



## MODULO 3: Fuego.

### 1. COMPONENTES DEL TRIANGULO DEL FUEGO

#### A. El Fuego o Combustión

Fue un gran paso el que dio el hombre al domesticar el fuego y convertirlo en un aliado imprescindible para su supervivencia. Sin embargo, cuando el fuego escapa de nuestro control se convierte en un enemigo que destruye vidas y bienes.

Los bomberos hemos asumido la lucha contra este aspecto negativo del fuego.

Para tener éxito en este esfuerzo, es imprescindible conocer muy bien que es el fuego y cómo surge, se desarrolla y extingue.

El efectivo control y extinción de un incendio requiere un conocimiento básico de la naturaleza química y física del fuego. Esto incluye la información que describe la composición y características de los combustibles y las condiciones ambientales necesarias para mantener el proceso de combustión.

#### DEFINICIÓN

La definición más elemental del fuego es: **un proceso de combustión de un cuerpo, lo suficientemente grande como para emitir calor y luz.**

Es una **REACCIÓN QUÍMICA** continuada con generación de luz y calor, en la que se combinan **ELEMENTOS COMBUSTIBLES** (agentes reductores) con el **OXÍGENO DEL AIRE** (agente oxidante), en presencia de **CALOR**.

La mayoría de los incendios involucran un combustible que es químicamente combinado con el oxígeno que normalmente se encuentra en la atmósfera del aire. El aire atmosférico contiene un 21 por ciento de oxígeno, 78 por ciento de nitrógeno, y 1 por ciento de otros gases. Sustancias como gas cloruro y sus componentes también serán capaces de mantener la combustión. Así mismo otras sustancias, tales como peróxidos orgánicos son conformados de tal manera que ellos contienen tanto combustible como moléculas de oxígeno dentro del compuesto, permitiendo entonces el que se queme en ausencia del oxígeno.

Los incendios son definidos por sus características físicas. Ellas pueden variar desde una oxidación lenta, hasta una oxidación rápida tal como el caso de detonaciones y explosiones. Dentro de estos extremos se encuentra las dos direcciones más comunes y de mayor importancia en relación al trabajo bomberil: incendios latentes e incendios con llamas y de combustión libre.

## B. El Proceso de Combustión

El inicio de una combustión requiere la conversión del combustible a su estado gaseoso por calentamiento. El combustible puede encontrarse en cualquiera de los tres estados de la materia : sólido, líquido y gaseoso. Los gases combustibles son producidos de los combustibles sólidos por pirolisis. Esta es definida como la descomposición química de una sustancia por intermedio de la acción del calor.

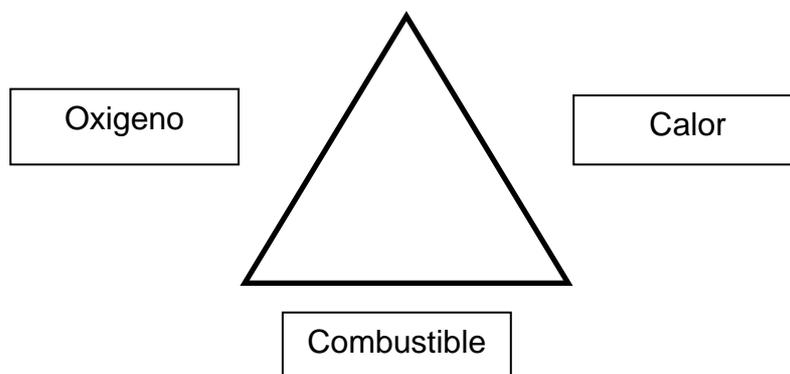
Los gases combustibles son producidos por vaporización de los líquidos. El proceso es el mismo que el hervir agua o evaporar un recipiente con agua expuestos a los rayos del sol. En ambos casos el calor causa la vaporización del líquido. Con los combustibles gaseosos no se requiere el suministro de calor y esto por supuesto restringe las consideraciones acerca del control y extinción de gases combustibles.

### Pirolisis

Temperatura	Reacción
200°C (329°)	Producción de vapor de agua, bióxido de carbono, ácido acético, y fórmico
200° - 280°C (392° - 536°F)	Menos vapor de agua – algo de monóxido de carbono todavía una reacción endotérmica primaria (absorción de calor)
280° - 500°C (536° - 932°C)	Reacción exotérmica (genera calor) con vapores combustibles y partículas. Algunas reacciones secundarias de las cenizas formadas.
Sobre 500°C (932°F)	Residuos primarios de cenizas con una notable acción catalítica.

## C. Representación Gráfica del Fuego o Combustión

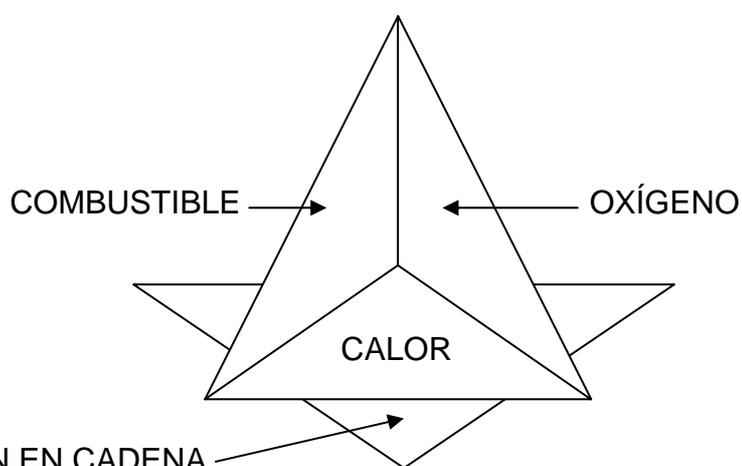
### TRIANGULO DEL FUEGO



Es un fenómeno que se produce entre el COMBUSTIBLE – CALOR - OXIGENO. De esta manera es que se habla de la llamada trilogía del fuego, dado que sus componentes son tres y si sólo uno de esos componentes faltara no existiría el mismo.-

El fuego es un fenómeno QUÍMICO y no FÍSICO, dado que un fenómeno químico es aquel que se produce entre cuerpos, pero cambiando completamente la constitución de los mismos, (fumar un cigarrillo, por ejemplo es un fenómeno químico, porque ya una vez que se fumó el cigarrillo nunca más lo podemos recuperar), un fenómeno físico es aquel que se produce entre los cuerpos, pero dichos cuerpos no cambian su constitución, (rebote de una pelota, caída de una piedra)

### TETAEDRO DEL FUEGO



Es necesario que exista un cuarto factor para que un incendio se sostenga y aumente su tamaño. Este factor es la reacción en cadena que se produce entre el combustible y el agente oxidante. El triángulo del fuego se altera al incluir en él la reacción en cadena, formando una figura multidimensional con cuatro caras independientes llamada **TETRAEDRO**. A medida que el fuego arde, las moléculas del combustible se reducen a moléculas más simples dentro de la llama. Mientras el proceso de combustión continúa, el aumento de temperatura hace que el oxígeno adicional sea atraído al área de candela, más moléculas se parten, se rompen, entran en la reacción, alcanzan su punto ignición, empiezan a arder y aumentan la temperatura, lo cual a su vez demanda más oxígeno y continúa la reacción en cadena. Este proceso de reacción en cadena continuará hasta que las sustancias involucradas se trasladen a áreas más frías de la llama. Mientras exista suficiente combustible y oxígeno y mientras la temperatura se mantenga, la reacción en cadena propagará el proceso de combustión.-

En general, la combustión es una reacción química exotérmica de óxido - reducción entre un reductor (combustible) y un oxidante (oxígeno libre o combinado), con o sin manifestación de radiación visible (llamas) y emisión de gases y partículas sólidas incandescentes (humo).

Según sea la velocidad de propagación de la reacción se pueden presentar los siguientes niveles:

## D. Componentes del Fuego

En una combustión deben estar siempre presentes tres componentes:

**COMBUSTIBLE                      OXÍGENO                      CALOR**

Además puede estar presente la **REACCIÓN EN CADENA**

- Combustible (Agente Reductor)

El combustible se define como cualquier sólido, líquido o gas que puede ser oxidado. El término de agente reductor se refiere a la capacidad del combustible de reducir a un agente oxidante.

La oxidación es el término usado para representar una reacción química que se combina un agente reductor con oxígeno.

La mayoría de los combustibles o agentes reductores contienen un gran porcentaje de carbono e hidrógeno.

Entre los combustibles más comunes se encuentran los combustibles compuestos que producen el fuego:

- Carbono.
- Monóxido de carbono.
- Muchos compuestos ricos en carbono e hidrógeno, tales como la gasolina y el propano.
- Materiales tales como madera y textiles.
- Muchos metales como magnesio, aluminio y sodio.

En la naturaleza, encontramos a los combustibles en tres estados:

**SÓLIDOS:** Papel, maderas, textiles, resina, plásticos, grasas, metales, etc.

### APLICACIONES BOMBERILES

- El incendio de sólidos es el que más frecuentemente debemos enfrentar los Bomberos, y en ellos tenemos más experiencia, lo que implica que habrá menos riesgo. Sin embargo, es frecuente que su magnitud nos obligue a realizar grandes esfuerzos físicos y a una considerable exposición al calor y el humo, lo que puede tener consecuencias lamentables.
- No hay que olvidar que no solo el calor afecta las estructuras de las construcciones. El agua, sin quemarlas, también las puede debilitar.



TENGAMOS CUIDADO CON DURRUMBES Y CAIDAS!!!

LÍQUIDOS: Petróleo crudo, gasolina, kerosene, nafta, alcoholes, aceites, etc.

### APLICACIONES BOMBERILES

Cuando se apagan las llamas de un incendio de líquidos combustibles, el líquido seguirá emitiendo vapores. Si por descuido o falta de control en el área, estos vapores entran en contacto con materiales calientes, se producirá una inflamación violenta de los gases.

**LOS BOMBEROS LAMENTAMOS MUCHAS VÍCTIMAS POR ESTE HECHO**

GASEOSOS: Acetileno, butano, metano, propano, gas de hulla, etc.

### APLICACIONES BOMBERILES

- Los combustibles GASEOSOS SON LOS DE MAYOR PELIGROSIDAD. Además de los riesgos propios de su combustión, es posible que se produzcan nuevas combinaciones químicas ALTAMENTE EXPLOSIVAS, TÓXICAS Y VENENOSAS.
- En el caso de un escape de gas de gran volumen SIN LLAMA, es necesario que evacuemos DE INMEDIATO EL ÁREA Y AISLEMOS EL SECTOR. Cualquier chispa generada por motores, interruptores eléctricos, etc. Puede provocar una violenta explosión.
- Si en un escape de gas hay llama, NO LA APAGUE. Ésto sólo puede intentarse en ciertas condiciones muy especiales, con asesoría de expertos y utilizando el personal y equipo adecuado.

- Oxígeno (Agente Oxidante)

El aire es una mezcla de aproximadamente un 21 % de oxígeno y 78 % de nitrógeno y 1% de gases varios.



La cantidad de calor que se genera en un incendio, está en relación directa con la cantidad de oxígeno disponible, en la medida que limitemos dicha cantidad, disminuiríamos la intensidad de la combustión.

El lado del oxígeno en el triángulo de fuego ha sido reemplazado en el tetraedro con el término agente oxidante.

En la mayoría de los casos, el agente oxidante será el oxígeno que se encuentra en el aire; sin embargo, el uso del término agente oxidante ayuda a explicar como algunos compuestos, como el nitrato de sodio y el cloruro de potasio, que liberan su propio oxígeno durante el proceso de combustión, y que puede existir en un ambiente sin oxígeno.

- Calor (Temperatura)

Para que se inicie y continúe una combustión tiene que aumentar el nivel de energía en forma de calor, lo que desencadena un aumento en la actividad molecular de la estructura química de una sustancia.

La temperatura es la medida de actividad molecular dentro de una sustancia. En presencia de un agente oxidante, un combustible con un nivel de energía lo suficientemente alto puede arder.

La combustión entonces continúa o renueva por sí sola, siempre que se encuentren presente el calor y la energía. Los agentes que reducen o absorben este calor disminuyen el nivel de energía necesaria para que haya combustión resultando la extinción del fuego.

- Reacción Química En Cadena

La acción extintora de los agentes tales como los polvos químicos secos y los gases hálón, explicaban los principios básicos del triángulo del fuego.

Se encontró más tarde que estos agentes carecían de las suficientes propiedades para producir enfriamiento, dilución de niveles de oxígeno o la separación de los requerimientos para la combustión. Sin embargo, el efecto de extinción rápida de los polvos químicos secos y los gases hálón no se podía negar.

Se dedujo entonces que debía existir alguna otra cosa en el proceso de combustión, en el cual estos agentes actuaban. Esto guió hacia la reacción química en cadena.

Los principios de esta aún no se conocen totalmente, se encuentra en un área de investigación continua.

Para entender los principios de una reacción química en cadena, primeramente debemos saber que la parte de la combustión que produce llamas es el resultado de la separación de vapores de la fuente combustible.

Estos vapores mantienen sustancias que, combinadas en proporciones correctas con oxígeno, van a arder. Se ha comprobado que introduciendo ciertos agentes al proceso de la combustión, causa una rápida extinción de las llamas.

La extinción resulta debido a que la sustancias activas presentes en los vapores del combustible son inhibidas, y así no pueden completar sus papeles en las reacciones necesarias para la combustión.



La inhibición de la reacción química afectará solo a las llamas y no a los fuegos incandescentes, excepto bajo ciertas condiciones.

### APLICACIONES BOMBERILES

- El COMBUSTIBLE lo encontramos siempre presente en nuestro medio de vida. Nosotros mismos somos combustible.
- OXÍGENO también está siempre presente. Sin él, no podemos vivir.
- En cambio, el CALOR es el componente que podemos controlar, incluso ANTES DE UN INCENDIO.

### PREVENGÁMOSLO !!!

Un incendio es un fuego que se ha propagado desde un punto de origen SIN CONTROL.

### CIRCUNSCRIBÁMOSLO !!!

- Conociendo la relación entre calor generado y calor disipado al medio ambiente, podemos alterar el equilibrio térmico, bajando la temperatura mediante el uso del agua.

### USÉMOSLA CORRECTAMENTE !!!

## E. Combustión Incompleta

Es la combinación del Oxígeno ambiente con un cuerpo con desprendimiento de calor. Son las producidas en lugares cerrados donde la combustión inicial se desarrolla normalmente, pero al continuar el fuego absorbiendo el oxígeno ambiente, enrareciéndolo, en consecuencia no contribuye en la proporción que corresponde a la mezcla **COMBUSTIBLE-OXIGENO**

## F. Combustión Completa

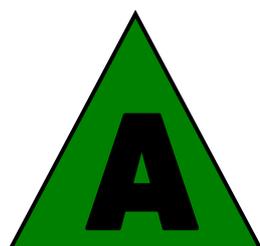
Cuando la combinación del oxígeno con un cuerpo combustible exterioriza **CALOR y LUZ**, estamos en presencia de una combustión **COMPLETA**, que se conoce vulgarmente con el nombre de **FUEGO**. Estas combustiones se producen cuando las mezclas COMBUSTIBLE-AIRE son correctas siendo sus residuos CALOR-CENIZAS-HUMO con gran cantidad de ANHÍDRIDO CARBONICO.

## 2. TIPOS DE FUEGO

Debido a los distintos tipos de combustibles podemos clasificarlo de la siguiente manera:

### A. Fuego Clase "A"

Son aquellos que se desarrollan sobre los cuerpos SÓLIDOS y que al quemarse producen brasas, como por ejemplo madera, papeles, pajas, a carbones, textiles, etc.



El agua es utilizada para efectos del enfriamiento a fin de reducir la temperatura de los materiales incendiados por debajo de su temperatura de ignición.

### B. Fuego Clase "B"

Son los que se desarrollan sobre los LIQUIDOS INFLAMABLES, estos líquidos pueden ser miscibles o no miscibles con el agua.



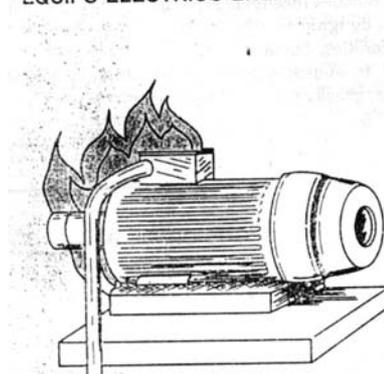
El efecto de sofocación por exclusión del oxígeno es el más efectivo. Otro método de extinción incluye la remoción del combustible y reducción de la temperatura.

### C. Fuego Clase "C"

Es el que se desarrolla sobre las instalaciones eléctricas energizadas, ya que una vez cortada la energía eléctrica, se convierten en fuego CLASE "A" , cuando se desarrollan sobre los aislantes de los conductores, bases de madera del tablero, etc. O en fuego CLASE "B" cuando se producen sobre los depósitos de aceites en los casos de transformadores, llaves, etc.



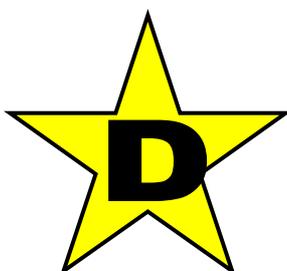
EQUIPO ELECTRICO.ENERGIZADO



Este tipo de incendios pueden ser controlados por medio de un agente extintor no conductor. El procedimiento de seguridad es el de tratar de desenergizar los circuitos de alto voltaje y tratarlo como un incendio clase A ó B, dependiendo del combustible involucrado.

### D. Fuego Clase "D"

Deflagrantes, son los que se desarrollan sobre materiales que combustionan violentamente ó elementos químicos en estado puro capaces de descomponer el agua produciendo la aparición de hidrógeno libre ó de originar otras sustancias que puedan dar lugar a explosiones , por ejemplo sodio, magnesio, celuloide, etc. Siendo su característica más sobresaliente la alta temperatura que generan al combustionar.



COMBUSTIBLES METALICOS

- MAGNESIO
- TITANIO
- ZIRCONIO
- SODIO
- POTASIO
- LITIO
- CALCIO
- ZINC





Las altas temperaturas de algunos metales en combustión hacen que el agua y otros agentes extintores comunes resulten ineficientes. No hay disponible un agente que efectivamente controle incendios en todo tipo de metales combustibles. Existen agentes extintores especiales para el control de incendios para cada uno de los metales y son identificados específicamente para ese metal.

### **3. CALOR Y FORMA DE TRANSMISION**

#### **A. Calor**

Es una forma de energía que incrementa la temperatura. El calor es medido en función de la cantidad de trabajo que realiza.

Al hablar de calor nos referimos a la cantidad necesaria para que exista el fuego.

Es conveniente recordar que debe existir en cantidad suficiente para que los vapores del combustible alcancen la temperatura de ignición. El calor es una forma de energía que es medida en grados de temperatura (°C) para significar su intensidad.

En ese sentido, el calor es aquel producto de la combustión que es responsable de la propagación de incendios.

En el sentido fisiológico, es la causa directa de quemaduras y otras formas de lesiones. Aparte de quemaduras, las lesiones relacionadas con el calor incluyen la deshidratación, agotamiento por calor y daños al tracto respiratorio.

El calor, junto con la falta de oxígeno y la formación de monóxido de carbono, son considerado como los principales peligros en los incendios.

#### **B. Transferencia de Calor**

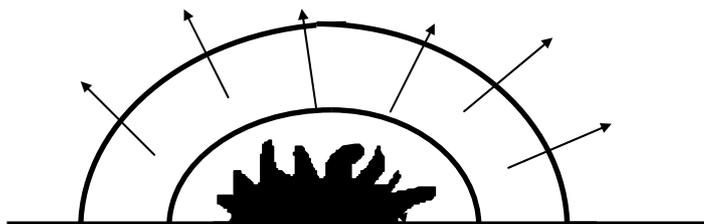
El calor se puede viajar a través de una edificación incendiada por uno o más de los tres fenómenos conocidos comúnmente como CONDUCCION, CONVECCION Y RADIACION. Debido a que la existencia de calor dentro de una sustancia es causada por la acción de las moléculas, mientras mayor sea la actividad molecular, mayor será la intensidad del calor.

Cierto número de leyes naturales de la física se encuentra involucrados en la transmisión del calor. Una de ellas es llamada LEY DEL FLUJO DEL CALOR, que especifica que el calor tiene la tendencia de fluir desde una sustancia caliente a una sustancia fría.

El más frío de los cuerpos en contacto absorberá calor hasta que ambos objetos estén a la misma temperatura.

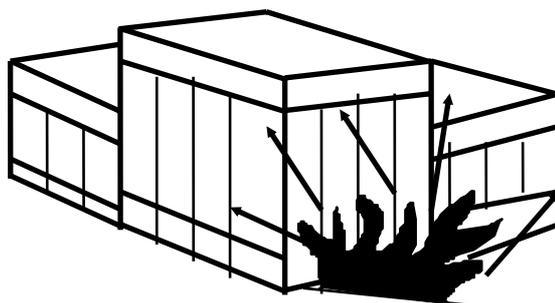
- Radiación

Se transmite en todas las direcciones a través del aire, su propagación es en línea recta desde la fuente productora, al llegar a los objetos que lo reciben, éstos se calientan.



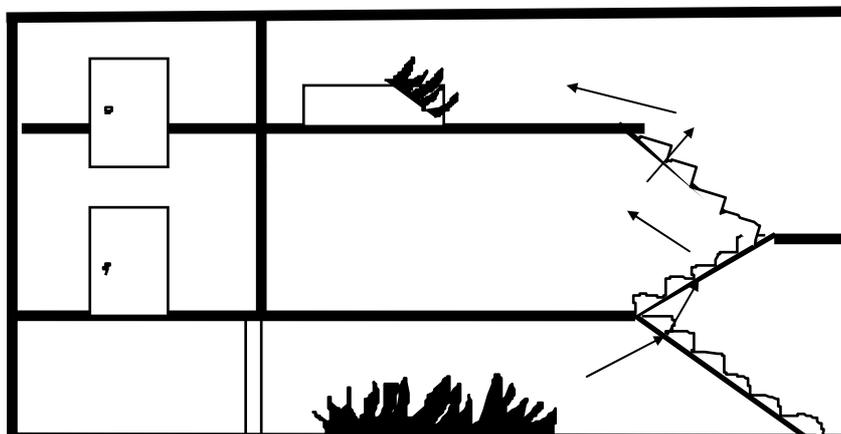
- Conducción

Es la transmisión del calor a través de una sustancia por contacto directo entre sus moléculas.



- Convección

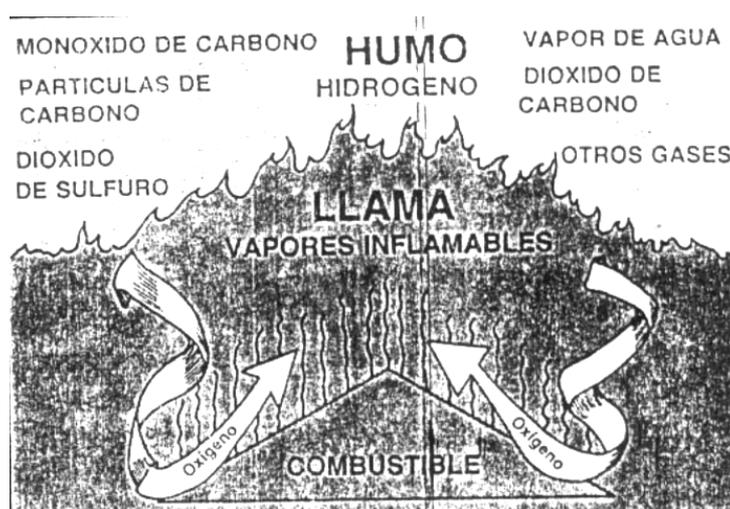
Cuando existe un medio conductor, líquido o gas, se genera una corriente de calor dentro del medio que lo transmite. El fluido caliente se dilata y se eleva, dando paso al fluido en su parte inferior, produciendo una corriente ascendente que va caldeando el ambiente de abajo hacia arriba.



## 4. PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN – LIMITE DE INFLAMABILIDAD Y EXPLOSIÓN

### A. Productos de la Combustión

Cuando un material (combustible) se enciende, el mismo experimenta un cambio químico. Ninguno de los elementos que constituyen el material son destruidos en el proceso, pero toda la materia es transformada en otra forma o estado. Aun cuando se encuentren dispersos, los productos de la combustión son iguales en peso y volumen a aquellas de combustible de la combustión. Cuando un combustible se incendia se generan cuatro productos de combustión: calor, llama, humo y gases.



**El calor:** es una forma de energía que es medida en grados de temperatura para significar su intensidad. En este sentido, el calor es el producto de la combustión responsable por la propagación del incendio. En sentido fisiológico, es el causante directo de las quemaduras y otras formas de lesiones personales. Las lesiones causadas por el calor incluyen la deshidratación, agotamiento, y lesiones a las vías respiratorias, además de las quemaduras.

**La llama:** es lo visible, el cuerpo luminoso de un gas en combustión. Cuando un gas en combustión se combina con la adecuada cantidad de oxígeno, la llama se hace más caliente y menos luminosa. Esta pérdida de luminosidad se debe a la completa combustión del carbón. Por esta razón, la llama es considerada como producto de la combustión. El calor, el humo y el gas sin embargo, pueden generar cierto tipo de incendios latentes sin la evidencia de llama.



El humo: encontrado en la mayoría de los incendios consiste en una mezcla de oxígeno, nitrógeno, bióxido de carbono, monóxido de carbono, diminutas partículas de carbón y productos derivados que han sido liberados de los materiales involucrados.

Algunos materiales emiten más humos que otros. Los combustibles líquidos por lo general generan un denso humo negro. Los aceites, pinturas, barnices, melazas, azúcar, gomas, azufre y muchos plásticos también emiten por lo general grandes cantidades de humo negro.

Los gases: de la combustión más importantes son el anhídrido carbónico y el monóxido de carbono.

El anhídrido carbónico no se lo considera generalmente tóxico, pero representa un peligro en dos formas:

- Supone un agotamiento del oxígeno ambiental.
- Sobrestimada el sistema respiratorio, produciendo respiración anormal (una concentración de anhídrido carbónico de 1,8 % aumenta la frecuencia respiratoria un 50 %, y una concentración de 2,5 % llega a aumentar esta hasta un 100 %).

El monóxido de carbono, también llamada óxido de carbono, se clasifica como gas de combustión de mayor incidencia como causal de muerte en los incendios, porque en los mismos la concentración de oxígeno nunca es la ideal para oxidar totalmente al carbono y transformarlo en anhídrido carbónico, por lo que medianamente oxidado se convierte en monóxido de carbono, que ávido de oxígeno y al ser inhalado por los seres humanos, pasan al flujo sanguíneo, donde ocupan el lugar del oxígeno en la hemoglobina en forma irreversible (definida como carboxihemoglobina), produciendo la anoxia y muerte.

## **B. Limite de Inflamabilidad y Explosión**

El porcentaje de una sustancia en el aire que se quemará una vez que es encendido. La mayoría de las sustancias tienen un máximo (muy rico) y un mínimo (muy pobre) límite de inflamabilidad.

Todos los líquidos inflamables tienen dos límites de inflamabilidad; uno inferior y otro superior.

El límite inferior se refiere al por ciento mínimo de vapor-aire, por debajo del cual, este no se enciende. El límite superior se refiere al por ciento máximo, por encima del cual, una mezcla de vapor-aire, no se enciende. Si una mezcla vapor-aire se encuentra por debajo del límite inferior se la considera “demasiado pobre” y si esta por el límite superior tampoco se enciende por ser “demasiado rica”.

Cuando la relación vapor-aire se encuentra exactamente entre los dos límites, la mezcla se la considera en óptimas condiciones de oxidación, en este punto la mezcla obtiene la mayor intensidad explosiva.

Para realizar la comprobación de la existencia del porcentaje de una mezcla vapor-aire sea o no explosiva, se utiliza un aparato denominado exposímetro. De todos los factores mencionados anteriormente la temperatura de inflamación y la de ignición, este es el factor mas importante cuanto mas apartados estas los limites inferior y limites superior, tanto mayor será la peligrosidad por ejemplo el acetileno parte del 2% de la mezcla hasta el 82% se lo considera uno de los mas peligrosos.

