



MODULO 17: *Primera Respuesta Operacional*

1. SEGURIDAD

A. Blevé

BLEVE son las iniciales inglesas de Boiling Liquid Expansion Vapor Explosion, es decir, explosión por expansión del vapor de un líquido en ebullición.

Las BLEVE se producen en recipientes que contienen un líquido que, en condiciones ambientales normales de presión y temperatura (PTN: $T = 21^{\circ}\text{C}$; $P = 1 \text{ atm} = 1,013 \text{ bar}$), sería un gas. Si se rompe el recipiente el líquido entra bruscamente en ebullición, y una gran cantidad de él se evapora instantáneamente. Como el vapor ocupa un volumen muy superior al del líquido, el cambio de estado líquido-vapor supone un gran aumento de volumen. El vapor se expande instantáneamente. La expansión del vapor conlleva una onda de presión destructiva, y se trata, por tanto, de una explosión.

Como el origen de la explosión es un fenómeno físico (evaporación), la BLEVE es una explosión física.

Para que se produzca una BLEVE son necesarios dos elementos:

1. Que el recipiente contenga un líquido que, en condiciones normales de presión y temperatura, sería un gas.

Las sustancias que pueden dar lugar a una BLEVE pueden ser las siguientes:

- a) Un líquido sobrecalentado.
- b) Un gas licuado a presión.
- c) Un gas criogénico licuado.

La mayor parte de las BLEVE se deben a un gas licuado a presión.

Hay que hacer notar que la BLEVE se produce con independencia de que la sustancia involucrada sea o no combustible. Si la sustancia es combustible, después de la BLEVE se puede producir un incendio que, a su vez, puede ser causa de nuevas explosiones.

2. Que el líquido sufra una despresurización intensa y súbita, para que se produzca la ebullición instantánea, en masa (entre 1/3 y 1:2) del líquido. Esto prácticamente sólo se produce cuando el recipiente se rompe. El funcionamiento de una válvula de seguridad o la aparición de una pequeña fisura en el recipiente provocan una despresurización insuficiente, que sólo da lugar a la ebullición de una pequeña parte del líquido.

La mayor parte de las BLEVE se originan por el fallo del recipiente debido a la acción del fuego. Sin embargo, el recipiente puede fallar también debido a un impacto que ocasione su rotura o su perforación.



BLEVE de un líquido sobrecalentado

1. Líquido sobrecalentado

Se trata de una sustancia que, en condiciones normales de presión y temperatura, es un líquido. El líquido sobrecalentado está dentro del recipiente a una temperatura superior a la temperatura ambiental normal, y superior a su punto de ebullición. A esa temperatura, y a la presión atmosférica, sería un gas.

El calentamiento del recipiente puede deberse a un proceso controlado o a un accidente como, por ejemplo, un incendio.

2. Sobrecalentamiento

Imaginemos un recipiente metálico cerrado que contiene un producto líquido a presión y temperatura ambientales (PTGN). Si el recipiente se calienta a causa, por ejemplo, de la acción del fuego, aumenta la actividad molecular del líquido. Al llegar a su punto de ebullición, el líquido comenzará a hervir y a evaporarse. Pero, como está contenido en un recipiente cerrado, la fase gaseosa no puede disiparse en el ambiente ni expandirse, y comienza a ejercer una presión creciente sobre la fase líquida y, en general, sobre las paredes del recipiente. Esto detiene la tasa normal de evaporación, que se va haciendo más lenta, hasta que se llega a una situación de equilibrio. Una gran cantidad del producto permanece en fase líquida, a una temperatura superior a su punto de ebullición y a una presión superior a la ambiental. Cada aumento de temperatura sucesivo provoca un aumento de presión en el recipiente. El contenido se mantiene dividido en dos fases equilibradas: líquido y gas.

3. Sobrepresión

Los recipientes normales no están diseñados para soportar la presión debida al sobrecalentamiento. Así que comienzan a fallar y, finalmente, se rompen. El recipiente falla por su parte más débil. La secuencia más habitual en recipientes que normalmente no están a presión es: deformación de las paredes, fisura parcial y rotura total.

Una de las señales más evidentes de sobrepresión es la deformación de una pared normalmente plana, que se abulta, redondeándose. (Las superficies redondeadas reparten de una manera más uniforme la presión, y la soportan mejor.) Cuando una pared de chapa se abulta y redondea, se oye un ruido metálico agudo.

4. Rotura parcial

La parte más débil del recipiente es la que cede primero. Normalmente, el recipiente comienza a ceder en las costuras de los extremos. Según sea la relación entre la presión interna y la resistencia del recipiente, puede producirse una fisura parcial o su rotura total. Si se produce una fisura parcial, actúa como una válvula de seguridad, aliviando la presión. Se produce una fuga de vapor, acompañada de un ruido agudo. La altura de la nube de vapor y el ruido que se produce son indicativos de la presión interna del recipiente. Si el recipiente continúa sometido a la acción del fuego, volverá a subir la presión, y aumentarán la altura de la nube de vapor y el ruido. Si se refrigera el recipiente, bajará la presión, y disminuirán la altura de la nube de vapor y el ruido.

5. Rotura total



Si el recipiente sigue sometido a la acción del fuego, la presión interna sigue aumentando. Si el recipiente ha sufrido una fisura, tras el alivio inicial de presión, ésta volverá a aumentar. Llega un momento en que la presión supera la resistencia del recipiente, y éste se rompe totalmente.

6. BLEVE

Entonces, se produce una explosión (recordemos que una explosión es una expansión súbita de gas en el ambiente, que lleva asociada una onda de presión destructiva). Esta explosión tiene dos componentes:

- Por un lado, la expansión del vapor contenido en el recipiente en el momento de la rotura.
- Por otra parte, la expansión, mucho más violenta, del vapor que se genera al entrar en ebullición instantáneamente el líquido contenido en el recipiente.

Recordemos que el líquido estaba a una presión superior a la atmosférica y a una temperatura superior a su punto de ebullición a la presión atmosférica. Al romperse el recipiente, la presión desciende bruscamente al valor atmosférico, pero la temperatura del líquido continúa siendo la misma. Así que el líquido se encuentra, bruscamente, en condiciones de fase gaseosa, y se evapora instantáneamente, generando una cantidad de vapor mucho mayor que la ya contenida en el recipiente. La expansión del vapor generado constituye una explosión conocida como BLEVE.

La violencia de la BLEVE depende de la velocidad de evaporación y de la cantidad de líquido evaporada. La velocidad de evaporación depende de la diferencia entre la temperatura del líquido en el momento en que se rompe el recipiente y su punto de ebullición. Lo más habitual es que se evapore alrededor de un tercio del líquido contenido en el recipiente.

BLEVE de un gas licuado a presión

1. Gas licuado a presión

Se trata de una sustancia que, en condiciones normales de presión y temperatura, es un gas. Para licuarlo se somete, dentro de su recipiente, a una presión muy superior a la presión ambiental normal, que puede alcanzar varios bar.

Su temperatura es, generalmente, la temperatura ambiental. Esa temperatura es superior a su punto de ebullición en condiciones normales (PIN).

Con la presurización del gas no se consigue su licuefacción total, sino que se obtiene una zona de gas licuado (fase líquida) en la parte inferior del recipiente, y una zona de gas comprimido (fase gaseosa) en su parte superior. Las presiones de ambas fases están equilibradas.

2. Recipientes a presión

Para almacenar gases licuados se necesitan, por tanto, recipientes a presión. La forma de estos recipientes es redondeada. Los de tamaño pequeño e intermedio son cilíndricos, y están cerrados con casquetes esféricos o de forma abombada. Los de mayor tamaño son esféricos.

Los recipientes están dotados con una válvula de seguridad.



3. BLEVE por rotura del recipiente debida a un impacto

Aunque la mayoría de las BLEVE se producen por fallo del contenedor debido a la acción del fuego, algunas BLEVE se producen debido al fallo del contenedor por impacto. Los impactos son particularmente frecuentes en los accidentes de transporte que involucran vagones de ferrocarril y camiones. En estos casos, las BLEVE ocurren, por lo general, simultáneamente al impacto.

Si el recipiente sufre un impacto que lo perfora o lo rompe, el gas licuado se encontrará, súbitamente, a la presión atmosférica. Recordemos que está a la temperatura atmosférica, que es superior a su punto de ebullición a la presión atmosférica. Por tanto, el gas licuado se encuentra, bruscamente, en condiciones de fase gaseosa, y se evapora instantáneamente. Se genera una cantidad de vapor mucho mayor que la fase gaseosa ya contenida en el recipiente. La expansión del vapor generado constituye una BLEVE.

La violencia de la BLEVE depende de la velocidad de evaporación y de la cantidad de líquido evaporada. La velocidad de evaporación depende de la diferencia entre la temperatura del gas licuado en el momento en que se rompe el recipiente (en este caso, la temperatura atmosférica) y su punto de ebullición. En estas condiciones, lo más habitual es que se evapore alrededor de un tercio de la fase líquida.

4. BLEVE por rotura del recipiente debida a un sobrecalentamiento sobre la fase líquida.

Sobrecalentamiento

Imaginemos que el recipiente de un gas licuado se calienta a causa de la acción del fuego. Lo habitual es que las llamas ataquen el recipiente en su parte inferior, es decir, en la parte del metal que está en contacto con la fase líquida.

La resistencia del acero disminuye perceptiblemente cuando la temperatura sobrepasa los 20-0 °C y, al llegar a los 500°C, se reduce a la mitad.

Pero el líquido conduce y absorbe muy bien el calor, y se lo roba al metal. Mientras las llamas ataquen la parte del metal en contacto con el líquido, la temperatura del metal, aunque suba, se mantendrá dentro de unos límites seguros (generalmente, entre 50 y 60 °C).

Sobre presión

En cambio, subirá la temperatura de la fase líquida, lo que provocará la evaporación de una parte del gas licuado, y esto aumentará la presión de la fase gaseosa, y, en general, la del recipiente. Cuando la presión alcance cierto valor, entrará en funcionamiento la válvula de seguridad.

Funcionamiento de la válvula de seguridad

Algunos envases pequeños están dotados con una válvula continua, que cuando entra en funcionamiento ya no se cierra. La presión dentro del envase baja bruscamente, lo que aumenta la ebullición del líquido. Pero se trata de una ebullición progresiva, no de la ebullición en masa que constituye una BLEVE. El contenido del envase saldrá de él progresivamente en fase gaseosa, hasta que la presión se iguale a la atmosférica.

Los recipientes grandes cuentan con válvulas de seguridad de resorte. Estas válvulas se



abren cuando la presión es superior a la presión máxima de tarado, y se vuelven a cerrar cuando la presión es inferior a la presión mínima de tarado.

Si el recipiente sigue recibiendo un aporte de calor, la válvula de seguridad funcionará en ciclos de apertura y cierre. Cuanto más calor reciba el recipiente, más corto será el período entre un cierre y la apertura siguiente, y más largo será el período de apertura.

Al igual que en los recipientes que contienen un líquido sobrecalentado y sufren una fisura, la altura de la nube de vapor y el ruido que produce el escape son indicativos del sobrecalentamiento del recipiente.

Pero la válvula de seguridad no es suficiente para evitar una BLEVE, como se indica a continuación.

Alcance de la fase gaseosa

Si el recipiente sigue sufriendo los efectos del fuego, continuarán la elevación de temperatura de la fase líquida, la evaporación y la elevación de la presión. La temperatura del metal continuará, durante un tiempo, dentro de unos límites seguros.

El proceso continuará hasta que se produzca una de las dos circunstancias siguientes:

- a) Que la válvula de seguridad no pueda aliviar la evaporación creciente, con lo que seguirá aumentando la presión, hasta que sobrepase la resistencia del recipiente, y éste comience a fallar por la parte más débil.
- b) Que se evapore una gran cantidad de líquido y el metal al que atacan las llamas comience a estar en contacto con la fase gaseosa. Éste es el caso más habitual.

Rotura

El vapor conduce y absorbe muy mal el calor. El metal que recibe la acción del fuego y está en contacto con la fase gaseosa se calienta muy rápidamente. Recordemos que la resistencia del acero se reduce a la mitad cuando la temperatura llega a los 500 o C. El metal se dilata y adelgaza. Generalmente, aparece una franja de adelgazamiento longitudinal, que se alarga hasta alcanzar una longitud crítica. En ese momento, aparece una línea de fractura que se propaga a través del metal a la velocidad del sonido, en dos direcciones: longitudinal y circular. Como resultado, el contenedor se parte en dos o más piezas.

BLEVE

Al romperse el recipiente, el gas licuado se encontrará, súbitamente, a la presión atmosférica. Recordemos que, por efecto del sobrecalentamiento del recipiente, el gas licuado está a una temperatura superior a la atmosférica, y muy superior a su punto de ebullición a la presión atmosférica. Por tanto, el gas licuado se encuentra, bruscamente, en condiciones de fase gaseosa, y se evapora instantáneamente. La expansión del vapor generado constituye una BLEVE.

La violencia de la BLEVE depende, en este caso, de la presión alcanzada por la fase gaseosa, de la velocidad de evaporación de la fase líquida y de la cantidad de líquido evaporado. La velocidad de evaporación depende de la diferencia entre la temperatura del gas licuado en el momento en que se rompe el recipiente (en este caso, superior a la temperatura atmosférica), y su punto de ebullición. En estas condiciones, lo más habitual es que se evapore más de la mitad de la fase líquida.



5. BLEVE por rotura del recipiente debida a un sobrecalentamiento sobre la fase gaseosa

En el caso, menos habitual, de que las llamas alcancen desde un principio la parte del metal que está en contacto con la fase gaseosa, lo normal es que el recipiente falle rápidamente, incluso sin dar tiempo a que funcione la válvula de seguridad.

El gas licuado se encontrará, súbitamente, a la presión atmosférica y a una temperatura igualo ligeramente superior a la atmosférica, que es superior a su punto de ebullición a la presión atmosférica. El gas licuado se encuentra, bruscamente, en condiciones de fase gaseosa, y se evapora instantáneamente, produciendo una BLEVE.

La violencia de esta BLEVE depende de la velocidad de evaporación y de la cantidad de líquido evaporada. La velocidad de evaporación depende de la diferencia entre la temperatura del gas licuado (en este caso, una temperatura igualo ligeramente superior a la atmosférica), y su punto de ebullición. En estas condiciones, lo más habitual es que se evapore alrededor de un tercio de la fase líquida.

BLEVE de un gas criogénico licuado

1. Gas criogénico licuado

Un gas criogénico, en condiciones normales de presión y temperatura, es una sustancia gaseosa. Los gases criogénicos se almacenan a una temperatura muy inferior a la temperatura ambiental normal (generalmente inferior a -90 °C), y a una presión igualo ligeramente superior a la atmosférica, que en muchos casos es suficiente para que el gas se licue.

Si la temperatura del gas es superior a su punto de ebullición a la presión de almacenamiento, el gas criogénico está comprimido.

Si la temperatura del gas es inferior a su punto de ebullición a la presión de almacenamiento, el gas criogénico está licuado.

El recipiente de un gas criogénico puede fallar por sobrecalentamiento (por ejemplo, por fallo del sistema de refrigeración, o por un incendio) o por rotura debida a un impacto.

2. BLEVE por rotura del recipiente debida a sobrecalentamiento

El sobrecalentamiento producirá la evaporación de una parte, de la fase líquida, acompañada de un aumento de presión. El fallo del recipiente puede producirse por sobrepresión o por pérdida de resistencia bajo la acción del fuego. La fase líquida se encontrará bruscamente en condiciones de fase gaseosa: Su temperatura será superior a su punto de ebullición a la presión atmosférica. El resultado será una BLEVE similar a la de un gas licuado a presión, pero tardará más tiempo en producirse.

3. Explosión por rotura del recipiente debida a impacto

Si el recipiente se rompe por impacto, el gas criogénico se encontrará súbitamente, en contacto con el ambiente, a la temperatura atmosférica. Recordemos que su punto de ebullición es muy inferior a la temperatura atmosférica normal. Por tanto, el gas criogénico licuado absorberá calor del ambiente, se elevará su temperatura y se evaporará. Este proceso se desarrollará muy rápidamente, aunque no tanto como en una BLEVE de gas licuado a presión. El resultado será una explosión por expansión del vapor, aunque no tan violenta como las BLEVE normales.



La violencia de esta explosión depende de la velocidad de evaporación de la fase líquida del gas criogénico, y de la cantidad de líquido evaporada. La velocidad de evaporación depende de dos factores:

- a) De la diferencia entre la temperatura ambiental y el punto de ebullición del gas licuado a la presión atmosférica.
- b) Del área de contacto entre el gas criogénico licuado y la superficie sobre la que se derrame.

B. Desarrollo de la BLEVE

1. Intervalo de tiempo

La mayoría de las BLEVE se producen debido a un fallo del recipiente de un gas licuado bajo la acción del fuego.

El intervalo de tiempo entre el inicio del contacto de llama y una BLEVE depende de varios factores que son muy variables. Los más importantes son la intensidad del incendio y las características del contenedor.

En el caso de los recipientes de superficie no aislados, la BLEVE se puede producir en un intervalo que varía entre muy pocos minutos, en el caso de los recipientes pequeños, y varias horas, en el caso de los recipientes grandes. Un estudio efectuado con contenedores de GLP de un tamaño comprendido entre 3,8 y 113 m³, dio como resultado un tiempo comprendido entre 8 y 30 minutos, y el 58 por 100 se produjo en menos de 15 minutos.

En el caso de los recipientes con aislamiento térmico se tienen menos datos, porque solamente los contenedores de gases criogénicos y de algunos gases reactivos están aislados. De todas formas, es evidente que el aislamiento térmico puede retrasar mucho una BLEVE.

Como ejemplo extremo se puede citar un vagón-cisterna, en el que la BLEVE no se produjo hasta 20 horas y media después del comienzo de la acción del fuego. Como ejemplo comparativo, se puede citar un ensayo realizado con vagones-cisterna: la BLEVE se produjo en 93 minutos en la cisterna aislada, y en 25 minutos en la cisterna no aislada.

2. Contenido del recipiente

La mayoría de las BLEVE se producen cuando el contenido del recipiente está comprendido entre un poco menos de 1/2 y 3/4 de su capacidad.

3. Forma de rotura y alcance de los fragmentos

La mayoría de los contenedores cilíndricos se rompen en sentido longitudinal, pero también se pueden romper en sentido transversal.

Los fragmentos de los recipientes que se rompen en sentido transversal son proyectados a distancias considerables, de hasta 800 m. La distancia máxima, 1.200 m, se alcanzó en el siniestro de San Juanico (Méjico, noviembre de 1984).

4. Onda expansiva

Los daños provocados por la onda expansiva se producen en un radio de hasta 500 m.



5. Bola de fuego

Si el vapor expandido en la BLEVE es inflamable, lo más probable es que la nube de vapor se incendie. Si la causa de la BLEVE es el fallo del recipiente debido a un incendio contiguo, la ignición es inmediata. Si no hay fuego junto al recipiente, la nube puede inflamarse al entrar en contacto con una fuente de ignición cercana. El efecto de la ignición es un fenómeno similar a una deflagración, que se llama bola de fuego. El proceso es el siguiente:

- a) Al producirse la BLEVE, el vapor inflamable se mezcla con el aire. La proporción de vapor y oxígeno sitúa a la mezcla dentro de los límites de inflamabilidad.
- b) Una fuente de ignición presente incendia la nube. El frente de llama se propaga desde el foco de ignición hasta los límites de la nube, a una velocidad inferior a la del sonido. Si la ignición se produce junto al recipiente, el efecto es que el frente de llama «persigue», a menor velocidad, al frente de expansión de la BLEVE.
- c) La bola de fuego no produce ningún efecto de sobrepresión apreciable, porque se desarrolla al aire libre, y los gases de combustión se expanden en el ambiente a la presión atmosférica. En lugar de un aumento de presión, se produce un aumento de volumen: los gases de combustión llegan a ocupar un volumen 10 veces mayor que la nube inflamable original. No se trata, pues, de una explosión, sino de un incendio de gas, que sucede a la BLEVE.
- d) La bola de fuego dura muy poco tiempo, generalmente menos de 1 min., pero quema directamente todo el material combustible que éste dentro de su radio de cobertura, y el incendio puede propagarse más allá. Además, el calor radiante puede iniciar incendios más allá del límite de la bola de fuego. El calor irradiado puede alcanzar distancias de hasta 400, con la intensidad suficiente para provocar víctimas mortales.

6. Líquido no evaporado

Como se ha indicado, en las BLEVE se evapora entre un tercio y poco más de un medio de la fase líquida. El resto de líquido no evaporado es pulverizado y proyectado por la fuerza de la explosión.

Muchas de las gotas pulverizadas arden mientras vuelan por el aire. Sin embargo, lo más frecuente es que las gotas sean proyectadas fuera de la zona de fuego demasiado rápidamente para que se produzca su ignición, y caen a tierra todavía en estado líquido. Las gotas pueden recorrer distancias de hasta 800 m.

Si la temperatura del líquido es baja, refrigera el aire al pasar. En muchas BLEVE, los bomberos han sentido claramente un efecto de refrigeración al pasar a su lado el líquido pulverizado.

7. Explosión de una nube de vapor no confinada

Si el vapor es inflamable, lo más habitual es la ignición inmediata de la nube, en forma de bola de fuego. Pero en determinadas circunstancias, puede acumularse una nube de vapor inflamable sin entrar en ignición inmediata. Esta situación se da, sobre todo, en escapes de gas de gran intensidad y duración en plantas industriales, pero podría también



producir a consecuencia de una BLEVE.

Esta nube puede dar lugar a una explosión, si concurren las circunstancias siguientes:

- La nube es de grandes dimensiones.
- El vapor es más pesado que el aire.
- La nube se asienta en un entorno que impide su dispersión. . La nube entra en contacto con una fuente de ignición.

La ignición de esta nube, que en otras circunstancias daría lugar a una bola de fuego, en este caso da inicio a una deflagración que se va acelerando. El frente de llama se propaga, al principio, a una velocidad inferior a la del sonido. Pero la gran masa de la nube ejerce un efecto de confinamiento sobre los gases de combustión, que no pueden expandirse libremente. Aumenta la presión sobre el frente de llama, y como consecuencia aumenta la velocidad de la reacción, que llega a alcanzar la velocidad del sonido. La deflagración se transforma en detonación y se produce, por tanto, una explosión.

Este tipo de explosión se conoce, en inglés, como UVCE, iniciales de Unconfined Vapor Cloud Explosión, es decir, explosión de una nube de vapor no confinada.

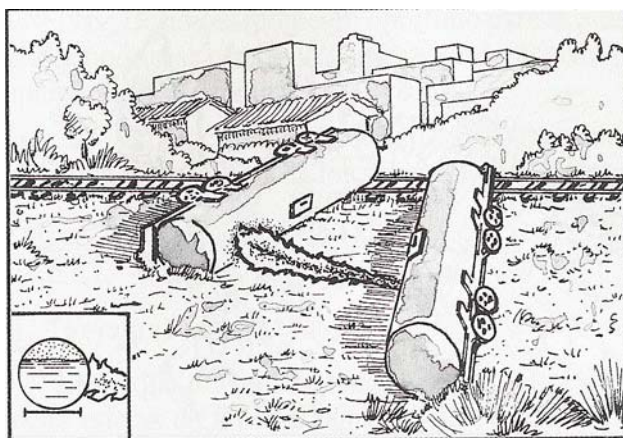
C. Ejemplo de una BLEVE

Tomemos como ejemplo un accidente de transporte. Se trata del descarrilamiento de un tren, cuyo convoy está formado por vagones cisterna que contienen gas licuado.

1. Fuga incendiada y calentamiento de la fase líquida

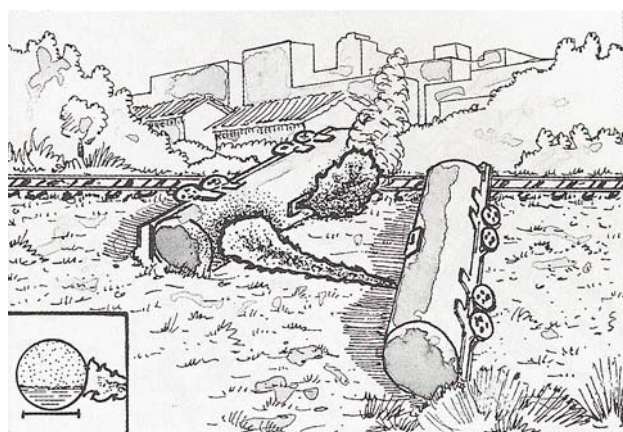
Dos vagones cisterna descarrilan y vuelcan, quedando tendidos sobre el terreno, a poca distancia uno de otro. Una de las cisternas, a consecuencia del impacto, sufre una pequeña fisura, por la que se produce una fuga de gas. La fuga se incendia, a consecuencia del calor generado por el rozamiento durante el impacto.

Se forma un dardo de fuego de varios metros de longitud, que alcanza la superficie de la otra cisterna. Las llamas atacan el metal que está en contacto con la fase líquida.



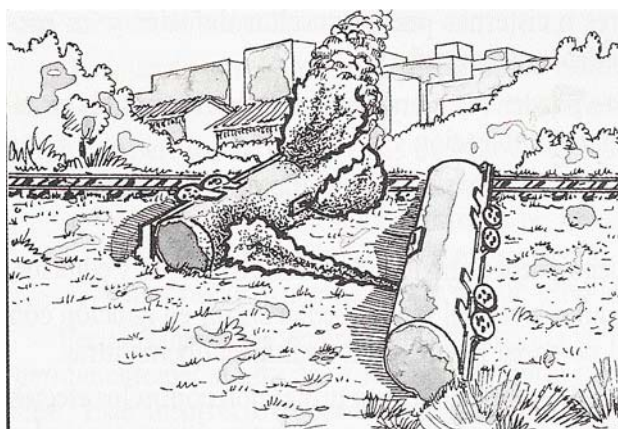
2. Sobrepresión y apertura de la válvula de seguridad

El líquido comienza a evaporarse, y aumenta la presión de la fase gaseosa. Se abre la válvula de seguridad de la cisterna. El gas liberado también se incendia. Comienza a bajar el nivel de la fase líquida dentro del recipiente.



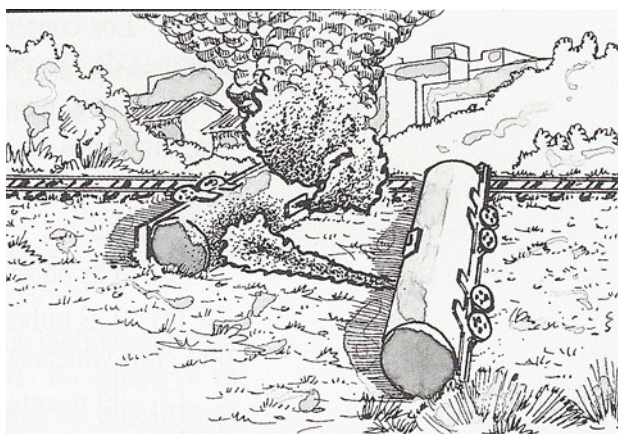
3. Calentamiento del metal sobre la fase gaseosa

Las llamas comienzan a atacar el recipiente sobre el metal que está en contacto con la fase gaseosa. El calor debilita la resistencia mecánica del metal. Se forma una pequeña fisura y se produce una fuga de gas, que también se incendia.



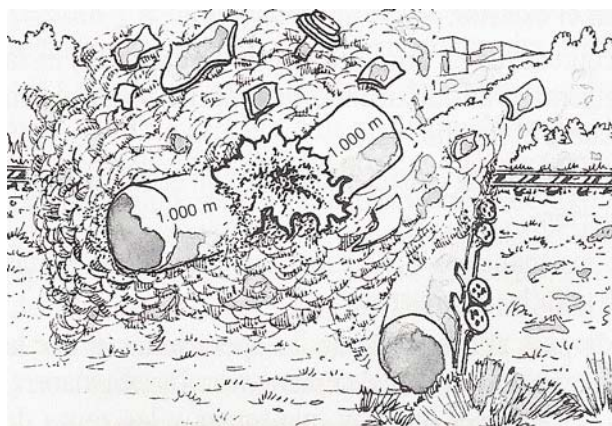
4. Deterioro del recipiente

El calor continúa debilitando el metal. La fisura se hace más grande y sale más vapor incendiado. El recipiente está a punto de abrirse.



5. Rotura del recipiente. Inicio de la BLEVE

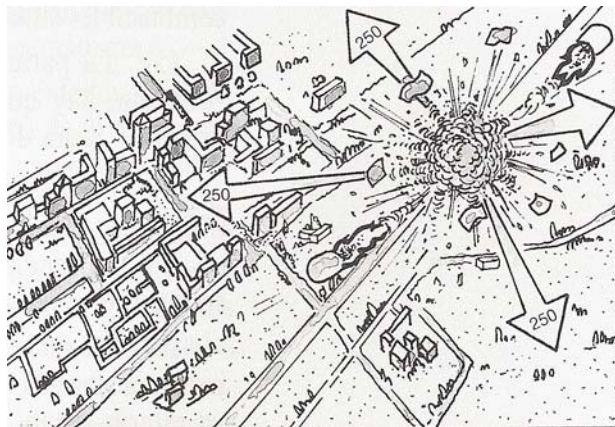
El contenedor revienta. La mayor parte del líquido se vaporiza instantáneamente.



6. BLEVE

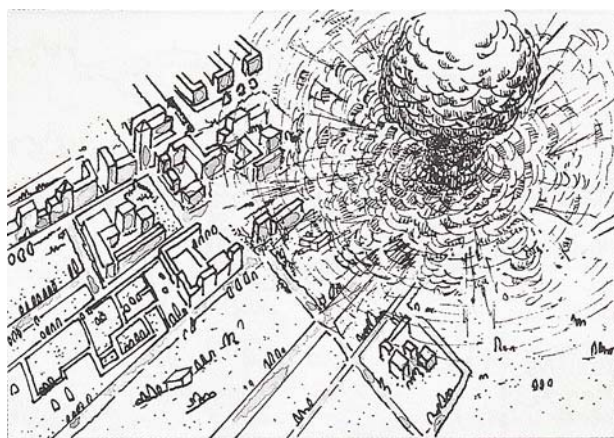
El vapor se expande instantáneamente, formando una nube. La expansión del vapor lleva asociada una onda de choque, de enorme poder destructivo. Los fragmentos del tanque pueden ser proyectados a distancias superiores a 1.000 m. La onda de choque puede romper los cristales de los edificios a varios kilómetros de distancia.

El líquido no vaporizado sale proyectado por la fuerza de la explosión, pulverizado en forma de pequeñas gotas, y puede alcanzar una distancia de hasta 800 m.



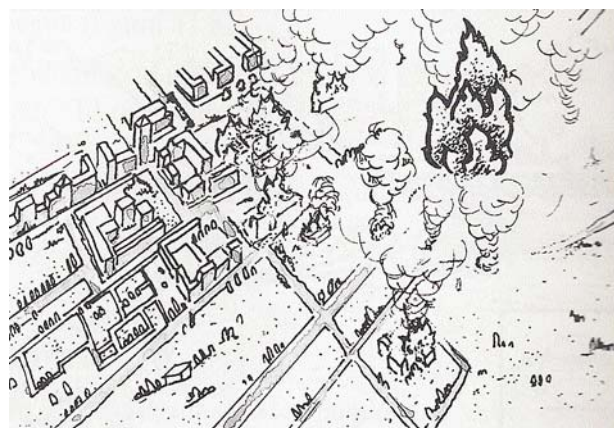
7. Bola de fuego

La nube de vapor mezclada con aire se inflama por contacto con cualquier llama presente en la zona cubierta por ella. En la fase inicial, el frente de llama avanza a ras del suelo. La combustión de la nube genera temperaturas superiores a 1.200° C. Los gases de combustión generan una gran turbulencia, y las llamas se elevan en forma de hongo, formando una bola de fuego.



8. Incendios provocados por la bola de fuego (figura 11.86)

La bola de fuego puede cubrir un radio de 300 a 400 m, quemando todo el material combustible presente. Los efectos de la radiación se hacen sentir en un radio de hasta 400 m. La combustión del vapor y de gran parte del líquido pulverizado se produce en menos de un minuto, pero en tierra continúan los incendios provocados por el contacto directo de la bola _ el lugar de la BLEVE, y por la radiación en los edificios y objetos cercanos.



D. Consejos prácticos a tener en cuenta cuando existe riesgo de BLEVE

1. Los Bomberos no deben actuar si no hay personas ni bienes materiales en peligro.
2. Si no hay personas en peligro pero sí bienes materiales, los Bomberos pueden actuar, pero extremando las precauciones.
3. En cualquier momento se pueden producir violentas explosiones. No hay períodos seguros.
4. El peligro de explosión persiste mientras no se haya quemado o retirado todo el combustible.
5. La BLEVE puede producirse en cualquier momento.
6. Cuando un gas re activo o térmicamente inestable entra en contacto con una

- fuentes de calor, no hay período seguro.
7. Los contenedores o cisternas pueden resultar dañados y los mediadores de presión pueden estar averiados.
 8. Los contenedores pueden resultar despedidos, en fragmentos grandes, muy lejos de su lugar de ubicación.
 9. Los contenedores pueden pivotar y salir disparados en una dirección inesperada.
 10. Las bolas de fuego pueden envolver a personas, equipos y edificios.
 11. Las nubes de vapor a ras del suelo pueden entrar en ignición con una gran violencia, y el personal puede sufrir múltiples quemaduras.
 12. El rescate aéreo puede aportar cierta protección contra los efectos del fuego, pero no contra la onda de choque ni contra el impacto de los fragmentos proyectados por la BLEVE.
 13. Los edificios no ofrecen una protección segura contra los contenedores que salgan despedidos.
 14. Los edificios pueden servir de protección contra la radiación térmica, pero una bola de fuego puede provocar la ignición de los materiales combustibles situados en el exterior.
-
15. La parte del contenedor en contacto con la fase gaseosa es la zona que hay que refrigerar prioritariamente, aunque no se sepa con exactitud hasta dónde cubre el líquido.
 16. La falta de visibilidad puede dificultar la operación de refrigeración descrita en el punto anterior.
 17. El tendido de las mangas y el emplazamiento de las lanzas suponen un gran riesgo para los Bomberos.
 18. La mejor ayuda para el desarrollo de las operaciones es que la industria afectada tenga establecido un Plan de Emergencia. De esta manera, ya estarán establecidas las acciones que hay que tomar y las zonas de seguridad.
 19. Decidir el momento oportuno para la evacuación es muy complicado, porque se carece de tiempo y de datos para predecir las explosiones que se pueden producir.
 20. La evacuación puede sufrir retrasos a consecuencia del pánico, o debido a la resistencia de los presentes a abandonar el lugar del accidente.

2. MANEJO DEL INCIDENTE

A. Proceso DECIDE

Introducción

“DECIDE” es un proceso para tomar decisiones, desarrollado por Ludwig Benner, el cual guía a los socorristas por medio de un acercamiento sistemático que reduce el riesgo y



crea continuidad y responsabilidad. Los socorristas que lo siguen tienen la actitud apropiada para manejar los incidentes meticulosamente y con seguridad. No ingresan al sitio alocadamente. Se detienen y piensan. Recuerdan que el propósito de una respuesta es:

Favorablemente cambiar o influir en la secuencia de eventos que constituye [la] emergencia antes de que haya concluido naturalmente y reducir el daño que de otra manera ocurriría.

Ludwig Benner

La respuesta a un incidente con materiales peligrosos tiene que proteger al público, al medio ambiente, y al equipo de socorristas. Una evaluación apropiada del sitio permite que los socorristas tomen decisiones y acciones que garanticen la seguridad de todos.

El proceso DECIDE usa un acrónimo fácilmente recordado para describir los seis pasos básicos que requiere la respuesta a emergencias para lograr su propósito:

1. D -Detectar la presencia de materiales peligrosos.
2. E -Estimar el daño probable sin intervención.
3. C -Constituir los objetivos para la respuesta.
4. I -Identificar sus opciones para la acción.
5. D -Desarrollar la mejor opción.
6. E -Evaluar el progreso.

Esta unidad presenta los seis pasos pero destaca los primeros dos, Reconocimiento y Análisis de Sitios, por ser esenciales en la fase de respuesta conocida como evaluación de sitios. Los pasos 3 y 4 son necesarios para terminar la evaluación inicial del sitio, y el paso 6 (que re-involucra los pasos 1 - 4) es parte de la evaluación continua que se requiere. La respuesta a un incidente con materiales

peligrosos tiene que proteger al público, el medio ambiente y al equipo socorrista. Una evaluación apropiada del sitio permite que el equipo tome decisiones y acciones que garanticen la seguridad de todos.

1. Detectar la Presencia de Materiales Peligrosos (Reconocimiento de Sitios)

Es muy importante reconocer la presencia de un material peligroso tan pronto como sea posible durante el inicio de la respuesta—sin exponerse al material. Trate de acercarse al sitio desde una dirección que dé protección si están presentes materiales peligrosos—contra el viento, cuesta arriba o aguas arriba. Use binoculares para ver desde un lugar alejado.

El proceso para detectar materiales peligrosos requiere estos pasos:

1. Revise la información proporcionada por la persona que reportó el incidente
2. Revise el uso y la ubicación de la instalación y los documentos de planeamiento local respecto indicaciones sobre material peligroso
3. Busque y anote las formas de los contenedores que se indican con material peligroso, su ubicación, condiciones circundantes, (topografía, cuerpos de agua, áreas pobladas, tiempo), y cualquier daño visible
4. Busque y anote rotulados y etiquetas DOT y otros plantillados o colores que identifiquen un material peligroso

5. Revise los papeles de envío buscando apuntes sobre materiales peligrosos.



Los contenedores en un patio de barriles pueden contener una variedad de materiales peligrosos.

Cuando se hayan terminado las actividades de mando y control, siga los pasos para completar el reconocimiento del incidente:

1. Determine y apunte:
 - a. El tipo de contenedor para cada material peligroso.
 - b. La cantidad de material peligroso en cada contenedor
2. Consiga y apunte el nombre, número de identificación DOT, o rotulado aplicado para cada material peligroso
3. Identifique cada material peligroso derramado, la forma del derrame y el punto por donde escapó del contenedor.
4. Dibuje la posición y orientación de cada contenedor y cualquier daño visible al mismo no apuntado aún.
5. Verifique toda la información.

Esta sección describe los elementos que los socorristas deben buscar para localizar e identificar materiales peligrosos en un incidente. Describe además lo necesario para hacer un reconocimiento completo y exacto del sitio.

Uso y distribución de la Instalación y Planes Locales

El uso y la ubicación, pueden proporcionar información importante respecto a los materiales involucrados en un incidente. Las empresas, en un área industrial, pueden tratar con materiales peligrosos, y sus nombres pueden directamente indicar cuáles son, (Colorado Propane) o referirse al proceso de fabricación (Colorado Metal Plating), que indica un proceso que involucra sustancias como cianuros, ácidos y bases). ¿Es el sitio una tienda de surtido para haciendas? ¿Una ferretería? ¿una planta de químicos? ¿Una tienda de surtido para jardines? ¿El sitio se encuentra en el campo? ¿Cerca de sitios donde sabemos que existen materiales peligrosos?. El equipo de respuesta necesita saber quién estaba en el sitio al comenzar el incidente, donde se encuentra ahora, y qué clase de información puede dar. ¿Dónde está el chofer del camión, la tripulación del tren, o el personal clave de la empresa? Según el incidente, ciertas personas del personal pueden proporcionar papeles de despacho u otra información clave sobre la ubicación física e identidad de los materiales peligrosos y otros factores importantes. Si el incidente



es en una planta, el gerente debe poder proporcionar el plan de pre-emergencias (véase la unidad Planes de Respuesta), Hojas de Datos de Seguridad para Materiales (véase la unidad Fuentes de Información para Identificar Materiales y sus Peligros), etc.

Cantidad y Naturaleza de los Materiales

La cantidad del material involucrado normalmente no cambia la naturaleza del peligro de un incidente, a menos que sea muy pequeña. Sin embargo, la cantidad puede cambiar la manera en la cual el equipo tiene que tratar con el público en general. Por ejemplo, un barril de 210 litros de ácido derramado representa un peligro menor, para el público, que un derrame de un estanque de 19,000 litros, pero el peligro para el socorrista es el mismo. La naturaleza del material sí cambia la naturaleza del peligro. El chofer, la tripulación de tren, o personal industrial tal vez hayan proporcionado información sobre la naturaleza de los materiales, no obstante el equipo de respuesta debe observar los siguientes elementos importantes respecto a la identificación del peligro:

- Formas de los contenedores (cilíndricos, con extremos redondos; carro estanque, camión estanque, etc.)
- Plantillados o colores en los contenedores (tipos de plantillado, cómo están exhibidos)
- Rotulados o etiquetas DOT en los contenedores
- Plantillados NFPA 704
- Papeles de despacho
- Nombres de los productos en los contenedores
- Nombres de los expedidores en los contenedores
- Sus sentidos (principalmente la vista y el oído, tenga cuidado con depender del olfato)

Otras unidades proporcionan detalles sobre la interpretación de todos estos elementos de juicio, con excepción del último. Véase especialmente ¿Qué es un Material Peligroso?; Clases, Definiciones y Requisitos para Rotulados de Peligros según el DOT; Fuentes de Información sobre la Identificación de Materiales y sus Peligros; unidades respecto a distintas formas de transporte: vehículos, contenedores y Oleoductos.

Al usar sus sentidos para identificar posibles situaciones con materiales peligrosos, fíjese en circunstancias como éstas:

- informes de víctimas respecto a olores como de fruta podrida, azufre, pólvora, pasto cortado, pescado podrido, cloro, esmalte para uñas, o pintura.
- nubes de vapor
- animales o pescados muertos
- fuego o humo
- informes de víctimas con piel u ojos irritados
- sonido producido por fugas de gas
- sonido de una explosión

Tipos y condiciones de los contenedores

El equipo de respuesta tiene que anotar información respecto a cada uno de los contenedores involucrados en el incidente. La identificación del tipo de contenedor le



puede ayudar a identificar el material contenido y su cantidad. Algunos contenedores son muy específicos y sólo se usan para ciertos productos o clases de productos. El tipo de contenedor y su condición también pueden determinar las acciones que tomarán los socorristas mientras se desarrolla el evento. ¿Es seguro moverlo? ¿Se está quemando o a punto de inflamarse? ¿Puede romperse? ¿Explotar? Conseguir información sobre la condición de un contenedor puede exigir el uso de equipo protector personal. La información necesaria incluye detalles sobre su construcción, edad, cierres, orientación en relación con su posición normal, ubicación en reacción con otros contenedores y objetos. También incluye condiciones tales como fugas o fuego; forma comparada con la normal; tipos específicos de daños (fisuras, abolladuras, cierres sueltos, etc.); lugar específico y volumen de daños; fugas, y si el contenedor gotea, la tasa de la fuga. Para más información de los contenedores y sus cierres, véase las unidades sobre modos de transporte, vehículos y contenedores.

Etapas del Incidente

Es crucial la información sobre la etapa del incidente. Si la situación es estable, el equipo de respuesta sólo necesita estar en alerta hasta que lleguen los equipos de aseo para limpiar y disponer del producto. Si el material sigue escapándose, es probable que el equipo tenga que atacar la fuga y detenerla antes de hacer otra cosa. Las respuestas a estas preguntas, ayudan a identificar la etapa de un incidente:

- ¿Qué causó el incidente?
- ¿Cuánto tiempo tiene el incidente?
- ¿Qué ha pasado en el sitio desde entonces? ¿Qué pasa ahora? ¿Cuánto tiempo durará?
- ¿Es estable la situación? ¿Cambiará la situación por causa del viento, el tiempo u otra circunstancia? ¿Se empeorará o se mejorará?
- ¿Se están fugando materiales? ¿Cuáles son? ¿Adónde van?
- ¿Están involucrados vapores o humos tóxicos?
- ¿Es posible una explosión?

Factores Modificativos

No hay dos situaciones iguales, y esas diferencias sutiles entre un incidente y otro, cuando son ignoradas, pueden tener consecuencias serias para todos en el sitio. La Tabla 1 da los factores que los socorristas siempre tienen que considerar:

- El lugar, es un factor modificativo importante—sitios campestres versus urbanos, derrames terrestres versus acuáticos, carreteras versus terreno desértico. Tales diferencias cambian el tipo de respuesta, haciéndola mas o menos segura y/o eficaz.
- La hora del día es otro factor. Hay una gran diferencia entre día y noche. Un incidente en un sitio industrial durante un cambio de turnos presenta sus propios problemas.
- El tiempo es siempre un factor importante. El tiempo frío puede facilitar el trabajo con algunos materiales mientras que dificulta el trabajo con otros, haciendo difícil mantener una buena temperatura para el personal y el equipo. El tiempo cálido normalmente aumenta los peligros químicos y hace más difícil la respuesta debido



al agotamiento de los socorristas. La humedad relativa puede afectar a los materiales. La dirección del viento juega un papel vital en la determinación de lugares seguros y las direcciones de aproximación.

Tabla 1. La Detección de la Presencia de Factores Modificativos (Reconocimiento de Sitios)

| Lugar | Tiempo (hora) | Clima |
|---|--|--|
| 1. Desértico 2. Poblado 3. Terreno difícil 4. Acceso limitado 5. Derrame terrestre 6. Derrame acuático a. Agua dulce b. Agua salada 7. Ubicación del producto | 1. Del año 2. De la semana 3. Del día 4. Del primer aviso 5. De la respuesta 6. De inicio del incidente | 1. Temperatura 2. Dirección viento 3. Velocidad viento 4. Inversión de aire o temperatura 5. Precipitación a. Lluvia b. Nieve c. Granizo d. Otro 6. Pronóstico del tiempo |

Peligros y características de materiales y recomendaciones para socorristas

El reconocimiento de sitios no está completo, mientras el equipo no haya recogido toda la información posible acerca de los peligros presentados por los materiales, y lo que pueden significar estos peligros. La tarea de obtener, almacenar e interpretar esta información, puede ser rigurosa y requerir mucho tiempo. Involucra una gran cantidad de investigación y puede exigir el uso de varias fuentes (véase la unidad Fuentes de Información para Identificar Materiales y sus Peligros). La información que se necesita incluye:

- Identificación de materiales
- Propiedades físicas
- Propiedades químicas
- Peligros físicos
- Peligros para la salud

2. E Estimar el Daño Probable sin Intervención (Análisis de sitios)

En este paso del proceso de respuesta, los socorristas tendrán que contestar la pregunta "¿Qué pasaría si no hacemos nada?" Por eso tienen que visualizar el comportamiento probable de cada material peligroso y cada contenedor, los resultados probables de ese comportamiento, y el daño probable que resultará. Para hacerlo, hay que contestar las siguientes preguntas:

1. ¿Qué presiones afectan o pueden afectar al sistema que contiene el material, cómo puede romperse o se rompió, y qué tipo de derrame ocurrirá como resultado?



2. ¿Adónde irá el material peligroso y/o el contenedor cuando se escape o se libere?
¿Qué rumbo seguirá? ¿Dónde se detendrá? (Este es el patrón de dispersión.)
3. ¿Por qué es probable que el material siga este rumbo?
4. ¿Cómo seguirá este rumbo el material peligroso o el contenedor?
5. ¿Cuándo seguirá este rumbo el material o el contenedor?
6. ¿Qué daño hará el material peligroso o el contenedor en este rumbo?

Si la respuesta a estas preguntas determina que "nada malo pasará", los socorristas deben dejar que ocurran los sucesos.

Este análisis del sitio es un paso crítico preliminar a la evaluación del riesgo y el peligro. Los socorristas tienen que preguntarse si el riesgo de hacer una entrada, vale una posible exposición al material peligroso. Para contestar a esta pregunta, se tiene que haber analizado completamente la situación. Si los socorristas no pueden hacer todos los pronósticos necesarios para analizar el incidente, deben solicitar la ayuda del fabricante, el expedidor, el consignatario, el transportista o las agencias federales, estatales y locales involucradas con materiales peligrosos.

Factores determinantes

La información que los socorristas han conseguido sobre los materiales, contenedores, etapa del incidente y factores modificativos son de gran importancia, porque cuatro factores van a determinar las respuestas a las preguntas enumeradas en la sección previa:

1. Las propiedades inherentes y la cantidad del material
2. Las características de construcción del contenedor
3. Las leyes naturales de la física y la química
4. El medio ambiente, incluyendo los alrededores físicos y las condiciones (tiempo actual y por venir, contenedor en llamas, qué pasará en el sitio, cómo la situación puede cambiar con el tiempo, etc.).

Resultado probable

Para describir el resultado probable los socorristas tienen que pronosticar:

- muertes probables o potenciales
- heridas que causan incapacidad (crónicas y serias)
- daños a la propiedad
- interrupción crítica del sistema
- daño al medio ambiente

3. C Constituir los objetivos para la Respuesta

Un reconocimiento exacto y completo del sitio y un análisis de la emergencia y de los resultados probables sin intervención, permite que los socorristas (a) entiendan los daños específicos que quieren prevenir y (b) definan prioridades estratégicas para sus esfuerzos preventivos. La prevención de los daños constituye la meta global del socorrista. Las prioridades estratégicas son sus objetivos para la respuesta, los cuales tienen que considerar:



- Protección de los socorristas
- Protección del público
- Protección del medio ambiente
- Protección de la propiedad
- Severidad relativa de los peligros

4. I Identificar sus Opciones para la Acción

Pensando en los objetivos estratégicos para la respuesta, los socorristas tienen que repasar las opciones tácticas potenciales para cumplir con ellos. Además tienen que considerar los recursos disponibles para cada opción. El incidente puede empeorar si los socorristas pierden el tiempo planeando acciones sin los recursos necesarios. ¿Cuántos socorristas están disponibles? ¿Cuál es su nivel de entrenamiento? ¿Hasta qué punto servirá su ropa protectora en esta situación? ¿Existe equipo en stock disponible para esta operación? Si se requieren, ¿qué recursos externos hay disponibles? Los socorristas deben considerar TODAS las opciones prácticas antes de entrar en acción. Éstas pueden incluir:

- Evacuación
- Contención
- Confinamiento
- Extinción del fuego
- Control del fuego

Acciones defensivas

Las acciones defensivas son las que se toman desde una distancia del incidente. Son reacciones a lo que pasó o está pasando. Por lo común se efectúan antes de que se establezca la situación. Las opciones defensivas pueden incluir la evacuación de personas, construyendo diques a una distancia del material derramado, vigilando, descontaminando al personal de entrada, etc.

Acciones ofensivas

Las acciones ofensivas son las que se toman para estabilizar una situación. Sólo las personas entrenadas al nivel de Técnico o Técnico Especialista (normas OSHA) pueden tomar acciones ofensivas. Estas, pueden incluir el taponar una fuga en un contenedor dañado, aplicando un "set para cloro", cerrar una válvula abierta en un carro estanque, etc.

5. D Desarrollar la Mejor Opción (es)

Cuando existen opciones múltiples, el equipo de respuesta debe escoger cualquiera o todas aquellas que apoyen sus objetivos. O sea, deben seleccionar las que presentan mayor utilidad con un menor riesgo, para poder mantener la seguridad y terminar el incidente. Recuerde, la "mejor" opción (o las mejores opciones) depende de la situación específica y la capacidad de respuesta. A veces, la mejor decisión será no hacer nada. Si su mejor opción es "no hacer nada", tómela.

6. E Evaluar el Progreso



Cada vez que tome una acción—incluso el no hacer nada,— la situación cambiará. Aunque esta "E" es el paso final en el proceso DECIDE, tiene que ser un paso de acción continua, para que usted pueda mantener la situación bajo control y tomar una acción alternativa si la acción previa no dio los resultados deseados. Antes de continuar o tomar otra acción, deténgase y evalúe los resultados hasta el momento. ¿Sirvió la acción para su propósito? ¿Fue, en realidad, la "mejor opción"? Ahora regrese al paso 1 y repita el proceso DECIDE para actualizar su información. ¿Están presentes materiales peligrosos? ¿Se están derramando o en peligro de derramarse? Si es así, tiene más trabajo que hacer. Si no, su emergencia puede estar terminada y puede ser la hora de proceder a limpiar el desorden.

B. Prácticas de Seguridad en el Sitio

Introducción

Esta unidad describe las prácticas básicas de seguridad en el sitio, como se relacionan con las operaciones del equipo de respuesta dentro de las tres zonas principales de protección—la Caliente, la Tibia y la Fría. La seguridad de sitios depende de las acciones de los socorristas para protegerse y proteger a otros en un incidente con materiales peligrosos. Ya que estos incidentes varían mucho, una sola lista de prácticas de seguridad puede no ser suficiente, no obstante, se pueden aplicar otras guías. Esta unidad trata de estas guías.

Zonas de Protección

Las zonas de protección son de primera importancia para la seguridad en un incidente con materiales peligrosos.

Área de aislamiento inicial

El socorrista debe establecer una área de aislamiento inicial—una área alrededor del incidente a la cual nadie entra. Los socorristas a menudo siguen la Guía DOT para Respuesta a Emergencias al establecer esta zona y una zona de protección a favor del viento, una área de la cual el público debe ser evacuado para protegerlo contra la exposición de materiales peligrosos. Al llegar, asegúrese de que se hayan establecido estas dos zonas a su satisfacción. Al completar la revisión y monitoreo del sitio, tal vez tenga que cambiar las fronteras de la zona de protección a favor del viento.

Zonas principales

Al completar la revisión del sitio, establezca por lo menos tres zonas: la Caliente, la Tibia y la Fría. Tal vez tenga que establecer más de un nivel de protección dentro de las Zonas Caliente y Tibia. De alguna manera marque las fronteras de la Zona y áreas especiales dentro de las zonas, y los niveles de protección. Identifique claramente las entradas y salidas de las zonas. Funcionan bien las barreras naturales o las cintas de barricada. Prohíba al público la entrada a cada una de estas tres Zonas.



La Zona Caliente es el área alrededor de un incidente donde es probable la contaminación. Tiene que estar basada en una buena evaluación y monitoreo, y debe extenderse lo suficiente como para proteger al personal de afuera incluso en caso de una falla catastrófica del contenedor. Por lo común su límite queda a varios metros de cualquier material detectable y no siempre forma un círculo perfecto. Su límite tampoco separa claramente un área contaminada de una limpia ya que la próxima, la Zona Tibia, contiene el corredor de descontaminación-el área dedicada a la descontaminación de personal y equipo.

La Zona Tibia es el área alrededor del incidente y contigua a la Zona Caliente. Solo se extiende lo suficiente en diámetro como para contener el corredor de reducción de contaminación.

La Zona Fría constituye el resto de la zona de acceso restringido.

Cada zona tiene sus propias reglas particulares de operación, pero algunas de estas reglas solo coinciden en parte. Una vez que están establecidas las zonas, las operaciones proceden de la Zona Fría a través de la Tibia hasta la Caliente y al revés para la descontaminación (DECON) y otros procedimientos.

Operaciones en la Zona Fría

Todo el apoyo para las otras dos zonas ocurre en la Zona Fría. El personal de mando y el de apoyo operan aquí.

Seguridad

Mantenga la seguridad. La Zona Fría es el área alrededor del incidente para los socorristas, no para los mirones. Esto incluye a los dueños de propiedades que quieren proteger su inversión. Los socorristas tienen sus tareas y necesitan descansar, lo cual exige privacidad. Además, equipo caro estará en esta área.

Puesto de mando

El Puesto de Mando (para el Incidente, o para la Escena) está en la Zona Fría y, según las reglas OSHA, tiene que ser claramente identificado. Algunos estados usan una luz verde para identificación pero no es regla federal. La NFPA (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego) recomienda un color que contraste con el de los equipos de emergencia.

Los comandantes deben quedarse en el Puesto de Mando.

Punto de reagrupación

Establezca un punto para volver a reunirse en la Zona Fría y esté preparado para lo peor. Si es necesaria una evacuación repentina, tendrá que haber establecido un lugar de reagrupamiento en donde presentarse. También, designe a un encargado de mantener la cuenta exacta de los socorristas en el sitio. (Véase la unidad "Comunicaciones-Señas de mano y otras señales".)

Áreas designadas para comer, beber y fumar

La Zona Fría es la única en la cual se permite comer, beber y fumar. Estas actividades tienen que ser permitidas sólo en una área o áreas designadas. Estas áreas deben estar bien retiradas de la acción y bien identificadas. Exija a los socorristas expuestos a químicos que se limpien antes de comer, beber o fumar. Aún la



mejor descontaminación deja residuo, y una nueva lavada de la cara y las manos puede evitar la exposición.

Sesiones informativas de pre-entrada

Sesiones informativas de pre-entrada se llevan a cabo en la Zona Fría. Nunca deben abarcar todos los aspectos de la misión, y deben incluir los equipos de apoyo y, para algunos temas, otras personas también. Las sesiones siempre deben ocurrir antes de que el equipo comience a usar su aire, para que tenga el máximo tiempo en la Zona Caliente. (Para más detalles, véase la unidad sobre Comunicaciones.)

Ubicaciones y designaciones de áreas

Todo el mundo en el sitio tiene que ser informado sobre las ubicaciones y señas de las Zonas Fría, Tibia y Caliente, sus entradas y salidas, sus niveles de protección, y las áreas especiales dentro de cada una. Si hay cambios, hay que tener otra sesión. Además, no deje de informar a todos de cómo salir de las áreas por las salidas de emergencia y dónde volver a presentarse después de una evacuación.

Tareas de los equipos

Asegúrese de que cada miembro de equipo entienda lo que tiene que hacer, cómo lo va a hacer, y dónde. Ordene las tareas, asignando la cantidad suficiente trabajo a cada equipo. La preparación para hacer una entrada requiere de mucho tiempo, así que no aumente la cantidad de entradas de los socorristas, por haberles asignado poco trabajo. Lleve al máximo la cantidad de trabajo para cada equipo en la Zona Caliente. Un surtido corto de aire, el estado físico de los miembros del equipo, o fallas en los aparatos de monitoreo son razones para retirar a un equipo de entrada, no la falta de algo que hacer. Antes de que los equipos ingresen a la Zona Tibia, deben asegurarse de que está funcionando su equipo de medición de aire, y tienen que establecer las horas en que se comunicarán con el Mando por su surtido de aire, las condiciones del personal y la revisión de los aparatos mientras permanecen en la Zona Caliente.

"DECON"

El oficial de DECON tiene que informar a los miembros del equipo de entrada, respecto al proceso de descontaminación, incluyendo la ubicación de la línea DECON y el número de etapas que DECON usará. (Para más detalles, véase la unidad Descontaminación.)

Comunicaciones

Son esenciales las comunicaciones con los equipos de entrada mientras permanecen en la Zona Caliente. Cada equipo tiene que tener una radio, aunque es mejor que tenga una cada miembro del equipo para que se comuniquen entre sí. Las comunicaciones por señas de mano y otras maneras también son necesarias, por la posibilidad de falla de aparatos o heridas personales. (Para más detalles, véase la unidad Comunicaciones.)

Señas de mano y otras señales de emergencia

Establezca señas de mano en caso de falla de radios. Asegúrese que otro personal, como el mando, DECON, y los vigilantes, también comprendan y sepan usar estas señas de mano.



Establezca señales especiales como bocinas neumáticas o sirenas, para usar cuando sea necesario avisar a todos de una emergencia repentina. Tales señales pueden ser necesarias aún cuando haya buen contacto por radio, porque no todos estarán sintonizados al mismo canal.

Designación de portavoces

El personal del Mando y los miembros del equipo de entrada deben evitar confusión y decidir quién hablará por radio, y cuándo. Sólo un miembro del Mando debe hablar por radio a los equipos de entrada cuando entran a la Zona Caliente. Solamente un miembro del equipo de entrada debe hablar con su líder y con el personal del Mando.

Frecuencias de radio para el equipo de entrada y DECON

Si es posible, aparte una frecuencia de radio para el uso de los equipos de entrada con el Mando y entre sí. Si no es posible, establezca reglas estrictas sobre el uso de la radio mientras permanecen en la Zona Caliente.

Si es posible, aparte una segunda frecuencia para DECON, para que los equipos de entrada puedan hablar con el oficial de DECON sobre asuntos como quién tiene menos aire, las condiciones de los miembros, cuál parte de la ropa protectora fue más contaminada, etc.

Sesiones informativas pos-entrada

Después de salir de la Zona Caliente y de DECON los equipos deben tener una reunión de pos-entrada para informar al oficial de sesiones informativas. Para evitar la confusión, sólo una persona debe funcionar como portavoz del equipo. Los otros miembros que necesiten aclarar o agregar algo deben hacerlo de una manera ordenada. El próximo equipo de entrada o de apoyo debe estar presente, y tendrán permiso para hacer preguntas y aclarar dudas.

Medición médica

El chequeo médico es esencial para la seguridad del lugar. Como mínimo, mida la presión sanguínea, ritmo del corazón y de la respiración, tanto antes como después de las entradas. Además, siga los requisitos de chequeo médico de su agencia.

Operaciones en la Zona Tibia

La Zona Tibia tiene que ser una área controlada con acceso limitado y puntos fijos de entrada y salida. Las áreas adentro, especialmente el área de descontaminación, se deben marcar y hay que señalar las ubicaciones de la entrada y la salida para que sean fáciles de identificar.

El personal de DECON trabaja dentro de esta zona. Otro personal de apoyo puede trabajar aquí también.

Niveles de protección

La Zona Tibia exige niveles de protección-un nivel diferente para cada área de DECON. Para la línea DECON, este nivel es igual, o un nivel más bajo, al nivel necesario para equipos de entrada. Mientras disminuye la contaminación entre el corredor, también puede disminuir el nivel de protección.



Comunicaciones

El oficial de DECON siempre tiene que ser informado del número de personas que entrará a la Zona Tibia, o a la Zona Fría o a la Caliente, para que pueda decidir cómo usar el personal disponible. El DECON también tiene que establecer y mantener comunicación con los equipos de entrada que están en la Zona Caliente para:

- vigilar el surtido de aire para el equipo (quién tiene menos aire), condiciones físicas (quién está fatigado), aparatos y actividad
- prepararse para la salida de equipos desde la Zona Caliente hacia la Zona Tibia
- conseguir información sobre en dónde se han contaminado los miembros del equipo (manos, pies, rodillas, etc.)

Acciones del equipo de entrada

Antes de que los equipos entren a la Zona Tibia desde la Zona Fría, deben haber completado todas las sesiones informativas y haberse asegurado de que están funcionando bien sus aparatos de medición de aire. Además, tienen que haber fijado tiempos en los cuales se comunicarán con el Mando desde la Zona Caliente, respecto al surtido de aire, condiciones del personal y chequeo de aparatos. Los equipos de entrada deben vestir ropa protectora y "ponerse el aire" después de terminar todas las sesiones informativas e inmediatamente antes de entrar a la Zona Tibia, y deben ir directamente a la Zona Caliente. Esto conservará su aire y los mantendrá más frescos. Habrá materiales contaminados que pueden requerir DECON especial, o no pueden ser descontaminados. Antes de entrar en la Zona Tibia desde la Caliente, los equipos de entrada deben dejar estos materiales en el área especial de la Zona Caliente destinada para ello. El equipo podrá entonces proceder por el DECON como está determinado.

Prohibiciones: no comer, beber, fumar

El comer, beber o fumar no se permite en la Zona Tibia. Es probable que haya que imponer esta regla porque no todos llevarán máscara siempre. Además la ingestión es uno de los métodos más comunes de exponerse en un incidente con materiales peligrosos.

Operaciones en la Zona Caliente

La Zona Caliente también tiene que ser una área con acceso limitado y puntos fijos de entrada y salida. Se aplican Niveles de Protección-a menudo más de uno-en esta Zona. Se debe apartar un área o más en la Zona Caliente para los materiales contaminados de los equipos de entrada.

Niveles de protección

Hay que establecer un nivel mínimo de protección, basado en la evaluación y el monitoreo del lugar, antes de que alguien entre por cualquier razón. El nivel de protección exigido depende de la actividad que se va a llevar a cabo. Por ejemplo, un descarrilamiento de 15 a 20 carros ferroviarios puede incluir uno de "Péntilnotanmalo" y otro de "Metamuymalo" a cien metros del primero. El "Péntilnotanmalo" exige un SCBA y un traje contra salpicaduras (Nivel B), mientras que el "Metamuymalo" exige un traje totalmente encapsulado, cerrado contra el vapor (Nivel A). La medición no percibe niveles de "Metamuymalo" en el área alrededor del "Péntilnotanmalo". Si entran dos equipos, sólo el



equipo que trabajará con el "Metamuymalo tiene que usar el traje totalmente encapsulado. Sin embargo, las dos áreas necesitarán un monitoreo continuo. Si cambian las condiciones, los socorristas tienen que reevaluar la situación, y el nivel de protección puede cambiar.

Entrada por equipos (el sistema de compañeros)

Únicamente un equipo puede hacer entrada a la Zona Caliente, y todo el personal siempre tiene que usar el sistema de compañeros. Antes de entrar al área, para evitar la confusión, el equipo tiene que haber decidido cuál miembro del equipo hablará por radio con el líder del equipo de entrada y el personal de Mando. El sistema de compañeros es esencial para la seguridad. Los miembros del equipo de entrada tienen que mantenerse en contacto visual. Si sólo una persona cabe en un espacio en el que tiene que entrar, el compañero de esa persona tiene que mantener contacto visual con el miembro del equipo que hace la entrada.

Línea de vista

Todos los equipos en la Zona Caliente deben estar en la línea de vista del Mando, para que se puedan usar señas de mano cuando sea necesario. Sin embargo, si las comunicaciones por radio son buenas, esto no es necesario. La regla de la línea de vista se aplica entre los miembros del equipo aun cuando sean buenas las comunicaciones por radio. Es frecuente que los equipos estén muy ocupados y no escuchen la radio. También el volumen del radio puede ser bajado por las maniobras accidentalmente. Puede ser necesario poner a un vigilante con un nivel de protección en la Zona Caliente, o fuera de la zona con binoculares, para observar al equipo de entrada.

Surtido de aire, condiciones del equipo y chequeo de aparatos

Los equipos que están en la Zona Caliente tienen que comunicarse con el Mando y con DECON sobre su surtido de aire, condiciones del equipo y los aparatos. Tienen que establecer los tiempos para estos chequeos antes de entrar a la Zona Tibia. El surtido de aire, la fatiga y tiempo de infiltración son los factores principales que limitan el tiempo que uno puede quedarse en un traje. Acuérdesse de usar la información de la persona que usa más aire. También no se olvide de chequear cómo se siente cada miembro del equipo. Si a uno se le está acabando el aire, o si uno está fatigado o tiene problemas con un aparato, el equipo entero tiene que retirarse de la Zona Caliente.

Surtido de aire

El chequeo de la cantidad de aire que está usando el equipo es esencial tanto para la seguridad como para usar al máximo el tiempo de trabajo del equipo. La mayoría de los equipos usan cilindros de 4500 psig, para permitir un tiempo razonable para el trabajo y la descontaminación. Los cilindros de 2216 psig limitan la cantidad de trabajo posible. Por ejemplo, un equipo entra con cilindros llenos de 2216 psig. Después de 10 minutos de trabajo continuo cada miembro avisa que ahora tiene 2016 psig. Con la misma cantidad de trabajo, usarán otros 200 psig en los próximos 10 minutos. El aire usado varía con el esfuerzo físico. La excavación de una zanja consume más aire que la observación. En general, el uso de aire baja durante la descontaminación, también.

Condiciones del personal



La fatiga es un factor que limita el tiempo de alguien que usa un traje protector con línea de aire/SCBA. El uso del equipo ya es cansador. El cansancio de la persona varía según sus condiciones físicas, experiencia en un traje, y la cantidad de trabajo. El calor y la humedad dentro del traje aumentan en tiempo caliente, en parte porque el traje es impermeable. Mientras más se suda, más humedad se siente. Con el tiempo frío, es menos el calor y la humedad dentro del traje. Porque es impermeable, la humedad externa no afecta mucho la humedad interior del traje. Los visores del SCBA y los de los trajes encapsulados tienden a nublarse, lo que hace más difícil trabajar con ellos. La mayoría de los socorristas llevan algo consigo para limpiar los visores. Un trapo o una toalla de papel funcionan bien, pegados arriba del visor

Equipo (aparatos y herramientas)

Los equipos no podrán exceder ni los tiempos de infiltración ni la política de la empresa en cuanto al tiempo máximo permitido en un traje. Los tiempos de infiltración se convierten en un factor, especialmente cuando el equipo trabaja por periodos largos. El pasar el límite de infiltración para el material del traje pone en peligro al personal. La reutilización de trajes puede causar este tipo de exposición también. El DECON sólo limpia el exterior del traje. Después del DECON, el químico sigue penetrando la tela hasta atravesarla. Por ejemplo, el tiempo de infiltración de un traje puede ser 60 minutos. Durante una primera entrada de 15 minutos el traje funciona bien. Dos horas después de la primera entrada el traje ha sido

descontaminado y no se percibe degradación. Sin embargo, el traje no otorgará 45 minutos más de seguridad contra la exposición. El traje no dará ninguna protección porque el químico ya ha roto la barrera protectora. Si se pone el traje, se expondrá al químico en un ambiente encerrado. El DECON tiene que preguntarles a los miembros no sólo por su surtido de aire sino por la ubicación y cantidad de exposición inmediata durante la entrada, por ejemplo, al haber caminado o gateado por material peligroso.

Prohibiciones: comer, beber, fumar

Mientras esté en la Zona Caliente, no se puede comer, beber ni fumar. La ingestión es una de las maneras más comunes de exponerse en un incidente con materiales peligrosos.

3. EQUIPOS DE PROTECCION

Niveles de Protección Química

Introducción

La ropa de protección química protege al usuario contra la exposición a químicos tóxicos por un tiempo limitado. Dependiendo del traje, también puede protegerlo contra una



llamarada de fuego, sin embargo, no hay traje que proteja al usuario contra todos los químicos peligrosos o contra todo tipo de peligros potenciales en un incidente con materiales peligrosos.

La ropa protectora térmica, como el equipo "búnker" de los bomberos, es ropa resistente a las llamas, con aislante, destinada a proteger al usuario contra el calor. El equipo "búnker" protege muy poco o nada contra la exposición a químicos peligrosos. Esta unidad describe tanto la ropa de protección química como la térmica, su uso y sus limitaciones generales en la respuesta a incidentes con materiales peligrosos. Además presenta información sobre los niveles de protección que la EPA ha fijado para el uso de ropa de protección química.

Ropa Protectora contra los Químicos

La ropa de protección química (CPC, siglas en inglés) protege al usuario contra los químicos tóxicos por un tiempo limitado. No hay traje que proteja el usuario contra todos los químicos peligrosos o contra todo tipo de peligros potenciales en un incidente con materiales peligrosos, y actualmente no hay material disponible que sea una barrera eficaz contra la exposición química prolongada.

A. Tipos de trajes

La ropa de protección química es básicamente de dos tipos: encapsulada y no encapsulada.

Trajes encapsulados

Los trajes encapsulados, cubren totalmente al usuario, sin aberturas que dejen entrar el producto. También cubren todo el equipo que lleva o usa dentro del traje, incluyendo el SCBA, protegiendo todo contra la exposición. La EPA se refiere a estos trajes con las siglas TEPC (Ropa Protectora Totalmente Encapsulada). Es difícil ponerse un traje encapsulado-los socorristas necesitan ayuda para vestírselo. No deja salir el calor desde el traje y requiere que el usuario vea el mundo por dos visores. Los trajes herméticamente encapsulados contra el gas traen un cierre que los sella, además de estar unidos las botas y los guantes al traje. Válvulas de una vía presurizan el traje con el aire exhalado del SCBA, así que, bajo la mayoría de las condiciones, el aire de baja presión separa el traje del cuerpo. La presurización inicial puede ser lenta, y cuando el traje se llena de aire, es difícil doblarse. Las válvulas de una vía dejan escapar lentamente el aire mientras el usuario se dobla. Los trajes encapsulados no cerrados contra el gas se parecen a los que sí lo son, pero estos tienen agujeros de ventilación, no válvulas, que dejan pasar el aire. Por lo general, hay solapas que cubren estos agujeros. Los guantes y las botas no siempre forman un sello con el traje. El uso de cinta adhesiva para tapar aberturas NO cierra el traje contra vapores y NO agrega resistencia química.

Trajes no encapsulados

Los trajes no encapsulados protegen sólo al usuario. El equipo (como el SCBA, el radio, etc.) queda expuesto al medio ambiente y por eso debe ser compatible con los materiales peligrosos a los cuales estará expuesto. Un traje no encapsulado puede estar sellado



contra vapores, aunque la mayoría no lo están. Por eso dejan escapar el calor. El usuario ve por un visor (no a través de dos) y normalmente puede ponerse el traje sin ayuda.

B. Construcción de trajes-Materiales

La ropa de protección química es fabricada de diferentes materiales, porque no existe uno que resista todos los químicos o todas las condiciones ambientales, y no hay un material único, que sea apropiado para todo uso. Se utilizan diferentes materiales para diferentes productos -botas, guantes, visores, cierres, horificios de salida, telas para trajes, etc.-así como para diferentes situaciones. El peso del traje, su flexibilidad, etc., depende de los materiales de que está hecho. El hule butilo, el Neopreno, el Viton, el PVC (polivinilo cloruro) y el Teflón son materiales comunes para ropa protectora. Cada uno varía en peso, fuerza, durabilidad, resistencia al calor, al frío y en su costo, tanto como en la compatibilidad con químicos específicos. El hule butilo, por ejemplo, resiste muchos ácidos, pero se disuelve en ácidos con una base de hidrocarburo. Se mantiene flexible a temperaturas de 25 grados bajo cero, mientras que el Neopreno puede rajarse cuando el agua se congela.

Limitaciones - Infiltración

Los diferentes químicos reaccionarán de modo diferente en los diferentes materiales de los trajes, no obstante, todos estos materiales paulatinamente absorberán cualquier químico. Esto se llama "infiltración"- una vez que se inicia, ya no se detiene. A nivel molecular, algo del químico se mezcla con algo del material del traje. Desde entonces, a nivel molecular, el químico se dispersa por todo el material. Eventualmente el químico llegará-atravesará-al interior del traje. Incluso la descontaminación, no detendrá el proceso de impregnación. Días, semanas, o meses más tarde, el químico desaparecerá al otro lado del traje. Por esta razón, los socorristas por deben inspeccionar un traje cuidadosamente antes de usarlo nuevamente. Los trajes desechables eliminan este problema.

Tasa de infiltración

La velocidad a la cual esto ocurre, se la conoce como tasa de infiltración. La eficacia de un traje en proporcionar protección respecto a un producto determinado, depende de esta tasa de infiltración. Muchos factores determinan esta tasa: la naturaleza y concentración de las sustancias peligrosas y sus mezclas; la cantidad de tiempo que el traje fue expuesto a esa concentración; el tipo de material de la ropa y el método de fabricación; la solubilidad de los químicos en el material de la ropa; el coeficiente de difusión de los químicos penetrantes; las temperaturas ambientales y las de los químicos y el traje. El grosor del material del traje sólo afecta en menor grado la tasa de infiltración, pero sí afecta el tiempo de rompimiento. La mayoría de los desperdicios peligrosos son mezclas, para las cuales una buena selección CPC no está disponible. Las mezclas de químicos pueden ser mucho más agresivas a los materiales CPC que cualquier componente solo-aún cantidades pequeñas de un químico de rápida infiltración, puede facilitar la infiltración de otros químicos.

Tiempo de rompimiento



El tiempo de rompimiento es el tiempo que demora, el que una cantidad de un químico específico, pueda ser percibido al interior del traje. Este tiempo depende de la tasa de infiltración, las temperaturas de los químicos y del traje, y el grosor del material del traje. El tiempo de rompimiento por esto, mide la capacidad de un traje para proporcionar protección contra un producto específico-a concentraciones y temperaturas específicas. Mientras más largo el tiempo de rompimiento, más tardará el químico, a esa concentración y temperatura, en llegar al interior del traje. Los fabricantes de trajes generalmente dan tiempos de rompimiento en minutos, que pueden ser de menos de 15 minutos (<15) a más de 480 (>480). Estos tiempos son aproximados, basados en las pruebas del fabricante. Desafortunadamente, los fabricantes no usan pruebas totalmente uniformes para determinar los tiempos de rompimiento. (aunque la mayoría de los trajes son probados con normas de la ASTM o la NFPA). Usan diferentes sistemas de detección de límites (SDLs) y no siempre emparejan esos límites con medidas TLV/TWA (valor de tiempo límite//tiempo ponderado promedio). Por ejemplo, el Químico X tiene un TLV/TWA de 10 ppm. El Traje A, probado con un SDL de 300 ppm, tiene un tiempo de rompimiento de 60 minutos para el Químico X- pero dentro de pocos minutos un socorrista en el Traje A podría estar expuesto a una concentración del químico.

El Traje B, probado con un SDL de 5 ppm, tiene un tiempo de rompimiento de 45 minutos- pero proporcionará una mejor protección, por más tiempo, que el Traje A. Además, los fabricantes no hacen pruebas con todos los químicos para los cuales declaran tiempos de rompimiento, y hacen pruebas con el material mismo del traje, no el traje entero o elementos como guantes, etc. Los fabricantes normalmente extrapolan los tiempos de rompimiento de un químico específico, con pruebas de una serie de químicos, y muchas veces indican estos tiempos vagamente como 480. La mayoría de los fabricantes de trajes hacen pruebas de sus productos por una tarifa.

Degradación

La infiltración de un traje no siempre causa daños visibles, aún cuando el material del traje y el químico sean incompatibles y ocurra la degradación. Altas tasas de infiltración comúnmente causan degradación. El material degradado pierde su fortaleza y puede romperse o disolverse al hacer contacto con un químico.

Penetración

Un químico puede penetrar un traje por una grieta, agujero, rajadura o cualquier modo físico de entrada, en cualquier parte del traje, inclusive bajo una faja de costura o por el hilo. Hay que hacer chequeos visuales y pruebas de presión para encontrar defectos que puedan permitir la penetración. Siga las instrucciones del fabricante para hacer pruebas de presión en el traje.

Selección de CPCs

Hay que considerar muchos factores en la selección de ropa protectora. Estos factores afectan la resistencia química y la habilidad del trabajador para hacer las tareas necesarias. Esto incluye la fortaleza y durabilidad del material; el diseño y la construcción de la ropa; la resistencia térmica; cómo afecta la temperatura la integridad protectora y la flexibilidad del material; la comodidad; la facilidad de descontaminación; la compatibilidad con otro equipo; el tiempo que dura almacenada; la capacidad de ser reutilizada y el costo; así como las limitaciones de la ropa en cuanto a infiltración; degradación y



penetración. Condiciones especiales -fuego, explosión, calor y radiación- exigen equipo protector especial. La protección contra químicos se mantiene como requisito cuando se usa equipo protector especial. Si existe peligro de radiación, consulte con un físico calificado en salud.

Inspección de CPCs y pruebas en uso

Antes de vestir ropa protectora, inspecciónela por costuras imperfectas, capas o forros no uniformes, roturas, y cierres que no funcionan bien. Levante la ropa contra la luz para ver si hay agujeros. Dóblela para ver si hay grietas u otras señas de deterioro. Si la ropa se ha usado recientemente, inspecciónela por dentro y por fuera por indicios de ataque químico-decoloración, hinchazón, o rigidez. Durante el uso, fíjese periódicamente en evidencias de ataque químico como decoloración, hinchazón, rigidez o ablandamiento. También inspeccione por fallas en cierres, roturas, perforaciones y costuras rotas. Antes de ponerse los guantes, ínfeles para ver si hay agujeros, o sople en el guante y enróllelo hacia los dedos, o ínfele y póngalo bajo el agua. En cualquier caso, el aire no debe escapar. Antes de ponerse un traje encapsulado, inspeccione la operación de las válvulas de alivio de presión, las aberturas para las muñecas, los tobillos, el cuello, y la máscara; por grietas, rayas o e neblina. (Para información sobre la inspección de seguridad de los SCBAs, véase la unidad Protección Respiratoria.)

C. Niveles de Protección según la EPA

La EPA ha fijado cuatro niveles de protección para la respuesta a peligros químicos (CFR 29 1910.120).

Nivel A

El nivel A de la EPA proporciona el nivel más alto de protección para la piel, los ojos y el sistema respiratorio. También proporciona protección para el SCBA u otro equipo. Se usa como protección contra altas concentraciones de un material tóxico dérmico, y cuando no se conoce el producto a enfrentar. La tela del traje, el visor, los guantes, las botas y el cierre pueden ser de diferentes materiales, pero deben ser compatibles con las sustancias involucradas en el incidente. Se exige protección Nivel A cuando:

1. Se sabe que la sustancia requiere la protección más alta para la piel, los ojos y el sistema respiratorio, y hay una alta concentración monitoreada o potencial de vapores atmosféricos conocidos, gases o particulados, o las operaciones en el sitio y las funciones de trabajo involucran una alta probabilidad de inmersión o exposición a vapores, gases, partículas dañinas para la piel o absorbibles;
2. Se sospecha o se sabe que están presentes sustancias muy peligrosas para la piel y que puedan hacer contacto con ella.
3. Las operaciones tienen que conducirse con restricción en áreas poco ventiladas, hasta determinar la ausencia de condiciones que requieran protección Nivel A.



El equipo exigido para el Nivel A incluye:

- SCBA presión positiva con máscara facial completa, o línea de aire con SCBA de escape.
- Traje herméticamente encapsulado contra gases, resistente a químicos
- Guantes interiores resistentes a químicos
- Botas o zapatos de seguridad resistentes a químicos
- Guantes exteriores

El equipo opcional de Nivel A incluye:

- Radio transmisor.
- Unidad de enfriamiento.
- Buzo de trabajo.
- Ropa interior de algodón, de pierna y manga largas.
- Casco.
- Cobertores desechables para guantes y botas.



Nivel B

El Nivel B según la EPA proporciona el mismo nivel de protección respiratoria que el Nivel A, un nivel mediano de protección para la piel (contra salpicaduras y algunos vapores), y el nivel mínimo según la OSHA contra materiales desconocidos. El Nivel B es el nivel mínimo recomendado para entradas iniciales a un sitio, mientras no se hayan identificado mejor los peligros. Los equipos RECON regularmente emplean este nivel de protección cuando no se requiere la entrada en nubes de vapor o altas concentraciones de vapor o neblinas tóxicas para la piel. Para proteger los equipos, es necesario un traje encapsulado Nivel B.

Se requiere protección Nivel B cuando:

1. Se sabe que la sustancia exige un alto nivel de protección respiratoria, pero menor protección para la piel. Esto involucra atmósferas:
 - con concentraciones IDLH de sustancias específicas que no presentan un peligro severo para la piel o cuando no se cumple con el criterio para usar respiradores que purifican el aire.
2. La atmósfera contiene menos de 19.5% oxígeno.
3. Instrumentos de monitoreo directo indican la presencia de vapores o gases no bien identificados, pero no se sospecha que los vapores o gases contengan altos niveles de químicos dañinos para la piel o absorbibles por ella, y es altamente probable que el trabajo que se hace no producirá altas concentraciones de vapores o gases, particulados, ni salpicaduras de material que afecten la piel expuesta.

El equipo exigido para el Nivel B incluye:

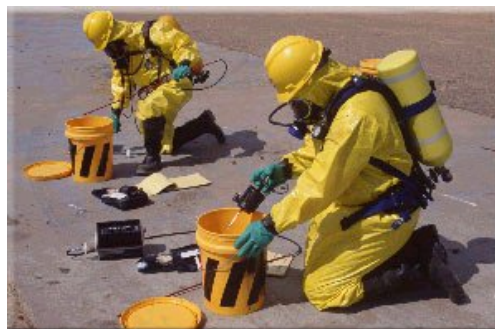
- SCBA con máscara facial completa, demanda de presión, o línea de aire con SCBA de escape
- Ropa resistente a químicos (overol y chaqueta de manga larga; traje de una o dos piezas contra salpicaduras químicas; traje de una pieza, desechable,

resistente a químicos (no encapsulado o encapsulado Nivel B; puede no ser cerrado contra gases)

- Guantes resistentes a químicos, exterior e interior.
- Botas o zapatos de seguridad resistentes a químicos

El equipo opcional para el Nivel B incluye:

- Buzo de trabajo
- Cubiertas desechables para botas
- Protector facial (escudo para la cara)
- Ropa interior de algodón de pierna y manga largas
- Casco
- Comunicaciones por radio transmisor.



Nivel C

El Nivel C de la EPA proporciona la misma protección para la piel que el Nivel B y un nivel inferior de protección respiratoria. Puede ser usado sólo cuando:

1. Los contaminantes atmosféricos, salpicaduras de líquidos, u otro contacto con la piel expuesta no la afectarán negativamente.

2. Se han identificado todos los contaminantes en el aire, se han medido las concentraciones y hay disponible un filtro para protección contra contaminantes.

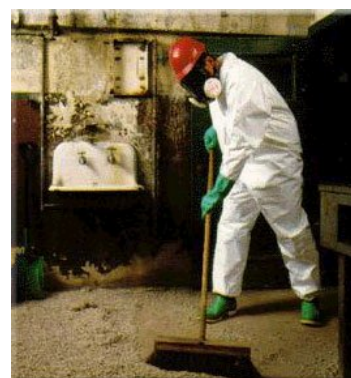
3. Se ha cumplido con todos los criterios para usar respiradores que purifican el aire. Existe un mínimo de 19.5% de oxígeno y los químicos no exceden los niveles IDLH. Este nivel de protección tiene una aplicación limitada para la respuesta a emergencias con materiales peligrosos. Se usa extensamente durante operaciones de control ambiental (aseo) debido al extenso tiempo de estas operaciones.

El equipo exigido para el Nivel C incluye:

- Máscara completa o media máscara, purificador de aire, respirador con filtro.
- Ropa resistente a químicos (Buzo y chaqueta manga larga; traje de una o dos piezas contra salpicaduras químicas; traje de una pieza, desechable, resistente a los químicos, con capucha).
- Guantes resistentes a químicos, interior y exterior.
- Botas o zapatos de seguridad resistentes a químicos.

El equipo opcional del Nivel C incluye:

- Buzo de trabajo
- Cubiertas desechables para botas
- Protector Facial (Escudo para la cara)
- Ropa interior de algodón de pernera y manga larga
- Casco
- Comunicaciones por radio transmisor.



Nivel D

El Nivel D de la EPA no proporciona protección respiratoria y sólo un mínimo de protección contra los químicos, pero buena protección en cuanto a la seguridad. Normalmente se usa en las áreas de apoyo de la Zona Fría y no se debe usar en la Zona Caliente. Se utiliza cuando:

1. La atmósfera no contiene ningún peligro conocido.
2. Las labores excluyen salpicaduras, inmersión o la posibilidad de aspirar o tener contacto con químicos peligrosos.
3. La atmósfera contiene a lo menos un 19.5% de oxígeno.

El equipo exigido para el Nivel D incluye:

- Buzo de trabajo.
- Botas o zapatos de seguridad.
- Lentes de seguridad o gafas contra salpicaduras químicas.

El equipo opcional para el Nivel D incluye:

- Casco
- Guantes
- Máscara de escape
- Protección Facial
- Comunicaciones por radio transmisor



Ropa de Protección Térmica

La ropa protectora térmica, así como el equipo búnker de los bomberos, es antillama y con aislación destinada a proteger al usuario de la exposición al calor. La EPA no fija niveles de protección para ropa protectora térmica. Cuando los productos requieren protección térmica, los socorristas tienen que establecer sus propios niveles modificados o usar las normas NFPA. La EPA no prohíbe que los socorristas usen equipo búnker cuando sea necesario. Sin embargo, la norma 1910.120(q)(3)(iii) sí requiere el uso de equipo de protección personal apropiado a los peligros encontrados.

Equipo búnker

El equipo búnker, es el tipo más común de ropa de protección térmica, proporciona buena protección contra el calor y las llamas pero casi ninguna contra los químicos. Es difícil descontaminarlo y no siempre está disponible para los socorristas cuando acuden a incidentes con materiales peligrosos. Se usa cuando el riesgo mayor es de incendio y no de exposición a químicos. El equipo búnker se puede usar por encima de un traje protector contra químicos, pero no es recomendable. Para protección contra las llamas, es necesario además un SCBA para proteger los pulmones del calor.

El equipo requerido para la ropa búnker incluye:

- Abrigo y pantalones búnker
- Casco de bombero



- SCBA
- Botas de bombero
- Capucha
- Guantes

El equipo opcional para la ropa bunker incluye comunicaciones por radio transmisor.

4. MONITOREO

A. Equipos para Monitorear el Aire

Introducción

Los socorristas en un incidente con materiales peligrosos tienen que evaluar la presencia y la concentración de sustancias peligrosas durante toda la respuesta al incidente. El análisis continuo del aire es crucial en este proceso, porque los contaminantes llevados por el aire pueden presentar una amenaza seria. Pueden ser tóxicos. Pueden presentar peligros de fuego o de explosión y una gran cantidad de riesgos a la vida humana, la salud y el medio ambiente. Durante la evaluación inicial

del sitio, los socorristas usan aparatos para analizar continuamente el aire a fin de establecer áreas de evacuación; Zonas Calientes, Tibias y Frías; Niveles de Protección para socorristas dentro de las Zonas Caliente y Tibia; prioridades para la respuesta; y prioridades para el análisis continuo del aire. Durante lo que queda de la respuesta, el análisis del aire ayuda a que los socorristas determinen la eficacia de sus acciones preventivas o correctivas y es esencial para el programa de salud y la seguridad en el lugar. Esta unidad presenta información sobre tipos de aparatos para analizar continuamente el aire, prioridades y objetivos para esta vigilancia, e instrumentos específicos de lectura directa usados comúnmente para reacciones a incidentes que involucran materiales peligrosos.

Tipos de Instrumentos

Los Instrumentos de lectura indirecta requieren la recolección de muestras y el apoyo de un laboratorio. Por eso tardan más que los instrumentos de lectura directa y no sirven para tomar decisiones inmediatamente. Los Instrumentos de lectura directa sirven para detectar y vigilar atmósferas inflamables o explosivas; deficiencias de oxígeno; ciertos gases, vapores tóxicos y peligrosos y radiación ionizante. Proporcionan información enseguida, al momento de tomar la muestra, y por eso son útiles para tomar decisiones rápidamente. Fueron desarrollados como mecanismos de alerta temprana para sitios industriales donde fugas o un accidente podrían liberar una alta concentración de un químico conocido. Muchos de estos aparatos sirven para un producto específico. Hoy, algunos instrumentos de lectura directa pueden detectar concentraciones de contaminantes hasta una parte del contaminante por un millón de partes de aire (1ppm).



Los criterios para la selección de mecanismos de lectura directa incluyen la portabilidad, facilidad de uso, tiempo de reacción del instrumento, su sensibilidad y selectividad, la concentración mínima a la cual responde el instrumento, y su seguridad inherente. También importantes son los requisitos de almacenamiento, facilidad de mantenimiento en terreno, tiempo de puesta en funcionamiento, alarmas, y requisitos de las pilas.

B. Prioridades y Objetivos del Monitoreo

Los reconocimientos iniciales de evaluación deben fijar las prioridades para el monitoreo (análisis) continuo del aire. Use estas prioridades para establecer un plan de monitoreo. Asegúrese de que el plan incluya pasos para anticipar lecturas / indicaciones (o sea, material ácido o básico, material sobre o bajo del punto de encendido, radioactividad, etc.) y calibrar correctamente y fijar en cero instrumentos de comprobación antes y después de cada uso. Recuerde que la calibración de instrumentos exige atención a materiales que puedan interferir con las respuestas específicas de los instrumentos. Reporte una lectura en cero como "sin reacción del instrumento", no como "limpio" porque pueden estar presentes materiales que el instrumento no puede detectar. Cuando se trata de sustancias desconocidas, reporte la lectura de los instrumentos como "desviaciones de la aguja" o "reacción positiva del instrumento" en vez de concentraciones específicas, y haga otras comprobaciones adicionales, utilizando otros tipos de mecanismos de detección, en cualquier lugar donde ocurra una reacción positiva.

Prioridades de área

Los espacios abiertos generalmente reciben la prioridad más baja, ya que las fuerzas naturales de dispersión tienden a diluir los contaminantes atmosféricos. Las regiones bajas, los espacios cerrados y los contenedores merecen una prioridad más alta porque pueden permitir concentraciones peligrosas de sustancias que persistan por mucho tiempo.

Objetivos de las muestras

Se recogen muestras en una área con un objetivo específico, como es el verificar información sobre el tipo de material que está involucrado; determinar qué ropa protectora y herramientas se deben emplear, y para definir el área afectada por el contaminante. El objetivo ayuda a definir qué procedimiento seguir. Por ejemplo, el objetivo puede ser determinar el área afectada por una columna de humo contaminado. Esto se hace comenzando desde la fuente en la dirección a favor del viento y avanzando en su contra hasta llegar al lugar donde no se nota peligro. Luego se recogen muestras cruzando repetidamente el eje del viento para determinar lo ancho de la columna de humo contaminado.

C. Instrumentos de Lectura Directa para Respuesta a Materiales Peligrosos

Indicadores de oxígeno

Razones para su uso

Se usan los indicadores de oxígeno para evaluar una atmósfera por una variedad de propósitos.

Contenido de oxígeno para la respiración.

El aire normal es del 20.9% oxígeno. Si el contenido baja del 19.5%, OSHA lo considera deficiente y exige protección respiratoria especial.

Las atmósferas deficientes en oxígeno pueden existir en áreas no ventiladas o pueden presentarse cuando el terreno permite la acumulación de vapores más pesados que el aire.

Alto riesgo de combustión

Generalmente, las concentraciones sobre el 25% son consideradas enriquecidas en oxígeno y aumentan el riesgo de combustión.

Uso de otros instrumentos

Algunos instrumentos requieren suficiente oxígeno para operar. Por ejemplo, algunos CGIs (indicadores de gas combustible) no dan resultados confiables con concentraciones de oxígeno menores al 15% o mayores al 20.9%. Además, las tasas de seguridad son para niveles normales de oxígeno, no las atmósferas enriquecidas en oxígeno.

Presencia de contaminantes

La combustión y otras reacciones químicas pueden consumir oxígeno. Un químico puede desplazar aire.

Operación

Antes de usar un indicador de oxígeno, tiene que calibrarse para el nivel normal de oxígeno en el área, a la temperatura a la cual lo usará. La presión atmosférica absoluta afecta la operación del medidor a causa del efecto que tiene en la concentración de las moléculas de oxígeno y otros componentes del aire dentro del volumen de espacio que ocupan, aún cuando el porcentaje de moléculas de oxígeno no cambia en relación con las otras moléculas. Un medidor de oxígeno calibrado al nivel del mar y operado a una altura de mil metros o más, falsamente indicará deficiencia de oxígeno porque la presión de aire empuja menos oxígeno en el sensor. La mayoría de los indicadores tiene medidores que despliegan una concentración de oxígeno de entre 0-25%, que es el rango más útil para la atención de emergencias. Los medidores normalmente funcionan por medio de la difusión de las moléculas a través de una membrana, para introducir las en una solución química, que contiene dos electrodos. La reacción del oxígeno con la solución, genera una corriente eléctrica, y el medidor lee esta corriente.

Problemas potenciales

El espectro normal de operación para medidores de oxígeno es de 0 Celsius hasta 50 Celsius. Con temperaturas inferiores de 0 Celsius la función será más lenta. Temperaturas inferiores a -17 Celsius pueden dañar la célula.



Los químicos oxidantes fuertes pueden interferir con un sensor de oxígeno o causar lecturas erróneas-lecturas altas o sin lectura. Si está presente un oxidante que su sensor de oxígeno no está midiendo, y usted está usando el sensor de oxígeno para apoyar un CGI, usted podría mal interpretar las lecturas en el GCI como dentro del espectro seguro, cuando en realidad no lo estén.

Indicadores de gas combustible (CGIs)

Los CGIs miden la concentración de vapor inflamable o gas en el aire, indicando los resultados como un porcentaje del límite explosivo inferior (LEL) del gas de calibración (no como el porcentaje del material en el aire). La mayoría de los CGIs más modernos también tienen un sensor de oxígeno, y algunos detectan además otros gases.

Los CGIs están disponibles en muchos estilos y configuraciones. Algunos tienen bombas para succionar la muestra al interior del detector, mientras otros difunden aire ambiental a través de los sensores. Las bombas son manuales en forma de bulbo cuadrado o automáticas (con pilas) del tipo diafragma. Muchas unidades son "medidores combinados"-un medidor de oxígeno y un CGI (y a veces uno o dos indicadores de gas) combinados en un instrumento.

Operación

Antes de usar un CGI, hay que calibrarlo y ponerlo en cero para la temperatura a usar, ya que esta afecta las lecturas. También hay que determinar que el CGI está protegido contra explosiones y es intrínsecamente seguro para el medio ambiente en que se usará. Los CGIs usan una cámara de combustión con filamento y/o un sensor electrónico o un circuito de resistor balanceado. El filamento es forrado con un catalizador (como el platino o el paladio) y calentado.

Un filamento (alambre caliente) es parte de un circuito de resistor balanceado llamado "Wheatstone Bridge" - Puente de Wheatstone (el sensor electrónico funciona de manera similar). El filamento quema el gas en su superficie inmediata, elevando así la temperatura del filamento. La resistencia del filamento aumenta con su temperatura. El medidor mide este cambio como la tasa de vapor combustible presente, comparada con el total exigido para llegar al LEL.

Por ejemplo, si el medidor indica 50%, entonces está presente el 50% del gas combustible que se necesita para llegar a una situación inflamable o explosiva. Si el LEL para el gas es el 5% y el medidor muestra 50% LEL, entonces la concentración de vapor es 2.5%. Así, la indicación de un medidor típico muestra concentraciones hasta el LEL del gas. En el LEL, el instrumento indicará 100%. Arriba del LEL el instrumento puede indicar 100% o puede caer hasta cero y comenzar a subir otra vez.

Problemas potenciales

Los CGIs sólo sirven en atmósferas de oxígeno normal (20.9%). Las atmósferas oxígeno deficientes producen indicaciones más bajas. Los LELs de gases y vapor cambian en una atmósfera de oxígeno enriquecido, haciendo inválidas las indicaciones.

La mayoría de las unidades tienen un filtro opcional que protege el sensor contra los vapores de plomo. No obstante, los vapores orgánicos de plomo (o sea, vapores de gasolina plomada), y compuestos de azufre y de silicona ensuciarán el filamento. Gases ácidos (o sea, cloruro de hidrógeno y fluoruro de hidrógeno) pueden corroer el filamento.



Los vapores de silicona y las muestras que la contengan, aún en cantidades pequeñas, contaminarán el sensor.

Monitores de atmósfera tóxica

Los indicadores de oxígeno y CGIs no pueden indicar las concentraciones de contaminantes que puedan ser tóxicos ni pueden identificarlos. Son necesarios otros tipos de instrumentos, a veces en versiones específicas para el producto. Éstos incluyen tubos indicadores colorimétricos, monitores específicos para productos, detectores de fotoionización, detectores de ionización de llamas, y espectrofotómetros infrarrojos.

Se exige el monitoreo continuo de la atmósfera tóxica para:

- Identificar concentraciones en el aire que puedan ser tóxicas
- Evaluar la necesidad y el tipo de equipo protector personal
- Instalar zonas de trabajo donde no existan contaminantes.

Tubos indicadores colorimétricos

Los tubos colorimétricos usan una reacción química para producir un cambio de color y pueden usar filtros o ampollas para mejorar la reacción. Son portátiles, exigen poco entrenamiento y son específicos para el producto o para familias de productos. (benceno, tolueno o xileno)

Operación

Siempre lea las instrucciones para el juego de tubos que usa, y no deje de emparejar cada tubo con su bomba. La bomba de un fabricante no siempre hace juego con el tubo de otro. Las instrucciones incluirán el número de bombeadas necesarias, tiempo para cada una, gases y vapores que interfieren, efecto de la humedad y la temperatura, tiempo que se puede almacenar, cambio apropiado de color, cómo leer la escala, y reutilización del tubo. Todos los tubos sirven para tomar muestras de gas o vapor (no líquidos). El volumen total que pasa por el tubo varía con el tipo y el fabricante. Las instrucciones indicarán el volumen necesario así como el número de bombeadas-el número de veces que se debe accionar el pistón o un fuelle. El aire no pasa instantáneamente por el tubo. Puede durar 1 a 2 minutos para completar cada carrera, y los tiempos para de muestreo pueden variar de 1 a 30 minutos por tubo. Las escalas en los tubos indican gamas de material recolectado en partes por millón (ppm). Las instrucciones incluyen cómo usar las escalas. Algunos

tubos tienen dos escalas o más-una, por ejemplo entrega una lectura de 10 a 500 ppm y otra de 2 a 80 ppm. La escala de rango largo corresponde a menos bombeadas; el menor, a más. Si están presentes altas concentraciones de material, se puede leer el total de ppm en la escala más amplia después del mínimo número de bombeadas exigidas. Si están presentes concentraciones bajas, use el máximo número de bombeadas y lea las ppm en la escala de rango menor.

Problemas potenciales

Los tubos colorimétricos no son altamente exactos o precisos. En pruebas, algunos tubos han registrado errores del 25% al 50%. Si hay duda, sea conservador: use el valor más alto que pueda obtener al leer los diferentes aspectos del tubo, y sume para compensar



los factores de error del tubo. La temperatura afecta las reacciones químicas de los tubos colorimétricos. El tiempo frío retrasa las reacciones y el tiempo de respuesta. Las temperaturas cálidas aumentan las reacciones y pueden decolorar el indicador cuando un contaminante no está presente, aún en un tubo no abierto. Almacene los tubos bajo temperatura moderada. Algunos tubos no tienen un pre-filtro para remover la humedad, y la alta humedad puede afectarlos. Las instrucciones del fabricante suelen indicar las correcciones, si la humedad es un problema. Los tubos están asignados a un periodo de almacenaje de 1 a 3 años porque se deterioran. El fabricante no recomendará el uso de un tubo pasado ese límite. Un tubo refrigerado tiene que calentarse hasta la temperatura ambiental antes de usarse. Algunos tubos reaccionan a compuestos que interfieren. Lea las instrucciones en el tubo para ver la información del fabricante. Los tubos no sirven para tomar muestras de líquidos. Algunos tubos muestran un cambio positivo de color si por accidente entra un poco de líquido. Asegúrese de que haya sólo vapor o gas en el tubo. La interpretación de resultados puede ser un problema. La longitud del cambio de color indica la concentración del contaminante. El usuario tiene que poder ver el extremo del tinte y reconocer el color. En algunos tubos un color diferente indica otro material. Algunos tintes son borrosos, no definidos; otros tienen un extremo desigual. Algunos son de poca intensidad y difíciles de ver. El cloro, por ejemplo, cambia el gel de sílice blanco, a amarillo o anaranjado, siendo el amarillo muy pálido y difícil de percibir.

Monitores para químicos específicos

Varios monitores para gas usan células electroquímicas o semiconductores de óxido de metal (MOS) para detectar químicos específicos. Los detectores MOS cambian de conductividad cuando se exponen a ciertos gases o vapores. Pueden ser diseñados para reaccionar a un grupo grande de químicos o a un químico específico. Son más exactos que los tubos colorimétricos, pero sólo pueden analizar solamente alrededor de una docena de químicos-comúnmente monóxido carbónico o sulfuro de hidrogeno, como asimismo cianuro de hidrogeno, amoníaco y cloro. Algunos de estos monitores indicarán bajas concentraciones del químico para el que fueron diseñados, cuando este químico no está presente pero sí este presente un químico fuerte que interfiera.

Detectores de fotoionización (PIDs)

Un PID puede detectar una amplia gama de vapores orgánicos y algunos inorgánicos. Lo hace por medio de una luz ultravioleta que ioniza contaminantes en el aire. Una vez que el gas o vapor es ionizado en el instrumento, puede ser detectado y medido, normalmente en ppm o ppb (partes por millón o partes por billón). La fuerza de los focos PID se da en Volts Electrón (eV), que deben ser igual o mayor que el potencial de ionización (IP) del material. (El fabricante indicará el eV).

Para más información sobre el IP de un material, (véase su MSDS o la guía NIOSH.) Si más de un vapor o gas está en el aire y los dos tienen un IP igual o menor que el eV del foco, el PID producirá una lectura en ppm que es el total de los dos materiales. Si uno de los materiales tiene un IP mayor que el del foco, será invisible al PID, que leerá sólo el material con el IP inferior. No use PIDs en situaciones con humo o de mucha humedad. Éstos afectarán la habilidad de la fuente de luz para ionizar el vapor o el gas.

Detectores de ionización de llamas (FIDs)



Estas unidades usan la combustión para ionizar contaminantes en el aire y luego detectan y miden compuestos orgánicos en ppm. Los FIDs no detectan compuestos inorgánicos como el cloro, el cianuro de hidrógeno o amonio. Por eso se llaman OVAs o analizadores de vapores orgánicos. Algunos FIDs también funcionan como cromatógrafos de gas. Sin embargo, pocos socorristas tienen el entrenamiento o la experiencia académica para usar este elemento.

Espectrofotómetros infrarrojos

El espectrofotómetro infrarrojo es un instrumento para compuestos específicos. Cada compuesto analizado absorbe la radiación en discretas frecuencias de onda infrarroja (las frecuencias se llaman micrones). La unidad mide la cantidad de energía infrarroja (IR) absorbida, o ppm. La acetona absorbe IR en la gama de 3.39 micrones, el alcohol en la gama de 3.49 micrones. Con una muestra de los vapores del alcohol y otra de los de la acetona, y si está puesto para detectar los dos, un espectrofotómetro infrarrojo puede leer individualmente las concentraciones de ambos materiales.

Como el PID, un espectrofotómetro infrarrojo está sujeto a interferencia por el humo o la humedad. Cualquier cosa que tapa o absorbe la luz distorsionará la lectura.

Detectores de ácido y de base

Medidores de Ph

Un medidor de pH lee el pH de un material y lo muestra visualmente. La mayoría tienen que ser calibrados antes de usarlos y luego limpiados con agua destilada y guardados en una solución aislante.

Para calibrar un medidor de pH, use las soluciones de agua del fabricante y siga las instrucciones.

Papel pH

Un papel pH detecta ácidos y bases en líquidos y vapores cambiando a varios colores, dependiendo del pH de la sustancia. Los ácidos, que tienen un pH menor de 7, deben cambiar el papel desde un naranja, hasta un rojo vivo (pH 0). Sustancias neutras deben cambiar el papel a naranja claro (pH 7). Las bases deben cambiarlo de verde claro a verde oscuro (pH 7 a pH12), hasta azul oscuro (pH 14). El papel puede fallar. Por ejemplo, el hipoclorito de sodio cambia el papel a rojo, el cual se descolora rápidamente a blanco, distorsionando su pH 12. También, papel viejo expuesto al sol da lecturas falsas.

La lectura de los colores de papel pH es un ejercicio subjetivo. Sin embargo, una tira pH tiene varios puntos de reacción que cambian de color al exponerlos a un material. Tenga cuidado de hacer coincidir estos colores con los indicados por el fabricante. Para usar papel pH para detectar vapores de álcali o ácido, moje el papel en agua y páselo por los vapores. No tendrá que mojarlo si hay humedad alta. Ponga la tira mojada en un CGI y, si cambia de color a rojo o a azul, sabrá que está en contacto con un gas corrosivo y usted debe apagar el instrumento.

Papel oxidante

El papel oxidante cambia a gris o a negro en la presencia de otro oxidante pero no le dice que oxidante está presente. Funciona en aire, no en líquidos. Moje el papel antes de usarlo, luego pase la tira por el área sospechosa.



Comprobación radiológica

Los instrumentos radiológicos de comprobación continua incluyen medidores de lectura indirecta y directa. Todos requieren entrenamiento especial para usarlos e interpretarlos. Los monitores comerciales normalmente miden radiación alfa, o radiación gama y beta, y muy pocos miden los tres tipos. Sin embargo algunos monitores usan diferentes sondas para medir diferentes formas de radiación-por ejemplo, una cámara interna para medir radiación gama de alto nivel y una sonda externa para medir la radiación beta de bajo nivel. Los medidores de reconocimiento (CD V-700, V-715 y V-717) son instrumentos de lectura directa. El CD V-700 usa una sonda para medir radiación gama de nivel bajo y para detectar radiación beta, y los CD V-715 y V-717 usan una cámara interna para medir radiación gamma de nivel alto. Los dosímetros son instrumentos de lectura directa o indirecta. Los escudos de película o mecanismos termales luminiscentes que requieren apoyo de laboratorio son de lectura indirecta. Un dosímetro que se puede leer en terreno es de lectura directa.

CD V-700

El CD V-700 es un medidor de reconocimiento de bajo espectro (0 - 50 miliroetgens por hora [mR/hr]) que detectará radiación beta y detectará y medirá radiación gama. Tiene una visualización múltiple con un interruptor que dará lecturas en mR/h o contadas por minuto. Usa una sonda y debe usarse con bocina o con audífonos. En áreas de radiación alta, el CD V-700 puede saturarse y no ser exacto. Este medidor por eso debe ser usado junto con un CD V-715.

CD V-715 y CD V-717

El CD V-715 y el CD V-717 son medidores de reconocimiento de espectro alto (0 a 500 roentgens por hora). Son más sencillos para usar que el CD V-700. El CD V-715 y el CD V-717 miden sólo radiación gama en roentgens por hora. Tienen un interruptor que ajusta la sensibilidad de la lectura.

CD V-142 y V-138 (Dosímetros)

Los dosímetros miden una dosis total acumulada de radiación gama en roentgens (CD V-142) o milliroentgens (CD V-138), dependiendo del modelo del dosímetro. Se deben poner en cero antes de usarlos. Se pueden leer con la herramienta para ponerlos en cero o colocándolos contra la luz.