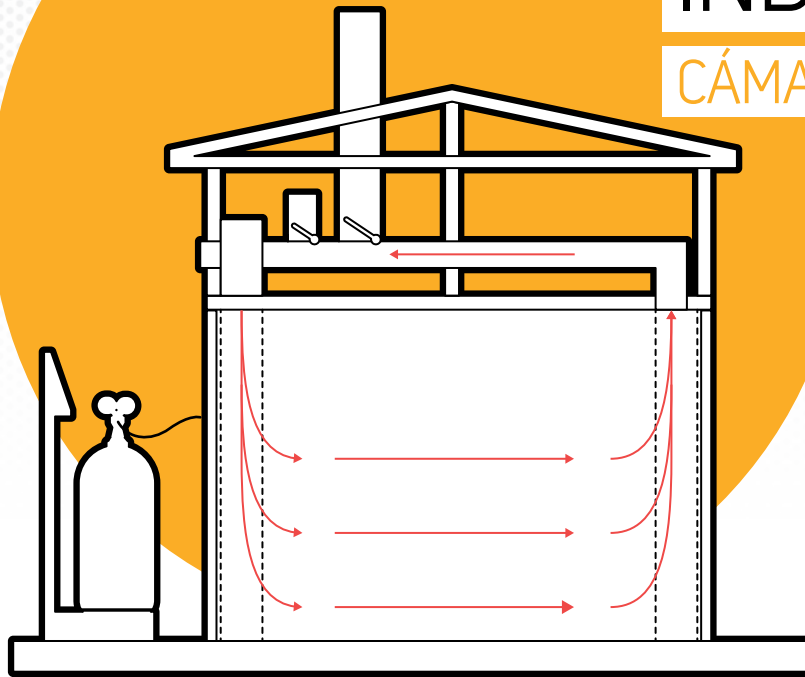


HIGIENE INDUSTRIAL

CÁMARAS DE FUMIGACIÓN



ÍNDICE

Acerca de este manual.....	pág.02
A. Introducción	pág.03
B. Alcance y Objetivos	pág.03
Alcance.....	pág.03
Objetivos.....	pág.03
C. Características y riesgos de los plaguicidas utilizados para fumigar	pág.04
1. Anhídrido sulfuroso.....	pág.04
2. Bromuro de metilo.....	pág.04
3. Fosfina.....	pág.05
4. Vigilancia de la exposición.....	pág.05
5. Cámaras de fumigación y exposición de los trabajadores.....	pág.06
D. Identificación de peligros y medidas de prevención	pág.13
1. Línea de inyección en mal estado.....	pág.13
2. Fallas de la hermeticidad de cámaras.....	pág.13
3. Fallas de la hermeticidad de puertas.....	pág.14
4. Procedimientos de trabajo inadecuados.....	pág.14
5. Sistemas de recirculación y aireación.....	pág.15
6. Protección respiratoria incorrecta.....	pág.15
E. Bibliografía	pág.16
F. Terminología	pág.16
G. Anexos	pág.17

ACERCA DE ESTE MANUAL

El presente manual tiene como finalidad entregar la información necesaria respecto a las cámaras de fumigación, sus peligros, riesgos y medidas de prevención a tomar en cuenta al momento de utilizar dichos sistemas.

Esta información es de especial importancia para los trabajadores que se desempeñan en las cámaras de fumigación, así como para los expertos en prevención de riesgos e higienistas de las empresas asociadas del sector agroindustrial.

Las normas legales que se relacionan más directamente con las cámaras de fumigación que se revisan en este manual son:

- **Decreto Supremo 157/2005 (MINSAL)**, que identifica los gases fumigantes y señala reglamentaciones para su utilización.
- **Decreto Supremo N° 594/1999**, que decreta condiciones sanitarias básicas de los lugares de trabajo y establece límites permisibles y límites de tolerancia biológica.
- **Resolución exenta N° 375**, que aprueba un protocolo de vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a plaguicidas en general, y clasifica en particular a los operadores de cámaras de fumigación en el grupo de alto riesgo.

A. INTRODUCCIÓN

Los fumigantes son plaguicidas de amplio espectro, en forma de gases, ya que actúan contra distintos tipos de plagas y con un solo tratamiento pueden matar, por ejemplo, insectos, malezas, semillas, nemátodos y hongos.

Por ser gases es necesario que la aplicación se realice en una estructura previamente hermetizada, por ejemplo, una cámara fija, un contenedor, un cobertor plástico, un silo, etc.

Entre los gases más utilizadas en nuestro país para fumigar productos agrícolas están el anhídrido sulfuroso, el bromuro de metilo y la fosfina, la cual se genera a partir del fosforo de aluminio o magnesio.

En este sentido, y con el fin de prevenir posibles riesgos asociados a dichos elementos, la Asociación Chilena de Seguridad ha elaborado este **Manual de Higiene Industrial para Cámaras de Fumigación**.

B. ALCANCE Y OBJETIVOS

Alcance

Comprender los riesgos y medidas de prevención asociadas al uso de las cámaras de fumigación en empresas del sector industrial, con el fin de prevenir situaciones de peligro tanto para trabajadores como para la población en general.

Objetivo

- Entregar información a los trabajadores que se desempeñan en cámaras de fumigación, a los expertos en prevención de riesgos e higienistas sobre los peligros, riesgos y medidas de prevención que se deben considerar en las tareas donde se utilizan estos sistemas.

C. CARACTERÍSTICAS Y RIESGOS DE LOS PLAGUICIDAS UTILIZADOS PARA FUMIGAR

1 Anhídrido sulfuroso

El anhídrido sulfuroso o dióxido de azufre (SO₂), a temperatura ambiente, es un gas incoloro no inflamable que tiene un fuerte olor a azufre. Es soluble en agua, a 25° C del orden de 8,5% en peso.

En las cámaras se utiliza en cilindros de gas licuado a presión, principalmente como fungicida para evitar la podredumbre de la fruta.

Exposiciones de corto tiempo a SO₂ producen irritación en las membranas mucosas (ojos y garganta) y constricción bronquial, efectos cuya magnitud depende de la concentración existente, observándose que éstos se pueden presentar a concentraciones de 5 ppm.

Para proteger a los trabajadores expuestos contra estos efectos, en el decreto N° 594 se establece un **Límite Permisible Ponderado (LPP) de 1,6 ppm** y un **Límite Permisible Temporal (LPT) de 5 ppm**.

Por su parte, NIOSH considera 100 ppm como límite peligroso para la vida o salud (IDLH), lo cual se traduce en un nivel de riesgo cuyas consecuencias pueden ser la muerte o daños irreversibles para la salud.

2 Bromuro de metilo

El bromuro de metilo, CH₃Br, a temperatura normal es un gas sin color ni olor a bajas concentraciones, con una solubilidad en agua, a **20° C**, de 17 gramos por litro. Es un plaguicida de amplio espectro que se utiliza mayormente en el tratamiento de la fruta de exportación. En las cámaras se usa en cilindros como gas licuado a presión.

La vía de ingreso más importante de bromuro de metilo al organismo es la respiratoria; sin embargo, se debe considerar que también se absorbe a través de la piel. Estudios realizados en animales indican que se concentra en **tejidos, pulmón, riñones, hígado y cornete nasal**. Su eliminación se realiza principalmente por exhalación.

El daño principal que produce la exposición aguda a bromuro de metilo es edema pulmonar, con síntomas que además pueden incluir irritación severa de la piel, convulsiones, hipertermia (aumento de la temperatura corporal) y coma.

Para prevenir daños a la salud por exposición crónica, como son edema pulmonar y afecciones al sistema nervioso central, el Decreto Supremo N° 594 contempla como Límite Permisible Ponderado (LPP) una concentración de **4 ppm**, valor que en revisión actual del decreto se ha propuesto bajar a **0,9 ppm**. NIOSH recomienda como límite IDLH una concentración de **2000 ppm**, pero actualmente tiene en revisión bajarlo a **250 ppm**.

Además, se debe considerar que éste es un gas inflamable en un rango de concentraciones entre **10% (100.000 ppm) y 16% (160.000 ppm)**, aunque sólo en presencia de fuentes de ignición de alta energía. La NFPA clasifica al bromuro de metilo como clase 1, vale decir, material que debe ser recalentado para que pueda ocurrir su ignición, dando como ejemplo de este tipo de material al aceite de maíz.

3 Fosfina

La fosfina se genera a partir de pastillas de fosforo de aluminio o magnesio, productos que se presentan en tabletas, gránulos o pastillas, mezclados con aditivos. En presencia de la humedad del aire se descomponen, generando hidrógeno fosforado o fosfina, gas de fuerte olor a ajo que se percibe en concentraciones del orden de **0,51 ppm (1)**. Ingresa al organismo sólo por vía respiratoria, dado que no se absorbe por la piel.

La exposición a concentraciones bajas produce síntomas reconocibles como fatiga, zumbido en oídos, presión de pecho y malestares; la exposición a concentraciones moderadas puede causar además náusea, diarrea, perturbación del equilibrio, fuerte dolor de pecho y de espalda, sensación de frío y disnea; y en concentraciones altas se agudiza la disnea y se puede producir cianosis, agitación, inconciencia y muerte, la cual puede ser inmediata o varios días después.

En general la fosfina no se acumula en los tejidos, estimándose que es eliminada del organismo en 48 horas.

El Decreto Supremo N° 594/1999 contempla un límite permisible ponderado (LPP) de **0,24 ppm**, valor inferior a su límite de olor, y un límite permisible temporal (LPT) de **1 ppm**. Estos límites están basados en recomendaciones de la ACGIH, quienes los establecieron considerando que individuos expuestos a **10 ppm** de fosfina presentaron irritación severa en el sistema gastrointestinal, respiratorio y nervioso central. Los fundamentos de estos límites no consideraron la posibilidad de efectos crónicos que podrían resultar de una exposición prolongada, dado que este tipo de caso no se encontró documentado en la literatura base.

Por otra parte, NIOSH considera **50 ppm** como límite peligroso para la vida o salud (IDLH), lo cual para exposiciones mayores a 30 minutos se traduce

en un nivel de riesgo cuyas consecuencias pueden ser la muerte o daños irreversibles para la salud. Además de los riesgos asociados a su toxicidad, la fosfina es inflamable, con un límite inferior de inflamabilidad de **1,79% (17900 ppm)**, aunque se desconoce el límite superior. Para controlar este riesgo, la formulación de las pastillas incluye aditivos que regulan su velocidad de liberación y generan paralelamente una atmósfera de dióxido de carbono, CO₂, que inhibe la combustión.

Atención

Bajo ninguna circunstancia se debe permitir el contacto del fosforo de aluminio con agua, dado que se puede producir una explosión.

4 Vigilancia de la exposición

La vigilancia, tanto ambiental como de salud, tiene por objetivo prevenir la ocurrencia de daños a la salud y enfermedad de los trabajadores.

4.1. VIGILANCIA AMBIENTAL Y LÍMITES PERMISIBLES

Como se ha presentado anteriormente en el Decreto Supremo N° 594/1999 se establecen límites permisibles para el anhídrido sulfuroso, el bromuro de metilo y la fosfina, valores que se indican en la **Tabla N° 1**.

Estos límites son índices de referencia del riesgo ocupacional, por lo cual si una medición representativa de sus concentraciones demuestra que han sido sobrepasados, será necesario mejorar la hermeticidad de la cámara y/o de su sistema de inyección de gases y/o metodología de trabajo.

Tabla 1

Nombre	LPP (ppm)	LPT (ppm)	Grupo químico
Anhídrido sulfuroso	1,6	5,0	Óxido de azufre
Bromuro de metilo	4,0	-	Organobromados
Fosfina	0,24	1,0	Fosfuros

4.2. VIGILANCIA DE LA SALUD

La vigilancia de la salud ejerce una acción preventiva mediante la evaluación de la salud del trabajador, con el fin de detectar tanto la presencia de condiciones que contraindiquen su exposición a plaguicidas como las señales tempranas de daño asociado a la exposición. De esta manera es posible establecer medidas que eviten la enfermedad y las secuelas de una intoxicación.

En la actualidad se encuentra aprobado el Protocolo de Vigilancia a la Salud de Trabajadores Expuestos a Plaguicidas según resolución exenta N° 375 del Ministerio de Salud. En este documento se establece la realización de exámenes médicos a los expuestos y el uso de indicadores biológicos para evaluar los niveles de exposición a plaguicidas, ya sea que éstos indiquen el nivel de exposición o sean una señal del daño provocado por ésta.

Los exámenes se deben realizar al ingresar a la actividad laboral, durante el desarrollo de ésta, en los cambios de puesto de trabajo y al retiro.

Los operadores de cámaras de fumigación son considerados parte del grupo de alto riesgo.

De los agentes fumigantes identificados en este manual sólo el bromuro de metilo tiene indicador biológico: el ion bromuro. Para el control de la exposición a fosfina y a anhídrido sulfuroso se deben realizar exámenes clínicos.

En general, cuando las concentraciones en aire de los agentes químicos sobrepasan el **50% de sus respectivos LPP**, los trabajadores expuestos son ingresados al programa de vigilancia de la salud. En los casos particulares de los gases fumigantes, la incorporación del trabajador expuesto es independiente de las concentraciones ambientales medidas.

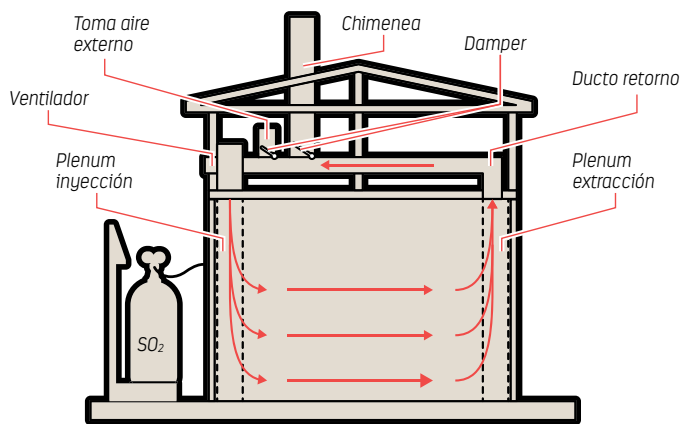
5 Cámaras de fumigación y exposición de los trabajadores

Para controlar los riesgos de los gases fumigantes es necesario contemplar una serie de medidas de seguridad respecto de la infraestructura de las cámaras, los procedimientos de trabajo utilizados y la protección personal de los operadores, aspectos que se revisan a continuación.

5.1. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y EQUIPAMIENTO DE LAS CÁMARAS

En la **Figura 1** se presentan los principales componentes de una cámara de fumigación. Estos corresponden al encerramiento, en cuyo interior se dispone el producto a fumigar, el sistema de inyección del gas fumigante y los circuitos de recirculación y aireación.

Figura 1. Cámara de fumigación en circuito cerrado de aire, etapa de homogenización y recirculación



A continuación se entrega un conjunto de recomendaciones de seguridad relacionadas con aspectos de diseño y construcción de las cámaras:

5.1.1. Ubicación

Considerando las restricciones que impone la ubicación de los productos a fumigar, la cámara debe ser instalada lo más lejos posible de los lugares de trabajo no relacionados con la fumigación o recintos de habitación, considerando que la posición y descarga de la chimenea sea tal que el viento de dirección preferencial en el sector lo aleje de las áreas donde se encuentren personas, ya sean de la planta o del vecindario.

Es importante que el sistema de aireación de la cámara contemple una chimenea cuya descarga sobrepase los techos de las construcciones cercanas en por lo menos cuatro metros. Ver la **Sección D, Punto 5.3.3.**

5.1.2. Tamaño

Si bien las dimensiones de la cámara son decididas por sus propios usuarios, en general se recomienda que la longitud de la cámara sea alrededor del doble de su ancho y su altura se encuentre entre dos y tres metros. De acuerdo con la experiencia, el tamaño máximo que resulta económico es de **100 m³**, recomendándose utilizar más de una cámara en caso de requerirse mayor capacidad.

5.1.3. Materiales de construcción

Las cámaras más adecuadas y que presentan menores problemas de fugas son las de piso de concreto denso, paredes de ladrillos o concreto y techo plano de concreto reforzado. Las cámaras construidas de tabiquería de madera con cubiertas de planchas de distintos materiales, en general, presentan dificultades iniciales de sellado y otras permanentes debido a daños y deterioro.

El concreto y el ladrillo de terminación rugosa, en general, adsorben los gases fumigantes y de ser usados deben ser cubiertos con un enlucido de cemento denso y con dos o tres manos de pintura asfáltica.

5.1.4. Hermeticidad

Los gases fumigantes, en general, presentan una baja adsorción sobre los materiales lisos y buena capacidad de penetración, características que hacen fácil su escape a través de fisuras o porosidad del encerramiento.

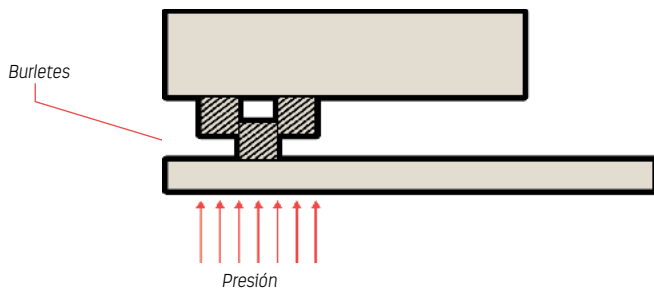
Esto requiere que todas las juntas y empalmes entre paredes y entre piso con paredes y cielo sean cuidadosamente selladas con materiales tales como cementos asfálticos o similares.

5.1.5. Puerta de la cámara

La puerta debe tener las siguientes características:

- **Estructura:** Debe ser lo más liviana posible y mantener en el tiempo su forma y dimensiones. Se pueden usar planchas de acero rígido o madera con marcos y estructura de acero.
- **Burletes:** Cada uno debe ser una tira continuada de un material como goma o neopreno, lo suficientemente blando para sellar las puertas, pero resiliente para recuperar su forma original después de encontrarse bajo presión. Este cierre se debe disponer en todo el contorno de la puerta y su marco, incluyéndose la parte inferior. Además, se recomienda utilizar tres burletes, dos dispuestos en una de las superficies, separados entre sí por un espacio para que entre justo el tercer burlete que se encontraría en la superficie opuesta, quedando el sello como se indica en la **Figura 2**. La colocación y fijación de los burletes debe ser especialmente cuidadosa en las esquinas.
- **Afianzadores o clamps:** Estos elementos son los que proporcionan la presión necesaria para sellar la puerta y se recomienda que se coloquen por el borde de ella, distribuidos a distancias del orden de 30 cm. En la parte inferior de la puerta, que se encuentra a nivel de piso, se puede hacer una pequeña trinchera o zanja con el ancho suficiente para permitir la manipulación de los afianzadores, pero que no obstaculice el paso al vehículo que ingresa la fruta.

Figura 2. Vista en planta de la colocación de burletes.



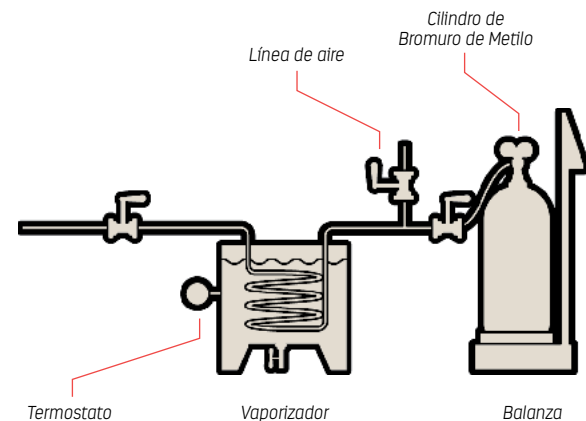
5.2. SISTEMA DE APLICACIÓN DEL FUMIGANTE

Para llevar a efecto la fumigación se pueden utilizar pastillas, tabletas o gránulos de fosfuro de aluminio como es en el caso de utilizar fosfina, o cilindros con el gas licuado a presión, como es el caso del bromuro de metilo y el anhídrido sulfuroso.

En el caso de las pastillas o similares, éstas se ponen al interior de la cámara y la fosfina se libera cuando entran en contacto con la humedad del aire, proceso que, dependiendo de la temperatura y humedad del ambiente, demora alrededor de un día. Si la atmósfera o el producto son muy secos esto puede tomar aún más tiempo.

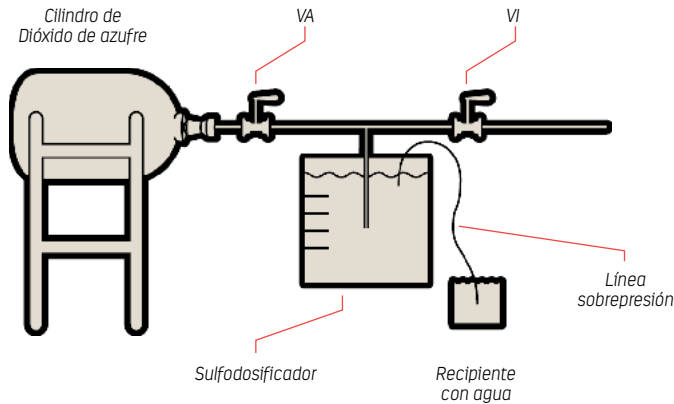
En el caso de los gases, el fumigante se mantiene en un cilindro licuado a presión, y desde éste se inyecta directamente a la cámara a través de una manguera que se conecta al plenum de inyección. La cantidad de gas inyectada se controla midiendo la variación de peso que presenta el cilindro que se encuentra ubicado sobre una balanza o por un dosificador de volumen, como se indica en la **Figura 3** y **Figura 4**.

Figura 3. Esquema de circuito de inyección de bromuro de metilo



C. Características y riesgos de los plaguicidas utilizados para fumigar /

Figura 4. Esquema de circuito de inyección de anhídrido sulfuroso.



5.3. SISTEMA DE RECIRCULACIÓN Y AIREACIÓN

El sistema de recirculación y aireación se recomienda que movilice un caudal que proporcione del orden de uno a tres cambios o pasadas de aire por minuto, siendo cada pasada equivalente al volumen total de la cámara.

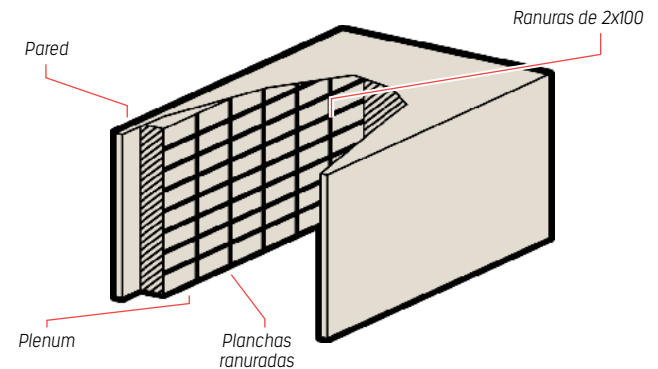
Normalmente la circulación y distribución del aire con gas se realiza mediante un sistema que contempla un ventilador centrífugo, ductos, chimenea y plenum de inyección y succión con un trazado de ductos como el que se muestra en la Figura 1. Cada uno de estos sistemas debe tener las siguientes características:

5.3.1. Plenum de inyección y de extracción

En la **Figura 5** se muestra el detalle de los plenum. Corresponden a cuerpos o espacios cerrados que se forman entre las paredes laterales de la cámara y unas placas ranuradas que se instalan delante de éstas, con el objetivo de distribuir el aire con gas circulante homogéneamente

en todo el volumen de la cámara, cubriendo el producto a fumigar. Dicha condición es necesaria para hacer eficiente la acción del gas fumigante, durante la etapa de fumigación, y para su remoción durante la etapa de aireación. Para el correcto funcionamiento de estos plenum la velocidad del aire a través de las ranuras debe ser del orden de 1000 pie/min (5 m/s).

Figura 5: Plenum de distribución de aire-gas en la cámara.



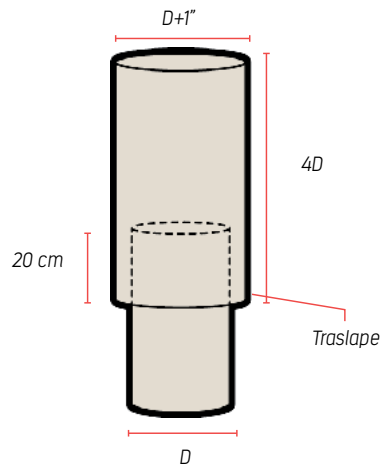
5.3.2. Trazado de ductos

Debe ser lo más corto y recto posible, con el ventilador y los damper ubicados de manera que, cambiando la posición de éstos, el sistema pueda operar en circuito cerrado, mientras se realiza el proceso de fumigación, o en circuito abierto, mientras se desarrolla la etapa de aireación. En esta segunda forma de operar, la cámara queda en depresión respecto al ambiente, con lo cual frente a cualquier falla de sellado, o al abrir su puerta, el aire tiende a entrar e impide el escape de la mezcla aire gas fumigante.

5.3.3. Chimenea

Su objetivo es que durante la etapa de aireación el gas fumigante no llegue en concentraciones peligrosas o molestas a lugares donde permanecen trabajadores de la planta o personas del vecindario. Para ello, además de optimizar la ubicación de la cámara, como regla práctica se recomienda que el extremo de salida del aire contaminado quede como mínimo a cuatro metros sobre el nivel de los techos circundantes y edificaciones próximas. No se recomienda poner sombrerete porque disminuye la dispersión en altura del gas descargado. Como protección contra la lluvia se recomienda instalar, en el extremo de salida, un tramo de ducto concéntrico al de la chimenea, como el indicado en la **Figura 6**.

Figura 6. Dispositivo para protección contra agua lluvia.



5.3.4. Ventilador

El ventilador se recomienda que sea de tipo centrífugo, y su montaje considere los dispositivos necesarios para evitar la generación y transmisión de vibraciones. La unión del ducto de extracción con la entrada del ventilador debe ser de material flexible y quedar bien sellada. El ruido emitido por el ventilador debe ser lo más bajo posible, debiendo cumplir como mínimo con los límites que establecen los decretos N° 594 y N° 146.

5.3.5. Pruebas de sellado

Una vez construida la cámara y previo a cada campaña de fumigación, se recomienda hacer pruebas de sellado al encerramiento. Normalmente los ensayos de sellado, incluyen primero una prueba de sobrepresión de aire, en la cual ésta se debe mantener por un tiempo dado, y luego una prueba con inyección de un gas trazador o el propio gas fumigante, en concentraciones por debajo de sus límites permisibles, para revisar con un detector de lectura directa los contornos de puertas y lugares de posibles fugas.

5.4. PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO

Los procedimientos de trabajo deben estar escritos y a disposición de los operadores y, en general, de todo el personal involucrado en las tareas de fumigación. Los aspectos principales del procedimiento se deben indicar en un cartel visible junto a la cámara, con instrucciones concretas y simples que indiquen lo que se debe hacer en cada etapa del proceso.

La infraestructura mínima que se considera necesaria como base para diseñar procedimientos de trabajo seguros incluye detectores del gas

fumigante, de lectura directa, luz de alerta en el sector de la cámara y protección respiratoria. Ver **Sección D, Punto 5.5**.

Dependiendo de si el fumigante se aplica directamente como gas, en el caso del bromuro de metilo y el anhídrido sulfuroso, o a partir de pastillas de fosforo de aluminio, en el caso de la fosfina, el procedimiento presenta algunas diferencias, pero en lo central se deben considerar los siguientes aspectos:

- **Operadores.** En la operación de la cámara se recomienda que trabajen al menos dos personas con instrucción en el manejo de pesticidas.
- **Carga de la fruta.** Antes de ingresar la fruta o productos a la cámara, la ventilación debe estar detenida y el operador, provisto de protección respiratoria, debe medir la concentración de gas fumigante. Si su valor está por debajo del LPP se puede permitir la tarea. En caso de ser superior, se debe extender el tiempo de aireación y no permitir la entrada de personal sin su correspondiente protección respiratoria.
- **Fumigación.** Se debería verificar que el ventilador esté detenido, que los damper o válvulas estén en posición de circuito cerrado, la puerta cerrada y la luz roja de alerta encendida. En caso de que el fumigante sea inyectado como gas, que es la situación más riesgosa, primero se debe hacer funcionar el ventilador con los damper dispuestos de modo que el sistema opere en recirculación. Luego se puede comenzar el proceso de dosificación o inyección de fumigante, manteniendo la recirculación de aire por el tiempo que se estime necesario para una fumigación eficiente. Antes de inyectar el gas, el operador debe revisar la línea de inyección utilizando el medidor para detectar cualquier escape.
- **Aireación.** Terminado el tiempo de fumigación se debe abrir el damper de descarga de aire por la chimenea e inmediatamente después cerrar el damper de recirculación, de modo que comience el ingreso de aire externo y descarga del aire contaminado. Para el control de esta etapa es recomendable instalar en la chimenea una toma de muestra que permita detectar el instante en que la concentración ha bajado a niveles cercanos a cero, situación en la cual se puede abrir la puerta de la cámara. Esto debe hacerse por tramos parciales, por ejemplo, abrir primero un **30%**, luego medir el interior de la zona abierta y, si las concentraciones son menores al **20% del LPP**, seguir abriendo y así hasta terminar con la puerta completamente abierta. La etapa de aireación puede considerarse terminada cuando la concentración de fumigante es menor al **10% del LPP**.
- **Descarga de la fruta.** Para retirar la fruta debe existir autorización del operador de la cámara, lo cual queda de manifiesto al apagarse la luz de alarma. Durante la descarga del producto se debe mantener la aireación, mientras que el operador debe utilizar protección respiratoria y monitorear el interior. En caso de que la concentración de fumigante subiera por encima del **10% del LPP**, debe suspender la tarea hasta que la concentración vuelva a bajar.
- **Emergencias.** El personal a cargo de la fumigación debe conocer los riesgos asociados al uso del gas fumigante, además de contar y conocer los procedimientos de emergencia y pasos a seguir en caso de producirse fugas masivas de gas, en particular para el caso de una fuga de grandes proporciones que pueda afectar al personal de la planta y su vecindario. Se recomienda instalar en un lugar visible de

las zonas de trabajo una veleta que indique la dirección del viento, con el fin de decidir las zonas de seguridad hacia las cuales se debe evacuar a los trabajadores si se encuentra en estos casos.

5.5. PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Para evaluar la selección de la protección respiratoria se utilizan los estándares que indica NIOSH, ya que es un organismo de reconocida competencia en este campo y porque en sus recomendaciones prevalece el criterio de protección de la salud del trabajador.

5.5.1. Anhídrido sulfuroso

El tipo de aparato de protección respiratoria o respirador que recomienda NIOSH para SO₂ depende de las concentraciones existentes en el ambiente de trabajo. Así, por ejemplo, hasta un máximo de **100 ppm**, algunos de los equipos recomendados son los siguientes:

- Cualquier aparato de protección respiratoria, purificador de aire con máscara de rostro completo de ajuste apretado con filtro certificado para anhídrido sulfuroso (**APF = 50**).
- Cualquier aparato de protección respiratoria, con suministro de aire y máscara de rostro completo de ajuste apretado operado en flujo continuo (**APF = 50**). Para concentraciones mayores a **100 ppm**, que es el valor del IDLH, se recomienda cualquier aparato de protección respiratoria autónomo con máscara de rostro completo operado a presión por demanda o presión positiva.

5.5.2. Bromuro de metilo

NIOSH considera que éste es un compuesto sospechoso de producir cáncer y, por lo tanto, sólo se consideran aceptables las siguientes alternativas de protección respiratoria:

- Cualquier respirador autónomo con máscara de rostro completo operado con presión positiva o a demanda (**APF = 10.000**).
- Cualquier respirador con suministro de aire con máscara de rostro completo y operado a presión positiva o a demanda, complementado con un equipo auxiliar de respiración autónomo de presión positiva (**APF = 10.000**).

Por otra parte, por existir el riesgo de derrame de líquido, en particular en la línea de inyección, se debería tener disponible ropa, guantes y calzado apropiados para evitar contacto con la piel.

5.5.3. Fosfina

De acuerdo con recomendaciones de NIOSH, para concentraciones de fosfina menores a **15 ppm** se puede utilizar un equipo con máscara de rostro completo con canister especificado para fosfina.

Para concentraciones mayores, especialmente cuando ésta sea mayor a **50 ppm** (que es el nivel IDLH), o en situaciones de emergencia en que ésta no se conoce, se recomienda utilizar un aparato de protección respiratoria autónomo con máscara de rostro completo operado a presión a demanda u otro modo de presión positiva.

Para la gestión de la protección respiratoria, en general se recomienda consultar el documento Guía para la Selección y Control de Protección Respiratoria del Instituto de Salud Pública (ISP) de julio de 2009, en la cual se analizan aspectos de selección, compra, uso, mantención, evaluación y sustitución de partes y piezas de los aparatos de protección respiratoria.

D. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN

En evaluaciones de la exposición de los operadores de cámaras de fumigación se han identificado los siguientes peligros.

1 Línea de inyección de gas en mal estado

En general se pueden presentar problemas de fugas de gas en distintos sectores de la línea, siendo las más frecuentes las que se producen por acoples defectuosos de mangueras, fallas en la válvula de alivio del equipo dosificador, fallas en las válvulas reguladoras de presión que se utilizan para dosificar el gas fumigante y por mangueras en mal estado.

Medidas de prevención

Es necesario realizar una mantención general de esta línea antes de cada temporada, ajustando las conexiones, cambiando las mangueras en mal estado y verificando el buen funcionamiento de las válvulas.

Durante la temporada se debe inspeccionar periódicamente este sistema para prevenir las fugas y, en caso de ocurrir, se deben reparar en forma inmediata.

2 Fallas de la hermeticidad de las cámaras

En cámaras con encerramientos de estructura metálica, fabricadas a partir de contenedores, se han detectado pequeñas fisuras imperceptibles en forma visual. También es deficiente la hermeticidad de encerramientos contruidos a partir de materiales inestables que se deforman, como ocurre con las maderas.

Medidas de prevención

Al inicio de la temporada se deben hacer ensayos de sellado, incluyendo primero una prueba de sobrepresión de aire, en la cual ésta se debe mantener por un tiempo dado, y luego una prueba con inyección de un gas trazador o el propio gas fumigante, en concentraciones por debajo de sus límites permisibles, para revisar con un detector de lectura directa los contornos de puertas y lugares de posibles fugas.

En la reparación, modificación o construcción de cámaras nuevas, considerar las recomendaciones que se indican en la **Sección D, Punto 5.1.3** de este manual.

3 Fallas de la hermeticidad de puertas

En ocasiones es posible observar a simple vista que la puerta no sella correctamente debido a la falta de mantenimiento, mal diseño o defectos de instalación de los burletes de goma y pernos o afianzadores de apriete.

Medidas de prevención

En lo principal, se debe hacer mantenimiento de las puertas que incluya mejoras en los burletes y afianzadores de acuerdo con lo indicado en la **Sección D, Punto 5.1.5** de este manual, aspecto que es imprescindible considerar para las cámaras nuevas.

- **Estructura:** Utilizar en estructuras de puertas y marcos materiales que mantengan estables en el tiempo sus dimensiones y geometría, como el acero o similares.
- **Burletes:** Cada uno debe ser una tira continua de un material como la goma o el neopreno, lo suficientemente blando para sellar, pero resiliente para recuperar su forma original después de encontrarse bajo presión. Además, se recomienda utilizar tres burletes, dos dispuestos en una de las superficies, separados entre sí por un espacio para que entre justo el tercer burlete, que se encontraría en la superficie opuesta, quedando el sello como se indica en la **Figura 2**. La colocación de los burletes debe ser especialmente cuidadosa en las esquinas.
- **Afianzadores o clamps:** Estos elementos son los que proporcionan la presión necesaria para sellar la puerta y se recomienda que se coloquen en su borde, distribuidos a distancias del orden de 30 cm.

4 Procedimientos de trabajo inadecuados

Es frecuente que no se tengan por escrito los procedimientos de trabajo o que no estén disponibles para los operadores. En general, éstos son adecuados para garantizar que el proceso de fumigación de la fruta se realice en forma correcta, dado que normalmente es un aspecto fiscalizado estrictamente por el SAG, pero normalmente presentan debilidades en relación con la seguridad e higiene.

Medidas de prevención

- Los procedimientos de trabajo se deben tener por escrito y estar a disposición de los operadores y, en general, de todo el personal involucrado en las tareas de fumigación.
- En lo posible, los aspectos principales del procedimiento se deben indicar en un cartel visible junto a la cámara con instrucciones concretas y simples que indiquen lo que se debe hacer en cada etapa del proceso.
- La infraestructura que se considera necesaria para procedimientos de trabajo seguros debe contar con detectores de gas fumigante, de lectura directa, una luz de alerta en el sector de la cámara y protección respiratoria.

Para mayor detalle ver las recomendaciones presentadas en la **Sección D, Punto 5.4** de este manual.

5 Sistema de recirculación y aireación

Los peligros en este sistema pueden encontrarse en un diseño incorrecto, deficiencias de construcción y falta de mantención. Por ejemplo, se han encontrado trazados de ductos que mantienen con sobrepresión la cámara, instalaciones con chimeneas muy cortas o con sombrerete, sistemas con ductos en mal estado, normalmente con defectos de sello en los acoples entre tramos, en la conexión a los plenum y al ventilador, damper en mal estado, con sus ejes de pivote atascados, compuertas que no asientan bien en los ductos y que, por lo tanto, no cortarían el 100% del flujo que se desea cerrar.

Medidas de prevención

En general se recomienda revisar este sistema antes de la temporada para sellar acoples de ductos, conexiones y reparar o reemplazar ductos y damper en mal estado.

En relación con los problemas de diseño y/o construcción del trazado de ductos, en particular se recomienda:

- Cambiar o modificar el trazado de ductos de cámaras que trabajen en presión por uno que trabaje en depresión.
- Modificar o cambiar las chimeneas muy cortas. Se recomienda que tengan una altura que supere en al menos tres o cuatro metros la altura máxima de los techos de las naves vecinas a la cámara. No se debe colocar sombrerete en su salida. En caso de requerir un dispositivo de protección contra el agua lluvia se recomienda utilizar el indicado en la **Figura 6** que aparece en la **Sección D, Punto 5.3** de este informe.

6 Protección respiratoria incorrecta

En ocasiones se ha encontrado que los operadores no utilizan los equipos de protección respiratoria correctos en cuanto al tipo de máscara o el filtro utilizado.

Medidas de prevención

- Se debe revisar que la protección respiratoria esté de acuerdo a los lineamientos que se entregan en la **Sección D, Punto 5.5** de este manual.

E. BIBLIOGRAFÍA

TLVs & BEIs 2007. ACGIH

Informe Técnico IT N° 045-2005, SGT, ACHS.

Informe Técnico IT N° 133-2005, SGT, ACHS.

Informe Técnico IT N° 140-2006, SGT, ACHS.

Informe Técnico IT N° 164-2007, SGT, ACHS.

F. DOCUMENTOS RELACIONADOS

Lista Verificación Condiciones de Seguridad en la Operación de Cámaras de Fumigación. LV-003 V_01.

Protocolo Experto Lista Verificación Condiciones de Seguridad Cámaras de Fumigación. PT-003 V_01.

Informe Empresa Verificación de Condiciones de Seguridad Cámaras de Fumigación. FR-003 V-01.

Manual para la Práctica de Higiene Industrial en Empresas que Tienen Trabajadores Expuestos a Plaguicidas. MN-002 V_01.



G. ANEXOS DEL MANUAL

Terminología

ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienist)

Institución que anualmente revisa información científica para actualizar y proponer límites permisibles de agentes físicos, químicos y ergonómicos, que sirven de referencia a las normas legales de la mayoría de los países.

APF (Actual Protector Factor)

Factor de protección que brinda la máscara facial de la protección respiratoria.

Afianzadores o clamps

Piezas de metal que se unen a las puertas y marcos para producir una presión extra cuando están cerradas.

Cianosis

Coloración azulada de la piel causada por la presencia de sangre desoxigenada en la red de capilares.

Canister

Filtro con un medio para retener gases de mayor capacidad que los filtros comunes que se conectan directamente a la máscara.

Damper

Compuerta, normalmente de accionamiento manual, que sirve para regular el flujo de aire a través de un ducto.

Disnea

Síntoma de sensación de "falta de aire", dificultad para respirar o mantener el esfuerzo respiratorio.

Edema pulmonar

Acumulación anormal de líquido en los pulmones, en especial los espacios entre los capilares sanguíneos y el alveolo.

Hipertermia

Aumento de la temperatura por encima del valor hipotalámico normal.

IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health)

Concentración considerada "inmediatamente peligrosa para la vida o la salud", definida por NIOSH.

LPP (Límite Permissible Ponderado)

Valor máximo permitido para el promedio ponderado de las concentraciones ambientales de contaminantes químicos existentes en los lugares de trabajo durante la jornada normal de ocho horas diarias, con un total de 48 horas semanales.

LPT (Límite Permissible Temporal)

Valor máximo permitido para el promedio ponderado de las concentraciones ambientales de contaminantes químicos existentes en los lugares de trabajo durante un período de 15 minutos.

NIOSH

National Institute for Occupational Safety and Health.

Nemátodos

Gusanos.

NFPA

National Fire Protection Association.

PPM (partes por millón)

Centímetros cúbicos de gas por metro cúbico de aire.

Plenum

Cámara o espacio volumétrico que en los sistemas de ventilación se utiliza para distribuir homogéneamente el aire inyectado o extraído de una instalación.

Toxicidad

Capacidad de una sustancia para causar daño o provocar la muerte. Los síntomas se pueden presentar durante la exposición, pocas horas o días después de la exposición.

