



QUIMICA Y COMPORTAMIENTO DEL FUEGO

El fuego es una reacción química autoalimentada y exotérmica que se produce entre una sustancia combustible sólida, líquida o gaseosa y el oxígeno, la que una vez comenzada a través de una energía de iniciación, se mantiene a sí misma hasta la consumición de alguno de los substratos intervinientes, usualmente el combustible. Como resultado de esta reacción se obtiene luz, calor y humo (este último formado por partículas de hollín, restos de gases combustibles no quemados, gases tóxicos e irritantes dependientes del tipo de material que se combustiona y las temperaturas alcanzadas, monóxido y dióxido de carbono y vapor de agua).

También, como cualquier reacción química, está expuesta a la acción de catalizadores e inhibidores. Las primeras son sustancias que presentes, aún en pequeñas cantidades, aumentan la velocidad e intensidad de la reacción. Las segundas, adicionadas a la reacción o a los reactivos, disminuyen su intensidad y velocidad o aumentan la cantidad de energía necesaria para iniciarla.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, podemos decir que el fuego esta representado por un triángulo, siendo cada lado de éste un componente indispensable del proceso: CALOR, COMBUSTIBLE y COMBURENTE (OXIGENO). Este es el llamado **TRIANGULO DEL FUEGO**, y a través de su simple observación advertimos que nuestra actuación en cualquiera de sus lados llevará a la interrupción del proceso ígneo.

La posterior aplicación de productos químicos con buena capacidad de extinción pero que no poseían grandes cualidades de enfriamiento y sofocación, llevaron a un estudio mas profundo de esta teoría, encontrando un cuarto factor interviniente que fue denominado **REACCION EN CADENA**, y que es la inestabilidad de la reacción producida por los radicales químicos libres que se liberan por la acción de la temperatura sobre el combustible, y que favorecen la prosecución del proceso. El hallazgo de este cuarto factor determinó que el anteriormente denominado triángulo del fuego se transformara en una figura de cuatro caras triangulares: el **TETRAEDRO DEL FUEGO**, y en el cual cada una de sus caras representa un factor interviniente.

COMPONENTES BASICOS

Los componentes básicos del fuego son COMBUSTIBLE, COMBURENTE Y CALOR.

El combustible puede ser cualquier sustancia inflamable, ya sea sólida, líquida o gaseosa. Debemos tener en cuenta que lo que se quema casi siempre son los vapores o gases inflamables de la sustancia, lo que implica que los sólidos necesitarán mayor cantidad de energía calorífica para iniciar su combustión que los líquidos, y estos a su vez mayor aporte energético que los gases. Otros factores que también influyen en la cantidad de energía necesaria para iniciar la combustión son, además del estado de agregación del combustible, su estado físico (grandes trozos, gránulos, polvos finamente divididos), el grado de homogeneización de su mezcla con el oxígeno (polvos, nieblas o sprays de sólidos y líquidos) y la temperatura a la que se encuentre la sustancia o la mezcla.

Cuando la combustión se desarrolla sobre toda la masa del combustible y no sobre los vapores generados, nos encontramos con el proceso denominado incandescencia o brasa.



El comburente es el oxígeno, gas presente en la atmósfera en una proporción del 21% (el otro 78% corresponde al nitrógeno y el 1% a otros gases). Tengamos en cuenta que el aumento accidental de esta proporción acelerará el proceso combustivo, y su disminución lo hará mas lento, llegando incluso a extinguirlo. Asimismo el incremento del porcentaje de oxígeno disminuirá la generación de humo y monóxido de carbono, aumentando la producción de dióxido de carbono, luz y de energía calorífica radiante, la que, al aumentar la pirólisis de los materiales combustibles que se encuentran a su alrededor, requerirá en poco tiempo mayor cantidad de comburente que el presente en el medio, comenzando a generar humo y monóxido de carbono nuevamente.

También es importante saber que en determinadas circunstancias, el oxígeno puede ser aportado por sustancias químicas (denominadas oxidantes) que se encuentren mezcladas con el combustible, lo que hará muy difícil apagar estos fuegos por sofocación, ya que el aporte de comburente se desarrolla directamente en la reacción. En otras ocasiones, debido a las características extremadamente reactivas de las sustancias involucradas pueden producirse combustiones en ausencia de oxígeno, como por ejemplo la combustión de polvo de circonio bajo atmósfera de dióxido de carbono o de hidrocarburos en presencia de una atmósfera de cloro gaseoso.

Para que la combustión sea posible, el combustible (o sus gases) deberán mezclarse con el oxígeno en proporciones determinadas, denominadas límites inflamables superior e inferior y por encima o por debajo de estos no se producirá la reacción, en el primer caso por exceso de combustible y en el otro por falta de oxígeno. Obviamente, cuanto mayor sea la distancia entre ambos límites, o rango de inflamabilidad, mayor riesgo inflamable representará la sustancia, ya que permanecerá mas tiempo en condiciones de combustionarse.

El calor puede ser aportado por llamas, chispas, procesos de fermentación y putrefacción, el sol, etc. Puede ser un aporte instantáneo o acumulativo, siendo en realidad su tasa de generación y disipación, las características del combustible presente y su mezcla más o menos intrínseca con el oxígeno las que determinarán la iniciación o no del proceso de combustión. Es importante diferenciar temperatura y cantidad de calor: la primera es un indicativo del calentamiento de una sustancia expresada en una determinada escala, la segunda es la cantidad de energía calorífica necesaria para lograr esa temperatura y está directamente ligada a la masa del cuerpo en cuestión y a su material constitutivo. También recordemos que aquellos materiales que necesitan una gran cantidad de calor para elevar su temperatura, la cederán cuando entran en contacto con otros a menor temperatura, provocándole daños, y en el caso de la piel humana, serias quemaduras; asimismo si entran en combustión serán más difíciles de extinguir que aquellos cuya energía de iniciación es menor.

La temperatura de los cuerpos se mide en distintas escalas: GRADOS CENTIGRADOS (o CELSIUS), KELVIN, FAHRENHEIT y RANKINE.

El CALOR se mide en otras unidades:

JULIO (J): energía disipada cuando la unidad de fuerza (1 NEWTON) mueve un cuerpo a 1 Mt de distancia. (4,183 Julios equivalen a una caloría).



WATIO (W): es una medida de potencia o flujo de energía y es igual a 1 Julio por segundo ($1 W = 1 J / s$). A veces la cantidad de calor liberado en un incendio puede expresarse en kW (Kilovatios = 1000 w) o MW (Megavatios = 1000 kW = 1.000.000 w).

CALORIA: cantidad de calor necesario para elevar en un grado centígrado la temperatura de un gramo de agua (entre 14,5° y 15,5° C). Una caloría equivale a 4,183 Julios.

UNIDAD TERMICA BRITANICA (BTU): cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de una libra de agua (0,454 Kg) en un grado Fahrenheit (medido a 60° F = 15,5° C). Una BTU = 1.054 J = 252 CALORIAS.

Cada sustancia combustible tiene una TEMPERATURA DE INFLAMACION O PUNTO DE FLASHEO (FLASH POINT en ingles) a la cual emite gases inflamables en cantidad suficiente para provocar su ignición en presencia de chispa o llama, pero sin llegar a continuar luego de esta primera reacción con un fuego autosostenido. Un poco por encima de esta temperatura de inflamación se encuentra la TEMPERATURA DE IGNICION, en la que habiendo iniciado la combustión por la acción de chispas o llamas, esta se mantiene en el tiempo mientras haya combustible y comburente presentes. Por ultimo, bastante mas elevada es la TEMPERATURA DE AUTOIGNICION, a la cual se inicia la reacción en forma espontánea sin necesidad de presencia de chispas o llamas.

FORMAS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Una vez iniciado el proceso de combustión, empieza la generación de luz, calor y humo. Este proceso empieza a una velocidad determinada por la sustancia involucrada, su estado de agregación y la mezcla mas o menos importante de oxígeno que tenga, pero a medida que produce calor, este actúa como catalizador de la reacción, acelerándola, lo que resulta en mayor generación de calor y a su vez en otro aumento de velocidad del proceso, produciendo un círculo vicioso que acelerará la reacción en el tiempo incrementando la temperatura hasta el punto en que la falta de oxígeno no lo permita. Esta temperatura se transferirá (siempre del cuerpo mas caliente al mas frío) a los elementos combustibles que se encuentran en las cercanías del foco inicial de tres formas:

1) **Por CONDUCCION** del calor de un cuerpo a otro por contacto directo o a través de un tercer cuerpo o cuerpo conductor. La cantidad de calor y su rango de transferencia dependerán de la diferencia de temperatura de los cuerpos y de la conductividad específica del material a través del cual está pasando este calor.

2) **Por CONVECCION** del calor a través de la generación de corrientes convectivas que llevan el calor hacia arriba. Estas corriente convectivas se generan de igual modo en gases que en líquidos. Es importante recordar estas corrientes cuando debe procederse a la ventilación de un edificio incendiado y también en la extinción, ya que arrastraran el vapor generado por la aplicación del agua por el camino por ellas recorrido, facilitando la extinción de algunos focos.

3) **Por RADIACION** del calor a través del aire que circunda al foco ígneo, constituyendo la llamada radiación infrarroja debido a que su longitud de onda la ubica dentro del espectro del



mismo nombre. Dicha radiación será mejor absorbida por los elementos oscuros que por los claros y por aquellos opacos que por los brillantes. Habitualmente esta es la forma más común de propagación del fuego sobre el mismo plano.

FASES DE LA COMBUSTION

Una vez iniciado el proceso de combustión en un ambiente cerrado, reconocemos las siguientes fases del mismo:

- **FASE INICIAL O INCIPIENTE:** en esta fase el oxígeno ambiental no se encuentra significativamente disminuído, y hay generación de gases como vapor de agua, dióxido de carbono (CO_2) y pequeñas cantidades de dióxido de azufre (SO_2), de monóxido de carbono (CO) y de otros gases. Hay también generación de calor, estando la temperatura del lugar ligeramente incrementada, y la temperatura de la llama puede encontrarse cerca de los 600°C .
- **FASE DE COMBUSTION LIBRE:** la combustión se ha generalizado, generando corrientes convectivas que han calentado el ambiente en la parte superior desplazando el aire frío a la parte inferior, facilitando la ignición de los elementos ubicados en la parte alta del lugar, pudiendo encontrar a nivel del techo temperaturas superiores a los 700°C .
- **FASE LATENTE:** el desarrollo de la segunda fase provoca el consumo de oxígeno del lugar, disminuyendo la velocidad del proceso, el que, ante la falta de oxígeno, entra en la fase latente. El lugar termina de llenarse con gases sobrecalentados que favorecen la formación de sustancias volátiles combustibles a partir de los elementos presentes, los que a pesar de encontrarse por encima de su punto de autoignición, no pueden quemarse por falta de oxígeno. Todo esto redundando en un ambiente saturado de un humo espeso, de color negro-grisáceo, cuya presión lo obliga a escapar por las aberturas presentes, con temperaturas elevadas (hasta 550°C) que generan el riesgo de una explosión por flujo reverso si se efectúa el aporte de oxígeno faltante, siendo en estos casos necesaria la ventilación del lugar por su punto más elevado para permitir la evacuación de esos gases sobrecalentados antes de forzar la entrada y permitir el ingreso del oxígeno, hasta ese momento faltante.

COMPORTAMIENTO DEL FUEGO

El incendio se diferencia de la explosión en que surge en casos en que el combustible no está previa e íntimamente mezclado con el oxidante, por lo que la velocidad de combustión estará limitada por el aporte de estos dos elementos, más que por la velocidad de la reacción química básica que se desarrolla entre ellos.

El proceso básico de la combustión en la fase gaseosa tiene lugar en finas llamas laminares llamadas "llamas difusoras", que se encuentran separando la zona rica en combustible de la zona rica en aire u oxígeno. Ambos elementos, combustible y comburentes, son arrastrados por difusión a estas llamas, donde se mezclan y combustionan, generando calor y productos de la combustión, que a su vez se alejan del



lugar por difusión.

Cuando las llamas difusoras son pequeñas, por ejemplo en el caso de un fósforo, su aspecto es uniforme y constante y se las denomina llamas de difusión laminar. Si el tamaño del fuego aumenta, comienzan a perder estabilidad y zigzaguean buscando más combustible y comburente. Si sigue el aumento del tamaño del fuego, el movimiento de las llamas aumenta en forma desordenada, y se las denomina llamas de difusión turbulenta.

A título de ejemplo sobre el proceso de la combustión, describiremos que ocurre en la ignición y extinción de un trozo de madera:

- Comienza el calentamiento de la madera por cualquiera de los métodos de transferencia de calor ya explicados. Conforme la temperatura superficial de esta se acerca a la temperatura de ebullición del agua, se empiezan a desprender gases, cuyo principal constituyente es el vapor de agua, por lo que su capacidad inflamable es nula o muy baja. Debido a esta evaporación del agua comienza el secado del combustible.
- Cuando la temperatura se acerca a los 300° C, comienza a visualizarse un cambio de color en la madera que evidencia el comienzo de la pirólisis, y el consiguiente desprendimiento de gases combustibles con formación de un residuo carbonoso superficial. Si no hay presente llamas que inicien el fuego en estos vapores inflamables, la temperatura deberá aumentar considerablemente, hasta alcanzar el punto de autoignición, donde espontáneamente aparecerán las llamas.
- Una vez producida la ignición, una llama difusora cubre la superficie de la madera pirolizada, evitando el contacto directo del aire con esta. La llama calienta la madera aumentando la velocidad de la pirólisis y por ende de la reacción. Si en este punto se retira el aporte calórico que produjo el inicio del fuego, la combustión continuará o se detendrá dependiendo del grosor de la madera. Si esta es demasiado gruesa perderá demasiado calor por radiación y por conducción hacia su interior, deteniéndose la reacción. Ahora bien, si la madera se encuentra cerca de superficies que devuelvan parte de la energía radiante, como por ejemplo otras maderas o materiales aislantes, esa energía devuelta será suficiente para sostener la combustión en el tiempo.
- Al aumentar la capa carbonizada, y debido a las propiedades aislantes que esta posee, disminuye la cantidad de calor que llega al interior de la madera, disminuyendo aun más la pirólisis ya disminuida progresivamente por la menor cantidad de madera susceptible de pirolización presente. Debido a esta importante disminución de los gases generados, no se puede sostener la combustión en la fase gaseosa, continuando con la combustión en la masa de la madera o combustión con brasa o incandescencia. Esta se mantendrá en tanto y en cuanto las pérdidas del calor radiante no sean muy elevadas.
- Este proceso necesita una cantidad de aire suficiente para permitir el quemado de los gases, en caso contrario estos se alejan del punto de generación y se inflaman cuando encuentran este aporte, por ejemplo los gases que salen por la ventana de una habitación incendiada que se queman en el exterior de la misma o la explosión de humo por gases sobrecalentados.
- Siempre el mayor aporte calórico se producirá en forma ascendente, Si hay otros combustibles en estas posiciones la propagación se producirá más rápidamente que en



sentido vertical o descendente.

Generalmente, los materiales fáciles de inflamar, o sea que se calientan rápidamente (baja inercia térmica), también propagan rápidamente las llamas.

La velocidad de combustión de los incendios esta directamente ligada a la energía calórica radiante que llega desde las llamas a la superficie del combustible en fase de pirólisis.

PRODUCTOS DE LA COMBUSTION

Cuando el material combustible arde experimenta un cambio químico. Ninguno de los elementos que intervienen en el proceso desaparecen, sino que son transformados en otra forma o estado, manteniéndose inalterable sus cantidades.

Los productos de la combustión son tres: **LUZ (LLAMA), CALOR y HUMO.**

La **luz** es la expresión menos peligrosa de la combustión, con excepción de aquella muy intensa producida por los sopletes de oxicorte, que por su intensidad pueden producir irritación de la vista.

El **calor** es una forma de energía cuya intensidad se mide en grados de temperatura, y que actúa como catalizador positivo de la combustión, ayudando a la formación de los gases que continúan e incrementan la velocidad del proceso al quemarse y generar mas calor. También es responsable de la propagación del fuego por conducción, convección o radiación, y produce en los seres vivos lesiones en la piel, vías respiratorias y pulmones denominadas quemaduras. Además de estas quemaduras, el calor produce deshidratación y agotamiento.

El **humo** esta compuesto de restos carbonosos sin quemar y de gases como monóxido y dióxido de carbono, anhídrido sulfuroso, cianógeno, ácido cianhídrico, vapor de agua, dioxinas, sulfuro de hidrógeno, cloruro de hidrógeno, etc. El tipo y cantidad de estos gases estará dado por el material que se quema, la temperatura que registra la combustión y el nivel de oxigenación del proceso.

El humo debe considerarse como un elemento combustible, ya que a determinada temperatura y con una buena oxigenación se producirá la combustión de los restos carbonosos y gaseosos que contiene.

Además de estos tres productos, no debemos olvidar que el fuego consume el oxígeno presente en el ambiente, por lo que si este se encuentra cerrado la atmósfera se vuelve no apta para la vida humana y animal.

Asimismo, un fuego que se produzca con poco oxígeno generará mayor cantidad de humo y de monóxido de carbono y un fuego producido con la cantidad de comburente necesario para una buena combustión producirá menos humo pero más calor radiante.



FORMAS DE EXTINCION

Si recordamos lo enunciado con respecto al tetraedro del fuego podemos decir que al fuego lo podemos combatir actuando sobre el triángulo que representa al calor, **ENFRIAMIENTO**, el que representa al combustible, **REMOCION DEL COMBUSTIBLE**, el que representa al oxígeno, **SOFOCACION**, y también sobre el que representa la reacción en cadena, **INHIBICION QUIMICA DE LA REACCION EN CADENA**.

El **enfriamiento** permite evitar que se sigan generando vapores susceptibles de quemarse, debiéndose aplicar el elemento extintor en forma, cantidad y tiempo que permita generar un balance térmico negativo.

La **remoción del combustible** dejará al fuego sin uno de sus elementos vitales, pero es una de las técnicas más problemáticas en su aplicación.

La **sofocación** eliminará la llama pero no la temperatura, por lo que deberá ser mantenida el tiempo suficiente para el enfriamiento del combustible por debajo de su temperatura de autoignición para evitar la reignición.

La **inhibición química de la reacción en cadena** también elimina la llama y no la temperatura, debiéndose contar con algún elemento extintor extra que permita enfriar el combustible, o caso contrario, estar atento al riesgo de reignición.

La combinación de dos o más de estas formas de extinción disminuye de manera notable el tiempo y cantidad de elemento extintor necesario para lograr dicho cometido.

CLASIFICACION DE LOS FUEGOS Y AGENTES DE EXTINCION

La necesidad de estandarizar el uso de los diferentes agentes de extinción hizo necesaria una clasificación del fuego teniendo en cuenta los materiales involucrados:

CLASE A: sustancias que se combustionan generando brasas o rescoldos incandescentes, por ejemplo papel, cartón, telas, madera, carbón. El agente de extinción más eficiente para este tipo de fuegos es el agua, seguido por el polvo químico seco, los agentes halogenados y en última instancia, por el dióxido de carbono.

CLASE B: sustancias combustibles líquidas, o que se licúan con la temperatura del fuego. Pueden ser solventes polares (alcoholes), no polares (hidrocarburos y sus derivados) y ciertos tipos de plásticos y sustancias sólidas (estearina, parafinas, grasas animales y vegetales, etc.). El agente de extinción más eficiente es la espuma química y la espuma acuosa formadora de película (AFFF por sus iniciales en inglés), siempre y cuando sea la adecuada en tipo y velocidad de aplicación, seguido por los polvos químicos, los agentes halogenados y el dióxido de carbono.

CLASE C: sustancias o equipos que se encuentran conectados a la red eléctrica energizada. Los elementos de extinción más eficientes son los agentes halogenados y el dióxido de carbono, seguido del polvo químico seco. No se debe utilizar agua o sus



derivados (espumas) debido a que por las características conductoras de la electricidad que poseen las sales que contiene, se corre grave riesgo de electrocución.

CLASE D: metales combustibles (sodio, potasio, aluminio polvo, circonio). Los agentes de extinción son específicos para cada uno de ellos. Así tenemos un agente para el sodio, otro para el potasio, etc.

CLASE K: esta clase no está aceptada todavía internacionalmente, siendo aplicada especialmente en los EE.UU., e involucra a grasas y aceites presentes en las cocinas (de ahí su denominación [KITCHEN = COCINA]). El elemento de extinción más eficiente es la espuma química/AFFF seguida (según investigaciones de firmas norteamericanas) por el agua finamente pulverizada y aditivada con sales de potasio (WATER MIST), el polvo químico seco, los agentes halogenados y el dióxido de carbono.

EXTINTORES PORTATILES

Tal como su nombre lo indica, se trata de elementos de pequeño porte que contienen agentes de extinción presurizados para facilitar su rápida aplicación ante principios de incendio. No debemos olvidar que estos extintores solo deben ser usados en principios de incendios y no en fuegos declarados, ya que su capacidad de extinción es limitada. Los tamaños usuales de los extintores portátiles, también llamados matafuegos, son 1, 2,5, 5 y 10 Kg y pueden contener cualquiera de los agentes hasta ahora nombrados (agua presurizada, AFFF, polvo químico biclase o triclase, agentes halogenados, dióxido de carbono, polvos especiales para metales reactivos).

De acuerdo al agente de extinción que contenga se lo identifica en la etiqueta con la letra correspondiente al tipo de fuego en que va a ser utilizado, de esta manera tenemos matafuegos triclase (ABC), biclase (BC) o clase A, clase B, clase C, clase D y clase K (EE.UU.), y también de acuerdo al tamaño, tipo y calidad del agente que contengan, se le asigna un potencial extintor normalizado para la extinción clase A y clase B. Así tenemos potenciales extintores desde 1A-3B hasta 10A-40B.

Los matafuegos de dióxido de carbono son identificados fácilmente por sus características constructivas, ya que al tratarse de cilindros de acero de alta presión su forma es tori esférica, su peso es importante, las mangueras están revestidas de mallas de acero para que resistan las presiones desarrolladas durante su uso, las toberas son grandes, con mango de goma grueso y la válvula de apertura es giratoria. Debe tenerse en cuenta que al producirse la descarga de este gas se produce, por enfriamiento del mismo, nieve carbónica (hielo seco) sobre la tobera, lo que producirá serias quemaduras por frío en caso de tomar contacto con las manos o piel del operador. Este proceso de

enfriamiento también se produce sobre la manguera y válvula, pero con la formación de hielo por la condensación de la humedad ambiental en lugar de la nieve carbónica.

El resto de los extintores nombrados están fabricados con recipientes de baja presión, cuyo peso es muy inferior al de alta presión, las mangueras son de goma o polímeros plásticos, las toberas son muy pequeñas, las válvulas de operación son del tipo gatillo y, en general, tienen un manómetro pequeño que indica la presión del cilindro.

Por norma, todos los extintores deben ser revisados una vez por año por una



firma habilitada a tal fin por los organismos competentes (municipalidades), la que controlará la presión del cilindro, efectuará la prueba hidráulica del mismo, si fuese necesario, controlará válvulas, mangueras y toberas, y también cantidad y calidad del agente extintor.

Además del control anual del matafuego, es importante que los mismos no estén apoyados directamente en el suelo, que se los agite periódicamente para evitar el apelmazamiento del polvo, y que todo matafuego que haya sido usado, sin importar la cantidad de agente utilizado ni la lectura del manómetro de control, sea enviado inmediatamente a su recarga.

Ante un principio de incendio se debe proceder a identificar el tipo de fuego que se desarrolla, tomar el extintor y verificar que sea el correcto para dicho tipo de fuego, controlar su estado de presurización en el manómetro (si lo tuviera), romper el precinto, retirar el seguro y dirigiendo la manguera a la base del fuego, operar la válvula de descarga.

VENTILACION

La ventilación es una técnica destinada a producir la salida del humo y temperatura, facilitando las tareas de evacuación, rescate y extinción en un incendio que se desarrolla en un lugar cerrado.

Debe ser llevada a cabo únicamente cuando se tengan los medios de extinción necesarios, ya que al efectuarla se producirá un incremento en la velocidad del proceso combustivo, o cuando sin estar estos medios presentes, nos permita realizar el salvamento de personas atrapadas, en cuyo caso no importará, si no pone en riesgo vidas de alguna otra manera, el incremento de la destrucción del lugar que sin lugar a dudas se producirá. También habrá que emplearla cuando haya riesgo de una explosión de flujo reverso por acumulación de gases sobrecalentados, en este caso se efectuará en la parte mas elevada posible para permitir la salida de estos, que se acumulan a nivel del techo del local.

La ventilación podrá ser efectuada por tiraje natural, realizando aberturas en la parte superior del lugar, o en forma mecánica con la ayuda de extractores de humo con motor eléctrico o a explosión, cuyas mangueras de aspiración serán dispuestas lo más cercanas posible al techo.

EXPLOSION DE VAPOR DE UN LIQUIDO EN EBULLICION (BLEVE)

Cuando gases licuados y/o refrigerados o líquidos de bajo punto de ebullición que se encuentren contenidos en recipientes hermeticamente cerrados, son expuestos a las llamas de un incendio, pueden provocar el fenómeno denominado BLEVE (por sus iniciales en ingles). Este proceso es debido a una expansión del volumen de la sustancia por una súbita evaporación causada por la despresurización instantánea a causa de la rotura del contenedor.

También puede ocurrir por rotura del contenedor por fatiga del material debido a



envejecimiento, sobrepresión, corrosión o impacto.

Esta verdadera explosión física por aumento del volumen, es en sí misma, altamente destructiva, multiplicando varias veces su poder si el gas o líquido involucrado es además combustible, ya que la íntima mezcla de los vapores con el aire se inflamará en presencia de chispas, llamas o rescoldos incandescentes produciendo una segunda explosión, tanto o más poderosa que la primera.

En caso de producirse a causa de un incendio el proceso se desarrolla de la siguiente manera:

- El aumento de la presión generado por el aumento de la temperatura derivada de la incidencia de las llamas sobre el contenedor, pone en funcionamiento las válvulas de alivio, disminuyendo la misma al liberar parte del producto vaporizado.
- La repetición de ciclos como el anteriormente descrito, produce el descenso del nivel de la fase líquida contenida, que hasta ese momento absorbía gran parte del calor radiante que incide sobre el tanque.
- Dicho descenso de nivel permite que las llamas influyan sobre la parte del tanque en contacto con la fase gaseosa produciendo un importante aumento de la temperatura del material que lo constituye, con la subsiguiente fatiga térmica, permitiendo su rotura debido a la presión interna.
- Roto el contenedor, el gas licuado (o el líquido), que se encontraba a presión y a una temperatura muy superior a su punto de ebullición, se evapora en forma instantánea y en gran cantidad (1/3 ó más del contenido del tanque) expandiendo su volumen y produciendo la BLEVE. La violenta expansión del volumen contenido producirá el arrastre de restos del tanque que lo contenía, y a modo de metralla, lo dispersará a gran distancia del foco del estallido (800/1000 mts). La violencia del estallido estará dada por el tamaño de los trozos en que se rompa el contenedor y la cantidad de producto que tenía en su interior al producirse la rotura. También es importante tener en cuenta que el tiempo para que se produzca la BLEVE está directamente ligada al

tamaño del recipiente involucrado: cuanto más pequeño más rápido se producirá el estallido.

Ante una situación con riesgo de producción de una BLEVE, se deberá mantener a los tanques expuestos al fuego o al calor, refrigerados con chorros de agua pulverizada, si esto es posible de hacer sin exponerse a riesgos innecesarios, en caso contrario se podrán instalar monitores fijos o atar las mangueras a un elemento fijo, y proceder a evacuar la zona para evitar daños personales.

DERRAME POR EBULLICION (BOIL OVER)

Este término describe un fenómeno que puede producirse espontáneamente durante un incendio de un depósito abierto que contenga aceites minerales, petróleo o combustibles pesados, como ser fuel o diesel oil.



Así sucede, por ejemplo, cuando el techo del depósito ha sido volado por una explosión, generalmente causada por un rayo. Después de un largo periodo de combustión tranquila se produce un súbito rebosamiento o eyección de una parte del contenido residual del depósito, cuya causa es la ebullición del agua contenida en su parte inferior, por debajo del combustible, formando una espuma de petróleo y vapor que se expande rápidamente. La espuma producida es consecuencia de la presencia de las tres condiciones siguientes, que deben existir simultáneamente para que tenga lugar dicho fenómeno:

- El depósito debe contener agua libre o una emulsión de agua y combustible en el fondo, condición esta usual en estos depósitos.
- El combustible debe contener componentes cuyos puntos de ebullición sean muy dispares, de modo que cuando los más ligeros hayan desaparecidos por combustión y destilación, el residuo superficial a una temperatura de 150° C o más, sea más denso que el combustible sobrenadante. Naturalmente este residuo se hunde por debajo de la superficie y forma una capa, cuyo espesor aumenta gradualmente y que desciende a una velocidad bastante mayor que la velocidad de regresión de la superficie en combustión. Así se inicia la llamada “onda de calor” resultando del asentamiento local de una parte del aceite superficial caliente hasta que alcanza el aceite más frío que está debajo. Este fenómeno no debe confundirse con el de conducción o convección de calor de la superficie hacia abajo.
- El aceite debe contener una cantidad suficiente de productos pesados para que se pueda formar una espuma persistente de combustible y vapor.

El incendio de un depósito con mayor número de víctimas mortales en toda la historia ocurrió el 19 de diciembre de 1982 en Tocoa (Venezuela). El tanque de almacenamiento, situado a unos pocos kilómetros al noroeste de Caracas, en el pueblo costero de Tocoa, suministraba combustible a una central de energía que abastecía de electricidad a la ciudad de Caracas. Cuando se produjo la ignición del tanque murieron dos trabajadores. Después de seis horas de intenso fuego, se produjo un derrame extremadamente violento que dejó como saldo más de ciento cincuenta muertos, una cifra superior de heridos, varios desaparecidos y ciento cincuenta millones de dólares en daños. Cuarenta de las víctimas eran bomberos.