

TECNOLOGIA DE CONTROL DE RIESGOS PROFESIONALES PARA LA SALUD EN LA FORMULACION DE PLAGUICIDAS

Un sistema de control de riesgos bien diseñado exige controles:

- en la fuente del peligro o cerca de ella;
- en el ambiente general del lugar de trabajo; y
- en el propio trabajador o cerca de él.

Control durante la planificación, construcción o ampliación de una planta

Cuando se están haciendo planes para construir una nueva planta o ampliar una ya existente es importante aprovechar la oportunidad para estudiar los posibles riesgos profesionales y ambientales, y establecer los medios necesarios para evitarlos. Lo mejor sería que el ingeniero que diseñase la planta aspirara a obtener «emisiones cero», ya que en cualquier momento pueden cambiar los requisitos legislativos.

Selección del lugar

Ubicación geográfica

Tal vez el aspecto más importante de la selección del lugar sea la ubicación geográfica. Una planta situada en una zona poblada, con residentes en la vecindad inmediata, puede requerir niveles de emisiones más bajos que la que se sitúe en una zona aislada.

Las fábricas de plaguicidas plantean problemas particulares con las «emisiones molestas», sobre todo los malolientes compuestos sulfurados que se hallan en los organotiofosfatos. Algunos de esos compuestos empiezan a olerse ya a umbrales de un pequeño número de partes por mil millones (ppmm), de forma que unas emisiones que no tienen ningún efecto significativo sobre la salud humana pueden, sin embargo, dar lugar a grandes quejas de los residentes o las empresas de la proximidad.

Deben asimismo tenerse en cuenta el riesgo de derrames líquidos y la posible necesidad de evacuar grandes cantidades del agua fuertemente contaminada que resultaría de un incendio. Los derrames en el lugar deben ser controlables y se ha de prever un espacio adecuado para lagunas de evaporación u otros procesos de evacuación de desechos.

Ubicación de la industria

Deberán estudiarse las condiciones meteorológicas de la región de la planta y hacerse una evaluación de los productos químicos y los procesos que se utilizan en otras fábricas vecinas. Debe asimismo considerarse la posibilidad de emisiones continuas o catastróficas a partir de otras operaciones industriales de la proximidad. Si estos estudios dan resultados inseguros, se deberá adoptar la peor de las hipótesis y diseñar la planta de forma que pueda resistir al más grave de los impactos que se pueda razonablemente imaginar.

Ubicación de la comunidad

Debe asimismo tenerse en cuenta la posibilidad de disponer de un hospital en la localidad y de que la comunidad pueda dar un rápido apoyo médico y de lucha contra incendios. Si la fábrica se sitúa en una zona aislada tal vez no se pueda contar con ese apoyo y, en esos casos, puede ser necesario dar una buena capacitación al personal de la planta en primeros auxilios, mantenimiento de la vida y lucha contra incendios, así como instalar sistemas perfeccionados de alarma y lucha contra incendios. A la dirección de la planta le incumbe directamente la responsabilidad de advertir a los servicios sanitarios y médicos de la comunidad sobre posibles exposiciones y de dar información detallada sobre la asistencia médica que podría requerirse.

Transportes

Debe tenerse asimismo en cuenta la necesidad de transportar las materias primas que entran en la fábrica y los productos acabados que salen de ella. Si los materiales se transportan en sacos, bidones o recipientes similares que se abren a mano dentro de la planta, existe un riesgo de exposición para los trabajadores encargados de abrirlos. Por consiguiente, es preferible utilizar recipientes que reduzcan este riesgo, de tipo de cubos. Pero si esos cubos han contenido productos químicos tóxicos habrán de ser descontaminados y/o transportados desde el lugar de la planta hasta un punto de evacuación aprobado. Esta maniobra puede dar una nueva oportunidad de exposición, que debe controlarse mediante prácticas de trabajo seguras, utilización de los adecuados equipos y ropas personales, y una cuidadosa higiene personal y de la ropa.

Disposición y diseño de la planta

La planta estará diseñada de forma que quede un espacio razonable para el movimiento de materiales y deje buen acceso para el equipo de lucha contra incendios. El lugar y el propio edificio estarán bien protegidos contra toda posible intromisión.

Las siguientes características generales de las plantas de plaguicidas tienen una influencia importante sobre el diseño:

- El equipo se suele utilizar para más de un producto químico de la preparación y, por consiguiente, debe estar diseñado de forma que se pueda limpiar fácilmente.
- Con los productos químicos preparados y envasados en una planta de plaguicidas se asocia gran diversidad de riesgos. Por consiguiente, la selección de la planta y del equipo depende no sólo de los tipos y cantidades de los productos sino también, por ejemplo, de la toxicidad y la inflamabilidad de las sustancias que se van a procesar.
- Aun cuando algunos procesos de producción son continuos, las operaciones de combinación y mezcla más frecuentes en las plantas de preparación de plaguicidas son operaciones discontinuas que pueden exigir un contacto muy superior por parte del trabajador.

Para evitar la exposición de los trabajadores y la contaminación de la atmósfera próxima, en la fase de diseño la fábrica debe ser considerada como un conjunto. El diseño facilitará el que las emisiones se controlen desde la fuente y no se basará únicamente en una ventilación general o de aspiración. Sistemas de control capaces de evacuar los materiales tóxicos existentes en grandes volúmenes de aire pueden ser extraordinariamente costosos mientras que técnicas como la sustitución, la modificación de procesos y el aislamiento de procesos no solamente son eficaces en relación al costo sino que además pueden reducir el peligro de exposición al suprimir todo material tóxico del lugar de trabajo.

La experiencia ha demostrado la importancia que en el diseño tienen los siguientes puntos:

1. Ha de ser posible lavar la totalidad de la planta con soluciones descontaminantes. Ello requerirá instalaciones eléctricas absolutamente impermeables y revestimientos de superficie resistentes a los productos químicos que se utilizan en los procesos. Se han utilizado con éxito en las superficies metálicas materiales epoxídicos y en las de cemento revestimientos de uretano o epoxídicos. Es preciso que todas las soluciones

resultantes puedan recogerse y que no haya posibilidades de que lleguen al drenaje.

2. Los revestimientos de los suelos deben ser conductores, de forma que no se acumulen cargas electrostáticas. Las superficies han de ser lisas para evitar que los vertidos queden atrapados y después se puedan difundir por la planta. Es preciso que todas las superficies se puedan frotar, barrer, fregar o aspirar dejando un mínimo de residuo en las irregularidades.
3. En la medida de lo posible, el flujo entre los procesos se hará por gravedad, mejor que por bombeo mecánico. Así se reducirá la presión de partida en las tuberías y, por consiguiente, la frecuencia y gravedad de las fugas en juntas, collarines y cierres de la bomba. Para que el diseño de la planta se preste al flujo por gravedad puede ser necesario que los elementos de apoyo de la construcción original sean suficientemente resistentes para que los procesos agregados ulteriormente puedan situarse sobre los existentes.

Control del riesgo en la fuente o cerca de ella

Sustitución

Siempre se dará gran prioridad a la posibilidad de reemplazar materiales peligrosos por otros que lo sean menos. Si se puede encontrar y utilizar económicamente un sucedáneo más inocuo, dejará de utilizarse el material peligroso. Siempre que sea posible se recurrirá a materiales inertes y solventes de baja toxicidad de forma que los trabajadores estén menos expuestos. También se tratará de seleccionar materiales escasamente inflamables. Se buscarán sucedáneos de los materiales peligrosos en la construcción de la planta (por ejemplo, de los aislantes de amianto) y en los equipos específicos (por ejemplo, los bifenilos policlorados (PCB) en los transformadores).

Diseño y modificación de los procesos

Con frecuencia una buena forma de controlar las emisiones consiste en modificar los procesos. Ello puede implicar o bien un cambio en el diseño del proceso o bien el desechar equipos poco seguros, reduciendo así emisiones transitorias y la exposición durante los trabajos de mantenimiento. Se pueden además modificar las especificaciones aplicables a las materias primas con el fin de eliminar los riesgos consecutivos a la presencia o a la formación de contaminantes o productos secundarios tóxicos.

En la medida de lo posible, se procurará que las temperaturas y presiones de los procesos se mantengan cercanas al ambiente, y mantener los materiales peligrosos en equipos sellados o encerrados.

Diseño y modificación del equipo

Se seleccionará el equipo que en la mayor medida posible pueda contener todos los materiales peligrosos, que sea fácil de limpiar y que requiera un mínimo de mantenimiento. Cuando sea imprescindible el mantenimiento éste no habrá de ser peligroso para los operarios. Con frecuencia se producen fugas en cierres y conexiones, como, por ejemplo, en ejes rotatorios o en pistones de bombas, mezcladores o combinadores. Una buena conservación de los cierres mecánicos puede reducir las fugas y, si no se puede evitar ese riesgo, se instalarán protecciones contra salpicaduras y bandejas receptoras.

Los conectores de acoplamiento rápido sobre las tuberías de transferencia o los transportadores de sólidos permiten una más fácil limpieza. La rotación a baja velocidad siempre producirá menos desgaste, exigirá menos mantenimiento y hará menos ruido. No se permitirán fugas ni goteos en el equipo que contenga líquidos, que además estará protegido de manera que no produzca salpicaduras que puedan alcanzar a los operarios y habrá de poseer colectores para los derrames. Todas las máquinas llenadoras se cerrarán automáticamente en el momento en que se interrumpa o corte la energía.

Aislamiento del proceso

Si se ha de utilizar un proceso, máquina o producto químico peligroso, se aislará de manera que quede protegido el personal. El aislamiento implica la instalación de una barrera entre la fuente del peligro y las personas que pudieran verse afectadas por éste. La barrera puede consistir en una estructura física, una distancia o un intervalo de tiempo. También puede utilizarse para aislar un proceso la automatización de los diversos procedimientos de producción o mantenimiento y los controles remotos.

Normalmente, el cierre con una barrera física exige que se ventile la zona aislada para evitar que en ella se acumulen materiales tóxicos o explosivos.

Un ejemplo de aislamiento por distancia sería el situar un depósito de petróleo líquido en terreno abierto y lejos de la zona de procesado. La limitación del acceso de los empleados a ciertas zonas mientras están en curso operaciones peligrosas constituye un ejemplo de

aislamiento por el tiempo. En tales casos, el personal que tiene acceso a la zona de trabajo llevará las ropas y el equipo adecuados para la protección personal.

Ventilación local por aspiración

Con los sistemas de ventilación local por aspiración se trata de capturar y eliminar contaminantes que no pueden controlarse por otros métodos y que proceden de fuentes de procesos permanentes. Aunque es menos eficaz que la contención completa, la ventilación local por aspiración es probablemente la más frecuente y, si está bien diseñada, instalada y utilizada, es sin duda uno de los más eficaces y flexibles métodos disponibles. La ventilación industrial se trata a fondo en las publicaciones especializadas (26-33), de forma que aquí sólo se exponen sus principios básicos.

Los sistemas de ventilación local por aspiración capturan en su fuente ciertos contaminantes atmosféricos, como polvos o vapores de solventes, evitando que se dispersen, contaminen el medio ambiente de trabajo y sean respirados por los trabajadores.

La ventilación local por aspiración se basa en un flujo de aire controlado y dirigido que atraviesa un punto donde se liberan los contaminantes y que pasa a un sistema de campanas y conductos. Este flujo ha de ser suficiente para arrastrar el contaminante a la entrada y a lo largo del sistema, superando los movimientos de aire que se produzcan en el lugar de trabajo. Los componentes esenciales de un sistema de ventilación por aspiración son:

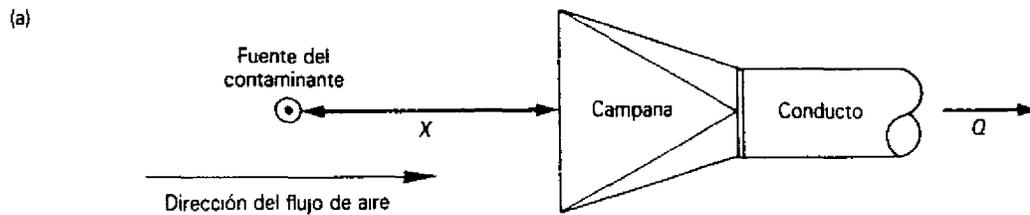
- La entrada, constituida por un cerco o una campana. Lo mejor sería que la entrada cerrase por completo la fuente de contaminación pero es posible que sólo pueda cerrarla en parte o que sea totalmente externa.
- Un sistema de conductos que transporte los contaminantes lejos de la fuente de manera que no puedan pasar al aire que respiran los trabajadores.
- Un ventilador aspirante que proporcione el necesario flujo de aire controlado.
- Un colector que evite la contaminación atmosférica.
- Una chimenea que lleve el aire de salida lejos del edificio.

Cuando se estudien distintos sistemas de ventilación es importante que se conozca el significado de las siguientes expresiones:

- *Velocidad de captura* es la velocidad que necesita llevar el aire en la fuente de emisión para poder arrastrar el contaminante hacia la entrada del sistema de aspiración y, por consiguiente, capturarlo (véase la página 34 y la Fig. 4).
- *Velocidad en la boca* es la velocidad del aire en la abertura de la campana o el encerramiento.

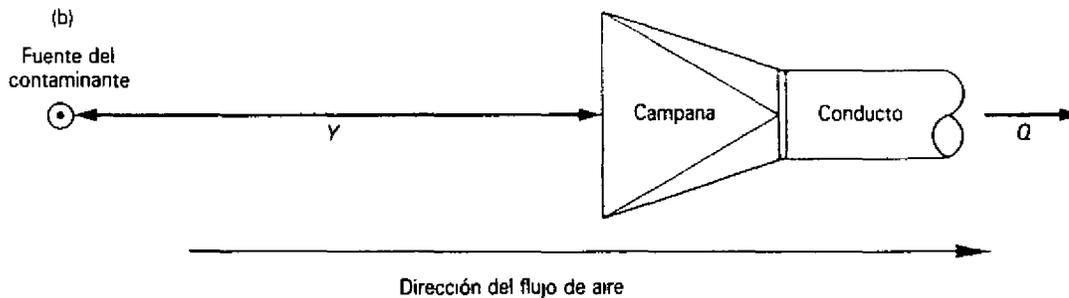
El diseño de los sistemas de ventilación por aspiración es muy complejo y siempre se debe confiar a ingenieros calificados. Un error en la fase de diseño puede producir un sistema defectuoso o que no esté adaptado al empleo que se le ha de dar.

Fig. 4. Relación entre el flujo de aire y la distancia para una campana externa



Q = flujo de aire necesario para conseguir la necesaria velocidad de captura (V). En este ejemplo $Q = 20 \text{ m}^3/\text{min}$.

X = distancia entre la fuente de contaminante y la campana



Q = flujo de aire necesario para conseguir la misma velocidad necesaria de captura (V) que en (a). En este ejemplo $Q = 80 \text{ m}^3/\text{min}$ (4 veces (a)).

Y = distancia entre la fuente de contaminante y la campana (2 veces (a)).

El flujo de aire necesario (Q) aumenta en relación directa al cuadrado del aumento de la distancia entre la fuente de contaminante y la campana. La distancia (Y) en (b) es el doble que (X) en (a), mientras que el flujo de aire necesario (Q) en (b) es de 4 veces el de (a).

El diseño de la entrada y el flujo de aire requerido dependen de la configuración física del equipo de procesamiento, las características de la emisión (por ejemplo, el tipo de contaminante y el ritmo de su producción) y las condiciones del lugar de trabajo (por ejemplo, de si existen corrientes cruzadas y del lugar donde están los trabajadores y donde se efectúan otras operaciones). La entrada ideal es la que encierra totalmente la fuente de generación o de emisión del contaminante y sólo tiene las aberturas mínimas necesarias para el funcionamiento del proceso. Se considerará la posibilidad de colocar cierres embisagrados que faciliten la limpieza y otras operaciones que exijan el acceso al proceso. Cuando las necesidades operativas impidan el cierre completo, cuanto más se aproxime la entrada a la fuente, más probable es que el sistema sea eficaz. A medida que aumenta la distancia entre la campana y la fuente de emisión, aumenta también en gran medida el volumen de aspiración necesario (Fig. 4). Cuando se utilicen cierres totales, será preciso evitar que se caliente el interior. En la Fig. 5 se muestran algunos ejemplos de buenos y malos diseños y posiciones de la campana.

El sistema de ventilación local por aspiración habrá de extraer la menor cantidad de aire posible del medio ambiente de trabajo. Con el encerramiento de la fuente de emisión o la aproximación a ella de la campana de entrada se consigue utilizar un mínimo de aire para controlar el proceso, lo cual reduce los costos de instalación y funcionamiento y la necesidad de reemplazar el aire caliente en climas fríos.

Como no siempre se puede encerrar la fuente de emisión, con frecuencia es necesario colocar una campana lo más cerca posible de ella. Las campanas tendrán la forma y la situación adecuadas para asegurar la necesaria velocidad de captura con el mínimo flujo de aire

Fig. 5. Ejemplos de buenas y malas prácticas de ventilación

(a) Las operaciones deben efectuarse en un ambiente lo más cerrado posible

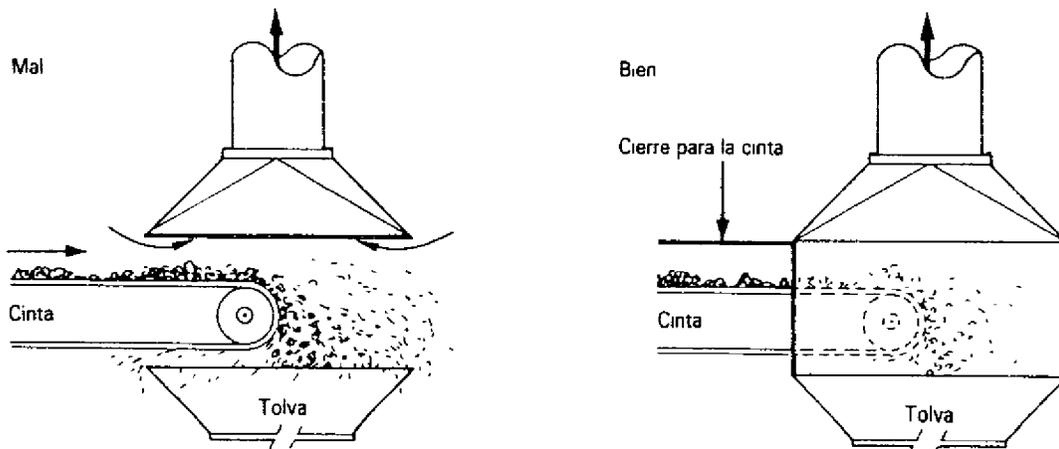
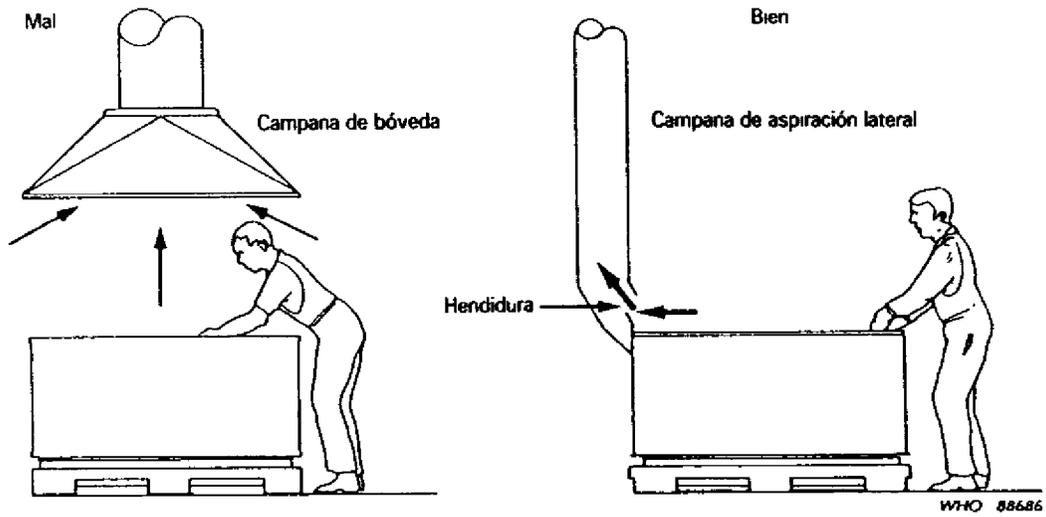
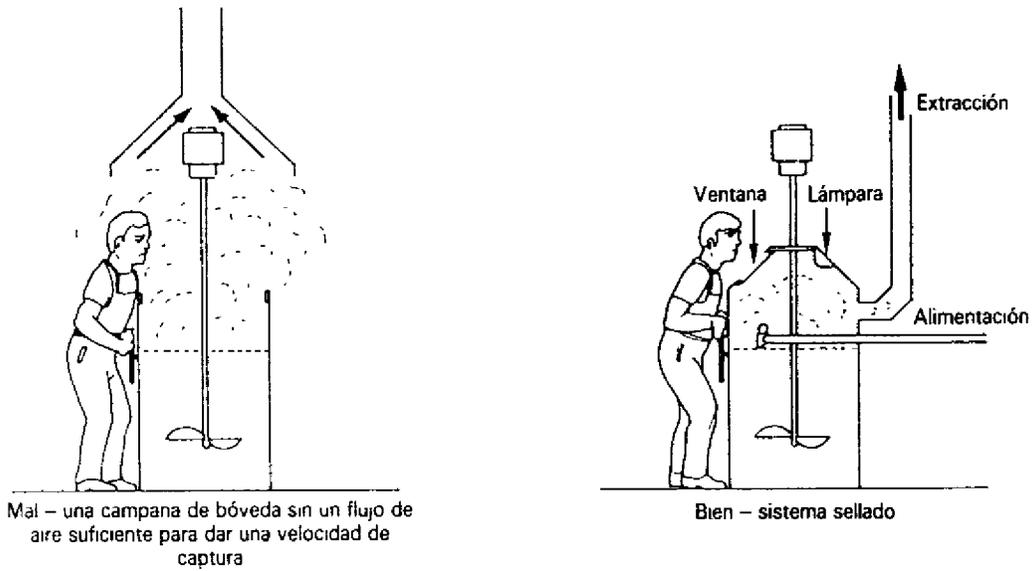


Fig. 5 (continuación)

(b) La campana de aspiración lateral es mejor que la campana de bóveda

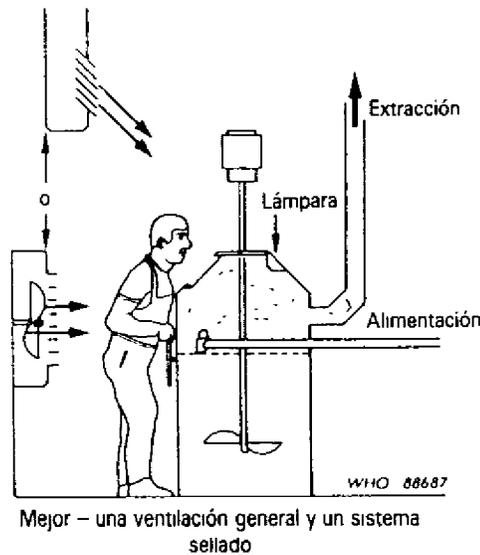


(c) Para un proceso de mezcla se necesita un sistema sellado



Mal - una campana de bóveda sin un flujo de aire suficiente para dar una velocidad de captura

Bien - sistema sellado



Mejor - una ventilación general y un sistema sellado

Cuadro 6. Velocidades de captura

Velocidad de liberación	Movimiento del aire ambiente	Velocidad de captura necesaria (m/s)
Muy baja	Ninguno	0,2-0,5
Baja	Ligero	0,5-1,0
Medio	Rápido	1,0-2,5
Alta	Muy rápido	2,5-10,0

posible. La entrada puede asimismo hacerse a través de una ranura, usada en un tipo particular de campana, cuya relación de anchura a longitud sea de 0,2 o menos (Fig. 5(b)).

La velocidad de captura requerida dependerá del tipo de contaminante y de la forma como se produzca, así como de las condiciones ambientales (Cuadro 6). Así, por ejemplo, las partículas requieren velocidades de captura superiores a las de los gases. Las partículas generadas a gran velocidad, por ejemplo a partir de una muela abrasiva, requieren velocidades de captura aún mayores. Una velocidad de 0,5 m/s capturaré la evaporación de un solvente, pero para recoger las partículas producidas por una muela abrasiva se necesitará una velocidad de 10 m/s o más.

Otro factor que influye sobre la velocidad de captura es el movimiento del aire en el lugar de trabajo. Por ejemplo, puede ser necesario mantener el aire en movimiento como medida de control para evitar el estrés por calor o facilitar la dilución por ventilación. Si el movimiento de aire es importante se necesitará una mayor velocidad de captura.

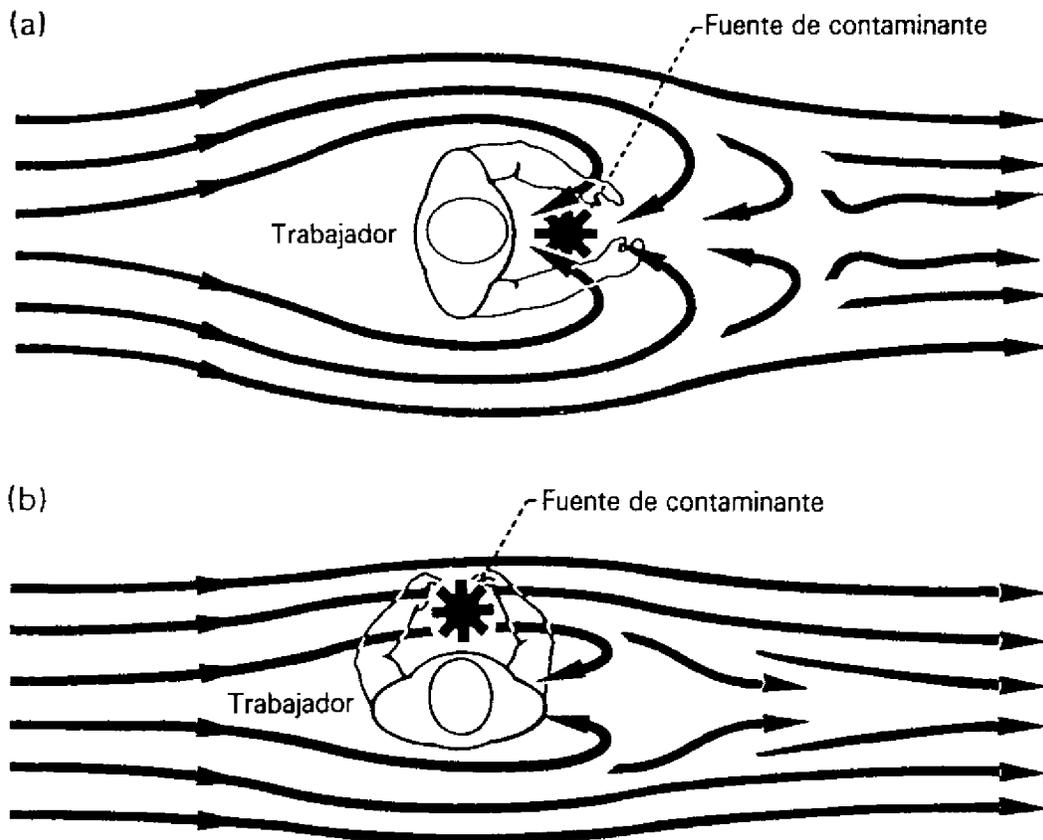
Es importante darse cuenta de que la velocidad de captura tiene un límite superior por encima del cual el material de trabajo, por ejemplo el polvo seco que entra en la composición de una preparación plaguicida, también puede ser aspirado por el sistema de extracción. Si el movimiento del aire en el lugar de trabajo requiriera una velocidad de captura que excediese ese límite superior, una solución consistiría en bloquear o desviar el movimiento de aire mediante una barrera colocada cerca de las aberturas de salida. Cuando se estén seleccionando productos cerca de aberturas de aspiración, se evitará toda pantalla que pueda crear un efecto de remolino. Toda corriente de aire innecesaria se parará en la fuente. Las corrientes de aire en el lugar de trabajo deben estudiarse con cuidado para evitar que los contaminantes que puedan arrastrar lleguen al aire que respiran los trabajadores. Cuando se ponga en marcha un proceso o se introduzca algún cambio en él (sobre todo en lo que respecta a la situación de los refrigeradores en el lugar de trabajo), deberá realizarse un estudio sencillo del movimiento de aire.

Se produce humo (en zonas expuestas a los incendios se puede producir un humo químico o una niebla) y se observa el movimiento utilizando una luz concentrada en la oscuridad. Se simularán las condiciones normales de trabajo para comprobar que la presencia o el movimiento de los trabajadores no crea remolinos o dispersa contaminantes hacia la zona de respiración (Fig. 6).

La velocidad de captura necesaria en una situación dada se puede determinar empíricamente moviendo la boquilla de cualquier dispositivo de succión cerca de la fuente de emisión hasta que se observe que se captura eficazmente el contaminante. A continuación puede medirse la velocidad requerida valiéndose de un anemómetro o tubo de Pitot.

Es importante asegurarse de que existe (o se suministra) un flujo de aire suficiente para reemplazar el que se aspira del lugar de trabajo. Para ello puede ser necesario hacer otros gastos de capital y funcionamiento, sobre todo en climas fríos donde es preciso calentar el aire de reemplazamiento.

Fig. 6 Efectos de la ventilación por desplazamiento
(a) Los remolinos de aire contaminado arrastran al contaminante directamente a la zona donde respira el trabajador.
(b) Buena posición del trabajador para no inhalar el contaminante.



WHO 88685

Una vez que el contaminante ha sido recogido por la campana, se transporta al sistema de conducción. En el caso del polvo de partículas finas, la velocidad de la corriente de aire en los conductos puede ser suficiente para mantenerlo en suspensión y arrastrarlo hasta la salida. Si las velocidades de aire en el conducto son demasiado bajas, es probable que el polvo extraído por la ventilación de aspiración se deposite. Esto podría crear un riesgo de incendio y obligaría a frecuentes limpiezas de las tuberías. En el Cuadro 7 se da una lista de velocidades mínimas recomendadas para el transporte de polvo. Combinaciones y obstrucciones dentro de los conductos pueden modificar la velocidad y favorecer el depósito del polvo. Ya desde la fase de diseño se han de prever y evitar esta posibilidad y otras que podrían conducir a la acumulación del polvo.

Cuando se diseñe un sistema de ventilación local por aspiración se habrán de tener en cuenta, entre otros, los siguientes factores:

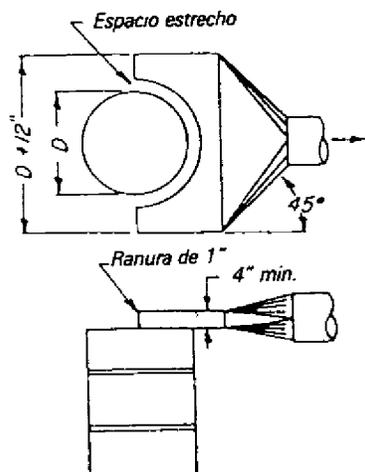
- la distancia de captura debe reducirse al mínimo;
- es necesario prever una velocidad de captura adecuada (un flujo de salida adecuado);
- se ha de prever una velocidad de arrastre adecuada para las partículas;
- la caída de presión se mantendrá al mínimo;
- siempre que sea posible se montará un sistema de aislamiento (cierre);
- en las entradas de la campana se ha de prever una distribución uniforme del flujo de aire;
- el ventilador estará adecuadamente situado de forma que esté bien protegido (en general es el último elemento del sistema, después del colector);
- se ha de instalar un dispositivo para medir la presión estática y comprobar el sistema.

Cuadro 7. Velocidades mínimas recomendadas para el arrastre de polvos

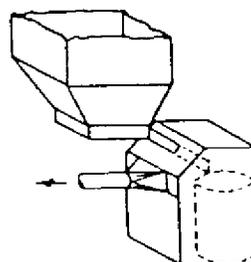
Naturaleza del contaminante	Velocidad en el conducto (m/s)
Vapores, gases, humos y polvos muy ligeros	10-15
Polvo industrial medio	15-20
Polvo pesado	20-25
Grandes partículas de materiales pesados y húmedos	25 y más

Todos los equipos y operaciones de procesamiento, preparación y envasado contarán con un sistema de ventilación por aspiración en todos los puntos donde puedan generarse vapores, niebla o polvo (véanse las Figs. 7-9). Si no se puede montar un encerramiento completo y es inevitable que quede cierta distancia entre la campana y la fuente de contaminación, es fundamental que la fuente de contaminante quede situada entre el operario y la campana.

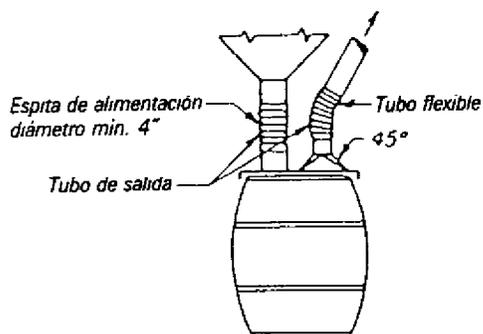
Fig. 7 Ejemplos de campanas para operaciones de llenado de barriles y recipientes^a
Reproducido con autorización del Comité de Ventilación Industrial, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Lansing, EE UU.



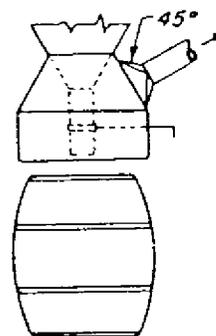
$Q = 100 \text{ cfm/sq ft}$ en la parte superior del barril, min
Velocidad en el conducto = 3500 fpm mínimo
Pérdida en la entrada = $0,25 VP + 1,78$ ranura VP
Carga manual



$Q = 150 \text{ cfm/sq ft}$ superficie facial abierta
Velocidad en el conducto = 3500 fpm mínimo
Pérdida en la entrada = $0,25 VP$ para una inclinación de 45°



$Q = 50 \text{ cfm} \times \text{diámetro del bidón (ft)}$ para una cubierta ponderada
 $150 \text{ cfm} \times \text{diámetro del bidón (ft)}$ para una cubierta suelta
Velocidad en el conducto = 3500 fpm mínimo
Pérdida en la entrada = $0,25 VP$



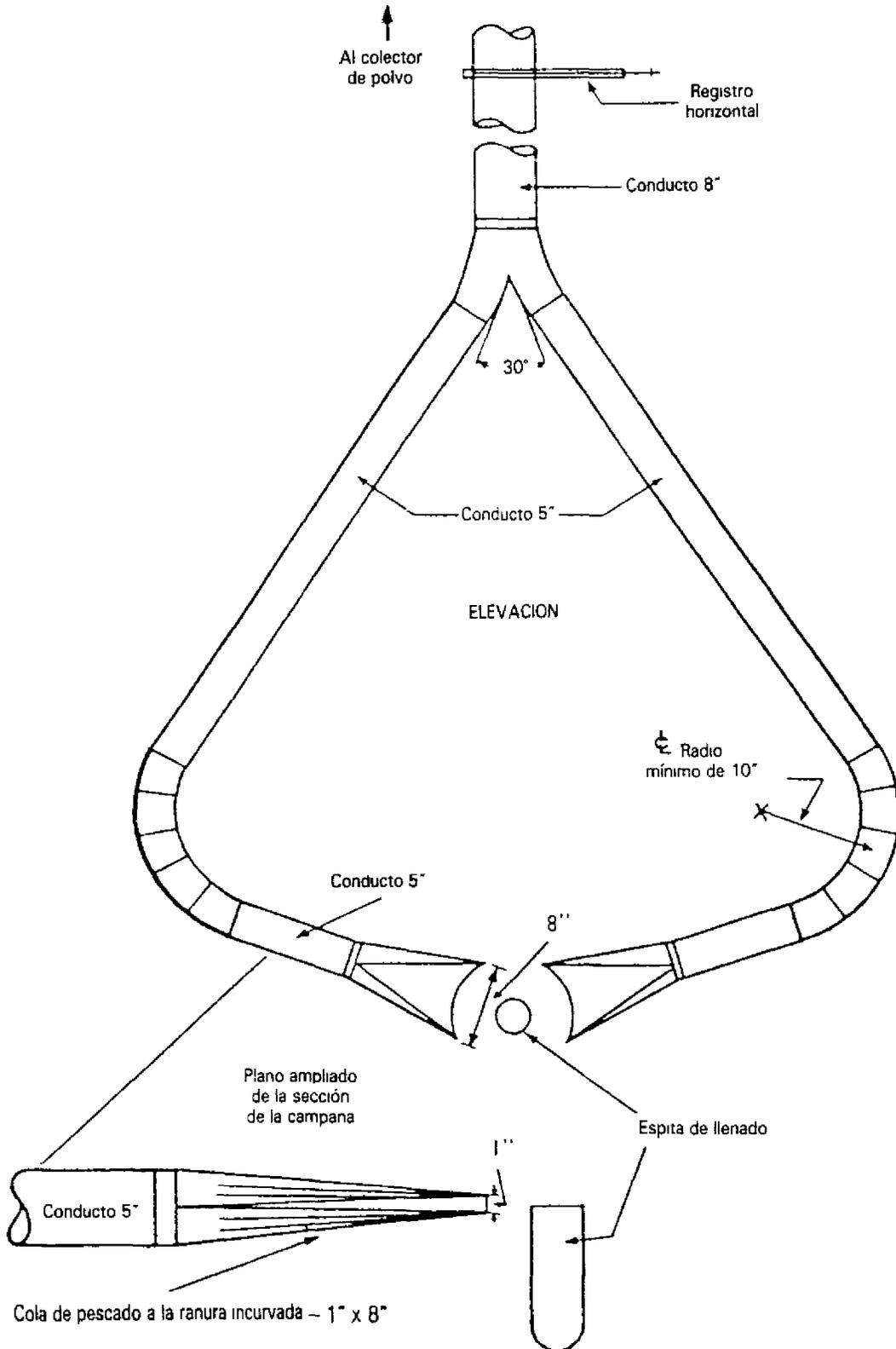
$Q = 300-400 \text{ cfm}$
Velocidad en el conducto = 3500 fpm min.
Pérdida en la entrada = $0,25 VP$

^a Aunque en esta publicación se utiliza el sistema métrico, las unidades de las figuras 7, 8 y 9 se reproducen tal como están en las referencias originales. Las conversiones aplicables son las siguientes:

1" = 1 pulgada = 2,54 cm, 100 cfm = 2,8 m³/min 100 cfm/sq ft = 30 m³/min. por m²; 3500 fpm = 18 m/s
1 ft = 30,48 cm.

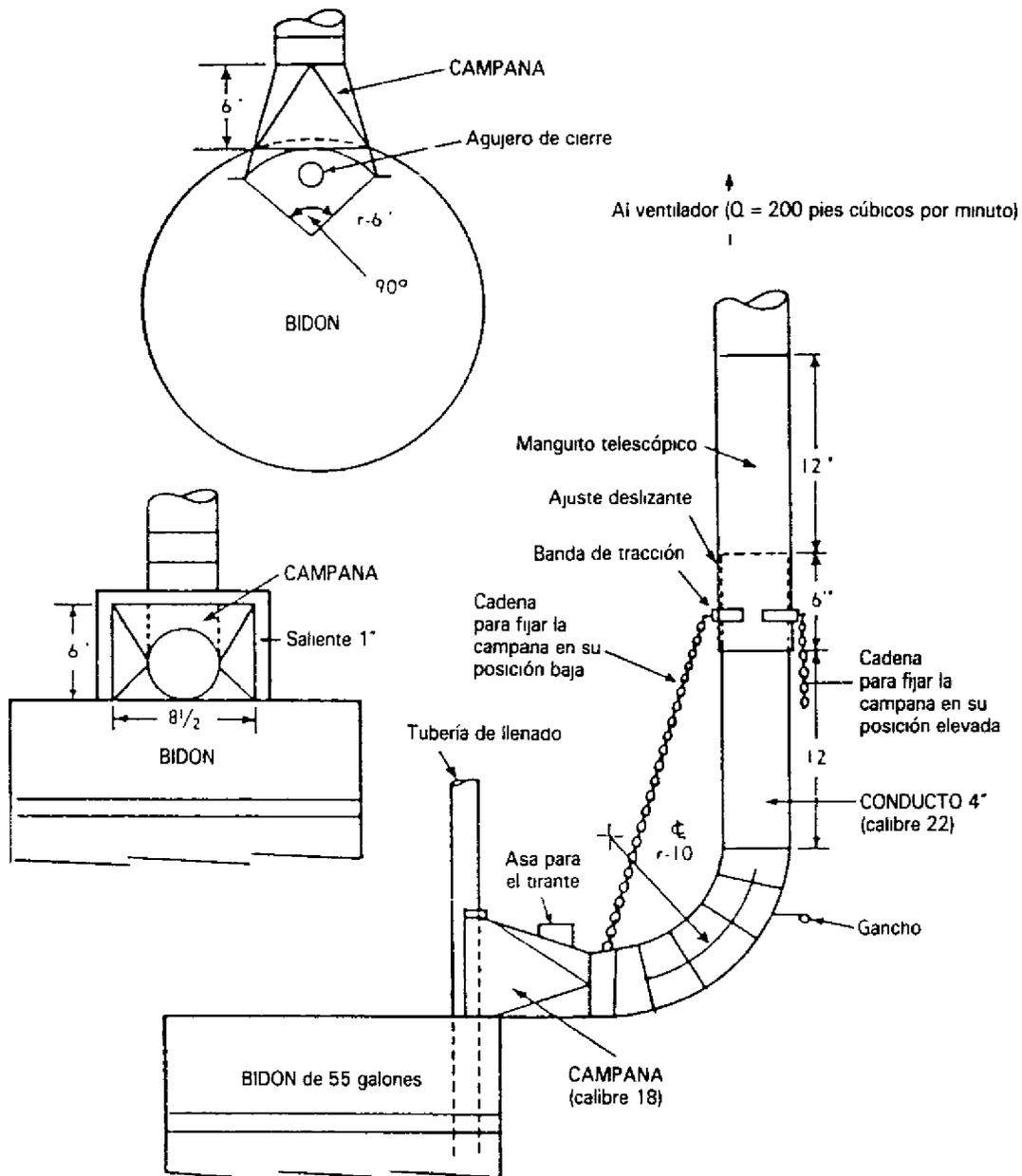
cfm = pies cúbicos por minuto
fpm = pies por minuto
VP = presión de velocidad

Fig. 8 Campana de aspiración para el ensacado
Fuente: Parathion, Methyl Parathion, Stabilized Methyl Parathion, página 36
Technical Bulletin No AG-1b, Monsanto Company Agricultural Division, St Louis,
Missouri
Diagrama reproducido gracias a la amabilidad de Monsanto Company.



W/HO 8892T

Fig. 9 Campana para la extracción de humos y vapores durante el llenado
 Fuente: Parathion, Methyl Parathion, Stabilized Methyl Parathion, página 37
 Technical Bulletin No AG-1b. Monsanto Company Agricultural Division. St Louis.
 Missouri.
 Diagrama reproducido gracias a la amabilidad de Monsanto Company



WHO 88922

Si es necesario que el trabajo se realice entre la fuente de contaminante del aire y la campana (por ejemplo, durante una operación de mantenimiento o reparación), o bien se detendrán temporalmente las operaciones o bien se dotará al trabajador del adecuado equipo respiratorio y de protección personal. También puede ser necesario adoptar estas disposiciones especiales durante el mantenimiento, la limpieza o reparación del propio sistema de

ventilación por aspiración. Si se quiere asegurar que los sistemas de ventilación por aspiración funcionan con eficacia en todo momento es muy importante mantener una vigilancia y conservación adecuadas.

Siempre que se usa la ventilación local por aspiración se liberan al exterior cantidades considerables de contaminantes atmosféricos extraídos del lugar de trabajo. Se han de vigilar las concentraciones de contaminantes en la corriente de aire que sale al exterior y, siempre que sea necesario, se utilizarán colectores que eviten la contaminación atmosférica. Los colectores pueden ser de diversos tipos, por ejemplo, filtros de saco de tela (cámaras de sacos) y depuradores húmedos, y entre ellos se seleccionará el sistema adecuado (34). Se tendrá mucho cuidado con la forma como se evacua el polvo recogido de los filtros de saco y el «licor» de los depuradores, de forma que no se transformen en fuentes secundarias de contaminación.

Dentro del ámbito de la presente publicación no entra la descripción de las diversas técnicas utilizables para el tratamiento de desechos sólidos y efluentes líquidos y gaseosos, de forma que se evite la contaminación del medio ambiente. El evitar esta contaminación es extraordinariamente importante y ha de ser siempre una de las inquietudes de los responsables de las plantas de preparación de plaguicidas. Deberá solicitarse asesoramiento y ayuda de profesionales que posean la adecuada experiencia.

Control en el lugar de trabajo

Las medidas generales de control en el lugar de trabajo constituyen un complemento importante de las medidas de control aplicadas en la fuente, incluso si por sí mismas no bastan para evitar la exposición a contaminantes. Son necesarias como defensa de segunda línea, sobre todo para reducir cualquier riesgo originado fuera de los puntos habituales (por ejemplo, un derrame por la rotura de una bolsa).

Cuidado de los locales

Nunca se exagerará la importancia de mantener los locales en buen estado, sobre todo durante e inmediatamente después de las operaciones de mantenimiento. Es fundamental mantener todo limpio y la dirección de la fábrica debe dar a la limpieza gran prioridad, y ello por las siguientes razones:

- Una planta sucia o descuidada facilita el que los trabajadores adopten una actitud de descuido y demuestra que la dirección da escasa prioridad al cuidado en las prácticas del trabajo.

- La contaminación de las superficies, visible o no, puede ser una importante fuente de contaminación cutánea.
- Fugas y derrames, si no se les pone rápido remedio, son una importante fuente de contaminación tanto del aire como de las superficies.

Ciertas prácticas favorecerán una buena limpieza:

- El disponer de un equipo de limpieza, materiales absorbentes y soluciones descontaminantes fácilmente accesibles, y objeto de frecuentes inspecciones y renovaciones.
- Durante las inspecciones, la dirección hará comentarios acerca del estado de limpieza de las zonas de trabajo.
- Se considerará que la limpieza es parte del trabajo y no algo que se debe hacer cuando el trabajo ya se ha concluido. Es preciso que cada uno de los trabajadores se sienta responsable de la limpieza del lugar de trabajo.
- Se dará gran prioridad a limpiar cualquier derrame que se produzca. Sólo tienen mayor prioridad las averías en la maquinaria y otras situaciones de urgencia.

Limpieza por aspiración

La limpieza por aspiración es importante en las plantas donde se preparan o envasan plaguicidas en polvo. En ciertas plantas se instalan desde el comienzo sistemas de limpieza por aspiración consistentes en una unidad central aspiradora y una red de tuberías que recorren toda la planta, con salidas a las cuales se pueden empalmar los aspiradores. En general, la unidad de aspiración funciona continuamente y las salidas de las tuberías tienen unos cierres embisagrados que facilitan una rápida conexión reduciendo al mínimo las entradas de aire al sistema de aspiración. El sistema central de aspiración tiene, en relación con los aparatos portátiles, las siguientes ventajas:

- Constituye una fuente de succión continua dispuesta siempre para su uso.
- Sólo existe una salida central, en lugar de varias salidas de pequeños aparatos independientes, con lo cual basta con un solo dispositivo para el control de la contaminación, dispositivo que además puede ser más perfeccionado.

- El sistema es fácil de utilizar. Basta con que el operario conecte un tubo flexible ligero en la tubería de vacío. No hay necesidad de andar transportando pesados aparatos.
- No se ha de mantener más que un solo aparato, en lugar de varios aparatos pequeños.
- Una sola unidad fija y de gran tamaño es más duradera y está menos expuesta a daños o averías.
- Las superficies elevadas se pueden limpiar con más facilidad utilizando un conducto ligero que si se ha de utilizar todo un aparato pesado independiente.

Las mangas de aspiración estarán provistas de los instrumentos adecuados, por ejemplo instrumentos para grietas y cepillos para recoger polvo, así como dispositivos con extremidades incurvadas que sirvan para limpiar tuberías. Todos estos instrumentos deben conservarse bien limpios y guardados.

El operario de la planta es el elemento básico para el buen uso de un sistema central de aspiración. Si los operarios son suficientemente cuidadosos para aspirar rápidamente cualquier derrame y mantener limpio el lugar de trabajo, el sistema funcionará a la perfección.

Se pueden utilizar aspiradoras portátiles si disponen de un elemento filtrador adecuado para el material que han de recoger. Pero si la bolsa está rasgada o falta el dispositivo de filtración o éste no es eficaz, la aspiradora sólo servirá para dispersar una nube de polvo por todo el lugar de trabajo. La situación puede llegar a ser extraordinariamente peligrosa si el dispositivo de filtración permite el paso de pequeñísimas partículas, lo que sucede con frecuencia con las típicas aspiradoras «domésticas». Las pequeñas partículas liberadas se inhalan con facilidad y suelen contener una proporción elevada de partículas respirables.¹

Se recomiendan las aspiradoras con filtros en serie, es decir las que poseen varios filtros en línea cada uno de los cuales es más fino que el anterior. Si el último de ellos es un filtro de gran rendimiento para partículas en aire (HEPA), las emisiones quedarán reducidas a niveles insignificantes. Si están adecuadamente seleccionadas y mantenidas, este tipo de aspiradoras pueden servir para los polvos tóxicos.

¹ Se consideran como partículas respirables las que son suficientemente pequeñas como para alcanzar los lugares mas profundos del pulmón (35).

Barrido

Cuando no hay sistemas de aspiración, puede ser necesario valerse de escobas y palas. Pero en general no se recomienda el barrido en seco con el cual es difícil evitar la dispersión de nubes de polvo. Un barrido en húmedo puede contribuir a reducir la contaminación del aire por el polvo. Los derrames líquidos se pueden limpiar dispersando sobre ellos un material absorbente (tierra de Fuller, tierra de dicotomeas, serrín, yeso granulado, etc.), que después se recoge con la pala y se tira a recipientes para su evacuación. En ciertos casos puede ser necesario proceder a una descontaminación con alguna solución adecuada.

Para la descontaminación de derrames líquidos de plaguicidas organofosforados debe utilizarse una buena cantidad de cal hidratada o ceniza de sosa, que después se recubrirá por completo con yeso absorbente. A continuación, el material aglutinado se recoge y pasa a un recipiente adecuado a partir del cual se somete a un tratamiento químico y se entierra.

Las zonas que han sufrido el derrame se lavarán cuidadosamente con una solución fuerte de un detergente comercial que produzca poca espuma y se utilice con agua dura, en fosfato trisódico al 5%, que se aplicará mediante una boquilla pulverizadora de manguera de jardín. Por último, toda la zona se lavará con agua.

Orden

Todas las zonas de preparación y envasado estarán bien iluminadas y ventiladas. No se permitirá que ningún desecho ni material extraño se acumule en la zona de trabajo, exceptuados los recipientes especialmente destinados a ello. Para el producto de los barridos del suelo o los desechos nunca se utilizará una bolsa o recipiente que lleve aún el nombre de un producto pues ello podría dar lugar a confusiones. Las etiquetas y los recipientes que llevan el nombre de un producto deben manejarse siempre con el máximo cuidado para asegurarse de que no se utilizan para un producto al que no están destinados.

En las zonas de preparación y envasado sólo se permitirán los artículos que sean inmediatamente necesarios para la operación concreta que vaya a realizarse. Los instrumentos, materiales y equipos protectores personales se conservarán en zonas distintas.

Mantenimiento

Los trabajos de mantenimiento son de por sí peligrosos ya que pueden facilitar la exposición a procesos químicos tóxicos, dado que

en general durante una interrupción de las operaciones o una avería no suelen estar en funcionamiento los controles ambientales. Un programa de mantenimiento habrá de incluir las siguientes operaciones:

- Inspecciones regulares de todo el equipo de la planta a cargo de personal capacitado.
- Registro e inspección regular del funcionamiento del equipo para detectar cualquier deterioro.
- Servicios y ajustes regulares y rutinarios del equipo.
- Rápida reparación de toda avería.

El programa de conservación puede estar a cargo de los propios operarios o, mejor aún, de un personal de mantenimiento especialmente capacitado. También debe tenerse en cuenta la necesidad de conservar el equipo de control de riesgos instalado en una planta (por ejemplo, los encerramientos y sistemas de ventilación). Si el mantenimiento se realiza por contrata, será preciso que el personal esté adecuadamente capacitado y supervisado, y que siempre que corresponda lleve el adecuado equipo protector personal. Debe supervisarse con cuidado la preparación del equipo que se va a reparar para evitar que el personal de mantenimiento se vea expuesto a productos químicos o lesiones. Una vez concluido el mantenimiento, inmediatamente se lavará con todo cuidado la zona de trabajo.

Ventilación general

Se entiende por ventilación general la extracción o el suministro de aire a un lugar, habitación o edificio, con el fin de controlar la temperatura, de diluir con aire limpio un aire contaminado o con ambos fines. Cuando la ventilación general se utilice para diluir contaminantes atmosféricos, se suele denominar ventilación de dilución.

Para el control de riesgos sanitarios la ventilación de dilución no es tan eficaz como la ventilación local por aspiración ya que no elimina los contaminantes de la atmósfera sino que se limita a diluirlos hasta concentraciones aceptables. El uso de la ventilación de dilución tiene cuatro tipos de limitaciones (26):

1. La cantidad de contaminante ha de ser pequeña pues en caso contrario para la dilución se necesitaría un volumen inasequible de aire.

2. Es preciso que los trabajadores estén suficientemente alejados de la fuente de contaminación o que el contaminante se halle en concentraciones suficientemente bajas para que nadie se vea expuesto a niveles inaceptablemente elevados.
3. La toxicidad del contaminante ha de ser escasa.
4. La velocidad de formación o producción de contaminantes ha de ser razonablemente uniforme.

Por consiguiente, la ventilación de dilución no sirve para controlar contaminantes atmosféricos muy tóxicos o peligrosos, para los cuales se requerirían cantidades excesivamente grandes de aire de dilución. Tampoco está indicada la ventilación de dilución cuando el contaminante del aire se produzca a una velocidad muy elevada. En tales casos debe utilizarse la ventilación local por aspiración, con una ventilación de dilución como medida complementaria. La ventilación general puede servir para conseguir una rápida reducción de una contaminación resultante de fugas o derrames accidentales que se hayan producido lejos del equipo de procesado.

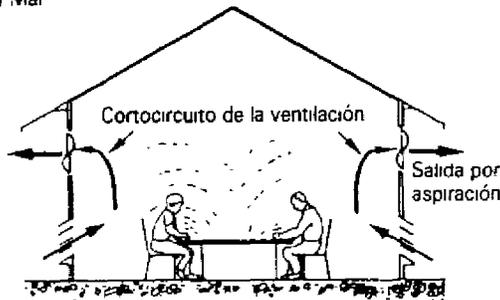
El diseño de la planta (por ejemplo, un clima cálido permitirá un diseño más abierto al exterior) y las normas locales de contaminación ambiental determinarán las indicaciones de la ventilación general como método de control. El aire de entrada a los sistemas de ventilación debe proceder de una atmósfera no contaminada. Se evitará la recirculación de los contaminantes de la propia planta o su toma desde el exterior de ésta, por ejemplo el ingreso de gases de escape de vehículos motorizados.

La velocidad de renovación del aire en plantas bajo techado puede variar desde un pequeño número hasta 30 o más cambios por hora. Un pequeño número de renovaciones puede bastar para zonas de almacenamiento, pero en los lugares donde se realicen las operaciones se recomienda un mínimo de diez cambios por hora. Es frecuente la recirculación parcial, más que el cambio completo, sobre todo cuando se utilizan sistemas de acondicionamiento de aire, por lo cual en el diseño de tales sistemas convendrá incorporar salvaguardias que eviten una recirculación inaceptable de contaminantes (26, 36, 37).

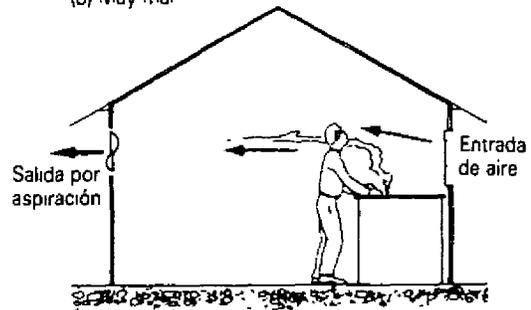
Se estudiará con cuidado la ubicación de los ventiladores en relación con las entradas de aire, las operaciones de producción y los puntos de trabajo para evitar que el aire se cortocircuite sin renovarse (Fig. 10(a)), y sobre todo evitar movimientos de aire que puedan llevar los contaminantes a la zona donde respiran los trabajadores (Fig. 10(b)). El aire se moverá de forma que arrastre los contaminantes lejos de la zona donde respiran los trabajadores (Figs. 10(c), (d) y (e)). Cuando

Fig. 10 Buenas y malas prácticas en la ventilación (general) de dilución
Nota: el aire de entrada se ha de calentar en climas fríos.

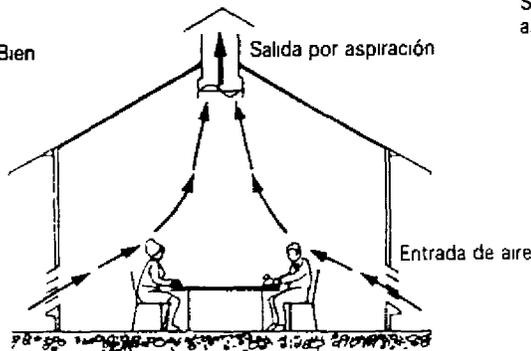
(a) Mal



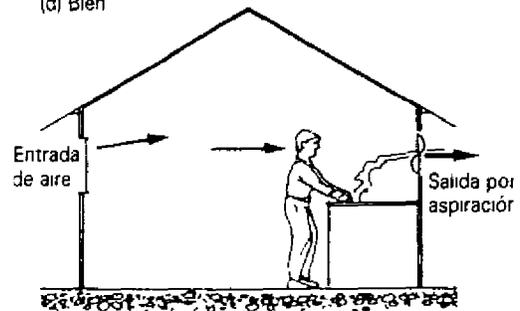
(b) Muy mal



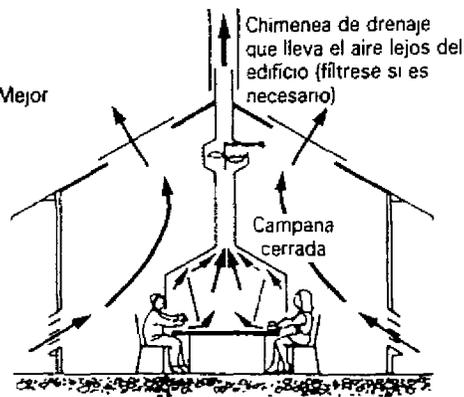
(c) Bien



(d) Bien



(e) Mejor



WHO 89688

se diseñen sistemas de ventilación de dilución, debe recordarse que el movimiento de aire a partir de ventanas abiertas, ventiladores, etc., puede interferir con los movimientos previstos por tales planes.

Control en el lugar donde se halla el trabajador o cerca de éste

Aislamiento de los trabajadores

Para evitar toda exposición se puede aislar al trabajador mediante la utilización de controles remotos para los procesos, por ejemplo un

proceso que se dirige desde un cuarto de control. Otra posibilidad es que el trabajador lleve un atuendo completo protector con respirador o dispositivo de suministro de aire.

Prácticas de trabajo

Los descuidos y los errores de los operarios pueden quitar toda su eficacia al mejor de los sistemas de control. Es necesario que posean formación y experiencia para conseguir que utilicen adecuadamente el equipo, respeten los procedimientos operativos seguros y adquieran buenas prácticas de higiene profesional.

Controles sobre las prácticas de trabajo

Se instruirá a los trabajadores sobre las prácticas seguras y correctas de trabajo, inclusive métodos que permitan reducir el riesgo de exposición; el permiso para la entrada en zonas de alta temperatura o en cámaras cerradas sólo se dará al personal adecuadamente capacitado; se designarán unos puntos de reunión para casos de catástrofe; y se establecerán unos procedimientos concretos para vaciar bidones y bolsas. Se prohibirá el manejo con las manos desnudas de recipientes de plaguicidas y también el comer y fumar en ciertas zonas.

Estarán disponibles procedimientos operativos por escrito, que se impondrán tanto en situaciones normales como de urgencia en las operaciones de preparación y durante:

- La carga y descarga de los recipientes de transporte.
- La puesta en marcha y la parada de los equipos de procesamiento o envasado.
- La adición de materias primas a un reactor o combinador.
- Las operaciones de procesamiento.
- El manejo de materiales de desecho en el lugar de trabajo.

Signos y etiquetas

Todos los recipientes que se usen para la transferencia o almacenamiento de plaguicidas en el lugar de trabajo estarán adecuadamente etiquetados o señalados de forma que fácilmente se pueda saber cuál es su contenido y precaverse contra posibles riesgos. En algunos países existen normas reglamentarias aplicables a esas etiquetas.

En zonas donde se están procesando o envasando materiales tóxicos, se señalará claramente que la entrada al lugar está prohibida a las personas no autorizadas. Se pondrán además signos bien visibles indicativos de la prohibición de fumar, las restricciones de acceso, la situación del equipo de urgencia, los teléfonos de urgencia y todas las salidas de urgencia.

Higiene personal

Para los que trabajan con plaguicidas es especialmente importante mantener buenas prácticas de higiene personal, entre las que figuran las siguientes:

1. Llevar una ropa de trabajo limpia que cubra el cuerpo lo más posible y que se cambiará diariamente. Se recomiendan guantes de caucho natural, mono, un casco o gorra y botas con protección para los dedos. Se facilitará alguna forma de protección ocular cuyo uso será obligatorio. El interior y el exterior de los guantes se limpiará con frecuencia, éstos se reemplazarán cada poco tiempo y se destruirán los guantes dañados. No se debe conservar la ropa de calle bajo la de trabajo.
2. Retirar inmediatamente cualquier prenda contaminada por líquidos o polvo. Todas las zonas de piel expuestas a los plaguicidas se lavarán minuciosamente y se mantendrá a la víctima en observación durante 48 horas por si aparecen síntomas de intoxicación.
3. Lavarse manos y cara cuidadosamente antes de comer, beber, ir al retrete o fumar. En ninguna zona donde se preparen o envasen plaguicidas se permitirá la entrada de tabaco, alimentos, bebidas o chicle. El agua para beber y lavarse (con excepción de las duchas de urgencia) se obtendrá del exterior de la zona de preparación.
4. Antes de abandonar la planta, retirar la ropa de trabajo y colocarla en un arcón para el lavado. Las botas y los guantes se han de lavar antes de quitárselos. Los empleados se han de bañar o duchar y poner la ropa de calle antes de salir de la planta.

El vestuario ideal habría de comprender una parte limpia (parte de calle) y una parte sucia (parte de planta) separadas por los locales de duchas. Al llegar al trabajo, los empleados entran por las habitaciones del lado limpio donde se hallan los armarios, cambian su ropa de calle por ropas de trabajo limpias y calzado para la ducha, y pasan a los locales del lado de la planta, donde se ponen las botas de trabajo y el resto de la ropa protectora. Cuando termina su turno de trabajo, invierten el proceso, sólo que desechan la ropa de trabajo y toman una ducha antes de pasar a la habitación de los armarios en el lado de la calle.

En el suelo y cerca de la salida se deben mantener unas bateas con soluciones alcalinas diluidas y unos cepillos atadas a ellas de manera que los trabajadores puedan con toda facilidad lavarse su calzado de caucho antes de salir de la zona de trabajo.

Para los casos de contaminaciones importantes de la piel o de los ojos se debe disponer de unas duchas de seguridad e instalaciones para el lavado de los ojos a las que se pueda llegar con facilidad. Se comprobará periódicamente que estas instalaciones están en buen estado.

Ropa y dispositivos de protección personal

La dirección tendrá la responsabilidad de facilitar todos los dispositivos de protección personal o ropas especiales de trabajo que se necesiten. En principio, los dispositivos de protección personal sólo se utilizarán *a)* cuando no haya otra forma de controlar el peligro contra el cual sean útiles; *b)* como un complemento de otras medidas de control; *c)* mientras se diseñan y ponen en práctica controles ambientales; y *d)* a corto plazo, en exposiciones esporádicas, como, por ejemplo, cuando se cambia un proceso, se limpia el equipo, se están realizando operaciones de mantenimiento y reparaciones o en casos de urgencia.

En los programas dirigidos a la utilización de equipos protectores personales se incluirá la forma de utilizar el equipo y la educación de los trabajadores en lo que respecta a su uso, importancia, limpieza y mantenimiento. La limpieza es extraordinariamente importante ya que un equipo protector personal contaminado puede ser más una fuente de exposición que una protección contra ésta.

Protección de la cabeza, ojos y cara

Se recomienda el uso de cascos siempre que exista el riesgo de caídas de objetos, haya puntos en los que el techo esté bajo o exista cualquier otra estructura con la que se pueda golpear la cabeza.

Un gorro puede evitar que el polvo se deposite sobre la cabeza con la consiguiente exposición del cuero cabelludo.

Siempre que puedan producirse salpicaduras se utilizarán gafas de seguridad, mascarillas contra salpicaduras químicas o protecciones faciales.

Ropa protectora

La ropa protectora estará constituida por un mono de una sola pieza de algodón o mezcla de algodón. La ropa interior y los calcetines también deben ser de algodón.

Tecnología de control aplicable a la formulación y el envasado de plaguicidas

Cuando se estén manejando líquidos, puede ser útil un delantal de caucho o de plástico. Cuando el trabajador lleva este tipo de ropa impermeable, está más expuesto al estrés por el calor, puesto que se reducen las pérdidas de calor por evaporación. Por consiguiente, es importante mantener en el lugar de trabajo una temperatura que resulte cómoda.

Protección de manos y pies

A las personas que hayan de trabajar con preparaciones líquidas se les dotará de botas de caucho de seguridad. Para los demás se recomienda el calzado de seguridad normal de piel con protección metálica de los dedos.

Casi todos los trabajos con plaguicidas exigen el uso de guantes. Entre los diversos materiales posibles, por ejemplo caucho natural o de butadieno, neoprene, o PVC, se seleccionará el que dé mejores resultados en las pruebas de penetración que se hagan con los plaguicidas y solventes concretos que se estén manejando. Existen publicaciones especializadas que dan información general acerca de la penetración de los solventes (38, 39).

En climas cálidos, para mayor comodidad pueden ponerse en el interior de los guantes impermeables otros guantes finos de algodón que absorben la transpiración. Los guantes impermeables se lavarán con todo cuidado antes de quitárselos de manera que los contaminantes no pasen del exterior al interior.

Protección respiratoria

En el interior de las plantas de fabricación de plaguicidas deberá disponerse de algún sistema de protección respiratoria para su uso en caso de incendio o de liberación de productos químicos tóxicos, así como cuando los trabajadores han de entrar en espacios cerrados. Se utilizan mucho las máscaras desechables contra polvos, pero éstas sólo son eficaces tratándose de polvos de escasa toxicidad y en ningún caso contra vapores o gases. La utilización de la mayoría de los sistemas de protección respiratoria durante largos periodos resulta muy incómoda, sobre todo en climas cálidos. Por consiguiente, en toda la medida de lo posible se recurrirá a controles ambientales que permitan evitar exposiciones peligrosas. Sólo se recurrirá habitualmente a la protección respiratoria en los casos en que no pueda procederse al control ambiental, pero normalmente sólo será una solución provisional o para operaciones breves y esporádicas, como los trabajos de conservación. En ciertas plantas y en algunas operaciones puede requerirse una protección respiratoria continua. En tales circunstancias se han de prever los adecuados periodos de descanso en una zona no contaminada.

Tecnología de control de riesgos profesionales para la salud

Los programas de protección respiratoria personal deben incluir:

- La determinación de las operaciones que exigen una protección respiratoria personal y la planificación de posibles necesidades de urgencia.
- La selección, adquisición y colocación de los adecuados respiradores.
- El establecimiento de un sistema eficaz de conservación de respiradores, inclusive su limpieza y comprobación después de cada uso.
- La educación de los trabajadores en lo que respecta a la necesidad de protección respiratoria.
- El adiestramiento de los trabajadores para el buen uso de los respiradores, sobre todo para la colocación correcta de las piezas faciales.

Existen tres publicaciones del NIOSH que constituyen fuentes excelentes de información básica sobre protección respiratoria, tanto desde el punto de vista del empleador como del trabajador (40-42).

Protección del oído

Puede ser necesario proteger el oído cuando los controles técnicos no permitan reducir el ruido a un nivel aceptable o en el curso de operaciones ruidosas breves y esporádicas (43). En tales circunstancias y por razones de higiene sólo se utilizarán tapaorejas o tapones desechables para los oídos; no se recomiendan los tapones reutilizables.