prohibición de uso, a menos que tengan la correspondiente autorización, de las sustancias denominadas de muy alta preocupación, recogidas en el Anexo XIV del Reglamento REACH . Entre estas se encuentran:

- Las sustancias cancerígenas, mutágenas y tóxicas para la reproducción (CMR) de categoría 1Ay 1B.
- Las sustancias persistentes, bioacumulables y tóxicas (PBT).
- Las sustancias muy persistentes y muy bioacumulables (mPmB).
- Las sustancias que presenten evidencia científica de ser probables causantes de graves efectos en humanos o en el medio ambiente, como los alteradores endocrinos cuya situación debe revisarse, dadas las dificultades técnicas y científicas existentes para su clasificación.

Además, el Real Decreto 374/2001 establece una prohibición de uso respecto a 4 sustancias: 2-naftilamina y sus sales, 4-aminodifenilo y sus sales, bencidina y sus sales y 4-nitrodifenilo, en determinadas condiciones de uso (concentración superior a 0.1 % en peso).

Desde el punto de vista técnico, la sustitución es una medida de gran valor, en especial frente a aquellos agentes para los cuales no pueden fijarse límites de exposición seguros.

La sustitución de agentes químicos presenta la siguiente problemática:

- La búsqueda de agentes químicos que sean sustitutos viables desde un punto de vista estrictamente técnico.
- El estudio y la valoración de la peligrosidad de los nuevos agentes que, aunque debe ser menor que la del agente a sustituir, no podrá considerarse despreciable en la mayor parte de los casos.
- La gestión de los cambios que supone la introducción de un nuevo agente en el proceso, y el rechazo que ello puede originar inicialmente en distintos estamentos de la empresa (dirección, trabajadores, ...)

Reducción o control del riesgo

Sustitución parcial del agente

Consiste en la disminución progresiva de la proporción del agente químico peligroso manipulado antes de conseguir su eliminación total. No sería correcto rechazar una sustitución parcial en espera de que sea posible realizar una sustitución total.

Cambio de forma o estado físico

Una alternativa al uso de agentes químicos que generan polvo es manejarlos por vía húmeda en forma de pasta o gel o su encapsulamiento, con ello se reducen las emisiones de polvo, reduciéndose la exposición inhalatoria, y se simplifican las tareas de limpieza.

5. ACCIONES SOBRE EL PROCESO O INSTALACIÓN

Tienen como objetivo es eliminar o reducir la emisión del contaminante al ambiente.

Eliminación del riesgo

Sustitución del proceso

Los cambios en el proceso productivo suelen hacerse buscando una mejora en la calidad o en los costes de producción. Para que estos cambios tengan además un aprovechamiento en el terreno preventivo es necesario que los requisitos preventivos se tengan en cuenta desde el comienzo del diseño.

Se considera favorable la mejora en las siguientes características:

- Procesos cerrados, que evitarán la dispersión del contaminante en el ambiente de trabajo.
- Menor temperatura o presión.
- Evitar agitación o borboteos en depósitos abiertos que puedan favorecer la dispersión del contaminante.
- Manipulación por vía húmeda

Utilización de equipos intrínsecamente seguros

Esta medida es especialmente eficaz para eliminar el riesgo de incendio y explosión.

El diseño de una instalación concreta debe partir de las reglamentaciones de obligado cumplimiento que le sean de aplicación (Reglamentos de Seguridad Industrial). Sin embargo, para lograr un nivel elevado de seguridad es preciso, además, que las especificaciones del diseño se apoyen, hasta donde sea posible, en la aplicación de normas técnicas de reconocida solvencia (DIN, VDI, ASTM u otras).

Reducción o control del riesgo

Proceso cerrado

Trabajar en proceso cerrado significa que no hay contacto entre el agente químico y el ambiente. Los ejemplos típicos de cerramiento de procesos los constituyen las cabinas para contener una máquina. Cuando el cerramiento total no es posible, puede intentarse un cerramiento parcial.

Cabinas de guantes

Caso particular de aislamiento del proceso. La generación de contaminante se sitúa dentro de un recinto dotado de aspiración y el trabajador actúa fuera de él. Para trabajos con materiales de baja o media toxicidad el cerramiento es parcial y se puede manipular en el interior a través de una ventana de acceso. Para materiales de alta toxicidad el cerramiento debe ser completo. Esta medida se puede aplicar a un conjunto de tareas que impliquen el uso a pequeña escala de líquidos y sólidos.

Aumento de la distancia

Esta medida puede tener varios objetivos

- Separar al trabajador del foco de emisión del contaminante para reducir su exposición.
- Separar productos químicos incompatibles para controlar el riesgo.

Mantenimiento preventivo

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

Extracción localizada

Su objetivo es captar el agente químico en la zona inmediata del punto donde se ha generado (el foco), evitando así que se difunda al ambiente general del local. Estos sistemas constan de 4 elementos: campana, conductos, depurador y ventilador. No obstante, existen diferentes sistemas en función del tipo de industria, proceso, etc.

El grado de eficacia de este sistema no se puede juzgar sin instrumentos de medida, debiendo conseguir concentraciones seguras en el puesto de trabajo. Estos sistemas deben ser diseñados por técnicos competentes (generalmente de empresas externas especializadas en instalación de estos sistemas). Tras su instalación, se debe verificar periódicamente que el sistema sigue funcionando con la misma eficacia que cuando era nuevo. Las ampliaciones del sistema de extracción también deberán ser realizadas por personal experto.

Equipos con extracción local incorporada

Se trata de un caso particular de extracción localizada, que viene ya incorporada en el propio equipo que genera el contaminante químico. Es el caso por ejemplo de la maquinaria de corte de madera, que posee equipos incorporados de extracción del polvo de las maderas.

Cubetas de retención

Su finalidad es recoger posibles vertidos de sustancias de diferente tipo de peligrosidad, para su posterior tratamiento, por ejemplo, las sustancias inflamables para su posterior eliminación por incineración y, en cambio, las corrosivas, su neutralización.

6. ACCIONES EN EL LOCAL DE TRABAJO

Su objetivo es mantener la concentración ambiental del agente químico en un valor seguro.

Reducción o control del riesgo

Orden y limpieza

La limpieza es también una de las medidas preventivas básicas para evitar la exposición innecesaria de trabajadores. Los suelos, techos y paredes de los lugares de trabajo serán de características tales que permitan una correcta limpieza y asimismo garanticen una total impermeabilización frente a agentes químicos que pudieran proyectarse, derramarse, etc. Las operaciones de limpieza sean programadas o puntuales, no deben constituir por sí mismas una fuente de riesgo para los trabajadores que las efectúen o para terceros. Para garantizarlo, existirán procedimientos encaminados a garantizar que las mismas se realizarán en los momentos, por las personas, de la forma y con los medios más adecuados.

Segregación de departamentos sucios

Consiste en el aislamiento de la operación potencialmente contaminante en un recinto específico separado del resto. Así es posible aplicar a este local medidas preventivas particulares más efectivas y económicas que si estas operaciones se realizasen junto con otras en una zona común.

Ventilación por dilución

Su objetivo es reducir el nivel del agente químico en aire renovando globalmente el aire del local. Esta técnica consiste en mezclar el aire con el agente químico presente en las proximidades del foco de generación con aire limpio, con la finalidad de obtener concentraciones más bajas. Debe considerarse adecuada únicamente en aquellos casos en que los agentes químicos en aire son de baja toxicidad, su generación ocurre en muchos puntos del local y se encuentran en pequeñas concentraciones. Cuando se proyecte una ventilación general, se deben respetar unos principios básicos que deben tenerse en cuenta para que dicha medida sea eficaz. Estos aspectos a tener en cuenta son: la entrada de aire, la situación de los extractores, el caudal de ventilación, la situación de las tomas de aire y descargas y la distribución del aire.

Duchas de aire

Son recintos especialmente concebidos y diseñados para la eliminación de partículas de trabajadores, previo al acceso o salida de éstos de determinadas zonas limpias.

Permiten la limpieza de las partículas que se quedan depositadas en la vestimenta del trabajador, y son utilizadas fundamentalmente en los ingresos a zonas limpias, como zonas estériles, y salidas de áreas en contención.

Cortinas de aire

Es un equipo de ventilación que crea una capa de aire sobre una puerta para separar dos ambientes diferentes de manera eficiente y sin limitar el acceso de las personas o vehículos. Permite reducir la contaminación de materia particulada en la ropa los trabajadores cuando pasen a través de las mismas.

Cabinas para los trabajadores

Medidas preventivas que consiste en la ubicación de los trabajadores en un recinto anexo al de producción debidamente protegido, separándolo de esta forma de la zona de emisión. El riesgo no se elimina totalmente, pues el trabajador podría abandonar la cabina para efectuar determinadas tareas fuera de la misma (por ejemplo, tareas de mantenimiento).

Drenajes

Permiten la recogida de fugas accidentes, con el objeto de disminuir la exposición de los trabajadores a dichas fugas en caso de producirse.

Control de focos de ignición

Si no es posible impedir o reducir la presencia en el lugar de trabajo de concentraciones peligrosas de sustancias inflamables o cantidades peligrosas de sustancias químicamente inestables, se debe garantizar que los distintos tipos de fuente de ignición que pudieran encontrarse habitual o esporádicamente en el ámbito de trabajo no puedan desprender una cantidad de energía suficiente para iniciar el incendio, explosión u otras situaciones adversas. Para ello, siempre que sea posible, se utilizarán equipos alimentados o accionados por energías que no generen calor (hidráulica, neumática, etc.). Cuando ello no sea posible, se deben usar equipos protegidos y procedimientos de trabajo que garanticen un control de los focos de ignición.

7. ACCIONES EN LOS METODOS DE TRABAJO

Tienen por objetivo evitar el contacto directo entre el agente químico y el trabajador.

Eliminación del riesgo

Automatización, robotización, control remoto

Los procedimientos de trabajo que entrañan peligro pueden eliminarse mediante automatización. La robotización de las operaciones de soldadura y pintura en la industria del automóvil son el ejemplo típico.

Reducción o control del riesgo

Buenas prácticas de trabajo

Trabajar de forma que se eviten las emisiones al ambiente mediante comportamientos tales como mantener los recipientes cerrados, evitar derrames, hacer uso de las aspiraciones disponibles, etc. Igualmente, la implantación de unas buenas prácticas de higiene personal es un requisito elemental, en cualquier puesto de trabajo, que puede contribuir en gran medida a eliminar o reducir los riesgos debidos a la exposición a agentes químicos peligrosos.

Supervisión

Siempre que la gravedad del riesgo por exposición a agentes químicos dependa significativamente de la forma de realizar la tarea, se deberá controlar la correcta aplicación del procedimiento.

Horarios reducidos

Puede disminuirse la exposición al agente químico mediante rotación de puestos o reducción de horarios. Paralelamente han de ponerse en marcha controles administrativos que aseguren el correcto reparto del tiempo de exposición entre los diferentes trabajadores.

Protección del trabajador

Utilización de EPI

No se recurrirá a la protección individual sin respetar el orden de prioridad de aplicación de las medidas preventivas.

En general, se recurrirá a la protección individual cuando:

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

La selección de los equipos puede desarrollarse conforme a la secuencia de actuación que se presenta en la siguiente tabla:

SECUENCIA DE ACTUACIÓN	PARÁMETROS DE DECISIÓN
1 Determinación del tipo de equipo a utilizar	• Vías de entrada del contaminante
2 Determinación de las características técnicas del equipo a utilizar	• Evaluación de riesgos • Información del fabricante
3 Adquisición del equipo	• Adecuación al riesgo • Adaptación al entorno de trabajo, a la tarea y al usuario

Protección de las vías respiratorias

El fin último de todo equipo de protección respiratoria es proteger el sistema respiratorio de la inhalación de atmósferas peligrosas, ya sea por estar contaminadas con partículas, gases y vapores o por tener una deficiencia de oxígeno.

Todo equipo de protección respiratoria está compuesto por una pieza facial, que tiene por objeto impedir la entrada de aire contaminado, y por un sistema que proporcione aire respirable.

El aire respirable se puede proporcionar por dos vías:

- Mediante la eliminación de los contaminantes del aire antes de que sea inhalado.
- Mediante el suministro de aire o gas respirable procedente de una fuente independiente.

Atendiendo a estas dos formas de proporcionar protección se clasifican en:

- Dependientes de la atmósfera ambiente, que proporcionan aire respirable mediante la eliminación de los contaminantes antes de que lleguen a las vías respiratorias. Son denominados equipos filtrantes. El aire inhalado pasa a través de un material filtrante que retiene los contaminantes. Sólo deben utilizarse en atmósferas sin deficiencia de oxígeno. Pueden ser:
 - Equipos filtrantes de partículas. Los filtros frente a partículas se codifican, según la norma europea, con el color blanco y con el símbolo P. Se clasifican como P1, P2 y P3, según sean de eficacia baja, media o alta.
 - Equipos filtrantes contra gases y vapores. Al contrario de lo que ocurre con los filtros frente a partículas, los filtros frente a gases son específicos para los contaminantes. Así, se encuentran filtros frente a gases y vapores orgánicos, gases y vapores inorgánicos, dióxido de azufre y gases ácidos, amoniaco, óxidos de nitrógeno y vapores de mercurio, además de las clases que pueden presentar y los colores que los filtros para gases específicos.
- Independientes de la atmósfera ambiente, que proporcionan aire respirable procedente de una fuente independiente del medio ambiente, que puede ser portada por el propio usuario (equipos autónomos) o ser una línea de aire fresco o de aire comprimido. Se denominan equipos aislantes.

La selección de un EPR depende de los datos aportados en la evaluación de riesgos, especialmente se debería tener en cuenta lo siguiente:

- Concentración de oxígeno durante todo el tiempo que dure el trabajo o la exposición.

- Agentes químicos peligrosos, incluyendo los asfixiantes, y estado físico del contaminante (polvo, fibra, humo, gas, vapor, etc.).
- Concentración máxima que se puede encontrar en la atmósfera y valor límite ambiental.
- Adaptación del equipo al ambiente de trabajo, al usuario y a las características propias de la tarea
- Otros riesgos (por ejemplo: salpicaduras, chispas, incendio) que estén relacionados con el trabajo y que puedan influir en la selección y uso del equipo.

Guantes de protección

Los guantes de protección química son impermeables al aire. Sin embargo, el nivel de protección del guante frente a un producto químico depende fundamentalmente del tipo de material y del producto químico específico. Este nivel de protección se determina basándose en la resistencia del material a la permeación del producto a su través en condiciones de laboratorio y este parámetro se mide en términos de un tiempo de paso o *Breakthrough time*. Este tiempo, en minutos, sirve para clasificar el material del guante en seis clases o niveles, desde la clase 1 hasta la 6:

Tiempo de paso ^a	Clase o nivel de prestación
> 10 minutos	1
> 30 minutos	2
> 60 minutos	3
> 120 minutos	4
> 240 minutos	5
> 480 minutos	6

Protección ocular y facial

La propiedad que define el protector ocular y/o facial que se debe utilizar frente a un agente químico, es el estado físico de presentación del contaminante: sólido, líquido, aerosol o gas. Los protectores oculares y faciales se pueden clasificar, atendiendo al tipo de montura, en: protectores oculares de montura universal, protectores oculares de montura integral y pantallas faciales. En cualquier caso, el marcado de la montura indica cual es el campo de uso del protector, es decir, la protección que ofrece frente a un riesgo determinado.

Los protectores adecuados para su uso frente a agentes químicos son aquellos que lleven en el apartado del marcado de la montura relativo al campo de uso los símbolos 3 (para contaminantes líquidos; gotas o salpicaduras) o 5 (para gases, vapores, aerosoles, etc.).

Ropas de protección

Para la ropa de protección química, no sólo el material de fabricación sino también el diseño del traje juega un papel fundamental en la protección. De este último va a depender la hermeticidad

del equipo, es decir, la resistencia a la entrada de los productos químicos, en sus distintas formas de presentación (polvos, líquidos y gases) a través de costuras y uniones. La clasificación de la ropa de protección química que hacen las normas europeas, en sus distintos tipos, se basa en esta hermeticidad.

		Forma física del contaminante				
		Vapor, gas	Chorro de líquido	Pulverizado	Pequeñas salpicaduras	Polvo, partículas
PARTE DEL CUERPO	TODO	Trajes tipo 1a, 1b, 1c y 2	Trajes tipo 3	Trajes tipo 4	Trajes tipo 6	Trajes tipo 5
	ZONAS	Prendas de protección parcial				

Calzado

El calzado resistente a productos químicos es aquel que tiene como finalidad aislar los pies o los pies y las piernas del contacto con un producto químico. El calzado con resistencia química no proporciona protección contra todos los productos químicos. Debería elegirse de acuerdo con los agentes químicos frente a los cuales se haya ensayado.

8. TÉCNICAS DE VENTILACIÓN PARA EL CONTROL DE AGENTES QUÍMICOS: EXTRACCIÓN LOCALIZADA Y VENTILACIÓN POR DILUCIÓN

Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores debidos a la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo son de muy distinta tipología y forma de actuación, pero muchos de ellos tienen en común el factor de riesgo "concentración en el ambiente" como parámetro que determina la magnitud del riesgo; en consecuencia, uno de los objetivos técnicos de cualquier planificación preventiva será mantener la concentración ambiental del agente por debajo de un valor predefinido.

Las técnicas de ventilación son una herramienta válida y eficaz para lograr el objetivo indicado. Además, tienen ventajas adicionales como son una relación coste/eficacia muy buena en comparación con otras técnicas preventivas y una implantación que puede hacerse de forma independiente a la concepción del proceso productivo. Debido a estas ventajas, son las soluciones en las que se piensa de forma automática en cuanto se detecta un posible riesgo por agentes químicos. Conviene llamar la atención sobre este aspecto, a fin de evitar que se recurra de forma indiscriminada a soluciones de ventilación sin plantearse previamente si la ventilación es la técnica preventiva más adecuada para controlar una situación de riesgo dada, o incluso si puede aportar un incremento del riesgo, como, por ejemplo, en el caso capas o depósitos de polvo combustible, donde una ventilación inadecuada podría favorecer la formación de una atmósfera explosiva.

Las técnicas de ventilación para el control de agentes químicos se concretan en las identificadas como extracción localizada y ventilación por dilución.

Ventilación por extracción localizada

Consiste en crear, mediante aspiración, una corriente de aire con la intención de captar los contaminantes ambientales (polvo, fibras, humo, vapores, etc.) lo más cerca posible de su zona de emisión al ambiente; de esta forma se evita que el contaminante se disperse en el ambiente pudiendo dar lugar a concentraciones peligrosas, sea por inhalación o por aproximarse al Límite Inferior de Inflamabilidad.

Los sistemas de ventilación por extracción localizada se utilizan cuando se dan las siguientes circunstancias:

- El contaminante es de alta toxicidad
- Se genera una gran cantidad de contaminante
- La evolución del contaminante no es uniforme
- La proximidad de los trabajadores y su posición respecto al foco de emisión así lo exija.

Descripción

Un sistema de extracción localizada siempre está constituido por: una **campana**, que es el elemento situado en las proximidades del foco de generación en el que se produce la aspiración del aire; **un conducto o red de conductos** de aspiración, que canalizan el aire contaminado aspirado hasta una zona de descarga sin riesgo; y el **ventilador**, necesario para conseguir la circulación del aire por la campana y los conductos. En ocasiones también es necesario introducir en el circuito un **depurador de gases o un filtro** para eliminar la contaminación del aire vehiculado, la necesidad de este depurador vendrá condicionada por la toxicidad de los agentes químicos captados y por los requisitos de protección de la zona en la que se produce la descarga del aire contaminado.

Bases de diseño

Aunque el diseño de un sistema de extracción localizada para cada caso concreto suele ser una labor de especialista, es posible enunciar los requisitos necesarios para que un sistema de extracción localizada sea eficaz:

- La campana debe tener una forma y unas dimensiones adaptadas a la forma y dimensiones del foco de generación de la contaminación. Son preferibles las campanas que encierran total o parcialmente el foco.
- La campana debe estar situada lo más cerca posible del foco de generación de la contaminación que sea compatible con el desarrollo de las operaciones de producción. No es imprescindible que esté situada sobre el foco, es más: en general son preferibles las campanas ubicadas lateralmente porque pueden situarse más cerca del foco que las situadas sobre él. La distancia al foco de contaminación es el factor que más limita la eficacia de una campana de extracción localizada.
- El caudal de aspiración debe ser el suficiente para crear una corriente de aire capaz de arrastrar los contaminantes. Excepto en circunstancias especiales en las que el contaminante es liberado al ambiente con una elevada velocidad, en la mayoría de las circunstancias es suficiente una velocidad del aire en el foco de generación entre 0,5 y 1,0 m/s para lograr este efecto. No se debe confundir esta "velocidad en el foco", que

es el factor determinante de la eficacia, con la velocidad del aire en la campana o en la boca de aspiración, cuya incidencia en la eficacia es poco importante.

- El local debe tener un suministro de aire forzado o unas entradas de aire exterior de tamaño suficiente para proporcionar un caudal de aire exterior igual o superior al que extrae el sistema de extracción localizada.
- Si el contaminante se libera a una velocidad elevada (caso de las amoladoras, por ejemplo), la extracción localizada requiere una campana que encierre el foco lo máximo posible para evitar la dispersión de las partículas lejos de la zona de acción de la campana de extracción.
- Los conductos deben diseñarse de forma que la velocidad en ellos sea relativamente elevada para evitar la acumulación de polvo en su interior, con la consiguiente pérdida de rendimiento del sistema.
- El ventilador debe elegirse teniendo en cuenta las prestaciones que debe suministrar, es decir, el caudal total de aire necesario para que las campanas sean eficaces y teniendo en cuenta la pérdida de carga que tendrá el conjunto del sistema, incluyendo la correspondiente al depurador en su caso.

Cuando exista riesgo de emisión de contaminantes, un requisito obligatorio de las máquinas o equipos de trabajo es la disponibilidad de dispositivos de captación (campanas, toberas, conductos, etc.) que permitan conectarla con facilidad a sistemas de extracción localizada. Cuando se precisa, el manual de instrucciones de la máquina o equipo especifica las características que debe tener el sistema de captación. En los supuestos de máquinas o equipos en uso que, precisando de extracción localizada, carecieran de ella, el usuario debería recabar del fabricante las instrucciones necesarias para la instalación del sistema de extracción localizada y actuar en consecuencia; en caso contrario deberá ser el propio usuario el que diseñe e instale la extracción localizada correspondiente, recomendándose para ello la consulta de las normas armonizadas (UNE EN) que hacen referencia a los sistemas y procedimientos de captación de contaminantes en el origen.

Mantenimiento

Un sistema de extracción localizada, como cualquier instalación, debe someterse a un plan de mantenimiento que asegure su funcionalidad a lo largo del tiempo. Los puntos clave a revisar con la periodicidad necesaria son:

- Comprobación de las velocidades de captación en los puntos de generación de contaminantes. Esta comprobación puede ser cuantitativa (uso de anemómetros o velómetros) o cualitativa (tubos de humo o similares).
- Comprobación del caudal aspirado por cada campana.
- Verificación de la integridad física de las campanas y los conductos. No deben existir grietas, roturas, tubos desconectados, bridales sueltos, acumulación de suciedad en conductos o en filtros, etc.
- Comprobación de las presiones en puntos significativos del circuito. Las presiones en un sistema de extracción localizada son negativas en las ramas de aspiración, y positivas en la impulsión (chimenea). Los puntos significativos para la medida de depresiones son la

unión de las campanas con los conductos, la entrada y salida del depurador (si lo hay) y la entrada al ventilador.

- Verificación del ventilador y sus elementos mecánicos (carcasa, rodamientos, correas de transmisión, etc.).

Ventajas de la extracción localizada

- Capta el contaminante antes de que éste llegue a afectar el ambiente de trabajo
- Trabaja con caudales sensiblemente inferiores
- Altera en menor medida las condiciones termohigrométricas ambientales
- Facilita mejor la depuración
- Es aplicable a aerosoles
- Puede garantizar atmósferas no explosivas con mayor facilidad
- Evita el posible deterioro de equipos por contaminantes corrosivos

VENTILACIÓN POR DILUCIÓN

Consiste en introducir en un local una cantidad de aire exterior suficiente para diluir el contaminante generado hasta valores de concentración ambiental no peligrosos para la seguridad y la salud. Con este sistema no se evita la contaminación del ambiente, simplemente se reduce su concentración. Se trata, por tanto, de un sistema de reducción de riesgos cuya aplicabilidad debe limitarse a los casos en que no es posible o no es viable un sistema de extracción localizada.

Como norma general, en el caso de riesgos por inhalación, la ventilación por dilución deberá limitarse a situaciones en las que el contaminante es de toxicidad baja o media (VLA superior a 50 ppm si es vapor, o 5 mg/m³ si se trata de materia particulada) y su generación se produce a partir de un gran número de focos muy dispersos o móviles, lo que imposibilita en muchos casos el recurso a la extracción localizada.

Para evitar los riesgos de incendio y explosión la ventilación por dilución es una medida complementaria de otras acciones y su implantación siempre es recomendable. Lógicamente en este caso la concentración ambiental que hay que garantizar mediante dilución será el Límite Inferior de Inflamabilidad o una fracción del mismo.

Descripción

La ventilación por dilución tiene la disposición física de una ventilación general de un local. Consiste en una combinación de máquinas que extraen aire del local para verterlo al exterior o que captan aire del exterior para introducirlo en el local o una combinación de ambos. En cualquier caso, siempre se verifica que el caudal de aire que entra en un recinto será igual al caudal de aire que sale del recinto.

En el ámbito industrial una disposición muy frecuente es disponer extractores en las paredes o cubierta del taller que evacúan el aire viciado al exterior confiando la entrada de aire a través de las aberturas de puertas y ventanas del taller. En talleres de grandes dimensiones es habitual utilizar un sistema mixto basado en extractores y en una introducción de aire forzada mediante una red de conductos.

Bases de diseño

Independientemente del sistema físico utilizado para lograr la renovación del aire del local de trabajo, el dato básico necesario para cuantificar el sistema es el caudal de aire necesario para lograr la dilución de los contaminantes generados; en otras palabras: la cantidad necesaria de aire dependerá de la cantidad y toxicidad o inflamabilidad de los contaminantes que se generen en el proceso productivo en cuestión y no del volumen del local. La forma clásica de especificar una ventilación general en términos de "renovaciones por hora" carece de sentido cuando se trata de diseñar una ventilación por dilución para reducir la exposición a agentes químicos o el riesgo de inflamación de gases y vapores.

En vez de especificar un número de renovaciones por hora deben utilizarse especificaciones basadas en variables características del proceso o de la ocupación del local, datos de este tipo se pueden encontrar en los tratados especializados de ventilación industrial (por ejemplo: 10.000 m³ de aire por litro de tolueno evaporado, 6.000 m³ de aire por kg de electrodo consumido, 6.000 m³ de aire por hora y soldador, o 30 m³ por hora y ocupante).

Los requisitos necesarios de un sistema de ventilación por dilución son:

- Las entradas y salidas de aire deben disponerse de forma que la circulación del aire recorra todo el recinto, evitando zonas muertas con poca ventilación.
- Sólo debe computarse como aire de ventilación el caudal efectivamente introducido en el recinto desde el exterior, los caudales de recirculación del aire a través de acondicionadores o filtros de materia gruesa no son caudales que deban computarse como aire exterior.
- El motivo más frecuente de fallo de los sistemas de ventilación por dilución es la mala práctica de cerrar u obstruir las entradas de aire exterior durante la época fría; en estas condiciones, aunque los extractores estén en funcionamiento, no pueden vehicular el caudal nominal ante la imposibilidad del aire exterior para entrar en el local. El sistema de calefacción o enfriamiento existente en el local deberá ser dimensionado teniendo en cuenta el caudal de aire de ventilación necesario en el local.

El primer requisito citado en el anexo III del Real Decreto 486/1997 sobre condiciones ambientales en los lugares de trabajo es: "*La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores*". En consecuencia, si la prevención de los riesgos por exposición a agentes químicos se basa en una ventilación por dilución, esta se deberá diseñar de acuerdo con lo expuesto en este Real Decreto 374/2001, con independencia de que además cumpla con los requisitos contemplados en el Anexo III del Real Decreto 486/1997.

Cálculo del caudal requerido

El caudal de aire necesario para controlar la exposición a agentes químicos se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q = K \cdot 1000 \cdot G / C$$

Siendo: Q el caudal de ventilación en m^3/h

G la cantidad de contaminante que se genera en g/h

C la concentración admisible en el ambiente en mg/m^3

K el coeficiente de seguridad cuyo valor oscila entre 1 y 10

