

# Física y química del fuego

## Índice

1. Naturaleza del Fuego.....	2
2. Química del fuego.....	2
3. Factores del incendio.....	3
3.1. Combustible. ....	3
3.2. Comburente.....	3
3.3. Calor (energía de activación).....	3
3.4. Reacción en cadena. ....	4
4. Clasificación de los incendios.....	4
4.1. Por la forma de manifestarse. ....	4
4.2. Por la disposición del combustible.....	5
4.3. Por el tamaño. ....	6
4.4. Por el lugar donde se desarrollan. ....	6
4.5. Por la naturaleza del combustible.....	7
4.6. Por la velocidad de reacción o de propagación.....	7
5. Evolución de los incendios.....	10
5.1. Iniciación.....	10
5.2. Desarrollo ....	10
5.3. Propagación.....	11
5.4. Extinción.....	11
6. Transmisión de los incendios.....	12
6.1. Conducción ....	12
6.2. Convección.....	12
6.3. Radiación.....	13

# 1. Naturaleza del Fuego

El fuego nos es fundamental para multitud de actividades, otra cosa muy distinta es un incendio. Solo cuando concurren una serie de requisitos, aunque el fuego no este presente de antemano, se origina un incendio. Estos requisitos son lo que llamamos **factores del incendio**. Tres de estos factores están presentes en multitud de ocasiones lo que sería una situación de riesgo pero solo si se conjugan con la suficiente intensidad se manifiesta el cuarto factor.

## 2. Química del fuego.

El fuego es una combustión, y lo aplicable al fuego lo es al incendio. Una combustión es un proceso químico-físico que se manifiesta cuando un cuerpo se une al oxígeno y desprende calor. Dependiendo de la velocidad de este proceso estaremos ante una simple oxidación o una violenta explosión.

El fuego no es más que una reacción de oxidación-reducción fuertemente exotérmica. Vamos a ver estos conceptos:

**Reacción de oxidación-reducción:** la reacción química que se produce entre dos elementos, sustancias o cuerpos, en la que uno se oxida a costa del otro que se reduce. El elemento que se reduce es el **agente oxidante** que “roba electrones” al **agente reductor**.

**Reacción exotérmica:** se produce con desprendimiento de calor, porque las sustancias resultantes de la reacción tienen menos energía que las que dieron lugar a la misma. Esa energía sobrante se manifiesta en forma de calor.

## 3. Factores del incendio.

### 3.1. Combustible.

Cualquier sustancia o materia capaz de arder en contacto con el aire, oxígeno o una mezcla gaseosa que contenga oxígeno, produciendo una cierta cantidad de calor. En una combustión es el agente reductor que cede o traspa electrones al agente oxidante

Combustible es toda sustancia que no ha alcanzado su grado máximo de oxidación. Normalmente las materias combustibles contienen cantidades apreciables de carbono e hidrógeno, que son elementos oxidables.

### 3.2. Comburente.

Producto o sustancia que proporciona el oxígeno necesario para la combustión. Es el cuerpo en cuya presencia puede arder el combustible. En una combustión es el agente oxidante el que roba electrones al reductor.

Normalmente el comburente será el oxígeno del aire, pero hay otros productos que lo pueden ser.

### 3.3. Calor (energía de activación).

No siempre que hay un combustible en presencia de un comburente se produce la combustión. Para que esto suceda es necesario un tercer factor que provoque esa reacción, este tercer factor es lo que llamamos **energía de activación** que es aportada por los **focos de ignición** y puede tener diversos orígenes: **Origen químico** (cualquier reacción exotérmica provoca calor que puede ser el origen de un incendio), **origen mecánico** (los choques o roces entre metales generan calor y chispas que pueden aportar la energía necesaria para iniciar un incendio) **origen eléctrico** (el paso de una corriente eléctrica provoca calor y eso es causa de numerosos incendios) **origen natural** (rayos, ...).

### 3.4. Reacción en cadena.

En ocasiones, a pesar de tener los tres factores conjugados en tiempo y lugar, y con la intensidad suficiente, la reacción no progresaba. La explicación es sencilla si el ambiente no es apto para disipar todo el calor que se produce, lo que ocurre es que ese calor no disipado que calentando la mezcla combustible-comburente, con lo que se convierte en una nueva energía de activación que provoca el reinicio o ayuda a que la reacción continúe. Es decir, se produce una **reacción en cadena**.

## 4. Clasificación de los incendios.

Se ha establecido la clasificación en atención a una serie de parámetros:

### 4.1. Por la forma de manifestarse.

- a. **Combustión con llamas.** Son los que vemos normalmente. La llama se produce en fase gaseosa, por lo que arderán siempre con llama los combustibles líquidos y gaseosos y, en ocasiones, los sólidos.
- b. **Combustión incandescente.** Se produce sin llamas pero tiene manifestación visible en forma de ascuas.
- c. **Combustión espontánea.** Se produce a temperatura ambiente sin que haya un aporte previo de calor u otro tipo de energía de activación. Se suele derivar de reacciones químicas muy complejas.
- d. **Combustión incompleta.** Se produce en ambientes donde escasea el oxígeno, que v formando subproductos susceptibles de sufrir más oxidación y que son muy peligrosos. En estas combustiones al irse consumiendo el oxígeno, los productos resultantes no son los finales, formándose Monóxido de Carbono en vez de Dióxido de Carbono y otros gases a altas temperaturas. Son gases susceptibles de entrar en l Combustión Súbita Generalizada (CSG).

- e. **Combustión Súbita Generalizada (FLASH-OVER).** Es una combustión incontrolada que abarca todo un recinto cerrado en el que todos los materiales entran en combustión de forma prácticamente instantánea. Todos los materiales están muy calientes y con la temperatura por encima de su punto de inflamación, lo que pasa que no arden porque no hay oxígeno suficiente. Cuando se introduce aire, y por tanto oxígeno, instantáneamente comienzan a arder todos los materiales de forma violenta.
  
- f. **Explosión de humos (BACKDRAFT).** El fenómeno es similar al flashover, pero mientras que en éste hablamos de materiales que entran en combustión prácticamente instantánea, en el backdraft lo que entra en combustión son los humos y gases combustibles que hasta entonces han sufrido combustiones incompletas. En cualquier caso los efectos son prácticamente similares y su aparición tiene graves consecuencias.

#### 4.2. Por la disposición del combustible.

- a. **Fuegos planos.** La dimensión horizontal predomina sobre la vertical. Es posible ver toda la superficie en combustión.
  
- b. **Fuegos verticales.** La dimensión vertical predomina sobre la horizontal. Normalmente es difícil ver dónde están los focos porque lo impide el propio material. El fuego suele manifestarse en varios planos horizontales o inclinados superpuestos.
  
- c. **Fuegos alimentados.** Aquellos en los que se está aportando combustible que proviene de un depósito no afectado por el propio incendio. Normalmente serán combustibles líquidos o gaseosos.

### 4.3. Por el tamaño.

Es una clasificación que no aporta nada excepto en los incendios forestales. Se pueden especificar las siguientes clasificaciones:

GRADO DENOMINACIÓN	SUPERFICIE EN LLAMAS	
I	hasta 4 m <sup>2</sup>	Pequeño
II	de 4 a 10 m <sup>2</sup>	Mediano
III	de 10 a 100 m <sup>2</sup>	Grande
IV	de 100 a 1.000 m <sup>2</sup>	De envergadura
V	de 1.000 a 5.000 m <sup>2</sup>	“
VI	de 5.000 a 10.000 m <sup>2</sup> (1 Ha)	“
VII	de 1 a 25 Ha	“
VIII	de 25 a 100 Ha	“
IX	de 100 a 500 Ha	“
X	más de 500 Ha	“

### 4.4. Por el lugar donde se desarrollan.

- a. **Fuegos interiores:** tienen lugar en el interior de los edificios sin manifestarse al exterior. Pueden producirse situaciones de flash-over.
- b. **Fuegos exteriores:** los que tienen manifestación visible al exterior del edificio.
- c. **Por la actividad desarrollada en el recinto:** Puede haber tantos como queramos, solo por citar algunos: de viviendas, de locales comerciales, de industrias, de transportes por carretera, etcétera.

#### 4.5. Por la naturaleza del combustible.

- a. **Fuegos clase “A”:** son fuegos originados por combustibles **sólidos** que tienen un alto punto de fusión. Producen brasas y normalmente tienen origen orgánico, entrando en su composición el carbono y el hidrógeno.
- b. **Fuegos clase “B”:** ocasionados por combustibles **líquidos** o sólidos con bajo punto de fusión. Antes tiene que tener lugar la evaporación.
- c. **Fuegos clase “C”:** son los fuegos de **gases**, es decir, combustibles en fase gaseosa, no las combustiones de los gases producidos en la evaporación de los combustibles sólidos o líquidos.
- d. **Fuegos clase “D”:** tipo muy especial y de muy difícil y peligrosa extinción. Son fuegos originados por **metales**. Dan lugar a reacciones químicas complejas y normalmente el fuego de este tipo de metales es capaz de desplazar el Hidrógeno del agua, lo que provoca explosiones por combustión de este gas. Su extinción necesita Agentes Extintores Específicos ya que el uso del agua está prohibido en casi todos los casos.
- e. **Fuegos clase “E”:** Fuegos de clase eléctricos.

#### 4.6. Por la velocidad de reacción o de propagación.

Hay que tener presente que siempre estamos hablando de Reacciones e Oxidación y que, por tanto, lo que se clasifica son las reacciones.

Se entiende por **frente de reacción** la línea imaginaria que separa la zona donde se está produciendo la reacción de aquella en que los productos todavía no han reaccionado.

La **velocidad de avance del frente de reacción** será la velocidad con que avanza ese frente.

- a. **Oxidaciones (lentas y muy lentas):** se conocen con el nombre de **oxidación**. La energía que desprende es muy pequeña y se disipa en el ambiente sin que lo lleguemos a apreciar.

- b. **Combustibles:** son oxidaciones moderadamente rápidas y cuya velocidad del frente de reacción se mantiene inferior a 1 m/seg. La energía desprendida es apreciable y parte de ella se emplea en mantener la reacción en cadena. Son los incendios normales.
  
- c. **Explosiones:** en el momento en que una combustión produce “sobrepresiones” ya estamos en un caso de explosión, haya o no efectos destructivos.

Vamos a ver distintos de explosiones:

- a. **Deflagraciones o combustiones deflagrantes:** son aquellas combustiones en las que la velocidad del frente de reacción es superior a 1 m/seg., pero inferior a la velocidad del sonido en el medio en que se producen. Ya aparecen fenómenos de sobrepresiones como consecuencia de la generación de gases y a las temperaturas en la reacción. La onda de presión suele estar comprendida entre 5 y 10 veces la presión original.

Estamos hablando de presiones solo 10 veces superiores a la inicial, si el recinto estuviera cerrado y no se permitiera la liberación de sobrepresión, la deflagración puede convertirse en una detonación de consecuencias mucho más graves.

Normalmente todas las explosiones que se producen son de tipo deflagración porque siempre se rompe algún cristal, tabique, etc., que permite la evacuación de la presión de forma natural.

- b. **Detonaciones o combustiones detonantes:** son combustiones muy rápidas o instantáneas en las que la velocidad de propagación del frente de reacción es superior a la velocidad del sonido en el medio. Las sobrepresiones que se originan están del orden de entre 20 a 40 veces la inicial, pudiendo llegar a 100 veces.

Aquí el frente de llamas acompaña y va a la misma velocidad del frente de presiones.

La detonación provoca efectos sonoros y destructivos muy superiores a la deflagración, y hay que tener en cuenta que en ambas se producen enormes elevaciones de temperatura, lo que provoca los incendios que normalmente acompañan a las explosiones.

- c. **otros tipos de explosiones:** aunque no tienen nada que ver con las combustiones, ya que su origen está en fenómenos de tipo físico, vamos a ver las BLEVEs y BOIL-OVERs.

**BLEVE:** lo podríamos traducir como **explosión del vapor expandido de un líquido en ebullición**. Para que se produzca un **BLEVE** es necesario que el líquido o gas licuado esté a presión en un **envase cerrado**. Si por una serie de circunstancias ese líquido pierde presión de forma repentina, se produce la vaporización instantánea del mismo que acarrea enormes aumentos de la presión en el envase en milésimas de segundo. Lo normal es que el envase no pueda soportar la presión y estalle. No hace falta que estemos ante productos inflamables, se habla de BLEVEs incluso en termos de agua.

**BOIL-OVER:** el fenómeno es similar pero se produce en **recipientes abiertos**. En este caso no estamos ante sobrepresiones sino que más bien hay que hablar de **rebosamiento por ebullición**. Se produce en la combustión de ciertos aceites (Fuel Oil), después de un largo periodo de combustión lenta, un aumento súbito en la intensidad del fuego asociado con la expulsión del producto incendiado fuera del recipiente.

## 5. Evolución de los incendios.

Vamos a considerar 4 fases en la cadena lógica del incendio:

### 5.1. Iniciación

Puede venir motivada por muchas causas ajenas a los combustibles, pero al final lo que tendremos son: unos combustibles (mobiliario, telas...), un comburente (el oxígeno dl aire) y una energía de activación (por ejemplo una colilla mal apagada).

Ya están los tres factores del incendio y comienza el fuego que produce una liberación de energía en forma de calor que es suficiente para mantener la reacción en cadena. Ya tenemos declarado el incendio.

### 5.2. Desarrollo

El incendio empieza a desarrollarse libremente porque todavía el contenido de oxígeno por ejemplo en una habitación posibilita la combustión completa de los materiales involucrados.

La temperatura ambiente va subiendo y, por radiación y conducción, se van inflamando otros elementos que no estaban afectados por el fuego.

La temperatura ambiente sube de forma acelerada y en el techo puede superar los 700°. En poco tiempo empieza a disminuir la concentración de oxígeno en el aire.

Cada vez se va generando más monóxido de carbono, gas inflamable y asfixiante, así como otros gases inflamables que no combustionan por falta de oxígeno.

Entramos en lo que pudiéramos llamar **fase latente del incendio**. Esta fase es muy peligrosa ya que se esta preparando la Combustión Súbita Generalizada (CSG). La sobrepresión hará que salten cristales u otros elementos, de forma que se facilita la entrada de aire fresco que es lo que necesita el fuego latente para que se produzca dicha Combustión.

La CSG se origina porque se ha aportado oxígeno y ahora todos los materiales pueden volver a arder libremente y a la vez, así como los gases inflamables.

### 5.3. Propagación

El incendio alcanza grandes dimensiones y en esta fase el calor se transmite por todos los medios. Por convección se generan corrientes de humo, gases calientes, etc. Que van a buscar cualquier resquicio para continuar su camino.

La radiación actúa con mucha importancia en esta fase, ya que cuando más calientes están los cuerpos más radiación se transmite.

### 5.4. Extinción

La extinción de un incendio puede producirse de forma natural. Si todo el combustible se agota porque ya se ha quemado, el incendio se apaga solo porque ya no hay nada que pueda arder. Aunque cuando hablamos de extinción nos referimos a la extinción provocada por la acción del hombre.

En la actuación de los Bomberos se deberán seguir unas pautas que habrán de ser conocidas.

A un recinto incendiado **se debe entrar agachado y nunca un hombre solo**. Lo de entrar agachado es porque las corrientes de convección y que el humo y el calor se depositarán en la parte de arriba. Lo de no entrar solo es por precaución. La extinción es una **operación en equipo**, si se va con un compañero no se le puede dejar abandonado, o los dos para adelante o los dos para atrás, pero nunca dejarlo solo.

Los incendios hay que estudiarlos ya que **no hay dos incendios iguales**. Estudiándolo se verá la mejor forma de extinguirlo, teniendo claro que **no hay ningún incendio fácil de extinguir**. Por supuesto, **primero el rescate y luego la extinción**.

Ante cualquier duda se debe consultar y si no se puede hay que elegir la más desfavorable y actuar en consecuencia. Cuando se piense que hay que hacer algo, hacerlo inmediatamente ya que unos segundos después es posible que no se pueda llevar a cabo.

Hay que prestar especial atención a posibles CSG (Combustión Súbita Generalizada o Flash Over). Son peligrosísimas para los bomberos y será la práctica la que dará las pautas de actuación. Pero hay ciertas señales que pueden indicar la posibilidad de que se produzca la CSG o las temidas BACKDRAFT (explosiones de humo):

- Puertas muy calientes por fuera.
- Humo negro muy denso.

- Muy poca llama o casi no visible.
- Alta temperatura.
- Incrementos rápidos de temperatura sin razón aparente.
- Aumento del espesor de la capa de humos bajo el techo.
- Llamas de color azulado bajo el techo.
- Corrientes muy rápidas de aire hacia el interior cuando se hace una abertura.

Todas estas señales son indicios que tienen que hacer pensar y como hemos dicho antes, actuar como si se estuviera seguro de que se va a producir la CSG para, por lo menos, quitarnos de delante cuando se abra la puerta.

## 6. Transmisión de los incendios.

Los mecanismos de transmisión de calor que se van a considerar son los siguientes:

### 6.1. Conducción

Es la que se produce entre dos cuerpos por contacto entre ellos o, en el caso de un solo cuerpo, dentro de sí mismo.

Aunque se da en los líquidos y gases, es en los sólidos donde se aprecia con más claridad y donde tiene más importancia.

Se trata de un movimiento vibratorio en el que unas moléculas chocan contra otras traspasándose energía.

En los incendios este mecanismo tiene mucha importancia sobre todo al principio ya que las diferencias de temperatura entre los materiales son más evidentes.

### 6.2. Convección

Es la transmisión de calor por la mezcla de una parte de un fluido (líquido o gas) con otra que tiene menos temperatura. Para que se produzca esta mezcla tiene que haber movimiento del fluido, de ahí que no se pueda dar este mecanismo en los sólidos.

Un mismo fluido tiene menos densidad cuanto mayor sea su temperatura. La convección se basa en el movimiento originado por distintas densidades para conseguir esa mezcla que transmite calor.

La convección tiene muchísima importancia en el desarrollo en vertical de los incendios, y suele ser la causante de la propagación del incendio en la mayoría de los casos.

### 6.3. Radiación

Es el mecanismo de transmisión predominante y produce la propagación horizontal de los mismos.

Se produce por movimientos ondulatorios que se propagan en todas las direcciones. Este movimiento ondulatorio se produce hasta en el vacío, por lo que este mecanismo no necesita ni cuerpos sólidos ni fluidos para la transmisión de calor.

La radiación se esta produciendo siempre, por lo que no importa la diferencia de temperatura entre los cuerpos para que se produzca. Cada cuerpo o fluido emitirá una cierta radiación a cada temperatura, sin importar lo que le rodee. Lo que sí está claro es que cuanto más caliente esté más radiación emitirá.