

MANUAL DE FORMACION NIVEL BOMBEROS
ASPIRANTES A BOMBEROS – BOMBEROS



ACADEMIA PROVINCIAL DE CAPACITACION

**FEDERACION CORRENTINA DE ASOCIACIONES DE BOMBEROS
VOLUNTARIOS**

TIPOS DE INCENDIOS

PERTENECE A:

MODULO 10

10.1 INCENDIOS FORESTALES

10.2 INCENDIOS VEHICULARES

INCENDIOS ESTRUCTURALES

1) Tipos de incendios estructurales.

A) Incendio declarado o de arraigo.

- Se observa que las llamas han tomado toda la estructura.
- Inicialmente el ataque será defensivo desde el exterior para evitar la propagación del mismo a edificaciones linderas.



Ilustración 1 : Incendio de arraigo.

B) Incendio confinado o de compartimientos interiores.

- Se observa solo humo con alguna llama.
- El ataque será ofensivo desde el interior para localizar el origen del fuego.
- Existe peligro de fenómenos diversos.

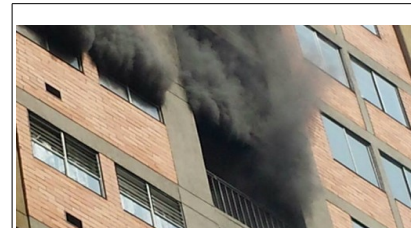


Ilustración 2 : Incendio confinado.

2) Peligros de los incendios estructurales.

- Oscuridad total o parcial, visibilidad nula.
- Un ámbito agresivo y desconocido.
- Gases tóxicos.
- Gases inflamables y explosivos.
- Fenómenos físico-químicos.
- Colapsos estructurales.
- Tropiezos, caídas y resbalones.
- Obstáculos varios.
- Servicios del inmueble.
- Estrés térmico, colapso físico.
- Fallas en los equipos de protección respiratoria.

- Incomunicaciones.

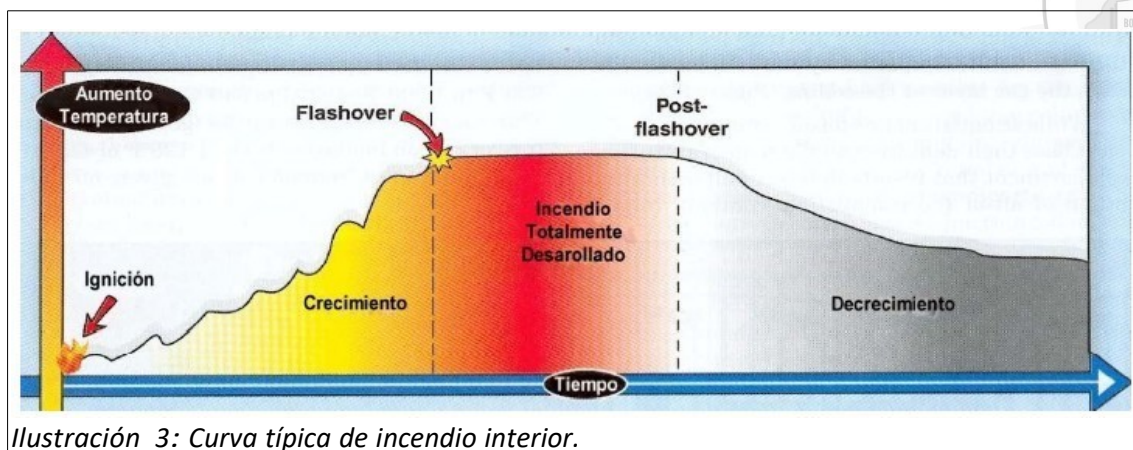
3) Desarrollo de incendios en recintos cerrados.

Para que un incendio se desarrolle más allá del material primario en ignición, el calor debe ser transmitido más allá de dicho material hacia fuentes de combustible adicionales. En la primera etapa de un incendio, el calor aumenta y genera una pluma de gases calientes columna de humo ascendente o cojín de gases del incendio). Si el incendio transcurre en un espacio abierto (en el exterior o en un gran edificio), la pluma crece sin ningún impedimento, y se alimenta de aire en la medida que crece. Precisamente porque este aire aportado a la pluma está más frío que los gases del incendio, esta acción tiene un efecto refrigerante en los gases generados por el incendio. La propagación del incendio en un área abierta se debe en origen a la energía calorífica que se transmite desde la pluma a los combustibles cercanos. La propagación del incendio en exteriores puede aumentar por la acción del viento y la inclinación del terreno que facilita el precalentamiento de los combustibles por exposición. El desarrollo de incendios en recintos cerrados es mucho más complejo que los declarados en espacios abiertos. A los efectos de esta explicación, consideraremos como recinto cerrado a una habitación o espacio cerrado en el interior de un edificio.

Se define como incendio de interior al incendio que transcurre en un espacio como el definido. El crecimiento y desarrollo de un incendio de interior está habitualmente controlado por la disponibilidad de combustible y de oxígeno. Cuando la cantidad de combustible para ser quemado es limitada, se dice que el incendio está controlado por el combustible, es decir, se dispone de cantidad suficiente de aire por lo que es la cantidad de combustible la que limita la velocidad de crecimiento del incendio. Cuando la cantidad disponible de oxígeno es limitada, se dice que el incendio está controlado por ventilación, es decir, en este caso no existen limitaciones de combustible, pero no se dispone de la suficiente cantidad de oxígeno para que la combustión se mantenga.

A) Fases del Incendio.

Recientemente, los investigadores han tratado de describir los incendios de interior en términos de etapas o fases que se suceden en la medida en que el incendio se desarrolla. Estas fases son las siguientes:



Debe entenderse que las fases representadas tratan de describir el complejo mecanismo mediante el cual se desarrolla el incendio sin que se actúe sobre él, es decir que se desarrolla libremente. La ignición y desarrollo de un incendio de interior es un proceso muy complejo y en él influyen muchas variables. Consecuentemente, no todos los incendios pueden desarrollarse a través de cada una de las etapas descritas. Lo que el gráfico intenta describir es la representación de un incendio como un suceso dinámico cuyo crecimiento y desarrollo depende de múltiples factores.

I) Ignición.

La ignición describe el periodo donde todos los elementos capaces de iniciar el incendio comienzan a interaccionar. El acto físico de la ignición puede ser provocado (causado por una chispa o llama) o no provocado (causado cuando un material alcanza su temperatura de ignición como resultado del autocalentamiento) tal como sucede en una combustión espontánea. En este punto, el incendio es pequeño y generalmente se restringe al material (combustible) que primero se incendia. Todos los incendios – en espacios abiertos o en recintos cerrados- ocurren como resultado de algún tipo de ignición.

II) Crecimiento.

Poco después de la ignición, comienza a formarse una pluma de incendio sobre el combustible incendiado. En la medida en que la pluma se desarrolla, comienza la succión o entrada de aire desde los espacios circundantes hacia el interior de la columna. El crecimiento inicial es similar al de un incendio que transcurre en el exterior, en un espacio no confinado, y su crecimiento está en función del combustible que ha comenzado arder en primer lugar. No obstante, a diferencia de un incendio no confinado, la pluma en un recinto cerrado se ve rápidamente afectada por la distancia al techo y las paredes del recinto. El primer factor de influencia es la cantidad de aire que entra en la pluma. Debido a que el aire está más frío que los gases calientes procedentes del incendio, el aire ejerce un efecto refrigerante en las temperaturas del interior de la pluma. La ubicación de

la fuente de combustible en relación con las paredes del recinto determina la cantidad de aire que se introduce y en consecuencia el grado de enfriamiento que tiene lugar. Fuentes de combustible cercanas a las paredes implican un menor aporte de aire y por consiguiente unas mayores temperaturas en las plumas. Fuentes de combustibles en las esquinas todavía limitan más la entrada de aire en la columna de humo y es donde se consiguen mayores temperaturas de las plumas. Este factor afecta significativamente las temperaturas en el desarrollo de las capas calientes de gases que se encuentran sobre el incendio. Como los gases calientes aumentan, estos comienzan a propagarse hacia el exterior cuando alcanzan el nivel del techo. Los gases continúan dispersándose hasta que alcanzan las paredes del recinto. La profundidad de la capa de gases comienza entonces a aumentar. La temperatura en el recinto durante este periodo depende de la cantidad del calor por conducción en el techo y paredes del recinto así como del flujo calórico procedente de los gases que se sitúan en la parte superior, la ubicación de la fuente de fuego inicial y de la cantidad de aire que entra. Las investigaciones muestran que la temperatura de los gases disminuye conforme aumenta la distancia a la línea central de la pluma. La etapa de crecimiento continúa si se dispone de suficiente combustible y oxígeno. Los incendios en interiores en la etapa de crecimiento están generalmente controlados por el combustible. En la medida que el incendio crece, aumenta la temperatura en todo el recinto, al igual que lo hace la temperatura de la capa de gas a nivel del techo. Si la cantidad de aire aportado al incendio no es la suficiente (incendio controlado por ventilación) los gases calientes (pero por debajo de la temperatura de autoinflamación) saldrán al exterior provocando, según las condiciones, una elevación del plano neutro, y la entrada de aire limpio a través de la zona de presión negativa únicamente como consecuencia de la liberación de presión en la zona de presión positiva, cuando este aire alcance el foco o los focos de ignición el efecto se traduce en un nuevo aumento de la cantidad de gases de pirolisis y de la presión en el recinto, un descenso nuevamente de la cantidad de oxígeno y la liberación de gases enriquecidos de incendio al exterior a través de la vía de entrada de aire. Una vez alcanzado este punto, el proceso descrito no cesará, al contrario tenderá a reiterarse de forma que el ciclo establecido se irá repitiendo de forma sucesiva generando lo que conocemos como pulsaciones (o respiración) del incendio, estas acrecentarán su intensidad en la medida en que los valores de temperatura dentro del recinto aumenten como consecuencia de las aportaciones energéticas procedentes de las combustiones que se generan, lo que provoca a su vez que la cantidad de aire que entra cada vez sea mayor.

lil) Flashover.

El Flashover es la transición entre las etapas de crecimiento y de incendio totalmente desarrollado y no constituye un evento específico tal como la ignición. Durante la etapa de flashover, las condiciones en el recinto cambian muy rápidamente, siendo esta la consecuencia que más claramente marca esta

etapa. Estos cambios se producen en la medida en que el incendio pasa de estar controlado por la combustión de los materiales que han comenzado a arder en primer lugar hasta que este se extiende a todas las superficies de material combustible dentro del recinto. La capa de gases calientes que se desarrolla a nivel del techo durante la etapa de crecimiento provoca calor radiante sobre materiales combustibles lejanos al origen del incendio. Por lo general, la energía radiante (flujo calorífico) desde la capa de gases calientes excede los 20 Kw/m² cuando ocurre el flashover. Este calor radiante genera la pirolisis en los materiales combustibles que se encuentran en el interior del recinto. Los gases generados durante este tiempo son calentados hasta su temperatura de ignición por la energía radiante procedente de la capa de gases del techo.

A pesar de que los científicos definen el flashover de diferentes formas, la mayoría basan su definición (momento en el cual comienza a producirse) basados en la temperatura del recinto, y como consecuencia de la cual resulta la ignición simultánea de todos los combustibles contenidos en el mismo. Aunque no se asocia una temperatura exacta con este fenómeno, este suele darse en un rango comprendido entre los 483°C y 649°C. Este rango se corresponde con la temperatura de autoinflamación (609°C) del monóxido de carbono (CO), uno de los gases más comunes obtenidos como resultado de la pirolisis. Justo antes del flashover, se suceden diferentes fenómenos dentro del recinto incendiado: Las temperaturas aumentan rápidamente, fuentes de combustibles adicionales se ven involucradas en el proceso, y todas las fuentes de combustible en el recinto emanan gases combustibles como resultado de la pirolisis. Cuando el flashover ocurre, los materiales combustibles en el recinto y los gases generados por la pirolisis se incendian. El resultado es un incendio totalmente desarrollado en el recinto. El calor liberado por una habitación totalmente incendiada en la fase de flashover puede ser del orden de más de 10.000 Kw. Los ocupantes que no hayan escapado de un recinto antes de que un flashover ocurra probablemente no sobrevivirán. Los bomberos que se encuentren en un recinto cerrado cuando se produce un flashover se encuentran en una situación de extremo peligro aunque se encuentren equipados con su Equipo de Protección Personal.

Iv) Incendio totalmente desarrollado.

La etapa de incendio totalmente desarrollado ocurre cuando todos los materiales combustibles en el recinto se encuentran incendiados. Durante este periodo de tiempo, los combustibles incendiados en el recinto están liberando la máxima cantidad de calor posible por las fuentes de ignición disponibles y produciendo grandes cantidades de gases de incendio. El calor liberado y el volumen de gases de incendio producidos dependen del número y tamaño de las aberturas de ventilación en el compartimento. El incendio frecuentemente se convierte en controlado por ventilación, y de esta manera se producen grandes cantidades de gases no quemados. Durante esta etapa, los gases de incendio no quemados es probable que comiencen a fluir desde el recinto donde se esta desarrollando

el incendio hacia espacios adyacentes u otros recintos. Estos gases se inflaman si entran en espacios donde el aire es más abundante y si se encuentran a temperaturas dentro del rango de inflamación o autoinflamación. En la medida en que el fuego consume el combustible disponible, la cantidad de calor liberado comienza a disminuir. Una vez el incendio se convierte en controlado por el combustible, la cantidad de fuego disminuye, y la temperatura dentro del recinto comienza a descender. La cantidad de restos ardiendo (rescaldos) pueden, sin embargo, generar temperaturas moderadamente altas en el recinto durante algún tiempo.

V) Decrecimiento.

En la medida en que el fuego consume el combustible disponible, la cantidad de calor liberado comienza a disminuir. Una vez el incendio se convierte en controlado por el combustible, la cantidad de fuego disminuye, y la temperatura dentro del recinto comienza a descender. La cantidad de restos ardiendo (rescaldos) pueden, sin embargo, generar temperaturas moderadamente altas en el recinto durante algún tiempo.

B) Factores de influencia.

Para que un incendio se desarrolle desde la etapa de ignición hasta la de decrecimiento, son varios los factores que afectan a su comportamiento y desarrollo en el interior del recinto:

- Tamaño, número y distribución de los huecos (aberturas) de ventilación.
- Volumen del recinto.
- Propiedades térmicas de los cerramientos del recinto.
- Altura del techo del recinto.
- Tamaño, composición y localización de las fuentes de combustible que se incendian en primer lugar.
- Disponibilidad y ubicación de fuentes de combustible adicionales (combustibles objetivos del incendio).

4) Fenómenos Físico – Químicos del incendio estructural.

A) Planos de presión.

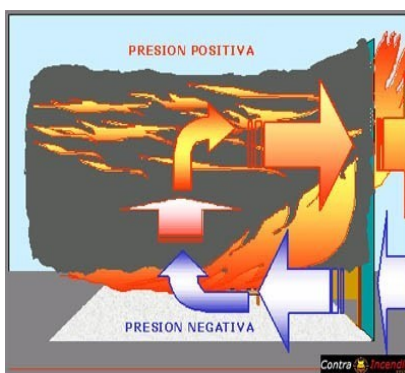
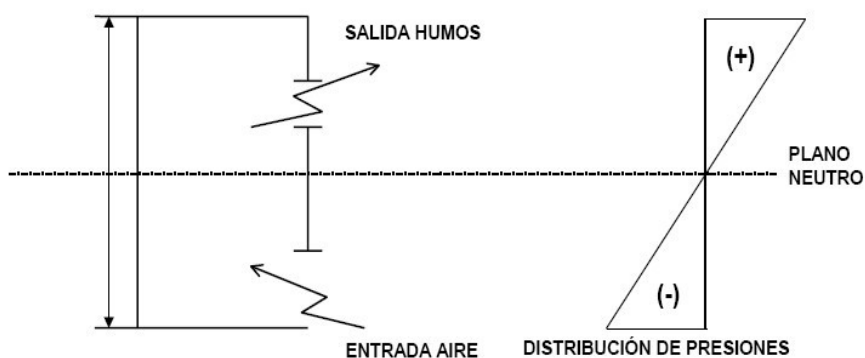
Durante el desarrollo del incendio en interiores, por acción del mecanismo de la convección, los gases producto del incendio son más calientes que los gases circundantes en el recinto y por lo cual estos se desplazan a las partes altas del mismo. En esta mecánica, debemos considerar al incendio como un ser vivo que necesita respirar y por lo tanto se genera en la parte superior del recinto, presión positiva que se producirá por la expulsión de los gases calientes de incendio y

por la parte baja del recinto se producirá una zona de presión negativa, por donde el incendio permitirá el ingreso de aire fresco y oxígeno para mantener su reacción. En la zona media entre ambos gradientes de presión se encontrará la zona de interface que llamaremos plano neutro.

Ilustración 4: Esquema de presiones en el incendio de recintos.

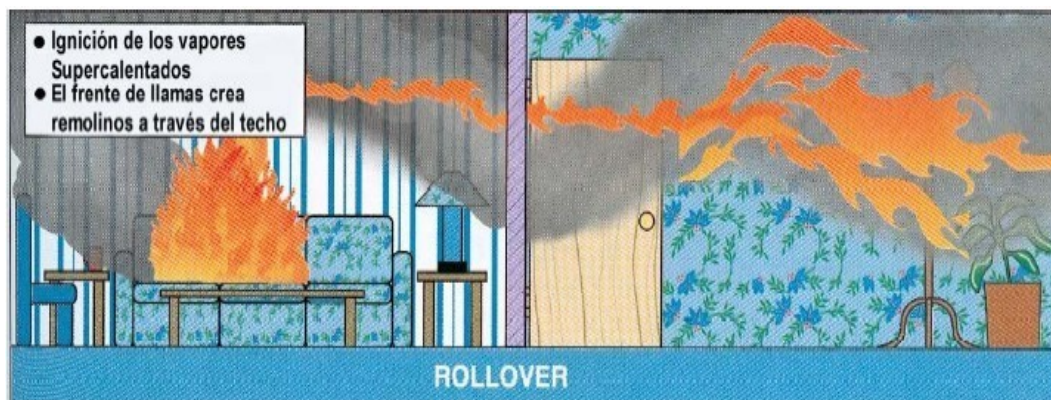
Dibujo 1: La "respiración" del incendio.

Dibujo 2: Plano neutro visto dentro de un simulador



B) Flameover / Rollover.

Los términos flameover y rollover describen una condición donde las llamas se mueven en el seno o a través de los gases no incendiados durante la progresión de un incendio. El flameover se distingue del flashover por estos envolvimientos solo de los gases de incendio y no de las superficies de otras fuentes combustibles en el interior del recinto. Esta condición puede ocurrir durante la etapa de crecimiento a medida que la capa de gases calientes se forma en el techo del recinto. Las llamas pueden verse en la capa donde los gases combustibles alcanzan su temperatura de ignición. Esta aportación que agregan las llamas al calor total generado en el recinto, no es la condición de flashover. El flameover puede también observarse cuando los gases de incendio no quemados escapan del recinto durante las etapas de crecimiento e incendio totalmente desarrollado de un recinto incendiado. A medida que estos gases fluyen desde el recinto incendiado hacia los espacios adyacentes, estos se mezclan con el oxígeno; si se encuentran a su temperatura de ignición, a menudo las llamas en la capa de gases se hacen visibles.



B) Flashover.

La norma ISO, define el fenómeno como:

"TRANSICIÓN RÁPIDA AL ESTADO DONDE TODAS LAS SUPERFICIES DE LOS MATERIALES CONTENIDOS EN UN COMPARTIMENTO SE VEN INVOLUCRADOS EN UN INCENDIO".

Al inicio del incendio el fuego se desarrolla en las partes bajas del recinto, debido a la carencia de oxígeno, calentamiento secundario, etc. , este foco inicial da origen a los gases no quemados los cuales se elevan hacia el techo formando un cojín de gases.

Con el paso del tiempo la temperatura y la concentración de gases aumentan de forma que se va generando un cojín de gases de incendio donde el rango de inflamabilidad se ve modificado favoreciéndose una inflamación muy favorable en un punto del L.I.I.



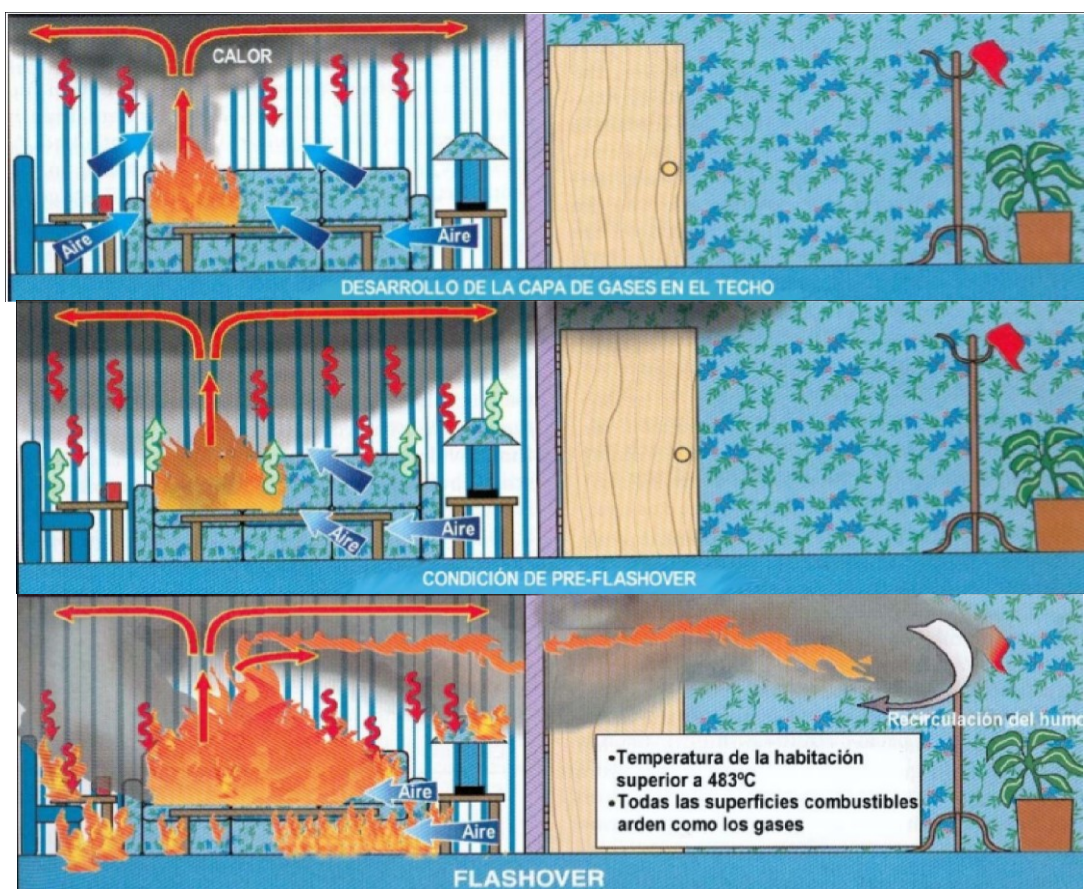
Cuando las llamas llegan a la parte inferior del cojín (de ahí la importancia de la altura de los techos, contra más bajos son antes alcanzan las llamas esta cota) estos gases se inflaman precisamente en ese

lugar, incrementándose el efecto de radiación de calor desde el cojín de gases al resto de los materiales contenidos en el recinto. Cuando se alcanzan las condiciones en el recinto de flujo calórico y temperatura descrita es cuando se produce el fenómeno de flashover.

La duración del fenómeno es corta tan solo el tiempo justo en que los gases procedentes de los materiales que pirolizan se autoinflaman, registrándose elevaciones de presión debidas a la expansión del frente de llamas moderadas, alrededor de 1 kPa. (0,01 bar), es por ello que cuando los servicios de intervención llegan el fenómeno ha finalizado, salvo que se trate de grandes superficies. Llegado a este punto si el aporte de aire es suficiente, estaremos en la etapa de incendio generalizado, tal y como se define en algunos informes, de lo contrario, las llamas decrecen y comienza un aumento de la temperatura favorecida por la inercia térmica de los materiales en el proceso de pirolisis. Una vez se ha producido el flashover, la ventilación (aporte de oxígeno) o el combustible restante (contenido y estructura) controlaran el incendio. Si cualquiera de estos componentes se ha consumido o no está disponible el fuego se extinguirá. Una vez que exista una abertura en el compartimento, este evoluciona hacia un incendio controlado por combustible o ventilación. Un incendio permanecerá en este estado si la abertura tiene el tamaño aproximado de una puerta. Si la abertura aumenta al tamaño de una pared o ventanal, entonces es posible evolucionar a un incendio controlado solo por combustible. En compartimentos grandes, el fuego inicial puede no siempre evolucionar en un flashover. Esto es debido a que los gases del incendio se enfrían a medida que ascienden a niveles mas altos (según la altura de los techos), alejándose de esta manera del foco del incendio. Este enfriamiento hará que los gases de incendio

queden fuera de sus rangos de inflamabilidad, y de este modo se evitará su ignición.

Si la cantidad de oxígeno en el interior del recinto no es suficiente, el cojín de gases se irá “enriqueciendo” en gases de incendio favoreciendo el descenso del plano neutro y haciendo cada vez más difícil la combustión en el interior del recinto al aproximarse a cotas cercanas al límite superior de inflamabilidad. No obstante, si estos gases alcanzan el exterior a través de ventanales u otros huecos, estos arderán en el exterior al disponer de la suficiente cantidad de oxígeno.



1) Señales y síntomas:

- Incendio ventilado.
- Calor radiante doloroso.
- Superficies calientes.
- Llamas a nivel del techo.
- Descenso del plano neutro.
- Incremento de la velocidad de pirolisis.
- Incremento de la turbulencia en el plano neutro.

D) Backdraft.

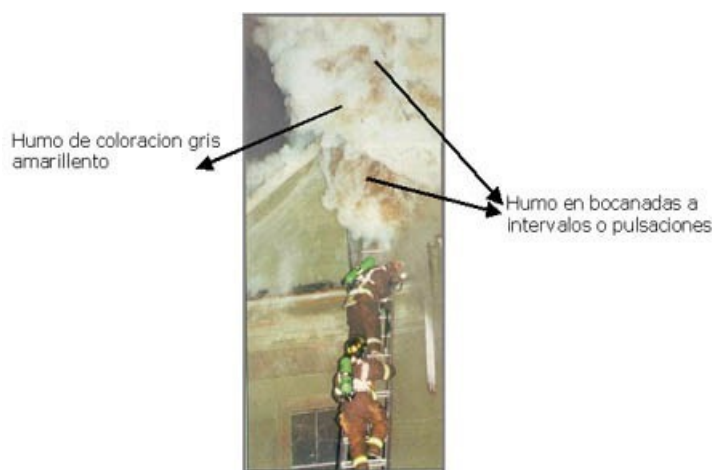
“EXPLOSIÓN VIOLENTA CAUSADA POR LA ENTRADA REPENTINA DE AIRE EN UN COMPARTIMIENTO DONDE SE HA PRODUCIDO LA SUFICIENTE CANTIDAD DE HUMO A CONSECUENCIA DE LA COMBUSTIÓN INCOMPLETA DEL INCENDIO POR DEFICIENCIA DE OXIGENO”.

A medida que el incendio se desarrolla, con el adecuado aporte de aire, el proceso de combustión continuará desarrollándose y creciendo mientras que quede combustible. Pero si el suministro de aire en el recinto se restringe, el oxígeno del interior del recinto se consumirá antes de que pueda ser remplazado. Esto generará un progresivo descenso de la concentración de oxígeno en los gases de incendio del interior del recinto. Esto causará inicialmente un incremento en la temperatura del recinto. En la medida en que el oxígeno disminuye, provocará que el calor radiado desde la pluma del incendio disminuya y las llamas comenzarán a apagarse. Sin embargo, esto no resultará en una reducción de los gases inflamables que se están produciendo y distribuyendo a través del compartimento hasta que la temperatura haya disminuido, o más exactamente hasta que la inercia térmica pierda potencia. Si se abre una abertura en el compartimento, esto permitirá el aporte de aire fresco y su mezcla con los gases del incendio, formando así una mezcla explosiva en la zona de interface, es decir, en la zona donde entran en contacto gases de incendio y aire mientras se den condiciones de flujo laminar entre ambos. Cuando esto ocurre y dependiendo del punto en el rango de inflamabilidad donde se produce la inflamación, la onda de presión que se puede generar alcanza valores que pueden llegar a los 10 kPa. (0,1 bar) y al efecto se le denomina como Backdraft. Los efectos que provoca pueden ser variables, como hemos dicho, dependiendo del punto dentro del rango de inflamabilidad donde se produzca el efecto de combustión total que en este caso alcanza la consideración de explosión.



l) Señales y síntomas:

- Humo a presión.
- Humo negro convirtiéndose de un color grisáceo amarillento.
- Aislamiento del incendio y calor excesivo.
- Poca o nada de llama visible.
- El humo sale del compartimiento en pulsaciones.
- Vidrios manchados por el humo, ennegrecidos, con apariencia de engrasados.
- Ruidos sordos.
- Una aspiración rápida de aire hacia adentro si se hace una apertura.
- El plano neutro está a casi 20/25 cm del piso.



E) Fashback.

IGNICIÓN REPENTINA DE LOS HUMOS INFLAMABLES ACUMULADOS EN UNA HABITACIÓN DESPUÉS DE QUE EL FUEGO HA SISO EXTINGUIDO CON UN EXTINTOR O MANGUERA.

Esta es una expresión acuñada por Vincent Dunn a fin de describir las igniciones de humos que se producen luego de extinguido el foco ígneo.

4) Técnicas de extinción.

Una intervención bien realizada supone no solo extinguir el incendio, sino también evitar la aparición del flashover o un backdraft. El objetivo principal para evitarlo será bajar la temperatura de los gases mediante la técnica adecuada de aplicación de agua y la inflamabilidad de la mezcla por dilución de los gases de incendio con el vapor de agua generado, posteriormente se extinguirán los focos

de ignición. Podemos establecer tres clases principales dentro de los métodos de extinción:

- Indirecto.
- Directo.
- Enfriamiento de los gases del incendio.

A) Indirecto (Defensivo).

Un fuego puede extinguirse dirigiendo el agua al interior del compartimento para producir vapor y crear una sobre presión la cual desplazará hacia el exterior el aire y sofocará el incendio. Este método debe utilizarse solamente desde el exterior cuando no existen víctimas en el interior del compartimento.

Procedimiento: Agua pulverizada con el cono en posición media dirigida a la parte superior y alrededor del fuego. La lanza debe moverse en forma circular de forma que se asegure la máxima cobertura.

Efecto: Enfriar y diluir los gases del incendio. Enfriar la estructura del compartimento. Las grandes cantidades de vapor producido ejercen un efecto de sofocación sobre el incendio. Disminución del plano neutro, con la consecuente reducción de la visibilidad y el empeoramiento de las condiciones de seguridad para los bomberos y víctimas. Solo debe ser aplicado desde el exterior del compartimento debido a las grandes cantidades de vapor a alta temperatura que se producen.



Ilustración 5 : Ataque indirecto exterior.

B) Directo.

Debe aplicarse en las etapas iniciales del incendio o cuando el incendio es exterior. Se aplica directamente sobre el lugar donde se encuentra el foco del incendio.

Procedimiento: Chorro/niebla con ajuste del cono mínimo dirigido directamente al fuego.

Efecto: Extinción del fuego. Posibles daños causados por el agua. Entrada de aire en el compartimento, intensificando el incendio si no se utiliza correctamente. Condiciones muy severas para los bomberos y víctimas.



Ilustración 6 : Ataque directo sobre las superficies afectadas.

C) Enfriamiento de los gases del incendio (OFENSIVO).

El uso de la técnica de enfriamiento de los gases del incendio (también denominadas como técnicas tridimensionales (3D), agua-niebla u "ofensivo") mediante la supresión de la fase gaseosa de un incendio es un método relativamente reciente e innovador. Debe quedar claro que tales aplicaciones se utilizan -no (solamente) para la extinción del incendio- principalmente para "asegurar" la vía de penetración al incendio y reducir la probabilidad de flashover - backdraft y Explosiones de Gases de Incendio. Estas técnicas no han sido diseñadas para reemplazar el método de ataque "directo" al incendio utilizando el agua de la forma descrita anteriormente, sino también, para complementar las formas existentes de ataque al incendio en un esfuerzo de incrementar la seguridad y efectividad de los equipos de bomberos. El método de "Enfriamiento de Gases", cuando se utiliza como una herramienta de extinción de incendios, consiste en colocar el agua pulverizada directamente en los gases de incendio calientes, utilizando proyecciones cortas y rápidas para colocar la mínima cantidad de agua en la zona de sobrepresión. Este agua entonces se evaporará en la zona de los gases calientes, generando una "zona de extinción", aunque no debe hacer contacto con las superficies calientes tales como paredes y techo, produciendo así un exceso de vapor. Este efecto de enfriamiento provocará una contracción mucho mayor de los gases de incendio que la expansión producida por el vapor de agua, y de esta forma el resultado final será la contracción del todo el volumen de gases final frente al que había inicialmente, dejando libre el espacio delante de los bomberos que manejan la lanza. Esta maniobra, en efecto, genera una presión negativa en el interior del compartimento incendiado y los bomberos no se ven afectados por las quemaduras que provoca la

expansión del vapor, además también se incrementan las probabilidades de supervivencia de las víctimas. Este efecto se alcanza mediante lanzas específicas y seleccionando los ángulos del cono ideales y el diámetro de la lanza que producirá un tamaño de gota no superior a 0.3 mm de diámetro. Así mismo la lanza debe ser manipulada de una forma determinada, denominada “pulsaciones” de manera que se llegue a conseguir de forma adecuada el efecto antes descrito.

Básicamente existen tres “técnicas de pulsaciones” diferentes:

- Pulsaciones cortas
- Pulsaciones largas
- Pulsaciones largas con barrido
- Una cuarta técnica, la cual se también utiliza, aunque no consiste en una técnica de pulsación, es una adaptación del método directo, pero se utiliza mediante un mayor control del sitio donde se proyecta el agua. Esta técnica se denomina; Pintar.

I) Pulsación Corta.

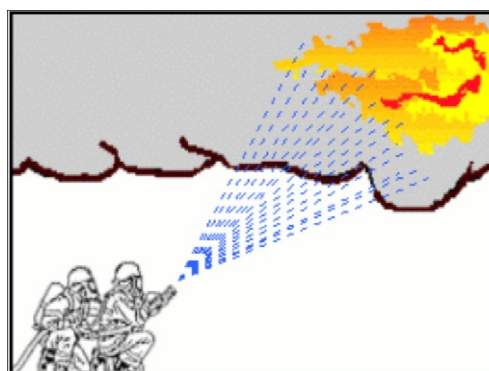
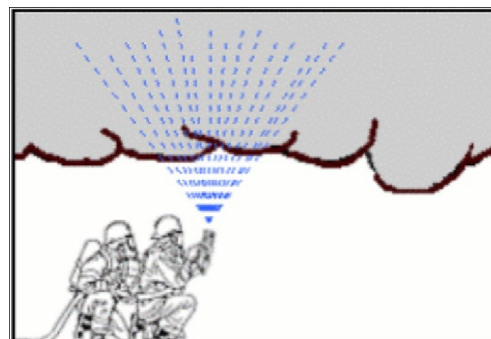
Procedimiento: Posición del cono de la lanza en pulverización media/ancha. Aplicar pulsaciones cortas, dirigidas directamente sobre los gases del incendio en la zona de sobrepresión.

Efecto: Enfriar y diluir los gases inflamables y por consiguiente prevenir que los gases de incendio alcancen su temperatura de autoignición.

II) Pulsación larga.

Procedimiento: Posición del cono de la lanza con pulverización media. Aplicar pulsaciones largas, dependiendo de la penetración requerida. Dirigir el chorro directamente sobre la zona de sobre presión a los gases incendiados.

Efecto: Enfriar y diluir las llamas en combustión, permitiendo además a los bomberos penetrar en el interior del compartimento.



lii) Pulsación larga con barrido.

Procedimiento: Posición del cono de la lanza con pulverización media. Al igual que con las pulsaciones largas, dirigir el chorro directamente sobre la zona de sobre presión a los gases incendiados moviendo la lanza en forma circular, la intención es la de proyectar la mayor cantidad de posible de gotas de agua en el seno de los gases calientes cuando existen grandes volúmenes de estos incendiados de forma que se intenta abarcar toda su superficie.

Efecto: Enfriar y diluir las llamas en combustión, permitiendo además a los bomberos penetrar en el interior del compartimento.

lv) Pintar.

Procedimiento: Aplicar pequeños chorros de agua. Utilizar la menor cantidad de agua posible, dependiendo de la penetración requerida. Dirigir directamente sobre todas las sustancias y materiales combustibles.

Efecto: Enfriar todos los productos y materiales combustibles, y además prevenir la descomposición de los materiales en gases de combustión (Pirólisis).

D) Utilización efectiva del agua.

Para efectuar de la forma más eficiente posible el enfriamiento de los gases de incendio, es preciso disponer de una lanza adecuada que proporcione el tipo de niebla (agua pulverizada) adecuado y un caudal aproximado de 300 l/m. la proyección a los gases calientes se realiza mediante cortas y sucesivas pulsaciones con una abertura de cono intermedia, la gasificación del agua que se produce provoca una contracción de los gases inflamados y una elevación del plano neutro.

Dicha contracción se debe al descenso de la temperatura provocado en los gases de incendio. Cuando la cantidad de agua utilizada y la forma en que se aplica son las correctas el efecto global es el de una contracción, ya que el volumen total de gases de incendio disminuye en tal proporción, que la suma del volumen de los gases enfriados más el volumen del vapor de agua generado, no superan el volumen inicial de los gases de incendio. Con el fin de mantener estos parámetros estables, en la extinción de un incendio los bomberos deben mantener un delicado equilibrio entre las pequeñas cantidades de agua aplicada, con el fin de mantener al mínimo la cantidad de vapor producido pero aportando el agua suficiente para extinguir el incendio.

Demasiada agua produce grandes cantidades de vapor, haciendo descender el plano neutro empeorando las condiciones para los bomberos, ya que se reduce el campo de visión y quedan expuestos al vapor y “aumento de la temperatura” aparente creado por la fuerte corriente de vapor de agua sobrecalentado que penetra sin dificultad en el interior del equipo de protección individual. Para

enfriar la máxima cantidad de gases con la mínima cantidad de agua, el tamaño de las gotitas desde la lanza deben mantenerse tan pequeñas como sea posible, y así aumentar la superficie del agua disponible para enfriar. Estas pequeñas gotitas aplicadas en pulsaciones cortas asegurará un enfriamiento rápido a medida que atraviesan los gases calientes produciendo la mínima cantidad de vapor y asegurando unas condiciones en el interior del compartimento lo más confortables posibles, a la vez se podrá tener un control más eficaz sobre los posibles excesos de vapor que si se aplican grandes cantidades, donde no es posible corregir. Además de la cantidad de agua utilizada, el lugar donde esta se coloca es importante también. Si el agua cae toda sobre el piso no está siendo efectiva, por consiguiente el agua debe ser dirigida al interior de la capa de gases donde esta puede ser mejor aprovechada, si por otra parte esta agua da contra las paredes u otras superficies calientes la cantidad de vapor generado será excesiva.

E) Método de ataque ofensivo.

Este método de extinción es el resultado de la aplicación práctica de los conceptos teóricos establecidos anteriormente, se puede aplicar en recintos donde tenemos gases de combustión originados por un incendio, aunque su implementación va más allá de la mera forma en que debemos proyectar el agua, existen una serie de reglas que se deben de respetar, y sobre todo un equipo que debe de actuar siguiendo estas reglas, si esto no es así podemos hacer desembocar en accidente lo que debe ser una intervención rápida y eficaz.

La técnica consiste en un método agresivo hacia los gases del incendio, recordemos que éstos podían ser de alto contenido energético o normal, y los podíamos encontrar inflamados o sin inflamar, dentro o fuera de su rango de inflamabilidad, dependiendo de la forma en que el incendio haya evolucionado.

Como consideración previa, debemos puntualizar que en toda intervención debe establecerse con anterioridad un procedimiento por el cual se establezca el número de hombres que van a intervenir, y las funciones que cada uno realizará. También es conveniente dar nombre a estos procedimientos con el fin de optimizar el tiempo de intervención y sobre todo la coordinación. Así mismo debemos definir el tipo de instalación a utilizar para la aplicación de esta técnica, para lo cual se establecen los siguientes criterios:

El factor determinante para que la técnica sea efectiva es la forma de aplicación del agua, esta puede conseguirse de varias formas dependiendo del tipo de instalación que se utilice, básicamente podemos obtener dos tipos de instalación:

- Instalación con baja presión y mangueras de 45 mm de diámetro, con lo cual debemos establecer una presión en punta de lanza de 8 bar y regular el caudal de la lanza en la posición más próxima a los 300 l/min. con una abertura de cono adecuada al frente que se desea cubrir, que en todo caso no será el de abertura total.

- Instalación de alta presión y con una línea de 25 mm de diámetro de alta presión con lanza adecuada para trabajar en estas condiciones, donde los requerimientos de bomba suelen estar entre los 25 y 30 bar de presión para que en la posición de 115 l/min., podamos obtener un caudal próximo a los 300 l/min., la abertura del cono será la misma que en el caso anterior.

l) Los 5 pasos el método de ataque ofensivo:

1. Asegurar el acceso: El equipo de bomberos que va a introducirse en el recinto, debe de observar la cantidad de humos, el color, la densidad y la forma en que los gases de incendio se desarrollan en el exterior a través de las puertas y ventanas, pues este es un indicador del estado de la temperatura y concentración de los gases, dando así una idea aproximada en cuanto a la posibilidad de que el incendio evolucione hacia un backdraft al abrir la puerta y que los gases evolucionen desde el límite superior de inflamabilidad hacia el rango de inflamabilidad, o bien una explosión de gases de incendio o en general cualquier otro de los fenómenos que hemos descrito. Para evitarlo, se “aseguran” el acceso y salida del personal, mediante la proyección de agua pulverizada sobre la puerta y los gases que ya se encuentren en el exterior enfriándolos. Cuando los dos acceden al interior del recinto, en el lugar por donde penetran debe permanecer otro miembro del equipo de ataque para asegurar que los gases que saldrán al exterior no se autoinflamen y observar su evolución con el fin de hacer salir al equipo del interior o reforzarlo en caso de ser necesario.

Utilizar la protección de puertas y paredes, permaneciendo siempre agachados.



Ilustración 7: ingreso con puerta de apertura hacia afuera.



Ilustración 8: Ingreso con puerta de apertura hacia adentro.



Ilustración 9: Ingreso y posición del equipo dentro del recinto.

1. **Control de la temperatura:** Tras la penetración del equipo, debe cerrarse la puerta, con el fin de evitar el aporte de oxígeno al incendio, y proceder inmediatamente a proyectar agua en la zona de presión positiva para enfriar y diluir los gases del incendio, a esta operación se le denomina “control de temperatura”. Esta acción se efectúa sobre los gases que nos encontramos nada mas entrar en el recinto, mediante pulsaciones cortas y muy rápidas tal y como se ha expuesto anteriormente, si el agua proyectada se gasifica de forma rápida, significa que tenemos altas temperaturas de los gases de combustión y debemos actuar rápidamente refrescando y diluyendo estos gases, si es preciso mediante pulsaciones algo más largas aunque no menos frecuentes.

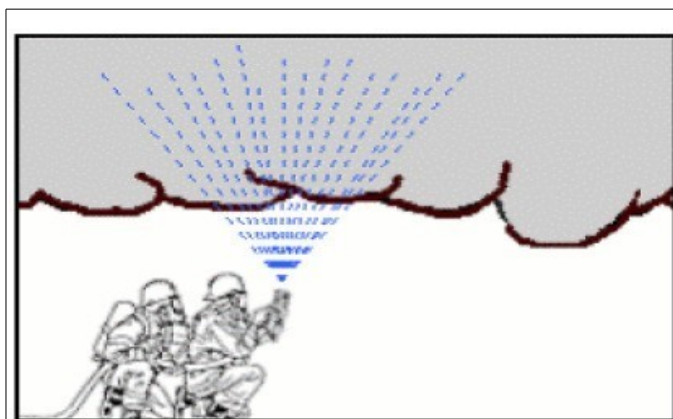


Ilustración 10: Control de temperatura con pulsaciones cortas y rápidas.

1. Ataque Ofensivo: En la medida en que se avanza, se deben efectuar pulsaciones de agua con el fin de enfriar y diluir los gases de combustión, cuando nos encontremos con el frente de llamas donde los gases de combustión se encuentran en su pleno desarrollo, actuaremos de forma “ofensiva” aumentando el efecto de las pulsaciones, prolongando si es preciso el tiempo de la pulsación y reduciendo el tiempo entre ellas, teniendo en cuenta que no debemos aplicar más cantidad de agua de la necesaria, ya que de lo contrario romperíamos el equilibrio entre los volúmenes de gases generados provocando un fuerte incremento de la cantidad de vapor de agua el cual a una temperatura superior a los 100o C ocuparía la mayor parte del volumen del recinto provocándonos quemaduras mucho más graves que las que el propio incendio nos generaría por efecto del calor radiante y anulando así mismo el efecto deseado de enfriamiento y aumento de visibilidad como consecuencia de la contracción de los gases de combustión.

2. Pintar Paredes: Si persistimos en el ataque a los gases de combustión, finalmente conseguiremos cortar el avance de propagación del incendio de tal forma que solo quedará activo el foco primario del incendio y el efecto de destilación de los materiales próximos a él en estado de pirólisis como consecuencia de la inercia térmica que todavía sigue acompañando al proceso. En este punto se procede a “pintar paredes”, lo cual consiste en aplicar un caudal muy pequeño de agua en las superficies calientes (como si se estuviese pintando) de tal forma que el proceso de pirólisis se interrumpa.

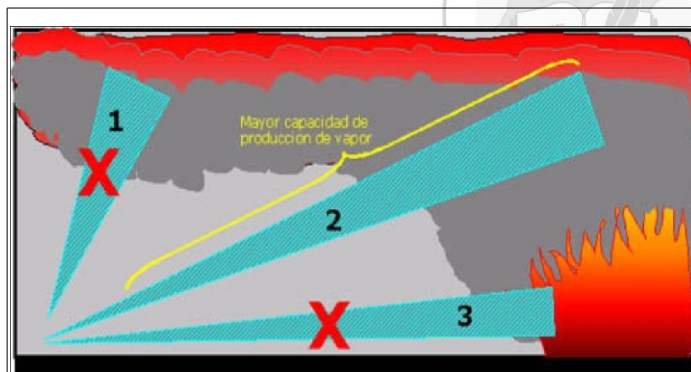


Ilustración 11: Eficiencia en la aplicación de chorros.

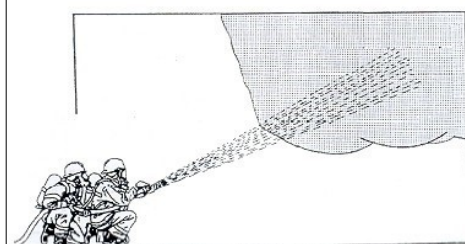


Ilustración 12: “Pintar paredes” para detener la pirólisis.

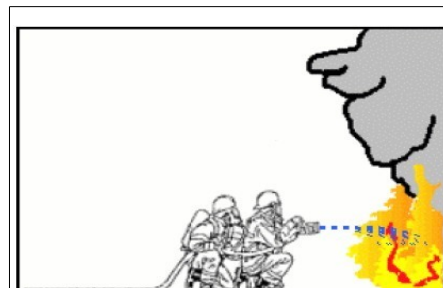


Ilustración 13: Último paso, apagar finalmente el combustible incendiado.

3. Ataque Directo: Una vez detenido el proceso de pirólisis y por consiguiente de acumulación de gases, se procede a finalizar la extinción mediante el “ataque directo” al foco primario del incendio, para lo cual no es necesario actuar con un caudal excesivo, sino el mínimo necesario para conseguir enfriar y cortar de forma definitiva el proceso de incendio.

5) Rescate en estructuras incendiadas.

A fin de poder rescatar a las personas que se hallen dentro de una estructura incendiada, se procederá a conformar equipos de búsqueda de entre 2 y 4 bomberos, siendo lo ideal un equipo mínimo de 3 bomberos. Para iniciar una búsqueda se deberán tener en cuenta las situaciones para determinar el tipo de la Búsqueda:

1. Si no existen indicios de que haya víctimas dentro del lugar.
2. Si existen pedidos de los habitantes o vecinos sobre la posibilidad de personas dentro del lugar.
3. Si existen pedidos específicos de víctimas en habitaciones individualizadas.

A) Si no existen indicios de que haya víctimas dentro del lugar:

La búsqueda se realizará a medida que avanza la línea en las distintas dependencias del lugar incendiado. Siendo la cantidad de personal mínima de tres Bomberos:

- 1- *Pitonero*: Realiza la extinción del incendio si es que se presenta.
- 2- *Encargado*: Determina la ubicación del equipo y las acciones a seguir.
- 3- *Búsqueda*: Ayuda al pitonero y realiza la búsqueda una vez que la habitación o sector está asegurada.

B) Si existen indicios de que haya víctimas dentro del lugar:

En este caso se realizará lo que solemos llamar la Búsqueda Primaria y Búsqueda Secundaria. Más allá de que nadie nos indique la posible existencia de víctimas, estas se pueden suponer de acuerdo a la utilización de la estructura involucrada y la hora en que se da el siniestro.

I) Búsqueda Primaria:

Una búsqueda rápida de todas las áreas involucradas y expuestas afectadas por el incendio y en las cuales se puede entrar para verificar la remoción y/o seguridad de todos sus ocupantes donde estos puedan sobrevivir.

II) Búsqueda Secundaria:

Es una búsqueda exhaustiva del área interior del incendio luego que se ha completado el control inicial, ventilación e iluminación interior.

En este caso se realizará lo que solemos llamar la V.E.S.:

V = Ventilate = Ventilar

E = Enter = Entrar

S = Search = Buscar

C) Si existen indicios de que haya víctimas en lugares específicos:

Este sistema tiene un procedimiento el cual debe ser seguido al pie de la letra ya que se puede poner en Peligro a la dotación:

- Una vez identificado el supuesto lugar específico, se procede a realizar la abertura (ventana, puerta, etc.)
- Asegurada la entrada y verificando que el piso del lugar se encuentra en condiciones, ingresamos.
- Una vez adentro, lo primero que haremos es buscar la puerta del lugar a donde hemos entrado asomándonos por esta abertura asegurándonos que no se encuentra nadie afuera de la misma o alguien que haya querido escapar.

- Una vez asegurado el exterior de la habitación, cerraremos la puerta, creando “cierre” entre el fuego y nosotros.

- Habiendo asegurado la puerta realizaremos la búsqueda exhaustiva de la habitación.

- NUNCA hay que perder la orientación de la abertura por donde se ingresó al lugar.

- Si encontramos a alguien, lo arrastramos hacia la abertura de salida segura (por la que se ingresó).

D) Orden de Rescate de las Víctimas. El orden del rescate Es importante para la iniciación de las actividades de rescate la evaluación de los recursos necesarios, basándose en las necesidades de rescate actual y potencial. Sin embargo, aunque éste es un concepto práctico para el personal de rescate, las víctimas del incendio pueden tener una visión diferente de la situación.

En las operaciones de rescate se incluye dar seguridad a las víctimas y tomar otras acciones para reducir el pánico.

Mantenga en mente que ciertas víctimas pueden tener que ser movidas a un orden de rescate más alto. Ellos pueden no ser capaces de moverse, o permanecer en un área segura, mientras esperan asistencia.



E) Tácticas de Búsqueda.

- Ingresar lo más pegado al suelo posible.
- Mantener permanentemente la comunicación con el resto de sus compañeros.
- El ingreso siempre se hará sobre la izquierda o derecha de la entrada y no se volverán a separar de la pared del lado decidido (al menos el encargado) y esto se informa al mando.
- A medida que el equipo avanza pueden encontrar aberturas, queda a disposición del encargado de dotación ingresar o no a ellas.
- La búsqueda se hará prioritaria en lugares donde las víctimas (en especial niños) crean seguras, Debajo de camas, Baños (bañeras), Roperos, etc.
- Cada vez que el encargado decida la búsqueda en algún sector, el bombero encargado de ella lo hará tomado de un cordón o una cinta de no menos de 7mts.
- En caso de viviendas unifamiliares la búsqueda puede hacerse sin cuerda de búsqueda.
- En caso de grandes ambientes como comercios o centros comerciales la búsqueda se realiza con cuerda de búsqueda y cuerdas auxiliares.
-

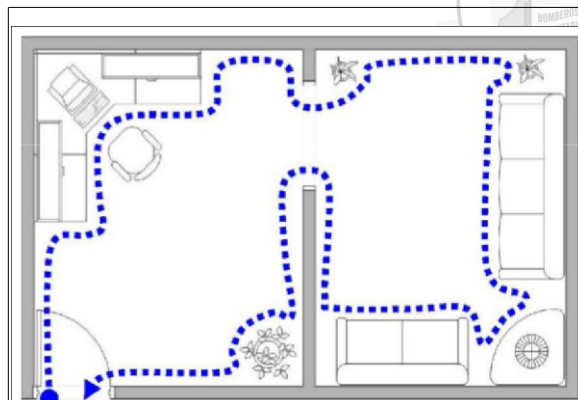


Ilustración 15: La búsqueda se inicia por el perímetro.

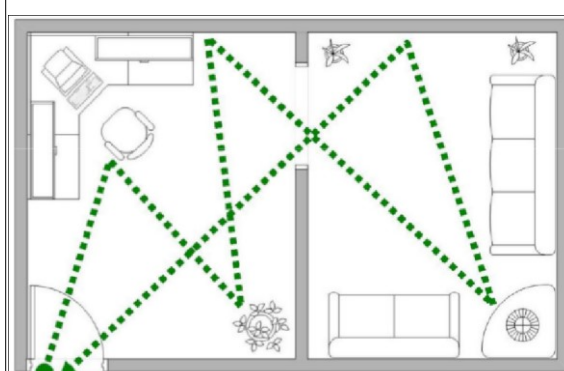


Ilustración 16: Luego se cruza la habitación para completar el recorrido.

I. Formaciones de la búsqueda

•En línea:

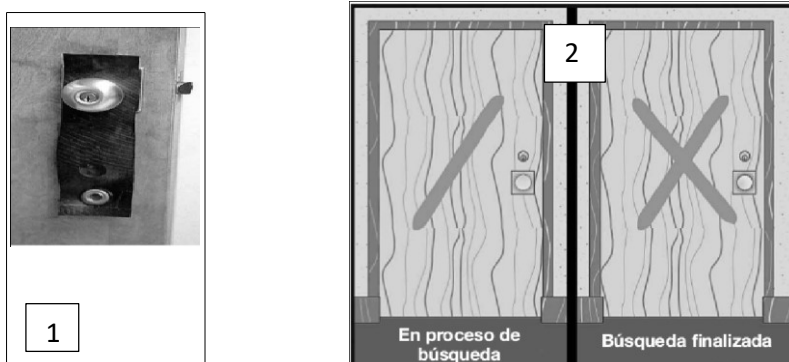


En Paralelo



li) **Sistemas de marcaje.**

Los bomberos utilizan numerosos métodos para marcar las habitaciones ya inspeccionadas: marcas de tiza o carboncillo, cintas adhesivas, rotuladores especialmente diseñados para marcar puertas y tiras de cierre para los pomos. Las tiras de cierre también tienen la función secundaria de evitar que el bombero se quede encerrado en una habitación. Es importante que todo el personal que participa en la búsqueda debe conocer el método utilizado y entenderlo claramente. Es una buena idea que los equipos de búsqueda utilicen un sistema de marcaje en dos partes. El equipo fija la mitad de una marca cuando entra en una habitación y completa marca cuando sale. Esto evita que se dupliquen esfuerzos e indica a los otros bomberos que la inspección de la habitación está en proceso o ya ha finalizado. Si un equipo de búsqueda se pierde, esta marca sirve de punto de partida para que los otros empiecen la búsqueda.



1. Tiras de caucho
2. Cintas adhesivas

F) Tipos de Rescates.

Una víctima ambulatoria o semiambulatoria puede que sólo necesite ayuda para caminar hasta un lugar seguro. Caminar es probablemente el menos laborioso de todos los métodos de transporte. Puede que se necesite uno o dos rescatadores, según la ayuda que esté disponible; y la complexión y el estado de la víctima. No se moverá a la víctima antes de darle un tratamiento a menos que exista un peligro inmediato para ella o los rescatadores. Los movimientos de emergencia son necesarios en las siguientes condiciones:

- Hay un incendio o peligro de incendio en el área inmediata.
- Existen explosivos o materiales peligrosos.
- Es imposible proteger el lugar del accidente.

- Es imposible llegar hasta otras víctimas que necesitan atención sanitaria inmediata para salvar la vida.
- La víctima sufre un paro cardíaco y hay que trasladarla a otra área (por ejemplo, una superficie firme) para que los rescatadores efectúen la reanimación cardiopulmonar (RCP).

El principal peligro que supone mover una víctima deprisa es la posibilidad de agravar una lesión espinal. Sin embargo, en una situación de emergencia extrema, la posible lesión espinal pasa a un segundo plano ante el objetivo principal que es preservar la vida. Si es necesario realizar un movimiento de emergencia, se debe arrastrar a la víctima en la dirección del eje longitudinal del cuerpo, no en la de los laterales. También se debe evitar tirar de la víctima en diagonal. Si la víctima se encuentra en el suelo, tire de la ropa por la zona del cuello o los hombros. Puede que sea más fácil colocar a la víctima encima de una manta y entonces tirar de la manta.

Siempre es mejor que haya dos o más rescatadores cuando se intenta levantar o llevar a un adulto. Un rescatador puede llevar a un niño pequeño de forma segura, pero para levantar un adulto de complexión grande y transportarlo de forma segura se pueden necesitar dos, tres o incluso cuatro rescatadores. Una víctima inconsciente es siempre más difícil de levantar; ya que no puede ayudar de ningún modo y su cuerpo relajado se convierte en un “peso muerto”. Un levantamiento incorrecto es también una de las causas más habituales de lesiones en los rescatadores. Estos deben mantener siempre la espalda recta y levantar el peso con las piernas, no con la espalda. Si no es posible inmovilizar una fractura hasta haber trasladado a la víctima a una corta distancia, uno de los rescatadores debe llevar el peso de la parte herida mientras los otros mueven el resto de la víctima.

1) Traslado en brazos por una sola persona.

Este traslado es eficaz para llevar a niños o adultos pequeños si están conscientes. No suele ser práctico para llevar a un adulto inconsciente por el peso y el estado relajado del cuerpo.





li) Traslado en silla de manos.

Este traslado puede utilizarse con una víctima consciente o inconsciente y lo realizan dos rescatadores.

lii) Traslado entre dos o tres personas.

Un gran número de víctimas se sienten más cómodas en posición supina, por lo que este traslado es un modo eficaz para levantar a una víctima que está tendida en el suelo. El traslado entre dos o tres personas se suele utilizar para mover una víctima de la cama a una camilla, especialmente cuando la víctima se encuentra en un lugar estrecho. Si la víctima es pequeña, sólo se necesitarán dos rescatadores para el traslado; si la víctima es grande, serán necesarios tres rescatadores.



iv) Colocar a una víctima en una tabla rígida o camilla.

Los rescatadores tendrán a veces la posibilidad de utilizar algún tipo de camilla para retirar una víctima. Existen numerosos tipos de camillas, como la camilla de ambulancia normal, de campaña, de espátulas, canastilla, y la tabla rígida. La tabla rígida es uno de los tipos de camilla más utilizados por el cuerpo de bomberos. Se deben utilizar las técnicas descritas en la unidad de socorrismo por el riesgo de una lesión espinal.

V) Traslado por las extremidades.

El traslado por las extremidades se utiliza tanto para una víctima consciente como inconsciente. Para esta técnica son necesarios dos rescatadores.



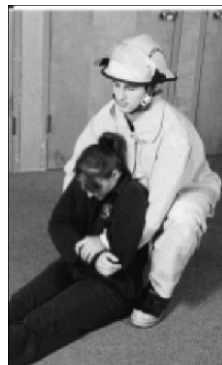
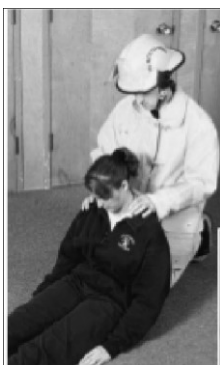
Vi) Traslado en silla.



El traslado en silla se utiliza tanto para una víctima consciente como inconsciente. Asegúrese de que la silla es segura; no intente este traslado con una silla plegable.

Vii) Arrastre inclinado.

Este arrastre lo utiliza un solo rescataador para bajar a una víctima por las escaleras o una superficie inclinada y es muy útil para mover a una víctima inconsciente.



Viii) Arrastre con una manta.

Este arrastre lo realiza un único rescataador con una manta, alfombra o sábana.



6) Equipo de protección personal para incendios estructurales.

La distribución y el uso de material de protección de calidad no garantiza necesariamente la seguridad de un bombero; sin embargo, las heridas se pueden reducir y prevenir si se utilizan de forma adecuada el traje de protección y el aparato de respiración autónoma. El equipo de protección tiene limitaciones inherentes que deben reconocerse para que los bomberos no sobrepasen el grado de protección de cada artículo. Se precisa un largo entrenamiento en el uso y mantenimiento del equipo para asegurarse de que el equipo proporciona una protección óptima.

Un equipo de protección completo para luchar contra un incendio estructural está formado por:

- **Casco:** protege la cabeza de heridas por impacto o por punción. Así también como del agua hirviendo.



Cascos de Bomberos de varios modelos.

- **Capucha, monja o esclavina:** protege partes de la cara, las orejas y el cuello del bombero que el casco o el abrigo no cubren.



- **Chaqueta y pantalones protectores:**

protegen el tronco y los miembros de cortes, abrasiones y quemaduras (producidas por el calor radiante), y proporciona una protección limitada contra los líquidos corrosivos.



- **Guantes:**

protege las manos de cortes, heridas y quemaduras.



- **Zapatos o botas de seguridad:** protege los pies de las quemaduras y las heridas por punción.



- **Protección ocular:** protege los ojos de los líquidos o partículas sólidas en el aire. También se hallan integradas en varios modelos de cascos.

- **Aparato de respiración autónoma:** protege la cara y los pulmones del humo tóxico y los productos de combustión.

- **Sistema de seguridad de alerta personal (SSAP):** proporciona una protección de seguridad para la vida al emitir un sonido agudo fuerte si el bombero se queda atrapado en un hundimiento o

no se mueve durante aproximadamente 30 segundos.

VENTILACIÓN DE INCENDIOS

1) Concepto.

La ventilación consiste en la extracción sistemática de aire caliente, el humo y los gases de una estructura y su sustitución por aire fresco. Esto facilita la entrada de los bomberos y mejora las condiciones de seguridad para la vida durante las actuaciones de rescate y la lucha contra incendios. No se puede ignorar la importancia de la ventilación, ya que aumenta la visibilidad para localizar más rápido el foco del incendio y disminuye el riesgo para los ocupantes atrapados al crear una salida para los gases calientes y tóxicos. Asimismo, la ventilación reduce la posibilidad de que se produzca un flashover o un backdraft.

El uso de la ventilación es cada vez más importante debido al aumento de materiales sintéticos y plásticos, los cuales han provocado que cada vez los combustibles estén más cargados dentro de las instalaciones. Los productos de la combustión resultantes de los incendios son cada vez más peligrosos y se producen en mayor cantidad que en el pasado. Por lo que se hace cada vez más importante una ventilación inmediata para salvar vidas, eliminar fuego y reducir daños.

2) Objetivos de la ventilación.

- Llegar al área del incendio tan rápido como sea posible.
- Rescatar las víctimas atrapadas.
- Localizar el incendio.
- Aplicar los agentes extintores.
- Remover el humo y los contaminantes en atmósferas cerradas.

3) Ventajas de la Ventilación.

Los principales objetivos de una brigada de combate de incendios son: llegar a la escena del incendio tan pronto como sea posible, rescatar las víctimas atrapadas, localizar el fuego y aplicar los agentes extintores apropiados para procurar un mínimo de daños por el fuego, agua, humo y calor. La ventilación durante el combate de incendios es definitivamente una ayuda para el cumplimiento de estos objetivos. Cuando se realiza la ventilación apropiada para ayudar en el control del fuego, existen ciertas ventajas que pueden ser obtenidas de su aplicación:

- Facilita las operaciones de rescate
- Reduce los daños a los bienes
- Reduce la expansión de humo en forma de hongo

- Reduce el peligro de una explosión de humo



Ilustración 1: Ventilar y elevar el plano neutro aumenta considerablemente la posibilidad de sobrevivencia de las víctimas.

4) Selección del lugar para ventilar.

La situación ideal para elegir el lugar por donde ventilar es que los bomberos conozcan de antemano el edificio y lo que contiene. No existe una regla general para seleccionar el punto exacto por donde abrir el hueco para ventilar, pero es recomendable abrir al hueco “tan directamente sobre el fuego como sea posible”. A continuación veremos algunos factores a considerar para esta elección:

- Disponibilidad de aperturas naturales como claraboyas, conductos de ventilación, traga luces, extractores, etc.
- Ubicación del incendio y dirección en que se quiere arrastrar.
- Tipo de construcción del edificio.
- Dirección del viento.
- Alcance de la propagación del incendio y estado del edificio y su contenido.
- Material del techado.
- Indicaciones de estructura de construcción del edificio (metálico).
- Efecto de la ventilación en el incendio.
- Efecto de la ventilación en los alrededores.
- Estado de preparación del personal de ataque.
- Capacidad para proteger los exteriores antes de abrir el edificio.

Antes de ventilar un edificio, el personal y el equipo de control de incendios debe estar preparado, porque el incendio puede aumentar repentinamente de intensidad cuando se abra el edificio. Estos recursos deben proporcionarse tanto para el edificio involucrado para dejar como para los edificios de alrededor.

5) Consideraciones que afectan la decisión de ventilar.

Conviene tener en cuenta las necesidades de un plan de ataque antes de que un bombero dirija u ordene el inicio de una ventilación. Antes de ello, debe tomarse una serie de decisiones que atañen a las necesidades de ventilación.

Estas decisiones, por la naturaleza de las situaciones de incendios, se establecen en el orden siguiente:

- ¿Es necesario ventilar ahora? La necesidad debe basarse en las condiciones de calor, humo y gas de las estructuras y los peligros para la vida.
- ¿Dónde se necesita ventilar? Esto implica conocer las características de construcción del edificio, los contenidos, los alrededores, la dirección del viento, la propagación del incendio, la ubicación del incendio, la ubicación de aperturas horizontales o cruzadas.
- ¿Qué tipo de ventilación debe utilizarse? ¿Horizontal (natural o mecánica)?; ¿Vertical (natural o mecánica)?
- ¿Permiten las condiciones estructurales y del incendio realizar actuaciones seguras desde el tejado?

6) Tipos y Métodos de Ventilación.

A) Ventilación Natural:

La ventilación natural es la que aprovecha las corrientes naturales de convección originadas por el calor y el movimiento del aire dentro de una edificación. Mediante la apertura de las aberturas propias de una edificación o la creación de otras el humo y los gases calientes logren salir de la edificación afectada.

B) Ventilación Vertical:

La ventilación vertical suele consistir en abrir el techo o las aperturas ya existentes en éste con el propósito de que los gases y el humo calientes puedan salir a la atmósfera. Para ventilar un tejado de forma adecuada, el bombero debe conocer los tipos y diseños básicos de tejados. Se utilizan muchos diseños básicos y sus nombres varían de un lugar a otro. Es necesario estudiar los tipos de techos de la zona y cómo su construcción afecta a los procedimientos de apertura para desarrollar políticas y procedimientos eficaces de ventilación vertical.

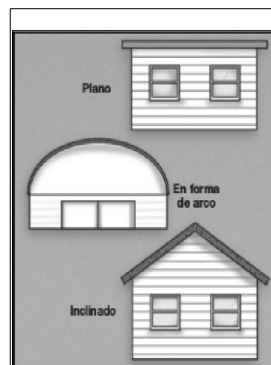


Ilustración 2: Tipos principales de techos.



Ilustración 3: Tipos de techos combinados.

Al bombero le interesan tres tipos principales de forma de tejados:

- Plano.
- Inclinado.
- En forma de arco.

Los edificios pueden construirse combinando diferentes diseños de tejados. Algunos de los estilos más comunes son plano, de dos aguas, abovedado, con una vertiente, de cuatro aguas, a la mansarda, en cúpula, de lucernario y en V.

Se puede comenzar la ventilación vertical una vez que el encargado de dotación haya terminado de hacer lo siguiente:

1. Considerar el tipo de edificio involucrado.
2. Considerar la ubicación, la duración y la propagación del incendio.
3. Observar las precauciones de seguridad.
4. Identificar las rutas de salida.
5. Elegir el lugar por donde hay que ventilar.
6. Trasladar al personal y las herramientas al tejado.

l) Consideraciones para la ventilación vertical:

- Dirección del viento.
- Objetos propensos a incendiarse interiores y exteriores.
- Vías de evacuación.
- Ocupantes del edificio.
- Disponer de armadas cargadas.

C) Ventilación en canal.

La ventilación en canal se utiliza de forma ligeramente diferente a las técnicas normales de ventilación vertical descritas anteriormente. La ventilación vertical normal se utiliza simplemente para extraer el humo y los gases calentados de la estructura y el mejor lugar para realizarla es justo sobre el fuego. La ventilación en canal se utiliza para evitar que el fuego se propague en una estructura larga y estrecha. La ventilación en canal se lleva a cabo cortando un gran agujero, o una ranura, de al menos 1,2 m de ancho y que va de una pared exterior hasta la otra. El agujero suele cortarse bastante por delante del fuego para establecer una línea defensiva que detendrá la propagación del fuego.

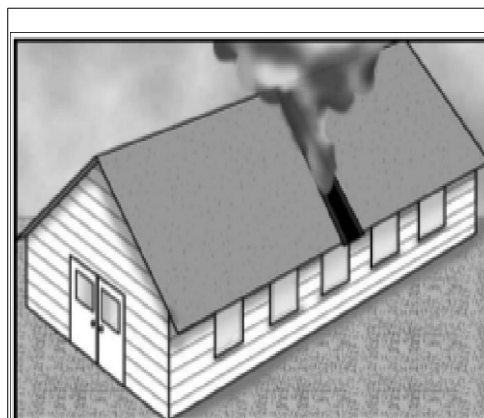


Ilustración 4: Típico corte para ventilación en canal.

D) Ventilación horizontal.

La ventilación horizontal consiste en ventilar el calor, el humo y los gases a través de aperturas en paredes como puertas y ventanas. Las estructuras propicias a la aplicación de la ventilación horizontal son las siguientes:

- Edificios residenciales donde el fuego no ha afectado la zona del ático.
- Plantas afectadas de estructuras con varias plantas que se encuentren por debajo de la planta superior, o la planta superior si el ático no está afectado.
- Edificios con espacios abiertos amplios y sin apoyo bajo el tejado donde la estructura se ha debilitado por los efectos del incendio.

Un gran número de las características de la ventilación vertical puede aplicarse a la ventilación horizontal. Sin embargo, se debe seguir un procedimiento diferente para ventilar horizontalmente una estancia, una planta, un hueco en el tejado, un ático o un sótano. El procedimiento a seguir dependerá de la ubicación y la propagación del incendio.

I) Condición atmosférica: Siempre se deben tener en cuenta las condiciones atmosféricas al determinar el procedimiento de ventilación horizontal adecuado. El viento desempeña un papel importante en la ventilación. Su dirección puede determinarse como barlovento o sotavento. La zona por donde viene el viento con respecto al edificio se denomina barlovento y el opuesto a sotavento. Bajo ciertas condiciones, en ausencia de viento, la ventilación horizontal natural es menos eficaz porque falta fuerza para extraer el humo. En otras situaciones, no se llevar a cabo la ventilación horizontal natural por el peligro que supone que el viento sople hacia los alrededores o alimente el incendio con oxígeno.

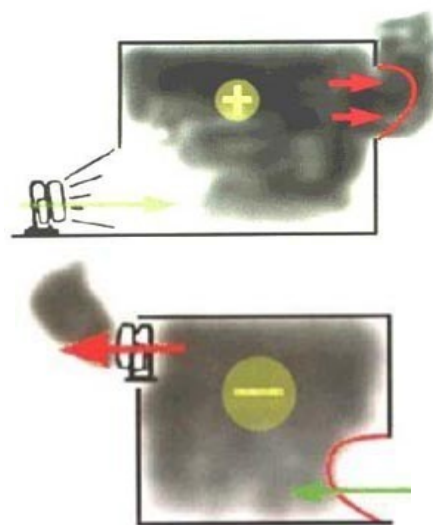
II) Alrededores: Dado que la ventilación horizontal no suele liberar el calor y el humo justo encima del fuego, es necesario dirigirla de algún modo. Los bomberos deben conocer el interior y el exterior del edificio. Podría ser que las rutas por las que el humo y los gases del incendio salen fuera los mismos pasillos y galerías que utilizan los ocupantes para la evacuación. Por tanto, llevar a cabo la ventilación horizontal sin considerar primero a los ocupantes. La teoría de la ventilación horizontal es prácticamente la misma que la de la ventilación vertical en tanto que la liberación del humo y el calor es una ayuda para la lucha contra incendios y para reducir los daños. Como la ventilación no se lleva a cabo en el punto más alto del edificio, siempre existe el peligro de que, cuando se liberan los gases calientes, estos prendan partes superiores del edificio incendiado. Pueden prender aleros de estructuras adyacentes o ser arrastrados hasta ventanas en plantas superiores. Excepto para el propósito específico de ayuda en el rescate, un edificio no debe abrirse hasta que las líneas cargadas estén situadas en el punto de entrada de ataque, en el punto intermedio donde puede propagarse el incendio y en las posiciones para proteger otros lugares.

E) Ventilación forzada.

Hasta este momento, la ventilación se ha considerado desde el punto de vista del flujo las corrientes creadas por el fuego. La natural de las corrientes de aire y ventilación forzada se lleva a cabo de forma mecánica (con extractores de humo y ventiladores) o hidráulica (con chorros de agua nebulizada). El principio aplicado es el de desplazar grandes cantidades de aire y humo. El hecho de que la ventilación forzada sea eficaz para extraer calor y humo cuando otros métodos no son adecuados demuestra su valor y su importancia. Los extractores de humo y los ventiladores portátiles funcionan mediante motores eléctricos o de gasolina, o mediante la presión del agua de las líneas de mangueras.

De acuerdo al tipo de presión podemos clasificar a la ventilación forzada en dos métodos:

- *Ventilación por presión positiva:* La inyección de aire desde el exterior al interior de un espacio confinado. O sea llenaremos la edificación de aire limpio y fresco y este empujará hacia afuera el humo y los gases.
- *Ventilación por presión negativa:* La extracción o succión de aire desde un espacio confinado. EN este caso utilizaremos un método que permitirá succionar los humos y gases del recinto.



- *Ventajas de la ventilación forzada.*

Incluso cuando el incendio puede no ser un factor, se debe despejar las atmósferas contaminadas de rápida y concienzudamente. Aunque la ventilación forzada no es el único medio de despejar una atmósfera contaminada, siempre es útil junto con la ventilación normal. Algunas de las razones para utilizar la ventilación forzada son las siguientes:

- Garantiza un mejor control de incendio.
- Complementa la ventilación natural.
- Acelera la extracción de productos contaminantes, lo que facilita un rescate más rápido en condiciones más seguras.
- Reduce el daño causado por el humo.
- Mejora la relación con la comunidad que protegen los bomberos, ya que no se destruye totalmente la estructura.

- **Inconvenientes de la Ventilación Forzada.**

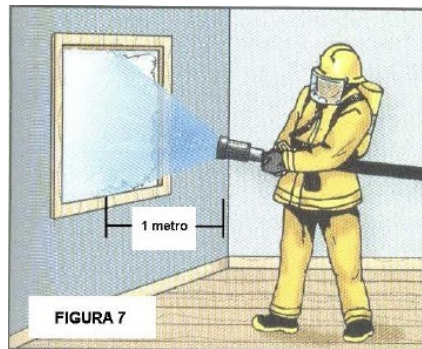
Si la ventilación forzada no se aplica como es debido o se controla de forma inadecuada, puede provocar muchos daños. La ventilación forzada requiere supervisión dada la fuerza mecánica en la que se apoya. Algunos de los inconvenientes de la ventilación forzada son los siguientes:

- Introduce aire en volúmenes tan grandes que puede hacer que el fuego se intensifique y se propague.
- Depende de un abastecimiento de energía.
- Requiere equipo especial.
- **Cuando debe aplicarse la ventilación forzada:**
 1. Cuando el tipo de construcción no conduce a una ventilación natural.
 2. Cuando el fuego está ardiendo bajo el nivel del ataque.
 3. Cuando exista una atmósfera contaminada sin existir fuego y sea necesario despejar un espacio confinado.
 4. Cuando el área contaminada al interior de un espacio confinado sea tan grande que la ventilación natural se haga impracticable o ineficiente

l) Ventilación Hidráulica.

La ventilación hidráulica puede utilizarse en situaciones donde no se estén utilizando otros tipos de ventilación hidráulica la llevan a cabo equipos con mangueras que realizan un ataque interior al incendio. Por regla general, esta técnica se utiliza para despejar una habitación o un edificio de humo, calor, vapor y gases después de reducir inicialmente el fuego.

Esta técnica aprovecha el aire absorbido por el chorro nebulizado para ayudar a sacar los productos de la combustión de la estructura. Para llevar a cabo la ventilación hidráulica, se coloca la boquilla nebulizadora en una posición amplia que cubra entre un 85 y un 90% de la apertura de la puerta o ventana por donde se expulsará el humo. La punta de la boquilla debe



estar por lo menos a 0.6 m por detrás de la apertura: Cuanto mayor es la apertura, más rápido irá el proceso de ventilación. Existen algunos inconvenientes en el uso de chorros nebulizados en la ventilación forzada:

- Los daños provocados por el agua en la estructura pueden aumentar.
- Se drenará el abastecimiento de agua disponible.
- En climas sujetos a temperaturas de congelación, el problema del hielo en el área que rodea al edificio será mayor.
- Los bomberos que manipulan la boquilla deben permanecer en la atmósfera caliente y contaminada durante toda la actuación.



*Ilustración 5:
Extractor con ducto.*



*Ilustración 6:
Extractor sin ducto.*

- **Ventiladores:** Pueden no usar ductos. Insuflan aire desde el exterior hacia ambientes cerrados. Los hay eléctricos, hidráulicos y a motor a combustión.



*Ilustración 8:
Pitón o lanza.*

- **Pitones:** Los pitones con chorro de neblina provocan una corriente de aire que puede ser empleada como método hidráulico de ventilación. Utiliza el mismo principio de los eyectores de humo como método hidráulico de ventilación.



*Ilustración 7:
Ventilador con
motor a explosión.*

- Si el equipo de boquilla debe abandonar el lugar por algún motivo (cambiar el cilindro del aparato de respiración autónoma, descansar, etc.), se interrumpirá la actuación.

li) Equipos de Ventilación Forzada.

- **Eyectores de humo:** Son extractores que ventilan espacios confinados, ya sea a través de un ducto o bien instalados en los accesos, provocando una corriente hacia el exterior.

lii) Claves para el uso de ventiladores.

1. El ventilador debe ser probado antes de iniciar las operaciones y a nivel del piso.
2. El ventilador debe crear un sello frente al punto de acceso. Se verifica pasando una mano desnuda por los contornos de la puerta.
3. Si el cono de aire no sella todo el acceso el ventilador debe alejarse.
4. La distancia estándar es de 2 a 2,4 metros, pero puede variar dependiendo del punto de acceso
5. El ventilador debe accionarse una vez que esté dispuesta la primera armada con agua junto al acceso.
6. Luego de inyectar presión se abrirá el punto de salida de humo.

7. La apertura de salida debe tener entre un 75% a un 150% del área del punto de entrada, dependiendo del número de ventiladores y la potencia de los mismo.

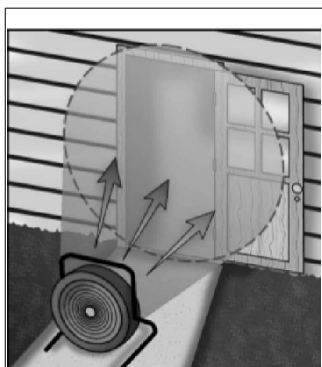


Ilustración 9: El cono del ventilador debe cubrir toda la abertura.



Ilustración 10: En edificaciones de más de una planta el ventilador se ubica en la base de la misma.

Iv) Precauciones de la VPP.

1. Se puede incrementar el daño por agua dentro de las estructuras.
2. Los bomberos llevando a cabo esta maniobra deben mantenerse en el área afectada por lo que estarán rodeados por calor, humos y gases hasta completar la ventilación.
3. La operación se verá interrumpida al tener que reemplazar al equipo al frente del pitón, ya sea para cambiar de equipo autónomo o descansar.

V) Precauciones de seguridad.

1. Nunca debe entrar en un área sin controlar la atmósfera.
2. El aire debe ser capaz de fluir hacia adentro y hacia fuera del área para hacer efectiva la ventilación.
3. Siempre hay que presurizar un área por medio de un ventilador de presión positiva cuando existan gases explosivos.

La densidad del vapor de los gases que son ventilados debe ser conocida.

ENTRADA FORZADA

1) Introducción.

A la sociedad moderna le preocupa la seguridad. Los domicilios particulares, los establecimientos comerciales y los vehículos cuentan con más medidas de seguridad que antes. Los bomberos deben ser capaces de superar estas medidas de seguridad en los incendios, rescates e incluso a veces durante las inspecciones por malos olores o averías de las alarmas. Para llevar a cabo estas tareas puede que sea necesario realizar una entrada forzada.

La entrada forzada es la técnica que utilizan los cuerpos de bomberos para acceder a una estructura cuyo acceso normal está cerrado, bloqueado o no existe. Si se utilizan bien, las técnicas de entrada forzada causan daños mínimos en la estructura o en sus elementos, y proporcionan a los bomberos un acceso rápido. No se debe realizar una entrada forzada si se puede acceder utilizando los accesos normales. Además, las técnicas de entrada forzada pueden ser necesarias para abrir una salida en una estructura.

2) Herramientas de entrada.

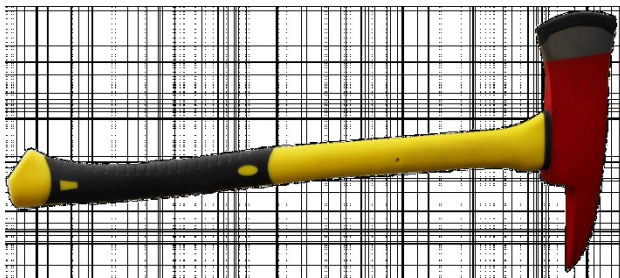
Las herramientas de entrada forzada pueden dividirse en cuatro categorías:

- Herramientas para cortar.
- Herramientas para hacer palanca.
- Herramientas para empujar/tirar.
- Herramientas para golpear.

A) Herramientas para cortar.

Existen muchos tipos de herramientas para cortar. Estas herramientas suelen ser específicas para los tipos de materiales que pueden cortar y para la velocidad a la que pueden cortarlos. No existe ninguna herramienta capaz de cortar eficazmente todos los materiales. Utilizar una herramienta para cortar un material para el que no ha sido diseñada puede suponer estropear la herramienta y poner en peligro al operario. Las herramientas para cortar pueden ser manuales o tener un motor.

I) Hachas de bombero: Esta hacha puede tener una cabeza de 3 kg o de 3,6 kg. El tamaño de los mangos varía según las especificaciones, pero pueden ser de madera o de fibra de vidrio. Es muy eficaz para cortar madera, ripias u otros materiales naturales y ligeros. El extremo en forma de pico sirve para que el bombero pueda marcar un punto de inicio para perforar un material o para comenzar a cortarlo.



li) Hacha de leñador: Al igual que el hacha de bombero, el hacha de leñador tiene dos variedades de cabeza, una de 3 kg y otra de 3,6 kg, con mangos de madera o fibra de vidrio. También corta una gran variedad de materiales naturales. Cuando se utiliza conjuntamente con una herramienta de palanca, este hacha se convierte en un elemento indispensable para el equipo de entrada forzada, ya que la cabeza plana puede utilizarse como una herramienta para golpear.



lii) Serruchos de mano: a veces es necesario utilizar el serrucho de mano porque se trabaja en un espacio reducido. Los serruchos de mano que suelen utilizar los bomberos son el serrucho de carpintero (para cortar en línea recta y en diagonal), el serrucho de punta, la sierra para metales y la sierra de calar.

Sierras y serruchos



Iv) Sierras mecánicas: Las sierras mecánicas son la “herramienta fuerte” del cuerpo de bomberos. Estas máquinas cortan una gran variedad de metales de modo rápido y eficaz. Sin embargo, como cualquier otra herramienta de la caja

de herramientas, hay ocasiones en que se deben utilizar y otras en las que no. Las sierras mecánicas se pueden dividir en distintas categorías: sierra circular, sierra con movimiento alternativo, sierra de cadena y sierra de ventilación.

PRECAUCIÓN:

- No sobrepase los límites de diseño y función de una sierra (o de cualquier herramienta), ya que podría suceder dos cosas: que se estropee (y se rompa) y/o hiera al operario.
- No utilice nunca una sierra mecánica en una atmósfera inflamable. El motor de la sierra o las chispas que saltan mientras corta pueden provocar un incendio o una explosión.
- Utilice siempre protección ocular al usar una sierra mecánica.

• *Sierra circular:* La versión de esta herramienta que utilizan los cuerpos de bomberos suele funcionar con gasolina y tiene discos intercambiables. Estos discos giran con frecuencia a más de 6.000 r.p.m. Pueden tener los dientes grandes para realizar cortes rápidos y poco precisos o finos para realizar cortes más precisos. Existen discos con dientes de carburo que son mucho mejores que los discos normales, ya que son menos propensos a embotarse con el uso continuado. Asimismo, existen discos especialmente diseñados para cortar metal y son los que se suelen utilizar para las entradas forzadas.



• *Sierra con movimiento alternativo:* Esta herramienta es muy potente, versátil y fácil de controlar. Puede utilizar una gran variedad de hojas para cortar distintos materiales. Posee una hoja corta y recta que se mueve hacia adelante y hacia atrás de modo similar al serrucho de mano. Sin embargo, el mayor inconveniente es que la mayoría de sierras con movimiento alternativo son eléctricas, y es posible que no se puedan utilizar en el lugar del incendio. No obstante, no debe descartarse la idea de utilizar esta sierra sólo por este motivo. Esta sierra puede ser muy útil en un gran número de situaciones de entrada forzada.



• *Sierra de cadena:* Esta manejable sierra especial para madera ha encontrado su lugar en el cuerpo de bomberos, especialmente en actuaciones durante desastres naturales, como tornados y tormentas de hielo, donde es



necesario retirar troncos y ramas de calles y carreteras.

- **Sierra de ventilación:** El uso de la sierra de ventilación como herramienta de entrada forzada es relativamente reciente en el cuerpo de bomberos. A veces, es más eficaz que la sierra circular. Es importante que la sierra de ventilación tenga potencia suficiente para penetrar materiales densos, pero también debe ser lo bastante ligera para poder manipularla en posiciones difíciles. Cuando está equipada con una cadena de carburo, una sonda de profundidad y un seguro antiretroceso, corta rápido los materiales naturales. No debe utilizarse como una sierra para cortar metales.



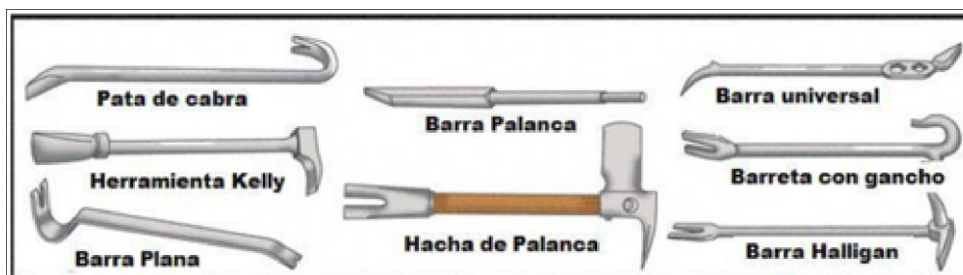
- V) Tijeras cortapernos:** Son herramientas para cortar metales que se utilizan en las entradas forzadas para cortar pernos, barras de hierro, pernos de motón, cables, aldabas, cadenas y algunos brazos de candado. Los avances continuos en la tecnología de la seguridad limitan el uso de las tijeras corta pernos como herramienta de entrada útil. Las cadenas, las aldabas y los brazos de candado de alta seguridad no pueden cortarse con unas tijeras cortapernos. Estos materiales estropean la superficie cortante de las tijeras cortapernos o hacen que los mangos se rompan por la presión tan grande que el bombero debe ejercer sobre ellos. Las tijeras cortapernos no deben utilizarse para cortar materiales reforzados de cerrojos ni otros dispositivos de seguridad.



- Vi) Soplete de corte:** Funciona quemando el material que corta. Utilizan una mezcla de gases inflamables y producen una llama con una temperatura superior a 3.149°C. Corta fácilmente casi todos los materiales, aunque su utilización requiere una capacidad técnica muy especializada que se adquiere mediante entrenamiento y mucha práctica.

B) Herramientas para hacer palanca.

Las herramientas de palanca le resultan útiles al bombero a la hora de abrir puertas, ventanas y cerrojos, así como para mover objetos pesados.



I) Herramientas de palanca manuales: Utilizan el principio básico de la palanca para ofrecer una ventaja mecánica. Esto significa que cuando un bombero utiliza una herramienta de palanca, puede generar más fuerza sobre un objeto con ella que sin ella.

ii) Herramientas de palanca hidráulicas: Reciben la energía del fluido hidráulico bombeado a través de mangueras especiales de alta presión. Aunque algunas bombas funcionan con aire comprimido, la mayoría funcionan con motores eléctricos o de gasolina de dos o cuatro tiempos. Las herramientas hidráulicas manuales funcionan más lentamente que las mecánicas y conllevan más trabajo.

- Herramientas de rescate:** La pinza hidráulica de rescate, asociada principalmente con la descarceración de vehículos, puede utilizarse en ciertos casos de entrada forzada. Su capacidad de fuerza para separar o tirar las convierte en herramientas valiosas para ciertos casos. El ariete hidráulico (RAM) también es una herramienta de rescate. Aunque en principio están diseñados para la descarceración de vehículos, los arietes hidráulicos pueden abrirse entre 700 mm y 1.600 mm o más según el modelo. En determinadas situaciones de entrada forzada, estas herramientas no tienen precio.



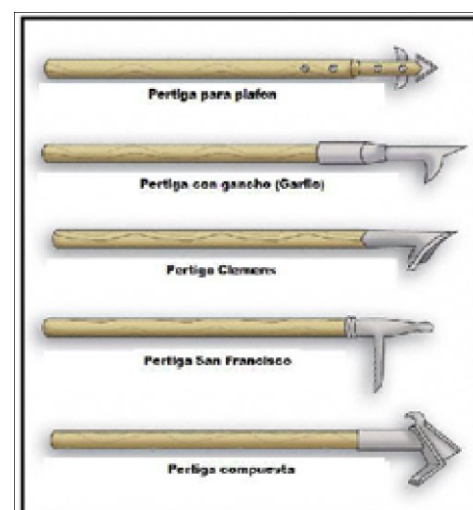
- *Abre puertas hidráulico:* El dispositivo separador de mano es relativamente ligero. Consiste en una bomba de mano y un dispositivo separador que tiene unos dientes engranados que pueden colocarse fácilmente en una abertura estrecha como la que existe entre una puerta y el marco de ésta. Unos cuantos bombeos del mango hacen que las mandíbulas del dispositivo separador se abran, lo que ejerce presión sobre el objeto que quiere moverse. La presión suele hacer que el mecanismo de cierre o la puerta fallen. Esta herramienta resulta muy valiosa cuando hay que forzar más de una puerta, como en los bloques de pisos u hoteles.



- C) Herramientas para empujar/tirar.

Otra categoría de herramientas disponible para la entrada forzada son las herramientas para empujar/tirar. Estas herramientas tienen un uso limitado para la entrada forzada, pero en algunos casos, como cuando es preciso romper cristales y abrir muros o techos, son las herramientas adecuadas. Éstas son algunas de las herramientas de esta categoría:

- Pértiga con gancho normal
- Pértiga Clemens
- Pértiga para plafón
- Pértiga compuesta
- Pértiga San Francisco
- Pértiga multiusos
- Abridor para techos de metal

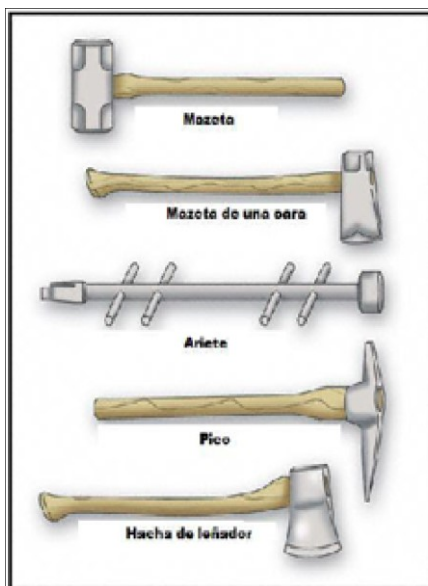


Las pértigas y los ganchos facilitan el alcance de objetos a los bomberos cuando realizan ciertas tareas. Al usar una pértiga con gancho para romper una ventana, el bombero puede permanecer alejado de los fragmentos de cristal que caen. Asimismo, el bombero puede retirar los fragmentos y el marco de la ventana desde una distancia más segura. La pértiga para plafón tiene dos cuchillas a modo de alas que se pliegan cuando se inserta la cabeza en una obstrucción y se despliegan o separan cuando reciben la presión.

- D) Herramientas para golpear.

• Las herramientas para golpear son herramientas de mano muy básicas que consisten en una cabeza pesada unida a un mango. Éstas son algunas de las herramientas de esta categoría:

- Martillo de dos caras.
- Mazo.
- Ariete.
- Pico.
- Hacha de leñador.
- Maza.
- Martillo.
- Punzón.
- Cíncel.



• E) Combinaciones de herramientas.

E) Combinaciones de herramientas.

No existe ninguna herramienta capaz de proporcionar al bombero la fuerza o la capacidad de palanca necesarias para todos los casos de entrada forzada por sí sola. Para poner en práctica las técnicas de entrada forzada de modo eficaz, los bomberos deben elegir combinaciones de herramientas para formar un equipo de herramientas. Los tipos de equipos de herramientas varían según la construcción del edificio, los problemas de seguridad, la disponibilidad de herramientas y otros factores relacionados con el cuerpo de bomberos y su zona de servicio. El factor más importante que debe tenerse en cuenta es la elección de las herramientas adecuadas para realizar la tarea. Usar las herramientas en situaciones para las que no han sido diseñadas es una práctica extremadamente peligrosa. Las inspecciones de prevención de incidentes ayudan al bombero a determinar cuáles son las herramientas necesarias.

3) Evaluación y características de construcción de la puerta.

El principal obstáculo que deben afrontar los bomberos a la hora de acceder a un edificio es una puerta cerrada o bloqueada. En estas situaciones es necesario realizar una entrada forzada. La evaluación de la puerta es una parte esencial de la tarea de entrada forzada. Para lograr forzar una puerta es muy importante saber cómo funciona, cómo está construida y cómo se cierra. Desde el punto de

vista de la entrada forzada, las puertas se pueden clasificar de la siguiente manera según su funcionamiento:

- Puerta batiente (ya sea hacia dentro o hacia fuera).
- Puerta corredera.
- Puerta giratoria.
- Puerta basculante.

Los bomberos deben comprobar que la puerta está cerrada antes de forzarla, independientemente del tipo de puerta. Si está cerrada, inicie la evaluación complementaria:

Mire la puerta. ¿En qué dirección se abate?, ¿hacia dentro?, ¿hacia fuera?, ¿se desliza hacia la izquierda o la derecha?, ¿se enrolla hacia arriba? Un modo sencillo de reconocer en qué dirección se abate una puerta es observar las bisagras. Si puede verlas, la puerta se abate hacia usted. De lo contrario, la puerta se abate en dirección contraria. Normalmente, las puertas de acceso a viviendas suelen abatirse hacia dentro y las puertas de los establecimientos comerciales o de los lugares públicos y las puertas de instalaciones industriales, se abaten hacia fuera.

A) Puertas batientes de madera.

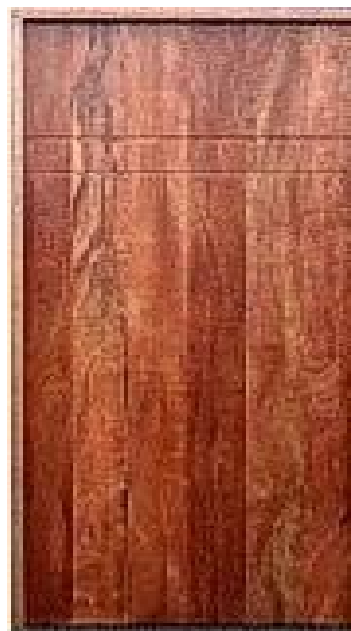
Existen tres categorías generales de puertas batientes de madera: de tambor, lisa y laminada.



Tambor



Lisa



Laminada

l) Puertas de tambor: Las puertas de tambor de madera están fabricadas con elementos de madera sólidos insertados en paneles. Éstos pueden ser de madera, plástico u otros materiales similares. Las puertas de tambor a menudo presentan paneles de cristal, plástico de Lexan® (policarbonato) o plástico acrílico Plexiglas® para que la luz entre. Estos paneles se soportan en molduras que pueden quitarse si es necesario entrar de modo inmediato.

li) Puertas lisas: La puerta lisa, muy habitual, se construye de dos modos: de núcleo sólido y núcleo hueco. Muchas de las puertas interiores de las viviendas son de núcleo hueco. Este nombre puede crear confusiones, ya que puede hacer pensar que todo el núcleo de la puerta está vacío, lo que no es cierto. El núcleo o la parte central de la puerta está formado por un conjunto de tiras de madera pegadas como si fueran una reja o malla. Sobre este armazón se encolan varias capas de paneles de madera contrachapada. El propósito de las puertas de núcleo hueco es reducir el peso y el coste. La mayoría de puertas exteriores lisas de las viviendas nuevas tienen el núcleo hueco, pero las puertas de este tipo en las viviendas más antiguas pueden ser de núcleo sólido. Las puertas lisas no tienen ventanas ni aberturas de otro tipo. En viviendas muy antiguas, las puertas pueden estar fabricadas de tablones gruesos machihembrados. Las puertas de núcleo sólido actuales pueden estar rellenas de materiales de aislamiento o insonorización. Otras pueden estar rellenas de un material mineral comprimido resistente al fuego. En cualquier caso, la puerta de núcleo sólido es sólida y posee una cobertura madera contrachapada. Este núcleo es mucho más caro y pesado que el núcleo hueco. En las zonas con un alto índice de criminalidad, las puertas de tambor se han sustituido por puertas lisas más pesadas de núcleo sólido.



Puerta con Núcleo Sólido

Puerta con Núcleo Hueco

lii) Puertas laminadas: Las puertas laminadas se utilizan en almacenes, bodegas, establos, instalaciones industriales u otras estructuras. Aunque se fabrican muchas en serie, los bomberos también pueden encontrarse con

muchos modelos de este tipo de puerta hechos a mano. Estas puertas están fabricadas con materiales ensamblados, como tablas, láminas contrachapadas, aglomerado, etc. Esta puerta suele cerrarse mediante algún tipo de cerradura superficial, aldaba, candado, cerrojo o tranca. Las bisagras de este tipo de puerta suelen ser no empotradas con pernos fijos y utilizar tornillos o pernos como fijación.

B) Puertas batientes metálicas.

Las puertas batientes metálicas se clasifican en metálica de tambor, cubierta de lámina y tubular. Las puertas batientes metálicas son más difíciles de forzar debido a su construcción y diseño. La puerta metálica se encaja normalmente en un marco metálico, si a eso se le añaden unas cuantas cerraduras, la puerta metálica se convierte en un gran obstáculo.



De tambor.



Cubierta de lámina.



Tubular

Por regla general, se considera que forzar una puerta metálica con un marco metálico puesto en mampostería es impracticable. El diseño estructural de las puertas metálicas tubulares está formado por secciones tubulares rectangulares sin soldaduras. Presentan una ranura en el tubo rectangular para introducir paneles de cristal o metálicos. Las secciones tubulares forman una puerta con líneas continuas, todo en una sola pieza. Estas puertas se encuentran en las entradas exteriores de edificios modernos. Las puertas tubulares se sujetan con herraje convencional, excepto cuando usan el principio de equilibrio. El herraje de operación consiste de un brazo superior y uno inferior conectados por un pivote escondido. Los brazos y pivotes sólo son visibles desde el exterior. Se utilizan bastante a menudo puertas tubulares de aluminio con largueros angostos. Los paneles de estas puertas suelen ser de cristal, pero también se utilizan paneles metálicos. Las puertas tubulares de aluminio son relativamente ligeras, resistentes y no muy flexibles una vez insertadas en el armazón de aluminio.

Cuando hay que forzar una puerta metálica, los bomberos deben considerar el uso de herramientas mecánicas, especialmente de sierras circulares o herramientas hidráulicas. En algunos casos, puede ser más sencillo perforar el muro situado junto a una puerta de acero que intentar forzar la puerta.

C) Puertas correderas.

Se desplazan hacia la izquierda o hacia la derecha de su vano y en el mismo plano. Este tipo de puerta suele estar unida a un riel metálico mediante ruedas de garrucha que facilitan el deslizamiento. Estas puertas también se denominan puertas correderas empotradas si se deslizan empotrándose en el hueco de un muro o división y quedan ocultas.



D) Puertas giratorias.

Una puerta giratoria está formada por cuadrantes (paneles de puertas de cristal) que giran alrededor de un eje central. Gira dentro de un ensamblaje metálico o de cristal con los lados abiertos para que los transeúntes entren y salgan. Los extremos de los paneles de la puerta suelen estar forrados con una goma aislante grande, lo que evita la transferencia de aire frío dentro del edificio en invierno o la pérdida de aire acondicionado en verano. Las puertas giratorias se pueden cerrar de diversos modos, y suelen considerarse difíciles de forzar cuando están cerradas. Suele haber una puerta batiente a uno de los lados de una puerta giratoria. Es más efectivo forzar la puerta batiente que intentar abrir la puerta giratoria cerrada.



E) Puertas basculantes.

Las puertas basculantes se utilizan para diversas finalidades. Suelen ser de madera, metal o fibra de vidrio. Plantean un gran problema a la hora de realizar una entrada forzada, ya que son muy seguras, algunas funcionan con un motor, y normalmente se accionan o balancean mediante un muelle. Realizar una entrada forzada puede ser difícil, pero no imposible. Las puertas basculantes se clasifican del siguiente modo: puertas seccionables de acción ascendente, cortinas de acero y puertas sólidas.

i) Puertas seccionables de acción ascendente: Son fáciles de forzar, a no ser que posean un motor o un control remoto. El mecanismo de cerrojo suele estar situado en el centro de la puerta. Controla dos cerraduras, una en cada lado de la puerta. La cerradura y la aldaba también pueden estar en un solo lado. Las puertas seccionables de acción ascendente se pueden forzar haciendo palanca hacia arriba desde la base de la puerta con una buena herramienta de palanca, pero se hará menos daño y se ahorrará más tiempo si se quita un panel y se abre el cerrojo desde dentro.



ii) Las puertas sólidas basculantes sobre un eje: Son más difíciles de forzar debido a la naturaleza de la puerta. Dado que el mecanismo de flexión debe hacer bascular la puerta hacia fuera y hacia arriba, debe tenerse cuidado al utilizar las técnicas para no sacar la puerta de sus rieles, o ésta no se abrirá. A veces es posible hacer palanca hacia fuera con una barra en cada lado, cerca de la base. Esta acción suele doblar el pestillo de la cerradura lo suficiente para librarlo de la placa metálica de seguridad.

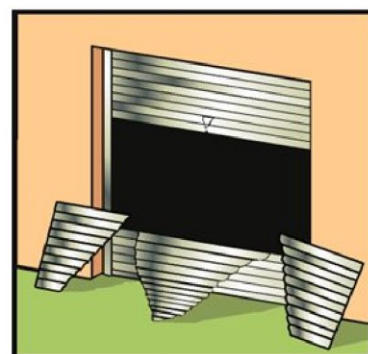
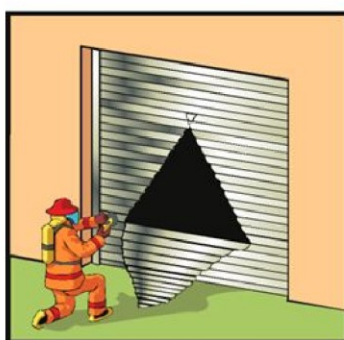
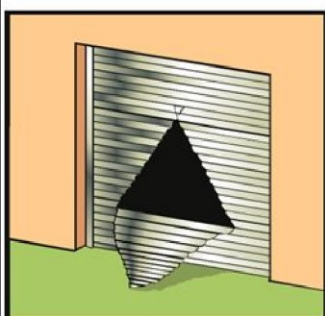


iii) Las puertas de cortina de acero: Se utilizan como puertas de alta seguridad, están diseñadas para mantener a los intrusos fuera. Por regla general, tienen numerosas cerraduras y pasadores. Pueden ser manuales, mecánicas o motorizadas. Si la puerta funciona con un motor o un engranaje, es posible que sea necesario tirar de la cadena o de la cuerda de liberación manual desde el interior. Este dispositivo se encuentra normalmente colgando a uno de los lados de la puerta cerca del riel. Las puertas de cortina de acero se encuentran entre las puertas más difíciles de abrir con las que se tendrá que enfrentar un bombero. La mejor manera de atravesarlas es cortando una abertura en forma de triángulo lo bastante grande para que los bomberos puedan gatear a través de ella. Esto puede hacerse con una sierra de rescate circular o un soplete de corte. Secuencia para apertura de cortinas de acero.





Entrada Forzada



4) Entrada forzada convencional a través de puertas.

Una entrada forzada convencional consiste en utilizar las herramientas normales del cuerpo de bomberos para abrir las puertas y las ventanas para acceder a un edificio. Si una puerta no tiene paneles de cristal que se puedan romper y es seguro que está cerrada, el bombero debe abrirla forzándola. En las entradas forzadas convencionales, la mejor combinación de herramientas que puede aplicarse a un gran número de situaciones es el hacha de leñador y el halligan.

A) Cómo romper un cristal:

La primera técnica de entrada forzada consiste en romper un cristal cercano a la puerta o montado en ella. Tras romper el cristal, el bombero puede introducir la mano por el hueco y abrir la cerradura. Durante la evaluación de la puerta, debe fijarse bien en el cristal. Puede que sea más fácil romper el cristal, pero ¿causará esto más daños? El cristal, especialmente el vidrio templado, es muy caro. Asimismo, también se pueden encontrar Plexiglas® y Lexan® en las puertas o

cerca de ellas por motivos de seguridad. Lleve puesto el equipo de protección completa, especialmente las protecciones para las manos y los ojos. Si debe romperse el cristal para entrar en un edificio en llamas, hay que llevar puesto el equipo de respiración autónoma y transportar una manguera cargada lista para atacar el fuego. Las técnicas que se utilizan tanto para romper el cristal de las puertas como el de las ventanas son similares.



B) Cómo forzar puertas batientes.

Las puertas que se abren o cierran abatiéndose son bastante corrientes. Las puertas batientes cuentan con dispositivos que les permiten girar sobre uno de los lados de la abertura. Pueden abatirse hacia dentro o hacia fuera. La entrada forzada a través de este tipo de puertas es una tarea básica, pero se requiere práctica para dominarla.

I) ***Puerta de apertura al interior:*** Para realizar una entrada forzada convencional a través de una puerta que se abate hacia dentro, se necesitan dos bomberos.



Paso 1. Bombero Nº 1: Ponga la horquilla de la barra con espón justo encima o debajo del cerrojo con el lado del bisel de la horquilla contra la puerta.

Paso 2. Bombero Nº 1: Sitúe la herramienta formando inclinándola ligeramente hacia arriba o hacia abajo.



Paso 3. Bombero Nº 2: Golpee la herramienta con la parte plana de una hacha de leñador.

NOTA: golpee la herramienta sólo cuando el Bombero Nº 1 lo indique.

Paso 4. Bombero Nº 2: Introduzca el extremo de la horquilla en el interior del marco de la puerta.



Paso 5. Bombero Nº 1: Mueva la barra lentamente perpendicular a la puerta para evitar que la horquilla penetre en el marco de la puerta.

NOTA: si encuentra una resistencia desconocida, quite la barra y gírela. Emplee de nuevo colocando el lado cóncavo de la horquilla contra la puerta.

Paso 6. Bombero Nº 1: Asegúrese de que la horquilla ha penetrado entre la puerta y el marco.






Paso 7. Bombero Nº 1: Ejercer presión sobre la herramienta empujando hacia la puerta para forzar su abertura.

NOTA: si se requiere más palanca, el Bombero Nº 2 puede deslizar la cabeza del hacha entre la horquilla y la puerta.

PRECAUCIÓN: la puerta puede oscilar abierta de modo incontrolado cuando se hace presión sobre la barra con espón. Mantenga el control de la puerta en todo momento. Si coloca una mordaza de presión y una cadena o una cuerda utilícela en el pomo, el equipo de entrada forzada podrá controlar la puerta.

li) Puerta de apertura al exterior: Las puertas que se abaten hacia fuera presentan varios problemas para los bomberos. Lo esencial cuando se fuerza una puerta que se abate hacia fuera es lograr introducir una herramienta de entrada forzada entre la puerta y el marco, abrir ese espacio y soltar el pestillo de la placa de seguridad. Estas puertas pueden forzarse utilizando la azada o la horquilla de la barreta con espolón.

Método de punta de azada para puerta batiente exterior: dos bomberos

Paso 1. Bombero N° 1. Coloque la azada de la barreta con espolón justo por encima o por debajo de la cerradura.

NOTA: si hay dos cerraduras, coloque la azada entre ambas.

Paso 2. Bombero N° 2. Golpee la herramienta en la parte trasera de la azada utilizando una hacha de leñador, llevando la azada hasta el espacio entre la puerta y el marco.

NOTA: golpee la herramienta sólo cuando el Bombero N° 1 lo indique.

Paso 3. Bombero N° 1. Asegúrese de que la azada está en el sitio adecuado.

Paso 4. Bombero N° 1. Haga palanca hacia arriba y hacia fuera con la horquilla de la herramienta.

5) Entrada forzada de cerradura.

El método de la cerradura es el mejor método de entrada para muchas puertas comerciales, cerraduras de seguridad residenciales, candados y puertas de alta seguridad. Esta técnica es muy eficaz y causa daños mínimos a la puerta si se realiza de modo adecuado. La entrada forzada de cerradura exige una buena evaluación tanto de la puerta como del mecanismo de cierre. Si se puede realizar una entrada forzada convencional con la puerta y el cierre, entonces debe utilizarse. Si el bombero no puede abrir la puerta mediante una entrada forzada convencional, debe utilizar el método de entrada de cerradura. En numerosos

tipos de puertas comerciales, el cilindro de la cerradura puede desatornillarse de la puerta. Esto es habitual en las puertas frontales de los almacenes, ya que esta técnica la utilizan los cerrajeros para cambiar las cerraduras cuando cambian los ocupantes. Retirar el cilindro de la cerradura no es más que la mitad de la tarea. La entrada forzada de cerradura consiste, en realidad, en abrir la cerradura como si los bomberos usaran la llave. Tras retirar el cilindro de la cerradura, los bomberos utilizan una herramienta de llave para abrir el mecanismo de cierre. La herramienta de llave suele ser plana y de acero, con un extremo doblado en un lado de la leva y una hoja en forma de destornillador plano en el otro.

Desatornillando el cilindro de la cerradura



Paso 1. Examine la puerta y la cerradura.

Paso 2. Revise la posición de la ranura.

NOTA: la ranura está siempre en la posición de las 6 en punto.

Paso 3. Coloque una mordaza de presión y una cadena que sujeten fuertemente el cilindro de la cerradura.

NOTA: asegúrese de que la herramienta está bien unida al cilindro.



Paso 4. Desatornille el cilindro de la cerradura de la puerta y quítelo.



Paso 5. Mire en el interior de la cerradura e identifique el tipo de mecanismo.

Paso 6. Inserte la herramienta de llave adecuada en la cerradura a través del agujero del cilindro.

Paso 7. Manipule el mecanismo de cierre.

Paso 8. Abra la puerta.

El método de cerradura, al igual que el de entrada forzada convencional, requiere paciencia y práctica. Además de las herramientas para golpear y de palanca de las entradas forzadas, también se necesitan herramientas especiales para realizar esta técnica. Algunos ejemplos de estas herramientas especiales son:



Ilustración 1:
Herramienta en
forma de "K".




Ilustración 2: La
herramienta de
pata de cabra
para arrancar los
cilindros de la
cerradura.




Ilustración 3: La
herramienta en forma
de "J" se utiliza para
manipular la barra
antipánico de las puertas
batientes dobles.

La herramienta en forma de "J" para romper cerraduras es un dispositivo de alambre diseñado para encajar en el espacio que queda entre las puertas batientes dobles con equipo antipánico. Al insertar la ganzúa a través de las cintas de sellado de las puertas, el bombero puede manipular la barra antipánico. Las barras antipánico funcionan con una presión mínima.


Utilización de la herramienta en forma de "K" para romper cerraduras



Paso 1. Examine la puerta y la cerradura.



Paso 2. Asegúrese de que la cerradura no está protegida por un revestimiento o cobertura.



Paso 3. Revise la posición de la ranura.
NOTA: la ranura está siempre en posición vertical.

Paso 4. Ponga la herramienta en forma de "K" encima de la parte frontal del cilindro de la cerradura.

Paso 5. Golpee la herramienta en forma de "K" hacia abajo utilizando la barreta con espín o la parte plana del hacha de leñador.

Paso 6. Inserte la azada de la palanca en la cirta de la parte superior de la herramienta en forma de "K".


Paso 7. Introduzca la herramienta en forma de "K" a más profundidad sobre el cilindro.
NOTA: asegúrese de que la herramienta en forma de "K" está bien colocada en el cilindro de la cerradura.

Paso 8. Haga palanca hacia ARRIBA con la herramienta.

Paso 9. Inserte la herramienta de llave a través del agujero del cilindro para manipular el mecanismo de cierre.

Paso 10. Abra la puerta.


Utilización de la herramienta de pata de cabra



Paso 1. Examine la puerta y la cerradura.


Paso 2. Revise la posición de la ranura.
NOTA: la ranura está siempre en posición vertical.

Paso 3. Inserte la abertura de la herramienta de pata de cabra entre el cilindro de la cerradura y el marco de la puerta.
NOTA: la herramienta de pata de cabra debe formar un ángulo de aproximadamente 45 grados con la cerradura.



Paso 4. Golpee la herramienta de pata de cabra con firmeza por detrás del cilindro de la cerradura.

Paso 5. Haga palanca hacia arriba con la herramienta.



Paso 6. Inserte la herramienta de llave en la cerradura a través del agujero del cilindro.

Paso 7. Manipule el mecanismo de cierre.

Paso 8. Abra la puerta.

6) Entradas forzadas en las que intervienen candados.

Los candados son dispositivos de cierre portátiles que se utilizan para cerrar puertas, ventanas u otros accesos. Pueden ser de los más simples y fáciles de romper, hasta los de alta seguridad, prácticamente impenetrables. Los bomberos deben ser capaces de romper el candado en sí o el dispositivo al cual están sujetos. Se pueden utilizar herramientas de entrada forzada convencional para romper candados y conseguir entrar.

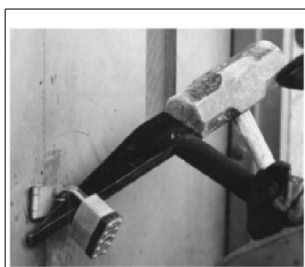


Ilustración 5: Uso del pico de pato más un mazo para forzar un candado.



Ilustración 6: Corte de un candado. por seguridad la tracción se realiza con una pinza de mordaza.

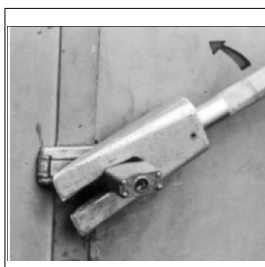


Ilustración 4: Uso del Halligan, se coloca en la posición indicada y se gira para forzar.



Ilustración 7: La tradicional cortaperno.

7) Otros métodos de entrada forzada.

En los otros métodos debemos considerar la apertura de muros, techos y pisos como medios de ingreso. En particular estos no requieren más técnicas que las adecuadas para el corte de mampostería y cerramientos metálicos. Siempre con la precaución de la posible presencia de tuberías y tendidos eléctricos.

MODULO 10.1

INCENDIOS FORESTALES

1) ¿Qué es un Incendio Forestal?

Existen varias maneras de definir a los incendios forestales. Casi todas concluyen en que se trata de fuegos no programados o no controlados, que afectan de diversas formas a las TIERRAS FORESTALES, como recurso protector, económico o recreativo. Entonces podemos definir **Incendio forestal** como:

Siniestro causado intencional, accidental o fortuitamente por el fuego que se presenta en áreas cubiertas de vegetación, árboles, pastizales, maleza, matorrales y combustibles del medio en general.

Es un fuego que se propaga sin estar sujeto a control humano, con efecto no deseado para la vegetación, con peligro o daño a las personas, la propiedad o el ambiente. Cuando el fuego afecta zonas no boscosas ni aptas para la forestación, se incluye el término Incendio Rural.

Incendio rural: Incendio que se desarrolla en áreas rurales, afectando vegetación del tipo matorrales, arbustales, pastizales y cultivos agrícolas.

2) Efectos de los incendios forestales.

Un incendio forestal produce varios efectos ambientales, económicos y sociales casi la totalidad de estos son dañinos aunque también existen efectos positivos. A continuación veremos algunos efectos producidos.

A) Efectos ambientales: un gran daño ecológico en vastas extensiones de terreno, destrucción de los ecosistemas sobre la flora, la fauna, los recursos hídricos, la erosión, sedimentación y empobrecimiento de los suelos. Pérdida de la belleza natural (paisaje) y recalentamiento de la atmósfera (efecto invernadero)



B) Efectos económicos: Producen daños económicos sobre la materia prima (productos madereros), pérdida de ganado doméstico y cultivos agrícolas, además de costo de las operaciones en el combate de los mismos, también daños a la propiedad y bienes materiales como alambrados, galpones, corrales, viviendas, llamados incendios de interface.



C) Efectos sociales: destrucción de viviendas, muerte de personas y animales, inseguridad y riesgo a la población, desempleo, reducción de las fuentes de trabajo, emigración de la población, pérdidas de lugares de recreación al aire libre daño especialmente significativo para las zonas turísticas.



D) Efectos benéficos: contribuye por causas naturales al desarrollo del bosque nativo, eliminando la vegetación sobre madura, se liberan algunos elementos nutritivos de origen mineral que componen los tejidos vegetales los cuales no son consumidos por el fuego quedan como cenizas y son aportados como nutrientes a la nueva vegetación.



3) Partes de un incendio.

A) Cabeza: Parte del incendio que se propaga con mayor rapidez determinando su principal dirección de avance.

B) Cola: Se la ubica generalmente en el sector opuesto a la cabeza. Casi siempre es la parte que avanza con mayor lentitud aunque puede no tener actividad. Es el lado opuesto al avance principal.

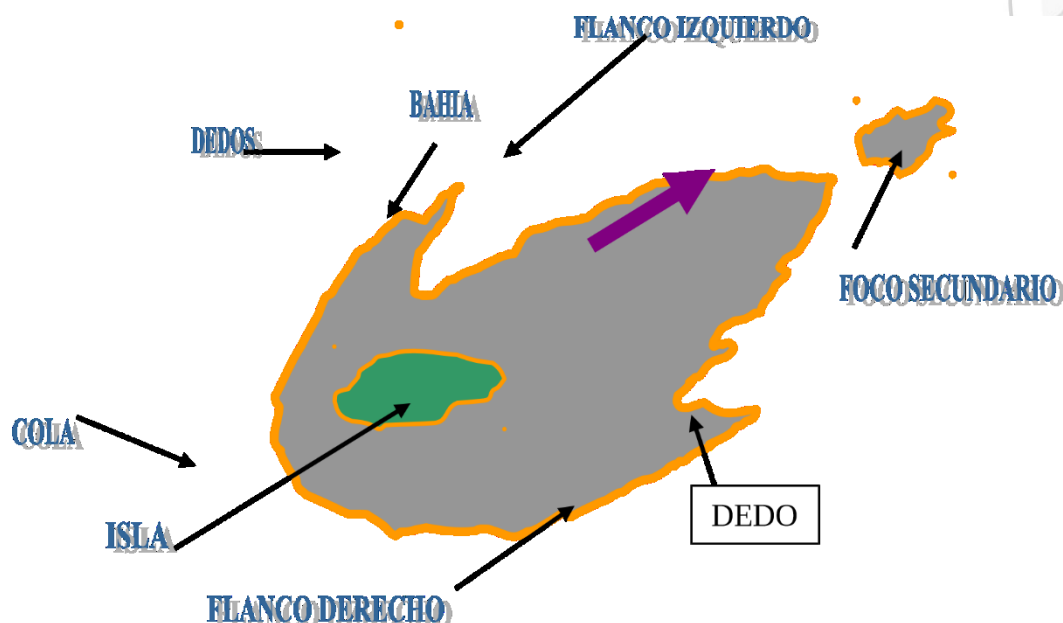
C) Flancos: Son los costados del incendio. El observador debe imaginarse estar mirando el fuego desde la cola para definirlos como Flanco derecho o Flanco izquierdo.

D) Borde: Límite de separación entre las partes quemadas y no quemadas.

E) Perímetro: Longitud total del borde.

F) Dedos: Porciones del incendio que han quemado en forma alargada y angosta.

G) Bahías: Porciones no quemadas entre dedos o en cualquier otro sector del incendio que ocasionan entrantes de cierta profundidad en el borde del incendio.



H) **Islas:** Sectores de terreno no quemados en el interior del incendio.

I) **Focos secundarios:** Fuegos existentes fuera de los bordes del incendio principal, originados por desprendimiento del mismo.

4) Comportamiento del fuego.

En términos sencillos podemos definir al comportamiento del fuego como lo que hace el fuego cuando se propaga en la vegetación. Es decir a qué velocidad se propaga, en qué dirección, con qué intensidad, etc. Los factores que condicionan el comportamiento son el combustible (tipo, cantidad, tamaño, etc.), topografía (pendiente, exposición, altura del terreno y relieve) y la meteorología (temperatura, humedad relativa, viento y precipitaciones). El estudio de cada uno de los factores nos permitirá relacionarlos y predecir el comportamiento del incendio, tomando decisiones respecto a la estrategia para el control, y a establecer las medidas de seguridad. Las relaciones entre estos factores se pueden graficar en el triángulo de comportamiento del fuego.



A) Combustibles.

I) Continuidad: Hace referencia a la disposición espacial, tanto en el plano horizontal como vertical, a continuación se desarrollan ambos:

- **Continuidad horizontal:** Se refiere a la proximidad o cercanía de los combustibles sobre el terreno en el plano horizontal, la cual influye en la propagación, velocidad y al desarrollo que tendrá el fuego a través de la vegetación.
- **Continuidad vertical o en escalera:** Las consideraciones son las mismas que las de continuidad horizontal pero referidas al plano vertical o en altura. La continuidad vertical está determinada justamente por el contacto o la cercanía de vegetación en altura.

II) Humedad: El contenido de humedad es la cantidad de agua presente en el combustible.

B) Topografía.

Implica el tipo y características del terreno donde se desarrolla el incendio. Entre ellos podemos mencionar:

I) Altura del terreno: A medida que ascendemos, encontramos condiciones meteorológicas distintas.

II) Pendiente: Llamamos “pendiente” a la inclinación del terreno; esta característica influye sobre el fuego, cuando sube por la ladera la pendiente acelera su velocidad de avance debido a que acerca las llamas a los combustibles que se encuentran por encima, precalentándolos para la ignición.

IV) Relieve o Terreno: Las diversas formaciones del terreno afectan al desarrollo de un fuego y a las tareas de supresión.

Hay otras características del terreno que actúan como barreras para la propagación, frenando o retardando el avance del fuego, como por ejemplo ríos, suelo rocoso o desnudo, mallines, áreas recientemente quemadas y cambios en el tipo de vegetación, entre otras. En cambio, otras características pueden dificultar la llegada al lugar del incendio y las tareas de supresión, condicionando el trazado de vías de escape o de áreas de seguridad para los Combatientes.

C) Meteorología.

El estado de la atmósfera se describe mediante elementos o variables meteorológicas, como la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, las nubes, la precipitación, la visibilidad y el viento, entre otras. Estas variables tienen un efecto muy importante sobre la forma en que los incendios se comportan. Por ejemplo, la dirección del viento determina la dirección en la que el fuego se propaga, o una lluvia extingue un incendio. También, y aunque es

más difícil de observar, las variables meteorológicas influyen sobre el contenido de humedad de los combustibles y, por lo tanto, sobre la facilidad con que éstos arden. Efectos que tiene el viento sobre el comportamiento de los incendios:

- Acelera el proceso de secado de los combustibles, por hacer más rápida la evaporación.
- Aumenta la provisión de oxígeno, favoreciendo así la combustión.
- Acelera el precalentamiento por acercar las llamas a los combustibles, en forma similar a la pendiente.
- Afecta la dirección y velocidad de propagación.
- Transporta material en combustión, pudiendo generar nuevos focos a grandes distancias.

5) Principios y métodos de combate.

A) Principios del combate.

Los principios de combate de incendios se basan en el accionar que puede aplicarse a cualquiera de los tres elementos que componen el triángulo del fuego y así lograr la extinción. **SOFOCACIÓN, ENFRIAMIENTO y NEUTRALIZACIÓN** son los principios del combate.

I) Sofocación: es la eliminación del aire, el objetivo es que el proceso de combustión se interrumpa por ausencia de oxígeno. Para ello “ahogamos” el fuego utilizando suelo mineral (tierra, arena, etc.), herramientas específicas como el batefuegos o la aplicación de agua.

II) Enfriamiento: es la reducción o eliminación del calor. La acción se realiza sobre los combustibles inflamados utilizando comúnmente agua.

III) Neutralización: acción que tiende a alterar la disponibilidad del combustible. Puede ser con agua, tierra o interrumpiendo la continuidad, es decir separando o aislando a los combustibles.

B) Métodos de combate.

El *comportamiento del incendio* (intensidad y la velocidad de propagación), *las condiciones meteorológicas, las facilidades de acceso, los tipos de suelo y de combustibles, la disponibilidad y el rendimiento de los recursos*, el tiempo necesario para concretar las tareas, los factores que deben ser tenidos en cuenta al momento de seleccionar el **método de combate**. A utilizar Fundamentalmente, de los factores mencionados, la velocidad e intensidad calórica del fuego determinan la posibilidad de contener y poner bajo control y su posterior extinción a un incendio. El desprendimiento calórico del fuego (radiación) está directamente ligado al largo de llamas, y cuando éstas tienen cierta longitud resulta dificultosa la aproximación al mismo para trabajar directamente en la línea de fuego. Para tener una idea al respecto basta mencionar que el largo de llamas máximo estimado para trabajar únicamente

con herramientas manuales en el borde de un incendio es de 1 metro. La limitación puede ser de hasta 3 m. aproximadamente, si se cuenta con soporte de abundante agua aplicada desde tierra o desde el aire, o con el apoyo de maquinaria vial pesada, que logren bajar la intensidad de llamas. La visualización de lo que está sucediendo y el análisis de todos los factores permitirán seleccionar el método de combate que se aplicará.

Usualmente se reconocen dos sistemas: **método directo y método indirecto**. También suele identificarse un tercero que podría considerarse como el término medio o una combinación de los anteriores, el **método paralelo**. De todas formas es casi ineludible que en los incendios, sobre todo en los de cierta magnitud se apliquen todos los métodos, ya que las condiciones ambientales y del fuego son variables aún en tramos muy cortos o en zonas próximas entre sí.

1) Método directo: Básicamente consiste en operar sobre el borde de llamas, por lo que se lo aplica cuando los incendios, o algunos sectores de los mismos, presentan poco desprendimiento calórico y baja velocidad de propagación. El método directo, es usado casi siempre en las etapas del ataque inicial, cuando los fuegos son incipientes, y aún no han alcanzado gran intensidad. Lógicamente siempre dependerá de que el terreno, los combustibles y el comportamiento del fuego sean propicios para el desplazamiento seguro del personal y para la construcción de líneas. Se utilizan normalmente herramientas manuales, equipos de agua (motobombas) y medios aéreos para aplicación de agua, aplicando así los principios del combate.

ATAQUE DIRECTO CON MOCHILA Y HERRAMIENTAS DE ZAPA



Ventajas del método directo:

- Se quema una superficie mínima. Ningún área adicional se quema intencionalmente.
- Existe un buen control sobre lo que está sucediendo en el lugar en que se trabaja.

- El perímetro del incendio sirve de guía para la trayectoria de las líneas de defensa.
- Se aprovecha plenamente los lugares donde el incendio se ha apagado solo.
- Normalmente se requiere menos personal y equipos.
- *Desventajas del método directo:*
- Las líneas de control suelen ser más extensas porque siguen las entrantes y salientes del perímetro. Esta situación es muy evidente en incendios de forma irregular.
- Por la cercanía del fuego las condiciones de trabajo del personal son más rigurosas con lo cual el rendimiento del personal es menor, debiendo rotarse el personal en períodos cortos de tiempo.
- Difícilmente se puedan aprovechar barreras naturales o artificiales (caminos, cursos de agua, pedreros, etc.).
- Requiere de mucha eficiencia y eficacia para lograr el control, puesto que cualquier error de estimación del tiempo de ejecución de las tareas puede significar que el fuego sobrepase la línea de defensa.

li) Método indirecto: Las operaciones se llevan a cabo a cierta distancia del borde del incendio. Los trabajos consisten en construir líneas de defensa con la finalidad de detener o servir de apoyo para contener el avance del fuego y lograr su posterior control y extinción. Generalmente este método es aplicado en incendios rápidos, o los que desprenden abundantes focos secundarios y alta radiación calórica como los fuegos de copa, impidiendo la proximidad de personal y equipos. También cuando las condiciones de acceso a la línea de fuego son dificultosas o requieren un gran esfuerzo. La distancia del establecimiento de la línea de defensa respecto de la línea del fuego, dependerá del comportamiento del fuego, accesibilidad, equipamiento y personal disponible, la presencia de barreras naturales y la importancia de las áreas próximas a proteger.

LINEA DE CONTROL



LINEA DE DEFENSA



En este método es habitual el uso del fuego como herramienta auxiliar, ya que en forma simultánea a la apertura de la línea, se van quemando los combustibles existentes entre ésta y el perímetro del incendio. También se usa en superficies

grandes, donde pueden aprovecharse barreras naturales o artificiales, y en lugares en los que la vegetación y/o el terreno dificultan los trabajos o comprometen la seguridad del personal y los equipos.

Ventajas del método indirecto:

- Se consiguen identificar anticipadamente accidentes naturales o artificiales para ser aprovechados como puntos de anclaje o como parte de la línea de control.
- Las condiciones de trabajo del personal son más benignas ya que no está continuamente expuesto a la inhalación de humos y a la radiación calórica.
- Pueden construirse líneas más seguras.
- Anula la tendencia natural de los Combatientes a agruparse en los sectores de mayor actividad, pudiendo descuidar otros lugares.
- *Desventajas del método indirecto:*
- Al poner distancia entre las líneas y el borde del incendio la superficie quemada es mayor y además existe la posibilidad de que la actividad del fuego en esos tramos aumente peligrosamente. Se asume el “sacrificio” de áreas a quemarse.
- Por la dimensión de los trabajos se requieren más hombres y equipos comparado con el ataque directo.

lii) Método paralelo: Es la utilización en un mismo frente de ataque, de ambos métodos descritos. Es decir en la construcción de la línea de defensa se alternan métodos directos e indirectos en forma combinada. Como en los otros métodos está sujeto al comportamiento del fuego, a los recursos disponibles, a la importancia de los valores a proteger, etc. Normalmente se aplica en incendios que por su tasa de propagación e intensidad calórica, permiten en determinados sectores combatir en forma directa y otros sectores combatir en forma indirecta

C) Líneas de defensa y Líneas de control.

Las *líneas de defensa* son fajas en el terreno, de largo y ancho variable, construidas en la trayectoria del fuego y en las que se corta y extrae todo el combustible aéreo, superficial y subterráneo, raspándose el terreno hasta el suelo mineral. Su construcción se realiza en forma manual o mecanizada. Estas tareas deben realizarse procurando minimizar el impacto ambiental de las mismas. Es decir no extraer material vegetal o no excederse en las dimensiones de la faja en forma innecesaria.

LAS LÍNEAS DE DEFENSA SE CONSTRUYEN, O HACEN

Las *líneas de control* se establecen o ubican con el objetivo de “encerrar” o “cercar” el incendio dentro de un área definida y están constituidas por la suma

o conjunto de barreras naturales (ríos, lagos, afloramientos rocosos, arenales, etc.) y artificiales (líneas de defensa, caminos, rutas, etc.), así como por los bordes extinguidos del fuego.

LAS LÍNEAS DE CONTROL SE ESTABLECEN O UBICAN

I) Consideraciones que rigen la construcción o ubicación de las líneas:

- Comenzarlas y finalizarlas en lugares donde no pueda transitar el fuego. (áreas ya quemadas, caminos, rocas, arenales, ríos, etc.). Estos espacios seguros se denominan “puntos de anclaje”.
- La traza será lo más corta posible, sorteando los mayores peligros que haya en el trayecto, y no debe presentar ángulos agudos.
- Tratar de llevar el recorrido por sitios con poca vegetación, senderos ya existentes y espacios abiertos, evitando ingresar a zonas con suelos duros o con combustibles densos y pesados.
- Prestar atención a la dirección de los vientos dominantes.
- Previo a su planificación debe tenerse en cuenta un pronóstico meteorológico que indique el comportamiento esperado del fuego durante el período estimado de trabajo.
- En trabajos de gran magnitud, usar maquinarias pesadas para obtener mayores rendimientos y aliviar la tarea del personal, aunque deben considerarse sus probables efectos sobre el ambiente.
- Establecer las líneas de control encadenando prolijamente todos los sectores que la componen, y tratando en lo posible de utilizar la mayor cantidad de barreras ya existentes.

El combate de incendios es una sucesión de acciones que tienen por objeto, detener el avance del fuego y a continuación circunscribirlo, controlarlo y finalmente extinguirlo. La construcción de líneas es parte fundamental del objetivo, ya que técnicamente no es admisible declarar controlado un incendio, si previamente no se ha establecido la línea de control a lo largo de todo el perímetro. En primer término se debe efectuar un reconocimiento para tomar conocimiento de lo que sucede en todo el incendio, y si fuese posible iniciar las tareas en los sectores de mayor actividad, para impedir que siga creciendo en tamaño e intensidad.

D) Particularidades en la aplicación de los métodos de combate.

- Debe procurarse que los trabajos iniciales sean muy eficientes y veloces, evitando demorarse más de lo indispensable en un sitio, por el riesgo de que el fuego pueda escaparse en otro.
- Como el primer objetivo de combate es detener la propagación, en principio puede bastar con cortar y extraer la vegetación más seca del trayecto y avanzar rápidamente haciendo solamente un raspado superficial del suelo. Esas trazas servirán también como vías de penetración y para el despliegue

ágil y seguro del personal, equipos y mangueras que ingresen inmediatamente después.

- Si se cuenta con agua hay que enfriar y humedecer los combustibles adyacentes a la línea para tratar de reducir la intensidad del fuego, haciendo más comfortable la tarea de las cuadrillas y disminuyendo el riesgo de escapes.
- Cuando existan “dedos”, se unirán sus extremos con la línea, y paralelamente se podrá enfriar o quemar la parte interior. Esta última decisión deberá ser tomada exclusivamente por el Jefe a cargo del grupo de trabajo.
- Hay materiales que pueden deslizarse y producir focos secundarios fuera de la línea.

Los troncos deberán ser acomodados en forma perpendicular a la pendiente o eventualmente trabados con rocas para que no caiga cuesta abajo.

- En lugares donde elementos más pequeños (Piedras, conos, trozos de madera) puedan rodar por las laderas, deberán construirse zanjas de cierta profundidad, perpendiculares a las pendientes, y en forma de “V” para que puedan contenerlos (Trincheras).
- Es fundamental la constante observación y búsqueda de focos secundarios. Si los hay, enfriarlos con agua o sofocarlos con tierra, y rodearlos con una línea de defensa secundaria.
- En la etapa inmediatamente posterior se procederá a ampliar y mejorar la traza. Para ello hay que podar y extraer toda vegetación que pueda facilitar el cruce de las llamas.
- Para finalizar, se unen entre sí las líneas de defensa y las barreras existentes lográndose cercar todo el perímetro del incendio con una “línea de control”.

6) Herramientas para el combate.

Para las tareas de control de incendios se recurre a la utilización de herramientas que permitan realizar tareas de sofocación, enfriamiento, o neutralización de los combustibles. Si bien es posible recurrir a herramientas de uso agrícola o de diseño no estándar para tal fin, en la actualidad se dispone de herramientas especialmente diseñadas para estas tareas. Entre estos elementos se dispone desde una simple pala, maquinarias pesadas hasta medios aéreos, incluidos los equipos de bombeo.

A) Herramientas manuales.

I) Herramientas de zapa: En esta categoría se agrupan aquellas que como bien lo dice el título son de uso manual no mecanizadas y que están diseñadas para el combate de incendio. En cuanto a las funciones que prestan las herramientas, las podemos dividir en:

- Herramientas de Corte: hacha, pulaski, machete, rozón, pala, rastrillo segador.
- Herramientas de Cavado: pala, pulaski, rastrillo McLeod.
- Herramientas de Raspado: pala, machete, rastrillos McLeod y Segador, rozón, pulaski.
- Herramientas de Sofocación: pala, batefuego.

PULASKI: Muy útil en la construcción de líneas de defensas



BOMBA DE ESPALDA (mochila): capacidad de 17 Lts a 25 Lts según modelo



PALA CORAZON (corazón): Lanza tierra en ataque directo, entierra el combustible en líneas de defensa.



ROZÓN: Útilen las líneas de defensas para eliminar los combustibles aéreos.



MC LEOD: Ideal para la construcción de líneas de defensa ya que arrastra, cava, raspa y amontona, lo que le da una amplia versatilidad.



RASTRILLO CEGADOR:



BATEFUEGO Y CHICOTE:

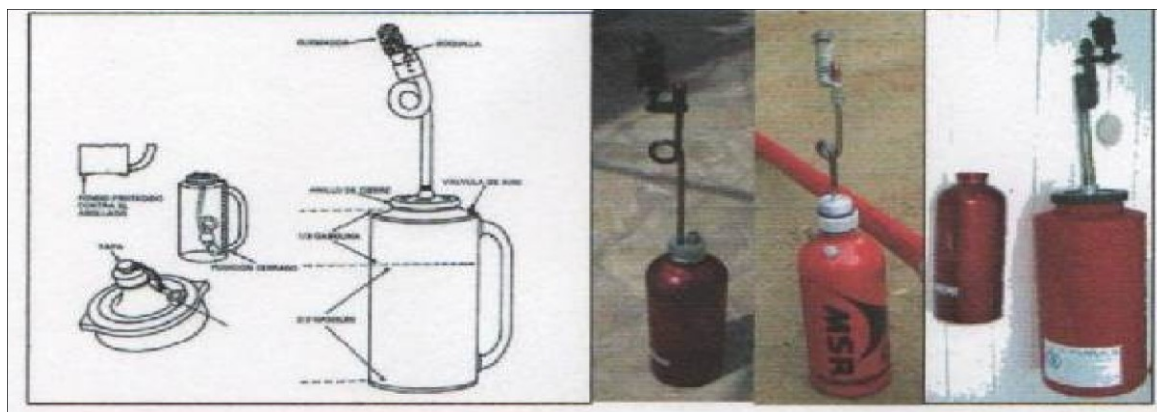


MACHETE:

Como se verá algunas de ellas cumplen con una, dos o varias funciones, en este caso se las denomina mixtas o múltiples, siendo ésta la característica de versatilidad. Herramientas mixtas o múltiples pueden cortar, cavar y raspar.

Algunas herramientas de labranza agrícola tales como horquillas, azadas, picos, palas, rastrillos comunes, etc. pueden ser utilizadas eventualmente en las tareas de combate de incendios, no obstante debe tenerse en cuenta que al no ser las herramientas especialmente diseñadas, su rendimiento y durabilidad es menores.

- **ANTORCHA DE GOTEO:** Es una herramienta utilizada para el encendido, trabaja con un depósito de combustible conformado por una mezcla de gasoil y nafta. Se compone de un recipiente metálico con manija (depósito de combustible) y un pico vertedor o boquilla. Se utiliza encendiendo la boquilla, y se inclina la herramienta provocando el goteo de combustible encendido. Se utiliza en la aplicación de técnicas de ignición (contrafuegos, quemas de ensanches, quemas prescritas, etc.)



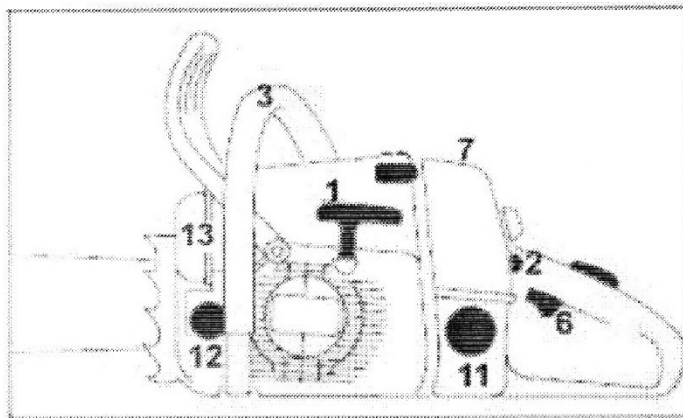
B) Herramientas mecánicas.

Dentro de las herramientas mecánicas, hacemos referencia a la motosierra que son utilizadas por personal idóneo, al realizar líneas de defensa en lugares con vegetación densa y/o de porte considerable.

1) Motorizadas: Las motosierras utilizan motores de dos tiempos (2T) aunque las marcas más conocidas del mercado están desarrollando y comenzando a utilizar algunos modelos con motores de cuatro tiempos (4T). En cuanto a las partes externas principales y comunes podemos nombrar:

01. Cuerda de arranque.
02. Contacto.

- 03. Manillar superior e inferior de sujeción
- 04. Acelerador
- 05. Filtro de aire
- 06. Tanque combustible (mezcla nafta/aceite 2T).
- 07. Tanque aceite (solo en motosierras para lubricación de la cadena).
- 08. Escape.



El combustible utilizado es una mezcla de nafta súper sin plomo y aceites para motores de dos tiempos de calidad, la relación de uno y otro se especifica en el manual del fabricante y es muy importante realizarla correctamente ya que influirá en rendimiento, desgaste y roturas. En los motores 2T la lubricación de las partes móviles internas se produce por medio del aceite que lleva la mezcla.

II) Sistema de corte:

Para las motosierra el mismo se compone de:

- *Espada:* es el elemento donde se apoya y desplaza la cadena de corte. Básicamente existen dos tipos de espadas, aquellas que poseen una estrella en la punta y las que no.
- *Cadena:* es un conjunto de dientes de corte, eslabones de unión y eslabones guías.
- *Piñón:* es el elemento que transmite el movimiento generado en el motor a la cadena.

- **Rodamiento del piñón:** facilita el giro del piñón sobre el eje del motor.
- **Embrague centrífugo:** funciona con la fuerza centrífuga y se encuentra unida al motor para luego acoplarse al piñón y mover la cadena.
- **Bomba de aceite:** se encarga de impulsar el aceite de cadena a la ranura de la espada por donde circula la cadena, permitiendo el enfriamiento y evitar el desgaste.
- **Freno de cadena:** es un mecanismo de seguridad.

lii) Operación del equipo: Es importante que antes del uso de la motosierra se verifiquen los siguientes aspectos:

- El estado general del equipo, que no tenga tornillos flojos, roturas, perdidas, y que los elementos de seguridad del equipo estén en condiciones. En caso que el equipo tenga deficiencias mecánicas no lo utilice hasta que estén solucionadas.
- Que los depósitos de mezcla (nafta-aceite) y de aceite para lubricar la cadena (motosierra) estén llenos y que las tapas de los correspondientes depósitos cierren perfectamente.
- La limpieza del filtro de aire y el perfecto estado, sin roturas o perforaciones.
- El perfecto estado general del sistema de corte, lubricación, afilado, sujeción o tensado del elemento de corte, etc.
- El perfecto funcionamiento de la cuerda de arranque, esta no debe quedar colgando sino recogerse completamente y quedar firme en su lugar para evitar enredos.

Luego de comprobar que está en perfectas condiciones de uso se realiza la puesta en marcha considerando:

- Puede hacerlo apoyando la maquina firmemente en el piso o sujetando el manillar trasero entre las piernas. Los manillares de la motosierra están diseñados para usarlos *únicamente* con la mano derecha sobre el trasero (acelerador, cebador, botón de parada) y la mano izquierda sobre el delantero (sujeción y accionamiento del freno de cadena).
- Al arrancar la maquina en frío evite acelerarla a fondo, hágalo solo un breve instante una vez que el motor arrancó para destrabar el cebador de puesta en marcha, déjela tomar temperatura a marcha regular.
- Una vez en marcha y con el motor en ralentí (regulando) la cadena o disco de corte no debe girar, de hacerlo habrá que regular la marcha para que el ralentí sea a menor revoluciones (RPM).
- Con la motosierra en marcha acelerada verificar que lubrique la cadena, acercando a no menos de 20 centímetros la punta de la espada sobre una superficie donde se pueda ver que salpique aceite.

Iv) Cuidados durante la operación de la motosierra: Las operaciones de corte con motosierras son tareas que deben ser realizadas por un operario experimentado (motosierrista). El apeo de árboles o cortes de troncos gruesos requieren de técnicas específicas (cortes direccionales, conocimiento de las tensiones de la madera, etc.), no obstante ello se dan algunas pautas de uso para conocimiento básico del Combatiente para cortes menores (excluido el apeo de árboles o cortes de piezas gruesas).

- Compruebe el correcto funcionamiento del freno de cadena. Al accionar el freno de cadena a máximas RPM del motor la cadena se debe frenar inmediatamente.
- No se desplace con la motosierra en marcha, si el desplazamiento es corto (como máximo cinco o seis pasos) y no detendrá el motor coloque el freno de cadena. Si la distancia es mayor detenga el motor.
- No deje la motosierra sobre el piso en marcha, cada vez que deba soltarla o dejarla detenga el motor.
- Al operar el equipo párese bien apoyado (con las piernas un tanto separadas), y si se desplaza por la zona de corte hágalo mirando con atención por dónde camina.
- Si está derramando y trabaja con un ayudante manténgase atento de la posición de éste, y cuide sobre todo que se mantenga detrás de usted y lejos del equipo de corte.
- Esté atento a rebotes o sacudones producidos por ramas finas o medianas.
- Al cortar troncos o palos que están en posición complicada analice antes como actuara la fuerza liberada después del corte (fuerza de tracción, fuerza de tensión).
- Ante la duda, reconozca sus propias limitaciones y acceda a realizar tareas que sean acordes a su capacidad técnica y experiencia.
- Sólo usted es responsable de sus actos, quienes no lo entiendan así reducirán peligrosamente los márgenes de seguridad.
- Utilizar el equipo de protección personal adecuado (casco con antiparras, protector auditivo, pantalón de seguridad, guantes y borceguíes de seguridad).
- En el corte usar preferentemente la parte inferior de la espada.
- Durante la operación evite cortar con la punta superior de la espada, ya que se produce un rebote hacia el motosierrista.
- Evitar el contacto de la cadena con el suelo y la tierra, metales, piedras, todos estos objetos nos desafilan la cadena y nos bajan el rendimiento.

C) Maquinaria pesada.

En este caso nos referimos a un conjunto de máquinas, por lo general, del tipo agrícola o vial, que son requeridas para cumplir con tareas de combate del incendio (topadoras, tractores, motoniveladoras, etc.). Este tipo de maquinaria resulta muy útil, ya que permiten un importante ahorro de tiempo y de trabajo manual en las construcciones de líneas de defensa. En los incendios de campos, donde la velocidad de propagación es muy alta, las



maquinas pesadas son un elemento imprescindible para complementar, y en muchos casos suplir, el trabajo manual en ataque indirecto. Si bien son muy efectivas en la construcción de líneas de defensa, producen un gran impacto ambiental, por ello al momento de utilizarse debe evaluarse entre los beneficios y las desventajas. La decisión de la utilización estará en función de la disponibilidad del recurso, valor del área a proteger, condiciones del terreno, comportamiento del fuego, tipo de combustible en el terreno, etc. Durante la operación de este tipo de maquinaria se debe tener presente las precauciones y medidas de seguridad, tanto del personal que se encuentra trabajando en cercanías como las del maquinista mismo.

l) Usos: Las maquinas pesadas pueden ser utilizadas en ataque directo como indirecto. Ambas técnicas se rigen por idénticos principios básicos, ya que varían solamente los medios con que son ejecutadas. Estas posibilidades dependen del comportamiento del fuego, la naturaleza del terreno, el tipo de combustible y las capacidades operativas de las maquinas que se disponen. No obstante por razones prácticas y de seguridad, estas maquinarias son fundamentalmente utilizadas en ataque indirecto, construyendo líneas de defensa. La intervención de este tipo de maquinaria en tareas de control de incendios, debe ser decidida por el jefe del incendio, el cual debe conocer las aptitudes y limitaciones de las maquinas disponibles. Se debe planificar claramente las tareas a realizar en el terreno en el contexto de la estrategia de combate de incendios que se esté aplicando, bajo ninguna circunstancia el maquinista debe trabajar aislado de los Combatientes.

li) Aspectos de seguridad:

- Se debe mantener comunicación permanente entre la máquina y la jefatura del incendio o el responsable de la maquinaria pesada.
- Se deben fijar las vías de escape y zonas de seguridad para la máquina.
- Es recomendable establecer puntos de observación.
- Los Combatientes deben mantenerse a una distancia prudencial de la máquina, y en terrenos con pendientes o rocas, no caminar cerca de sus costados y muy especialmente por la parte más baja.

- El personal que guíe a las maquinas tiene que mantenerse siempre a la vista del maquinista.

7) Construcción de líneas de defensa.

Para construir una línea se tiene en cuenta no solo el tipo de herramientas y personal disponible sino también la topografía, combustibles, intensidad del incendio y características del sector del perímetro del incendio donde se realizará. Las características particulares que tendrá una línea de defensa (ancho y profundidad) las indicará el **Jefe de Cuadrilla**.

A) Etapas de la construcción.

1) Etapa 1: Trazado y despeje de la línea: El primer paso es determinar el recorrido que tendrá la línea de defensa. El responsable de la operación deberá marcar visiblemente el recorrido de la línea para que los Combatientes que pueden seguirla. El despeje de la línea consiste en retirar de la traza todos los combustibles disponibles, arrojándolos dentro o fuera del perímetro según el método definido, esta tarea se debe hacer rápidamente.

CONSTRUCCION DE UNA LINEA DE DEFENSA



MARCACIÓN DE LA LÍNEA DE DEFENSA

li) Etapa 2: Afianzamiento: Esta etapa consiste en la consolidación de la línea, eliminando de la misma todo tipo de combustible y llegando hasta el suelo mineral, siendo necesario en algunos casos la realización de una zanja de unos 30 cm. de ancho para evitar propagaciones subterráneas del fuego. Esta tarea es más lenta que la anterior y es conveniente que sea realizada por un segundo grupo de combatientes que se desplazan con sus herramientas manuales a continuación del grupo anterior. Consiste en la eliminación completa de cualquier resto de material vegetal y ensanche de la faja. En esta etapa se ensancha la línea con una quema y se neutraliza el material restante (si fuera posible contar con agua). Si se está aplicando el método directo de combate, la línea se cubrirá con un prolijo rastrillado hacia el interior de la parte quemada desde el borde interno de la faja y hacia afuera desde el borde externo de la faja. Luego neutralizamos el combustible exterior humedeciéndolo con agua o cubriéndolo con suelo mineral.



Si se aplicara el método indirecto, a lo detallado en el punto anterior se podrá reforzar con una quema de ensanche o limpieza, siendo esta decisión responsabilidad del Jefe de la operación y estará supervisada en todo momento por personal con la experiencia necesaria para cumplir tal tarea con seguridad. El propósito de esta quema no es hacer un contrafuego, sino simplemente ensanchar la faja eliminando con fuego controlado el combustible disponible.



lii) Vigilancia de la línea de defensa: La vigilancia tiene gran importancia en todo momento, principalmente para mantener la seguridad del personal ante situaciones donde el fuego salte la línea o se active y provoque un peligro potencial. Esta tarea es responsabilidad de al menos un Combatiente con bomba de espalda y otro con pala. En el método directo la vigilancia se deberá realizar desde las primeras etapas de afianzamiento de la línea, ya que se entiende que el fuego activo estará ya sobre la línea de defensa. En el método indirecto podrá iniciarse más tarde.

8) Ropa Protectora.

Si usted no está vestido y equipado adecuadamente, usted no tiene por qué ser combatiente de incendios. Usted debe protegerse a sí mismo, lo mejor posible, de los peligros del combate de incendios forestales. Use únicamente ropa de seguridad aprobada o de tela de algodón. No use materiales sintéticos; ellos se derretirán cuando se calientan y aumentan la probabilidad de lesiones graves.

A) Pantalones y camisas resistentes al fuego:

Los materiales más comúnmente utilizados en la producción de ropa de seguridad de combate de incendios son de Nomex y kevlar. Si a usted se le provee la ropa de seguridad, asegúrese que este limpia sin agujeros ni rasgadura y este lista para usar. **La mejor política es no subir a la autobomba hasta que este vestido adecuadamente.** De esa manera usted no se encontrara nunca desprevenido para combatir inmediatamente el incendio cuando usted llegue a la escena. La experiencia ha demostrado que una única ropa protectora no es suficiente si el combatiente se expone. Es importante tener presente que aun usando ropa ignífuga se debe tener la precaución de que la otra ropa que se utilice debajo del equipo (medias, calzoncillo, camiseta, camisa, etc.) debe ser de algodón o lana, evitar siempre los materiales sintéticos. La ropa de seguridad de combate se diseña para no quemarse ni derretirse, pero puede transferir; de hecho transfiere, el calor a la piel.



B) Botas:

Usted debe usar calzados apropiados. Sus botas deberían ser de cuero, de lo posible con cordones (borceguíes) con una altura no menos de veinte centímetros y suelas vulcanizadas. Las punteras de cuero duro proveen protección adecuada. Las botas con punta de acero retendrán más el calor una vez calentadas por lo que no son recomendables a lo mismo que las botas de incendios estructurales ya que estas no son diseñadas para caminar en el campo.



A) Casco:

Use un casco aprobado con barbijo y antiparras protectoras de ser posible con protector de nuca, este debe ser de material liviano para la comodidad del combatiente. Este elemento es de uso obligatorio durante todas las tareas del Combate, entonces es imprescindible que sea cómodo y liviano, pero sin perder resistencia. Brinda protección del calor, de los elementos que pudieran caer, de los golpes con herramientas, etc.



A) Guantes.

Los guantes son una parte importante del equipo que muchas veces se prefiere no usar con el pretexto de la supuesta “incomodidad” que ellos generan, por este motivo los guantes deben ser cómodos ajustándose correctamente a la mano, así evitaremos la real incomodidad de tener lastimaduras en nuestras manos. Deben tener las siguientes características: ser de cuero (evitar los muy gruesos) preferentemente de cuero tipo baqueta o tejidos con hilo resistente y palmas antideslizantes, con costuras que no provoquen incomodidad. De lo posible que sean suficientemente largos para que no exista una brecha entre la manga de la camisa y el guante.



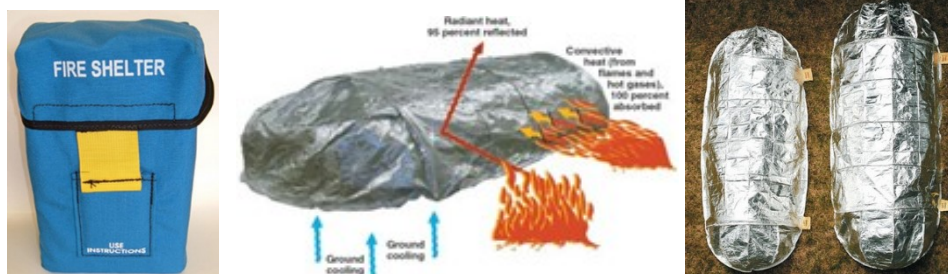
B) Antiparras.

Protegen los ojos en diversas situaciones, mientras se opera una herramienta mecánica, al volar polvo o ceniza, durante las helioperaciones o carga asistida de aviones, al trabajar con la lanza o pitón, etc. En los momentos en que no se utilicen deben ser protegidas de ralladuras o golpes para que no obstaculicen la visión, deben ser de material flexible, de material antiastilladura.



C) Carpa de seguridad (fire shelter).

El refugio de fuego ofrece una protección contra el calor radiante y convectivo. Todos los bomberos forestales deberían llevar la protección contra el fuego mientras trabajaba incendios forestales, el refugio es la última línea de defensa cuando se enfrentan a un encierro en un incendio, el escape es siempre la más alta prioridad. Los refugios de protección no garantizan la supervivencia de un bombero en una situación de atrapamiento, pero ha dado resultados a algunas brigadas que han podido salvar sus vidas. Los bomberos deben hacer todo lo posible para evitar situaciones en las que necesita para implementar un refugio de protección.



El refugio ha salvado 14 vidas desde su introducción en 2005, se fabrica con una capa exterior de tejido laminado de sílice de papel de aluminio con una capa interna de material de fibra de vidrio tejida, También laminada a una lámina de aluminio.

9) Seguridad en las operaciones.

Hay reglas específicas de combate de incendios que usted Nunca debería infringir. Durante décadas se han investigado las causas de los accidentes trágicos en incendios forestales, de esta forma se pudieron establecer cuáles son las *10 NORMAS PARA EL COMBATE DE INCENDIOS*

FORESTALES que deben tenerse en cuenta para desarrollar las operaciones. Si bien dentro de ellas existen algunas que son de exclusiva responsabilidad del jefe del grupo o jefe de cuadrilla, es importante que todos los integrantes las tengan en cuenta. Estas son las diez normas diseñadas para ayudar en la memorización.

1. MANTENERSE INFORMADO SOBRE LAS CONDICIONES DEL TIEMPO Y LOS PRONÓSTICOS METEOROLÓGICOS.

2. ESTAR SIEMPRE ENTERADO DEL COMPORTAMIENTO DEL INCENDIO, OBSERVAR PERSONALMENTE O EMPLEAR UN EXPLORADOR HÁBIL.
3. CUALQUIER ACCIÓN SOBRE EL INCENDIO DEBE EJECUTARSE SEGÚN SU COMPORTAMIENTO ACTUAL Y FUTURO.
4. DETERMINAR RUTAS DE ESCAPE Y ZONAS DE SEGURIDAD, DARLAS A CONOCER A TODO EL PERSONAL Y MANTENERLO INFORMADO SOBRE CAMBIOS DE LAS MISMAS.
5. MANTENER UN PUESTO DE OBSERVACIÓN CONSTANTE CON COMUNICACIÓN EFECTIVA CUANDO EXISTA LA POSIBILIDAD DE PELIGRO.
6. ESTAR ALERTA, CALMADO, PENSAR CLARAMENTE Y ACTUAR CON DECISIÓN.
7. ASEGURAR LA COMUNICACIÓN CONTINUA CON EL PERSONAL, JEFES Y OTROS GRUPOS DE CONTROL.
8. ASEGURARSE DE HABER COMPRENDIDO LAS INSTRUCCIONES RECIBIDAS.
9. MANTENER CONTROL DEL PERSONAL A TODA HORA.
10. COMBATIR EL INCENDIO CONSIDERANDO LA SEGURIDAD COMO PRIORIDAD

NUMERO UNO

Las situaciones que gritan “¡Cuidado!”

A través de los años se han registrado una lista de eventos que han causado peligros a combatientes. Estas son conocidas como las situaciones que gritan “¡cuidado!” Estas no son reglas, sino son señales de ADVERTENCIA. Si una o más de estas situaciones existen en su incendio, corríjelas inmediatamente

1. CUANDO DEBA TRABAJAR EN FUEGOS QUE NO HAN SIDO RECONOCIDOS NIEVALUADOS PREVIAMENTE.
2. CUANDO DEBA TRABAJAR O TRANSITAR POR LUGARES QUE NO HA PODIDO VER DE DÍA.
3. CUANDO NO TENGA BIEN IDENTIFICADAS LAS ZONAS DE SEGURIDAD Y LAS RUTAS DE ESCAPE.
4. SI NO ESTA FAMILIARIZADO CON EL CLIMA Y LOS FACTORES LOCALES QUE PUEDAN INCIDIR EN EL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO.



5. SI NO ESTA BIEN ENTERADO DE LAS ESTRATEGIAS Y TÁCTICAS, Y DE LOS PELIGROS QUE PUEDE PRESENTAR EL INCENDIO.
6. SI NO SE TIENEN BIEN ENTENDIDAS LAS INSTRUCCIONES Y LAS TAREAS ASIGNADAS.
7. SI NO SE TIENEN ESTABLECIDAS LAS COMUNICACIONES ENTRE LOS JEFE DEL INCENDIO, LOS JEFE DE GRUPOS Y LAS CUADRILLAS DE TRABAJO.
8. CUANDO SE CONSTRUYEN LÍNEAS DE DEFENSA SIN PUNTOS DE ANCLAJE BIEN ASEGURADOS.
9. CUANDO SE ESTA TRABAJANDO O CONSTRUYENDO UNA LÍNEA EN UNA LADERA CON EL FUEGO DEBAJO.
10. CUANDO SE ENCUENTRE COMBATIENDO EN EL FRENTE DEL INCENDIO.
11. SI HAY ABUNDANTE COMBUSTIBLE NO QUEMADO ENTRE USTED Y EL INCENDIO.
12. SI NO DIVISA LAS PARTES MÁS ACTIVAS DEL INCENDIO, NI TIENE CONTACTO CON QUIENES SI PUEDEN VERLAS.
13. CUANDO SE ENCUENTRE TRABAJANDO EN UNA LADERA EN LA QUE MATERIAL RODANTE PUEDE PROVOCAR FOCOS SECUNDARIOS MÁS ABAJO DE USTED.
14. CUANDO EL TIEMPO CAMBIA A MÁS CALUROSO Y SECO.
15. CUANDO EL VIENTO AUMENTA Y/O CAMBIA DE DIRECCIÓN.
16. SI CHISPAS O PAVESAS COMIENZAN A SALTAR SOBRE LAS LÍNEAS.
17. CUANDO EL TERRENO O LA VEGETACIÓN PUEDEN DIFICULTARLE EL ESCAPE HACIA LAS ZONAS SEGURAS.
18. SI TIENE SUEÑO Y SE ACUESTA A DORMIR CERCA DE LAS LÍNEAS.

Otros peligros en la línea de defensa:

El incendio no es el único peligro en la línea de defensa. Hay cosas afiladas, cosas rodantes, resbaladizas y cosas que muerden.

Los árboles muertos en pie con fuego adentro y hacedores de viudas:

Un árbol muerto en pie es un árbol muerto, simplemente esperando su tiempo para caer. Un hacedor de viuda es una rama muerta que cuelga de un árbol que se puede caer cuando el árbol es volteado, o movido por el viento o lanzamiento

desde una aeronave. Ellos hacen poco o ningún ruido al caer; por lo que se consideran asesinos silenciosos. A aquellos árboles muertos márquelos como cualquier otro peligro. Voltéelos tan pronto como sea posible, si usted no está capacitado o experimentado para hacerlo, busque alguien que lo esté. Los árboles muertos en pie con fuego adentro son muy peligrosos, tanto como objetos que puedan caerse, estos también son fuentes de chispas o pavesas los cuales pueden generar focos secundarios. No subestime los peligros de trabajar cerca de los árboles muertos en pie.



¡Los árboles muertos en pie no le dan NINGUNA ADVERTENCIA!

No es simplemente suficiente contarle a la gente que hay un árbol muerto en pie. Impida que los combatientes entren en la “zona de peligro”.

Rocas o Troncos Rodantes:

Cuando se combate un incendio en terreno abrupto y acantilado, las rocas y troncos rodantes son siempre un peligro. Ellos pueden ser movidos por el fuego que quema el material que los apoya, por combatientes o equipos que trabajan arriba de usted, o por chorro de agua mal colocado. Las topadoras son notorias. Nunca trabaje por debajo de la topadora. Cuando lo haga en un terreno abrupto, ubique un puesto de observación y mantenga las rutas de escape



Lanzamientos de agua o retardante con medios aéreos

Es mejor que el personal de combate no esté en la zona de lanzamiento, sin embargo sucede. El retardante es resbaladizo cuando moja así que tenga cuidado al caminar.

Si usted trabaja cuando en cercanías de aeronaves, (aerotanques), sepa cuando y donde va a realizar el lanzamiento. Escuche el aerotanque, las aeronaves más viejas con motores a pistón son bastantes ruidosas. Si el rugido se hace más fuerte usted está en zona de lanzamiento. Los aerotanques más nuevos con motores a turbina producen muy poco ruido

Y pueden acercarse sigilosamente. Estas aeronaves pueden lanzar varias toneladas de retardante o agua, que pueden resultar en lesiones críticas al combatiente o daños severos aun aparato si fuera alcanzado por un lanzamiento bajo. Si el lanzamiento se hace desde una altura apropiada, aquellos que sean alcanzados por el solamente se mojaran o quedaran rosados si esto fuera retardante. Si usted piensa que lo alcanzara un lanzamiento:

- Muévase fuera del área del lanzamiento, si hay tiempo
- Evite arboles viejos (ramas o copas pueden romperse con la fuerza del lanzamiento)
- Nunca se quede de pie en la trayectoria de un lanzamiento. Esto aumenta mucho la posibilidad de lesiones.
- Escóndase detrás de algo sólido como roca o su autobomba. Acuéstese boca abajo, encarando hacia el lanzamiento con el casco y antiparras puestas, con las piernas extendidas para mejor estabilidad; cúbrase la cara y sostenga firme su lado la herramienta que tenga y aléjela del cuerpo con el brazo extendido.
- Después del lanzamiento continúe sus actividades de combate. Si trabajara en el área de lanzamiento donde se utilice retardante, la zona la

encontrara muy resbaladizo. Tenga cuidado y mire donde camina .enjuague sus herramientas, especialmente los mangos. Si el tiempo y el abastecimiento de agua lo permite, lave el retardante de su autobomba si esta fuese alcanzado por un disparo.

“Las aeronaves volando a poca altura pueden desparramar el fuego”

Herramientas afiladas:

Al trabajar en la línea de defensa siempre mantenga una buena base de apoyo para los pies y asegúrese que el mango de la herramienta no sea resbaladizo.

Si lo golpea un lanzamiento de retardante, limpie el mango de su herramienta.

Las siguientes son reglas para las herramientas de mano en la línea de defensa:

- Lleve la herramienta de mano en el punto de balance del mango y sobre el lado del valle.
- Mantenga las herramientas afiladas; las herramientas desafiladas son peligrosas
- Las herramientas afiladas deben tener un cubre filo sobre el borde cortante cuando no están en uso.
- Cuando no están en uso, guarde la herramienta en un lugar donde no moleste el paso o lastimase a alguien.
- No utilice una herramienta que tenga la cabeza floja. Mantenga las manos libres de astillas.
- Camine y trabaje a una distancia de por lo menos 3 metros de otros combatientes. Use herramientas solamente para su propósito específico.

Mordeduras de animales y picaduras de insectos:

Si trabajamos en zonas desconocidas debemos tener cuidado con animales o insectos que habitan el lugar. En diferentes regiones de nuestro país podemos encontrar reptiles que pueden provocar mordeduras e insectos que provocan fuertes picaduras, con consecuencias severas a aquellas personas que puedan tener algún tipo de reacción alérgica.

Líneas de alta tensión

Las líneas de alta tensión caídas son muy peligrosas e incluso asesinas. Siempre se debe presumir que los cables caídos tienen tensión. Mantenga todo alejado de las líneas caídas marque el área para advertir y restringir el paso. Notifique a sus compañeros y a cualquier otra persona que se encuentre en el lugar trabajando.

Tenga cuidado si usted se encuentra trabajando debajo de líneas de alta tensión que se encuentren en pie, el vapor de agua producido por el uso de este agente

extintor, pueden provocar una arco voltaico debido a su condición de conductividad, con consecuencias mortales para aquel que se encuentre cerca.



INCENDIOS EN VEHÍCULOS

1) Riesgos.

Las actuaciones de bomberos en operativos de extinción de incendios, habitualmente se realizan por inercias históricas. Pero, si ahora les digo: “Para la extinción de un incendio de un vehículo tienen que estacionar la autobomba a una distancia de 25 a 30 metros, pendiente arriba y a contraviento, y refrigerar a distancia el vehículo con el patrón de difusión en cono de ataque, evitando los extremos del vehículo...”, seguramente más de uno pensará, o expresará en voz alta, “Eso es una broma, no!, si cada día apagamos coches a nuestra manera ... ¿cuál es el problema?”.

Bien, pues hay unos cuantos problemas. Podemos considerar un incendio en un vehículo como una bomba, con una mecha que se ha encendido bastante antes de la llegada de la dotación de bomberos. La actuación inicial en estos incendios se ha de centrar en la desactivación de esta bomba.

A) Humo y gases tóxicos.

En la actualidad, los vehículos incorporan unos 140 kilos de plástico y otros materiales sintéticos que, cuando se encienden, emiten gran cantidad de humo y vapores tóxicos, creando una atmósfera irrespirable e insalubre. La exposición e inhalación del humo y vapores tóxicos en un incendio provoca daños tanto en forma aguda como crónica. Además del riesgo de muerte pueden dejar secuelas,

algunas irreversibles. Hoy en día, la extinción de un vehículo sin utilizar ERA, ya no hablamos del EPI completo, simplemente es una necesidad. La falta de oxígeno, el aire caliente y el efecto combinado de estos gases tóxicos potencia su capacidad de lesión química y física en piel, mucosas, vías respiratorias, parénquima pulmonar y en todos los sistemas de economía, siendo los más vulnerables el corazón y el sistema nervioso central. Estos gases son producto del calor y de la combustión completa e incompleta de los diferentes materiales que se encuentran en el lugar del incidente.

B) Convertidores catalizadores.

Los convertidores catalizadores son dispositivos de control para la emisión de humo de los vehículos. Estos catalizadores están en el interior de recipientes metálicos de diferentes medidas y formas, situados en el sistema de escape de humos del vehículo, desde el tubo de escape hasta bajo el capó. El problema surge cuando se introduce una mezcla de aire-combustible rica en el interior del catalizador, cuando hay poca o nula ventilación por aire que refresque la capa exterior. Un motor que falle o un vehículo estacionado con el motor encendido, puede hacer que la capa exterior del catalizador llegue a temperaturas de hasta 1.000 °C. A esta temperatura el catalizador puede convertirse en un punto de ignición para los vapores inflamables del combustible. El contacto directo con los catalizadores puede producir quemaduras graves a cualquier persona atrapada bajo un vehículo. El personal de emergencia que trabaja en la escena del incidente, sobre todo cuando el vehículo se encuentra en posición invertida, tiene que evitar el contacto con estos catalizadores.

C) Baterías.

Las baterías producen hidrógeno y contienen ácido sulfúrico. Existe un cierto peligro de explosión debido a la acumulación de vapor de hidrógeno evaporado del líquido electrolito de las baterías. Si la batería estalla, no sólo presenta un problema de proyección de restos, sino que también pueden rociar de ácido a quien esté alrededor. Cuando hayamos estabilizado la situación, SIEMPRE se tendrá que desconectar los dos terminales de la batería (terminal negativo en primer lugar).

A) Sistema SRS.

La activación térmica de un generador de gas de una unidad airbag se produce por un sobrecalentamiento externo que provoca la autoignición de alguno de los pirotécnicos y/o gases contenidos, o el fallo físico del botellín presurizado de almacenaje. Durante un incendio en un vehículo, se puede producir la activación térmica del generador híbrido de gas de una unidad airbag, o el fallo físico del botellín presurizado. En el caso de los generadores del tipo presurizado, con mezcla de gases comburentes y/o inflamables, provocará la inmediata inflamación y serán expulsados mediante un estallido hacia el exterior del vehículo por la súbita sobrepresión generada. Esto provocará el denominado

efecto "metralla caliente". Debido a la enorme energía generada por la súbita expulsión de gases, éstos impulsan en su onda expansiva plásticos encendidos, fragmentos de vidrio que suele fracturarse.

Ilustración 1: Fragmento del difusor del airbag incrustado en el techo del vehículo. Otras piezas del sistema de airbag salieron proyectadas hasta una



distancia de 5 metros del vehículo.

Ilustración 2: Incendio de vehículo con partes de magnesio.



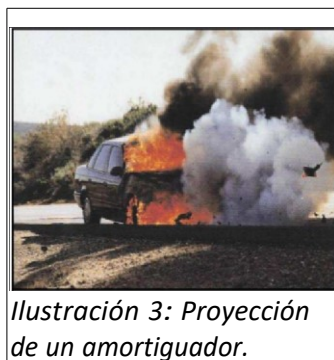
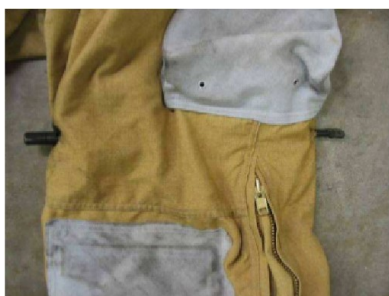
A) Metales inflamables.

Los automóviles de hoy en día incorporan en su estructura y accesorios diferentes tipos de aleaciones. Entre los elementos utilizados predominan el acero, aluminio, y, especialmente por el peligro intrínseco que supone, el magnesio. Los automóviles de hoy en día incorporan en su estructura y accesorios diferentes tipos de aleaciones. Entre los elementos utilizados predominan el acero, aluminio, y, especialmente por el peligro intrínseco que supone, el magnesio. Los fuegos de magnesio se aceleran explosivamente cuando se les lanza agua. El resultado puede ser desastroso para un bombero que accede al interior de un vehículo mientras aplica agua inadvertidamente sobre una pieza de magnesio. Los fuegos del magnesio son difíciles de apagar con agua y precisan copiosas cantidades de agua para su extinción. Tiene que prever que se producirán brillantes explosiones blancas cuando se utilice el agua como agente extintor del magnesio.

F) Liberación súbita de energía.

Podemos considerar los neumáticos de un automóvil como pequeños recipientes a presión que, expuestos a un incendio, pueden estallar por la sobrepresión interior. La explosión de los neumáticos puede lanzar bandas radiales metálicas y restos de caucho encendido a bastante distancia del vehículo. Aproxímese al vehículo de manera que obtenga la máxima protección contra la posibilidad de impacto de estos restos. Algunos vehículos más grandes, como los autobuses o camiones, utilizan un sistema de suspensión neumático. Cuando estos sistemas quedan expuestos al calor o a las llamas, pueden fallar, haciendo que el vehículo caiga súbitamente. Los dispositivos de apertura y soporte del portaequipajes, portón posterior, y capó pueden utilizar uno, o la combinación de cualquiera de estos elementos: resortes, cilindros de gas, brazos de extensión, etc. Estos elementos de resorte quedarán presurizados después de quedar expuestos al calor. Desbloquear el sistema de cierre de estos elementos puede dar como resultado la violenta proyección del portón del maletero o del capó, o la proyección de los propios pistones, pudiendo causar serias lesiones a un bombero desapercibido.

Ilustración 4: Cilindro de cierre del portón trasero que atravesó la pierna de un bombero



F) Combustible.

La incorporación de nuevos combustibles, hidrógeno, gas natural GNC, gas licuado derivado del petróleo (GLP), etanol, metanol, electricidad, etc., bajo diferentes modalidades de propulsión, inyección directa, híbridos, flexibles o combinados, células de combustible, asocian nuevos riesgos durante un incendio en vehículos de todo tipo. Actualmente, hemos de decir que la implantación de combustibles alternativos a los hidrocarburos tradicionales es absolutamente marginal y que, teniendo en cuenta los elementos de seguridad que incorporan, podemos considerar los vehículos que utilizan gasolina como combustible, como el tipo de vehículo con más peligro de los que nos podemos encontrar en la actualidad a los diferentes incidentes en los que participemos.

Podemos hacer una clasificación de riesgo según el combustible utilizado. Podemos distinguir entre:

- Gasolina.
- Gases inflamables.
- Electricidad.

La gasolina es el principal combustible utilizado como fuente de energía para automóviles. La gasolina juega un papel tan importante en nuestra vida diaria que nos olvidemos de lo peligrosa que puede ser si no se maneja o almacena con cuidado. El peligro principal de la gasolina es el fuego y/o explosión. La gasolina líquida no se quema pero sí sus vapores. Debido a que los vapores pesan más que el aire, permanecen cerca del suelo y pueden acumularse en áreas bajas. Cualquier fuente de ignición (cigarrillos, fósforos, el sistema de escape de humos caliente o cualquier chispa) puede hacer prender el vapor de la gasolina. Cuando los vapores de la gasolina prenden, 5 litros de gasolina pueden explotar con la misma fuerza que 15 cartuchos de dinamita. La actuación general en un escape de gas inflamable (comprimido o licuado) derivado de la activación de una válvula de sobrepresión del sistema de combustible de un vehículo impulsado por gas comprimido o licuado, consiste en aislar las posibles fuentes de ignición para evitar su contacto con el pluma de gas, hasta que esta se disipe con seguridad en la atmósfera. Si esta pluma encuentra un punto de ignición se producirán llamaradas de pre-mezcla de bastante longitud. En este caso, es preciso proteger los elementos expuestos adyacentes contra el calor radiante o dirigir el impacto de la llama con agua pulverizada, permitiendo que el "torh fire" se queme hacia una zona sin peligro. Si se aprecia el impacto de llamas contra los cilindros de almacenaje de gas inflamable, tenemos que iniciar las actuaciones oportunas para controlar rápidamente el incendio y refrescar el cilindro. El flujo de gas a través del sistema de combustible se puede controlar cerrando la válvula intercalada en el sistema de combustible.

El mayor peligro del gas se presenta cuando queda confinado en espacios cerrados. Los gases utilizados en vehículos puede desplazar el oxígeno de la atmósfera, lo que le hace ser un asfixiante potencial. En espacios cerrados, y en el rango inflamable apropiado, el gas puede estallar si entra en contacto con una fuente de ignición. Es preciso recordar que los gases licuados (hidrógeno, gas natural, y GLP) se presentan en fase líquida y forma criogénica (temperaturas muy bajas), por lo tanto para la actuación sobre éstos se tendrán que considerar factores únicos que no tienen relevancia si la forma de almacenaje del gas es comprimida:

- Nunca utilice espuma o agua para extinguir un incendio de gases licuados. Esto puede producir un súbito cambio de fase, multiplicando su volumen por 200. Si es preciso extinguir la pluma de gas encendida es preciso utilizar gran

cantidad de polvo química seca, teniendo en cuenta el posible retroceso de la llama una vez se haya extinguido el incendio.

- Evite el contacto con el chorro de alta velocidad de un escape de gas licuado. Puede causar quemaduras de primer grado o congelación si no se tratan inmediatamente. Si una persona tiene gas licuado a sus ropas, descongele la tela con agua antes de intentar retirar la ropa. Si no, la tela congelada se adherirá a la piel y aumentará el daño en el área afectada.
- Utilice arena o tierra para formar una barrera alrededor de un escape de gas licuado, cerciorándose que el combustible no fluye hacia desagües pluviales.
- Al presentarse en fase líquida, los gases licuados (sobre todo el GLP), un incendio activo que afecte a los tanques de almacenaje, puede dar como resultado una situación de BLEVE.

Los principales riesgos relacionados con los incendios de vehículos impulsados por electricidad son los derivados del riesgo de electrocución por el contacto sin protección con cualquiera de los componentes de alta tensión cargados (150 a 300 voltios). Pese a todo, recibir un choque eléctrico en un vehículo es altamente improbable, pero es preciso conocer los puntos a donde se puede sufrir el riesgo de contacto eléctrico de alta tensión.

El ataque inicial a incendios en vehículos híbridos se puede gestionar siguiendo las pautas normales de actuación para la extinción de incendios de vehículos convencionales. Los vehículos híbridos, a parte del riesgo de eléctrico, contienen los mismos elementos de riesgo correspondientes a un vehículo de combustión interna de gasolina/diésel.

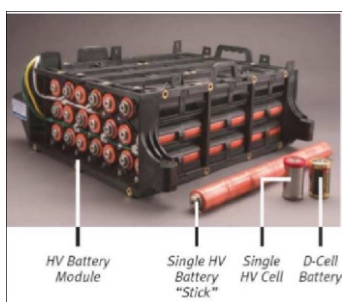


Ilustración 5: La batería de alta tensión de un vehículo híbrido contiene 38 en el modelo Pryus, con un voltaje total 300 voltios.

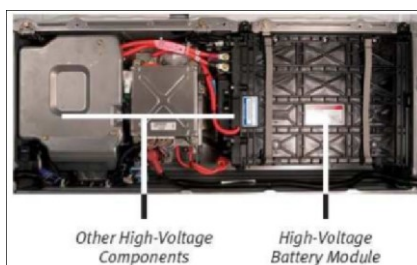


Ilustración 6: El sistema de alta tensión de un vehículo híbrido está contenido en una caja resistente, completamente aislada de la estructura del vehículo.

2) Tácticas de extinción.

Todos los operativos de extinción, incluidos los incendios en automóviles, vienen precedidos por una completa y precisa valoración del incidente para determinar la estrategia y táctica adecuada, y la asunción de un cierto nivel aceptable de riesgo. La protección de las personas es, por supuesto, nuestra prioridad. Los bomberos tendrán que asumir ciertos riesgos en un incendio en un vehículo con personas atrapadas en su interior, pero no tienen porqué asumir riesgos superfluos cuando este no sea el caso. Es preciso ser consciente de que siempre hay un cierto riesgo en la extinción de cualquier incendio, este riesgo puede ser visible o no fácilmente apreciable. Cuando no hay personas en peligro, el mando del incidente tiene que dirigir su atención a la protección de su dotación – y garantizar que no trabajen a un nivel de riesgo excesivo.

Los incendios en vehículos son un servicio habitual y de rutina para la mayoría de los bomberos. Cuando no hay elementos expuestos directamente amenazados, los bomberos experimentados apagarán el incendio en un formato metódico. Esta parsimonia es comprensible: ¿Por qué se tiene que asumir riesgos innecesarios atacando agresivamente un vehículo que, después del incendio, tendrá poco o nulo valor? Los bomberos se pueden situar en una situación de riesgo cuando no comprenden que cualquier automóvil sometido a un incendio activo durante unos pocos minutos vale poco menos que la chatarra.

La protección del personal normalmente se inicia con el correcto emplazamiento de la autobomba. En incendios en vías de tránsito, los bomberos tienen más posibilidades de tener un accidente debido a la circulación de vehículos a su alrededor que por el propio incendio. Una autobomba de 16 toneladas es una barrera considerable entre los bomberos y el tránsito rodado. Detenga la autobomba en diagonal, bloqueando el carril(es) de circulación donde hayan de trabajar los bomberos. La bomba del vehículo tiene que quedar orientada hacia la escena del incidente para proteger al operador de la bomba y facilitarle la visión del incidente. La introducción de nuevos combustibles alternativos ha acompañado la instalación de depósitos de gas inflamable presurizado en los vehículos. Hoy en día, nos podemos encontrar con una gran variedad de vehículos impulsados por gas natural (comprimido o líquido) o GLP, no sólo grandes vehículos de pasajeros, sino también automóviles turismos. En un futuro próximo, y paulatinamente, aparecerán vehículos impulsados por hidrógeno. Esta proyección de futuro hace que tengamos que empezar a prepararnos para

implementar una estrategia defensiva ante las operaciones de extinción de vehículos, como la que utilizaríamos en un incendio que afecta a un depósito cerrado que contiene gas.

Así como el gas natural o el hidrógeno no comportan un peligro evidente de BLEVE, el GLP, por sus características físicas, es un muy buen candidato para su producción. Si se dan las condiciones oportunas, una situación de incendio activo en un vehículo propulsado por GLP puede desarrollar una BLEVE. Por lo tanto, y en el caso de incendios que afectan a vehículos que utilizan combustible gas, debemos respetar una distancia de 50 metros respecto del vehículo, y considerarla como zona de seguridad. En esta zona sólo permanecerá el binomio de ataque y el mando del incidente

hasta asegurar que ha bajado la intensidad del incendio hasta un punto en el cual no considerarlo desencadenante de la ruptura violenta de un depósito. A partir de este punto, sólo tienen que acceder en la zona de seguridad quién tenga que trabajar directamente sobre el vehículo. Los demás, bomberos, personal de los diferentes servicios de emergencia, y cualquier otra persona, tendrán que mantenerse fuera de esta zona y adecuadamente protegidos. Emplazar la autobomba en relación al tránsito rodado, desgraciadamente, puede entrar en conflicto con un posible derrame de combustible. Cuando sea posible, los bomberos y la autobomba tienen que situarse pendiente arriba del vehículo en llamas, eso evitará que, en caso de un derrame accidental por la rotura del depósito, un torrente de gasolina en llamas se dirija directamente hacia la autobomba.



Ilustración 7

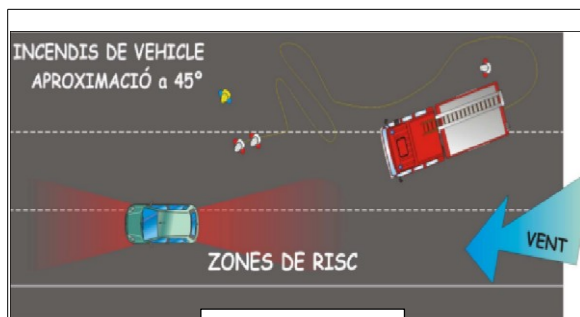


Ilustración 8

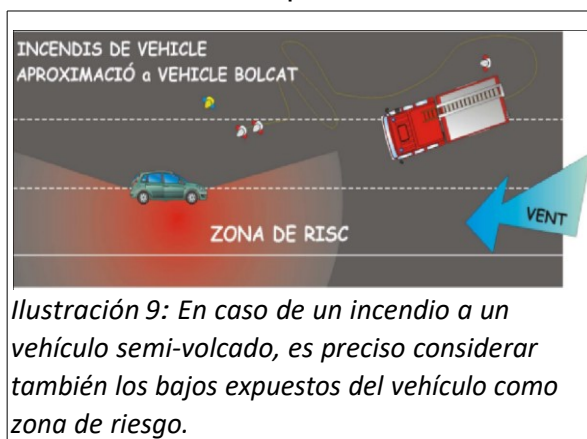
Ilustración 8: Aproximación segura a 45°.

Ilustración 7: Establecimiento de una zona de seguridad.

Además, el lugar donde estacionar la autobomba puede ser una decisión complicada y difícil. El correcto emplazamiento de la autobomba precisa de la completa consideración de diversos elementos: condiciones del tránsito, tipo de vía, humo, niebla, lluvia que puede obstaculizar la visión, disponibilidad de fuerzas de orden público, y la extensión del incendio. Debido a que los vehículos contienen componentes, sistemas, y posibles contenidos que pueden explotar,

o romperse violentamente, el ataque a un incendio activo en el interior de un vehículo tendría que iniciarse, tal y como hemos explicado anteriormente, con una táctica defensiva similar a las cuales utilizaría para controlar una cisterna de gas o líquido inflamable. La aproximación al vehículo afectado por el incendio es preciso que se realice con un ángulo de 45°, evitando los extremos (compartimiento motor y portaequipajes) del vehículo. En el supuesto de que el vehículo esté semi-volcado, habrá que considerar como zona de riesgo también los bajos expuestos del vehículo.

La extinción del vehículo se iniciará enfriando a distancia el vehículo. Es necesario equiparse con el EPI completo y ERA, utilice una instalación de 25 mm., con la lanza a máximo caudal con el patrón de difusión en chorro sólido, que nos proporcionará suficiente distancia de seguridad hasta que se haya reducido la magnitud e intensidad del incendio. Enfríe el depósito de combustible barriendo las llamas que le afecten desde abajo y dirija el chorro hacia el paso



de ruedas posterior. Una vez haya disminuido la intensidad del incendio, es el momento de acercarse con precaución al vehículo. Evite acercarse directamente por la parte delantera o trasero del vehículo. Cuando el binomio de ataque se aproxime al vehículo, el porta-lanza tiene que ampliar el patrón de difusión hasta cono de ataque. Cuando los bomberos se acercan al vehículo, son más vulnerables en caso de un fallo estructural del depósito de combustible y a la proyección de restos. Si es posible, el mando del incidente no tiene que estar a punta de lanza durante esta fase de la extinción. Situándose a una cierta distancia, podrá observar atentamente a su dotación y advertirlos de riesgos que les puedan pasar desapercibidos. Por ejemplo, bomberos completamente protegidos por su chaquetón y pantalones de protección, centrados en la extinción del incendio en el interior del automóvil, pueden no advertir inmediatamente que han quedado en medio de un charco de combustible, encendido o no. El mando del incidente, o quién él asigne, tendría que mantener

disponible un extintor de polvo químico seco en todos los incendios activos de vehículo. La aplicación de polvo químico seco puede extinguir rápidamente un derrame de gasolina, y proteger a los bomberos en sus inmediaciones. El polvo químico seco es el único agente extintor que puede apagar un derrame de combustible tridimensional en el depósito de combustible o el compartimiento motor. El agua, por su parte, se tiene que utilizar juiciosamente en derrames encendidos para evitar la extensión de la gasolina en llamas hacia sumideros. La espuma, cuando está disponible, también es un excelente agente extintor para apagar un incendio de líquido combustible, ya evita la reignición al crear una cobertura de protección. Una vez se haya bajado la intensidad del fuego accesible, es el momento de ir hacia el compartimiento motor, pero no tenga mucha prisa en abrir el capó. La combinación de alta temperatura en el interior del compartimiento motor y el confinamiento que proporciona un capó intacto son ideales para la extinción indirecta con agua pulverizada. Con una barreta, haga palanca por uno de los laterales del capó, sólo lo suficiente como para poder dirigir unas rápidas ráfagas de agua hacia el compartimiento motor. El agua se convertirá instantáneamente en vapor y, contenido por el capó, cubrirá la totalidad del compartimiento motor apagando cualquier fuego alejado del punto de aplicación.

Lógicamente, tendremos que abrir el capó para completar la extinción; sin embargo, la palanca que hace funcionar el mecanismo de cierre del capó desde el habitáculo de pasajeros se habrá quemado o fundido después del incendio. Olvídense de hacer palanca para abrir el capó, su sistema de cierre es mucho resistente, y no existe ningún elemento lo bastante resistente sobre lo que hacer palanca. Si lo intenta, lo que conseguirá será abollar los elementos metálicos adyacentes. Aunque la palanca de liberación del capó haya desaparecido, el cable que conecta la palanca con el mecanismo de cierre del capó aún se mantiene intacto y operativo. A menudo es posible acceder al cable y empujarlo para abrir el capó –si sabe dónde buscarlo. El cable normalmente transcurre por el lado inferior izquierdo del cuadro de instrumentos, y a lo largo del lateral superior izquierdo del compartimiento motor. Gira hacia la derecha en el lado delantero izquierdo del compartimiento motor y pasa por encima o por debajo de la parrilla, donde se conecta con el mecanismo de cierre del capó. Comience por el cuadro de instrumentos, mire si puede encontrar el extremo del cable y dele un tirón con unos alicates. Si no tiene éxito, vaya hacia la parrilla. En la mayoría de los vehículos, puede llegar al mecanismo de cierre sacando la parrilla plástica (si no se ha fundido o quemado) y estirar el cable con unos alicates. Este procedimiento, claro, requiere que trabaje directamente frente al vehículo, por lo que no podrá intentarlo hasta que haya refrescado totalmente el compartimiento motor. Si tampoco tiene éxito, haga palanca por el lado delantero izquierda del capó, busque el cable con una herramienta en forma de gancho, e intente llegar al cable. Normalmente, la funda plástica del cable se habrá quemado durante el incendio, lo que hace más fácil abrir el capó debido que podemos estirar de él

en cualquier punto. Si esta vez tampoco tiene éxito para abrir el capó, tendrá que cortar el capó con la moto-disco.

INCENDIOS DE SILOS Y SECADORAS

1) Comportamiento de los cereales en incendios.

Sabemos que los cereales poseen gran cantidad de sustancias COMBUSTIBLES, carbono 50 % aproximadamente en relación con su peso, hidrogeno 6 % y oxigeno 43 %, más otros compuestos sin importancia. Como podemos ver en el cereal se encuentran todos los elementos para que se pueda producir una combustión.

Elemento OXIDANTE por excelencia ➡ OXÍGENO

COMBUSTIBLES ➡ CARBONO
➡ HIDRÓGENO

Tenemos dos elementos importantes para la combustión sólo falta la temperatura para iniciar el proceso ígneo. Dicha temperatura puede estar dada en los vegetales por:

- Acción bacteriana
- Humedad excesiva
- Fuentes externas de calor (mecánica, eléctricas, etc.)

A) Combustiones de grano:

I) Combustión provocada por oxidación: Las reacciones provocadas por oxidación son exotérmicas; es decir que unos de los componentes de la reacción es el calor. Para que se produzca una reacción de oxidación deben estar presentes un material combustible y un agente oxidante. Los combustibles no se encuentran en su estado de máxima oxidación. Pero simplificando podemos decir que “cualquier material que conste primariamente de carbono e hidrogeno puede oxidarse”. El agente oxidante más importante es el oxigeno que existe en el aire ambiental. También existe combustión por oxidación sin la presencia del aire, por Ej. El nitrato de sodio y el clorato de potasio. Otros materiales combustibles como la piroxilina plástica, contienen oxígeno combinado en sus moléculas, ósea que su combustión puede realizarse sin aporte externo de oxígeno.

II) Combustión por calor interno (auto combustión): El aumento de temperatura de un material se llama “calentamiento espontáneo”. El calentamiento espontáneo de un material tiene por resultado la ignición

espontánea o auto combustión. Casi todas las sustancias orgánicas expuestas a la atmósfera y que sean capaces de combinarse con el oxígeno, se oxidan a cierta temperatura crítica con desprendimiento de calor. La tasa de oxidación a temperaturas normales, es tan baja que el calor que desprende, se transfiere al entorno inmediato, con el resultado de que no existe aumento de temperatura. Ejemplo: un trapo embebido en aceite vegetal, ardería en el fondo de un tarro de basura, se calentara; sí fuese colgado al aire libre donde el movimiento del aire alimentaría el calor no se calentaría.

lii) Combustión provocada por bacterias: La oxidación bacteriana, en causa corriente del calentamiento de las cosechas agrícolas, por ser el calor unos de los elementos resultantes. La mayor parte de las bacterias no sobreviven a temperaturas superiores a 70 u 80 grados centígrados. El calentamiento de los productos agrícolas, se debe a la oxidación rápida iniciada después de un precalentamiento bacteriológico. El contenido de humedad de los vegetales, influye en el calentamiento espontáneo, siendo uno de los principales riesgos.

2) Secadora o deshidratadoras.

Son equipos utilizados para el secadora de granos y su objetivo es poder bajar el contenido de humedad del mismo a fin de poder almacenarlo por períodos prolongados de tiempo.

A) Tipos generales:

I) Continuas: no necesitan detener su proceso.

li) Discontinuas: es necesario, interrumpir el llenado y proceder al secado y logrado el objetivo, vaciar y reincidir el proceso nuevamente.

lii) A granel: el proceso se realiza en secadoras estáticas, por medio de aire caliente impulsado desde abajo hacia arriba a través de dobles fondos perforados.

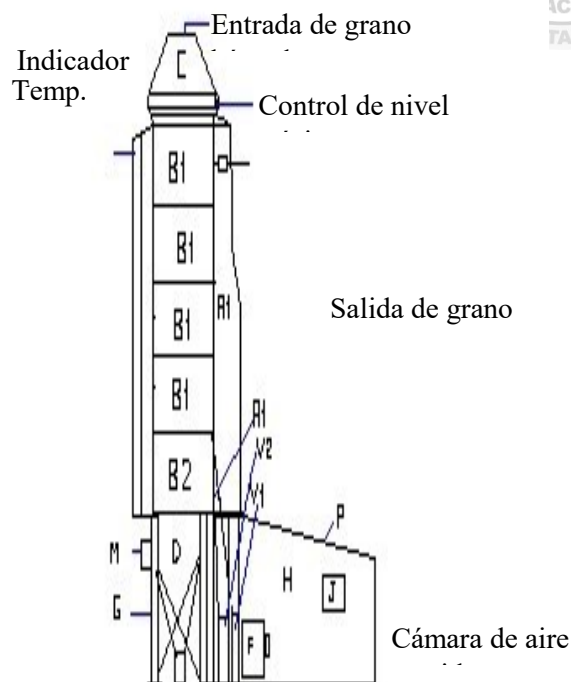
▪ Métodos de calentamiento:

(1) *Fuego directo:* ya en estos tiempos descartadas por los riesgos que implican.

(2) *Fuego indirecto:* son las más empleadas, actúan a través de la transferencia de calor, utilizando como combustible petróleo, gas, combustibles sólidos, electricidad, etc. Como requisitos deberá tenerse en cuenta la distancia y el aislamiento de la zona de almacenamiento del material combustible.

SECADORA DE FLUJO CONTINUO

- A1- CÁMARA DE AIRE CALIENTE
- A2 - CÁMARA DE AIRE FRÍO
- B1 - MÓDULO DE SECADO AIRE CALIENTE
- B2 - MÓDULOS DE SECADO AIRE FRÍO
- C- TOLVA DE CARGA
- D- TOLVA DE DESCARGA
- E- CÁMARA DE AIREFRÍO
- F- ÁMARA DE COMBUSTIÓN
- G- COLUMNA DE SOPORTE
- H- EQUIPO DE COMBUSTIÓN
- M- MANDO DE BASCULANTE
- P- CASILLA DE PROTECCIÓN
- T- TABLERO DE COMANDO
- V1- VENTILADOR DE AIRE CALIENTE
- V2- VENTILADOR DE AIRE FRÍO



3) Silos de almacenamiento de cereales y sus derivados.

Los silos son cavidades de múltiples formas. Se utilizan para el almacenamiento de productos, tales como, cemento, cereales, forrajes, líquidos, etc.

A) Materiales de construcción.

Los silos pueden estar contruidos, según el servicio a que se destinan y la disponibilidad y costo de los distintos materiales. Existen de diversas formas:

- *Silos verticales:* emplazados sobre la tierra y de forma cilíndrica.
- *Silos horizontales:* cierta porción está enterrada ej: el subterráneo o de pozo.

B) Diseños y usos.

Todos los silos tienen aberturas de alimentación, cerca del extremo superior y bocas de descarga en la base o a un lado. La forma y posición de las aberturas depende sobre todo de las maquinarias de llenado y descargue. En los silos cerrados, las aberturas están herméticamente cerradas, pero poseen unas válvulas de compensación de presión para facilitar el vaciado. Los materiales de

gran fluidez, como el cemento, las harinas, cereales, etc son llenados por medios de bombas de succión y presión.

En los silos es de más importancia conocer las características de sus estructuras, para saber el lugar por donde deben moverse los Bomberos ante eventuales situaciones de emergencias.

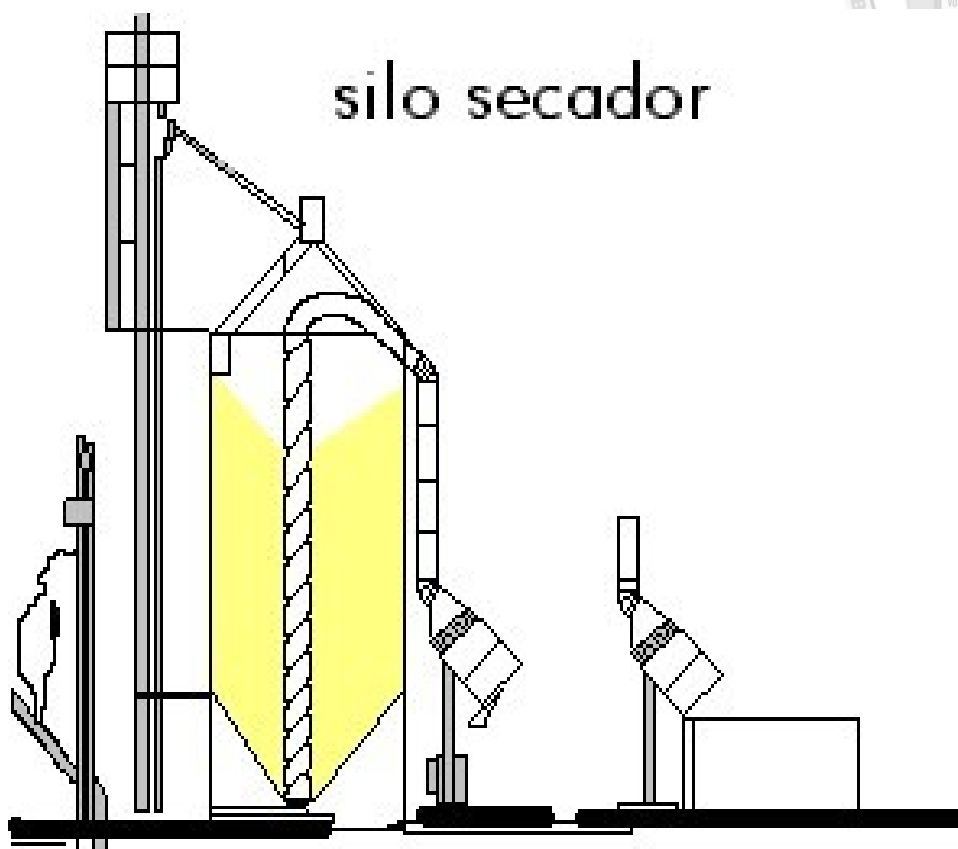
En los silos, acopiadores de productos agrícolas, los mismos “ESTÁN VIVOS”, respiran, fermentan y deben manipularse con cuidado.

Los factores que afectan la conservación de un silo son:

- La humedad de la atmósfera.
- La temperatura del interior del silo.

Las semillas respiran, despiden bióxido de carbono, humedad y calor, con el peligro de calentarse y que se formen hongos o parásitos, insectos destructivos y gorgojos. La correcta ventilación y el control de la temperatura, nos permitirá conocer el estado del producto, evitando el riesgo de un siniestro. Ello no siempre es posible, dado que en silos ubicados generalmente en zonas rurales, la responsabilidad de operarios que desconocen en la mayoría de los casos los peligros antes mencionados, que son los factores desencadenantes de incendios de silos, donde el control es primordial para evitarlo.

Las condiciones de trabajo y de seguridad, no son las mismas en silos tipos torre o planta de silos, donde los controles dependen de la mayor o menor responsabilidad del hombre, hoy el avance de la técnica nos pone a sofisticados sistemas de control y prevención, haciendo los mismos, de una seguridad tal, que son muy pocos los accidentes por fallas mecánicas o electrónicas en beneficio de una mayor seguridad para los operarios y una mayor rentabilidad del trabajo. Dentro de la seguridad, debemos tener en cuenta al operario y también al hombre de seguridad, aunque este último debe interiorizarse del lugar donde puede desarrollarse un siniestro, en consecuencia debemos conocer algunos detalles de operatividad al respecto.



4) Métodos de extinción.

Hablando de complejidad, de construcción comprobamos que la tarea no es fácil, si sumamos el suministro eléctrico, necesarios para alimentar los motores que movilizan el cereal. Lo ideal sería tomar todas las prevenciones posibles y aplicar las normas vigentes en cuanto a la seguridad. No siempre se dan las condiciones mencionadas para ello como PRIMERA MEDIDA, cortar los suministros de combustibles y electricidad. Eliminando esos factores, nos queda la temperatura, la cual podremos bajar mediante el uso de agua, pero no es tarea fácil porque la temperatura provoca un aglutinamiento del cereal combustionado, que no permite un ingreso del líquido. Es por ello que debemos tratar de lograr un VACIADO de la misma. No debemos olvidar, circunscribir la tarea al área principal, la maquina en cuestión y los depósitos de almacenaje del producto a secar, comunicados a través de elevadores, sinfines, etc., ya que forman parte de la estructura general, también conforman un riesgo potencial a tener en cuenta en las prevenciones preliminares a la tarea de extinción, ya que estos últimos pueden ser portadores y transportadores de partículas incendiadas, lo que motivaría que un riesgo centralizado se traslade a otro agravando la situación. Es por ello que no debemos olvidar el cierre de pasajes que impidan esa posibilidad.

Los elevadores, comunicados directos con los silos de almacenaje, constituyendo un verdadero riesgo de por sí, y que merecen un tratamiento especial.

A) Consideraciones.

I) Materias primas:

- Los cereales y semillas oleaginosas están compuestos de almidón o hidratos de carbono, proteínas, fibras, y diversos aceites vegetales que pueden arder en condiciones muy concretas. En su estado natural como semillas enteras, estas materias son estables y no suponen un riesgo inmediato de combustión si se las protege de la humedad, insectos y hongos. La llamada combustión espontánea es producto de la degradación microbiológica creada por los hongos cuando existen determinados niveles de humedad y temperatura.
- La incidencia de esta fuente de ignición en los incendios y explosiones en los silos de cereales es rara, aunque a veces se ha producido. La industria cerealera suele almacenar los cereales con niveles de humedad y temperatura que no sólo evitan su combustión espontánea, sino que evitan también que se deteriore su calidad. cuando el grano se guarda durante largo tiempo en grandes contenedores, se controle la temperatura de las instalaciones mediante sistemas de detectores. A medida que se va reduciendo el tamaño del núcleo del grano, aumenta enormemente la posibilidad de incendios y explosiones.

ii) Almacenaje: Las instalaciones de almacenaje a granel pueden consistir en silos altos de hormigón, recipientes de madera, silos de acero, depósitos de acero, almacenes convencionales conocidos como almacenes planos o incluso montones a la intemperie durante la época de la cosecha. La función de cada tipo de almacén, es decir, si se trata de un almacén a largo plazo a corto plazo o la instalación adjunta a una planta de molturación o proceso, determina la configuración y tipo de almacenaje. Estas instalaciones se clasifican normalmente como silos rurales, terminales de carga, estaciones de transferencia, terminales camión - ferrocarril, terminales fluviales o marítimas. Muchas de ellas sirven para varios usos y caen dentro de más de una de estas categorías.

iii) Manipulación: El principal proceso de manipulación de cereales, además de su almacenaje y conservación de su calidad, consiste en trasladarlos horizontal y verticalmente hasta los silos y fuera de ellos. En este proceso se utilizan las cintas transportadoras que ve corrientemente en cualquier otra industria de productos a granel. A continuación se explica cómo se utilizan estas cintas transportadoras de la industria cerealera y se ponen de manifiesto las modificaciones específicas para este uso.

- *Cintas transportadoras:* El modo de transporte más corriente empleado para trasladar los cereales horizontalmente de un punto a otro es la cinta transportadora en V. Dada la gran variedad de anchura y velocidad de estas cintas, se adaptan a cualquier volumen. Los riesgos de incendios que comportan estas cintas son que el material de que están hechas, la goma, es combustible y que del cereal en movimiento se suele desprender polvo. Estos riesgos se puede reducir al mínimo utilizando cintas ignífugas y procurando que no se produzca calor. El riesgo que supone el polvo se puede reducir cubriendo las cintas, mediante aspiración, controlando su velocidad o mediante una combinación de estos procedimientos.
- *Transportadores de cadena:* Las cintas transportadoras se sustituyen a veces por transportadores de cadena o de cangilones, totalmente cerrados dentro de una carcasa que evita que salga el polvo. Su capacidad es por lo general menor y también lo es su velocidad, aunque pueden transportar el cereal desde montones más grandes. Normalmente sólo hay que montar aspiradores en el punto de carga o descarga. Hay que tener en cuenta que estos transportadores consumen más energía que las cintas y que su instalación es más cara.
- *Transportadores de tornillo sin fin:* Los transportadores de tornillo helicoidal son corrientes para transporte de poco volumen a corta distancia. La industria cerealera utiliza generalmente estos transportadores sólo para casos muy especiales en los que hay que evitar que se rompa el grano.
- *Transportadores neumáticos:* El sector de la molienda utiliza en gran medida los sistemas de transporte neumático. Son especialmente eficaces para el confinamiento y movimiento de productos finamente molidos en operaciones complejas que requieren la toma o salida de varios puntos. Pueden producirse acumulaciones de electricidad estática y descargas si los sistemas no están debidamente puestos a masa.
- *Elevadores de cangilones:* El principio más corriente utilizado en los silos es elevar el producto al punto más alto posible, permitiendo después que el material caiga por gravedad a las distintas tolvas, pesos, limpiadores y, por último, a través de unas portillas, al sitio donde se vaya a almacenar. Esto no sólo supone aprovechar la energía necesaria para mover toda esa masa, sino que evita tener que subir y bajar el producto con lo que esto supondría para la integridad del grano. Cada manipulación contribuye a reducir la calidad del grano y a generar nuevas cantidades de partículas finas y polvos. El elevador de cangilones es el principal equipo utilizado para alcanzar esas alturas. En algunos grandes terminales marítimos se utilizan correas indicadas, pero en la mayoría de los casos son poco prácticas. El elevador de cangilones no sólo es el principal elemento de transporte en esta industria, sino que es la pieza menos peligrosa en cuanto a explosiones. La concentración de polvo dentro de un elevador de cangilones durante su funcionamiento normal, estará probablemente por encima

del límite inferior de explosividad (LIE), junto con la acción de bombeo de los cangilones que se mueven en un espacio cerrado y la gran cantidad de energía mecánica que absorbe esta operación, han llevado a que resulte la principal fuente de ignición en las explosiones.

Iv) Secado del cereal: El principal proceso que se lleva a cabo en la mayoría de los silos es el secado del cereal hasta que alcance unos niveles de humedad suficiente para conservar su calidad durante el almacenaje o para cumplir las normas de calidad establecidas. El típico secador moderno de cereales se calienta con fuego directo, es decir, el calor del combustible quemado calienta una corriente de aire que pasa directamente a través del grano húmedo. Los combustibles utilizados son sobre todo gas natural, fuel-oil o propano líquido evaporado. Aunque los secadores estén diseñados para reducir al mínimo el riesgo de incendio, un mantenimiento inadecuado puede hacer que arda el grano que se está secando. El inicio más frecuente de estos fuegos es la poca limpieza de las Cribas, estructuras o pilares del secador. Los materiales extraños que se quedan pegados se secan y arden fácilmente cuando la temperatura del quemador se eleva o cuando penetran pequeñas chispas en la cámara de combustión. Lo ideal es que el secador estuviera en un edificio totalmente alejado de la parte central del silo. El cereal llega al secador desde un medio de transporte elevado y vuelve al silo a través de una cinta transportadora independiente. Si se instala un secador con fuego directo lejos del silo y se manipula adecuadamente, se reduce el riesgo de incendios o explosiones graves dentro del edificio del silo. Cuando el secador se utiliza sólo para calentar el grano sin enfriarlo, luego se suele enfriar el grano caliente en los silos mediante ventiladores de alta presión que hacen pasar el aire a través de toda la masa del cereal hasta que adquiere la temperatura adecuada. La temperatura del cereal durante la operación del secado rara vez pasa de 85,5 °C, para no estropearlo. Cuando se calienta el cereal húmedo, el agua que se evapora de su superficie tiene un efecto refrigerante que evita que los granos se calienten demasiado. El aire caliente que sale del secador está en estado cuasi - saturado y puede transportar algunas partículas gruesas de polvo.

V) Limpieza del grano: La segunda actividad en importancia dentro de un silo es generalmente el cribado, limpieza o descascarillado del grano, para eliminar los materiales extraños como piedras, paja, tallos, semillas extrañas, vainas o partículas procedentes de los granos rotos. Estos materiales no sólo afectan a la calidad del grano sino que son más propicios a arder que el propio grano, dado que están más secos y que tienen más fibra. El grano se limpia haciéndolo pasar sobre Cribas vibratorias o giratorias o en cribas de gravedad, que van clasificándolo por tamaños. Para eliminar el polvo que se genera con este movimiento del grano se utilizan sistemas de aspiración de aire.

Vi) Molienda y trituración: Algunas instalaciones cerealeras atienden a industrias especiales que adquieren el grano triturado o molido. Esto supone el

uso de molinos de mazas o trituradores para reducir el tamaño del grano. Estas máquinas son fuentes de explosiones de polvo, sobre todo en los molinos de piensos. El molino de mazas se utiliza sobre todo para moler maíz y otros cereales para piensos. Hay que tener cuidado de eliminar los objetos extraños, sobre todo las piedras y objetos metálicos, para que no estropeen los mecanismos del molino.

Vii) Control del polvo: Además de transportar, elevar, secar, cribar y almacenar, hay que controlar el polvo que se produce en estas operaciones. En cada operación de manipulación del cereal se puede producir polvo. Un sistema completo del control del polvo en un silo consiste en una combinación de métodos activos y pasivos, tales como la utilización de recintos cerrados y la reducción de la velocidad de proceso, por un lado o la recogida mecánica del polvo, que es el medio más eficaz de reducir sus emisiones. El método de recogida de polvo más utilizado es el del “filtro de mangas” o filtro de tela, a través del cual pasa el aire saturado de polvo, que queda retenido en el filtro prácticamente hasta el 99,95 por ciento. El polvo se recoge en el almacén del filtro, se almacena en contenedores separados y se vende como subproducto para la industria del pienso. Tales sistemas suponen complejas operaciones de proceso, con dispositivos auto - limpiadores de las mangas, otros de descarga automática, de transporte continuo hasta los puntos de carga o los silos y sistemas independientes de descarga. El colector de ciclón, muy utilizado antes de la entrada en vigor de la leyes de protección del medio ambiente, servía como un cuasi - separador para los sistemas de aspiración de polvo, pero solo tenía una eficacia del 75 al 80 por ciento. Para las partículas finas, su eficacia es de sólo el 50-80 por ciento, pues se limita a concentrar el polvo recogido en un punto central para su descarga a la atmósfera. El ciclón se utiliza todavía como pre filtro, es decir, colocado delante de los filtros de polvo para retener las partículas más grandes. Así pasan al filtro sólo las partículas finas, que se eliminan o vuelven a entrar en la comente del grano aspirado cuando las circunstancias y la práctica lo permiten. Los sistemas de recogida de polvo pueden a veces aumentar el riesgo de incendio porque concentran el polvo en determinadas piezas del equipo. Por esta razón, los filtros de polvo deben estar colocados fuera y equipados con orificios antideflagrantes para reducir al mínimo la posibilidad de que se produzcan explosiones.

INCENDIOS DE GASES

1) Características de los gases.

Los gases están formados por moléculas en movimiento constante. El movimiento de las moléculas depende de la energía del gas: cuanto mayor es su energía, mayor es el movimiento. Todas las sustancias pueden alcanzar el estado gaseoso, en determinadas condiciones de presión y temperatura. Por ello, sólo se consideran gases las sustancias que se encuentran en estado gaseoso en condiciones normales, es decir a una presión de 1 atmósfera y a una temperatura de 21° C.

A) Clasificación según su estado físico en el recipiente.

Los gases, para su almacenamiento y transporte, han de estar contenidos en recipientes. Los gases son más ligeros que los líquidos y los sólidos. Por economía, se busca que los recipientes tengan la mayor cantidad de gas posible. Esto se consigue almacenando el gas en el recipiente a una presión superior a la atmosférica. Cuando la presión supera un valor determinado, que depende del tipo de gas, el gas se licúa. Como resultado práctico, nos encontraremos con recipientes que contienen gases comprimidos o gases licuados. Además hemos de considerar otros dos casos: los gases criogénicos y los gases disueltos.

I) Gases comprimidos: Son gases almacenados a presión y que, a la temperatura atmosférica normal, se mantienen totalmente en estado gaseoso dentro de su recipiente.

II) Gases licuados: Son gases almacenados a presión y que, a la temperatura atmosférica normal, permanecen en estado parcialmente líquido dentro de su recipiente. A igualdad de volumen, el gas licuado supone una cantidad mucho mayor que el gas comprimido. 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. Cada vez que se abre la válvula del recipiente, sale el contenido en fase gaseosa. Con esto, disminuye la presión de la fase gaseosa, lo que provoca la gasificación de cierta cantidad de fase líquida, hasta que las presiones vuelven a equilibrarse.

III) Gases criogénicos: Un gas criogénico es un gas licuado que está dentro de su recipiente a una temperatura muy inferior a la temperatura atmosférica normal, generalmente algo superior a la de su punto de ebullición a la presión normal. La presión de almacenamiento del gas criogénico es ligeramente superior a la normal.

IV) Gases disueltos: Son gases que se almacenan a presión disueltos en un líquido (por ejemplo, dióxido de carbono disuelto en agua, o el acetileno disuelto en acetona). Cada vez que se abre la válvula disminuye la presión, y el gas se separa de la disolución, saliendo del recipiente en fase gaseosa. El acetileno en

estado gaseoso puede descomponerse a una presión alta o moderada, o ante un impacto. La descomposición origina gases calientes, que pueden provocar una explosión por sobrepresión y rotura del recipiente. Por ello, tanto la compresión del acetileno para su almacenamiento, como el manejo de recipientes de acetileno comprimido, que pueden sufrir impactos, son operaciones, en principio peligrosas. Estos peligros se evitan utilizando recipientes rellenos de una masa porosa embebida en acetona, en la que se disuelve el acetileno. De esta manera, cada celda o alvéolo de la masa contiene una cantidad de acetileno muy pequeña. Esto minimiza la posibilidad de descomposición del acetileno y limita su energía de descomposición. B) Clasificación según sus propiedades químicas.

I) Gases inflamables: Son aquellos gases que pueden arder con las concentraciones normales de oxígeno en aire.

II) Gases no inflamables: Son los que no arden, sea cual sea la concentración de oxígeno en el aire.

Pueden distinguirse dos tipos:

- **Gases oxidantes:** aunque no arden mantienen la combustión, es decir, son comburentes.
- **Gases inertes:** no arden ni mantiene la combustión.

III) Gases reactivos: Son aquellos gases que pueden reaccionar con otras sustancias, siguiendo un proceso químico distinto de la combustión. Puede tratarse de mezclas de gases que reaccionen entre ellos bajo ciertas condiciones de calor o impacto. Estas reacciones pueden desprender grandes cantidades de calor o generar productos potencialmente peligrosos.

IV) Gases tóxicos: Son aquellos gases que, liberados en la atmósfera, suponen un riesgo para la salud humana. Tienen efectos venenosos o irritantes sobre las personas, y sus efectos se producen por inhalación o por contacto con la piel. La presencia de tales gases puede complicar los trabajos de extinción.

2) Características de los recipientes.

Prácticamente todos los gases han de ser transportados desde el fabricante hasta el usuario. Por razones de seguridad y economía, se ha diseñado recipientes de forma que, siempre que sea posible, se pueda conseguir el mismo recipiente para el transporte y para el consumo de gas in situ. Esto se ha conseguido, sobre todo, en el caso de los recipientes pequeños, es decir, botellas y botellones. También se necesitan recipientes fijos, tanto en las plantas de fabricación como en muchos lugares de consumo.

Por tanto, la clasificación de recipientes puede establecerse como:

- *Recipientes fijos:* depósitos a presión (enterrados o de superficie) y esferas (de superficie).
- *Recipientes móviles:* botellas, cisternas y contenedores.

A) Botellas (garrafas y tubos).

Una botella se compone de cuerpo, ojiva, válvula y caperuza. El cuerpo es un cilindro metálico de base esférica. La base lleva acoplada una base, para proporcionar estabilidad a la botella al apoyarla en el suelo. El cuerpo puede estar fabricado de un material extrusionado, generalmente aluminio, acero al carbono o cobre. También puede estar fabricado de piezas metálicas premoldeadas y soldadas, principalmente de acero y de acero inoxidable. La ojiva es un casquete superior al cilindro. La ojiva lleva incorporado un collarín, con un orificio roscado en el centro, en el que se acopla la válvula. La válvula es de cierre y apertura de la botella, con cierre de asiento o aguja y fabricada generalmente de latón. Consta de los siguientes elementos: cuerpo, volante y rosca de cierre, rosca de fijación a la botella y boca de salida de gas.



La estanqueidad de la válvula se consigue por medio de juntas, membranas metálicas y teflón. La caperuza es un sombrerete que tiene como misión proteger la válvula contra impactos. Hay dos tipos de caperuzas:

- *Fija:* Tiene forma de tulipán invertida y una abertura para conectar el sistema de regulación. La caperuza fija nunca debe ser desmontada.
- *Móvil:* Tiene forma de campana cilíndrica, y se desmonta cada vez que se desmonta la botella.

La identificación de las botellas se hace mediante marcas grabadas en la ojiva, y los colores de la ojiva, del cuerpo y de la franja de separación entre ambos.

Las marcas principales grabadas en la ojiva son:

- Marca del fabricante.
- Nombre completo del gas.
- Peso en vacío (kg).
- Capacidad (l).
- Presión de carga a 15° C (bar).
- Presión de prueba hidrostática (bar).
- Fecha de prueba hidrostática (mes y año).
- Contraste del experto que realiza la prueba.

B) Cisternas.

Una cisterna es un depósito móvil instalado sobre un bastidor, dotado de ruedas para el transporte. El bastidor puede tratarse de un remolque de camión o de un vagón de ferrocarril. Generalmente se trata de un cilindro de eje horizontal, cuyos extremos están cerrados por dos casquetes de forma esférica o abombada. El material del que están hechas depende de las características del gas que hayan de contener y de su presión de carga. Los materiales más frecuentes son el acero inoxidable, el acero al carbono, el aluminio y poliéster armado con fibra de vidrio. Algunos tipos de cisterna están destinados a contener varios productos, a cuyo efecto están compartimentadas internamente, y cada compartimiento dispone de sus entradas y salidas correspondientes. Si el producto ha de mantenerse a una temperatura ambiental normal, la cisterna dispone de aislamiento térmico formado por un recubrimiento de material aislante, generalmente fibra de vidrio, lana de roca, espuma de poliuretano o una combinación de estos materiales. Si el producto ha de mantenerse a baja temperatura, la cisterna dispone de aislamiento térmico y de un sistema auxiliar de refrigeración. Las cisternas cuentan con las válvulas y accesorios de carga y descarga, medida y seguridad que se describen a continuación:



- *Válvula de seguridad:* alivia toda sobrepresión interna que sufra la cisterna, ya sea por sobrellenado o por sobrecalentamiento del depósito. Su función es evitar la rotura o explosión de la cisterna por sobrepresión.
- *Válvula de exceso de flujo:* está regulada para un caudal máximo, y se cierra automáticamente en caso de fuga. Su función es evitar un caudal de descarga excesivo y fugas en caso de rotura de algún elemento en el circuito de descarga.
- *Válvulas de llenado y descarga:* la cisterna puede disponer de dos válvulas independientes, o de una sola válvula para ambos usos. Algunas cisternas llevan instaladas dos válvulas, una para la fase líquida y otra para la gaseosa. Ambas válvulas pueden estar ubicadas en la parte inferior de la cisterna, en cuyo caso la de la fase gaseosa está conectada con la parte superior de la cisterna mediante un tubo buzo.
- *Indicador de nivel, de galga rotativa:* dispositivo que permite conocer, en cualquier momento, la cantidad de líquido existente en la cisterna, expresada en tanto por ciento de su volumen. Está constituido por un tubo acodado, instalado en el interior de la cisterna. El tubo puede hacerse girar desde el exterior con una maneta. El tubo está comunicado con una pequeña válvula de purga, instalada

en el eje de la maneta. Al abrir la válvula, saldrá por ella líquido o gas, indicando si el tubo está sumergido en fase líquida o en la fase gaseosa. La maneta gira sobre un dial graduado, que indica el volumen delimitado por el extremo del tubo y la parte inferior de la cisterna, expresado en tanto por ciento del volumen total. Al girar la maneta se provoca el giro simultáneo del tubo acodado. Manteniendo abierta la válvula de purga, sabremos en qué momento llega el tubo al nivel superior de la fase líquida, por el cambio de fase líquido-gas, o viceversa, del fluido que sale por ella. La medida del dial indicará la cantidad de líquido existente en la cisterna.

- *Indicador de nivel de llenado máximo:* dispositivo que indica el momento en que la fase líquida alcanza el nivel máximo que debe tener. Está constituido por una válvula de accionamiento manual, generalmente de volante, que está conectada con un tubo sonda instalado en el interior de la cisterna. El tubo asciende hasta el nivel máximo que debe alcanzar la fase líquida. La válvula cuyo orificio de salida es muy pequeño, se abre en los últimos momentos de la carga. Cuando comienza a salir el producto en fase líquida se sabe que la cisterna ha alcanzado su nivel máximo de llenado. La válvula puede llevar incorporado un manómetro que indique la presión del gas en el interior de la cisterna.
- *Orificio de drenaje:* orificio situado en la parte más baja de la cisterna, dotado con un tapón ciego. Este orificio permite eliminar cualquier resto de agua y de otras sustancias cuando se realice la limpieza de la cisterna o se someta a una prueba hidráulica. El drenaje no debe abrirse mientras no se hayan vaciado y desgasificado la cisterna.

C) Contenedores.

Un contenedor puede definirse, de una manera sencilla, como una cisterna sin ruedas, a la que se incorporan una serie de elementos que permiten su fácil manipulación y almacenamiento. Están constituidos por un cuerpo, dotado con equipo de servicio (válvulas y accesorios de carga, descarga, medida y seguridad) y una estructura exterior, con elementos de fijación, refuerzo y protección. Su función principal es el transporte de gas, de forma continua. Por ello, deben reunir las siguientes características:

- Resistencia adecuada a los esfuerzos e impactos que pueden sufrir durante el transporte.
- Diseño adecuado para la fácil carga y descarga del producto.

Serbatori fuori terra



- Diseño adecuado para su fácil manipulación con medios de elevación ligeros. El tamaño y la forma de los contenedores, aunque son muy variados, están normalizados, para facilitar su transporte internacional de manera económica y segura.

3) Intervención en fugas de gas.

A) Tipos de emergencia.

En el trabajo de los bomberos, las emergencias más frecuentes relacionadas con fugas de gas son las siguientes:

- Fugas en botellas de gases tóxicos o corrosivos.
- Fugas en botellas de gases combustibles.
- Fugas en la instalación auxiliar de una botella de gas combustible.
- Llama en la boca de salida de una botella de gas combustible.
- Incendio en un local en el que hay botellas o depósitos de gas, o en un lugar contiguo.- Sobre calentamiento de recipientes y, en particular, de botellas de acetileno.

B) Normas generales.

El objetivo esencial de la actuación en una fuga es la anulación de la fuga. Esto se puede realizar cerrando la válvula de salida del gas en una válvula intermedia de la instalación, inmediatamente anterior al punto de fuga. También se puede cerrar la válvula de salida en el propio recipiente (botellas o depósito), y controlar después la salida del gas contenido en las tuberías. Pero la anulación de la fuga no siempre es posible. La técnica de actuación variará en función de la situación con que nos encontremos, y que viene determinada por las circunstancias siguientes:

- **Características del gas:** toxicidad, combustibilidad, corrosividad, densidad.
- **Características de la fuga:** punto de fuga, caudal de la fuga, accesibilidad.
Si el gas fugado es combustible, nos podemos encontrar con dos tipos de situaciones:
 1. Fuga incendiada.
 2. Fuga no incendiada.
- **Características de la instalación y posibilidad de corte de la fuga.**
- **Características del entorno:** materiales combustibles, posibilidad de formación de bolsas de gas, fuentes de ignición presentes, posibilidad de ventilación.

C) Fugas de gas.

Ante de la intervención debe recabarse toda la información disponible sobre las características del gas, de la fuga, de la instalación y del entorno, tal como se ha descrito en el apartado anterior. Si no podemos disponer de esta información, nos situaremos, siempre en las condiciones más desfavorables, suponiendo, por

ejemplo de que se trata de un gas tóxico e inflamable, e incluso corrosivo. Seguidamente, determinaremos el método de actuación más apropiado, incluidos el equipo de protección personal y las herramientas que sean necesarias. La intervención comenzará con la detección del punto de fuga. Debemos tener presente tanto la concentración como la densidad del producto fugado. Hay que recordar que a veces se puede reducir la concentración del gas a valores soportables para las personas y el entorno con sólo ventilar el local o dispersar el gas con una cortina de agua. Hay que prever la posibilidad de la acumulación de gas en huecos bajo el nivel del suelo o sobre el nivel del techo, en función de su densidad.

I) Fuga no incendiada de un gas combustible: Si se trata de un gas combustible, para tratar de localizar la fuga, no se debe, en manera alguna, encender cerillas ni pulsar interruptores eléctricos. Como norma general, intentaremos el corte del paso del gas o el taponamiento de la fuga. Simultáneamente, diluiremos la concentración del gas fugado con agua pulverizada. El objetivo de la dilución es llevar la concentración del gas en el aire fuera de su intervalo de inflamabilidad.

Hemos de determinar la dirección del viento o de las corrientes de aire, para determinar el desplazamiento de la nube de gas. Hemos de acordonar la zona de asentamiento de la nube, anular en ella toda fuente de ignición e impedir el acceso a personas. La mayoría de las intervenciones corresponden a pequeñas fugas domésticas. La mayor parte de ellas se producen por un mal acoplamiento entre las botellas y aparatos de consumo.

II) Fuga incendiada de un gas combustible: Procederemos al corte del paso del gas, y dejaremos arder el gas contenido en las tuberías hasta su consumición. Si no se puede cortar el paso del gas, dejaremos arder el gas hasta su consumición, vigilando el entorno para evitar nuevos incendios. Conviene controlar escrupulosamente la altura de la llama, porque revela la presión residual del recipiente y permite conocer el momento en que se ha consumido todo el gas. Se puede considerar la posibilidad de extinguir la fuga incendiada por impacto de agua, siempre que esté asegurada la ausencia total de toda fuente de ignición dentro del área de dispersión del gas.

III) Taponamiento de la fuga: En recipientes refrigerados, puede intentarse taponar las fugas ligeras con agua pulverizada, que formará una capa de hielo sobre la rotura. Si la fuga se produce en la parte baja de un depósito y la fase líquida del gas es más ligera que el agua, se puede intentar llenar con agua la parte baja del depósito. A tal efecto puede utilizarse la válvula de la fase líquida. De esta manera, el producto se mantendrá en un nivel superior y por el punto de fuga saldrá agua. El taponamiento se podrá hacer con objetos muy sencillos. Una pelota o una papa se ajustan perfectamente a la forma de una tubería. Un elemento de caucho o látex como una cámara vieja o aún un guante de examinación pueden servir para taponar la fuga envolviendo la tubería. También

se puede inflar o rellenar de agua e introducirlo en la tubería, para conseguir la obturación.

Iv) Botellas e instalaciones expuestas al fuego: Todas las botellas o depósitos que contienen gas, si sufren la acción del fuego, experimentarán una sobrepresión interna. El efecto de esta sobrepresión es el funcionamiento de las válvulas de seguridad y la aparición de fisuras en el cuerpo del recipiente, que contribuirá al alivio de la presión interna. Esto supone una fuga de gas, con los problemas derivados de sus características: inflamabilidad, toxicidad o corrosividad. Si el escape por las válvulas o por las fisuras no es suficiente para liberar la sobrepresión interna puede producirse la explosión del recipiente. Esto supone una onda de presión destructiva, la proyección de piezas y una liberación de gas mucho mayor que la fuga inicial. Por ejemplo una botella de 50 litros de hidrógeno liberado al ambiente pueden convertirse en unos 9 m³. Si un recipiente contiene una mezcla inflamable de gas o vapor y aire, y se calienta hasta su temperatura de autoignición, puede producirse una explosión debido a la deflagración de la mezcla, ya que los gases producidos por la deflagración provocan la rotura del recipiente por sobrepresión. Si se rompe un recipiente que contiene un líquido sobrecalentado o un gas licuado a presión, se produce una explosión por la evaporación instantánea del líquido y la inmediata expansión del vapor (BLEVE).

D) Botellas de acetileno.

Los riesgos que presentan son:

I) Sobrecalentamiento: Las botellas de acetileno expuestas al fuego pueden sufrir los mismos efectos que las de los otros gases combustibles, pero presentan el riesgo añadido de la descomposición del acetileno por efecto del calor. En circunstancias normales, una botella de acetileno no está expuesta a sufrir una BLEVE, porque en caso de funcionamiento de una válvula de seguridad o de rotura de la botella por impacto, el acetileno y la acetona se liberan al mismo tiempo. Pero si el acetileno se descompone, se puede producir una sobrepresión interna y, finalmente, la rotura de la botella y una BLEVE, seguida de pequeñas bolas de fuego si el acetileno liberado entra en ignición. Por esta razón, las botellas de acetileno que sufran un sobrecalentamiento por exposición a una frente de calor deben tratarse de una manera especial.

Ii) Retroceso de llama: Otro riesgo es el retroceso de llama desde cualquier elemento del equipo de utilización (soplete, gomas, regulador) hasta la válvula de salida de la botella. El dardo de llama puede alcanzar una longitud de más de 3 metros. Normalmente el retroceso de llama es detenido por la válvula, por ausencia de oxígeno en el interior de la botella. Pero el calor generado por la llama puede iniciar la descomposición del acetileno en la parte superior de la botella.

• **Actuación en caso de sobrecalentamiento de botellas de acetileno debido a la acción del fuego:**

- Evacuar la zona rápidamente.
- Obtener información acerca de la situación y la cantidad de botellas implicadas.
- Cerrar las válvulas y alejar del incendio sólo aquellas botellas que se puedan manipular sin guantes de protección.
- Comenzar a refrigerar inmediatamente las botellas, con agua pulverizada, desde lugar seguro.
- Mantener el enfriamiento, por lo menos, hasta que se extinga el incendio. El enfriamiento debe continuar mientras al agua se vaporice al contacto con la botella.
- Mantener el enfriamiento hasta que el agua deje de evaporarse y la botella se mantenga húmeda por lo menos durante 10 minutos. Para comprobarlo, cada media hora se interrumpirá el rociado. Si el agua no se evapora, a los 10 minutos hay que comprobar con las manos desnudas que las superficies de las botellas estén frías y húmedas. El enfriamiento debe continuar 1 hora más.
- Durante el enfriamiento evitar choques y golpes.
- Cuando las botellas estén frías y húmedas, se evacuarán de la zona del incendio. Si las botellas están conectadas a equipos, reguladores o sistemas de distribución, antes de moverlas hay que cerrar las válvulas que estén abiertas y desconectar los equipos.
- Si es posible, las botellas se sumergirán en agua fría durante 12 horas. Si no, se situarán en un lugar protegido y se vigilará su temperatura durante 12 horas.
- No acercarse nunca a una botella de acetileno caliente, o que haya estado sometida a los efectos de un incendio, si no ha sido enfriada previamente y supera la prueba de enfriamiento citada.

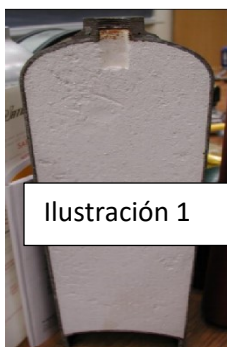


Ilustración 1



Ilustración 2

Ilustración 1: Materia porosa dentro una botella de acetileno.

Ilustración 2: Bomberos refrigerando una botella de acetileno.

- **Actuación en caso de retroceso de llama:**
 - Actuar con el personal mínimo necesario.
 - Refrigerar las botellas y su entorno, con agua pulverizada, desde un lugar protegido.
 - Mantener el enfriamiento hasta que el agua deje de evaporarse y la botella se mantenga fría y húmeda por lo menos 10 minutos.
 - Normalmente debe dejarse arder la llama en la válvula mientras se refrigera la botella, a menos que se origine un peligro complementario. El gas no quemado podría provocar una explosión. Si se extingue la llama deben tomarse las medidas necesarias para evitar la reinflamación.
 - En cuanto la botella esté fría, cerrar la válvula.
 - Si el retroceso se produce en una batería de botellas, no acercarse a ellas, ni intentar desmontar las botellas no involucradas, si existe riesgo de descomposición o de incendio en alguna de las botellas restantes. Hay que enfriarlas conjuntamente, hasta que desaparezca la causa que motivó la intervención.

4) BLEVE.

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.

A) Elementos necesarios para que se produzca una BLEVE.

- 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
- Un líquido sobrecalentado.

- Un gas licuado a presión.
- 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.

- 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.

B) Tipos de BLEVE.

1) BLEVE de un líquido sobrecalentado:

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.

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.

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 1a soportan mejor.) Cuando una pared de chapa se abulta y redondea, se oye un ruido metálico agudo.

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 se 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 aumentará la altura de la nube de vapor y el ruido. Si se refrigera el recipiente, bajar la presión, y disminuirán la altura de la nube de vapor y el ruido.

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.

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.

li) BLEVE de un gas licuado a presión:

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 (PTN). 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.

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.

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.

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 atacan 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).

Sobrepresión: 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 periodo entre un cierre y la apertura siguiente, y más largo será el periodo 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:

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.

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. Este 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 °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.

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 igual o 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 igual o 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.

lil) BLEVE de un gas criogénico licuado:

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 igual o ligeramente superior a la atmosférica, que en muchos casos es suficiente para que el gas se licúe. 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.

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.

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:

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

C) Desarrollo de la BLEVE.

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.

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.

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).

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

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:

- 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.
- 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 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, el frente de expansión de la BLEVE.
- 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 la BLEVE.

- 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 m, con la intensidad suficiente para provocar víctimas mortales.

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.

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 producirse a consecuencia de una BLEVE. Esta nube puede dar lugar a una explosión, si concurren las circunstancias siguientes:

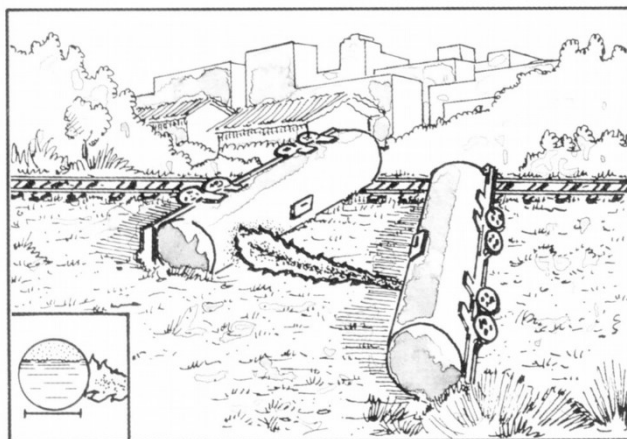
- La nube es de grandes dimensiones.
- El vapor es más pesado que el aire.
- La nube se asienta en un entorno que impide su dispersión.
- La nube entra en contacto con una fuente de ignición.

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.

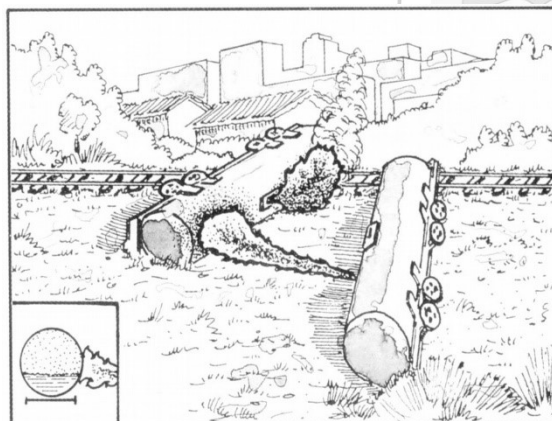
D) Ejemplo de una BLEVE.

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.

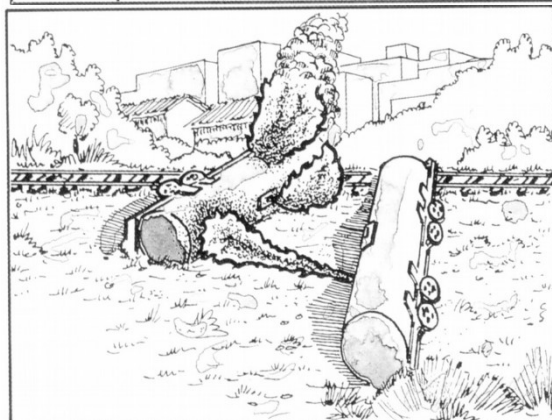
Fuga incendiada y calentamiento de la fase líquida: Dos vagones cisterna descarrilan y vuelcan, quedando tendidos sobre el terreno, a poca distancia uno de otro. Una de las cisternas, a consecuencia del impacto, sufre una pequeña fisura, por la que se produce una fuga de gas. La fuga se incendia, a consecuencia 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



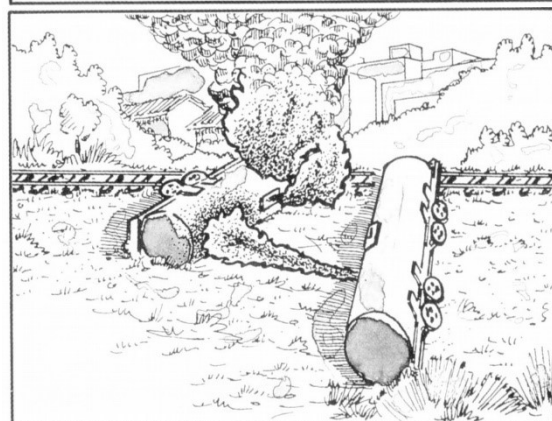
Sobrepresión y apertura de la válvula de seguridad: El líquido comienza a evaporarse, y aumenta la presión de la fase gaseosa. Se abre la válvula de seguridad de la cisterna. El gas liberado también se incendia. Comienza a bajar el nivel de la fase líquida dentro del recipiente.



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.



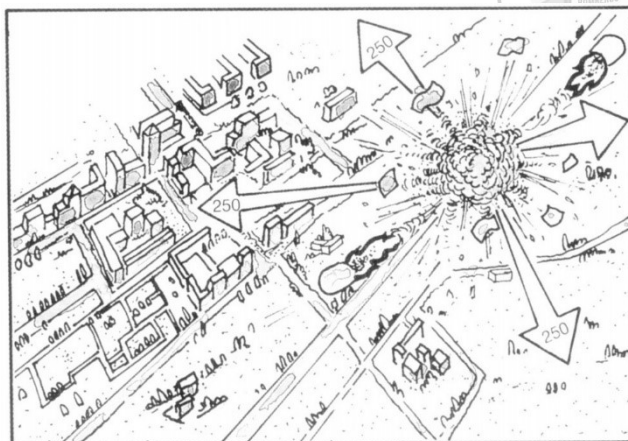
Deterioro del recipiente: El calor continúa debilitando el metal. La fisura se hace más grande y sale más vapor incendiado. El recipiente está a punto de abrirse.



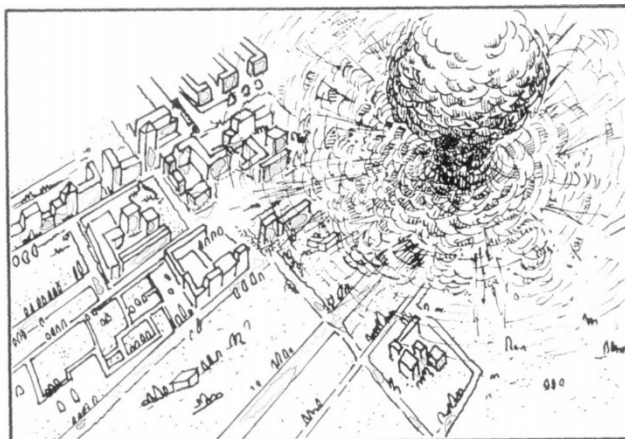
Rotura del recipiente. Inicio de la BLEVE: El contenedor revienta. La mayor parte del líquido se vaporiza instantáneamente.



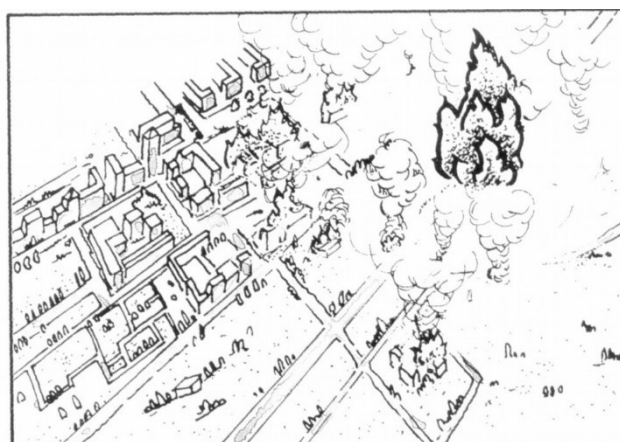
BLEVE: El vapor se expande instantáneamente, formando una nube. La expansión del vapor lleva asociada una onda de choque, de enorme poder destructivo. Los fragmentos del tanque pueden ser proyectados a distancias superiores a 1.000 m. La onda de choque puede romper los cristales de los edificios a varios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



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 1.2000 C. Los gases de combustión generan una gran turbulencia, y las llamas se elevan en forma de hongo, formando una bola de fuego.



Incendios provocados por la bola de fuego: 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 de del líquido pulverizado se produce en menos de un minuto, pero en tierra continúan los incendios provocados por el contacto directo de la bola en el lugar de la BLEVE, y por la radiación en los edificios y objetos cercanos.



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

- Los **Bomberos** no deben actuar si no hay personas ni bienes materiales en peligro. o Si no hay personas en peligro pero sí bienes materiales, los **Bomberos** pueden actuar, pero extremando las precauciones.
- En cualquier momento se pueden producir violentas explosiones. No hay períodos seguros.
- El peligro de explosión persiste mientras no se haya quemado o retirado todo el combustible.
- La BLEVE puede producirse en cualquier momento.
- Cuando un gas reactivo o térmicamente inestable entra en contacto con una fuente de calor, no hay período seguro. o Los contenedores o cisternas pueden resultar dañados y los mediadores de presión pueden estar averiados.
- Los contenedores pueden resultar despedidos, en fragmentos grandes, muy lejos de su lugar de ubicación.
- Los contenedores pueden pivotar y salir disparados en una dirección inesperada. o Las bolas de fuego pueden envolver a personas, equipos y edificios. o Las nubes de vapor a ras del suelo pueden entrar en ignición con una gran violencia, y el personal puede sufrir múltiples quemaduras.
- 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.
- Los edificios no ofrecen una protección segura contra los contenedores que salgan despedidos.
- 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.
- 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.
- La falta de visibilidad puede dificultar la operación de refrigeración descrita en el punto anterior o el tendido de los mangajes y el emplazamiento de las lanzas suponen un gran riesgo para los **Bomberos**.
- 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.
- 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.