



LECCION 11

COMPORTAMIENTO DEL FUEGO I

DIOS - PATRIA - HUMANIDAD



COMPORTAMIENTO DEL FUEGO I

DESEMPEÑOS

Al finalizar el tema el participante será capaz de:

1. Explicar el concepto de los 06 tipos de energía
2. Explicar las tres formas de transferencia de calor
3. Explicar los 2 tipos de combustión.
4. Definir los conceptos del fuego y de Pirolisis.
5. Describir las teorías del triángulo y tetraedro del fuego
6. Describir a los componentes del fuego
7. Definir el concepto de incendio
8. Nombrar los cuatro productos de la combustión.
9. Nombrar las cuatro características del humo
10. Enumerar las cuatro fuentes de energía calórica y dar ejemplos.

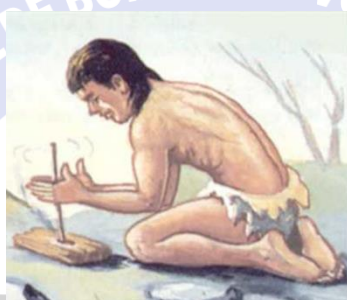
NOTAS

INTRODUCCIÓN

Comportamiento del fuego

Hace muchos años atrás el hombre se albergaba en cavernas para protegerse del frío en las noches, en el día caminaba en busca de alimento, utilizaba piedras o palos para defenderse de animales feroces o se subía a los árboles para evitar ser devorados por ellos; entonces empezó a observar cómo los animales huían despavoridos cuando un rayo encendía las ramas de un árbol durante una tormenta o el calor del sol hacía prender las hojas secas en la naturaleza, comprendió entonces el poder del fuego y aprendió a utilizarlo para defenderse de las fieras, a cocinar sus alimentos y a calentarse en las noches frías, convirtiéndose para él en un símbolo sagrado.

Hoy a pesar de contar con toda la tecnología existente, el hombre, aún dista mucho de conocerlo, entenderlo y dominarlo; a pesar que lo utiliza en casi todas sus necesidades básicas para la vida es para él un amigo cuando lo controla, pero cuando no, es un enemigo, el cual no merece miedo sino respeto¹ (¹Del libro “El manual del buen Bombero”)



Con el fin de entender el COMPORTAMIENTO DEL FUEGO en compartimento y anticipar su desarrollo, es necesario entender LAS LEYES BÁSICAS que gobiernan los procesos FÍSICO QUÍMICOS envueltos en él.

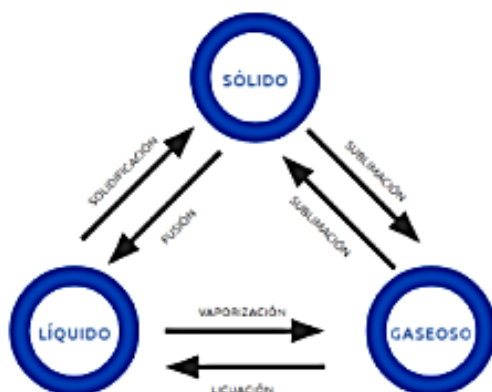
Cambios de estado de materia

MATERIA:

Todo aquello que TIENE MASA y ocupa un LUGAR EN EL ESPACIO. Las paredes, los muebles, esta computadora, todos los presentes en esta sala, las máquinas, los equipos, las mangueras, los pitones, las botas.

Cambios de Estado:

Directamente ligados a la CANTIDAD DE ENERGÍA contenida en los cuerpos. A más energía, más separación de moléculas.



NOTAS

Diferencias entre cambio Físico y Cambio Químico

Cambio Físico

Una o más propiedades físicas de la sustancia son alteradas y NO se forman nuevas sustancias como resultado de este cambio. Tamaño, forma, color, moler, derretir, disolver y evaporar son ejemplos de cambios físicos.

Cambio Químico

Como resultado de un cambio químico se obtiene una nueva sustancia que difiere de la sustancia original. Corrosión del hierro y la quema de papel son ejemplos simples de cambio químico.

2- LA ENERGÍA

TRABAJO

Aplicación de energía por una distancia determinada. Si se eleva un cuerpo que pesa un kilogramo a una altura de un metro, el trabajo realizado es numéricamente igual a una kilogramo-metro.

POTENCIA

Trabajo realizado en un determinado tiempo. Un trabajo realizado lentamente consume menos potencia pues el tiempo es más largo, mientras que para hacerlo más rápidamente se absorbe mayor potencia.

UNIDADES DE MEDIDA

Joule (trabajo)

1 J es el trabajo requerido para levantar aproximadamente a **100g (0,1 kg)** a una altura de **1 m**

Watt (potencia)

Si **1 J** de energía es aplicado durante **1 s**, es decir, **100 g** levantados **1 m** en **1 s**, entonces la potencia requerida es exactamente **1 watt (W)**.

TIPOS DE ENERGÍA

Entre los muchos tipos de energía que se pueden encontrar en la naturaleza y producen calor están los siguientes:

- Química: la energía que se libera como resultado de una reacción química, por ejemplo, una combustión.
- Mecánica: la energía que posee un objeto en movimiento, por ejemplo, una roca que baja rodando por una montaña.



NOTAS

NOTAS

- Eléctrica: la energía que se desarrolla cuando los electrones pasan por un conductor.
- Calorífica: la energía que se transfiere entre dos cuerpos con temperatura diferente.
- Luminosa: se refiere a la energía que se transporta a través de las ondas luminosas.
- Nuclear: la energía que se libera cuando los átomos se separan (fisión) o se unen (fusión); las centrales de energía nuclear generan energía a partir de la fisión del uranio-235.

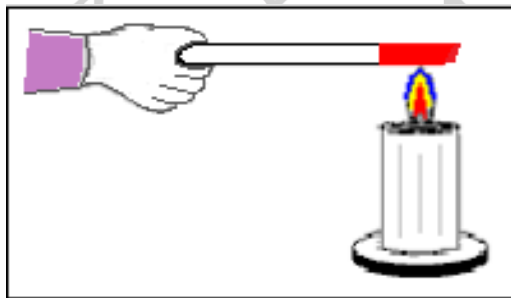
3- TRANSMISIÓN DE CALOR

La parte de la física que estudia estos procesos se llama a su vez Transferencia de calor o Transmisión de calor.

Para transferir calor de un cuerpo a otro, ambos cuerpos deben tener una temperatura diferente. El calor se transfiere de los objetos a más temperatura a los objetos de menor temperatura.

MÉTODOS DE TRANSMISIÓN DE CALOR (Transferencia)

Debido a que el calor es energía desordenada, nunca es constante, pero es continuamente transferido por objetos de una temperatura más alta aquellos que tienen una temperatura más baja



- Conducción

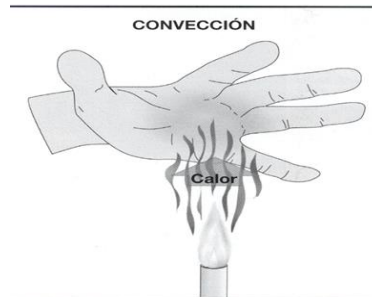
Transmisión de calor por contacto directo entre dos cuerpos o por medio de un conductor de calor. La cantidad de calor que será transferido y su proporción de velocidad de transferencia por este medio depende de *la conductividad térmica del material* que es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor



NOTAS

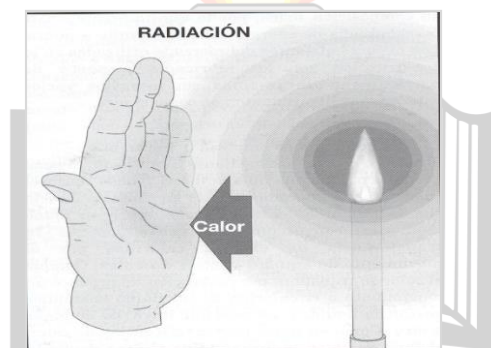
- Convección

Transmisión de calor por medio de un fluido, sea gaseoso o líquido; los que al ser calentados se expandirán, haciéndose más livianos y moviéndose hacia arriba

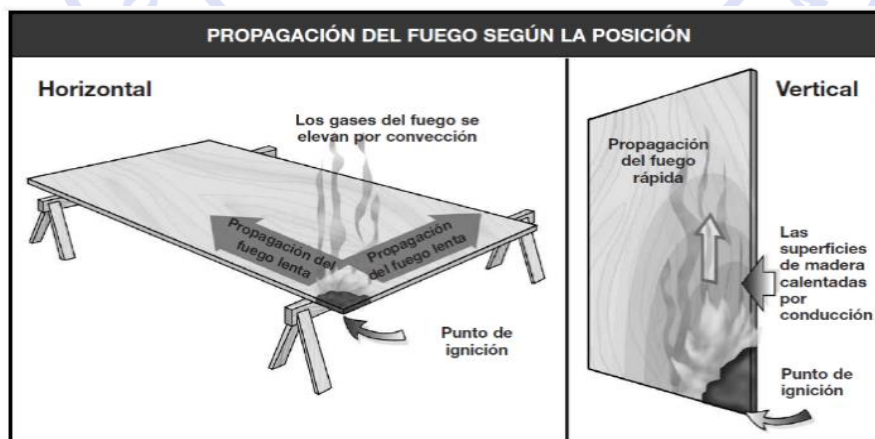


- Radiación

Energía que se desplaza a través del espacio, y la que al tropezar con un cuerpo es absorbida, reflejada o transmitida. El calor irradiado es una de las principales fuentes de la propagación de fuego, y su importancia demanda un ataque defensivo en las partes donde la exposición a la radiación es significativa.



Recordar



El mismo tipo de planchas en una posición vertical ardería más rápidamente. La rapidez de diseminación del fuego se debe al aumento de la transferencia de calor mediante convección, así como conducción y radiación

NOTAS

4- CONCEPTOS BÁSICOS:

- **Temperatura de inflamación** (Flashpoint o Punto de desprendimiento de vapores o punto de destello):

Es la temperatura mínima a la que un combustible emite suficientes vapores susceptibles de inflamarse si entran en contacto con una fuente de ignición. Si no hay fuente de ignición no arderá



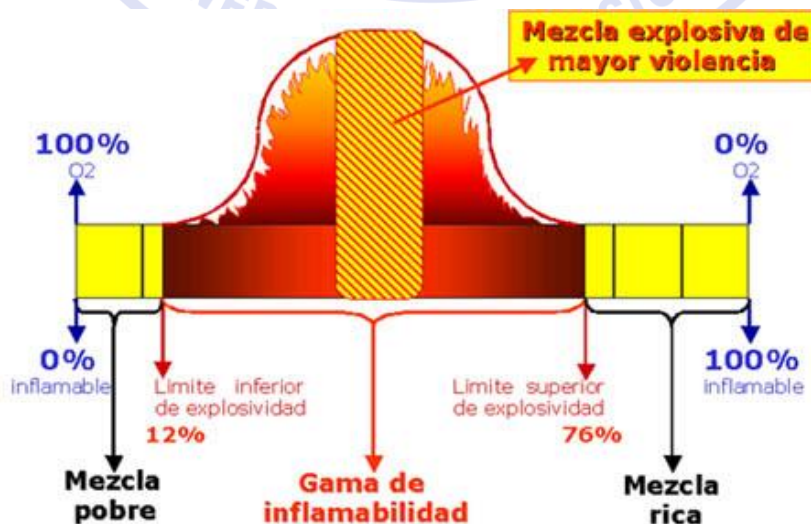
- **Punto de ignición** (Ignition Point o Temperatura de Ignición):

Es la temperatura mínima a la cual un combustible emite suficientes vapores susceptibles de inflamarse y de mantener la inflamación. Es superior a la temperatura de inflamación.

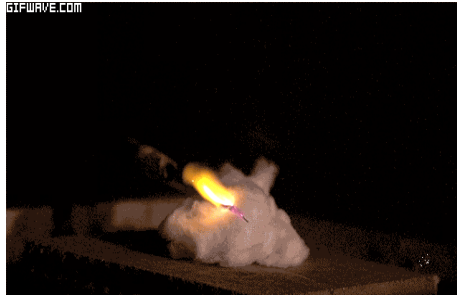
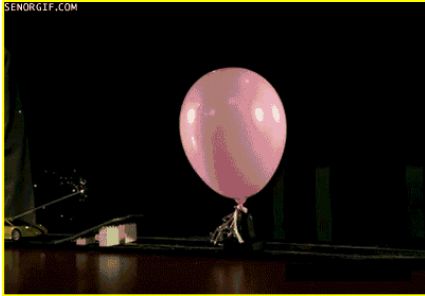


- **Rango de Inflamabilidad** (Límite de inflamabilidad o Límite de Explosividad):

Límite máximo y mínimo de concentración de un combustible en una atmósfera oxidante, que posibilitarán el hecho de que una llama, una vez iniciada, continúe propagándose a presión y temperatura especificadas.



Deflagración: Reacción exotérmica que se propaga a través de los gases ardientes a un material que todavía no ha entrado en reacción.



NOTAS

5- COMBUSTIÓN

Reacción exotérmica autoalimentada

Que abarca un combustible en fase condensada, en fase gaseosa o en ambas fases.

Fenómeno generalmente acompañado de una emisión lumínica en forma de llamas o de incandescencia con desprendimiento de humos y de productos volátiles

TIPOS DE COMBUSTION

Existen dos tipos principales de combustión:

A- Combustión de aportación

Las combustiones de aportación son aquellas en las que la masa reactiva se va incorporando al frente de reacción. Se dividen en:

a. Combustión con llama

Es una combustión que se desarrolla íntegramente en fase gaseosa y que produce calor, luz y gases.

b. Combustión latente

Es una reacción exotérmica de oxidación lenta o por humo. Produce calor, no tiene llama y se propaga en combustibles porosos

c. Combustión incandescente

Es una combustión sin llama, con emisión de luz visible y que produce calor y luz en forma de brasas.

d. Combustión espontánea

Es aquella combustión que se inicia sin aporte de calor externo.

NOTAS

B- Combustión de propagación

En las combustiones la velocidad de reacción puede ser distinta y por eso se habla de distintos tipos de combustión. En función de las velocidades de combustión es posible definir tres tipos:

- Combustión Lenta.** Menos centímetros por segundo. Se da cuando el combustible tiene poco aporte de oxígeno.
- Combustión Viva o Normal.** Más centímetros por segundo. Se da cuando el combustible tiene buen aporte de oxígeno.
- Combustión Instantánea.** Dependiendo de la velocidad, puede ser:
 - Rápida. Más metros por segundo. Deflagraciones.
 - Muy Rápida. Más kilómetros por segundo. Detonaciones.

6- DEFINICION DEL FUEGO

Es una reacción química de oxidación violenta de los materiales combustibles generando el desprendiendo de energía en forma de luz y calor



Lo que en realidad produce fuego son los vapores, que desprenden los materiales combustibles, al mezclarse en ciertas proporciones con el oxígeno del aire, y al ser calentada dicha mezcla a una temperatura determinada

PIROLISIS

Proceso de descomposición química debido a la acción del calor las moléculas de los combustibles se rompen y separan en fragmentos. Durante la combustión estos fragmentos se combinan con el oxígeno atmosférico (oxidación) produciendo suficiente calor que se transfieren a las moléculas vecinas, continuando así la reacción.

Cuando se aplica cierta cantidad de calor a una sustancia se produce una reacción química que la descompone en sustancias nuevas



NOTAS

7- TEORÍAS DE LA COMBUSTIÓN

- EL TRIANGULO DEL FUEGO

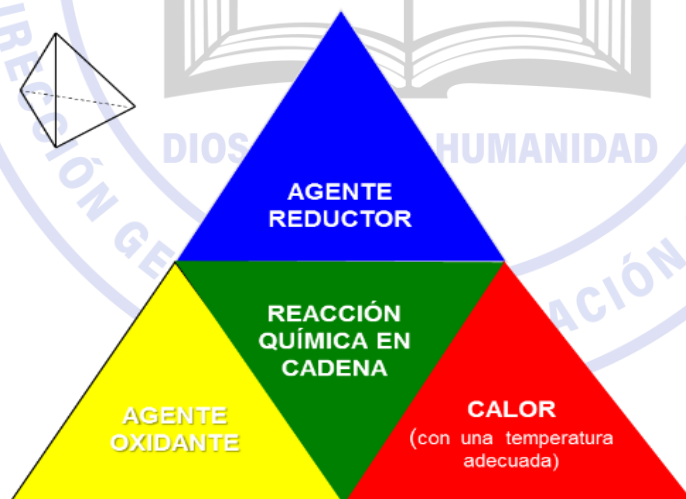
Por muchos años una figura de 3 lados, conocida como “Triángulo del Fuego” ha sido muy adecuado para explicar, la teoría que señala que el oxígeno, calor y combustible en adecuadas proporciones producen brasas, el cual no puede existir si es que falta algunos de los elementos



- TETRAEDRO DEL FUEGO

Los cuatro elementos necesarios para que tenga continuidad y propagación un fuego forman el tetraedro del fuego. Estos elementos son:

- Combustible (Agente reductor)
- Comburente (Agente oxidante)
- Calor (con una temperatura adecuada)
- Reacción química en cadena.



Ante la ausencia de cualquiera de estos elementos el fuego se extingue.

De los ensayos cuantitativos de supresión de incendios realizados en 1960 por Arthur W. Haessler introdujo en 1961 una teoría que se ha estado usando para explicar en una forma más completa la combustión y su extinción; dado que algunos combustibles arden en atmósferas carentes de oxígeno, el cual contempla un cuarto factor. Por ejemplo: calcio y aluminio en nitrógeno; donde se reconoció el carácter procesal de la combustión al descubrirse la existencia de la reacción en cadena.

Proceso que permite la continuidad y propagación del incendio desprendiendo calor que es transmitido al combustible realimentándolo y continuando la combustión siempre que se mantenga el aporte de combustible y comburente

NOTAS

TIPOS DE FUEGOS

Brasa e incandescencia.

Combustión incompleta – Triangulo del fuego



Flama o llama.

Combustión completa - Tetraedro del fuego.



8- COMPONENTES DEL FUEGO

- **COMBUSTIBLE** (Agente reductor)

Se define como combustible cualquier sustancia capaz de arder en presencia de una energía de activación. En términos científicos, el combustible de una reacción de combustión se conoce como el agente reductor

- **OXÍGENO** (agente oxidante)

Los agentes oxidantes son aquellos materiales que ceden oxígeno u otros gases oxidantes durante el curso de una reacción química. Los oxidantes no son combustible en sí, pero hacen que se produzca una combustión cuando se combinan con un combustible.

NOTAS

CALOR (con una temperatura adecuada)

Cuando el calor entra en contacto con un combustible, la energía hace que la reacción de combustión continúe de los siguientes modos:

- Provoca la pirolisis o vaporización de los combustibles sólidos y líquidos; y la producción de vapores o gases capaces de ignición
- Proporciona la **energía necesaria para la ignición**
- Causa la producción e ignición continuas de los vapores o gases combustibles, de modo que la reacción de combustión pueda continuar.

Sobre el fuego y su comportamiento, las energías química, eléctrica y mecánica son las fuentes más comunes de calor que provocan la ignición de un combustible suficiente para iniciar y sostener la combustión.

- **REACCIÓN QUÍMICA EN CADENA**

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, que reconoce la existencia de una zona de interface de llama, en la que paso a paso son descompuestas, luego de la pirolisis inicial, partículas de combustible, algunas de las cuales arden, mientras se recombinan y descomponen sucesivamente.

9- INCENDIO

Es un fuego no controlado que puede surgir súbita o gradualmente y que puede llegar a ocasionar lesiones o pérdida de vidas humanas, animales, materiales y deterioro ambiental.



Todo incendio con lleva a una elevación de la temperatura y descomposición del material, por lo tanto, químicamente, la elevación de la temperatura origina el proceso definido por pirolisis, siendo este proceso una descomposición química de la materia por acción del calor.

NOTAS

10- PRODUCTOS DE COMBUSTIÓN

Mientras el combustible arde, la composición química del material cambia. Este cambio produce sustancias nuevas y genera energía. Cuando se quema un combustible, una parte del mismo se consume, dando como productos los siguientes:

- **GASES DE COMBUSTIÓN**

Son aquellos gases que permanecen en el aire al retornar los productos de combustión a las temperaturas normales.

La mayor parte de los materiales combustibles contienen carbono, que al quemarse forma anhídrido carbónico (CO_2), si la concentración de oxígeno en la atmósfera es suficiente y la combustión completa. Los combustibles también pueden producir monóxido de carbono (CO), si dicha concentración de O_2 es baja (la concentración de CO puede llegar al 20%).

Estos dos elementos (monóxido y dióxido de carbono), son los gases de combustión más abundantes en los incendios

- **EL CALOR**

Se le denomina al flujo de energía de la combustión, que desempeña el papel más importante en la propagación del fuego; representando peligro a través de la exposición a los gases calientes y a la radiación.



Estas se clasifican como energía calórica:

- **QUÍMICA.** La energía calorífica química es la fuente de calor más habitual en las reacciones de combustión. ejemplo.
- **Calor de combustión-** Es la cantidad de calor generado en el proceso de combustión (oxidación).



NOTAS

- **Calentamiento espontáneo**- también conocida como auto inflamación es una forma de energía calorífica química que se produce cuando la temperatura de un material se incrementa sin que intervenga calor externo
- **Calor de descomposición**- Es el calor generado por la descomposición de un compuesto. Estos compuestos pueden ser inestables y generan su calor rápidamente o pueden detonar.
- **Calor de solución**- El calor generado por la mezcla de materia en un líquido. Algunos ácidos, cuando se disuelven, generan suficiente calor como para crear problemas a los combustibles cercanos.
- **ELÉCTRICA.** La energía calorífica eléctrica puede generar temperaturas lo suficientemente altas como para hacer prender los materiales combustibles cerca del área calentada. El calentamiento eléctrico puede producirse de muchos modos, incluyendo los siguientes:
 - **Calentamiento por resistencia**- Es la energía generada al pasar una fuerza eléctrica a través de un conductor tales como un cable o un equipo.
- **Calentamiento dieléctrico**- El calor que resulta de la acción de pasar bien sea corriente continua o corriente alterna, de alta frecuencia, a través de un material no conductor.
- **Calentamiento inducido**- El calentamiento que resulta en un material al ser expuesto a un flujo de corriente alterna creando un campo magnético de influencia.
- **Calentamiento por corriente de fuga**- El calor resultante de una indebida o inapropiada protección de los materiales eléctricos. Esto se hace particularmente evidente cuando la protección es requerida para manipular alto voltaje o cargas cerca de una capacidad máxima.
- **Calor debido al arco eléctrico**- El calor generado bien sea como arco de alta temperatura o como material fundido del conductor.
- **Calentamiento por electricidad estática**- El calor generado como un arco entre superficies, con diferentes cargas. La electricidad estática puede ser generada por el contacto y separación de superficies cargadas o por fluidos que circulen a través de tuberías.
- **Calor generado por descargas eléctricas** - El calor generado por la descarga de miles de voltios bien sea de nube a nube o de nube a suelo.



NOTAS

- **MECÁNICA.** La energía calorífica mecánica se genera por fricción y compresión:

- **Calor de fricción-** se crea por el movimiento de dos superficies la una contra la otra generando calor.



- **Chispas por Fricción-** El calor generado en la forma de chispas desde objetos sólidos golpeados uno con el otro. Frecuentemente al menos uno de los objetos es de metal.

- **Calor de compresión-** se genera cuando un gas se comprime.

- **NUCLEAR.** La energía calorífica nuclear se genera cuando se separan (fisión) o se combinan (fusión) los átomos.

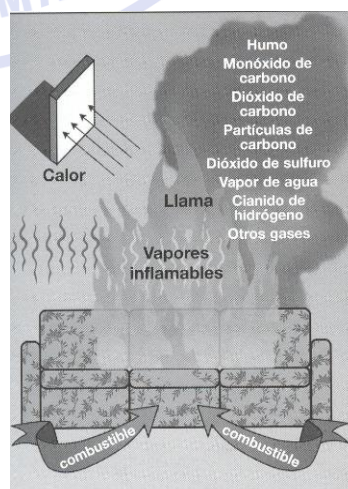
- En un ambiente controlado, la fisión calienta el agua para que mueva turbinas de vapor y produzca electricidad.



- Las reacciones de fusión no se pueden contener en la actualidad, por lo que no tienen un uso comercial. El calor del Sol (la energía solar) es producto de una reacción de fusión, por lo que es una forma de energía nuclear.

• EL HUMO

Es el producto visible de una combustión incompleta, que se compone de partículas de material residual y aerosoles (líquidos y partículas de carbón) en suspensión, que arrastran consigo aire y gases de combustión, generalmente todo el humo puede considerarse tóxico.



NOTAS

CARACTERÍSTICAS o ATRIBUTOS DEL HUMO (Lectura de humos)

Leer el humo no es una ciencia exacta, justo como cualquier incendio el humo es dinámico y es influenciado por muchas variables.

La habilidad de leer las características del humo puede ayudarle a entender el comportamiento del fuego en un recinto y predecir situaciones peligrosas; por lo que se debe de observar las siguientes características:

- a) Volumen
- b) Velocidad
- c) Densidad
- d) Color



a. Volumen

El volumen del humo por si solo dice muy poco acerca de un incendio, pero establece el escenario para la comprensión de la cantidad de combustibles que se gasifica dentro un espacio dado.

b. Velocidad (presión)

Se refiere a la velocidad con que el humo sale del edificio. En la actualidad la velocidad del humo es un indicador de presión que se ha acumulado dentro el edificio.

La velocidad del humo que se ve fuera del edificio es determinada en última instancia por el tamaño de la abertura de salida



c. Densidad

La densidad del humo se refiere al grosor. Dado que el humo es combustible con capacidad de arder, la densidad nos indica cuánto combustible está cargado en el humo.

El humo negro denso dentro un compartimiento reduce las posibilidades de supervivencia debido a la toxicidad del humo.

NOTAS



d. Color

Es muy difícil saber qué está ardiendo por el color del humo, ya que la percepción luminosa depende de múltiples factores externos ajenos al proceso de combustión.

I. Humo blanco

El color blanco indica que los combustibles arden libremente, con gran presencia de O₂.

II. Humo negro

El color negro indica fuegos de gran carga térmica, normalmente con poco aporte de oxígeno,

III. Humo de color

- Amarillo: su origen puede ser sustancias químicas que contienen azufre, con formación de ácidos clorhídricos.
- Amarillo verdoso: su origen puede ser sustancias químicas que contienen cloro.
- Violeta: su origen puede ser sustancias químicas que contienen yodo.
- Azul: este color está asociado a hidrocarburos



• **FLAMA o LLAMA**

Es un cuerpo luminoso y visible de un gas quemándose. Cuando un gas que arde se mezcla con las cantidades de oxígeno adecuadas, la llama se calienta más y su luz se reduce.