



PNUMA

MANUAL DE SEGURIDAD:

ASPECTOS TÉCNICOS DE LA INFLAMABILIDAD DE LOS GASES HIDROCARBUROS

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE



Agradecimientos

Esta publicación fue producida por el Programa Acción Ozono de la División de Tecnología, Industria y Economía (DTIE) del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente como parte del plan de trabajo del PNUMA bajo el Fondo Multilateral para la Implementación del Protocolo de Montreal.

El proyecto fue dirigido por:

Sra. Sylvie Lemmet, Directora, PNUMA DTIE, Francia
Sr. Rajendra Shende, Jefe, Oficina Acción Ozono, PNUMA DTIE, Francia
Sr. James S. Curlin, Gerente, Unidad de Capacitación Programa Acción Ozono, PNUMA DTIE, Francia
Sr. Ruperto De Jesus, Asistente de Programa Programa Acción Ozono, PNUMA DTIE, Francia
Sra. Mugure Kibe Ursulet, Asistente de Documentación Programa Acción Ozono, PNUMA DTIE,

Esta edición actualizada fue investigada y escrita por::

Dr. Montfort A. Johnsen, President, Montfort A. Johnsen & Associates, Ltd.
Mr. Geno Nardini, Instituto Mexicano del Aerosol

La revisión de calidad se llevó a cabo por::

Dr. Harry B. McCain, Vice President of Research & Development, Aeropres Corp and 1st peer
- Aerosols for World Bank Ozone Operations Resource Group
Mr. Chandra Effendy, General Manager, PT Candi Swadaya Sentosa, Indonesia
Mr. Fareed Ismail Bushehri, Programme Officer – Halon, UNEP Regional Office for West Asia
Mr. Ansgar Eussner, Senior Monitoring and Evaluation Officer, Multilateral Fund Secretariat

El PNUMA DTIE agradece a todos los colaboradores y a sus empleados por su ayuda, que ha hecho posible la realización de este manual..

Copyright © Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2005

Está autorizada la reproducción total o parcial y de cualquier otra forma para fines educativos o sin ánimo de lucro, sin ningún otro permiso especial del titular de los derechos, a condición de que se indique la fuente de la que proviene. El PNUMA agradecerá que se le remita un ejemplar de cualquier texto cuya fuente haya sido la presente publicación.

No está autorizado el empleo de esta publicación para su venta o para otros usos comerciales sin el permiso previo por escrito del PNUMA.

Advertencia

Las designaciones de entidades geográficas que figuran en este informe y la presentación de su material no denotan, de modo alguno, la opinión de la editorial o de las organizaciones contribuyentes con respecto a la situación jurídica de un país, territorio o zona, o de sus autoridades, o con respecto a la delimitación de sus fronteras o límites.

PUBLICACIÓN DE NACIONES UNIDAS

ISBN: 92-807-2603-X

Tabla de Contenidos

PREFACIO	3
RESUMEN	5
ASPECTOS TÉCNICOS DE LA INFLAMABILIDAD DE LOS GASES HIDROCARBUROS	7
INTRODUCCIÓN	7
ASPECTOS TÉCNICOS	8
ASPECTOS DE INGENIERÍA	11
CONSIDERACIONES GENERALES	11
CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD	14
LÍNEAS DE TRANSPORTE (CAÑOS Y MANGUERAS)	18
EQUIPOS Y SISTEMAS DE EMERGENCIA	21
ASPECTOS DE CONTRUCCIÓN	24
FUNCIONAMIENTO SEGURO DE CUBETAS DE AGUA CALIENTE	26
OTROS FACTORES DE SEGURIDAD	27
LA CAPACITACION MEJORA LA SEGURIDAD	28
CAPACITACIÓN DE LOS EMPLEADOS	28
SEGURIDAD DE LOS EMPLEADOS	33
ASPECTOS TÉCNICOS Y FUNCIONAMIENTO DE UN TAMIZ MOLECULAR PARA LA PURIFICACIÓN DE HIDROCARBUROS	33
INTRODUCCIÓN	34
DESCRIPCIÓN DE LAS COLUMNAS DE TAMICES MOLECULARES	34
CONSIDERACIONES ACERCA DEL TAMAÑO (LONGITUD Y DIÁMETRO) Y FLUJO	35
CONSTRUCCIÓN DE COLUMNAS DE TAMIZ MOLECULAR	36
PRUEBAS	40
AHORRO Y MEJORA DE LA EFICACIA	40
LA IMPORTANCIA DEL FEEDSTOCK	41
ODORIZACIÓN DEL GLP	44
DESECHO DE LOS PELLETS USADOS DEL TAMIZ MOLECULAR	44
REGENERACIÓN DE LOS PELLETS DE TAMIZ MOLECULAR	45
IMPORTACIÓN	46
HIDROGENACIÓN	46
CONCLUSIÓN	46
FORMULACIONES PARA EL AEROSOL MODERNO	46
INTRODUCCIÓN	47
PRINCIPIOS GENERALES	47
INFORMACIÓN SOBRE FORMULACIÓN Y ENVASE	48
PESTICIDAS	48
COSMÉTICOS (CUIDADO PERSONAL)	52
PRODUCTOS PARA ELHOGAR	57
PRODUCTOS INDUSTRIALES	63
ANEXO No.1 – PROPIEDADES DE LOS PROPELENTES A BASE DE HIDROCARBUROS	65
BIBLIOGRAFÍA	66
EL PROGRAMA OZONACION DE PNUMA DTIE	68



PREFACIO

“La sustentabilidad requiere seguridad”



El final de los clorofluorocarbonos (CFC) no está en duda, sólo es cuestión de tiempo.

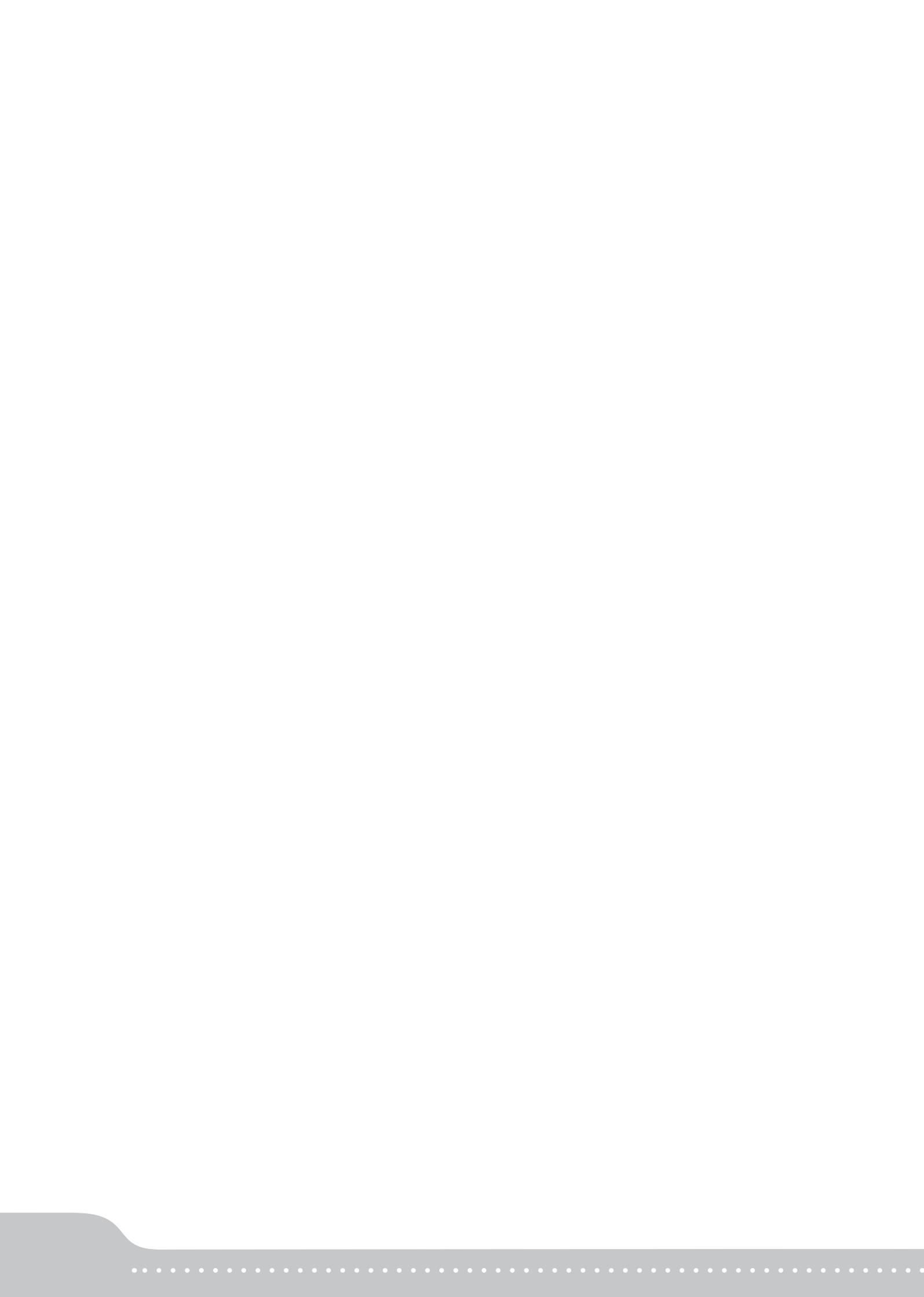
La supresión progresiva de CFC en todo el mundo está en una etapa avanzada según lo estipulado en el Protocolo de Montreal, incluso entre las industrias de fabricación de aerosoles. Se calcula que el consumo de CFC por aerosoles en los países en desarrollo fue de aproximadamente 4.300 toneladas en 2001, lo cual representa una notable reducción del 71% en comparación con el consumo de CFC del sector en 1997. Los CFC representan un pequeño y decreciente porcentaje de los propelentes (menos del 1% del total) y los propelentes de aerosol a base de hidrocarburos (HAP, por su sigla en inglés) se han transformado rápidamente en sus principales sustitutos.

¿Entonces por qué esta guía cuando la supresión progresiva de CFC está en una etapa tan avanzada? Porque el tema de la seguridad relacionado con los propelentes HAP, especialmente para las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) está muy vigente: la seguridad es lo primero. El Comité de Opciones Técnicas sobre Aerosoles (ATOC, por su sigla en inglés) del Panel de Evaluación Tecnológica y Económica de PNUMA recalzó que, en el proceso de reemplazar los CFC de la industria de aerosoles en los países en desarrollo, todos los esfuerzos deben dirigirse a asegurar que se mantengan las normas de seguridad en las plantas de fabricación y a nivel de los consumidores. Para alcanzar este objetivo, ATOC recomendó, entre otros aspectos, que se publiquen y distribuyan con la mayor amplitud posible las buenas prácticas de fabricación, información técnica acerca de los nuevos propelentes, e indicaciones para una correcta instalación. ATOC también advirtió que a pesar de los avances, una de las áreas de dificultad es la conversión de pequeños y muy pequeños usuarios de CFC. La seguridad es un aspecto en el que las PYMEs frecuentemente fallan, y necesitan un apoyo continuo para tener una transición sin complicaciones a los HAP.

La presente guía se propone ayudar a responder a dichas necesidades. Cuanto antes se traten los temas en torno a la seguridad y los pequeños usuarios, más rápidamente se logrará la supresión total de CFC en el sector de los aerosoles. Al poner la seguridad en primer lugar se garantiza la sustentabilidad a largo plazo de la supresión gradual. Aunque la supresión gradual de CFC pronto será una historia de éxito según lo establecido en el Protocolo de Montreal, debemos garantizar que los HAP tengan una implementación gradual exitosa ayudando a que se proteja la vida, los medios de vida y el medio ambiente al mismo tiempo.

Esta guía fue preparada por el Programa OzonAction de PNUMA DTIE como parte del trabajo de PNUMA en el Fondo Multilateral para la Implementación del Protocolo de Montreal. Es el primer documento relacionado con la seguridad que se elabora en el Fondo, y fue redactado por expertos de la industria de reconocimiento internacional para ser utilizado en compañías reales por profesionales de la industria. Por lo tanto, “La seguridad en primer lugar” es primero en muchos aspectos.

Rajendra M. Shende, Director del Programa OzonAction de PNUMA DTIE



RESUMEN

Esta publicación fue diseñada para brindar asistencia técnica a los llenadores de aerosol que utilizan propelentes a base de hidrocarburos en la producción de aerosoles. Describe las diversas medidas de seguridad que deben tomarse para evitar que esos peligrosos propelentes provoquen incendios o explosiones. Aunque el propano, los butanos y sus mezclas se utilizan para presurizar aerosoles desde 1954, aún se registran con periodicidad casos de terribles incendios en fábricas y depósitos, que en ocasiones han causado muertes. En todo el mundo, las pérdidas por incendio superan los 1.600 millones de dólares norteamericanos.

Las fábricas de aerosoles más grandes de Sudáfrica y Argelia se incendiaron completamente, al igual que la segunda fábrica más importante de Estados Unidos en el mismo rubro. Esta última, después de su reconstrucción, sufrió dos incendios importantes y una explosión en la usina de gas. La segunda planta más importante de llenado de aerosoles de Canadá también se incendió por completo. Algunos de estos hechos se muestran en imágenes en la presente guía.

No puede permitirse la complacencia o la relajación de la seguridad en lo que respecta a los gases hidrocarburos. En cierto sentido, se pueden considerar como posiblemente mortales, cuando se encuentran dentro de tanques, caños e incluso latas de aerosol. Si se produce una fuga en cantidades suficientes (y el gas encuentra una fuente de ignición), se producirán incendios o explosiones graves, y los obreros de la planta sufrirán quemaduras graves o morirán. Asimismo, los costos de reconstrucción de la planta siempre superan el importe que cubre el seguro, la interrupción de la actividad puede ser catastrófica, y las primas de seguro futuras aumentarán drásticamente. Algunas empresas jamás se recuperan de los incendios o explosiones graves. El principal objetivo de esta guía es evitar que se produzcan casos semejantes.

Nos referiremos aquí a los aspectos teóricos de la inflamabilidad sólo en cuanto se relacionan directamente con la seguridad de las plantas. Señalaremos la importancia de la ventilación y de la corriente de aire, al igual que la necesidad esencial de evitar las fuentes de ignición. La seguridad en el diseño y la construcción de las salas de gaseado ocuparán un lugar importante en la Sección Nº 1. También se analizarán los tanques de almacenamiento, cañerías y otros aspectos de seguridad de las plantas y de ingeniería en general.

También se analizarán la capacitación en seguridad y otros factores relacionados, ya que muchos de los accidentes ocurridos se debieron a errores humanos.

El segundo aspecto importante de la presente guía se refiere al mal olor de casi todos los gases hidrocarburos. Esto significa que los aerosoles terminados pueden tener olores muy desagradables, lo cual afecta las ventas de manera considerable.

Las plantas de llenado en países como Líbano, Indonesia, Vietnam y algunos países de Sudamérica importan gases hidrocarburos altamente purificados (grado aerosol) de Norteamérica y Europa. Este proceso es costoso, y puede requerir la aprobación del gobierno, además de estar sujeto a incertidumbres y retrasos. Un enfoque más propicio consiste en eliminar las impurezas que causan el olor más fuerte, absorbiéndolas con un tamiz de pellets de zeolita especialmente preparado. Los pellets están ubicados dentro de un dispositivo llamado "MolSiv" o tamiz molecular. Al-

gunas de las impurezas, llamadas insaturadas u olefinas, no pueden captarse por absorción. El olor del producto casi siempre mejora con la eliminación de compuestos de azufre en la medida en que los hidrocarburos pueden usarse en aerosoles, sin recibir quejas de los consumidores.

Debido a la falta de información técnica, existe una gran confusión e incertidumbre con respecto a las especificaciones y el funcionamiento del equipamiento MolSiv. Esta guía intentará brindar la información necesaria.

Finalmente, las fórmulas de aerosoles a base de propelentes de hidrocarburos con frecuencia diferirán de aquéllas utilizadas para los propelentes de CFC. Por ejemplo, actualmente puede utilizarse agua con gran eficiencia, para aerosoles tales como repelente para insectos, desodorantes de ambiente y productos de limpieza. El agua también reduce la inflamabilidad de estos productos, y disminuye el costo de las fórmulas. Se proveerá una serie de fórmulas modernas para aerosoles, con especificaciones para el embalaje, como una guía útil para las compañías que deseen aprovechar al máximo los propelentes a base de hidrocarburos.

ASPECTOS TÉCNICOS DE LA INFLAMABILIDAD DE LOS GASES HIDROCARBUROS

INTRODUCCIÓN

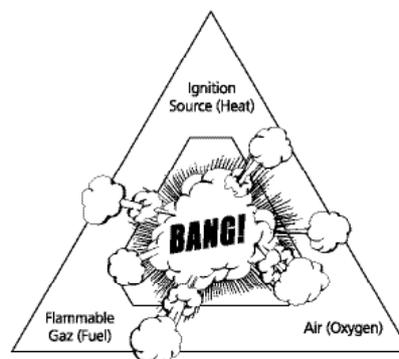
En 2002 la producción mundial de aerosoles fue de casi exactamente 11.000 millones de unidades. Más del 80% de ellos utilizaban gases hidrocarburos como propelentes. En muchos países los hidrocarburos eran los únicos propelentes disponibles. Existen tres de estos gases: propano (presión alta), isobutano (presión media) y n-butano (presión baja). Los pozos gasíferos y las refinerías de petróleo producen diversas mezclas de estos tres gases. Dichas mezclas tienen diferentes niveles de presión, según su composición. Por lo general, las compañías de llenado de aerosoles deben adaptar sus fórmulas para utilizar cualquier mezcla que esté disponible. En algunos países, la composición de la mezcla puede cambiar a lo largo del año, a medida que las refinerías realizan ajustes para adaptarse a los requisitos variables de otras industrias.

Todos los propelentes a base de hidrocarburos se envían y almacenan como los líquidos presurizados, en tanques o cilindros. Los productos crudos sin refinar se denominan "gases licuados de petróleo" o GLP, y casi siempre tienen mal olor. Este mal olor tiene dos principales fuentes: el azufre y los hidrocarburos insaturados. Los componentes de azufre se eliminan mejor utilizando un tamiz molecular. Los pellets de zeolita del tamiz molecular, si están bien colocados y mantenidos, absorberán los componentes de azufre con mucha efectividad, lo cual eliminará la mayor parte del mal olor. Los hidrocarburos insaturados (olefinas) no pueden eliminarse, excepto si se utiliza un equipo muy costoso y complejo. Por lo tanto es necesario tolerarlos. Los propelentes de hidrocarburo, purificados por tamiz molecular, se denominan "Propelentes de aerosol a base de hidrocarburo" o HAP. Como el nombre lo indica, son adecuados para ser usados como propelentes de aerosol. El olor de los gases HAP varía según la concentración de hidrocarburos insaturados en el GLP original. En algunas plantas, los HAP serán tan bajos en hidrocarburos insaturados que aun el gas concentrado será casi imperceptible al olfato. Pero en otros casos, los hidrocarburos insaturados pueden ser del 1 al 5%, lo cual dará al HAP el suficiente olor de "tipo gasolina" que no es adecuado para ser usado en propelentes para colonias en aerosol y algunos productos similares. Debido a ello, en ciertos lugares se niega el nombre "HAP" a las mezclas que contienen más de 0,1% (1000 ppm) de hidrocarburos insaturados.

El propano, el isobutano y el n-butano son extremadamente inflamables. Incluso en muy bajas concentraciones en el aire pueden inflamarse fácilmente debido a llamas o chispas. Esto puede provocar grandes incendios, y si la ignición ocurre en una sala o en un edificio cerrado, se producirá una explosión. Los obreros pueden morir o resultar gravemente heridos, y con frecuencia el edificio se incendiará completamente. Algunas compañías no pueden hacer frente a pérdidas tan importantes, y pueden llegar a quebrar. El principal objetivo de este manual de seguridad es ayudar a proteger a los obreros de la fábrica de quemaduras graves, salvar sus fuentes de trabajo y evitar que se destruyan las fábricas.

ASPECTOS TÉCNICOS

Los propelentes de hidrocarburos reaccionan químicamente con el oxígeno en el aire si fugan de los tanques, caños, bombas y gasificadores, y se encuentran con una llama, chispa o fuente de ignición. Para que se produzca la ignición, la concentración en el aire debe estar dentro del rango inflamable: alrededor del 2% al 9% por volumen de gas en el aire. Por ejemplo, si se vierten 18 ml de isobutano líquido en un tambor abierto de acero de 200 litros, producirá aproximadamente 4.120 litros de gas. Si dicho gas se mezcla con el aire del tambor, tendrá una concentración de 2,06% por volumen. Esto se encuentra dentro del rango inflamable, y si se arroja un fósforo encendido dentro del tambor, todo el contenido se incendiará instantáneamente y producirá llamas de unos 2 metros de altura. Si se repitiera la prueba, utilizando esta vez un tambor con una tapa de acero, al acercar el fósforo al orificio de la tapa se produciría una explosión grave, que posiblemente provocaría la muerte de cualquiera que estuviese cerca.



Algunos ingenieros conocen el concepto de “triángulo del incendio”, según el cual se necesitan tres elementos para provocar un incendio o una explosión: aire (oxígeno), combustible y una fuente de ignición. El aire siempre está presente. El combustible puede ser el gas propelente hidrocarburo, si está presente dentro de su rango inflamable en el aire. Y la fuente de ignición puede ser una llama o una chispa. Las chispas eléctricas, estáticas o mecánicas son la causa más común de incendios en plantas de aerosoles. Siempre que se den estas tres condiciones, se producirá un incendio. Si el incendio es importante, y está localizado en una sala o edificio, también se producirá una explosión..

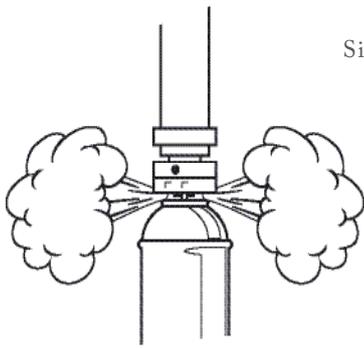
Los propelentes a base de hidrocarburos son inflamables en el aire cuando están presentes en concentraciones del 1,5 al 9,5%. Por encima del límite superior de explosión (UEL, por su sigla en inglés), hay demasiado combustible, y escasa cantidad de oxígeno para consumirse. El UEL de la inflamabilidad de los hidrocarburos en el aire no tiene importancia aquí, pero el hecho de que se alcance y se supere en un lugar dado probablemente signifique que existe una concentración menor cerca, y por lo tanto existe una situación de peligro. Para los gases inflamables, la menor concentración en el aire que puede consumirse se denomina LEL o límite inferior de explosión. En ocasiones se lo denomina LFL o límite inferior de inflamabilidad. Para los propelentes a base de hidrocarburos, este valor es de aproximadamente 2,0% por volumen en aire.

Tabla N°1: Límites de inflamabilidad en aire (la cifra más baja es el LEL):

Sustancia::	Límites de inflamabilidad:
Propano	2.2% a 9.5%
Isobutano	1.8% a 8.4%
N-butano	1.8% a 8.5%

En la práctica, este concepto puede inducir a error. Supone una mezcla total del gas con el aire, que casi nunca ocurre. Por ejemplo, si sólo se vierte 1 ml (0,56 gramos) de isobutano líquido en un tambor de 200 litros, se evapora inmediatamente, lo cual producirá gas inflamable en la parte inferior del tambor. Si luego se arroja un fósforo encendido al tambor, se producirá un incendio con un volumen de llama de alrededor de 20 litros.

Los tres gases hidrocarburos son más pesados que el aire. El isobutano y el n-butano pesan el doble o más que el aire. Cuando se produce una fuga de estos gases por una filtración o en la boca de un gasificador, lo normal es que caigan rápidamente al suelo y se propaguen. En general suele darse algún movimiento de aire, y la mayor parte de la



Siempre ocurren filtraciones de HAP durante la operación de gaseado, con frecuencia entre 2 y 3 ml. por lata.

tan. Los puntos de filtración pueden detectarse por condensación de humedad, ya que la evaporación de los hidrocarburos de la filtración enfriará la zona. Las filtraciones muy graves enfriarán tanto el área que la humedad del aire condensada se transformará en hielo. Estas filtraciones deben corregirse rápidamente, especialmente si ocurren dentro de un edificio.

Las filtraciones también pueden detectarse por el olor de los hidrocarburos, si hay muy poco movimiento de aire por los vientos o ventilación. Los GLP despiden más olor y sus vapores concentrados pueden detectarse más fácilmente que los HAP. El olfato funciona mejor al nivel del suelo. Los exámenes periódicos de las conexiones de caños y mangueras de los propelentes, válvulas y otros equipos pueden realizarse con "explosímetros", cuando están disponibles, o pasando una fina capa de solución de detergente, que generará burbujas de gas donde existan filtraciones. Algunas instalaciones pueden tener equipos sensores de gas instalados permanentemente, que determinan si se produce una filtración excesiva en áreas sensibles, tales como recintos de gasificadores o salas de gaseado. Como regla general, se colocan dos sensores de gas cerca del piso, que leen las concentraciones de gas como "%LEL". Una alarma indica la presencia de un nivel excesivo de gas. Estos equipos complejos son muy útiles, pero no pueden usarse para detectar la presencia de filtraciones de gas fuera de las áreas monitoreadas por los sensores.

Una ventilación adecuada es la protección más importante contra la acumulación de gases inflamables peligrosos. Fuera de la planta, la ventilación natural por movimiento de aire brinda una protección casi completa, si el aire circula libremente. Así, el gaseado al aire libre se considera muy seguro. Cuando los edificios, paredes o tanques interfieren con el buen movimiento del aire, se recomienda el uso de grandes ventiladores eléctricos. Estos se colocan a alrededor de 3 metros de altura y se apuntan al gasificador o a otros equipos en la misma dirección que el viento dominante. No es necesario encenderlos en los días de buen movimiento natural de aire. Muchos no son a prueba de explosiones, pero los cables casi siempre están protegidos por un conducto portacables, y el interruptor de encendido/apagado está ubicado lejos del área de gaseado.

Por lo general no se recomienda ubicar conductos de propelentes a base de hidrocarburos líquidos dentro de la planta. Si éste fuera el caso, la instalación debe ser lo más simple y breve posible, y sólo debe utilizarse para abastecer la máquina de gaseado. Los equipos de tamizado molecular, bombas propulsoras, cilindros de gas, etc., deben mantenerse fuera de la planta. Debe utilizarse ventilación mecánica para expulsar el gas propelente liberado hacia algún

propagación se producirá en la misma dirección que el flujo de aire. En una planta, los vapores de isobutano de una filtración se propagaron más de 20 metros por el suelo hasta una fuente de ignición eléctrica. El incendio provocó la muerte de cuatro personas, lesión a dieciséis más e incendió la mitad de la planta.

Algunas filtraciones de propelentes comienzan muy pequeñas y gradualmente crecen y se vuelven más peligrosas. Esto ocurre especialmente en los gasificadores, que siempre tienen alguna filtración, ya que las juntas selladoras de goma se gastan gradualmente y los resortes, cuando se usan, se debili-



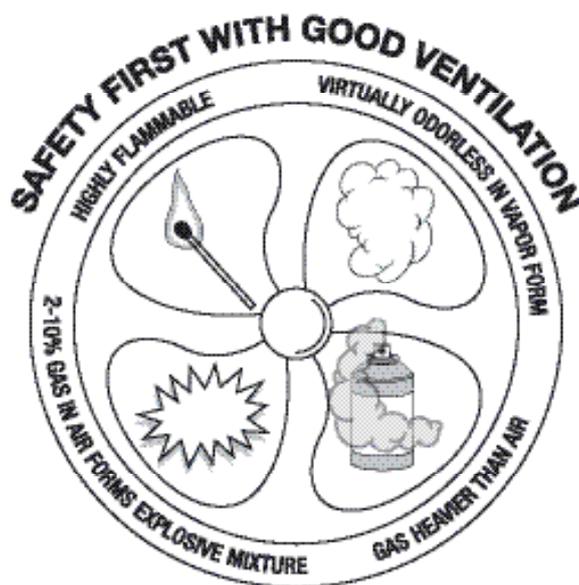
En este adaptador de gaseado hay un anillo sólido de hielo. Se trata de una filtración peligrosa. Es necesario detener la máquina y cambiar las juntas.

punto fuera del edificio por razones de seguridad. Idealmente, el aire es provisto por motores ventiladores e ingresa en el área controlada a través de registros ubicados cerca del nivel del suelo. Arrastra los vapores propelentes pesados hasta que pasa al exterior, a través de más registros a nivel del suelo. Más adelante se describen los requisitos especiales de ventilación para dentro y fuera de las usinas de gas.

Los aerosoles llenos pueden filtrar muy lentamente mientras están en los depósitos. Las filtraciones son de sólo 1 a 6 gramos por año, a menos que la lata, la válvula o el cierre plegado estén dañados. De todos modos, no pueden almacenarse varios miles de aerosoles en un depósito cerrado. Suele utilizarse ventilación natural de ventanas o puertas abiertas, pero son preferibles las ventilaciones de piso (con rejillas para evitar la entrada de roedores). Al menos en un caso, los vapores de propelentes a base de hidrocarburos se acumularon en un rincón, detrás de pallets cargados de aerosoles llenos, y finalmente se encendieron con una chispa eléctrica. El edificio quedó destruido. En otra planta, se filtraron vapores de aerosoles llenos y se propagaron lentamente a un subsuelo, donde se acumularon hasta que explotaron por el contacto con la luz piloto de la caldera. Afortunadamente, sólo se produjo un daño estructural moderado.

Una buena ventilación es la primera y más importante medida de precaución contra la inflamabilidad de los propelentes a base de hidrocarburos. Es un tema muy importante para la protección de las vidas y de los bienes. Una buena ventilación mecánica no se reemplaza con simplemente abrir las puertas de la planta.

Este «ventilador de seguridad» indica las principales áreas que requieren ventilación.



ASPECTOS DE INGENIERÍA

CONSIDERACIONES GENERALES

Los tanques a granel y cilindros de gases inflamables deben ubicarse siempre en el exterior. Los cilindros (llenos y vacíos) pueden almacenarse en un edificio pequeño aparte, si está bien ventilado con aberturas cerca del nivel del suelo. En países con clima cálido, un galpón cercado es más efectivo. Las normas locales pueden indicar que los tanques a granel se ubiquen a cierta distancia del edificio, las líneas perimetrales y los tanques de líquidos inflamables. El mínimo habitual es de 8 metros. En algunos países los tanques a granel no pueden apuntarse a ningún edificio cercano. El área de tanques a granel debe mantenerse libre de otros elementos, tales como tambores, pallets de madera y repuestos. Deben asignarse espacios amplios y barreras fuertes para la llegada, descarga y salida seguras de camiones cisterna de GLP.

Los caños, mangueras, bombas, filtros, tamices moleculares, válvulas y equipos similares de los propelentes deben colocarse por encima del suelo y en el exterior cuando sea posible. Deben mantenerse lejos de las zonas de movimiento de vehículos, tales como camiones cisterna y autoelevadores de la planta. Los soportes de caños deben instalarse a intervalos razonables. Si un conducto de propelente ha de cruzar sobre un camino, debe estar a una altura suficiente como para que no lo alcance ningún vehículo. Se necesitará un soporte especial de vigas transversales, para evitar las combaduras y eventuales roturas. En áreas de tráfico de vehículos, las vigas de soporte deben protegerse con fuertes barreras de hormigón armado.

El área de almacenamiento de GLP debe estar en tierra dura, razonablemente plana, y protegida del crecimiento de la planta mediante la colocación de una película gruesa de polietileno sobre el suelo, y una capa de 80 a 100 mm de grava sobre el polietileno. El área debe estar rodeada por una pared o cerco, de al menos 2 m de altura, con un portón de hoja simple o doble para la descarga de camiones cisterna. Lo ideal es que los tanques a granel se monten en dos soportes de hormigón armado. En pocas



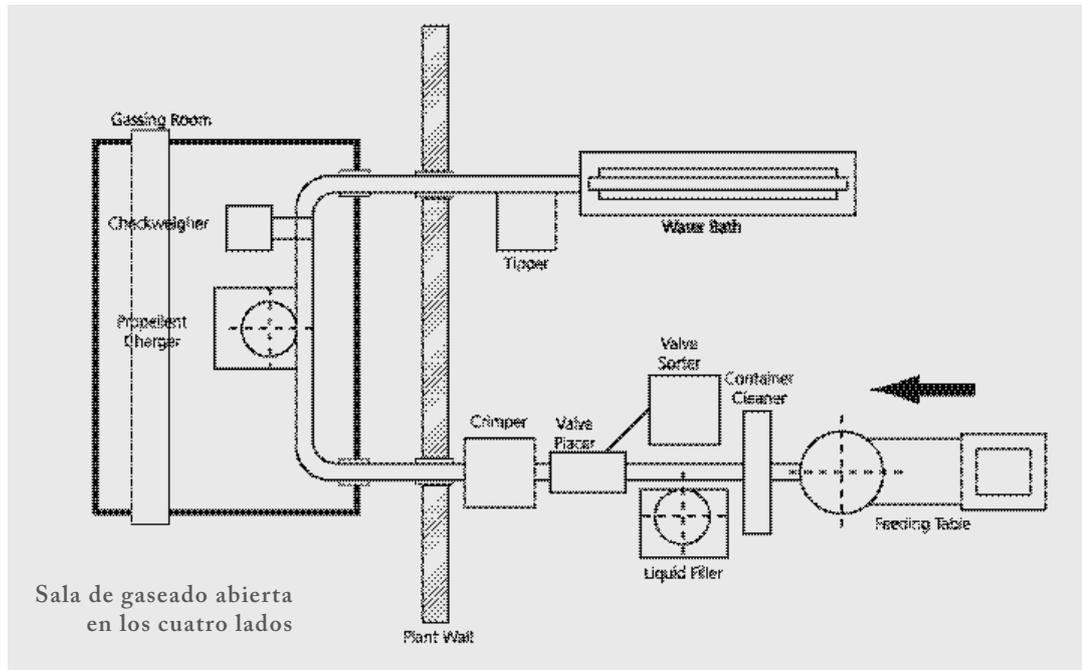
Un buen patio de tanques pequeño en India



Un patio de tanques un poco más grande, también en India

ocasiones, los tanques a granel se instalarán bajo tierra, si se toman precauciones especiales para evitar la corrosión, que podría provocar una pérdida catastrófica.

Las áreas de gaseado en el exterior son lo más recomendado. En climas cálidos, pueden instalarse gasificadores simples de accionamiento manual o semiautomático, al menos a 4 m de la planta principal, y bajo un techo que los proteja de la lluvia. También existen gasificadores que se instalan dentro de casillas metálicas pequeñas, con dos o tres puertas de acceso. Puesto que todos los gasificadores liberan gas propelente mientras están en funcionamiento, estas casillas deben contar con un sistema de escape de aire mecánico incorporado.

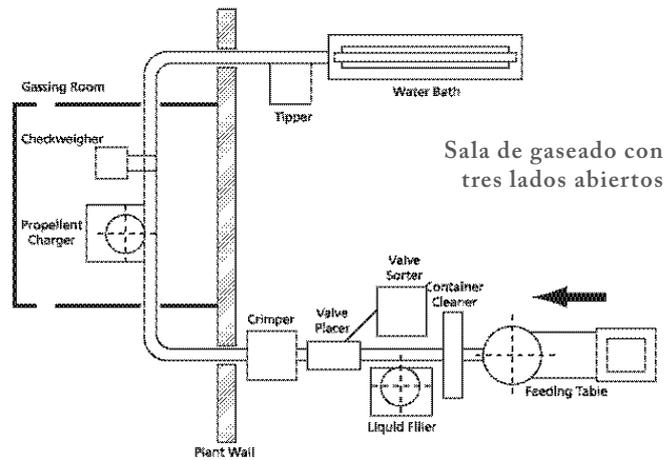


Ejemplo No. 1:
Sala de gaseado al aire libre de dimensiones reducidas.

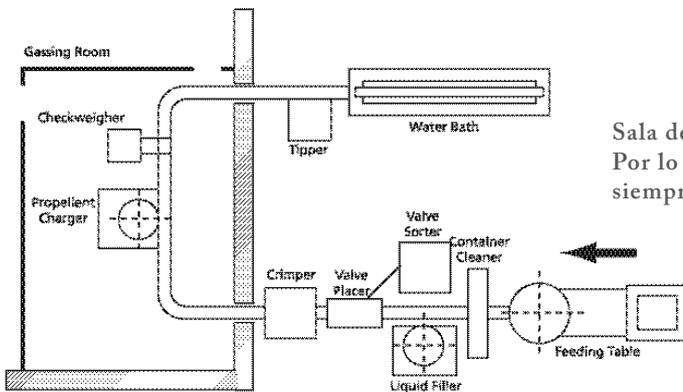


Ejemplo No. 2:
Instalación de gaseado completamente abierta.

Algunas compañías instalan equipos de gaseado al aire libre contra la pared de la fábrica: son salas de gaseado con tres lados al aire libre. En este caso, es necesario que el gaseado ocurra al menos a 3 metros, y preferente a 4 metros de cualquier hueco en la pared, o pueden utilizarse ventiladores a prueba de explosión para arrojar aire como barrera para que el gas que se filtró no pueda entrar a la planta principal. También hay algunas salas de gaseado con dos lados al aire libre; éstas siempre deben utilizar ventiladores para evitar que se acumule GLP, y también que pasen vapores inflamables a la planta principal.

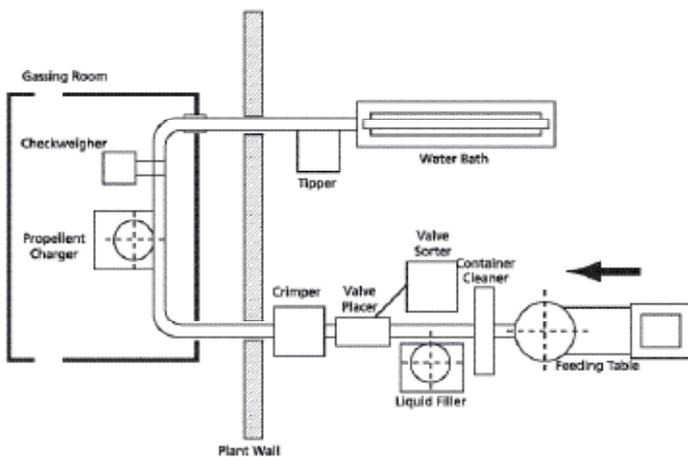


Sala de gaseado con tres lados abiertos



Sala de gaseado con dos lados abiertos. Por lo general no se recomienda: siempre necesita ventilación artificial

En el caso de instalaciones de gaseado interiores, el gasificador debe estar ubicado en una pequeña casilla metálica con buena ventilación interna, o en una pequeña usina de gas, generalmente de 3 x 4 x 4 m de altura, con buena ventilación en el nivel del suelo. El conducto de escape debe desembocar en un punto de descarga fuera del edificio. Pueden diseñarse y comprarse gasificadores que funcionan de manera confiable, sin necesidad de un operador.



El diseño de la sala de gaseado con cerramiento en exteriores es el mismo que para una sala de gaseado con los cuatro lados abiertos.

La organización de los equipos de producción bajo techo puede ser muy variada, pero por lo general tiene forma de U, con el gasificador en el área central. Los equipos esenciales incluyen el llenador de producto, plegador, gasificador y cubeta de agua caliente. Otros equipos incluyen un insertador automático de válvulas, cintas transportadoras, codificadores, contadores de latas, etc. Algunos gasificadores de interiores están construidos como parte de una máquina giratoria llenador/plegador/gasificador. Si la línea incluye un gasificador exterior, las latas llenadas y plegadas son transportadas a un punto ubicado al menos a 2 m fuera del edificio principal, donde ingresan al gasificador. Una vez gasificadas, son transportadas nuevamente hacia dentro del edificio y en general directamente a la cubeta de agua caliente. El área de producción interior debe estar ventilada y ubicada bien lejos del área de depósito de productos terminados.

Aspectos de seguridad

Los gases hidrocarburos potencialmente inflamables y explosivos pueden ingresar en el edificio de la planta por operaciones normales de gaseado (alrededor de 2 a 3 ml de filtración de líquido por lata llena) o de filtraciones en las juntas de caños, bombas y otros equipos. En ocasiones ocurren fugas de gas muy peligrosas, debido a fallas de las mangueras o roturas de caños. Una buena ventilación es la mejor y más importante defensa contra la acumulación de gases.

Los gasificadores al aire libre se ventilan principalmente por la acción del viento, y con frecuencia se suplementan con grandes ventiladores. Los gasificadores al aire libre, ubicados dentro de casillas de metal, casi siempre contienen un sistema de ventilación en el recinto. Si los mismos gasificadores se utilizan en interiores, la mezcla de gas y aire emitida debe ser captada por un conducto metálico y transportada al exterior. Caso contrario, el sistema de ventilación de la casilla del gasificador no tiene sentido y es peligroso



Estas usinas de gas exteriores fueron construidas por una compañía de llenado de aerosoles según las especificaciones de este manual.

El equipo de gaseado con frecuencia se coloca afuera, en una sala muy protegida llamada usina de gas. Estas estructuras están hechas de metal y hormigón con equipos de ventilación ubicados normalmente en el techo. El aire entrante ingresa por registros ubicados a lo largo de toda la pared, en el nivel del suelo o cerca de él. Avanza por el suelo, barre los vapores pesados de HAP y entra a una larga fila de registros a nivel del suelo en la pared opuesta más larga. A su vez, estos registros transportarán la mezcla de aire y gas a un conducto metálico que la liberará en el aire a una altura mínima de 5 m.

La velocidad de ventilación es muy importante. Puede calcularse realizando ciertas presunciones con respecto al factor de seguridad (normalmente 20%) y el porcentaje de límite inferior de explosión (%LEL) en equilibrio (normalmente de 8 a 10%). Por ejemplo, si el gasificador libera 1,5 ml de HAP líquido por lata y está funcionando a 37 latas por minuto, la velocidad de escape calculada será de 500 metros cúbicos por hora. El motor ventilador del sistema de escape debe instalarse considerando la velocidad máxima anticipada de escape de gas.

El aire de reemplazo puede ingresar, principalmente a través de las aberturas de la base de una pared larga y en parte a través de las aberturas de pared por las que las latas se transportan a la usina de gas, y luego salir. Estas aberturas deben ser lo suficientemente amplias como para permitir que entre una cantidad de aire que evite el surgimiento de una presión negativa marcada, que causaría una tensión en el sistema de escape. Una presión negativa leve es recomendable. En sistemas de ventilación más sofisticados, el aire de reemplazo se suministra en forma mecánica aproximadamente al 95% del volumen de aire de escape. Esto da como resultado la presión negativa leve deseada en la usina de gas.

El aire de ventilación debe fluir de manera constante por toda el área del suelo. Debe reducirse al mínimo la presencia de mesas de trabajo, tambores u otros elementos que bloqueen este flujo constante. Las puertas deben mantenerse cerradas. Los desagües de piso, sumideros, canales u otros orificios en el suelo tienen a recolectar y concentrar grandes cantidades de vapores de gas, y por lo tanto deben eliminarse. Debe recordarse siempre que los HAP son mucho más pesados que el aire.

Tabla Nº 2: Peso de vapores de HAP (peso del aire = 1,0):

Sustancia:	Peso como vapor:
Aire	1.0
Propano	1.55
Isobutano	2.01
N-butano	2.08

Las mejores usinas de gas tienen un sistema de ventilación de dos velocidades, conectado eléctricamente a un sensor de %LEL. Cuando por una situación anormal, los sensores detectan una concentración de 20% LEL, la velocidad normal de ventilación cambiará automáticamente a velocidad de emergencia, que generalmente es tres veces más rápida (ó 1500 metros por minuto en el ejemplo). Al mismo tiempo, se activará una alarma, como una bocina o una luz amarilla parpadeante.

Estos requisitos de ventilación se aplican igualmente al interior de las salas de gaseado, ya que puede verse afectada la seguridad de muchos obreros y del edificio principal. Es necesario transportar la mezcla de aire y gas de escape hacia afuera por conductos metálicos que atraviesan el techo de la planta o una pared.



Esta pequeña sala de gaseado en Túnez sólo tiene una chimenea de escape, pero dos velocidades de extracción.

Si falla el sistema de ventilación, debe detenerse la producción inmediatamente. En el ejemplo de una pérdida de propelente líquido de 1,5 ml por lata, a 37 latas por minuto, se liberarían 56 ml de líquido por minuto. En el caso del isobutano, esto produciría 12,8 litros de gas puro ó 0,712 metros cúbicos de la mezcla con aire inflamable al LEL. Después de sólo unos minutos, si se inflama, sólo será suficiente para hacer explotar una usina de gas pequeña.

La ventilación de otros equipos de producción es igualmente importante. La cubeta de agua caliente puede sobrecalentarse y hacer explotar las latas si se detiene por un corte de electricidad o rotura de cadena transportadora (o si el termostato funciona mal). Las latas en flotación también pueden sobrecalentarse si están cerca de la entrada de agua caliente. Si revienta una cierta cantidad de latas, se liberarán cantidades peligrosas de HAP. Además, las latas que filtran en la cubeta de agua caliente generalmente se almacenan en un tambor, cerca del extremo de la cubeta, y pueden llenar fácilmente el tambor con gas inflamable, que luego subirá hasta la superficie (imperceptiblemente) y se propagará por el suelo. El tambor puede ser vaciado a intervalos razonables, pero una mejor solución es instalar un sistema de escape encima de la cubeta de agua caliente y además tener un conducto flexible pequeño que salga desde la base del tambor que elimine constantemente los vapores de HAP que se liberen. El tambor de recolección debe estar conectado a tierra.

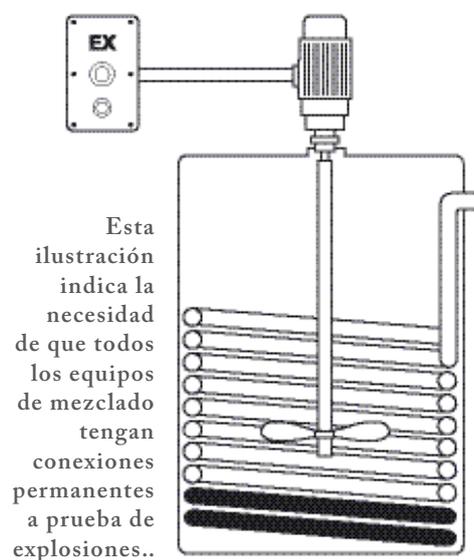
La ventilación a baja velocidad a nivel del suelo en el área de producción, donde el aire circula a 300 mm por minuto, eliminará los vapores que fuguen de líneas de propelente al gasificador, de atascamientos en la cinta transportadora que podría causar pinchaduras en las latas, de los túneles de reducción por calor (utilizados para aplicar etiquetas), de los tanques de propano de los autoelevadores, y de la aplicación de actuadores y chorros de espuma a las latas de aerosol. Si el área de producción está bastante abierta al flujo de aire exterior, esta ventilación general puede no ser necesaria.

Por lo general, la ventilación cruzada por puertas abiertas durante las horas de trabajo, es suficiente para eliminar los vapores emitidos a velocidades muy bajas por miles de latas llenas, por latas perforadas por corrosión severa, y por latas que pueden haber sido perforadas o aplastadas por autoelevadores. Algunos incendios en depósitos fueron causados por la caída de envases frágiles de líquidos muy inflamables, tales como los diluyentes de pinturas. Si estos envases se rompen y el líquido se derrama, puede inflamarse y hacer que los aerosoles que están cerca se calienten y exploten. El resultado habitual es la pérdida del depósito y todo su contenido. Algunos de estos incendios han durado hasta 8 días, con costos que superan los 100 millones de dólares norteamericanos.

En general, no es necesario ventilar un depósito de productos vacíos (latas, válvulas, tapas, cartón corrugado, cajas, etc.) En un depósito, dos operarios estaban fumando en un área así, y unas pilas de cajas de cartón corrugado se incendiaron a partir de un fósforo o chispa. Provocaron una nube de humo muy densa. Los bomberos no podían ver a través de este humo, y algunos fueron internados por inhalación de humo. La planta se salvó de la destrucción, pero sufrió un daño considerable.

El depósito de productos químicos debe tener una ventilación moderada, en general de registros de pared que permiten que las corrientes de aire fluyan por toda el área. Algunas plantas acostumbran a almacenar líquidos extremadamente inflamables y volátiles (como los pentanos) fuera de la planta, pero también fuera del alcance de la luz solar directa. Los depósitos interiores deben inspeccionarse todos los días para descartar fugas o acumulaciones de vapores de productos químicos.

Todas las áreas de mezclado deben estar bien ventiladas. Los solventes como el etanol, el isopropanol, y especialmente la acetona, son volátiles y pueden producir vapores inflamables. El nivel de peligro aumenta durante los días de calor. Los vapores de pentanos y hexanos son muy peligrosos. Los vapores son hasta tres veces más pesados que el aire, y su LEL es de 1,2 a 1,4% por volumen. Si existe alguna corriente de aire natural, será suficiente con abrir puertas de buen tamaño. Caso contrario, se requerirá ventilación mecánica de gran capacidad, con bocas de admisión cerca del suelo. Deben excluirse rigurosamente las fuentes de ignición de las áreas de mezclado, y todos los equipos eléctricos deben ser a prueba de explosiones. Algunos incendios graves han comenzado en estas áreas, en general a raíz de una chispa. Plantas de aerosoles en Canadá, Sudáfrica e India han quedado totalmente destruidas a causa de incendios de solventes en las áreas de mezclado o llenado.



Muchos tanques de mezclado y de almacenamiento se rellenarán con vapores de solventes con potencial inflamable. Si los obreros ingresan a estos tanques, pueden morir por inhalación de vapores nocivos, o por asfixia. Los vapores deben ser eliminados, a través de la salida de la base, y descargados fuera de la planta antes de la limpieza, como parte de un buen mantenimiento. La puesta a tierra de los recipientes de mezclado es muy importante, ya que ha habido incidentes en los que el vapor se inflamó sin motivo aparente.

Después de la ventilación, la siguiente medida importante de seguridad es la detección de gases inflamables, mediante el uso de equipos sensores fijos y portátiles. El equipo fijo consta de una caja de control relativamente grande, con dos sondas o sensores de gas ubicados en posiciones fijas en áreas sensibles. Como ejemplo, un sensor de gas, que es bastante pequeño, puede estar firmemente adherido al registro de escape, en la dirección del flujo de vapores de HAP liberados por el gasificador, y a aproximadamente 100 mm del nivel del suelo. La caja de control tendrá uno o dos indicadores de %LEL. Si se utiliza un indicador, éste señalará la más alta de las dos lecturas del

sensor. Si hay dos indicadores, mostrarán las lecturas de cada sensor. Estas lecturas son muy importantes ya que pueden ayudar a detectar con anticipación problemas que pueden ocasionar situaciones graves. Deben controlarse cada 20 ó 30 minutos de producción.

El significado de las lecturas de %LEL puede resumirse de la siguiente manera:

0-3% LEL:	Anormalmente bajo durante la producción. Controlar el instrumento.
3-10% LEL:	Típico durante la producción.
10-20% LEL:	Tolerable, pero requiere investigación; posible filtración pequeña.
20-40% LEL:	Indica una filtración de HAP grave. La ventilación de emergencia debe activarse automáticamente. Debe activarse una sirena de bajo nivel y la luz amarilla de alarma. Se requiere una investigación inmediata de filtraciones.
40% LEL o superior::	Indica una filtración muy peligrosa de HAP. La planta debe ser evacuada, excepto por los obreros capacitados para emergencias. Se detiene la producción. El propelente se cierra al gasificador o usina de gas. Las líneas de propelente del gasificador o de la usina de gas se vacían. Se activa una sirena de alto nivel y luces de alarma rojas titilantes. Se requiere investigación y corrección inmediata.

Existen dos tipos de instrumentos de detección de gas fijos. Ambos utilizan cajas de control, que no son a prueba de explosiones y deben ubicarse fuera de zonas peligrosas. La unidad más pequeña y de menor costo funciona en base a un principio de Wheatstone Bridge. Se denomina método del "hilo caliente". Las sondas se conectan eléctricamente a la caja de control. Una leve desventaja de este equipo es que las sondas pueden dejar de funcionar debido al contacto prolongado con vapores de silicona, y en modelos más antiguos, por los vapores de solventes clorados. La caja de control puede tener un tamaño mínimo de 300 x 400 x 250 mm de profundidad.

El otro método utiliza una medición de adsorción espectrofotométrica que se denomina sistema de "infrarrojo". Unos tubos de cobre muy pequeños transportan un flujo continuo de muestra de la mezcla de aire y gas a la caja de control para analizarla. El tamaño de las cajas de control varía, pero algunas tienen 1,8 m de altura. Estos instrumentos son autocontrolables y muy confiables.

Todos los sistemas de detección de gas fijos deben ser instalados, controlados y calibrados por expertos.

Los medidores de %LEL deben arrojar una lectura de 0%LEL cuando la línea de producción no está funcionando, aun con HAP líquido en los caños, mangueras y cilindros del llenador. Cualquier otra lectura indica una fuga de gas o mala calibración. Muchas plantas de aerosoles llevan un registro de los niveles de 5 % LEL. Los instrumentos deben ser recalibrados periódicamente usando mezclas de aire y gas estándares para llenar una bolsa de papel o globo pequeño que puede rodear los sensores. Los detectores de gas son más esenciales cuando los gasificadores se encuentran dentro de un edificio. .

Las unidades portátiles de detección de gas son pequeñas, y algunas pesan menos de 1 kg. Pueden trans-



Detectores de fuga como éste pueden conseguirse fácilmente. Son costosos, pero muy importantes para la seguridad de la planta.

portarse fácilmente a mano y se utilizan para verificar fugas de propelentes en las conexiones de caños, válvulas, bombas, filtros, tamices moleculares, y otros puntos. Algunos las llaman “explosímetros”. Indican la presencia de una fuga con un zumbido o ruido de tableteo, que se intensifica cuando el instrumento detecta mayores concentraciones de gas de fuga. No es extraño que las plantas de aerosoles pierdan del 5 al 10% de su propelente por fugas, además de otro 3 a 6% en el gasificador. Esto demuestra que la fuga puede ser un problema económico además de un posible riesgo.

Deben utilizarse detectores portátiles al menos una vez al día para verificar la presencia de fugas. Deben protegerse de la exposición a vapores de solventes clorados y vapores de silicona, aunque algunos modelos son inmunes a la corrosión de solventes clorados. Deben mantenerse limpios, con baterías nuevas cuando sea necesario y ser calibrados periódicamente, especialmente si se caen. Ya que su costo asciende a 1.500 dólares norteamericanos, deben mantenerse en un lugar seguro y sólo ser usados por personal calificado. El mantenimiento e inspección regular de los detectores portátiles, especialmente en países en desarrollo donde este tipo de detección es el más accesible, es esencial para la seguridad de la planta.

Las fugas más críticas son las que ocurren en interiores con escaso o ningún movimiento de aire. Las bombas fugan con frecuencia, y las bridas, conexiones de mangueras y bocas de gasificadores fugan en ocasiones. Las conexiones de caños con soldadura reforzada casi nunca fugan, y se prefieren mucho más que las conexiones y bridas con costura. Las fugas pueden aumentar con el tiempo. Cualquier fuga importante debe ser corregida sin demora. En algunas plantas de aerosoles, el gerente recibirá un “informe de fugas” diario, que indica el estado de fugas y las correcciones. Esto le garantiza que este aspecto importante del mantenimiento no se está desatendiendo.

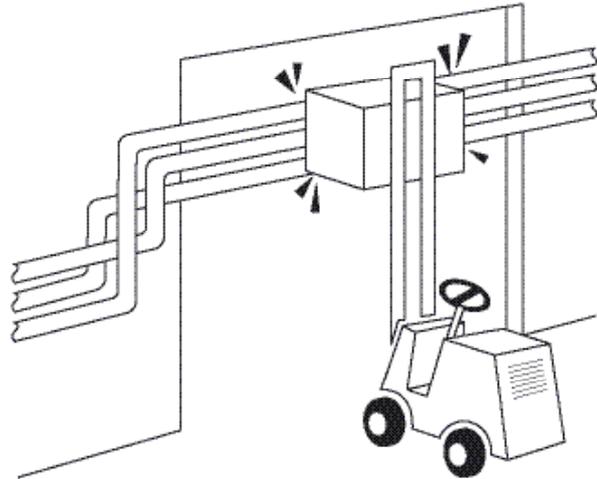
Líneas de transporte (caños y mangueras)

Los caños deben transportar con seguridad propelente líquido de los recipientes de almacenamiento al gasificador. En los tanques a granel, también hay una línea de retorno. El conjunto de caños contiene válvulas, bombas, un tamiz molecular, un filtro y varios accesorios. Las conexiones atornilladas siempre fugan después de un tiempo. Si es necesario utilizar roscas, deben fabricarse utilizando un molde filoso, limpiado cuidadosamente, envuelto doblemente con cinta selladora Teflon®, y ajustado con más fuerza de lo normal. Las conexiones bridadas son más aceptables, pero más costosas. Si se desmontan, debe reemplazarse la junta. Son preferibles las conexiones con soldadura reforzada.

Las líneas de aerosoles de velocidad baja y media casi nunca requerirán un flujo de propelente mayor que unos 20 litros por minuto. Los hidrocarburos líquidos también tienen viscosidades extremadamente bajas. Como consecuencia, es suficiente un conducto relativamente estrecho para transportar el propelente al gasificador. Si se advierte una caída de presión excesiva o un flujo insuficiente en el gasificador, lo primero que se debe hacer es controlar el filtro que sigue al tamiz molecular, ya que puede estar parcialmente conectado.

Todos los elementos de la línea del propelente deben poder soportar la presión de al menos el doble de la presión máxima de trabajo de la bomba, sin fugar o romperse. Es habitual utilizar sólo caños de acero muy resistentes (o doblemente reforzados), de diámetro óptimo. Se recomienda un mínimo de 25 mm de diámetro interior para la línea de líquido, con la línea de retorno al tanque a granel de al menos 20 mm. Deben evitarse las curvas pronunciadas, y reemplazarse por curvas redondeadas. Las conexiones reductoras (para alojar bombas, válvulas, etc.) deben evitarse siempre que sea posible. Mangueras flexibles de hasta 20 mm de diámetro interior pueden utilizarse cuando sea

Pueden ocurrir graves accidentes si los autoelevadores u otros vehículos tocan o dañan los caños de propelentes.



necesario en tramos cortos, pero deben tener una potencia nominal de servicio de al menos 120 bares, y preferentemente ser conductoras, para evitar acumulaciones de carga estática.

Para el suministro de los propelentes a los gasificadores interiores, debe reducirse al mínimo la longitud de los caños y la cantidad de conexiones dentro de la planta. Las mangueras internas deben limitarse a 2 m de longitud, sin curvas pronunciadas, especialmente cerca de los conectores, y ser inspeccionadas regularmente para detectar cualquier signo de desgaste o deterioro. Los conductos internos de la planta deben contar con soportes y deben man-



Los caños de propelente en zanja son la mejor opción, pero algo más costosos.



Esta excelente instalación en Tailandia muestra postes de protección, un buen cerco, y descarga paralela. Nótese la altura del “puente de caños”.

tenerse fuera del área de paso de los autoelevadores. Idealmente, deben pintarse de color rojo brillante, y anunciarse con letreros tales como “Propelente – Muy inflamable”.

Fuera del edificio de la planta, los caños de propelentes deben protegerse del daño de autoelevadores, camiones cisterna u otros equipos pesados. Los caños que pasen por encima de caminos dentro de la planta deben estar al menos a 7 m de altura y montados sobre postes de acero y una viga transversal de acero. No se recomienda la instalación de caños subterráneos. En ocasiones, los caños pasan por debajo de los caminos, dentro de zanjas recubiertas con hormigón, y tapados por rejillas de acero resistente. La zanja debe drenarse y limpiarse periódicamente. En los países tropicales debe evitarse esta opción, ya que las lluvias torrenciales pueden causar inundaciones y como consecuencia una fuerte corrosión. Esta opción es considerablemente más costosa que los cruces elevados.

Las instalaciones de caños de propelentes han sido dañadas en ocasiones por camiones cisterna. Idealmente, el camión debe poder pasar a lo largo del área de descarga, en lugar de dar marcha atrás. Si debe dar marcha atrás para descargar, debe usarse una barrera de hormigón armado muy fuerte para evitar que toque los caños. Las barreras verticales pueden dañar a algunos camiones. Las barreras inclinadas protegen tanto a los camiones como a los caños.

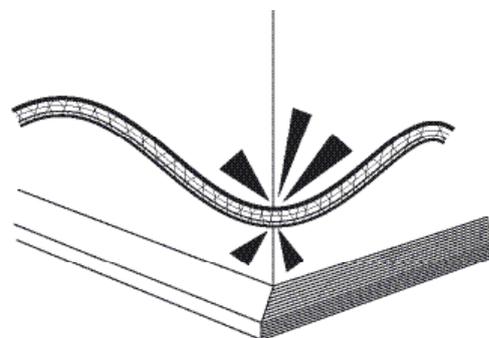
Antes de descargar propelente en los caños de admisión, el camión cisterna debe ser conectado a tierra, y deben colocarse bloques de madera (cuñas) contra las ruedas para evitar algún movimiento durante la descarga. Hubo al menos tres casos (todos en los Estados Unidos) en los que se dieron movimientos. En todos, la manguera se arrancó y se agitó con tanta violencia que no se pudo cerrar el flujo de propelente. En la actualidad, todos los camiones de Estados Unidos cuentan con válvulas de exceso de flujo, para evitar que esto vuelva a ocurrir. Esto puede no ser así en otros países.

Casi todos los incendios y explosiones de plantas de aerosoles son causados por chispas. Estas chispas deben eliminarse lo más completamente posible. Una chispa eléctrica (estática) se produce cuando dos objetos de carga eléctrica diferente se acercan mucho o se tocan. Una forma de eliminar estas chispas es conectando todas las partes del equipo a la línea de aerosoles completa, los caños, y los tanques de almacenamiento. Las máquinas por lo general se conectan con dos cables o trenzas de cobre, colocados holgadamente, para poder resistir los movimientos leves de las máquinas en funcionamiento. En algún punto debe haber una conexión para una jabalina de puesta a tierra.

Se trata de una varilla puntiaguda de refuerzo de acero de unos 20 mm de diámetro, enterrada a unos 3 m en el suelo. Una planta puede tener tres o cuatro de estas jabalinas de puesta a tierra. Deben llegar a donde la tierra es húmeda y conduce la electricidad, para que la resistencia no sea mayor a 10 ohms. En clima seco, puede verterse agua periódicamente en un pequeño orificio, rodeando la parte superior de la jabalina, para evitar que los equipos metálicos produzcan chispas de estática.

Las descargas de estática pueden provenir de objetos no metálicos. Aunque es poco común con los hidrocarburos, los cambios de estática pueden acumularse en mangueras de goma que no tienen núcleos o cubiertas exteriores trenzadas de acero inoxidable (u otro metal). Esto es algo frecuente en China, donde es muy común el propelente de dimetil éter. Las cargas de estática también pueden acumularse en las cintas transportadoras. Por este motivo, alrededor de los gasificadores siempre deben usarse cintas transportadoras de acero inoxidable. Finalmente, los obreros que utilizan ropa fabricada a base de seda o sintéticos generarán una carga estática al moverse. Esto causará chispas cuando toquen equipos con conexión a tierra o cuando caminen sobre suelos conductores de hormigón o madera. Algunos incendios en usinas de gas comenzaron por este motivo, y causaron quemaduras leves a los operarios de la usina de gas y al personal de mantenimiento en las manos. Estos obreros deben usar ropa de algodón, que no genera carga estática. Al usar calzado con punta metálica se reduce aun más la posibilidad de producir cargas estáticas en estas áreas muy protegidas.

Las mangueras flexibles generalmente son el punto más débil de cualquier sistema de transporte de propelentes. Las mangueras que no están destinadas a transportar hidrocarburos o que están hechas de materiales de mala calidad o están viejas y gastadas, pueden ser muy peligrosas si desarrollan fugas importantes o si se rajan. Pueden instalarse válvulas de cierre ante el flujo excesivo hacia arriba de las mangueras flexibles, pero sólo funcionan cuando la fuga supera el flujo del diseño máximo de la cañería. En todo caso, todo el líquido de la manguera y todo lo que va hacia abajo (hasta una válvula de cierre por flujo inverso) se eliminará rápidamente. Esto puede ser muy peligroso en áreas interiores, y debe evacuarse el área inmediatamente si se da el caso.



El roce contra una esquina puede causar desgaste. Las mangueras de goma deben inspeccionarse con frecuencia para detectar signos de desgaste.

Las mangueras deben usarse y mantenerse en buen estado. Deben contar con soportes a intervalos regulares y mantenerse lejos del suelo. Deben ser fácilmente visibles, de un extremo al otro. No deben pasar a través de orificios en las paredes ni estar sometidas a una vibración excesiva de las máquinas. Deben mantenerse lejos de los pasillos y pasarelas, utilizarse sólo cuando sea necesario, y no superar los 2 m de largo. Deben inspeccionarse con frecuencia para detectar desgastes.

Son cada vez menos confiables a medida que las temperaturas se elevan por encima de los 52°C. Las soldaduras u otros trabajos en caliente no deben hacerse a menos de 10 m de un caño o manguera de propelente. Si se debe realizar una tarea a menor distancia, ésta debe ser aprobada por el gerente de ingeniería, y debe drenarse el líquido propelente de todos los caños, mangueras y equipos cercanos, y enjuagarse con nitrógeno antes de la tarea. En una planta de aerosoles de África, una pequeña pieza de acero derretido de una soldadura entró en contacto con una manguera de goma reforzada con nylon, y la quemó casi hasta atravesarla. Cuando a la mañana siguiente se cargó propelente en la manguera, el área debilitada se abrió, y se liberó una gran cantidad de HAP. Afortunadamente, no se produjo un incendio o explosión, pero el edificio fue evacuado hasta que se pudo reemplazar la manguera. Se perdieron varias horas de producción.

En los gasificadores se usan mangueras flexibles de poco diámetro para suministrar propelente a las bocas de gaseado individuales a medida que suben y bajan. Si tocan la columna central u otras partes del gasificador durante su movimiento, puede causar un desgaste severo. Deben inspeccionarse los gasificadores para descartar esta posibilidad. Las correcciones llevan sólo unos minutos. Las mangueras gastadas deben reemplazarse por mangueras de repuesto que deben mantenerse en inventario en un pañol. El flujo de propelente en las mangueras siempre debe ir de acoplamiento macho a hembra.

Equipos y sistemas de emergencia

Existe una serie de dispositivos de seguridad que se utilizan para proteger la vida y los bienes. Algunos son automáticos, como los sistemas de protección eléctrica, y otros son de accionamiento manual. Los requisitos de las plantas difieren según el grado de sofisticación de sus ingenieros y el grado de dedicación de los gerentes a la seguridad. Las plantas más grandes en general necesitan equipos que brinden mayor protección, ya que su funcionamiento es más complejo y manejan mayores cantidades de líquidos y gases inflamables.

Los recintos de gaseado (en interiores y exteriores) deben tener uno o más interruptores de apagado manual, ubicados cerca de las puertas dentro del área del gasificador. Deben estar bien indicados y tener fácil acceso. Los empleados relevantes, como los operadores del gasificador, deben recibir capacitación con respecto a su ubicación y uso. Estos interruptores deben accionarse inmediatamente en caso de incendio, falla de ventilación, alarma de 40%LEL (o más) del sensor de gas inflamable, y en caso de cualquier caño, manguera o falla de equipo que despidan gas inflamable.

Al accionar el interruptor de apagado de emergencia, ocurrirán varias cosas: se apagará la línea de producción de aerosol, y se cerrará una válvula solenoide eléctrica, normalmente ubicada fuera de la sala de gaseado o de la planta, que evitará el ingreso de más propelente a estos edificios. Al mismo tiempo, estas válvulas están diseñadas para que se evacue el propelente líquido de los edificios, a través de un caño de diámetro interno de 10 a 12 mm que corre verticalmente, hasta un punto muy por encima del nivel del techo. El propelente líquido de los caños, las mangueras y el gasificador saldrá de este estrecho caño al aire, para evaporarse de manera segura y ser alejado por el viento. Estas válvulas solenoides especiales suelen denominarse “de cierre y sangrado”, para indicar cómo funcionan.

Si se produce un incendio en una usina de gas, este comenzará por lo general en el área en la que el gasificador deja las latas de aerosol. Aquí es donde el gas HAP está más concentrado. Se propagará en todas las direcciones aproximadamente a 3,7 m por segundo, hasta que se acabe el combustible. Es probable que los obreros que están cerca del gasificador sufran quemaduras y se desorienten antes de poder reaccionar. Si el incendio es relativamente

pequeño, y el operador no está demasiado cerca de la fuente, puede presionar un interruptor que hará caer una lluvia fuerte y espesa de agua de los rociadores montados cerca del cielorraso. Este equipo de seguridad se denomina "sistema de inundación". El agua controlará el incendio, pero lo que es más importante, evitará que los obreros de la usina de gas sufran quemaduras graves.

Los mejores "sistemas de inundación" utilizados por los más grandes llenadores tienen funcionamiento au-

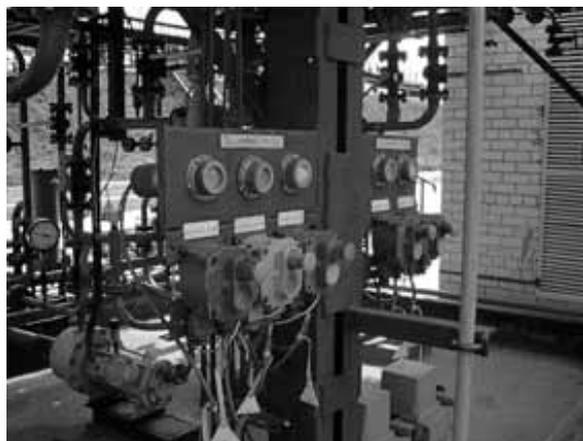


Es necesario utilizar un soporte adecuado para maniobrar cilindros portátiles de manera segura.

tomático. Una pequeña caja, que contiene sensores de llama gemelos, está montada justo debajo del cielorraso y orientada al gasificador. Si detecta un incendio, el sistema eléctrico reacciona instantáneamente para abrir una válvula y rociar la sala con agua. Esto proporciona mejor protección que el interruptor manual, ya que controla el incendio antes de que pueda alcanzar un tamaño importante.

Sin embargo, debe realizarse mantenimiento e inspección regular del sistema, para asegurar que funcione correctamente cuando sea necesario. En general, es suficiente realizar una inspección del equipo cada seis meses.

Es habitual colocar motores eléctricos a prueba de explosiones y otros equipos en áreas de mucho peligro, tales como de 12 a 15 m de cualquier gasificador, tanque de almacenamiento de GLP, o tamiz molecular. Se recomienda este tipo de equipos para toda el área de producción de aerosoles, ya que en las cubetas de agua caliente, máquinas que colocan botones o picos en las válvulas (llamadas "tippers"), etc., se pueden liberar vapores de gas inflamable. Puede hacerse una excepción con las cajas de control de detección de gas, ya que normalmente están a 1 ó 1,5 m sobre el nivel del suelo, y los gabinetes están muy bien cerrados.



Siempre deben instalarse válvulas de exceso de flujo (flecha) en la salida de los tanques de almacenamiento de GLP.

Los tanques a granel diseñados para el almacenamiento de gas inflamable deben tener la misma presión de trabajo de 18 bar que los "tanques de propano" y contarán con una válvula de exceso de flujo situada dentro del tanque, en el caño de salida de líquido. Esta válvula impedirá el escape de GLP en caso de ruptura del caño de salida y si no está incluida, debe ser instalada por el vendedor o el comprador. Su instalación puede hacerse en el caño de salida de fuera del tanque, aunque una válvula de exceso de flujo interna ofrece mayor seguridad.

Cuando se utilizan cilindros de gas inflamable de 50 kg, el conducto que sale de uno o más de estos tanques invertidos también debe contar con una válvula de exceso de flujo, tan cerca de los cilindros como sea posible en la práctica (dichas válvulas pueden incluirse en algunos de estos cilindros, pero no se puede depender de ello). Además, es esencial que se utilicen trabados o encadenados a soportes para cilindros adecuados, para que no puedan caer y se corra el riesgo de romper las mangueras de conexión.

El caño de salida de un tanque a granel de GLP contará con una válvula de exceso de flujo y con una válvula de cierre normal, y desembocará en una bomba de baja presión. La bomba agregará de 7 a 10 bar a la presión del propano. Esto evita que se formen bolsas de gas en el conducto y ayuda a empujar el GLP líquido por el conducto, contra la contrapresión de la línea de retorno al tanque a granel. Es esencial que la bomba, si es eléctrica, sea comple-

tamente a prueba de explosión.

Es importante colocar la bomba al menos a 2 m de distancia de la "huella" del tanque a granel, y que no esté bajo un toldo. Esta lección se aprendió cuando el casquillo de prensaestopas de una bomba desarrolló lentamente una fuga de propelente que eliminó la mayor parte del lubricante. Esto causó fricción y sobrecalentamiento. La velocidad de la fuga aumentó. Cuando el calor se volvió intenso, se produjo una pequeña llama, que causó la ignición del gas de la fuga. Cuando se descubrió el problema, se había formado una columna de llama de gas, de 25 ó 30 m de altura. La bomba estaba debajo de un extremo del tanque, por lo cual las llamas entraron en contacto con una gran parte de aquél. Fue muy difícil cerrar la válvula de cierre, que también se había calentado. Si esto no hubiera sido posible, el tanque se podría haber calentado por encima de la capacidad de las dos válvulas de alivio de presión, y habría explotado. Las explosiones de tanques a granel son poco comunes, pero ocurren. Se producen bolas de fuego de hasta 200 m de diámetro, y con frecuencia, grandes partes del tanque salen despedidas alcanzando distancias de más de 1 km.

En climas cálidos, es útil pintar los tanques a granel y los conductos de propelente con esmalte blanco. Esto evita el sobrecalentamiento por el sol. A medida que aumenta la temperatura del propelente, disminuye la densidad del líquido, lo cual con frecuencia requiere cambios en la configuración volumétrica del gasificador. En algunos casos, los tanques están protegidos del sobrecalentamiento por el uso de rociadores de agua o toldos. Un tanque relativamente vacío se calienta más rápido y a mayor temperatura que uno relativamente lleno.



Estas lámparas de arco cerradas a prueba de explosión pertenecen a una usina de sala de gaseado en Jordania.

La rápida expansión del líquido GLP con el aumento de la temperatura afecta el diseño de la planta y las operaciones de varias maneras. Los tanques a granel, en zonas moderadamente cálidas, no deben llenarse por encima del 85% de volumen de su capacidad, según muestran los indicadores o "squirt" del tanque. En zonas cálidas, incluso en la mayor parte de los desiertos, donde las temperaturas pueden alcanzar los 50°C, los tanques a granel no deben llenarse por encima del 80% de su volumen, a menos que el GLP del camión cisterna también esté relativamente caliente.

Cuando el sol calienta los conductos de acero de propelente, el metal se expande. Para evitar las deformaciones, torceduras y posibles rupturas, deben incluirse una o más curvas en U del tamaño apropiado en su recorrido. Por último, el propelente líquido nunca debe quedar encerrado entre dos válvulas de cierre. En tal circunstancia, si el conducto se calienta, el líquido se expandirá, y generará la suficiente presión como para romper una de las válvulas. Si una manguera forma parte de la línea llena de líquido, es probable que reviente en uno de los conectores antes de que se rompa la válvula.

Los autoelevadores, por lo general accionados por motores que usan propano como combustible, no son a prueba de explosiones, y deben utilizarse con cuidado. Por ejemplo, no tiene sentido tener equipos eléctricos a prueba de explosiones en el área de producción si van a ingresar autoelevadores mecanizados al área.

Como mínimo, deben utilizarse sistemas eléctricos a prueba de explosiones cerca del llenador de concentrado, dentro o fuera de los gasificadores, las bombas propulsoras, y la cubeta de agua caliente. El área de almacenamiento del propelente debe ser a prueba de explosiones. Si se instala una usina de gas interna o externa, todo el equipamiento eléctrico dentro de dicha usina debe ser a prueba de explosiones. El tráfico de vehículos, incluso de los camiones cisterna, debe dirigirse de manera que no se acerque más de 8 m a los tanques a granel o a las usinas de gas externas. Deben colocarse vigas de acero o barreras de hormigón armado para evitar que los camiones cisterna dañen los conductos o que embistan los tanques de almacenamiento.

Deben diseñarse enclavamientos eléctricos para especificaciones a prueba de falla, en caso de cortes de electricidad.

Aspectos de construcción

Todas las salas o áreas de gaseado deben de ser de construcción no inflamable. Los solventes inflamables y muebles o accesorios de madera deben mantenerse fuera de las usinas de gas, y preferentemente lejos de las líneas de producción. Todos los materiales combustibles: pallets de madera, solventes, cajas de cartón, etc., deben mantenerse lejos de las áreas de almacenamiento de hidrocarburos, estaciones de bombeo y áreas de gasificador. Todas las bombas, rejillas de cilindros, equipos de tamiz molecular y equipos exteriores similares deben estar equipados con plataformas de hormigón.

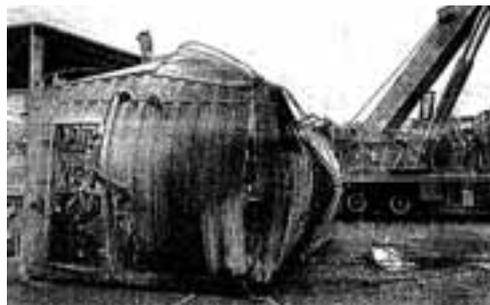
Si se construye una usina de gas de gran tamaño, ésta debe tener dos puertas de salida, una para los obreros y la otra debe ser una puerta doble para emergencias y para el traslado de un gasificador grande, en caso de reparaciones o reemplazo. Las usinas de gas más pequeñas, utilizadas principalmente dentro de las plantas, suelen tener una sola puerta. Todas estas puertas deben ser de acero, y deben mantenerse cerradas cuando el gasificador está en funcionamiento. Idealmente, la cara interna de estas puertas debe tener una barra horizontal "de pánico" aproximadamente a la mitad de la altura. Este tipo de barra, hecha de metal, hace que la puerta se abra con sólo presionarla, lo cual representa una forma inmediata de salir de la usina de gas, en caso de emergencia.

Algunos equipos de gaseado son tan confiables que la usina de gas puede dejarse sin vigilar. Esto es ideal, por motivos de seguridad. Estas pequeñas usinas de gas sólo contienen el gasificador y las cintas transportadoras que transportan las latas hacia adentro y hacia afuera a través de orificios en la pared delante de la planta. Al menos cuatro proveedores de equipo de aerosol fabrican gasificadores y salas de gaseado ventiladas diseñadas para funcionamiento sin vigilancia. Opcionalmente, pueden instalarse una o dos cámaras de televisión en las esquinas, cerca del cielorraso de esos recintos, y mirando al gasificador. Se conectan a una o dos pantallas de televisión en la planta principal. Así puede monitorearse visualmente el gasificador para asegurarse de que todo está funcionando correctamente.

Las salas de gaseado exteriores, más grandes, también pueden incluir una máquina de control de peso, y en ocasiones una máquina aplicadora de botones, llamada "tipper". No es recomendable tener una "tipper" en la usina de gas, ya que requiere un reabastecimiento de los actuadores regularmente. No deben instalarse otras máquinas en estos recintos, ni siquiera bombas propulsoras o bombas de vacío. Puede colocarse una pequeña mesa de trabajo de metal, y con frecuencia algunas herramientas, juntas y otros repuestos. Puede instalarse una lista de verificación de la configuración de la máquina, y un libro de registro de mantenimiento, para tener una referencia rápida en la sala. No deben guardarse solventes inflamables, papeleros, cajas, etc., en las usinas de gas.

Todo obrero que esté autorizado a operar un gasificador o ingresar a una usina de gas debe recibir capacitación especial en seguridad. En esas áreas no se permiten llamas, chispas ni superficies calientes. Esto incluye cigarrillos, cámaras, teléfonos celulares, y teléfonos comunes, planchas calientes para cocinar, soldadoras, radios de transistores, interruptores eléctricos abiertos, refrigeradores portátiles, etc. Algunas plantas llenadoras no permiten que los empleados lleven fósforos o encendedores a las usinas de gas, por la simple razón de que pueden intentar encender un cigarrillo sin pensarlo. En realidad, no deben permitirse encendedores o fósforos en ninguna parte de la planta de llenado, al igual que en las refinerías de petróleo. Los encendedores y fósforos deben permitirse sólo en áreas designadas para fumar.

La sala de gaseado destruida "con forma de naranja".



No se puede asignar responsabilidades a los obreros que han consumido bebidas alcohólicas o que consumen drogas, por lo tanto nunca deben entrar a las usinas de gas.

En el "plegado atmosférico" no se intenta eliminar el aire del espacio de la cabeza de la lata de aerosol durante la producción. Existe otra op-

ción llamada "plegado al vacío", donde se extrae un 60 a 75% del aire de la lata antes de plegar la válvula. Las ventajas del plegado al vacío se han exagerado mucho. Puede ser un procedimiento peligroso, si se usa con solventes volátiles inflamables, tales como los pentanos o hexanos. Estos líquidos se evaporan rápidamente o incluso hierven en la lata cuando se aplica vacío, y los vapores llenan el tanque de la bomba de vacío rápidamente y salen por el conducto de escape. Si la bomba de vacío está en una sala cerrada o con muy poco movimiento de aire, estos vapores pesados pasan rápidamente al suelo y se propagan. Sólo un 1 a 1,3% de volumen en el aire producirá una mezcla con potencial de inflamabilidad. Durante los años 70, una importante planta de aerosoles de los Estados Unidos se incendió a causa de los vapores de hidrocarburos que salieron del caño de escape de una gran bomba de vacío. Si se usa un plegador al vacío, la bomba de vacío debe ubicarse en un área protegida pero abierta al exterior.

Algunas usinas de gas están construidas con paredes de hormigón armado pesado, y tienen un techo metálico resistente soportado por vigas de acero. Estos techos pueden utilizarse de manera muy conveniente para soportar motores ventiladores que se utilizan para ventilar el recinto. La estructura básica se construye para resistir tormentas de viento de 300 km/hora, o presiones en la pared de hasta 500 kg/m². Si se produce un fuego importante dentro de la usina de gas, la presión, principalmente a causa del efecto de calentamiento, puede superar fácilmente la resistencia de presión designada incluso de esas fuertes estructuras, y por esa razón se debe agregar una "sección de pared de estallido". Este área puede ser similar a una gran abertura para una ventana, cerrada con una placa metálica liviana. Debe abrirse en una dirección que no ponga en peligro a los obreros o a los otros edificios en caso de que se abra por una explosión.

La sección de pared de explosión debe medir al menos 1m² de superficie por cada 30 m³ de espacio dentro de la sala de gaseado. Por ejemplo, si la sala de gaseado mide 3 x 3 x 3 m de superficie interior (27 m³), la superficie de la pared de explosión debe ser de 0,9 m², por ejemplo, 900 mm de altura por 100 mm de ancho. La placa metálica liviana se ajusta con pequeños pernos de metal blando, por ejemplo plomo, que se romperán y dejarán que el panel metálico o plástico se abra con una presión interior de 100kg/m o menor. Estos paneles evitan las lesiones inducidas por presión y evitan que la usina de gas explote.

Todas las usinas de gas metálicas son fabricadas por varios proveedores de equipos. Se proveen completas con sistemas de ventilación, detectores de gas, conductos rociadores de agua y un gasificador. Si se produce un incendio por hidrocarburos en estas estructuras, se deformarán mucho y algunas partes pueden abrirse para dejar salir la alta presión. Hace unos años, una usina de gas metálica de 3 x 3 x 3 m de Estados Unidos sufrió un incendio de tipo fogonazo. El edificio había tenido forma de cubo, pero después del incendio quedó con forma de naranja.

Una puerta de acero se abrió y voló unos 3 m por el aire y golpeó a un obrero en el pecho, que murió instantáneamente. La línea de producción no pudo funcionar durante casi tres meses, hasta que se instaló una nueva usina de gas, equipada con un nuevo gasificador y equipos de seguridad, y todo fue verificado cuidadosamente. Nunca pudo determinarse la causa exacta de la explosión.

Las usinas de gas exteriores deben ubicarse al menos a 2 m del edificio principal de la planta, a 10 m de los tanques a granel de GLP, y a 6 m de los cilindros de gas o estaciones de tamiz molecular. Los materiales inflamables, tales como pallets de madera o cajas de latas de aerosol falladas, nunca deben guardarse cerca de las usinas de gas. Las calzadas, diseñadas para camiones cisterna, automóviles, autoelevadores, bicicletas motorizadas, etc., nunca deben estar a menos de 10 m de la usina de gas. Estas consideraciones generales son válidas también para las usinas de gas interiores.



Cubiertas de Plexiglas protegen a los obreros en caso de que se abra una lata

Más ejemplos de accidentes – 1ra parte:

Las posibilidades de una fuga en un tanque a granel que provoque una catástrofe son muy remotas, pero tales accidentes han ocurrido al menos en tres ocasiones. En un caso, un vagón cisterna estaba bombeando una mezcla de GLP a una presión relativamente alta, cuando el tanque a granel se llenó de líquido. Las dos válvulas de alivio de presión de la parte superior del tanque a granel no fueron suficientes para aliviar la presión combinada del propelente más la presión de bombeo. Aparentemente, el tanque se estiró levemente y luego se abrió. Alrededor de 42.000 litros (42 m³) de gas hidrocarburo y líquido hirviendo saltaron, cuando las dos partes del tanque destruido volaron una gran distancia antes de aterrizar en campo abierto. El gas se encendió por alguna fuente desconocida, y causó una bola de fuego de alrededor de 150 m de diámetro. El calor directo y de radiación incendió la planta de aerosoles y tres casas cercanas. Algunas personas que caminaban a unos 200 m de la gran bola de fuego cayeron al suelo por la onda de choque, y sufrieron graves “quemaduras solares” por la radiación ultravioleta del fuego.

En otro caso, un vagón cisterna de 125 litros (125 m³) de propano fue atropellado por un vagón tanque de cloro muy grande, lo que produjo una gran grieta en el tanque de propano. Todo el contenido fugó en menos de un minuto, lo que causó que el tanque arruinado volcase. El gas se encendió y se generó una gran bola de fuego, que causó la muerte de muchas personas e incendió casi 100 edificios. Esto ocurrió en la ciudad de Salem, Illinois, Estados Unidos. Hechos como éste demuestran que se debe prevenir que los camiones cisterna choquen contra los tanques a granel cuando se colocan en posición de descarga.



Explosión e incendio de un gran vagón cisterna. .

Funcionamiento seguro de cubetas de agua caliente

La cubeta de agua caliente por lo general consiste en un tanque largo de agua, calentado por el agregado de agua caliente de un intercambiador de calor a vapor o eléctrico. De una a cuatro filas de aerosoles ingresarán por un extremo en el que la cinta transportadora se inclina hacia abajo, para que queden totalmente inmersos. A medida que viajan lentamente por el agua, se calientan. Cerca del otro extremo, un operador capacitado verifica que no se hayan formado burbujas de gas que indiquen fugas o latas que se deformen o que puedan reventarse. Luego las latas se inclinan hacia arriba y se extraen del agua caliente. Se secan por soplido con chorros de aire comprimido. El agua restante se evapora en unos minutos o menos.

El objetivo del baño de agua caliente es calentar las latas hasta que alcancen la misma presión que tendrían si se dejaran a 50°C durante 30 minutos o más. Para lograrlo, el agua del baño debe haber sido elevada a 55°C o incluso a 58°C. Nunca debe superar los 62°C, o algunas latas perfectamente aceptables se deformarán, o incluso reventarán.

Las latas de aerosol no deben llenarse a más del 90% de su volumen neto (a 20°C), o el líquido podría expandirse hasta llenar totalmente la lata durante el baño de agua caliente. Si esto ocurre, cualquier calentamiento posterior hará que el líquido deforme la lata. Al decidir el máximo de llenado seguro por lata, los ingenieros deben considerar las tolerancias de llenado y gaseado. Por ejemplo, un aerosol diseñado para tener un llenado promedio de 90% de volumen de capacidad neta de la lata, podría tener en realidad un volumen de 88 a 92%.

Las latas de hojalata se mantienen bajo el agua dentro de la cubeta de agua caliente gracias a los imanes que están colocados bajo las cintas transportadoras. Las latas de aluminio no son magnéticas, por lo tanto se debe colocar en la base de la lata un “puck”: un pequeño vaso plástico que se encaja cerca de la lata. Cada “puck” tiene una arandela de acero grande alrededor de un orificio de drenaje de unos 10 mm de diámetro. El “puck” permite que las latas de aluminio se adhieran al imán durante el baño de agua caliente. Si el “puck” está muy flojo, la lata puede flotar a la superficie del agua y quedarse allí. Esas latas se denominan “flotadoras”. Si están cerca del agua caliente entrante, pueden sobre-

calentarse y son peligrosas. Los operadores deben retirarlas rápidamente, preferentemente con pinzas metálicas.

La mayor parte de los llenadores agregan nitrito de sodio (NaNO_2) a sus baños de agua caliente para evitar la posibilidad de oxidar las latas de hojalata o las tapas de válvulas de hojalata. Se puede agregar un envase de 10 litros de solución de nitrito de sodio en agua al 40%. La concentración mínima es 0,04% en el baño. Si se utiliza el caño de desborde de nivel de agua para eliminar la contaminación de la superficie del agua, la concentración del nitrito de sodio disminuirá lentamente, por lo tanto debe reponerse periódicamente. La concentración puede verificarse fácilmente por su capacidad para decolorar una solución estándar de permanganato de potasio (K_2MnO_4).

Los aerosoles con fugas o deformados se colocan en un tambor metálico de 40 litros de tapa abierta, cerca del extremo de la cubeta de agua caliente. A menos que este tambor esté equipado con un pequeño caño que lo conecte a un sistema de escape, debe vaciarse fuera del edificio en cuanto se acumulen 5 ó 10 aerosoles con fuga. Todos los días los aerosoles con fuga y deformados deben llevarse a un sitio seguro en el exterior y pincharse con una herramienta puntiaguda. Perforar las latas con fallas es una de las operaciones más peligrosas en una planta de llenado de aerosoles. Debe realizarse con sumo cuidado. Las latas falladas, una vez vaciadas y drenadas, deben tratarse como basura común, pero almacenarse en tambores o recipientes con conexión a tierra. En algunos países, las latas drenadas de insecticida o pintura aún pueden considerarse residuos peligrosos.

En algunas ocasiones, las operaciones defectuosas de plegado o gaseado harán que muchas latas tengan fugas. Esto se verá primero en el baño de agua caliente. Cualquier escape importante de gas HAP es muy peligrosa, a menos que el aire sobre el tanque sea descargado de manera segura a un sitio en el exterior. Los gases HAP son hasta dos veces más pesados que el aire, por lo tanto el sistema de succión debe ser tan lento, por encima del tanque, como práctico. Por ejemplo, las ventilaciones de escape ubicadas a 1 m por encima del agua recolectan menos del 1% de los gases HAP despididos. Los mejores sistemas de escape consisten en campanas de aluminio o acero inoxidable que se extienden sobre el agua. Un conducto central de escape extrae el aire fresco de los extremos abiertos de la campana. La campana también consta de ventanas de Plexiglas® o algún otro plástico duro, para la visibilidad del operador.

Es importante asegurarse de que el baño de agua caliente no se sobrecaliente debido a alguna falla mecánica. Las causas del sobrecalentamiento incluyen la falla del termostato, la rotura de la línea transportadora, una válvula de vapor con fuga continua, o un corte de electricidad. Se han dado al menos cuatro casos en los que cientos de aerosoles se sobrecalentaron y explotaron, y al hacerlo destruyeron la cubeta de agua caliente y despidieron grandes cantidades de gas inflamable. En una ocasión, se produjo un incendio temporal. Si ocurre un problema en la cubeta de agua, el operador debe cerrar inmediatamente el suministro de agua caliente. Deben colocarse al menos dos termómetros confiables en la cubeta de agua y verificarse en forma cruzada para garantizar que el agua esté dentro del rango de temperatura especificado.

Otros factores de seguridad:

Es importante recalcar la necesidad de establecer y practicar sistemas seguros de trabajo a través de "sistemas de permisos para trabajar" demostrados, que incluyan "permisos para trabajo en caliente," para todas las etapas de las operaciones, es decir, instalación, puesta en servicio, operación y mantenimiento. Es alarmante la cantidad de veces que se ve soldar cerca de líneas o tanques de gas.

Debe ponerse énfasis en el uso de herramientas antiestáticas por parte de los empleados durante todas las fases de la operación, en especial durante la operación de mantenimiento, más aun con contratistas. Los obreros deben usar ropa de algodón y zapatos con suela de goma sin tapones.

Todas las herramientas y dispositivos eléctricos y electrónicos llevados a la planta o utilizados en ella, deben



La capacitación debe brindarse en pequeños grupos, y continuamente. Este manual está diseñado para ser usado con este fin.

estar certificados como intrínsecamente seguros para ser usados en entornos inflamables y explosivos. Esto incluye dispositivos tales como bípens, teléfonos celulares, radios y otros. Esto debe aplicarse a todos los contratistas y visitantes.

Es esencial realizar un adecuado control de los visitantes para evitar el ingreso no autorizado a la planta. Debe existir un estricto cumplimiento de la política de NO fumar en la planta, preferentemente dejando los cigarrillos y encendedores en el portón de entrada, o a través del uso de áreas claramente marcadas con el cartel "permitido fumar".

Son importantes los carteles en la planta, tales como carteles de advertencia, carteles de cuidado, carteles de consejos, para indicar a todos los que trabajan en la planta las precauciones necesarias en relación con su trabajo. Como se advierte en otra parte, es necesario contar con una ruta de evacuación claramente marcada para cada área de la fábrica. Ninguna actividad que sea potencialmente peligrosa debe realizarse contra la pared posterior de una fábrica, o en otro lugar que no permita una clara ruta de evacuación.

LA CAPACITACIÓN MEJORA LA SEGURIDAD

Capacitación de los empleados

Uno o dos ingenieros deben familiarizarse con este manual, y tal vez otros libros sobre seguridad. Pueden detentar el cargo de gerentes de seguridad, y ser responsables de la capacitación de otros obreros. Las personas que trabajan directamente con propelentes de hidrocarburos deben recibir capacitación adicional. Debe comprenderse y respetarse la posibilidad de peligro de los gases hidrocarburos. Nadie debe asumir riesgos con los gases inflamables.

Se debe comprender el "triángulo del incendio": el combustible gaseoso, más aire, más una fuente de ignición producirán una bola de fuego peligrosa, y tal vez una explosión. Deben explicarse detalladamente las formas de reducir el peligro, como reducir la concentración de gas por debajo del límite inferior de explosión (LEL) por medio de la ventilación.

Con frecuencia se pasa por alto la importancia de ciertas fugas pequeñas pero continuas. Si ayer no ocurrió un incendio, podría ocurrir hoy, y causar quemaduras a muchas personas. Una fuga de 10 gramos de butano, en un área no ventilada, podría producir hasta 200 litros de mezcla de aire/gas potencialmente inflamable. Si una persona camina a través de la mezcla, y causa una chispa estática, puede producir alrededor de 320 litros de volumen de llama durante un tiempo breve. Esa persona podría morir. Si a causa del pánico inspirara profundamente las llamas, eso le quemaría los pulmones y sería 100% mortal.

Otros ejemplos de accidentes, 2da parte:

En una fábrica se volcaron alrededor de 500 a 1000 ml de butano en el piso de la planta. El líquido hirvió y se transformó en un vapor pesado, que se propagó de manera imperceptible por el piso, y finalmente entró en contacto con un pequeño interruptor de relé eléctrico, a unos 30 m de distancia. El vapor se encendió, y causó quemaduras graves a dos personas en las piernas, y daños leves a un pallet de insecticida en aerosol. Los aerosoles no explotaron gracias al sistema de rociadores de la planta, que rápidamente humedeció las cajas de cartón y extinguió el "incendio de cartón".

El siguiente caso demuestra la posibilidad de inflamabilidad de un pallet de aerosoles: el 23 de junio de 2003 en Nagoya, Japón, un pequeño camión chocó contra una camioneta que transportaba 800 aerosoles de pintura: éstos se incendiaron. Un hombre murió a causa del gran incendio. Las llamas se elevaron 12 m en el aire y se necesitaron 18 autobombas durante 70 minutos para apagar el incendio completamente. Ambos vehículos quedaron completamente en ruinas. El mismo hecho podría ocurrir en un depósito si un autoelevador chocara contra un pallet de los mismos aerosoles, si algunos estallaran y los vapores se incendiaran. En algunos casos las latas se deforman por el calor y la presión y se transforman en cohetes, capaces de iniciar un incendio en otra parte del depósito. En algunos países se deben instalar sistemas de rociadores muy potentes en los depósitos de aerosoles. También pueden exigirse áreas dedicadas, alturas máximas de estiba, cantidades limitadas de aerosoles, y otras restricciones. Una vez que el incendio comenzó, los depósitos de aerosoles se incendian por completo.

Una planta en Méjico sufrió una bola de fuego cuando se incendió el GLP de una fuga, aparentemente debido a un cortocircuito. Varios obreros sufrieron quemaduras (dos de ellos, quemaduras graves), y sólo el hecho de que la planta tenía una gran abertura entre el techo y las puertas de la planta evitó que esta bola de fuego deviniera en explosión y causara la muerte de decenas de personas. Los obreros pudieron extinguir con extinguidores el incendio de varios pallets que contenían cajas de cartón. El daño fue mínimo.

En 2003 en Méjico se incendió por completo un depósito de más de 20.000 pies cuadrados (2.000 m²). Nunca se descubrió la causa del incendio. Inicialmente el fuego fue contenido en cierta medida con extinguidores, mientras se desenrollaban las mangueras de incendio. Se descubrió que la bomba de agua del sistema de protección contra incendios estaba conectada incorrectamente, y no pudo usarse agua de la planta. Antes de la llegada del departamento de bomberos, los aerosoles comenzaron a explotar, lo que requirió que todos evacuaran el área. El depósito se incendió por completo, lo que implicó un costo de al menos dos millones de dólares norteamericanos. Si hubiera habido agua disponible para enfriar los pallets, el depósito probablemente se habría salvado.

Una pequeña planta construida en la planta alta de un edificio en Méjico se incendió completamente y causó la muerte de una persona. No pudo conocerse la causa del incendio, pero aparentemente comenzó entre este desafortunado obrero y la escalera, y él no pudo escapar. La falta de una vía de escape adecuada fue un factor que contribuyó a la muerte de siete personas en un incendio por aerosoles recientemente en India. El principal combustible inicial del incendio puede haber sido GLP, pero más probablemente fue el solvente inflamable hexano. La fábrica quedó destruida.

Si se produce una fuga grave de propelente de hidrocarburos, puede:

Matar

- en minutos, si alguien se quema por completo o inhala las llamas
- en días, con quemaduras en más del 70% de la superficie de la piel
- en hasta tres meses, si se sufrieron quemaduras del 55-60% de la superficie de la piel
- internación, muy dolorosa, seguida de neumonía, como regla general

Causar quemaduras

- el "cabello en llamas" produce pérdida permanente del cabello
- cicatrices desagradables, especialmente en personas de piel oscura
- rigidez y dolor, especialmente al flexionar áreas quemadas
- daño pulmonar: necesidad de respirar más rápido (de por vida)
- pérdida parcial o total de la visión
- diversas enfermedades, debido al gran esfuerzo exigido al sistema inmunológico

Incendiar edificios y otros bienes

- incendio de parte, o generalmente, de toda la planta de llenado de aerosol
- explosión de los cilindros de gas, o incluso de los tanques a granel, cercanos a la planta
- incendio de las casas y los árboles cercanos
- el rocío de agua puede producir químicos peligrosos por pirólisis que son absorbidos por la tierra
- pérdida de empleos a largo plazo para todos los empleados de la compañía
- grandes aumentos de la prima del seguro, si se reconstruye la planta

Nunca se debe permitir que los gases o líquidos hidrocarburos fluyan a los desagües de piso o sumideros. Pueden formar mezclas de aire y gas que pueden avanzar largas distancias por los caños de drenaje, y en ocasiones encenderse y quemar hasta la fuente. Las llamas de HAP se mueven a alrededor de 4 m por segundo. No debe haber llenado o almacenamiento de aerosol bajo tierra, como por ejemplo en un subsuelo..

Ejemplos de accidentes, 3ra parte:

El encendido de 60 g de gas butano causó el incendio completo de un remolque de 10 m de largo en 7 minutos. De manera similar, una lata de 500 g de fijador para el pelo en aerosol explotó debido al exceso de calor, y provocó el incendio de un salón de belleza y de la casa contigua en menos de una hora.

Las filtraciones importantes, aun si son muy breves, pueden tener efectos devastadores. Han explotado usinas de gas debido a la rotura de una manguera (que no contaba con válvula de exceso de flujo), por dejar una válvula abierta, por olvidar instalar una junta de sellado en una boca de gaseado de propelente, y por una rueda de estrella filosa (utilizada para hacer espacio) que perforó cinco grandes latas de fijador para el cabello en aerosol. En una planta, dos hombres recibieron la orden de conectar una larga manguera de un tanque a granel a un gasificador. Uno de ellos salió para recibir un llamado telefónico urgente, y dejó su extremo de la línea abierto en la planta. El otro hombre pensó que la conexión estaba lista, y abrió la válvula del tanque a granel. El piso de la planta rápidamente se inundó con butano líquido hirviendo y sus vapores. Los vapores se encontraron con una fuente de ignición, a unos 25 m de distancia. Se produjo una bola de fuego gigante y la mayor parte de la planta explotó. El accidente costó 5 vidas y causó quemaduras graves a 17 personas más. Si hubiera ocurrido en un día laboral, más de 200 personas podrían haber resultado heridas o muerto. Las reparaciones costaron alrededor de once millones de dólares norteamericanos y el personal no pudo trabajar durante ocho meses.

Los incendios de filtraciones pequeñas pero continuas pueden causar lo mismo que filtraciones breves e importantes. Los resultados suelen ser catastróficos. En ocasiones pueden producirse grandes incendios en los depósitos. En un depósito que contenía principalmente pintura en aerosol, un autoelevador estaba sacando un pallet de envases plásticos de 15 litros de diluyente de pinturas altamente inflamable de un estante a unos 5 metros de altura. Una caja de cuatro envases se soltó y cayó al piso de hormigón, y al menos uno de los envases se rompió. El operador debería haber apagado el motor del autoelevador. En cambio, trató de alejarse, y las chispas encendieron el gran charco de líquido deramado. El fuego se propagó por debajo de los pallets de aerosoles cercanos, y las cajas se incendiaron. En un minuto, los primeros aerosoles se recalentaron y explotaron, lo cual produjo bolas de fuego de alrededor de 2,2 m de diámetro. El depósito ardió durante 8 días. La pérdida ascendió a 82 millones de dólares norteamericanos, sin contar las pérdidas por lucro cesante, pérdida de clientes, pérdida de puestos de trabajo, y el gran aumento de los costos del seguro cuando finalmente se reconstruyó la planta.

Un depósito de repuestos de automóviles muy importante del sur de Alemania daba empleo a inmigrantes griegos muy pobres. Se les permitía cocinar y dormir en el edificio después del horario de trabajo. Una noche dejaron caer una cocina a kerosene, y se derramaron unos 4 o 5 litros de kerosene, que luego se inflamó. Los pallets cercanos de productos de cuidado para el automóvil se inflamaron. El fuego intenso de las latas que explotaban destruyó completamente el edificio y todo lo que éste contenía, y se perdieron algunas vidas. Se calculó que la pérdida por el incendio fue de unos 115 millones de dólares norteamericanos, sin incluir las pérdidas de puestos de trabajo, los costos de reconstrucción, etc.



Un incendio de solventes precipitó este caos, que causó la muerte de varios obreros, pero el daño principal fue causado por las latas de aerosol que explotaron.

Un terrible incendio en India causó la muerte de varias personas. Un pequeño cigarrillo similar al cigarro (llamado "beetie" en India) fue arrojado encendido dentro de un tambor de hexano. Esto puede haber causado el incendio, pero el mayor daño fue causado por las latas de aerosol que explotaron. Los incendios que pueden ocurrir al aire libre también pueden ser peligrosos. En un ejemplo, un camión cisterna que tenía un caño de escape inusualmente alto golpeó un conducto de propelente de 40 mm de diámetro interno que atravesaba el camino de una planta a una altura aproximada de 4,5 m. Uno codo del conducto se agrietó, y despidió líquido y gas HAP. El camión dio marcha atrás, y todo el mundo estaba tan ocupado en mirar la chimenea que se había torcido, que nadie advirtió la filtración de propelente. De repente, se produjo una gran bola de fuego, probable-

mente debido a las chispas de un autoelevador. Un ingeniero murió instantáneamente, y el conductor del camión y otras dos personas sufrieron quemaduras graves cuando se incendió su ropa. Una vez que se apagó la bola de fuego, la gente vio que se acercaba una llama de 10 m del área de la grieta. Se detuvo cuando se cerró una válvula aguas arriba. Más tarde, se descubrió que el conducto tenía una soldadura simple, cuando debió tener una soldadura reforzada.

En un accidente similar, una manguera de propelente de poco diámetro, bastante larga, fue extendida temporalmente a lo largo de un pasillo, usado ocasionalmente por autoelevadores. En un momento dado, un autoelevador que transportaba 600 kg de aerosoles pasó por encima de la manguera. Ésta se fracturó cerca de un conector, y despidió butano en forma de lluvia al edificio. Se produjo un incendio, en el que sólo el conductor y un obrero que estaba cerca sufrieron quemaduras graves. El incendio se extinguió al cerrar una válvula y usar dos grandes extinguidores. Un jefe de bomberos declaró más tarde que usar los extinguidores de incendios salvó al edificio de la destrucción total.

Pueden producirse incendios o explosiones cuando los HAP de aerosoles con filtraciones pueden acumularse. En un caso, varios cientos de latas fueron plegadas con un collar que tenía un segmento roto. Filtraron intensamente en la inmersión de agua caliente. Dos personas estaban muy ocupadas, sacándolas y arrojándolas a un tambor de recolección de acero de 125 litros. Estaban demasiado ocupadas para pensar en el gas que se despedía rápidamente al tambor. Pronto, el gas se derramó de manera invisible por la parte superior del tambor y se propagó por el piso. Se inflamó, probablemente por un interruptor de relé eléctrico. Inmediatamente se produjo una gran llama. Tres personas sufrieron quemaduras. Los paneles

del cielorraso volaron de su sitio y algunos se quemaron parcialmente. Las autoridades de bomberos locales debieron investigar durante tres días, antes de permitir que continuara la producción.

En otro ejemplo, un representante del cliente que había recibido capacitación técnica estaba en el laboratorio de un llenador para terceros, probando algunos aerosoles que acababan de ser producidos. Después, perforó 18 latas de un producto a base de agua que contenía 34 g de isobutano por lata en una campana de escape a prueba de explosiones. Después de alrededor de un minuto, la evaporación enfrió el propelente restante, de modo que el gas salía más lentamente de la lata. Pensando que las latas estaban casi vacías de propelente, el hombre las sacó de la campana y las arrojó al basurero de plástico. No advirtió que esto hizo que el concentrado a base de agua calentara el HAP líquido que todavía quedaba en cada lata. El gas llenó casi inmediatamente el basurero, y luego avanzó hasta la luz piloto de una caldera de agua a gas, a alrededor de 4 metros de distancia. Se produjo una bola de fuego, de alrededor del tamaño de un automóvil grande, además de un silbido o sonido de viento bastante agudo, y se produjo un aumento instantáneo de la presión del aire que afectó los oídos de alrededor de 20 personas en el laboratorio. Afortunadamente, el laboratorio era bastante grande, y había una puerta trasera abierta. Caso contrario, se habría producido una explosión, y el edificio se habría dañado. Además, los dos jóvenes que trabajaban en el área del incendio acababan de alejarse para buscar unos productos químicos, o probablemente habrían muerto.

La capacitación de los obreros de la fábrica debe incluir los aspectos básicos de la seguridad en incendios. Deben estar alerta ante cualquier problema, como filtraciones, cigarrillos, u olor a quemado, e informar inmediatamente estos hechos a su supervisor o al Gerente de Seguridad. Deben saber dónde encontrar los extinguidores de incendio y cómo usarlos. Se les debe informar de que los propelentes de hidrocarburos son como los delincuentes: si se escapan de su lugar de reclusión, intentarán quemar o matar. Los obreros no deben intentar ser héroes (tratando de detener filtraciones de gas) a menos que estén autorizados a hacerlo después de una capacitación especial. Casi siempre, deben alejarse caminando rápidamente, por un camino asignado, hasta un sitio indicado en el exterior (deben realizarse simulacros de incendios periódicamente, para ver con cuánta rapidez se puede evacuar la planta.) Todos los empleados deben trabajar en áreas despejadas con fácil acceso a las puertas exteriores. Cuando sea posible, algunas salas deben tener dos puertas de salida, para evitar que los empleados queden atrapados si ocurre un incendio entre ellos y una de las puertas de salida.

Los supervisores, gerentes y gerentes generales deben apoyar los programas de capacitación de seguridad de los empleados. Sin su apoyo, pocos serán los logros. Idealmente, deben entregar un pequeño folleto de seguridad para que los obreros lo estudien. Deben autorizar la realización de simulacros de incendios en forma periódica, y deben desarrollar un pequeño grupo de ingenieros que sean capaces de comprender y resolver situaciones de peligro.

Las áreas de peligro deben indicarse con carteles de advertencia, líneas pintadas en el suelo, y capacitación. Deben estar dedicadas al fin estipulado, y protegerse del incendio intencional y vandalismo de muchas maneras. La mayor parte de las plantas tienen paredes, cercos, portones con candados, carteles de "PELIGRO" o similares, y posiblemente un guardia de seguridad. Existen procedimientos escritos, tales como el cierre de ciertas válvulas, y el drenado de propelente de los conductos cuando no es necesario. Esto es especialmente importante para los conductos y equipos dentro del edificio de la planta. Las personas no autorizadas deben permanecer fuera de las usinas de gas y otras áreas sensibles. No debe permitirse a los menores de 18 años ingresar a las plantas de aerosoles. Esto se rige normalmente por una ley local o nacional. En la medida en que sea práctico, los obreros deben tener pasarelas que los mantengan alejados del camino de los autoelevadores o camiones internos de la planta. Estos vehículos deben detenerse completamente antes de cruzar alguna de estas pasarelas. Donde sea necesario, deben colocarse carteles que recomienden no fumar.

Seguridad de los empleados

Los gerentes son los responsables finales de la seguridad de sus empleados. Todos los empleados deben recibir información de seguridad, que incluya los peligros extremos que implican los HAP, la naturaleza peligrosa de los solventes inflamables o químicos corrosivos, y cómo tener seguridad, mediante un razonamiento lógico, sin realizar actividades de riesgo, etc. En las operaciones más grandes, el apoyo de los gerentes para el uso de las listas de verificación es esencial para la seguridad de la planta de llenado de aerosoles. Entre estas actividades, se incluyen los pasos para descargar un camión cisterna con seguridad, para activar un suministro de propelente al gasificador, para el trabajo de mantenimiento en un tamiz molecular y otras tareas complejas. Un supervisor debe estar disponible para verificar el procedimiento de listas de verificación, y autorizar el inicio del trabajo.

Los gerentes deben revisar periódicamente las instalaciones de mezclado, almacenamiento y producción en busca de problemas y desviaciones de las prácticas seguras. La ubicación de una bomba propulsora dentro de un edificio es un problema, ya que siempre tiene pérdidas de propelente en cierta medida. Los gerentes deben proporcionar un entorno de trabajo razonablemente claro y bien iluminado. Algunos empleados deben usar anteojos protectores (antiparras), por ejemplo los obreros que trabajan gasificando botellas de vidrio.

Los nuevos empleados deben recibir un breve período de capacitación en seguridad (mayor para los que manejan propelentes y gaseadores), además de un folleto de seguridad de bolsillo. Deben poder recibir instrucciones con respecto a qué hacer en los simulacros de incendio o en caso de que comience un incendio en la planta. Los empleados que hayan consumido alcohol o drogas deben recibir una advertencia y ser enviados a sus casas por el día. Los obreros que tratan directamente con los propelentes y gaseadores nunca deben estar influidos por alcohol o drogas, ya que podrían causar inseguridad en la planta para todos los demás. En muchas plantas, tales obreros son despedidos después del primer o segundo incumplimiento.

Aspectos técnicos y funcionamiento de un sistema de tamiz molecular para la purificación de hidrocarburos

Introducción

Los butanos y propanos, o las combinaciones de estos compuestos, suelen recibir la denominación “Gases Licuados de Petróleo” (o “GLP”). La forma más sencilla de convertir GLP en “propelentes de aerosol a base de hidrocarburos” (o “HAP”, según su sigla en inglés) consiste en la utilización de adsorción con tamiz molecular. Esto se puede aplicar, únicamente, a determinada feedstock [materia prima de alimentación de una unidad de proceso] en la que se presentan hidrocarburos de baja instauración, pero siempre trae aparejada la reducción drástica del olor característico “a gas”.

La purificación por tamiz molecular es tanto sencilla como económica. El gas a purificarse es bombeado a través de una columna como líquido, desde la parte inferior hacia la superior. Se llena la columna con pellets o esferas de 1/8” (3 mm aprox.) de diámetro de materiales para tamiz molecular. El más útil resulta el silicato de sodio y aluminio: tamiz molecular tipo 13X [Na₈₆ [(AlO₂)₈₆ (SiO₂)₁₀₆] • X H₂O].

En razón de las fuerzas de Van der Waals, los materiales son adsorbidos en los poros del material del tamiz, de manera selectiva. La adsorción del agua es la más importante; también resulta bastante significativa la del azufre (mercaptán y otros); un poco menos, la de los hidrocarburos insaturados; y, en la menor medida, los hidrocarburos saturados. Los materiales que resultan adsorbidos de manera más fuerte desplazarán al resto en la columna, en otras palabras: las moléculas de agua desplazarán a las moléculas de azufre.

Descripción de las columnas de tamices moleculares

En su forma más sencilla, las columnas o torres de tamices moleculares consisten en una columna cilíndrica cerrada con una parte superior y una inferior (por lo general bridada) y paredes lo suficientemente fuertes como para resistir la presión del gas y la presión de bombeo. Una de las tapas, por lo menos (la superior o la inferior), debe ser removible a fin de permitir el recambio de los pellets del tamiz molecular cuando ello sea necesario.

La adsorción efectiva depende principalmente del tiempo de contacto. Una torre alta y delgada asegura mayor tiempo de contacto que una torre baja y achaparrada. Se calcula una buena relación entre la altura utilizable y el diámetro en 15:1, para columnas de diámetros más bien estrechos, y en 8:1, para diámetros mayores. Siempre se debe utilizar cedazos de lana de vidrio u otro material en los extremos superior e inferior de las columnas de tamices moleculares para evitar que los pellets caigan a la parte inferior de la columna o que se integren al flujo a través de la válvula superior. El espacio ocupado por los cedazos o la lana de vidrio debe sumarse a las alturas aquí referidas.

Cada columna debe contar con una válvula de alivio de presión calibrada al 80% de la resistencia de presión medida de la torre. Esto reviste un carácter fundamental –estas torres se encuentran diseñadas para trabajar a un 100% de su capacidad y no se presenta problema alguno cuando se abren las líneas. Sin embargo, si se cierra la torre sin drenarla al enfriarse y luego se permite que se recaliente –especialmente en sitios de grandes variaciones de temperatura, por ejemplo en el Medio Oriente durante el verano— el gas se expandirá y, seguramente, romperá la torre si no se cuenta con una válvula de alivio de presión que funcione correctamente.

Los líquidos en expansión ejercen presión liquistática –que se eleva en forma extremadamente rápida ante los cambios de temperatura. Por ende, se debe tener en cuenta la posibilidad de que la válvula se abra al elegir el sitio de ubicación de la columna.

Cada columna debe contar con válvulas de activación rápida – válvulas de bolas, por ejemplo, en los extremos superior e inferior. Cada columna debe estar equipada con un calibrador de presión, la válvula de alivio de presión antes mencionada, y una válvula de purga en la salida superior, que permita la toma de muestras de gas.

Debe cargarse los pellets con sumo cuidado, ya que son altamente giroscópicos (absorben agua). Si el tambor en el que se los carga o la misma torre permanecen abiertos tan sólo por unas pocas horas durante un día lluvioso o de elevada humedad, los pellets del tamiz podrían adsorber su capacidad de agua de la humedad ambiental. Una vez saturados con H₂O, se tornan inutilizables: no adsorberán ningún otro material o sustancia. Se aconseja cambiar los tamices moleculares durante días soleados, calurosos, secos, en vez de proceder durante días nublados o húmedos. Nunca intente cambiar tamices moleculares en días lluviosos.

El flujo debe ser “fase líquida” o de la parte inferior a la superior. En este aspecto surge uno de los errores que se encuentra con mayor frecuencia en los países en desarrollo. Parece originarse en la lectura deficiente de la literatura o manuales proporcionados por el proveedor. Un gran número de las grandes torres de adsorción que se utilizaban en un principio estaban destinadas al secado de gas natural. Esto implica “adsorción por fase gaseosa” –que se realiza, correctamente, desde la parte superior a la inferior. Tanto la experiencia como la corroboración con la literatura o manuales, demostraron que la adsorción por fase líquida –requerida para los propelentes de aerosol— se efectúa desde la parte inferior hacia la superior. Otro grave problema que se presenta en los países en desarrollo radica en que algunas empresas procuran operar sus tamices moleculares en posición horizontal, lo cual no funciona correctamente.

Las variaciones implican el uso de tamiz molecular 4A, en primer lugar, o el empleo de gel alúmina o sílice, primero, para el secado. No obstante, ello representa una complicación para el proceso y, por lo general, genera escasos ahorros en comparación con la administración correcta de una serie de columnas de tamices moleculares. No se obtiene ahorro alguno cuando debe regenerarse las torres. Otra variación incluye el empleo de carbón activado –cuyo empleo es generalizado en la desodorización de otras sustancias. Sin embargo, no se ha demostrado que ello mejore los resultados respecto del uso de material de tamiz molecular 13X únicamente.

Consideraciones acerca del tamaño (longitud y diámetro) y flujo

La adsorción efectiva depende principalmente del tiempo de contacto. También se requiere de algo de movimiento –la mayoría de los poros se encuentran ya llenos de moléculas de butano o propano, entonces, toda molécula contaminante debe dar su golpe correctamente para lograr desplazarlas y ser adsorbida.

Una torre alta y delgada asegura más tiempo de contacto que una torre baja y achaparrada. Se calcula una buena relación entre la altura y el diámetro en 15:1, para columnas de diámetros más bien estrechos (por ejemplo, se fabricaría una tubería de 102 mm (4”) de diámetro con una altura o longitud de 152 cm (60”)), y en 12:1, para diámetros medianos (diámetros de 6 a 12” (de 153 a 306 mm)); y en 8:1 en el caso de diámetros mayores (diámetros de 18” (459 mm) o mayores).

En casi todos los casos, las empresas que purifican GLP y lo comercializan como HAP o sustancias “inodoras”, proceden con sus purificaciones por lotes o tandas. Purifican de tanque de GLP a tanque de GLP, de “sucio” a “limpio”. Pero la mayor parte de los llenadores de aerosoles purifican “en línea”: esto significa que transportan el gas sucio de su receptáculo a través de la columna o columnas, y luego directamente a la línea de producción donde se gasifica en latas.

Como regla general, se puede estimar el tiempo de contacto tomando la mitad del volumen de la columna –la otra mitad se encuentra completa con los pellets— y calculando el peso de GLP contenido. Esto se divide por el índice máximo de utilización de GLP en diez minutos –el tiempo de contacto mínimo— para obtener la altura mínima de la columna. Por ejemplo, una columna de 4" de diámetro y 1 m de altura va a contener un volumen de 8.171 cm.²(3) Si se toma el 50% de ello y se lo multiplica por 0,530 (una típica densidad de GLP) se obtendrá 2,17 kg de GLP. Si la tasa de llenado más rápida se corresponde a 10 latas por minuto (lpm) de 20 gramos de GLP cada una, el cálculo de $2,17 / (0,020 \times 10) = 10,8$ minutos de tiempo de contacto, que resulta suficiente para material levemente contaminado.

No obstante, si el llenado más rápido que se efectúa es de 18 lpm de 150 gramos de GLP por lata, el cálculo sería de $2,17 / (0,150 \times 18) = 0,8$ minutos – alrededor de 48 segundos, y se produciría una adsorción incompleta.

Otro factor: el tiempo de cambio. Teóricamente, el tamiz molecular 13X puede adsorber apenas un poco más del 30% de su peso en contaminantes totales. En la práctica, el flujo tenderá a canalizarse, en cierta medida, a través de la columna, y el gas no limpio comenzará a atravesar este canal mucho antes de que se alcance el nivel del 30%. Esto es lo que se denomina el punto de "penetración" de la columna, donde el gas no limpio ha comenzado a transitar a través de la columna. Por esta razón, las columnas horizontales resultan ineficientes –los pellets tienden a asentarse y la canalización se hace pronunciada a lo largo de la parte superior de las columnas horizontales. Esto conlleva una penetración temprana y, si se desechan los pellets cuando el gas con olor comienza a transitar fuera de la columna, no se aprovechará gran parte de las posibilidades de adsorción del material 13X.

En la práctica, aun una columna vertical bien diseñada experimentará la penetración a niveles del 20 al 24% de adsorción. Es factible lograr la penetración a un 15% por peso adsorbido de azufre y agua, o hasta un 10%. Esto puede producirse con el empleo de columnas horizontales, o con una columna baja y achaparrada (cuando la relación altura-diámetro no sea la correcta), o cuando el traspaso sea demasiado rápido (no se da el suficiente tiempo de residencia o "contacto").

La siguiente tabla considera dos tamaños de columnas a un índice de flujo (utilización) a niveles de contaminación de 100 ppm y 300 ppm (H₂O y todo azufre).

#	Descripción	Columna #1 (4" x 60")(10 x 152 cm)	Columna #2 (6" x 80")(15 x 203 cm)
1	Volumen al 100% (litros)	11,94	37,03
2	Volumen al 100% (litros)/2	5.97	18.52
3	Weight of LPG - [2] X 0.530 in kg.	3.16	9.81
4	Peso aprox. de 13X pellets en kg.	8.36	25.92
5	Tiempo de contacto en minutos a 2 kg/minuto Escenario de nivel de contaminante de 100 ppm	1.58	4.90
6	Contaminantes adsorbidos a 20 % en kg	1.67	5.18
7	Punto de penetración de GLP en kg	16,716	51,842
8	Tiempo de penetración/minutos a 2,0 kg/minuto	8,358	25,921
9	Tiempo de penetración/días a 480 minutos/día Escenario de nivel de contaminante de 300 ppm	17.41	54.00
10	Contaminantes adsorbidos a 10 % en kg.	0.84	2.59
11	Punto de penetración de GLP en kg	2,786	8,640
12	Tiempo de penetración/minutos a 2,0 kg/minuto	1,393	4,320
13	Tiempo de penetración/días a 480 minutos/día	2.90	9.00

Así, el tamaño de la columna, la cantidad de gas que transita y la cantidad de contaminantes presentes en el gas se combinarán para determinar el momento de cambio –el momento en que debe detenerse la producción y se deben cargar nuevos pellets de tamiz molecular en la columna. Esta es una consideración de significativa importancia cuando los contaminantes son elevados o las columnas tienen muy escaso diámetro (50,8 mm (2") o menos). Sencilmente no es factible reemplazar los pellets varias veces al día.



Las columnas pequeñas de tamiz molecular ubicadas hacia la parte posterior detrás del alambre tejido resultan adecuadas únicamente para una empresa pequeña.

El segundo escenario plantea una utilización del 10% de los pellets del tamiz molecular, lo que significa que la penetración se produce cuando los pellets han adsorbido tan solo un 10% en peso de compuestos de azufre. Esto no ocurrirá si se cuenta con las columnas y el tiempo de residencia adecuados. Este 10% por punto de saturación de peso no debería producirse, pero con frecuencia, ocurre. Las razones más frecuentes de una utilización deficiente son::

Humedad:: Nunca, ni la columna ni el tambor de almacenado del tamiz molecular, deben permanecer abiertos. Los pellets del tamiz molecular no tardan en adsorber la humedad, lo que significa una disminución de su vida útil. Cuando la penetración se produce casi inmediatamente a continuación de la carga de los pellets, casi siempre ya fueron expuestos a la humedad atmosférica.

Agua: El GLP puede contener agua en fase líquida. Esto puede tratarse de un “derrame o desbordamiento” tras un enjuague con aminos o ácidos en la refinería, o puede ser resultado de un hurto, cuando los empleados vacían parte del GLP y los reemplazan por agua. Tan sólo una insignificante cantidad de agua líquida puede arruinar –saturar- una columna en forma inmediata.

Canalización: El impulso a índices de flujo elevados a través de un pequeño tubo de admisión puede incrementar la canalización. La colocación de pellets de tamiz molecular directamente sobre la admisión también puede incrementar la canalización. Generalmente, se deja libre unos 20 cm de la altura de la columna en la parte inferior para permitir que el gas se desacelere y se distribuya de manera pareja. Este espacio libre no se encuentra contemplado en los cálculos antes presentados. Todas las unidades de tamiz molecular horizontales contarán con un elevado efecto de canalización; y se podría estimar una utilización por peso del 10% como máximo.



Estas tres columnas aportan un tamaño suficiente para una empresa mediana de llenado de aerosoles.

Índices de flujo elevados: En el ejemplo antes presentado, el ítem No. 5 resulta inadecuado para ambas columnas, aun cuando ambas columnas son más bien grandes para este tipo de uso. Se esperaría una penetración temprana con la columna No. 2; y una penetración muy temprana con la columna No.1. 2,0 kg por minuto de GLP requieren de una columna más grande que la No. 2 –o, en el mejor de los casos, dos columnas en serie (remitirse a la información presentada más adelante).

Si continuamos con los cálculos, en el caso en que busquemos 10 minutos de tiempo de residencia a una velocidad de flujo de 2 kg por minuto, debemos contar con una columna que albergue 20 kg de una vez. Si se emplea la mitad del espacio de la columna con los pellets, entonces necesitamos una con una capacidad total de 40 kg ó 75 litros (40/0,530 de densidad de GLP). Dicho de otra manera, aproximadamente el doble a la correspondiente a la Columna No. 2; entonces, podríamos emplear una columna con el doble de altura. Sin embargo, no resulta conveniente trabajar con columnas demasiado altas, y cabe mencionarse que siempre se necesita algo de espacio libre en ambos extremos.

Cinco columnas de tamaño bastante considerable resultan suficientes para una gran empresa de llenado..



Por lo general, resulta más conveniente incrementar el diámetro de la columna. Un diámetro de columna de 8" (20,32 cm) debería presentar una altura de 231 cm a fin de contar con una capacidad total de 75 litros. Aquí, la relación altura-diámetro es de 11 a 1, lo cual es aceptable. Una columna con diámetro de 10" (25,4 cm) debería presentar una altura de 148 cm a fin de contar con una capacidad total de 75 litros. Pero la relación altura-diámetro sería de 5,8 a 1, lo que no resultaría demasiado eficaz. Por ende, se debe escoger la columna que presenta un diámetro de 8".

Cuatro columnas en la Federación Rusa para una empresa de llenado muy grande, con capacidad superior a 50 millones de latas de aerosol por año.



El punto de penetración no afecta en modo alguno la capacidad total de adsorción. En el caso de que se cuente con más de una columna, la columna que alcance la penetración puede quedar en línea y, eventualmente, adsorberá su más del 20% de contaminantes, o hasta alcanzará el 30%. Sin embargo, con tan sólo una columna, deben instalarse nuevos pellets y emplearse tan pronto como se alcance el punto de penetración, independientemente del porcentaje de utilización.

Construcción de columnas de tamiz molecular

Por lo general se fabrica una columna circular de tubería de calibre (schedule) 80 ó 120. En cada extremo se suelda una brida para la presión. Se sueldan tres o más ménsulas a 20 cm del extremo inferior a fin de que soporten un cedazo grueso y uno fino, para cargar los pellets y a fin de dar lugar al "espacio libre" antes mencionado. Unos dos o tres centímetros de lana de vidrio por encima del cedazo fino contribuirán a contener los pellets y a distribuir el flujo.

Se pueden soldar puntas o picos a la parte externa de la columna de forma tal que sea factible sostenerla por una base de hierro angular. Una sugerencia: estas puntas o picos pueden fabricarse redondeados, y la base puede contar con apoyos o cojinetes que permitan a la columna rotar en su totalidad, más allá de la posición horizontal a fin de facilitar el vaciado de los pellets usados del tamiz molecular.

Una junta y una brida ciega gruesa completan la parte inferior de la columna. La brida ciega debe ser lo suficientemente gruesa (1" / 2,50 cm sería suficiente para columnas pequeñas) para perforarse y para que se suelde un niple de alta presión (calibre 80). Los accesorios o ajustes de tubería de 3/4" (19 mm) resultan apropiados para la mayoría de los usos o aplicaciones. En el caso en que se utilice un niple roscado, debe sellárselo en su ubicación de manera permanente por medio de material adsorbente específico para tuberías (no es correcto el empleo de cinta Teflón). A este niple se le adapta una válvula de bola calibrada para GLP de alta presión. Se conecta la manguera de admisión a esta válvula. Las bridas adquiridas deben soportar una presión mínima de 500 psig (34 bar aproximadamente).

La instalación de la parte superior comienza con dos cedazos: un cedazo fino que se coloca directamente sobre los pellets; y un cedazo grueso que se ajusta firmemente por encima (y que se afirma a las paredes internas de la columna). Estos cedazos retienen a los pellets. Una junta y una brida ciega gruesa completan la parte superior de la columna. La brida ciega debe ser lo suficientemente gruesa (1" / 2,50 cm sería suficiente para columnas pequeñas) para perforarse y para que se suelde un niple de alta presión (calibre 80). Los accesorios o ajustes de tubería de 3/4" (19 mm) resultan

apropiados para la mayoría de los usos o aplicaciones. En el caso en que se utilice un niple roscado, se lo debe sellar en su ubicación de manera permanente por medio de material adsorbente específico para tuberías (no es correcto el empleo de cinta Teflón). A este niple se le adapta, en sentido vertical, una T para alta presión y una válvula de bola calibrada para GLP y un manómetro. El orificio horizontal en la T se ajusta con un niple y una válvula de bola calibrada para GLP, otro niple y otra T con su orificio vertical hacia abajo. El orificio horizontal en esta T toma la manguera de descarga. El orificio vertical toma un manguito de reducción (por lo general de ¼") y una válvula de globo de GLP para la toma de muestras.

Se perfora la misma brida superior para que acepte una válvula de alivio de presión calibrada a un mínimo de 1,5 veces la presión máxima de bombeo. Esto nunca deberá superar el 60% de la resistencia de presión calibrada de la torre. Entonces, si el bombeo se realiza a 200 psig (14 bar), puede emplearse una válvula de alivio de 300 psig (21 bar), en tanto la columna presente una resistencia de presión calibrada en 500 psig (35 bar).

Los pernos utilizados para sostener las bridas superiores e inferiores contra las bridas de la columna deben ser los correctos. En tanto sea factible, se debe evitar todas las bridas de cuatro agujeros –las variedades que presentan seis u ocho agujeros resultan mucho más confiables. Por lo general, los pernos de acero endurecido de 3/8" a ½" (9,5 mm a 12,7") son adecuados. La junta empleada en el ensamblaje de ambas bridas debe ser adecuada para GLP. Se recomienda sellador de silicona, además de la junta estándar, a fin de prevenir micro-fugas –especialmente en bridas con pocos pernos.

La mejor construcción es aquella que presenta todas sus conexiones permanentes soldadas. En el caso en que se recurra a conexiones roscadas, deben sellarse en su ubicación por medio de un compuesto sellador (material adsorbente específico para tuberías) en vez de fijarlas en su sitio con cinta Teflón®. El sellado debe ser permanente de modo tal que se evite que se aflojen independientemente de la cantidad de veces en que las mangueras son conectadas y desconectadas.

Pruebas

La persona pertinente debe formular una prueba certificada de hidrostática. Debe conducirse al doble de la máxima presión de operación o a 500 psig. Se retira la válvula de alivio de presión con el objeto de dar lugar a esta prueba, y se conecta la manguera. Ello se realiza, en forma rutinaria, una vez cada cinco años. Los gases para aerosoles no resultan demasiado corrosivos y, por ende, no se requiere de pruebas con más frecuencia.

A continuación, se monta la columna sobre su base, se la conecta a las mangueras, y se somete el sistema íntegro a una prueba de presión de nitrógeno. Se presuriza la columna a 1,5 veces la presión más elevada de bombeo normal y se verifica la existencia de posibles fugas con espuma de agua jabonosa o con un detector portátil sensible a las fugas. La unidad no entra en servicio hasta tanto no pase ambas pruebas.

Ahorro y mejora de la eficacia

Para las empresas de llenado de aerosoles resulta ardua la tarea de operar de manera eficaz las unidades de tamiz molecular, de columna única, para la purificación en línea o en serie. La penetración siempre se produce antes de que los pellets del tamiz molecular se encuentren totalmente saturados. Con una única columna, se deben desechar inmediatamente los pellets y reemplazarlos por nuevos.

Un sistema de tres columnas resulta mucho más eficaz. Se las emplea en serie, de la siguiente manera:

Columna «A» ⇨ Columna «B» ⇨ Columna «C»

El control de calidad o el supervisor de la línea de producción controlan la columna "A", a cada hora, y toma una pequeña muestra de la válvula superior de muestra y procede a olerla. Cuando se alcanza la penetración, la muestra presenta un olor levemente característico a GLP. En esta instancia, no se procede de forma alguna más que colocando un rótulo indicador en la Columna "A" que dice "usada". Aún cuando la penetración ya se ha producido, a los pellets en

la columna "A" aún les resta mucha capacidad de adsorción.

A continuación se toma la muestra de la columna "B" correspondiente a cada hora. Cuando la penetración tiene lugar en la columna "B", debe detenerse la producción y deben reemplazarse los pellets de la columna "A". Una vez que se recarga la columna "A" con los nuevos pellets, se reconecta a las columnas de la siguiente forma:

Columna «B» ⇨ Columna «C» ⇨ Columna «A»

Tras esta puesta en marcha, la primera columna siempre permanece en funcionamiento más allá de la penetración, se la mantiene en marcha para que agote la capacidad de adsorción residual que resta. Siempre corresponde someter a la toma de muestra a la segunda columna de la serie. Ahora bien, cuando la segunda columna, la columna "C", alcanza la penetración, una vez más, se detiene la máquina y se cambia la columna "B" de forma que la nueva reconexión se formula::

Columna «C» ⇨ Columna «A» ⇨ Columna «B»

La próxima secuencia sería la repetición de la fórmula [Columna «A» >>> Columna «B» >>> Columna «C»] repeated.

Todo ello garantiza que:

1) Siempre una de las columnas –la primera— se encuentre en funcionamiento más allá de la penetración. Esta columna permanece en línea para agotar la mayor parte de la capacidad de adsorción de los pellets antes de desecharlos..

2) La segunda columna aún no alcanza la penetración pero que ésta pueda producirse en cualquier momento. Cuando ello suceda, se reemplazan los pellets en la primera columna y se la reconecta como la columna final. La columna con los pellets nuevos siempre es la última, una importante medida de seguridad.

3) Así, la tercera columna siempre se pone en marcha con nuevos pellets y se encuentra alejada de la penetración. El gas sin purificar no puede alcanzar la línea de llenado

Esta forma de utilización de las columnas de tamiz molecular permite economizar al máximo durante la operación y ofrece la mayor garantía de que el gas no purificado no pueda transitar a través del sistema. Implica una inversión de capital más elevada, pero se compensa rápidamente con la eficacia en la operación. Agregar una cuarta o quinta columna se traduciría en un agotamiento mayor de la utilización de los pellets; sin embargo, no suele ser rentable en términos de costos (remitirse a las excepciones incluidas más adelante). No obstante, se recomienda agregar columnas adicionales en los países con altos niveles de precipitaciones dado que el cambio de tamices moleculares no es factible durante los días lluviosos..

La importancia del feedstock

El primer factor a considerar cuando se trabaja con hidrocarburos (HC) es que son productos naturales, no son



Con el mero objeto de referencia, esta empresa en la Argentina es proveedora de HAP, purifica GLP y comercializa HAP a las empresas de llenado de aerosoles. No existe ninguna otra empresa de llenado de aerosoles en el mundo que cuente con columnas de semejante magnitud..

productos manufacturados o elaborados. Tratamos con butanos y propano provenientes del suelo. Es factible conocer sus propiedades individuales de manera muy precisa; son compuestos químicos. Por otra parte, cuando tratamos con ellos en la forma de GLP o HAP, debe reconocerse que estas sustancias o materiales no se encuentran en estado puro sino como mezclas extraídas del suelo o de corrientes de gas natural.

En segundo lugar, no se los puede capturar directamente tal como dejan el suelo. Siempre se los encuentra en mezclas con otras sustancias o materiales. Tres mezclas frecuentes nos sirven para ejemplificar esta situación:

- De un pozo de gas natural, mezclado con gas natural.
- De petróleo crudo, disuelto en petróleo líquido.
- Como producto destilado tras la “descomposición” o “reforma” de hidrocarburos más pesados.

La separación en compuestos individuales o grupos de compuestos se lleva a cabo en refinerías de petróleo. El proceso de fraccionamiento que separa físicamente los compuestos químicos por sus puntos de ebullición establece las características de presión del material final que recibirá la denominación de “feedstock”. Dado que la separación se produce por destilación fraccional, se llama “fracciones” o “cortes” a las agrupaciones.

En teoría, se puede separar tantos “cortes” o fracciones como compuestos químicos individuales con diferentes puntos de ebullición se encuentren presentes. En la práctica, el objetivo de la refinería y el equipo disponible determinan el número y carácter de los diferentes “cortes” que se producen. En el caso de que una sola fracción se encuentre disponible, la empresa de llenado de aerosol se verá impedida para reformar las características de presión del gas. En el caso de que cuente con acceso a dos o más fracciones, la empresa de llenado de aerosol podrá combinarlas para lograr distintas presiones intermedias. La tasa de utilización de aerosoles en cualquier país en desarrollo resulta, casi siempre, insuficiente para obtener “cortes” específicos.

Antes de que el feedstock arribe a la planta de aerosoles, debe transportarse hasta la refinería, almacenarse allí, luego transferirse hasta una plataforma de carga y, recién entonces, transportarse hasta la planta de llenado de aerosol. Todas estas distintas áreas revisten implicancias significativas para la empresa de llenado de aerosoles.

A los llenadores de aerosoles les gustaría obtener los tres compuestos químicos –n-butano, isobutano y propano— como “cortes” “puros” –con una pureza del 94 al 96%. Algunas refinerías cuentan con las columnas de destilación para lograr esas tres separaciones, pero ello se da con poca frecuencia. Entonces, la primera cuestión consiste en identificar la clase de refinerías existentes y la clase de columnas que poseen.

Las siguientes características son esenciales para un buen feedstock:

- Composición química y presión correctas
- Escasa presencia de compuestos de azufre
- Escasa presencia de hidrocarburos insaturados.
- Escasa humedad

Presión/ composición química: Una vez que abandonan la refinería, no pueden modificarse los componentes principales en la composición química del feedstock, excepto mediante el mezclado o unión con otro material o sustancia. En caso en que un país utilice propano puro como GLP, este material o sustancia presentará una presión demasiado elevada para emplearse como propelente (para la mayoría de los productos) sin alguna mezcla de butanos de baja presión con la que se lo pueda unir. Se presentan graves inconvenientes en países donde el único GLP disponible tiene una elevadísima presión (por ejemplo en Indonesia).

Algunos productos –pinturas, insecticidas a base de solvente, algunos adhesivos— requieren de un propelente de presión elevada (60 – 90 psig / 4,1 – 6,2 bar a 21° C); la mayoría de los productos en aerosol funcionan mejor con un propelente de baja presión (30 - 45 psig / 2,1 – 3,1 bar a 21° C). No existe un “blend universal”, y, lo mismo se aplica al CFC. Afortunadamente, existen varios usos para el propano puro; entonces, muchas refinerías llevan a cabo este corte. En general, el problema para el rubro aerosoles ha radicado en hallar un componente de baja presión susceptible de

mezclarse con el propano.

Saturados e insaturados: La diferencia en los puntos de ebullición entre el butano (C₄H₁₀) y el buteno (C₄H₈) es leve, y éstos suelen obtenerse en el mismo corte durante el fraccionamiento. No obstante, los butenos, con sus enlaces dobles, son mucho más reactivos que los butanos, y ello puede contribuir a la descomposición de los perfumes. Esta situación se da en todos los compuestos insaturados. Asimismo, algunos de ellos poseen un olor característico y desagradable, lo que repercute en forma perjudicial en los productos en aerosol. Se deberá controlar y verificar exhaustivamente el olor cuando se aceptan entregas de HAP destinado a diversas aplicaciones tales como los perfumes. Eso controlará a los insaturados que presentan un mal olor.

Sin embargo, siempre debe recordarse que cuando los materiales o sustancias con doble o triple enlace reaccionan en términos químicos, podrían hacerlo tanto en forma rápida como en procesos retardados.

Generalmente, la fuente de feedstock determinará la presencia o ausencia de insaturados. Con frecuencia, el HC que proviene de pozos de gas que se dan naturalmente, está relativamente libre de insaturados. Cuando existe una refinería que cuenta con las torres de separación adecuadas, cerca de un yacimiento de gas, suele contarse con acceso a buen feedstock. El gas que proviene de pozos de petróleo crudo, por lo general presenta elevados porcentajes de insaturados y, puede utilizarse como feedstock. El gas de una planta de "descomposición" siempre se presenta alto en insaturados.

La purificación por tamiz molecular sólo disminuye los insaturados en una cantidad insignificante. Entonces, si se requiere un exhaustivo control de olor, se seleccionan solamente los feedstocks bajos en insaturados. Afortunadamente, las refinerías tienden a recurrir continuamente a la misma fuente de materia prima o a emplear el mismo oleoducto. Una vez que las pruebas han concluido que un determinado perfume o producto puede tolerar un determinado feedstock, se ve resuelto el potencial problema planteado.

Asimismo, varios productos en aerosol –insecticidas, pinturas y productos a base de solventes— toleran bastante bien los insaturados. En algunos países, los insaturados no se consideran un problema. Aparentemente, más del 80% de los aerosoles en Malasia corresponde a insecticidas o pinturas para los que los insaturados no parecen ocasionar inconvenientes graves. De hecho, se ha establecido que incluso los perfumes llenados con el gas disponible en la plaza local son estables.

Sin embargo, cuando los insaturados generan inconvenientes, pueden generar un problema serio, especialmente en el caso de fracciones de baja presión. Suele ser necesario transportar feedstock a través de largas distancias, aun cuando haya GLP disponible a distancias más cercanas, solamente porque este material cercano es demasiado alto en insaturados para ser utilizado.

Bajo azufre, baja humedad: La forma más convencional de purificar feedstock de HC para usos en aerosol consiste en la adsorción por tamiz molecular. Los pellets que se emplean son selectivos en términos de cuáles químicos adsorben más fuerte y cuáles no. El producto que se adsorbe en mayor medida es el agua. Por ende, resulta muy beneficioso contar con feedstock seco dado que el poder adsorbente del material puede emplearse para cumplir con el objetivo de remover los componentes de azufre, y no sólo para el secado. El feedstock demasiado húmedo requiere un secado previo. Por lo general, el agua debe ser inferior a las 100 ppm (partes por millón) –cuanto más baja, mejores resultados.

De manera similar, a niveles más bajos de compuestos de azufre, más sencillo resultará limpiar el feedstock. El azufre (tanto en la forma H₂S como de mercaptan) otorga al GLP su característico "olor a gas". A mayor presencia de estos compuestos, más pronunciado será el olor. La gente experimentada en GLP suele hacer cálculos muy acertados sobre el contenido de azufre a partir del olor a gas, mucho antes de contar con los resultados que arroja el cromatógrafo de gas.

A mayor cantidad de H₂O y azufre presente, menor vida de los pellets del tamiz molecular.

El nivel de saturación para el agua en propano es de 160 ppm; para el iso-butano, 84 ppm; y para el n-butano, 72 ppm a 21° C. Entonces, en razón del producto a llenarse, la planta de aerosol se procurará el abastecimiento de feedstock, primero, conforme a la presión y la medida o cantidad de insaturados que el producto tolera, y luego se seleccionará el material con menor cantidad de agua y azufre. No suelen encontrarse a disposición análisis químicos precisos, por lo que estas determinaciones deben establecerse en virtud de la experiencia y la práctica.

Odorización del GLP

Hasta el momento, hemos determinado que el mal olor o hedor de GLP proviene de los compuestos del azufre y se corresponde con aquello que tiene origen en el suelo. Algunas veces, así sucede. No obstante, algunos pozos de gas proveen materia prima que prácticamente no contiene componente de azufre alguno. Gran parte del material que proviene del Golfo Pérsico presenta bajísimos niveles de olor, y algunos hasta podrían considerarse “inodoros” tal como provienen del suelo. Esto se traduciría en muy buen feedstock para los aerosoles.

Desafortunadamente, casi todos los países exigen que se agregue olor al GLP de inmediato. Entonces se añade mercaptan a la sustancia, como medida de seguridad, de forma tal que el GLP “olerá a gas”. Todo GLP al que se le añade olor correctamente presentará un mínimo de 10 ppm de mercaptan que se elimina de manera bastante sencilla. No obstante, en razón de descuidos y negligencia, la cantidad efectiva suele ser mucho más elevada.

Algunos países permiten la compra de GLP sin olor de una refinería en tanto exista un compromiso legal por el que se establezca que el material adquirido con tales características jamás se empleará para combustible. En los casos en que ello fuese posible, es, por supuesto, lo más conveniente.

Los llenadores de aerosoles desconocen –y no les preocupa— si el feedstock que se les provee cuenta con mercaptan que se da naturalmente, o si se le agregó el olor deliberadamente a fin de acatar con las reglamentaciones que rigen su transporte y manipulación. Sin embargo, siempre debe tenerse en cuenta que la cantidad de compuestos de azufres presente determinará la duración de las columnas entre los reemplazos de los pellets.

Desecho de los pellets usados del tamiz molecular

Los pellets usados del tamiz molecular presentan un horrible hedor. Contienen, varias veces, las mismas sustancias que generan el mal olor del GLP. Asimismo, se encuentran completamente saturados de GLP y, por ende, resultan un peligro inflamable de considerable gravedad. En primer lugar, se indica la forma en la que no se debe proceder:

- No deseche o se deshaga de los pellets usados del tamiz molecular en el depósito para basura de la planta. Además del mal olor, el grado de peligro de inflamabilidad que entrañan es elevado.
- No los coloque en un tambor y lo selle. Si más tarde se eleva la temperatura ambiente, la presión puede aumentar y romper el tambor.
- No vierta agua sobre ellos. La adsorción genera calor, lo que puede hacer arder el GLP.

¿Qué hacer? Una empresa vacía gradualmente los pellets directamente en baldes de 20 litros de agua –para ello emplea varios baldes de agua. Así, sólo se genera calor moderado. Otra empresa los esparce sobre una suerte de colchón de cemento y los rocía con agua hasta que se encuentran completamente empapados. En ambos casos, esto se lleva a cabo dentro del área de los tanques de seguridad, con buena ventilación y sin la presencia cercana de cualquier fuente que pueda generar un fuego.

A continuación, se cargan los pellets íntegramente mojados y por ende inertes en un tambor de 200 litros con un par de pequeños orificios para la liberación de la presión, y se los entrega al corredor que manipula desperdicios tóxicos y peligrosos para su descarte.

Regeneración de los pellets de tamiz molecular

Casi todas las empresas que producen HAP como parte de sus actividades comerciales regeneran los pellets 13X. Dado que proveer HAP es su negocio, estas empresas han invertido significativas cantidades de dinero a fin de poder regenerar. Tales plantas purificadoras suelen contar con vastos espacios libres; y su personal bien entrenado trabaja continuamente con grandes volúmenes de GLP inodoro. Es por ello que, cuando se cuenta con un proveedor de HAP calificado, siempre resulta recomendable que las empresas de llenado de aerosoles hagan uso de éste y adquieran HAP ya purificado –en vez de que las empresas mismas procedan con su purificación.

La literatura técnica señala que la regeneración puede llevarse a cabo valiéndose de una combinación de calor y un gas transportador. A veces, también se hace mención al vaciado o aspirado. En la práctica, ninguna empresa de llenado de aerosoles regenera íntegramente sus pellets. Algunas empresas les elevan la temperatura y sostienen que prolongan algo más el uso de sus pellets, pero no se ha logrado verificarlo, y si fuera así, sería muy peligroso. Por ende, el objetivo de esta sección es explicar cuán complicada resulta la regeneración y, así, desalentar la experimentación particular.

Las empresas que venden HAP a los llenadores de aerosoles regeneran sus pellets dentro de las columnas de la manera descrita a continuación:

- Se aíslan las columnas para conservar el calor.
- Todo proveedor de HAP siempre cuenta con tanques de almacenamiento, procesa por lote o tanda. Se calienta HAP limpio y se lo transporta a través de la columna en sentido contrario a la corriente, es decir, desde la parte superior hacia la parte inferior, en fase vapor.
- Al inicio, la temperatura de HAP es de 150° C aproximadamente, y se la va incrementado lentamente durante un período de 2 a 3 horas hasta alcanzar los 325° C. El flujo se mantiene hasta que pasan 12 horas completas..
- Por razones de seguridad, solamente se calienta HAP en forma indirecta, en un baño de sal o con otro tipo de calentador indirecto.
- Tras transitar por la columna, el GLP se encuentra muy sucio y contaminado. Se debe proceder a su enfriamiento hasta la fase líquida (o comprimirlo a fase líquida); debe transitar por un separador de líquido y, luego, se lo almacena o se lo hace llamear.

Por cuestiones ambientales, en varios países se encuentra prohibido encender o hacer llamear este material altamente contaminante. El agua removida en el separador de líquidos está contaminada y debe desecharse como desperdicio líquido tóxico y peligroso.

Dado que la mayoría de los países permiten la utilización de una amplia variedad de mercaptan para la impregnación de hedor, es factible que la mejor forma para desechar GLP muy sucio, que se ha utilizado para regeneración, sea venderse-lo al proveedor de GLP, quién lo verterá en los tanques convencionales de aprovisionamiento de GLP, progresivamente, sin exceder los límites permitidos.

Importación

La importación de HAP a sitios donde no se encuentra disponible es una opción, aunque puede ser difícil y costosa. Sólo puede transportarse HAP en recipientes de presión. En el siguiente cuadro se consignan algunos tamaños típicos, pero se entiende que las normas que reglamentan el transporte local difieren en los distintos países.

Típico equipo de transporte	Capacidad al 90%		
	(galones)	(litros)	(kilogramos)
Remolque terrestre	10,000	37,850	19,200
Gran cisterna ferroviaria	30,000	113,550	57,600
Isotainer trasatlántico	6,000	22,710	12,260

A los efectos de calcular la “capacidad en peso”, se emplea una densidad promedio de 0,540 kg / litro.

Otra complicación que se agrega a los problemas que generan los recipientes de transporte de tamaño pequeño radica en la necesidad de transportar HAP, únicamente, en tanques exclusivamente destinados para ello. No pueden emplearse los mismos tanques para cualquier otra sustancia, y deben retornarse al proveedor una vez vaciados. Ello se traduce en un incremento sustancial de tanto los costos operativos (la devolución del recipiente vacío o del equipamiento de transporte) como de los costos de la inversión (se debe proveer contenedores vacíos considerando el tiempo de expedición, ida y vuelta, y como factor de garantía, una estimación de tiempo extra que cubra cualquier demora que se produzca).

La importación evita los costos que traen aparejadas las columnas de tamiz molecular y resuelve cualquier problema asociado al feedstock. No obstante, muchos problemas relativos a las especificaciones y la distribución aún persisten.

Cabe plantearse aquí algunos de ellos:

- La determinación del gas a importar, de alta o baja presión.
- La determinación del modo y el equipo a utilizar para la entrega de HAP.
- La determinación de la forma de ajuste de la presión y en quién recae tal tarea.

Teniendo en cuenta las dificultades mencionadas, cabe mencionar que la importación funciona cuando se dan las siguientes premisas:

- Un mercado pequeño.
- Falta de acceso a cualquier fuente de feedstock.
- No se presentan problemas de “intereses nacionales” –controles a la importación o licencias que impidan la importación..

En otras circunstancias, se debe alentar a las empresas particulares a proceder con la purificación por tamiz molecular.

Hidrogenación

Se trata de un proceso químico altamente sofisticado que elimina insaturados. El ámbito más adecuado para llevarlo a cabo es la refinería. Un número reducido de empresas en el mundo que purifican y comercializan HAP emplean este proceso –pero ninguna empresa de llenado de aerosoles lo hace..

Conclusión de la Sección 2

La forma que predomina en la conversión de butano, propano o mezclas (GLP) en HAP consiste en hacer uso de la adsorción por tamiz molecular. Esto es simple y económico. Esta sección aporta los parámetros básicos para el diseño y la puesta en funcionamiento de las columnas de tamiz molecular y una explicación para su construcción.

Formulaciones para el aerosol moderno

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en las naciones en vías de desarrollo, la mayoría de los aerosoles utilizan propelentes a base de hidrocarburos. Algunos se fabrican aún con CFC, y en la China se utiliza éter dimetilo y también, dióxido de carbono. Los hidrocarburos purificados (HAP) ofrecen un ahorro significativo. Asimismo, permiten la producción o elaboración de varios productos a base de agua que no es factible con otros propelentes –excepto con DME, que por lo general no se encuentra disponible en los países en desarrollo.

La formulación de buenos aerosoles a base de hidrocarburos puede resultar difícil. Prácticamente no existen fuentes de información tales como libros y revistas al respecto. La capacitación práctica, en las mismas instalaciones, podría conllevar años. Determinados contenedores o sustancias químicas podrían no encontrarse disponibles con facilidad. Por lo tanto, el llamado formulador debe tener en cuenta ciertos aspectos:

Estabilidad	El producto no corroerá la lata o la válvula. Con el transcurrir del tiempo, su color, olor o apariencia no se verán modificados. No sufrirá degradación por microorganismos (bacterias, etc.)
Costo	Su costo debe ser lo suficientemente bajo como para ser competitivo.
Acatamiento de las regulaciones	
Producción	De ser factible, capacidad para hacer uso del equipamiento de producción actual.
Seguridad	Su producción debe ser segura. Debe ser seguro para el consumidor cuando se lo usa según las instrucciones impartidas.
Utilidad	Buen funcionamiento. Cumple con lo indicado en la etiqueta.

Las formulaciones aquí expuestas son algunas de las mejores del mundo. Se trata de formulaciones comerciales en los Estados Unidos de América o en Europa, o bien se trata de formulaciones levemente adaptadas por cuestiones de confidencialidad. Algunas han sufrido leves modificaciones a fin de alcanzar mejor las expectativas de los consumidores locales.

PRINCIPIOS GENERALES

Los Propelentes de Aerosoles a base de Hidrocarburos (HAP) constituyen solventes deficientes para el agua, los glicoles, las resinas y otros ingredientes. Puede utilizarse los cosolventes, como el etanol, para solubilizar tales sustancias químicas. En algunas fórmulas, el HAP permanecerá insoluble. En varios insecticidas, desodorantes de ambiente, limpiadores a base de agua, el HAP flota por encima, como un estrato líquido separado. Estos productos no pueden fabricarse con CFC, más pesado que la capa de agua.

Los aerosoles que emplean HAP, siempre resultan más inflamables que aquellos con formulaciones que incluyen otros propelentes. Se pueden encender las pulverizaciones de todos los aerosoles anhidros HAP mediante una llama de cerillo o fósforo. Así como también se puede encender una llama en la superficie pulverizada hasta que se produzca la evaporación de los solventes y HAP. La etiqueta deberá advertir a los consumidores que se trata de productos "inflamables".

Las formulas HAP que también contienen agua en un 65 a 95% son esencialmente no inflamables. Cuando el agua se encuentra presente, existe la posibilidad de corrosión, entonces debe agregarse inhibidores de la corrosión. Se suele emplear un 0,15% de nitrito de sodio (NaNO₂). Como el agua resulta difícil de descomponer, por lo general, se produce una pulverización bastante gruesa en comparación con la correspondiente a las fórmulas de anhidros. Ciertos concentrados a base de agua pueden incluir ingredientes insolubles, como la silicona o los aceites de perfume. Se los puede dispersar añadiéndoles surfactantes. Se debe corroborar la estabilidad de estas emulsiones. Si se produce alguna separación lenta, en cualquier instancia, se debe reciclar retornando al tanque la línea de alimentación del tanque al llenador. Asimismo, debe mantenerse constantemente en movimiento el líquido en los tanques de concentrado y llenado.

El agregado de agua siempre se traduce en una reducción en los costos de producción. Sería aconsejable que se purifique al agua, al menos por ósmosis inversa, y preferentemente mediante el empleo de una unidad des-ionizadora de cama mixta. Caso contrario, las variaciones en la composición del agua (como el cloro) pueden dañar la formulación del aerosol.

Por lo general, las fórmulas HAP tendrán menor densidad (menos peso por lata) que las viejas fórmulas con CFC. Esto se debe a que los hidrocarburos presentan densidades de tan sólo 0,53 gramos por mililitro a 20° C, o aproximadamente la mitad de la densidad del agua. Llevar a cabo correcciones implica la utilización de volúmenes de llenado de hasta cerca de un 88% de la capacidad neta de la lata, el etiquetado en mililitros (mL) o el empleo de alguna clase de lata de mayor tamaño. Algunos comercializadores han empleado el mismo peso de ingredientes activos por lata que en las viejas formulaciones con CFC.

Los aerosoles que contienen más de un 5% de HAP, aproximadamente, pueden rotularse como "inflamables". En el caso de que la fórmula contenga cerca de un 65% de agua, pero más de un 30% de HAP, se pueden rotular con la leyenda "inflamable". Esto tiene por finalidad advertir y proteger al consumidor. En algunos casos, también se coloca un pequeño símbolo de una llama. Se debe incluir una leyenda de precaución que, por ejemplo, advierta que se debe mantener el aerosol lejos de las llamas o chispas. En términos generales, debe mantenerse todo aerosol lejos del alcance de los niños. Esta leyenda de precaución suele aparecer en la parte posterior de la etiqueta de la lata

INFORMACIÓN SOBRE FORMULACIÓN Y ENVASE

Se han seleccionado los siguientes 12 productos en aerosol por su diversidad y su popularidad en todo el mundo. Se los clasifica en pesticidas, cosméticos, productos para el hogar o de uso doméstico y productos industriales.

Pesticidas

Se han seleccionado los siguientes 12 productos en aerosol por su diversidad y su popularidad en todo el mundo. Se los clasifica en pesticidas, cosméticos, productos para el hogar o de uso doméstico y productos industriales.

Exterminador de insectos voladores con anhídrido (a base de aceite o petróleo)

Sustancia	Proveedor	Peso %.
Praetrina (100% base)	Sumitomo	0.500
d-Fenotrina (100% base)	Sumitomo	0.125
MGK-264 Sinérgico	Sumitomo	1.000
Fragancia – Opcional		0.125
Kerosén desodorizado		58.250
Mezcla de propelentes a base de hidrocarburos (Presión: 4,8 bar a 21° C.) Posibilidad: 38% propano y 62% iso-butano por peso.		40.000
TOTAL		100.000

Lata	Se prefiere lata con interior liso, de 65 mm de diámetro.
Válvula	Copa sencilla, ya sea con manga de polietileno o con laminado de polipropileno. Orificio de varilla de 0,46 mm, junta con varilla de Buna, botón de interrupción mecánica de 0,40 mm, o cono de lluvia para pulverización hacia arriba del diámetro completo.
Notas	<ul style="list-style-type: none"> • Pulverización más silenciosa que la de las fórmulas a base de agua, pero más costosa. • Muy inflamable • Si se pulveriza un ambiente de 4 x 4 m durante 12 segundos, se exterminará el 100% de los insectos que vuelan y el 90% de los insectos que no vuelan. • Se puede emplear Cifenotrina (Gokilaht de Sumitomo) en vez de Praetrina.

Exterminadores de insectos voladores a base de agua

Sustancia	Proveedor	Peso %.
d-Aletrina (Neopimamin Forte - 100% Base)	Sumitomo	0.150
d-Tetrametrina (Neopinamina - 100% Base)	Sumitomo	0.110
Cifenoctrina (Gokilaht - 100% Base)	Sumitomo	0.110
Butoxido de Piperonilo		0.320
Oleamida DEA (Witcamide 511C)	Witco Chemical	0.180
Monooleato de Sorbitán (Arlacel 83, de Uniqema; o Crill 43)	Croda Inc.	0.005
Kerosén Desodorizado		8.500
Fragancia – Opcional		0.100
Agua des-ionizada		60.207
Octoxinol-9 (Triton X-100)	Rohm & Haas	0.018
Nitrito de Sodio		0.150
Benzoato de Sodio		0.150
Mezcla de propelentes a base de hidrocarburos (Presión = 2,8 bars a 21°C.) Posibilidad: 9% Propano y 91% iso-Butano, por peso		30.000
TOTAL		100.000

Lata	Hojalata, de 65 mm de diámetro, con interior liso y costura lateral con cinta.
Válvula	Copa de montaje de hojalata, con revestimiento interior de laminado de polipropileno. Exterior liso. Orificio de varilla de 0,61 mm, junta con varilla de Buna, cuerpo con llave para vapor de 0,41 mm y un gran orificio de final de pieza, preferentemente para tubo transversal capilar de 1,5 mm. Actuador con ranura, de 0,51 a 0,58 mm, para pulverizar hacia arriba y ajustado a un cono de lluvia plástico, ranurado, del total del diámetro.
Producción del lote o tanda	Mezcle los primeros ocho ingredientes en un gran tanque de mezclado. Esta constituye la fase oleosa. Combine los siguientes cuatro ingredientes en un segundo tanque de mezclado grande. Esta constituye la fase acuosa. Agitándolo bien, añada la fase acuosa a la fase oleosa. La agitación debe ser lenta para obtener un concentrado lechoso. Rellénelo mediante una tubería de reciclado que regresa al tanque. Se aconseja ajustar el pH de 7,6 a 8,0 a 25° C.

El exterminador de insectos que no vuelan es efectivo contra cucarachas, hormigas, garrapatas y otros insectos. Se lo pulveriza en los zócalos o bordes de los pisos y debajo de estufas o cocinas y alacenas, allí donde se esconden estos insectos. Las fórmulas que llevan anhídros resultan demasiado inflamables si emplean propelentes a base de hidrocarburos. Muchas emplean dióxido de carbono. Se encuentran disponibles fórmulas más económicas a base de agua, que tan sólo emplean un 4% de los propelentes a base de hidrocarburos. El uso de estas fórmulas es considerado seguro. A continuación se desarrolla esta última clase:

Exterminador de insectos que no vuelan a base de agua

Sustancia	Proveedor	Peso %.
Dursban (Clorpirifos)	Shell/Sumitomo	0.500
Xileno	Shell	0.350
Aceite de Castor EG-5 (Surfactol 318)	NL Chemicals	0.850
Oleamida DEA (Witcamide 511C)	Witco Chemical	0.450
Fragancia – Opcional		0.050
Agua des-ionizada		93.600
Nitrito de Sodio		0.050
Benzoato de Sodio		0.250
Mezcla de propelentes a base de hidrocarburos (Presión: 3,5 bar a 21° C.) Posibilidad: 18% Propano y 82% Iso-butano, por peso.		3.900
TOTAL		100.000

Lata	Lata de hojalata, de 52 o 65 mm de diámetro, con revestimiento interior simple y costura lateral con cinta.
Válvula	Copa de montaje de hojalata simple, con revestimiento de laminado en polipropileno. Orificio de varilla de 0,43 mm. Junta con varilla de Buna. Cuerpo con gran válvula con orificio para líquido –sin llave para vapor. Emplee un botón con orificio de interrupción mecánica de 0,50 mm. Tubo transversal convencional, orientado con la curvatura hacia la dirección de la pulverización. Cada vez más, se utilizan los llamados conos de lluvia..
Producción del lote o tanda	Mezcle los primeros tres ingredientes, más algún perfume, en un gran tanque de mezclado. Combine los restantes ingredientes en un segundo tanque de mezclado grande. Con un buen mezclado, lentamente, añada la fase acuosa a la fase oleosa. Continúe con la agitación lenta mientras procede al rellenado y emplee un sistema de tubería de reciclado para obtener mejores resultados. Se aconseja ajustar el pH de 6,9 a 7,3 a 25° C.
Nota	Rotule la lata del aerosol con la leyenda: “Agítese bien antes de su uso”.

El último pesticida es el aerosol desodorante – desinfectante. Está diseñado específicamente para superficies sólidas (como las mesadas de las cocinas) y acaba con el 99,9% de todas las bacterias y otros microorganismos en tan sólo unos pocos minutos. Como propelentes pueden utilizarse tanto el dióxido de carbono como los hidrocarburos, pero el dióxido de carbono suele ser corrosivo con el agua, y requerirá el empleo de excelentes revestimientos en las latas y ciertas combinaciones de inhibidores. Asimismo, su fabricación presenta más dificultades. La mayoría de las empresas prefieren el empleo de propelentes a base de hidrocarburos.

Aerosol desodorante – desinfectante

Sustancia	Proveedor	Peso %.
BTC 2125M (50% en agua)	Stepan Company	0.300
Atlas G-271 (morfolinio etosulfato de soja)	Uniqema Inc.	0.100
Morfolina – Bajo en olor		0.150
Nitrito de Sodio		0.200
Fragancia		0.250
Agua des-ionizada		14.000
Etanol		63.000
Mezcla de propelentes a base de hidrocarburos (Presión: 3,5 bar a 21° C.) Posibilidad: 18% Propano y 82% Iso-butano, por peso.		22.000
TOTAL		100.000

Lata	Se prefieren las latas de hojalata, con revestimiento interior liso, de 65 mm de diámetro
Válvula	Copa de montaje de hojalata, con revestimiento de laminado en polipropileno. Orificio de varilla de 0,46 a 0,50 mm. Junta con varilla de neopreno. Actuador con interruptor mecánico de 0,50 mm, con ahusamiento recto. Otra opción es que el actuador tenga una ranura y se utilice con un cono de lluvia del total del diámetro.
Composición	Disuelva los primeros cuatro ingredientes en agua des-ionizada. Agregue etanol y luego la fragancia.
Notas	Se puede describir a BTC 2125 como: cloruros de amonio n-alkil (60% C14, 32% C12, 5% C16 & 5% C18) dimetil bencilo al 0,075% y cloruros de amonio n-alkil (68% C12, 32% C14) dimetil etil-bencilo al 0,075%. Se dice que ambas sales de amonio cuaternario son sinérgicas. También se puede utilizar BTC 2125 al 0,40%, para un mayor poder de exterminio.
Otros	También es bastante frecuente el empleo de sales de amonio cuaternario, tales como cloruro de amonio alkil (50% C14, 40% C12 & 10% C16) dimetil bencilo al 0,12%.

Cosméticos (cuidado personal)

Existe una extensa variedad de preferencias entre los fijadores para cabello en aerosol en cuanto al tamaño de sus partículas, la intensidad de sus fragancias, la capacidad de fijación del cabello y otras características. En los Estados Unidos de América se exige un 42% de agua para cumplir con las reglamentaciones relativas a la calidad del aire. En algunos países se encuentra prohibido continuar con el empleo de cloruro de metileno. Ello ha causado que los aerosoles para el cabello presenten partículas de mayor tamaño –excepto en ciertos lugares de Europa donde se emplea éter dimetílico como propelente. Por lo general, la cantidad de hidrocarburo que puede emplearse en aerosoles fijadores del cabello se encuentra limitada del 25 al 40%, aproximadamente, por el tipo de resina seleccionada.

Fijadores para el cabello en aerosol

Sustancia	Proveedor	Peso %.	
		Regular	Hard to Hold
Amphomer (28-49-10) (97%)	National Starch & Chemical Co.	1.240	1.470
2-Aminometilpropanol (95% AMP)	Angus Chemical Co.	0.190	0.250
Etanol 100%		68.470	57.920
Fragancia		0.100	0.360
Mezcla de propelentes a base de hidrocarburos (Presión: 3,5 bar a 21° C.) Posibilidad: 18% Propano y 82% Iso- butano, por peso		30.000	40.000
TOTAL		100.00	100.000

Lata	con interior liso, de hojalata o de aluminio con revestimiento.
Válvula	Copa de montaje de hojalata, con revestimiento de laminado en polipropileno. 2 Orificios de varilla de x 0,50 mm. Junta con varilla de Buna. Cuerpo con un gran final de pieza de amplia apertura y llave para vapor de 0,41 a 0,56 mm. Preferentemente, tubo transversal modelo capilar de 1,25 mm de diámetro interno. Actuador con orificio (ahusamiento convencional) de interrupción mecánica de 0,41 mm. Se prefiere la llave de vapor de 0,56 mm para la fórmula de "fijación más potente".
Notas	Si se requiere más cantidad de propelentes a base de hidrocarburos, para una pulverización más seca, se sugiere el empleo de resina Versetyl-42 (28-49-42) (National Starch & Chemical Company). Emplee los mismos niveles que de Amphomer. Muchas fórmulas contienen pequeñas cantidades de proteína animal, aloe vera, e incluso vitamina A. Las ventajas que ofrecen no son significativas, sin embargo, tornan a las etiquetas más interesantes.

Los productos que otorgan brillo al cabello se encuentran destinados, obviamente, a proporcionarle al cabello un brillo de aspecto saludable. Cuentan con escasa capacidad que contribuya con la fijación, modelado o peinado. Estos productos abrillantadores son sumamente inflamables y tornan al cabello, en cierta medida, más inflamable hasta que se produce la evaporación cabal de los ingredientes volátiles.

Productos que otorgan brillo al cabello

Sustancia	Proveedor	Peso %.
Ciclometicona	Croda Inc.	3.000
Cyclomethicone	Dow Corning Corp.	2.500
Keravis (acondicionador fortalecedor) – opcional	Croda Inc.	0.400
Fragancia		0.100
Etanol		54.000
Mezcla de propelentes a base de hidrocarburos (Presión: 3,5 bar a 21° C.) Posibilidad: 18% Propano y 82% Iso-butano, por peso.		40.000
TOTAL		100.000

Lata	Por lo general, lata de hojalata, con interior sencillo, de 65 mm de diámetro.
Válvula	Copa de montaje de hojalata, con revestimiento de laminado en polipropileno o manga de PE. Orificios de varilla de 0,51 mm de diámetro. Junta de Buna. Cuerpo con válvula con gran orificio para líquido, 2,00 mm. Sin llave para vapor. Actuador de pulverización convencional de interrupción mecánica de 0,41 mm de diámetro (Alternativa: actuador de ahusamiento a la inversa de 0,41 mm).
Notas	Keravis también proporciona plasticidad al cabello y lubrica la superficie para proteger la cutícula. Se prefiere la ciclometicona (silicona) con anillo de silicona de cinco miembros.

El desodorante personal (para axilas) es sumamente popular. El desodorante ideal se denomina Triclosan: acaba en forma segura y eficaz con más del 99,9% de las bacterias residentes en la piel que causan los olores de las axilas. Para la mayoría de las personas, una pulverización diaria resulta suficiente para controlar el olor proveniente de las axilas. Se debe pulverizar en cada axila de 200 a 300 mm, durante dos segundos, aproximadamente.

Muchas personas utilizan estos aerosoles para controlar los olores de los pies y otras áreas. Se puede formular un "aerosol corporal" empleándose cerca de la mitad del nivel corriente de desodorante Triclosan. Por último, se puede producir una colonia corporal si se reduce o elimina el Triclosan y se incrementa el nivel de fragancia.

Desodorante personal en aerosol

Sustancia	Proveedor	Peso %.
Triclosan (Se comercializa como Irgasana DP-3000)	Ciba-Geigy	0.150
Propileno glicol		0.250
Miristato de Isopropilo		1.600
Fragancia		0.300
Etanol		52.700
Mezcla de propelentes a base de hidrocarburos (Presión: 3,5 bar a 21° C.) Posibilidad: 18% Propano y 82% Iso-butano, por peso.		45.000
TOTAL		100.000

Lata	Lata de hojalata, con revestimiento liso, o de aluminio, de 52 mm de diámetro.
Válvula	Copa de montaje de hojalata, con revestimiento interno de laminado en polipropileno o manga de PE. Orificios de varilla de 0,46 mm. Junta de Buna. Cuerpo con gran orificio de final de pieza (como de 2,00 mm) y orificio de llave para vapor de 0,40 mm. Actuador (con orificio convencional) de interrupción mecánica con orificio terminal de 0,40 mm.
Notas	La llave de vapor reduce la velocidad de salida y produce una pulverización más cálida. Como sucede con todos los lotes de etanol anhidros, se los debe proteger de forma tal que no absorban humedad, lo que podría ocasionar la corrosión de la lata. Para ello se utilizan tanques cubiertos y se minimiza el plazo de almacenamiento.

Las clases de cremas para afeitarse son: el tipo original, pre-espuma, y, en la actualidad existe también el gel o post-espuma. En América del Norte, el tipo post-espuma corresponde al 54% del mercado. Estas emiten un gel claro u opaco que deviene rápidamente en una espuma densa cuando se la toca con las yemas de los dedos. Estos productos requieren latas de aerosol especiales y su formulación y producción presenta dificultades. Por ende, nos limitaremos a describir, únicamente, las cremas para afeitarse del tipo original que, desde 1953, emplean propelentes a base de hidrocarburos.

Crema para afeitarse

Sustancia	Proveedor	Peso %.
Agua des-ionizada		74.900
Ácido Esteárico – bajo en olor		6.000
Ácidos Láurico / Mirístico – de aceite de coco		1.500
Dietanolamida de ácidos Láurico / Mirístico (Como Schercomid SLM-5)		0.500
Trietanolamina (99%)	Dow Chemical Company	3.900
Alcohol Cetílico		0.500
Glicerina (96 al 99,5%)		5.800
Aceite Mineral		2.400
Parabeno de Metilo (Metil 4-Hidroxibenzoato – conservante)		0.100
n,Propil Parabeno (n.Propil 4-Hidroxibenzoato – conservante)		0.030
Fragancia		0.370
Alcoholes de Lanolina (Opcional)		0.500
Mezcla de propelentes a base de hidrocarburos (Presión: 3,5 bar a 21° C.) Posibilidad: 18% Propano y 82% Iso-butano, por peso.		3.500
TOTAL		100.000

Lata	Lata de aluminio u hojalata, con revestimiento interior, de 52 ó 65 mm diámetro.
Válvula	Copa de montaje de hojalata, con revestimiento de laminado en polipropileno para latas de hojalata. (Para latas de aluminio, juntas tipo lathe-cut de Buna). Orificios de varilla de 0,46 mm. Empaquetadura o junta con varilla de Buna. Cuerpo con válvula y típica final de pieza (de amplia apertura) de entre 1,5 y 2,0 mm y sin llave para vapor. Tubo transversal convencional.
Notas	<ul style="list-style-type: none"> • Si resulta difícil conseguir los ingredientes ácidos láurico/mirístico, es factible reemplazarlos con 1,5% de ácido esteárico adicional. El producto resultante será levemente más áspero sobre el cutis afeitado. • También se puede emplear el producto para afeitar vello de las axilas, piernas y otras áreas. • La espuma de todas las cremas pre-espuma se devendrá “más húmeda” o su densidad se elevará cuando el producto en la lata se esté por terminar.

Productos para el hogar

En todo el mundo, el producto para el hogar o de uso doméstico en aerosol que alcanza mayor popularidad es el desodorante de ambiente. Muchas de estas formulaciones contienen anhídrido, emplean etanol, iso-propanol, kerosén desodorizado, o incluso metanol como ingrediente diluyente-solvente. En la actualidad, las fórmulas menos costosas emplean 68% de agua des-ionizada junto con el 30% del propelente a base de hidrocarburo. Los aerosoles de emulsiones de agua en aceite resultan más ruidosos que los productos con anhídrido y el tamaño promedio de la partícula es un poco mayor. Casi la totalidad de estos desodorantes de ambientes a base de agua se encuentran diseñados para emplear conos de lluvia plásticos del total del diámetro que permitan la pulverización orientada hacia arriba. Esto contribuye a la desodorización de la totalidad del espacio de aire en los ambientes. Los pesos de relleno convencionales son de 200 a 300 gramos por lata.

Desodorante de ambiente a base de agua

Sustancia	Proveedor	Peso %.
Agua des-ionizada		68.547
Octoxinol-9 (Como Triton X-100)	Rohm & Haas Company – USA	0.018
Nitrito de Sodio (inhibidor de corrosión)		0.105
Benzoato de Sodio (inhibidor de corrosión)		0.105
Glutaraldehído - 25% en Agua	Union Carbide Corporation, now Dow	0.050
Oleamida DEA (como Witcamide 511C)	Witco Chemical Corporation	0.180
Sesquioleato de Sorbitán (Como Crill 43)	Croda, Inc.	0.005
Fragancia		1.000
Mezcla de propelentes a base de hidrocarburos (Presión: 3,5 bar a 21° C.) Posibilidad: 18% Propano y 82% Iso-butano, por peso.		29.990
TOTAL		100.000

Lata	<p>Por lo general, latas de hojalata, con revestimiento interior, de 52 mm diámetro. También se pueden utilizar latas de aluminio con revestimiento.</p>
Válvula	<p>Copa de montaje de hojalata, con revestimiento de laminado en polipropileno para latas de hojalata. Como alternativa, copa de montaje de hojalata, con revestimiento epon-phenolic, y manga PE, para latas de hojalata. Para latas de aluminio, copa de montaje de aluminio, revestidas, con empaquetaduras o juntas del tipo lathe-cut de buna. Orificios de varilla de 0,51 hasta 0,64 mm. Cuerpo con válvula diseñada para que encaje un tubo transversal del tipo capilar y lleva un orificio para llave para vapor de entre 0,38 y 0,41 mm. La junta de varilla puede ser del tipo buna o de neopreno. El tubo capilar transversal posee un diámetro interno de 1,27 mm. Casi siempre se emplean conos de lluvia de aerosol del diámetro completo. Se encaja un actuador de pulverización vertical, ranurado sobre la varilla de la válvula y dentro del cono de lluvia. Es de suma importancia la altura de la varilla por encima del borde de la copa de la válvula cónica para lograr ensamblar el cono de lluvia satisfactoriamente. El orificio del actuador es de 0,51 mm.</p>
Composición	<ul style="list-style-type: none"> • Vierta el agua des-ionizada en un gran tanque mezclador. Disuelva los primeros cuatro ingredientes. Esta constituye la fase acuosa. Combine los siguientes tres ingredientes en un segundo tanque más pequeño. Esta constituye la fase oleosa. Agitándolo bien, añada la fase aceite a la fase agua. Esto producirá una emulsión de agua en aceite lechosa que debería ser lo suficientemente resistente a la separación. Agite el tanque durante la acción de llenado y haga uso de un sistema de tuberías de reciclado a fin de evitar la separación de las fases. Si el rellenador del concentrado cuenta con un "tanque de compensación" encima, también se lo debe someter a agitación durante el llenado. • Una segunda fuente de Oleamida DEA es Croda, Inc. — Incromide OPD. • Una segunda fuente de Sesquioleato de Sorbitán es Uniqema, Inc. Arlacel 83. • Una segunda fuente de Octoxinol-9 es Henkel (División Productos Orgánicos) — Hyonic PE-250. • Glutraldehído (25% solución en agua) constituye un conservante fuerte contra el posible ataque de hongos y bacterias. La solución es cáustica, corrosiva y muy pegajosa. En la actualidad, la comercializa Dow Chemical Company –dado que en 1999 adquirieron Union Carbide Corporation. • Probablemente, se pueda utilizar formaldehído (37% en agua), en el 0,10%, aproximadamente, como alternativa.. • Con esta fórmula, se han empleado propulsores a base de hidrocarburos desde 100% iso-butano (Presión = 2,1 bar a 21° C) hasta 20% propano y 80% iso-butano, por peso (Presión = 3,5 bar a 21° C). Dado que la emulsión sufre una lenta separación dentro de la lata de aerosol, las etiquetas deben indicar a los consumidores "Agítese antes de usar". A fin de evitar que se forme alguna espuma en la pulverización, es importante respetar la forma de emulsión "agua en aceite". • La fabricación de desodorantes para ambientes a base de anhidro, que suelen emplear mezclas de propelentes a base de hidrocarburos del 40%, es sencilla, pero son más costosos y muy inflamables.
Notas	<p>Los niveles de fragancia varían entre 0,4 y 2,0%, aproximadamente, según las pruebas con el consumidor y la intensidad.</p>

Los aerosoles lubricantes gozan de bastante popularidad. Los productos que más se venden también prometen el “desplazamiento del agua” de forma tal que las superficies de metal no sufran el óxido o la herrumbre ante la exposición a las condiciones atmosféricas, incluida el agua salada. Esta protección puede durar por semanas y hasta meses. Estos aerosoles también pueden contribuir a aflojar pernos o tornillos oxidados. Se los utiliza en el hogar, así como en vehículos y en aplicaciones industriales.

Sustancia	Proveedor	Peso %.
Diocil Sodio Sulfosuccinato (100%) como Mackanate DOS-70; remitirse más adelante.		3.000
TLA 620 (Aditivo Lubricante de Texaco)	Texaco Oil Company	2.500
Petrolato – Blanco o Amarillo	Sonneborn Division of Witco Chemical Co.	1.000
Siponic 260 (PEG 6 Iso-lauril Tioéter)	Alcolac Industrial Chemicals Div.	0.500
Hexilen Glicol	Dow Chemical Company	1.500
Etilen Glicol Monobutil Éter – como Dowanol EB	Dow Chemical Company	1.500
Aceite Mineral		0.400
Fragancia – Opcional		0.050
Esencias Minerales – Bajo olor (Punto Flash 43°C, mínimo)	Open Cup Tester	64.550
Mezcla de propelentes a base de hidrocarburos (Presión: 3,5 bar a 21° C.) Posibilidad: 38% Propano y 62% Iso-butano, por peso.		25.000
TOTAL		100.000

Lata	Latas de hojalata, con revestimiento interior liso, de 52 a 65 mm diámetro. (Se emplean diversos tamaños).
Válvula	Copa de montaje de hojalata simple, con manga de PE o, en su defecto, revestimiento de laminado en polipropileno. La varilla presenta 2 orificios x 0,63 mm. La empaquetadura o junta de la varilla es de buna. El actuador, generalmente, posee un orificio convencional de 0,51 mm pero, con frecuencia, su diseño le permite encajar a un tubo de prolongación de polipropileno insertado, 10 mm, aproximadamente, más corto que el cuerpo de la lata –pero no más extenso que 150 mm. (Esto permite que, cuando así se desee, la aplicación sea precisa y exacta en un punto). El tubo de prolongación capilar se encuentra sujeto al cuerpo de la lata mediante una pequeña banda de goma o caucho. El tubo transversal de la válvula es de diámetro convencional.
Cubierta	Por lo general, consiste en una pequeña tapa – cobertor plástico de protección que tan solo cubre la válvula; no obstante, se incrementa el uso de tapas – cubiertas de plástico de todo el diámetro.

Notas

Se puede adquirir el primer ingrediente (utilizado para el desplazamiento del agua) como Mackanate DOS-70™ (70% material activo), del MacIntire Group, Ltd. USA, como Triton GR-7M™ (67% material activo), de Rohm & Haas Co. USA y otros grandes proveedores. El Hexilen Glicol y Etilen Glicol Monobutil Éter actúan en forma sinérgica a fin de lograr la máxima penetración en las roscas de los tornillos oxidados, etc.; no obstante, cualquiera de los dos materiales puede emplearse con éxito sin el otro, si así se desea. Deben emplearse con mucha cautela aquellas fórmulas de propelentes a base de hidrocarburos en baterías de vehículos, electrodos de calentadores eléctricos, terminales de amperímetros, y similares, donde un arco eléctrico podría quemar y formar un pequeño agujero en la lata y encender los contenidos cuando salen pulverizados. Algunas empresas han cambiado sus fórmulas para emplear dióxido de carbono no inflamable como propelente. Esto genera una pulverización relativamente pobre y pesada, pero que resulta muy satisfactoria cuando se la utiliza con el tubo de prolongación. En América del Norte, en mayor medida, se emplean estos tubos de prolongación.

Los limpiadores multiuso representan un mercado muy significativo en América del Norte y Europa. Se considera que estos productos tienen por destino limpiar superficies sólidas. Asimismo, existen muchos limpiadores específicos, tales como limpiavidrios, limpiahornos, limpiadores para llantas de vehículos, que han acaparado pequeñas porciones del mercado. Además, existen limpiadores desinfectantes para cocinas, y especialmente para baños, donde acabar con los gérmenes es de suma importancia. Con bastante frecuencia, para obtener este limpiador desinfectante, se emplea la formulación correspondiente a los limpiadores convencionales para superficies sólidas y se agregan mínimas cantidades de sustancias químicas bactericidas. Mientras que los limpiadores multiuso funcionan bien para remover manchas y similares de los textiles, en la actualidad contamos con diversos limpiadores específicos diseñados para desempeñar bien esta tarea. En general, se pulveriza con estos limpiadores sobre la mancha, luego, transcurridos unos diez minutos o más tiempo, se lava el textil, y así se elimina la mancha.

La siguiente fórmula es eficaz para la remoción de suciedad de superficies sólidas. Cuenta también con un ingrediente opcional llamado etileno-dimina tetraacetato de tetrasodio (Na₄EDTA), que puede remover lentamente los depósitos de cal descolorante que se generan por goteo de agua en lavabos, piletas y bañeras. Esto se lleva a cabo mediante un proceso denominado quelación.

Limpiadores para superficies sólidas en aerosol

Sustancia	Proveedor	Peso %.
Alcohol Lineal - éter de propilen glicol (9 a 12 moles de óxido de etileno) – Como Tergitol 15-S-9	Dow Chemical Company	0.500
Versene 100 (38% Na ₄ EDTA en agua)	Dow Chemical Company	5.000
Trietanolamina – 85%	Dow Chemical Company	1.000
Éter Monobutílico de Propilen Glicol	Dow Chemical Company	4.000
Meta-Silicato de Sodio 5-Hidrato (Na ₂ SiO ₃ -5H ₂ O)		0.100
Morfolina – bajo olor		0.200
Ingredientes Reguladores de pH (50% NaOH o 50% Ácido Cítrico en Agua; remitirse más adelante) q.s.		
Fragancia		0.100

Agua des-ionizada		82.100
Mezcla de propelentes a base de hidrocarburos (Presión: 3,5 bar a 21° C.) Como 100% Iso-Butano – Posibilidad:18% Propano y 82% Iso-butano, por peso.		7.000
TOTAL		100.000

Lata	Por lo general, lata de hojalata, sin revestimiento interior, de 65 mm diámetro. (No se recomiendan las latas de aluminio).
Válvula	Copa de montaje de hojalata simple, con revestimiento interno de laminado de polipropileno. El orificio de la varilla es de 0,46 mm. La junta de la varilla es de neopreno. El cuerpo presenta un gran orificio para líquido y no tiene llave para vapor. El tubo transversal puede ser de diámetro convencional, pero resulta aconsejable emplear uno de diámetro bastante mayor (7 mm, aproximadamente) a fin de permitir varios segundos de pulverización invertida sin que se libere gas. El modelo del actuador es de interrupción mecánica (pulverización convencional) con orificio de 0,41 mm.
Cubierta	Por lo general, modelos de tapas – cubiertas de plástico del diámetro completo.
Notas	Para crear un limpiador desinfectante, incluya 0,40% de BTC 2125M (50% en agua) en la formulación. Para obtener las especificaciones químicas, remítase a la descripción del desinfectante-desodorante en aerosol. Una vez concluido el lote o la tanda, regule el pH entre 10,4 y 10,6 (a 25°C) añadiendo algunos de los químicos reguladores del pH que indica la fórmula. No se requiere demasiado. En algunos países se considera al limpiador-desinfectante como un pesticida, y queda sujeto a la inscripción en el registro pertinente del gobierno u otro control que corresponda. Se puede obtener una pulverización más espumosa si se agita la lata antes del uso. Para remover depósitos de cal, el producto pulverizado debe permanecer en contacto con la cal por un mínimo de una hora, y en el caso de depósitos más difíciles de remover, se repite el proceso tantas veces como sea necesario.

El lubricante para cocinar (rocío antiadherente) emplea una película de derivado de lecitina para evitar que los huevos, quesos, panes y otros productos alimenticios se peguen en sartenes, asaderas, moldes, recipientes para hornear y otras superficies similares. Esto termina con la necesidad de utilizar grandes cantidades de grasas y mantecas. El aerosol es más económico, más eficaz y agrega menos calorías a los alimentos cocidos. En el año 2003, este mercado alcanzó las 190 millones de latas aproximadamente en los Estados Unidos, y se dice que crece rápidamente a medida que más empresas ingresan en el rubro.

Lubricante en aerosol para cocinar (rocío antiadherente)

Sustancia	Proveedor	Peso %.
Centrophase 152 (un derivado de lecitina)	Central Soya, Inc. USA	7.000
Aceite de poroto de soja o aceite de maíz		70.000
Agua des-ionizada		4.000
Glicerina – 99,9%		0.650
Concentrado de sabor a manteca – opcional		0.100
FD&C Amarillo No.5 (Agente colorante para alimentos)		0.020
Mezcla de propelentes a base de hidrocarburos (Presión: 3,5 bar a 21° C.) Posibilidad: 18% Propano y 82% Iso-butano, por peso.		18.230
TOTAL		100.000

Lata	Se prefieren las latas de hojalata, con revestimiento interior liso, de 52 a 65 mm diámetro.
Válvula	Copa de montaje de hojalata simple, con revestimiento interno de laminado en polipropileno o manga de PE. La junta es de Buna. Se pueden utilizar diversas válvulas (llaves no para vapor) según el patrón de pulverización buscado. El actuador es de interrupción mecánica de 0,40 mm de diámetro, por lo general de un tamaño mayor al convencional. El tubo transversal debe encontrarse alineado con un punto direccional en el borde de la copa de la válvula dado que, por lo general, el producto en la lata se pulveriza en posición horizontal.
Notas	Este tipo de formulación se encuentra patentado en los Estados Unidos. No muestra casi espuma cuando se lo pulveriza sobre elementos de la batería de cocina en frío. En América del Norte y en algunos lugares de Europa, se considera a los hidrocarburos aditivos alimenticios. Pero en ciertas otras partes de Europa, no se permite la utilización de hidrocarburos en alimentos. Se deben corroborar las reglamentaciones o regulaciones nacionales para obtener más información al respecto. Aunque estos productos se usan cerca de las llamas de las cocinas a gas, no se conocen problemas de inflamabilidad. Centrophase C sirve de alternativa a Centrophase 152. Cualquier lecitina derivada y blanqueada –obtenida de porotos de soja— sería aceptable.

Productos industriales

Entre los productos industriales en aerosol más importantes se encuentran los aerosoles limpiadores de moho. Se basan en el uso de un derivado de la lecitina o un fluido de silicón como agente liberador. Sus aplicaciones incluyen la pulverización de superficies con moho en la fabricación de llantas y otro productos de goma o caucho.

Aerosol limpiador de moho

Sustancia	Proveedor	Peso %.
Fluido Dimetilsiloxano (500 centiStokes de viscosidad)	Dow-Corning Corp.	2.500
Hexanos combinados	Shell Oil Company	57.500
Mezcla de propelentes a base de hidrocarburos (Presión:4,8 bar a 21° C.) Posibilidad 35% Propano y 65% Iso-butano, por peso.		40.000
TOTAL		100.000

Lata	Lata de hojalata, con revestimiento interior sencillo, de 65 mm diámetro.
Válvula	Copa de montaje de hojalata, con revestimiento interno de laminado de polipropileno o manga de PE. Para pulverizaciones de pequeño tamaño, se debe emplear un orificio de varilla de 0,20 a 0,25 mm; para trabajos de mayor extensión, orificio de varilla de 0,33. Se prefieren juntas de varilla de neopreno. El cuerpo presenta un gran orificio para final de pieza y no posee orificio para llave de vapor. Se emplea tubería transversal convencional. El actuador debe corresponder al modelo de interrupción mecánica.
Cubierta	Por lo general, la cubierta es de plástico, y encaja sobre la copa de la válvula, pero no sobre la parte superior de la lata.
Notas	Deposite los barriles de 200 litros de hexanos mezclados fuera del alcance de la luz solar directa. Ábralos a la intemperie, dado que se emitirán entre 1 y 2 kilogramos de vapores extremadamente inflamables. Coloque el concentrado en un recipiente de llenado a prueba de explosiones y procure un alto grado de ventilación. Rotule las latas con leyendas que indiquen "Extremadamente inflamable". Se deben almacenar únicamente en depósitos bien ventilados. Si debe pintarse el objeto en el que se limpió el moho, cambie el fluido de silicón dimetílico a Fluido 231, Copolyol 190 u otros –preferentemente, según lo indicado por el proveedor de silicón. Asimismo, se emplean derivados de lecitina como agentes limpiadores de moho, al 3,5% aproximadamente. Se pueden producir aerosoles no inflamables empleándose silicona, trans.1,2-dicloroetileno, (punto de ebullición 43,5°C), y aproximadamente 55% de HFC-134a (CH ₂ F-CF ₃) como propelente.

Manipulación segura de HAP en el laboratorio

Los cilindros o tanques de propelentes de aerosol a base de hidrocarburos (HAP) deben almacenarse a la intemperie, excepto en el momento en que se los necesita. Luego, deben permanecer en la campana de escape del laboratorio. En general, éstas se utilizan para el llenado de buretas de presión de vidrio o grandes latas de transferencia de aerosol. A su vez, se las utiliza para inyectar HAP en los dispositivos que suministran muestras de aerosol. Se puede emplear gas nitrógeno para crear presión de bureta adicional que facilite el flujo hacia las latas de muestreo. Para las latas de transferencia, el flujo deseado puede crearse con un calentamiento suave (mediante agua tibia). Las latas de transferencia carecen de tubo transversal y la varilla de su válvula se conecta con la varilla de la lata de muestreo a través de una pequeña manga de polietileno provista por las compañías de válvulas.

Al sostener la lata de transferencia por encima de la lata de muestreo y presionándola hacia abajo, se abren las válvulas de ambas latas y comienza el flujo del propelente líquido. Se corrobora el incremento del peso de la lata de muestreo hasta que se ha agregado la cantidad deseada de propelente.

Todo laboratorio de aerosoles debe contar con una campana de escape, preferentemente de al menos 2 metros de ancho, con un sistema de conductos que conduzcan hasta el aire exterior. La gasificación y pulverización de aerosoles debe llevarse a cabo en estas campanas. Se puede punzar a través de la copa de la válvula hasta cuatro aerosoles a la vez, que se desgasificarán lentamente a través del orificio pequeño. Toda liberación anticipada de más de 10 gramos de gas hidrocarburo debe realizarse en la campana. En la mayoría de los laboratorios, la campana se encuentra en constante funcionamiento durante las horas de trabajo. Contribuye con la ventilación general del aire en toda la extensión del laboratorio.

Los laboratorios que se encargan del desarrollo de productos suelen contar con cientos, y hasta miles, de aerosoles en depósito para corroborar la pérdida de peso, la posibilidad de corrosión, las modificaciones en las válvulas, y otras cuestiones. A algunos se los somete a pruebas a 40 o hasta 50° C en gabinetes calefaccionados. Debe mantenerse la ventilación en estas áreas de depósito a fin de prevenir la acumulación de concentraciones inflamables de gases hidrocarburos, y las instalaciones eléctricas deben ser a prueba de explosión, dado que es de prever que algunas latas fallarán y se producirá una fuga de su contenido completo.

Se debe construir todo laboratorio con al menos dos puertas de salida. Esto permitirá a los obreros abandonar las instalaciones con seguridad ante un fuego o incendio grave. Todo laboratorio debe estar equipado con al menos dos extinguidores de incendio. Los obreros deben saber usarlos para apagar fuegos de pequeña magnitud antes de que aumenten de tamaño y se vuelvan más peligrosos para los seres humanos y la propiedad que allí se encuentre.

ANEXO NO. 1

PROPIEDADES DE LOS PROPELENTES A BASE DE
HIDROCARBUROS

	PROPANO	ISO-BUTANO	n.BUTANO
Fórmula	C_3H_8	$i.C_4H_{10}$	$n.C_4H_{10}$
Peso molecular	44.1	58.1	58.1
Punto de ebullición, °C.	-42.1	-11.7	-0.5
Presión (bar) 21°C.	7.52	2.14	1.17
Presión (bar) 54,4°C.	17.72	6.69	4.62
Densidad (g/mL) 21°C.	0.503	0.563	0.583
Limites de inflamabilidad en el aire (volumen -%, 21°C.)	2.2 – 9.5	1.8 – 8.4	1.8 – 8.5
Punto de inflamación, °C.	-104	-83	-74
Solubilidad en agua (%peso a 21° C.)	0.006	0.005	0.005

Bibliografía

Existen diversas fuentes primarias para ampliar la información::

- "Aerosol Conversion Technology Manual", Geno Nardini; 1994, United Nations Environment Programme, OzonAction Programme, 15 rue Milan - 75441 Paris, Cedex 09, Francia
Tel. (33-1) 44 37 14 50, Fax. (33-1) 44 37 14 74, www.uneptie.org/ozonaction, e-mail: ozonaction@unep.fr
- Aerosol Propellants: Considerations for Effective Handling in the Aerosol Plant and Laboratory, the Consumer Specialty Products Association (CSPA), 2002, 900 17th St. NW, #300, Washington, D. C. Tel (1 202) 872 8110), Fax (1 202) 872 8114), www.cspa.org
- Aerosol Safety Technology, Chen Yong Di, Li Hong, Montfort A. Johnsen, and Gunter M. Vogel, 2003, Cosmos Books. Disponible a través de Spray Technology & Marketing, (www.spraytechnology.com).
- BAMA Guide to Safety in Aerosol Manufacture, the British Aerosol Manufacturers Association, 1999. (www.bama.co.uk)
- "Basic Aerosol Technology", The Aerosol Promotion Council, India, 2003 (disponible en Inglés e Hindi).
- "Guía de Seguridad en el llenado de Aerosoles con Propelente Hidrocarburo", (Español), Geno Nardini; 2004, Instituto Mexicano del Aerosol, A. C. E-mail: geno@genonardini.com
- "Manual del Gas Licuado de Petroleo", 1998, by Pablo Oeyen, IPSA, (Español), E-mail: poeyen@ip-sa.com.ar
- Manual for non-CFC Aerosol Packaging: Conversion from CFC to Hydrocarbon Propellants, 1991, the United States Environmental Protection Agency. (www.epa.gov/).
- Pamphlet #30B, "Code for the Manufacture and Storage of Aerosol Products", 2002, National Fire Protection Association (NFPA). (www.nfpa.org).
- Pamphlets #58, "Liquefied Petroleum Gas Code", 2001, National Fire Protection Association (NFPA). (www.nfpa.org).
- "Safe Sprays, For Ozone Layer Protection", (video), 1998, United Nations Environment Programme, OzonAction Programme, 15 rue Milan - 75441 Paris, Cedex 09, Francia
Tel. (33-1) 44 37 14 50, Fax. (33-1) 44 37 14 74) - (disponible en varios idiomas). www.uneptie.org/ozonaction/, e-mail: ozonaction@unep.fr
- The Aerosol Handbook, 2nd Edition, Dr. Montfort A. Johnsen; 1982, The Wayne Dorland Company (agotado – varios profesionales del sector del aerosol cuentan con copias)..

El Programa OzonAction de PNUMA DTIE

En conformidad con el Protocolo de Montreal sobre Sustancias que Agotan la Capa de Ozono, diversos países alrededor del mundo adoptan medidas específicas, que incluyen un calendario de objetivos con plazos a cumplirse, a fin de reducir y eliminar la producción y el consumo de sustancias químicas elaboradas por el hombre capaces de destruir la capa de ozono estratosférica –el escudo protector de la Tierra. Más de 180 gobiernos se han unido en este acuerdo multilateral en defensa del medio ambiente y proceden con acciones tendientes a acabar con aquellas sustancias agotadoras del ozono (SAO), entre ellas CFC, halones, bromuro de metilo, tetracloruro de carbono, cloroformo de metilo y HCFC.

Las Partes del acuerdo convinieron la creación de un Fondo Multilateral que provea a los países en desarrollo la asistencia técnica y financiera necesaria para cumplir con lo establecido por el Protocolo. PNUMA, PNUD, ONUDI y el Banco Mundial constituyen las Agencias encargadas de la Implementación del Fondo.

El objetivo del Programa OzonAction (Acción por el Ozono) de PNUMA es cooperar con los países en desarrollo y países con economías en transición a fin de que logren el acatamiento de las medidas de control del Protocolo de Montreal. Desde 1991, el Programa ha cumplido con su objetivo al fortalecer las llamadas Unidades Nacionales de Acción por el Ozono (UNO) y facilitar las respuestas en los ámbitos regionales e internacionales ante el desafío que plantea el agotamiento del ozono, al prestar los siguientes servicios fundados en distintas necesidades:

- **Centro de Intercambio de Información:** presta servicios de información en razón de las necesidades emergentes, que contribuyen para que los encargados de la toma de decisiones puedan proceder de manera informada en lo relativo a políticas y tecnologías requeridas a fin de retirar las SAO. Este Centro de Intercambio de Información ha generado más de 100 publicaciones y otras contribuciones en materia de información que incluyen pautas, videos, CD-ROMs, material para la generación de conciencia del público, un boletín informativo, publicaciones específicas para el sector y un sitio de Internet...
- **Capacitación y Formación Nacional y Regional:** capacita a los legisladores, funcionarios aduaneros e industriales locales a fin de que instrumenten actividades en los ámbitos nacionales para acabar con la producción y el consumo de SAO. PNUMA promueve la participación de expertos locales de la industria y académicos en talleres de capacitación y reúne a las partes locales con intereses creados junto con expertos de la comunidad global protectora del Ozono. A la fecha, el Programa OzonAction ha llevado a cabo 75 programas de capacitación para funcionarios aduaneros y 68 dirigidos a técnicos en refrigeración..
- **Redes de intercambio regional entre los Funcionarios de SAO** –provee un foro habitual para que los mencionados funcionarios intercambien experiencias, desarrollen sus capacidades y compartan ideas con sus pares tanto de países en desarrollo como de países desarrollados. Estas redes de intercambio contribuyen a asegurar que las UNO cuenten con la información, recursos en capacidades y contactos necesarios para que implementen con éxito sus estrategias tendientes a eliminar gradualmente la producción y el consumo de SAO en el ámbito nacional. En la actualidad, PNUMA opera 10 Redes regionales y sub-regionales que se despliegan entre 148 países en desarrollo y 14 países desarrollados..
- **Planes para la Administración de Refrigeración (RPM, por su sigla en inglés):** provee a los países estrategias integradas que resultan eficaces y rentables en términos de costos a los efectos de eliminar gradualmente las SAO dentro de los sectores de aire acondicionado y refrigeración. Los RPM contribuyen a desarrollar soluciones que permitan superar los diversos obstáculos que se interponen en la meta de eliminar gradualmente la producción y consumo de SAO dentro del sector clave de la refrigeración. En la actualidad, PNUMA presta sus conocimientos y experiencia, información y orientación específica a fin de sustentar el desarrollo de RPM en 74 países
- **Fortalecimiento Institucional y Programas Nacionales:** alienta el desarrollo y la implementación de estrategias nacionales para acabar con la producción y el consumo de SAO, especialmente en los casos de países consumidores de volúmenes bajos de SAO. El programa ha cooperado con cerca de 105 países para el desarrollo de sus Programas Nacionales, y con 106 países a fin de que implementen sus proyectos para el Fortalecimiento Institucional.

En el año 2002, PNUMA reestructuró el Programa OzonAction con el objeto de proporcionar una mejor respuesta ante las necesidades que se generan en los países en desarrollo durante el periodo de acatamiento. Se otorgó una nueva orientación a la estrategia de trabajo y visión general dirigida ahora hacia el Programa de Asistencia para el Acatamiento (PAA). Una característica elocuente de la estrategia del PAA consiste en alejarse de un dispar enfoque para la administración del proyecto hacia una implementación directa e integrada del programa valiéndose de un equipo conformado por profesionales que cuentan con los conocimientos, la experiencia y las destrezas requeridas. PNUMA ha conferido carácter regional a la instrumentación del programa y los servicios al ubicar sus Oficinas Regionales al frente para que asistan a los países de la región.

El Programa OzonAction, que cuenta principalmente con la financiación del Fondo Multilateral, también recibe apoyo del llamado Crédito Global para el Medio Ambiente, el Gobierno de Suecia, el Gobierno de Finlandia y de otras fuentes bilaterales.

Para más información dirigirse al:

Sr. Rajendra Shende, Director del Programa OzonAction
 División de Tecnología, Industria y Economía - PNUMA
 15 rue Milan – 75441 Paris Cedex 09, Francia
 Teléfono: +33 1 44 37 14 50
 Fax: +33 1 44 37 14 74
 E-mail: ozonaction@unep.fr
 Sitio de Internet: www.uneptie.org/ozonaction

Acerca de la División de Tecnología, Industria y Economía del PNUMA

La DTIE del PNUMA tiene como misión ayudar a las personas de los gobiernos, a las autoridades locales y a las personas de la industria que tienen la responsabilidad de tomar decisiones, a adoptar políticas y prácticas orientadas al desarrollo sustentable.

La División trabaja en la promoción de:

- el consumo y la producción sustentables,
- el uso eficiente de energías renovables,
- el uso adecuado de los productos químicos,
- la integración de los costos ambientales en las políticas de desarrollo.

La Oficina del Director, ubicada en París, coordina las actividades que se realizan en:

- El Centro Internacional de Tecnología Ambiental (Osaka, Shiga), que realiza programas de desechos integrados, agua y atención de desastres, con atención particular en los países de Asia.
- La Unidad de Producción y Consumo Sustentable (París), dedicada al fomento del desarrollo de normas de producción y consumo sustentable, como una contribución al desarrollo humano a través de los mercados globales.
- La Unidad de Químicos (Ginebra), que actúa como catalizadora de acciones globales para lograr la gestión sustentable de la gestión acertada de los productos químicos y para el avance de la seguridad química en todo el mundo,
- La Unidad de Energía (París), que apoya políticas de la energía y el transporte para el desarrollo sustentable, y promueve la inversión en energías renovables y eficientes.
- La Unidad de Acción Ozono (París), que brinda apoyo para la eliminación de las sustancias que agotan la capa de ozono a los países en desarrollo y con economías en transición para asegurar la implementación del Protocolo de Montreal.
- Economía y Comercio (Ginebra), que ayuda a los países a integrar los temas ambientales en las políticas económicas y comerciales, y trabaja con el sector financiero para incorporar políticas de desarrollo sustentable.

Las actividades de la DTIE del PNUMA enfocan su atención en aumentar a sensibilización, mejorar la transferencia del conocimiento y la información, fomentar la cooperación tecnológica, y la implementación de convenciones y acuerdos internacionales

**Para obtener más información,
visítenos: www.unep.fr**

La presente guía se propone ayudar a responder a dichas necesidades. Cuanto antes se traten los temas en torno a la seguridad y los pequeños usuarios, más rápidamente se logrará la supresión total de CFC en el sector de los aerosoles. Al poner la seguridad en primer lugar se garantiza la sustentabilidad a largo plazo de la supresión gradual. Aunque la supresión gradual de CFC pronto será una historia de éxito según lo establecido en el Protocolo de Montreal, debemos garantizar que los HAP tengan una implementación gradual exitosa ayudando a que se proteja la vida, los medios de vida y el medio ambiente al mismo tiempo.

Esta guía fue preparada por el Programa OzonAction de PNUMA DTIE como parte del trabajo de PNUMA en el Fondo Multilateral para la Implementación del Protocolo de Montreal. Es el primer documento relacionado con la seguridad que se elabora en el Fondo, y fue redactado por expertos de la industria de reconocimiento internacional para ser utilizado en compañías reales por profesionales de la industria. Por lo tanto, "La seguridad en primer lugar" es primero en muchos aspectos.

www.unep.org

United Nations Environment Programme
P.O. Box 30552 Nairobi, Kenya
Tel.: ++254-(0)20-762 1234
Fax: ++254-(0)20-762 3927
E-mail: uneppub@unep.org



PNUMA



PNUMA

Para mayor información diríjase a:

UNEP DTIE
OzonAction Branch
15 rue de Milan
75441 Paris CEDEX 09
France
Tel: +33 1 4437 1450
Télécopie: +33 1 4437 1474
Email: uneptie@unep.fr
www.unep.fr/ozonaction



Multilateral Fund

for the Implementation of the Montreal Protocol