

TEMA 1

LA COMBUSTIÓN

INDEX



01

LA COMBUSTIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

1.2 REACCIONES QUÍMICAS

02

ELEMENTOS QUE COMPONEN EL FUEGO

2.1 COMBUSTIBLE

2.2 CLASES DE COMBUSTIBLES

2.3 COMBURENTE

03

TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS COMBUSTIBLES

3.1 LÍQUIDOS COMBUSTIBLES E INFLAMABLES

3.2 GASES

3.3 PLÁSTICOS

3.4 TEJIDOS Y FIBRAS TEXTILES

3.5 MADERAS

3.6 PAPEL

3.7 POLVO EN SUSPENSIÓN

3.8 METALES

04

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMBUSTIBILIDAD

4.1 LIMITES DE INFLAMABILIDAD

4.2 RANGO DE INFLAMABILIDAD

4.3 ENERGÍA DE ACTIVACIÓN

06

PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN

6.1 PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN

6.2 CALOR

05

CLASES DE INCENDIOS

5.1 CLASIFICACIÓN DE INCENDIOS

5.2 SEGÚN LA NATURALEZA DEL COMBUSTIBLE

5.3 SEGÚN LA FORMA DEL FOCO DEL INCENDIO

5.4 SEGÚN LA SUPERFICIE AFECTADA

5.5 POR LA FORMA DE MANIFESTARSE O DESARROLLARSE

5.6 SEGÚN LA MAGNITUD

5.7 SEGÚN EL LUGAR DONDE SE DESARROLLAN

5.8 INCENDIOS EN INTERIORES

07

TEMPERATURA Y CALOR

7.1 TEMPERATURA Y CALOR

7.2 LLAMAS

7.3 HUMOS

7.4 GASES

01 LA COMBUSTIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

CONCEPTOS A TENER EN CUENTA

En la naturaleza y en la vida diaria, nos encontramos constantemente fenómenos físicos y con fenómenos químicos.

- Un **fenómeno físico** es aquel en el que no se produce una transformación en la composición de la materia. Es decir, la sustancia original se mantiene sin alteraciones en su naturaleza. *Algunos ejemplos comunes son los cambios de estado (como pasar de sólido a líquido), o acciones como patear una pelota o rasgar una hoja de papel. Incluso si se modifica la forma del objeto —como al romper el papel—, la sustancia sigue siendo la misma: sigue siendo papel.*



Fenómenos físicos

Fenómenos químicos

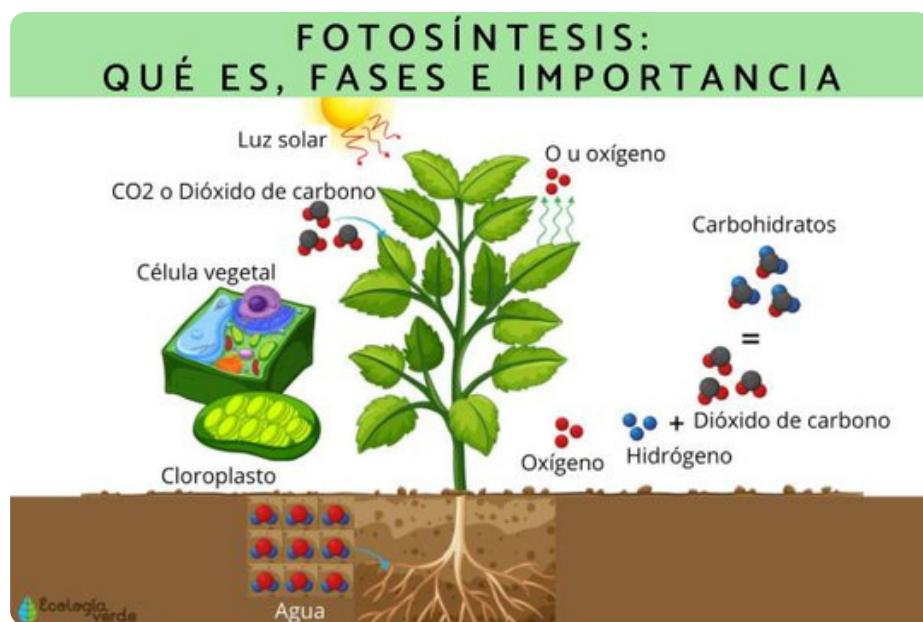
- Un **fenómeno químico** es aquel que produce una transformación en la materia, dando lugar a sustancias nuevas. Es decir, la sustancia original no se conserva. *Ejemplos de este tipo de procesos son la combustión de un papel, la respiración o cualquier reacción química. En todos los casos, las sustancias iniciales se modifican de forma irreversible, lo que significa que ya no es posible recuperar su estado original. Uno de los ejemplos más claros de cambio químico es la combustión.*

Para comprender con claridad **la diferencia entre un fenómeno físico y uno químico**, podemos observar un proceso natural como **la fotosíntesis**:

1. La hoja capta dióxido de carbono (CO_2) del aire, mientras que el agua (H_2O) es absorbida desde el suelo por las raíces.
2. El agua se descompone en hidrógeno y oxígeno.

Este proceso implica una transformación en la composición de las sustancias, por lo tanto, se trata de un fenómeno químico.

Por otro lado, los **fenómenos fisicoquímicos** son aquellos que provocan simultáneamente un cambio en la estructura molecular de las sustancias y en su estado físico o forma. Es decir, afectan tanto la composición interna como la disposición externa de los elementos. *Ejemplos de este tipo de fenómenos incluyen: disoluciones, catálisis y electrólisis.*



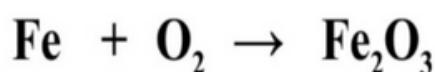
- **Disoluciones:** Una disolución es una mezcla homogénea formada por dos o más sustancias puras que no reaccionan químicamente entre sí. Una de estas sustancias es el disolvente y la otra (o las otras) es el soluto. La distinción entre soluto y solvente es un poco arbitraria, pero por lo general se toma el soluto como el componente que está en menor cantidad y el solvente como el componente que está en mayor cantidad en la disolución

- **La catálisis** es un proceso que acelera las reacciones químicas. Funciona gracias a unas moléculas llamadas catalizadores, que proporcionan formas de llegar a los productos que requieren menos energía. Ayudan a que la reacción funcione y se acelere, pero una vez terminada ellos recuperan su forma inicial.
- **La electrólisis** es un proceso donde la energía eléctrica cambiará a energía química. El proceso sucede en un electrolito, una solución acuosa o sales disueltas que den la posibilidad a los iones ser transferidos entre dos electrodos.

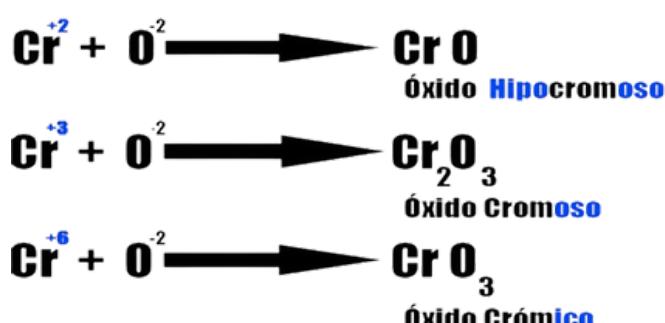
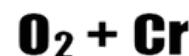
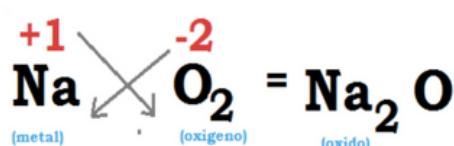
1.2 REACCIONES QUÍMICAS

Por experiencia, sabemos que un trozo de hierro se oxidará si lo dejamos a la intemperie, y lo sabemos aunque no poseamos conocimientos de química. Lo que ocurre una reacción química en la cual el hierro se combina con el oxígeno presente en el aire para formar una sustancia distinta a las originales, un **óxido de hierro**.

El origen de una nueva sustancia, como el óxido de hierro en nuestro ejemplo, significa que ha ocurrido un reordenamiento de los electrones dentro de los átomos, y se han creado nuevos enlaces químicos. Estos enlaces químicos determinarán las propiedades de la nueva sustancia.



Oxidación del hierro



REACCIONES REVERSIBLES

La mayoría de los cambios químicos no pueden revertirse. Por ejemplo, cuando quemamos un trozo de madera, ya no es posible recuperar la madera original a partir de las sustancias resultantes, como las cenizas y los gases.

Sin embargo, existen ciertos cambios químicos que sí permiten recuperar la sustancia original al añadir otra sustancia. **En estos casos hablamos de cambios químicos reversibles.** Para que ocurra un cambio químico reversible, es necesario provocar otra reacción química.

Las reacciones reversibles son aquellas en las que los productos pueden reaccionar entre sí y volver al estado original. *Ejemplo:* $H_2 + N_2 \rightleftharpoons NH_3$

En cualquier caso, todo cambio químico implica una reacción entre sustancias distintas que da lugar a la formación de nuevas sustancias.

Entonces, una reacción química es un proceso mediante el cual una o más sustancias se transforman en otras diferentes, con una naturaleza distinta.

Estas reacciones **pueden manifestarse de diversas formas**, como por ejemplo:

- Liberación de gases
- Efervescencia
- Cambios de color
- Emisión de luz
- Aumento de la temperatura
- Formación de nuevas sustancias



Algunos ejemplos de este tipo de reacciones son:

- **Reacciones de efervescencia**
- **Reacciones de combustión**
- **Reacciones en las que se desprende luz o calor**
- **Cambios de color**
- **Precipitación de sustancias**

REACCIONES QUÍMICAS Y OXIDACIÓN

Existen diferentes tipos de reacciones químicas, y una de ellas es la reacción de oxidación. La oxidación consiste en la combinación de un elemento químico con el oxígeno para formar su óxido correspondiente.

Por ejemplo: la oxidación del hierro.

Tipos de transferencia de energía en las reacciones químicas:

Cuando ocurre una reacción química, puede haber una transferencia de energía entre el sistema y el entorno. Según esta transferencia, las reacciones pueden clasificarse en:

- **Reacción exotérmica:** el sistema libera energía al exterior, normalmente en forma de calor.
- **Reacción endotérmica:** el sistema absorbe energía del entorno.



REACCIONES DE COMBUSTIÓN

El oxígeno tiene la capacidad de combinarse con distintos elementos para formar óxidos, y a este proceso se le llama oxidación.

Cuando esta **oxidación** ocurre lentamente —como en el caso del hierro oxidado—, sigue siendo una oxidación, pero no se considera **combustión**.

En cambio, cuando la oxidación sucede de manera rápida y libera una gran cantidad de energía, hablamos de una **reacción de combustión**.

¿Qué es la combustión?

Es una reacción química de oxidación rápida entre una sustancia que se oxida (llamada **combustible**) y el oxígeno (que actúa como **comburente** u oxidante). Este tipo de reacción se caracteriza por ser muy exotérmica, es decir, por liberar gran cantidad de calor, además de otros efectos físicos visibles.

Características de la combustión:

- Desprende energía en forma de luz y calor.
- Se lleva a cabo de forma rápida e intensa.
- Suele ir acompañada de la emisión de humos y gases, que son signos visibles del proceso.
- El combustible es la sustancia que arde (por ejemplo, kerosén o alcohol).
- El comburente es quien permite y mantiene la reacción, y suele ser el oxígeno del aire.



REACCIONES REDOX Y COMBUSTIÓN

Las reacciones de combustión se clasifican dentro de un tipo especial de reacciones químicas conocidas como **reacciones REDOX**.

¿Qué es una reacción REDOX? Las reacciones REDOX son procesos químicos en los que se produce un intercambio de electrones entre dos sustancias o especies químicas. Durante este intercambio, **una especie se reduce y otra se oxida de manera simultánea**.

1. Reducción y agente oxidante

- La especie que se reduce es aquella que gana electrones, lo que provoca que su número de oxidación disminuya.
- Esta especie se denomina agente oxidante, ya que, al reducirse, provoca que otra sustancia se oxide.

2. Oxidación y agente reductor

- La especie que se oxida es la que pierde electrones, lo que provoca que su número de oxidación aumente.
- Esta sustancia actúa como agente reductor, porque al oxidarse permite que otra sustancia se reduzca.

ESQUEMA

REACTIVOS	COMBUSTIBLE	Cede electrones Se oxida Aumenta num. de oxidación	AGENTE REDUCTOR
	COMBURENTE	Gana electrones Se reduce Disminuye num. de oxidación	AGENTE OXIDANTE

Relación entre combustible y comburente en una reacción REDOX

Durante una reacción de combustión:

- El comburente (normalmente el oxígeno) toma electrones del combustible, oxidándolo.
- El combustible cede electrones, lo que reduce al comburente.

*Posibles preguntas de examen

¿Quién reduce?

→ El combustible.

Por lo tanto, es el agente reductor.

¿Quién es reducido?

→ El oxígeno o comburente.

¿Quién es oxidado?

→ El combustible.

Por lo tanto, el oxígeno es el agente oxidante.

FUEGO, COMBUSTIÓN E INCENDIO

Según el DRAE (Diccionario de la Real Academia Española):

- Fuego: es el calor y la luz producidos por la combustión.
- Incendio: es un fuego grande que destruye lo que no debería quemarse.

Según la norma UNE 23026:

- El fuego se define como una combustión caracterizada por la emisión de calor, humo y llama.

Según la norma ISO 13943:

- El fuego es una combustión autososeportada, iniciada de forma deliberada para aprovechar sus efectos, y que está controlada tanto en el tiempo como en el espacio.
- En cambio, el incendio es una combustión que se propaga sin control, tanto temporal como espacialmente. Es decir, se trata de una combustión de aportación incontrolada.

Resumen clave:

Fuego + características descontroladas = Incendio

La diferencia esencial entre el fuego y el incendio es que el fuego está controlado y el incendio no lo está.

CONDICIONES NECESARIAS PARA QUE SE PRODUZCA UN FUEGO

Para que tenga lugar una combustión, deben cumplirse tres condiciones esenciales:

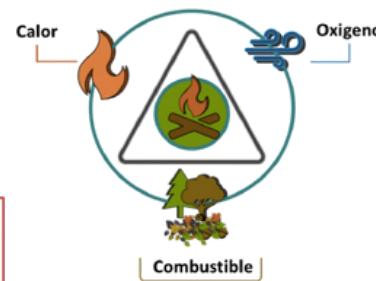
1. **Presencia de materiales reaccionantes:** Es decir, debe existir un combustible (la sustancia que se quema) y un comburente (normalmente el oxígeno, que permite la combustión).
2. **Fase gaseosa:** Ambos materiales deben encontrarse o alcanzar la fase gaseosa, ya que la reacción de combustión se produce con mayor facilidad en este estado.
3. **Energía de activación:** Es necesario que exista una energía inicial suficiente que active la reacción química. Esta se conoce como energía de activación y puede provenir de una chispa, una llama, una fuente de calor, etc.

TRIÁNGULO DEL FUEGO

El triángulo del fuego es una representación gráfica sencilla que se utiliza para explicar las condiciones necesarias para que se produzca la combustión.

Esta herramienta visual **nos indica que el fuego solo puede generarse si se combinan tres elementos fundamentales:**

1. COMBUSTIBLE. Es la sustancia inflamable, es decir, el material que puede arder o reaccionar con el comburente. Ejemplo: madera, papel, gasolina...



2. COMBURENTE. Es el elemento que favorece la combustión al reaccionar con el combustible. En la mayoría de los casos, el comburente es el oxígeno del aire, que debe estar presente en las proporciones adecuadas para que el fuego pueda mantenerse.

3. ENERGÍA DE ACTIVACIÓN. Es la energía inicial necesaria para que se inicie la reacción de combustión. Puede provenir de una chispa, una llama, calor o cualquier otra fuente de energía suficiente.

***CONDICIÓN CLAVE.** **Los tres elementos deben estar presentes y en las condiciones y proporciones adecuadas. Si falta uno solo de ellos, la combustión no se produce.**

¿Basta con tener los tres elementos del triángulo (combustible, comburente y calor) para mantener el fuego? NO.

Para que haya un fuego sostenido, se deben cumplir tres condiciones fundamentales:

1. Que tanto el combustible como el comburente estén en fase gaseosa, ya que la reacción se produce más fácilmente en este estado.
2. Que ambos estén presentes en las proporciones adecuadas.
3. Si hay exceso o falta de alguno, la combustión puede no iniciarse o no mantenerse.
4. Que se inicie una **reacción en cadena**, es decir, que el proceso se retroalimente continuamente generando más calor y favoreciendo la continuidad del fuego.

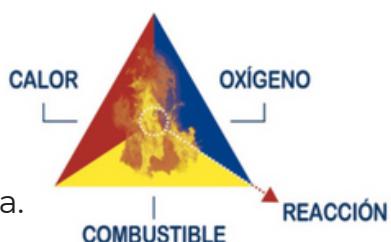
REACCIÓN EN CADENA

Durante una combustión, se generan diversos productos secundarios como humos, gases, residuos sólidos y una gran cantidad de calor (incluso más del que se necesitó para iniciar la reacción).

Cuando ese calor se reutiliza para alimentar nuevas reacciones químicas, se produce lo que se conoce como una reacción en cadena. Este fenómeno hace que la combustión se vuelva incontrolable. Si no se elimina alguno de los tres elementos esenciales del triángulo del fuego (combustible, oxígeno o calor), el fuego no se extingue.

Importante:

Si suprimimos cualquiera de los factores clave (combustible, comburente o energía), el fuego se apaga.

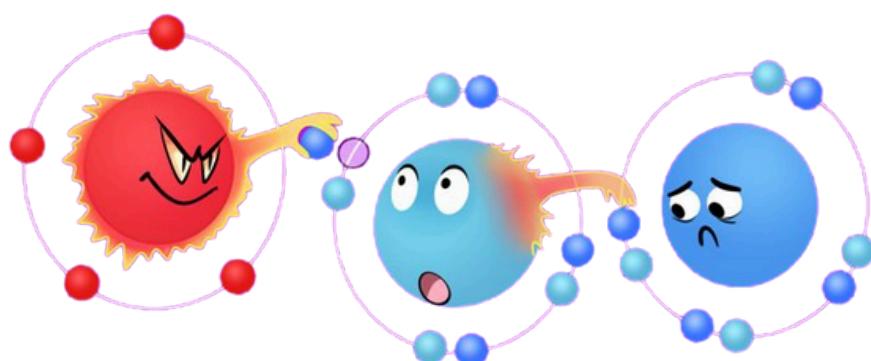


¿QUÉ SON LAS REACCIONES QUÍMICAS EN CADENA?

Durante la **pirólisis** (descomposición térmica del material), se generan iones y gases que se mezclan con el aire.

Estos iones —especialmente los llamados **radicales libres**— reaccionan con el oxígeno del aire, dando lugar a una **reacción química de oxidación-reducción (redox) que es exotérmica**, es decir, libera más calor.

Ese calor genera más radicales libres, que a su vez vuelven a reaccionar con el oxígeno, repitiendo el proceso. Se forma así un circuito de retroalimentación en el que se producen una serie de reacciones sucesivas que mantienen y refuerzan la combustión, generando más calor constantemente.



RESUMEN

Cuando una sustancia se quema (es decir, arde), se produce un fenómeno conocido como combustión.

La combustión es un proceso de transformación de la materia que comienza con un aporte de energía, y que, en presencia de oxígeno, da lugar a:

- La formación de nuevas sustancias
- La liberación de energía en forma de calor y luz

*Ejemplo: combustión del papel

Al quemar papel:

- La energía necesaria para iniciar la combustión la aporta una llama.
- La reacción ocurre en presencia de oxígeno (contenido en el aire).
- El papel actúa como combustible, y el oxígeno como comburente.

Durante esta reacción, se generan como productos:

- Dióxido de carbono (CO_2)
- Vapor de agua (H_2O)
- Cenizas, que son el residuo mineral del papel

SOBRE LA COMBUSTIÓN INCOMPLETA

- Si hay falta de oxígeno, la combustión no se completa y se forma monóxido de carbono (CO).
- El CO es un gas muy tóxico, con gran afinidad por la hemoglobina de la sangre (300 veces más que el oxígeno).
- Al respirar monóxido de carbono, este desplaza el oxígeno en la hemoglobina e impide la absorción de oxígeno en los pulmones, lo cual puede ser mortal.

CÓMO IDENTIFICAR UNA MALA COMBUSTIÓN

- La llama es amarillenta
- Se genera un humo denso y oscuro, cargado de hollín (partículas de carbono que no se han quemado)

02 ELEMENTOS QUE COMPONEN EL FUEGO

2.1 COMBUSTIBLE

¿QUÉ ES UN COMBUSTIBLE? Se considera combustible a cualquier sustancia o materia que no ha alcanzado su grado máximo de oxidación y que es capaz de arder al entrar en contacto con el aire, oxígeno, o una mezcla gaseosa que lo contenga, liberando calor durante el proceso.

En una combustión, el combustible actúa como agente reductor, ya que cede o transfiere electrones al agente oxidante (habitualmente el oxígeno).

La mayoría de los materiales combustibles contienen cantidades importantes de carbono e hidrógeno, dos elementos altamente oxidables.



2.2 CLASES DE COMBUSTIBLES

SÓLIDOS

Tienen volumen y forma constante.

Ejemplos:

- Naturales: madera, caucho, corcho, paja
- Artificiales: plásticos, tejidos acrílicos

LÍQUIDOS

Tienen volumen constante pero forma variable, dependiendo del recipiente.

Ejemplos: petróleo, aceite, gasolina, gasóleo, sulfuro de carbono.

También se incluyen en este grupo productos sólidos que se licúan fácilmente, como la parafina.

GASES

No tienen forma ni volumen propios: adoptan los del recipiente que los contiene.

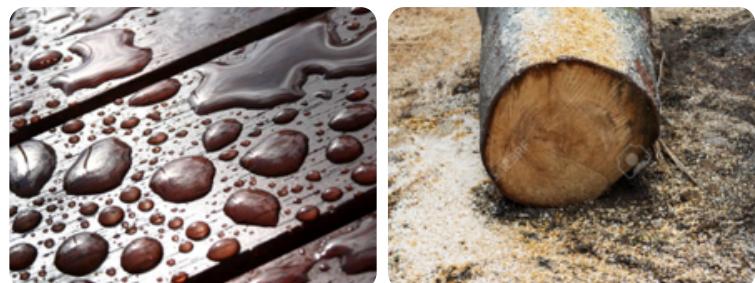
Ejemplos: metano, acetileno, óxido de propileno, gases licuados del petróleo (GLPs).

COMBUSTIBLES SÓLIDOS

Factores que influyen en su ignición y facilidad de propagación:

- + **densidad – ignición**
- + **macizo – ignición**
- + **disgregado + ignición**
- + **humedad – ignición**
- + **secos + ignición**

Ejemplo: incendio forestal



COMBUSTIBLES SÓLIDOS MACIZOS

Los sólidos macizos pueden quemarse de dos maneras distintas, según el tipo de reacción que se produce:

1. COMBUSTIÓN DIRECTA DEL SÓLIDO

- El sólido se vuelve incandescente y arde sin formación de llamas.
- Esta combustión **solo ocurre en la superficie del material que está en contacto con el oxígeno.**

Este tipo de combustión suele darse en materiales porosos, ya que el oxígeno puede difundirse a través de sus poros.

La reacción es más lenta, pero estos sólidos, al ser malos conductores del calor, conservan bien la temperatura en la zona de reacción, lo que permite que la combustión se mantenga.

*Sin embargo, este no es el caso
más habitual de combustión en sólidos.*



2. COMBUSTIÓN INDIRECTA DEL SÓLIDO

- El sólido se vuelve candente y emite gases inflamables, que sí producen llamas al arder.

Este fenómeno ocurre cuando, al alcanzar cierta temperatura:

- Se produce un cambio de estado en el material (como en una vela), o
- Tiene lugar una descomposición térmica (**pirólisis**), como en la madera.

Esos gases inflamables generados por el calor son los que realmente se queman con llama visible.

Esta es la forma más común de combustión en materiales sólidos.



[EL FUEGO - MINUTO 9:40](#)

[ver vídeo](#)

COMBUSTIBLES SÓLIDOS DISGREGADOS

Los sólidos en polvo presentan un riesgo de inflamación mucho mayor en comparación con otros tipos de combustibles sólidos. Este alto riesgo se debe principalmente a dos factores:

1. **Gran superficie de contacto entre el combustible y el comburente**, lo que facilita la reacción.
2. Alta capacidad de dispersión de las partículas en el aire.

Además, el peligro es mayor cuanto menor es el tamaño de las partículas, ya que se mezclan más fácilmente con el oxígeno del aire.

Este tipo de materiales puede dar lugar a explosiones.



[ATEX - EXPLOSIÓN HARINA](#)

[ver vídeo](#)

COMBUSTIBLES SÓLIDOS HÚMEDOS

El contenido de humedad en un sólido **influye de forma considerable tanto en su facilidad de ignición como en la velocidad de combustión.**

Un ejemplo claro es el de los incendios forestales:

Tras una sequía prolongada y altas temperaturas, la vegetación seca del bosque se convierte en un combustible ideal, lo que facilita una combustión rápida y una propagación intensa del fuego.

¿Qué ocurre si el combustible está húmedo?

- El agua presente en el combustible absorbe gran parte del calor que se le aplica, dificultando el encendido.
- Además, al calentarse, el agua genera vapor, el cual diluye el oxígeno disponible alrededor del combustible.
- Esta dilución hace más difícil la formación de mezclas inflamables, lo que ralentiza o impide la combustión.

COMBUSTIBLES LÍQUIDOS

Los líquidos no arden directamente. Primero deben vaporizarse, y es ese gas generado el que participa en la combustión. La combustión se produce cuando:

- El gas que se ha evaporado se mezcla con el aire,
- Y esta mezcla se encuentra dentro de los límites de inflamabilidad.

Factores importantes a tener en cuenta:

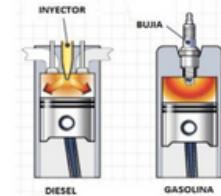
- Cuanto mayor sea la presión de vapor de un líquido, mayor será su volatilidad y, por tanto, más inflamable será.
- **+ presión de vapor → + volatilidad → + facilidad de inflamación**
- La presión atmosférica influye directamente en:
 - El grado de evaporación del líquido.
 - La temperatura a la que se inflama el material.
- **A mayor presión, menor será la temperatura** necesaria para que el líquido se inflame.

COMBUSTIBLES LÍQUIDOS PULVERIZADOS

Los combustibles líquidos pulverizados presentan un alto riesgo de inflamación, debido a su elevada relación superficie/masa.

¿Por qué sucede esto?

Al estar el líquido finamente dividido en pequeñas gotas:



- Aumenta considerablemente la superficie de contacto entre el combustible y el comburente.
- Esto potencia la inflamación, ya que se facilita la mezcla y la reacción entre ambos componentes.

MAYOR SUPERFICIE → MAYOR INFLAMACIÓN → RIESGO DE EXPLOSIÓN

Este principio es aplicable, por ejemplo, en sistemas de inyección de combustible como los de motores diésel o de gasolina, donde el combustible se atomiza para favorecer la combustión.

COMBUSTIBLES GASEOSOS

Para que un gas pueda inflamarse y arder, es necesario que su mezcla con el aire esté dentro de unos márgenes específicos conocidos como límites de inflamabilidad. **Si la mezcla está fuera de esos límites, no se produce inflamación.**

¿QUÉ SON LOS LÍMITES DE INFLAMABILIDAD? Son las concentraciones mínimas y máximas de vapor o gas en el aire dentro de las cuales la mezcla es inflamable.

- Límite inferior de inflamabilidad (LII): Es la concentración mínima del gas en el aire necesaria para que se produzca una combustión. (También llamado límite inferior de explosividad - LIE).
- Límite superior de inflamabilidad (LSI): Es la concentración máxima del gas que permite la combustión. (También conocido como límite superior de explosividad - LSE).

EXCEPCIONES. En la mayoría de los gases inflamables existe siempre un límite inferior, pero no siempre hay un límite superior.

Por ejemplo, el acetileno puede descomponerse de forma explosiva incluso sin presencia de oxígeno, por lo que no tiene un límite superior definido.

Según la NTP 379, estos límites son clave para evaluar la inflamabilidad de los gases.

PIRÓLISIS

¿QUÉ ES LA PIRÓLISIS? La pirólisis es un proceso de degradación térmica de una sustancia que ocurre en ausencia de oxígeno. Durante este proceso, el material se descompone por efecto del calor sin que se produzcan reacciones de combustión. Como resultado, se generan gases combustibles y otros productos intermedios.



Etapa previa a la combustión. La pirólisis es, de hecho, la primera etapa de la combustión.

Por ejemplo, cuando colocamos un tronco nuevo en una chimenea de leña, lo primero que ocurre es que su superficie se carboniza ligeramente (pirólisis), antes de que empiece a arder (combustión).

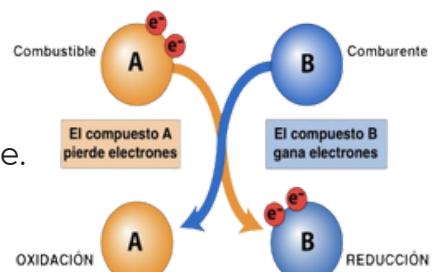
Definición según la norma ISO 13943. La pirólisis es la parte del proceso de descomposición química irreversible provocada por un aumento de la temperatura. Además, puede acompañarse de descomposición causada por otras acciones, como ataques químicos.

2.3 COMBURENTE

El comburente es el elemento que, al mezclarse con el combustible en proporciones adecuadas, permite que este arda. **El oxígeno es el comburente más común**, presente en el aire en una proporción del 21% en volumen (el resto, un 79%, es principalmente nitrógeno).

Durante la combustión:

- El comburente se encarga de oxidar el combustible.
- Esto significa que le “roba” electrones,
- favoreciendo así la reacción química.



¿ES EL OXÍGENO EL ÚNICO COMBURENTE? No. Existen también combustiones sin oxígeno, lo que demuestra que no es el único comburente posible.

Otros ejemplos de comburentes:

- Cloro: algunos hidrocarburos pueden arder en atmósfera de cloro.
- Nitrógeno: metales como el aluminio o el magnesio pueden quemarse en su presencia.
- Ácido nítrico: puede reaccionar con materiales como la lana.
- Dióxido de carbono: en atmósfera controlada, puede reaccionar con el circonio.
- Cloro gaseoso: puede actuar como comburente para el hidrógeno.

COMBURENTE EN COMPUESTOS QUÍMICOS

Algunas moléculas contienen el comburente en su estructura y lo liberan bajo condiciones específicas.

Ejemplos:

- Nitrato sódico (NaNO_3)
- Celulosa ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)
- Carbonato potásico (K_2CO_3)

Estas sustancias pueden ceder oxígeno u otro elemento comburente durante la combustión, actuando como comburentes internos.

INFLUENCIA DEL COMBURENTE EN LA COMBUSTIÓN

La cantidad de oxígeno disponible en el entorno donde se produce la combustión tiene un efecto directo sobre su comportamiento.

Tipos de combustión según el oxígeno disponible:

1. Combustión completa
 - Ocurre cuando hay oxígeno suficiente.
 - Se genera llama y la reacción es más eficiente.
 - Se obtienen productos como dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O).

2. Combustión incompleta

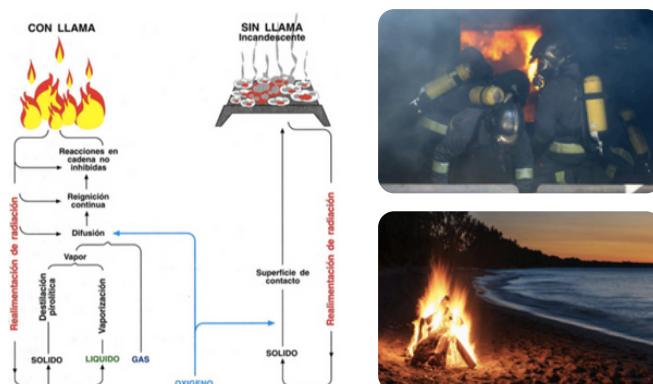
- Se da cuando hay falta de oxígeno, como en espacios cerrados.
- No se quema todo el combustible.
- Se producen sustancias peligrosas como monóxido de carbono (CO) y una gran cantidad de humo.

¿Qué ocurre en espacios cerrados? Cuando no se renueva el oxígeno:

- La combustión consume el oxígeno disponible rápidamente.
- Aparecen productos intermedios y más tóxicos.
- El humo se vuelve más denso, dificultando la visibilidad y aumentando el riesgo para las personas expuestas.

Con y sin llama:

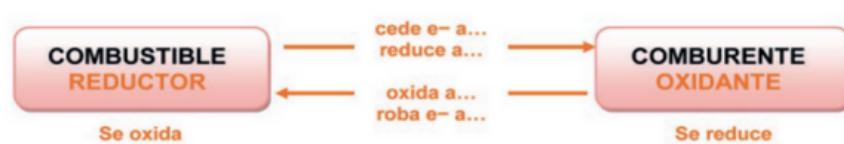
- Con llama: hay suficiente oxígeno, se produce cadena de reacciones visibles y energía luminosa.
- Sin llama: ocurre una incandescencia superficial (como en brasas), sin producción de llama.



SENSIBILIDAD DE LOS MATERIALES AL OXÍGENO

Existen materiales que en el aire no reaccionan o lo hacen de forma muy lenta, pero que en presencia de oxígeno puro:

- Se inflaman fácilmente.
- Se oxidan de forma intensa y violenta.



03 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS COMBUSTIBLES

3.1 LÍQUIDOS COMBUSTIBLES E INFLAMABLES

Muchas veces se plantea la diferencia semántica entre inflamable y combustible.

- Un **líquido combustible** es aquel que tiene un punto de inflamación igual o superior a 38 °C.
- Un **líquido inflamable** tiene un punto de inflamación inferior a 38 °C

3.2 GASES

- Se consideran gases aquellas sustancias que, **a 20 °C y 1 atmósfera de presión**, se encuentran en estado gaseoso.
- **Tienen un punto de inflamabilidad muy bajo, lo que provoca una combustión rápida y violenta.**
- Esta velocidad explosiva de combustión es la característica más representativa de los gases.

3.3 PLÁSTICOS

Aunque son sólidos, muchos plásticos presentan un comportamiento térmico similar al de los líquidos a temperaturas moderadas. Existen múltiples tipos de plásticos, por lo que su reacción ante un incendio puede variar considerablemente. Se dividen en dos grandes grupos:

TERMOPLÁSTICOS

- Se ablandan al calentarse y recuperan su dureza al enfriarse.
- Pueden moldearse repetidamente.

TERMOESTABLES

- Sufren una transformación química durante su fabricación (fraguado).
- Solo pueden moldearse una vez.

A continuación se exponen de forma resumida la reacción al fuego de las familias más características:

FENOPLASTOS:

- También conocidos como **baquelita**.
- Son plásticos duros, frágiles, de color oscuro y con aspecto metálico.
- Uso habitual: fabricación de electrodomésticos y en la industria del automóvil.
- Son **termoestables**, lo que los hace resistentes al calor y a la llama.
- Su comportamiento frente al fuego puede variar si llevan ciertos aditivos, pero en general tienen buena autoextinción y resistencia a la llama.

AMINOPLASTOS:



- Se conoce con el nombre de melamina, un plástico duro, ligero y fácilmente coloreable.
- Se utiliza principalmente para revestir tableros de madera aglomerada.
- Son también **termoestables**, con alta resistencia al calor y a las llamas, además de ser autoextinguibles.

POLIAMIDAS:

- La más conocida es el nylon.
- Son **termoplásticos**, resistentes, tenaces y capaces de formar hilos.
- Se emplean en la fabricación de piezas mecánicas, textil técnico y cordelería.
- Gracias a su resistencia térmica, suelen ser materiales no propagadores de la llama.



FENOPLASTOS



MELAMINA



POLIAMIDAS

POLIETILENO:

- Se utiliza ampliamente en bolsas de supermercado, envases de alimentos congelados, películas agrícolas y recubrimientos de acequias.
- Aunque es combustible, su combustión es lenta y difícil de iniciar.
- Al quemarse produce principalmente CO₂, CO y vapor de agua.
- Tiene un bajo punto de fusión, por lo que tiende a fundirse antes que arder.



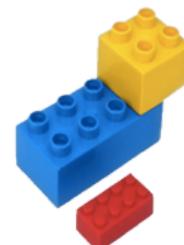
POLIPROPILENO:

- Plástico duro, resistente al calor y a la corrosión.
- Soporta esfuerzos de flexión.
- Se utiliza en tuberías para fluidos calientes, jeringuillas, cuerdas, sacos o redes.
- Su comportamiento ante el fuego es similar al del polietileno: combustión lenta y formación de CO₂, CO y agua.



PLÁSTICOS CON COMPORTAMIENTO MÁS CRÍTICO

POLÍMEROS ESTIRÉNICOS:



- Muy combustibles, generan grandes cantidades de humo negro (típico de hidrocarburos aromáticos).
- Se han desarrollado versiones con retardantes de llama que reducen la producción de CO y CO₂.
- Materiales frecuentes en juguetes o componentes moldeados.

POLICLORURO DE VINILO (PVC):

- Plástico que contiene cloro en su estructura.
- Arde con dificultad y no propaga la llama, pero **genera gases tóxicos como monóxido de carbono (CO) y ácidos clorados.**
- Se presenta en dos formas:
 - Flexible: más inflamable por tener menos cloro.
 - Rígido: poco combustible, pero con mayor emisión de CO al arder.



POLIMETACRILATO DE MITELO (PMMA):

- Conocido como metacrilato o por marcas como Plexiglás.
- Se pule fácilmente y resiste los golpes.
- Se utiliza como sustituto del vidrio: decoración, ventanas de aviones, óptica.
- Alta transparencia (~90%).
- Difícil de inflamar: solo inicia la combustión en puntos específicos del material.
- Produce pocos humos y generalmente incoloros.
- Existen formulaciones autoextinguibles mediante aditivos ignífugos.

DERIVADOS DE LA CELULOSA:

- Son termoplásticos combustibles.
- Arden con facilidad pero generan poco humo.
- Su comportamiento frente al fuego depende de su forma y uso específico.



ESPUMAS DE POLIESTIRENO (POREXPAN):

- Termoplástico utilizado en muebles, envases, juguetes, bolígrafos y para aislamiento en la construcción.
- Mantiene la combustión si hay suficiente oxígeno.
- En espacios cerrados, no se sostiene por sí sola.
- Para arder, el aire debe contener 130 veces más oxígeno que el volumen del propio poliestireno.



ESPUMAS DE POLIESTIRENO:

- Material poroso y termoestable, conocido comúnmente como gomaespuma.
- Combustible, produce humo abundante y en parte tóxico al quemarse.
- Se encuentra en colchones, asientos, aislantes, esponjas, etc.



3.4 TEJIDOS Y FIBRAS TEXTILES

COMBUSTIBILIDAD Y PELIGROSIDAD

- La mayoría de tejidos y fibras textiles son combustibles.
- Su abundancia en viviendas y locales explica su potencial peligroso en caso de incendio.
- El comportamiento ante el fuego depende de múltiples factores:
 - Composición química
 - Peso y compactación
 - Acabado
 - Tratamientos ignífugos

FIBRAS VEGETALES E INORGÁNICAS

- Fibras vegetales (como el algodón y el lino):
 - Están compuestas principalmente por celulosa.
 - Son combustibles, pero no se funden al arder.
 - Al quemarse, generan denso humo negro.
- También existen tejidos no combustibles, fabricados con materiales inorgánicos.

PUNTO DE FUSIÓN E IGNICIÓN

- La mayoría de las fibras textiles se ablandan entre 200 °C y 300 °C, y arden entre 400 °C y 500 °C.
- Algunas fibras especiales pueden tener un punto de ignición superior a 800 °C, y presentan combustión lenta.

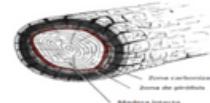
Ejemplo: ropa utilizada por los propios bomberos.

3.5 MADERAS

La madera es uno de los combustibles más comunes en los incendios. Puede encontrarse en múltiples presentaciones: maciza, aglomerada, contrachapada, etc. Durante un incendio, puede entrar en ignición, carbonizarse o arder en forma de “rescolos”, aunque **raramente entra en autoinflamación**.

ETAPAS DE DEGRADACIÓN TÉRMICA DURANTE LA IGNICIÓN

La combustión de la madera ocurre de forma progresiva con el aumento de temperatura. Se pueden distinguir cuatro etapas:



- **Hasta 200 °C:**
 - Se elimina la humedad en forma de vapor de agua y gases volátiles.
- **De 200 °C a 300 °C:**
 - Se alcanza la temperatura de inflamación, apareciendo las primeras llamas.
- **De 300 °C a 500 °C:**
 - Se desarrolla una pirólisis intensa, y la llama comienza a disminuir.
- **Por encima de 500 °C:**
 - La combustión se mantiene. Se ralentiza la penetración del calor hacia el interior debido al crecimiento de una capa carbonosa en la superficie.

*INFLUENCIA DEL TIPO DE MADERA

El comportamiento de la madera frente al fuego varía según su especie.

Por ejemplo: El pino se inflama más fácilmente que el roble, incluso si los trozos tienen el mismo tamaño o características.

3.6 PAPEL

La combustión del papel está determinada en gran medida por dos factores:

- **Su compactación**
- **Su composición química**

Un fardo de papel prensado arde con dificultad y muy lentamente, ya que el oxígeno penetra con dificultad.



En cambio, el papel suelto arde rápidamente y con llama viva, gracias a un mejor acceso del oxígeno.

3.7 POLVO EN SUSPENSIÓN

Cuando los combustibles sólidos están en forma de polvo, presentan características especiales:

La rápida combustión de una nube de polvo puede generar una gran cantidad de gases y provocar una explosión. Estas combustiones son del tipo deflagración, donde: **La onda de presión se propaga por delante de la llama.**

FACTORES DE RIESGO EN EXPLOSIONES DE POLVO:

Los principales factores que determinan el comportamiento de estas explosiones son:

- La naturaleza del combustible
- La concentración del polvo
- El tamaño de las partículas en suspensión
- La presencia de impurezas
- La humedad
- La concentración de oxígeno en el aire
- La potencia de la fuente de ignición



Cuanto más pequeñas son las partículas, más fácilmente se inflaman. Si el polvo está depositado sobre una superficie, existe riesgo de incendio. Si se suspende en el aire, puede haber riesgo de explosión.

3.8 METALES

Aunque no lo parezca, los metales **también pueden ser combustibles** bajo ciertas condiciones. Características generales de los metales:

1. Alta conductividad térmica y eléctrica
2. Ductilidad y maleabilidad
3. Brillo característico
4. Generalmente sólidos
5. Aptos para formar aleaciones
6. Tienen una temperatura de fusión específica



COMBUSTIBILIDAD DE LOS METALES:

Todos los metales pueden arder si se dan las condiciones adecuadas:

- Estado de disagregación (polvo fino, virutas, etc.)
- Alta temperatura
- Presencia de atmósfera oxidante (o incluso en atmósferas sin oxígeno, como nitrógeno, CO₂ o vapor de agua)

La forma en que arden varía según:

- tipo de metal
- calor necesario para la ignición
- condiciones atmosféricas
- humo generado

PROBLEMAS CON FUEGOS DE METALES:

El principal reto es que no pueden apagarse con métodos tradicionales (agua o extintores comunes).

Se necesita usar medios específicos.

Clasificación útil:

- Metales pesados
- Metales ligeros → más combustibles
 - Se subdividen en:
 - Metales alcalinos
 - Metales alcalinotérreos

MAGNESIO

- Muy inflamable
- Puede autoinflamarse si está humedecido

• Si el fuego es pequeño:

- puede extinguirse con gran cantidad de agua a chorro

• Si no:

- usar grafito, talco, polvo químico especial o gases como trifluoruro de boro



METALES ALCALINOS (Na, K, Li)

- Se oxidan rápidamente en contacto con la humedad.
- El sodio (Na) puede provocar explosiones al contacto con el agua.
- Medios de extinción recomendados:
 - Grafito
 - Arena
 - Gases inertes (nitrógeno, helio, argón)

OTROS METALES COMBUSTIBLES

CALCIO

- Tiene un comportamiento similar al sodio: reacciona intensamente con el agua.

ALUMINIO

- Solo arde en formas muy finas, como láminas o virutas.
- Durante su combustión, descompone el agua.

***Extinción:** grafito, talco, polvo químico, extintores polivalentes.

IMPORTANCIA DEL ESTADO FÍSICO

- Casi todos los metales pueden oxidarse si están suficientemente divididos.
- Algunos generan tanto calor durante la oxidación que alcanzan por sí mismos la temperatura de inflamación.

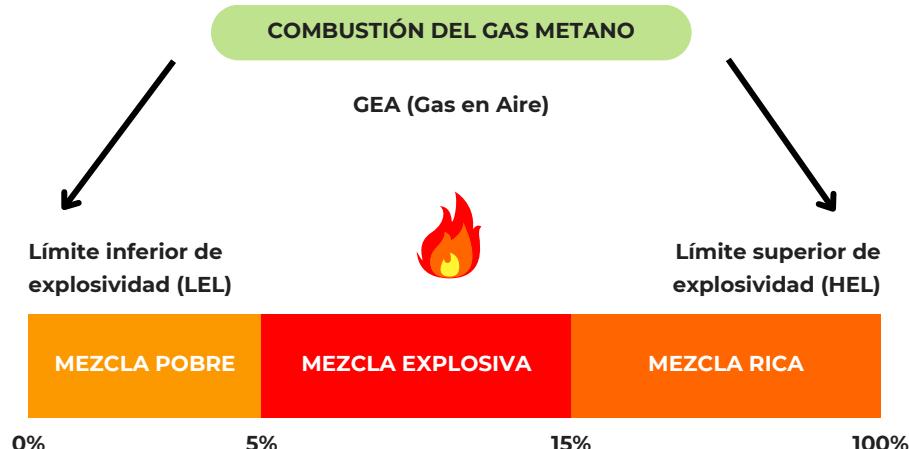
*Metales como el aluminio o el acero, que en estado masivo no se consideran combustibles, pueden arder si están en polvo o virutas.

04 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMBUSTIBILIDAD

4.1 LÍMITES DE INFLAMABILIDAD

¿QUÉ ES EL RANGO DE INFLAMABILIDAD?

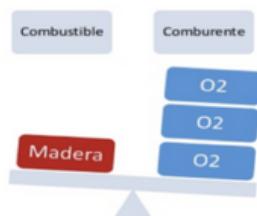
Es el intervalo de concentraciones de una mezcla gas-comburente (ej. gas + aire) en el que es posible la inflamación al aplicarse una fuente de calor. Fuera de este rango, no se produce combustión, por mucho que haya calor.



LÍMITE INFERIOR DE INFLAMABILIDAD (LII)

Es la mínima concentración de gas o vapor capaz de arder en presencia de una fuente de ignición.

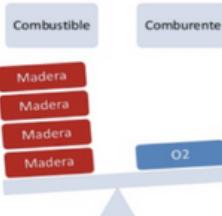
Si la mezcla es más pobre (menos gas), no habrá combustión.



LÍMITE SUPERIOR DE INFLAMABILIDAD (LSI)

Es la máxima concentración a partir de la cual no hay suficiente oxígeno para sostener la combustión.

Si hay demasiado gas y poco aire, la mezcla no prende.



LÍMITES DE INFLAMABILIDAD Y TEMPERATURA

Los límites de inflamabilidad no son fijos, sino que varían con la temperatura.

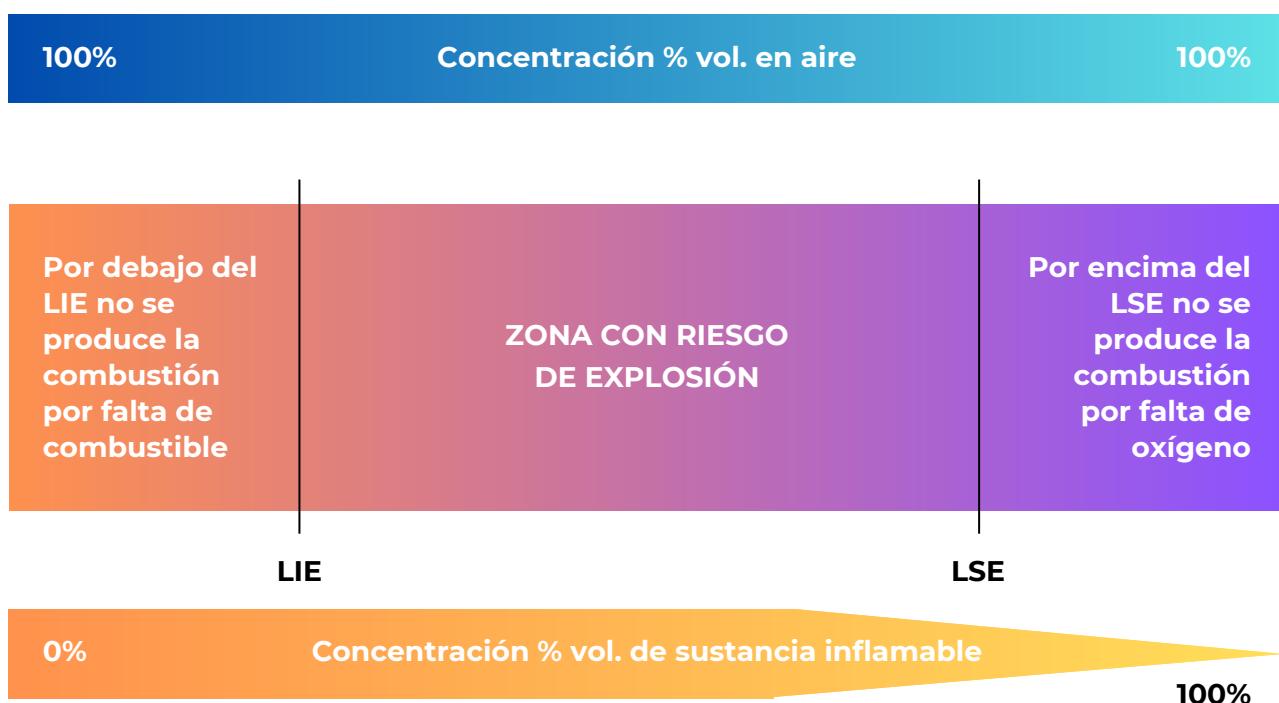
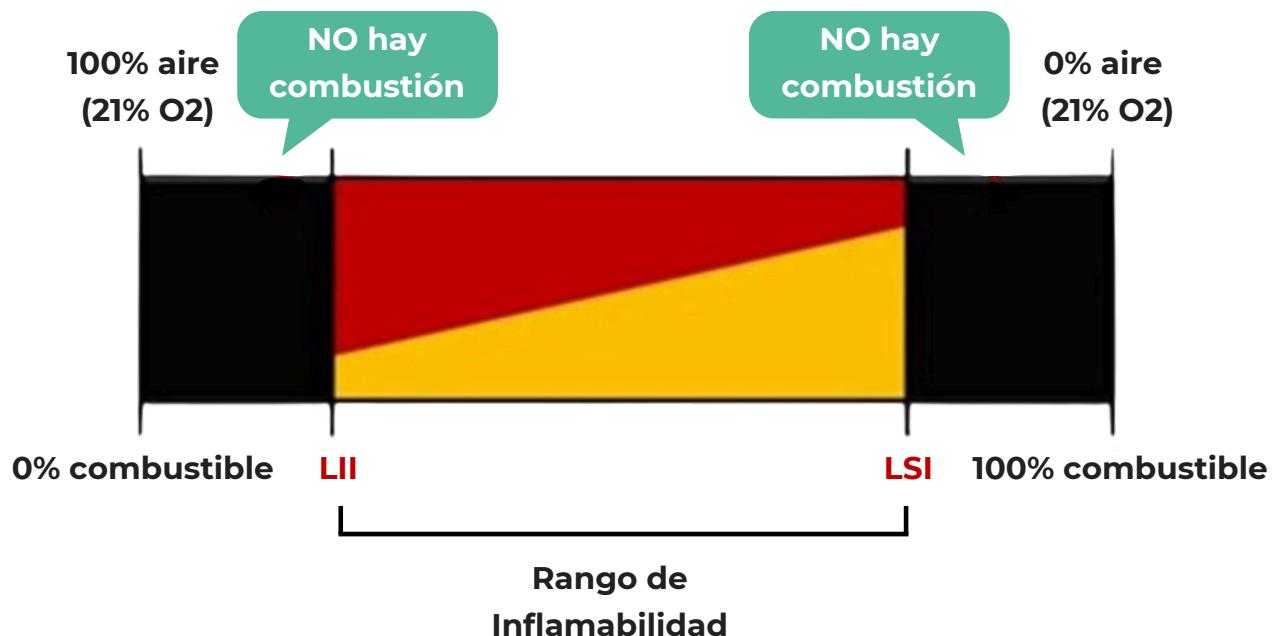
- ▲ **A mayor temperatura, el rango se ensancha** → hay más probabilidades de que se dé una mezcla inflamable.
- ▼ **A menor temperatura, el rango se estrecha** → puede que la misma mezcla ya no arda.

Esto significa que una sustancia que es inflamable en ciertas condiciones puede dejar de serlo si cambian la temperatura o la presión.

La determinación de estos límites depende del tipo de sustancia y suele requerir ensayos específicos.

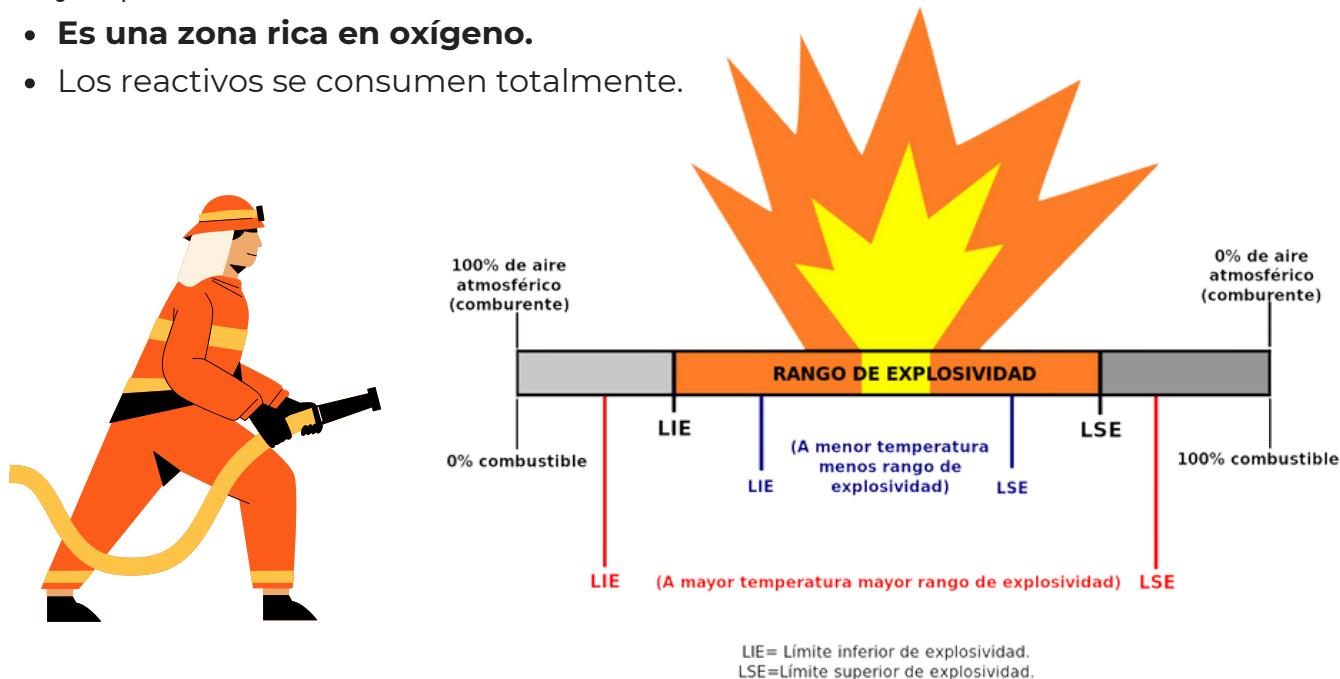
SUSTANCIA	LÍMITE INFERIOR (LI)	LÍMITE SUPERIOR (LS)
Amoniaco	16	25
Monóxido de carbono	15,5	74
Metano	5	15
Alcohol etílico	3,3	7,1
Cloruro de vinilo	3,6	33
Etano	3	12,4
Acetileno	2,5	81
Acetona	2,4	12,8
Propileno	2	11
Propano	2,1	9,5
Butano	1,8	8,4
Pentano	1,5	7,8
Gasolina	1,4	7,6
Benceno	1,3	7,9
Aguarrás	1,1	6,5
Gasoil	0,6	6

4.2 RANGO DE INFLAMABILIDAD



PUNTO ESTEQUIMÉTRICO

- Dentro del rango de inflamabilidad existe un valor concreto en el que la proporción de mezcla combustible-comburente es óptima.
- Este valor se llama **punto estequiométrico**.
- En ese punto, la combustión se produce de forma más productiva, intensa y explosiva.
- Es una zona rica en oxígeno.**
- Los reactivos se consumen totalmente.



PUNTO IDEAL DE COMBUSTIÓN

- También dentro del rango de inflamabilidad se encuentra el llamado punto ideal de combustión, donde **la combustión se produce a máxima velocidad**.
- Este punto se encuentra **en mezclas ligeramente ricas en combustible**, es decir, por encima del punto estequiométrico.
- Ejemplo: El metano alcanza su máxima velocidad de reacción con una concentración del 10% en aire, mientras que su punto estequiométrico está en el 9,5%.*

EFFECTOS DE LA TEMPERATURA

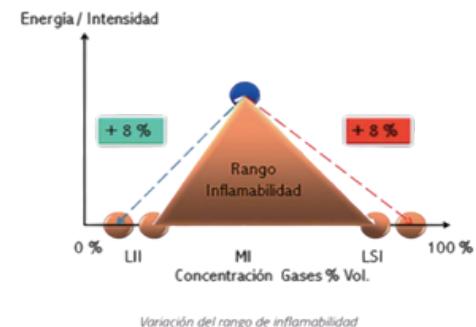
Cuando la temperatura aumenta:

- El **rango de inflamabilidad se amplía**.
- El **Límite Inferior de Inflamabilidad (LII) ↓ baja hacia 0%**.
- El **Límite Superior de Inflamabilidad (LSI) ↑ sube hacia valores más altos**.
- Este desplazamiento ocurre en la misma proporción para ambos límites.

Se estima que un aumento de temperatura de 100 °C:

- ↓ LII un 8%
- ↑ LSI un 8%

*Resultado: El intervalo en el que una mezcla puede inflamarse se amplía considerablemente.



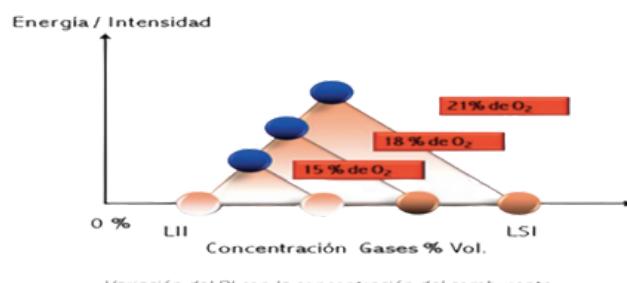
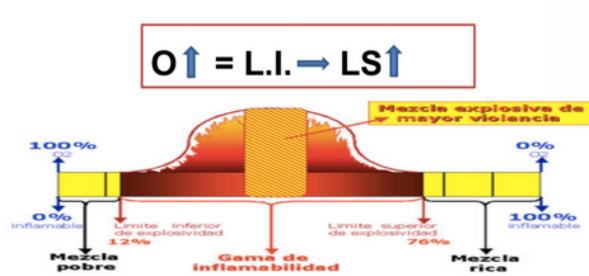
EFFECTOS DE LA PRESIÓN

- ↑ Presión → ↑ LSI (Límite Superior de Inflamabilidad)
- ↓ Presión → Si desciende por debajo de 5 kPa, no se propaga la llama.
- El efecto sobre el LII (límite inferior) es ligero: a mayor presión, disminuye ligeramente el LII.
- En resumen:
 - Presión alta → ensancha ligeramente el rango.
 - Presión muy baja → impide la inflamación.



EFFECTOS DEL OXÍGENO

- Si la concentración de oxígeno es mayor al 21% (aire normal), el combustible tiene más oxidante para reaccionar.
- Esto afecta solo al LSI:
 - ↑ Oxígeno → ↑ LSI → mayor riesgo de inflamación.
 - ↓ Oxígeno → ↓ LSI
- El LII permanece estable (no varía con el oxígeno).
- Resultado: el rango se expande hacia el LSI cuando hay más oxígeno.



EFFECTOS DEL OXÍGENO EN LA ATMÓSFERA DE COMBUSTIÓN

La cantidad de oxígeno presente en el ambiente afecta notablemente el tipo y la calidad de la combustión:

▼ Poca cantidad de oxígeno (espacio cerrado o atmósfera deficiente)

- Se agota el oxígeno disponible.
- Se producen combustiones incompletas:
 - Se genera monóxido de carbono (CO).
 - Se forma mucho humo.
 - Puede haber combustión incandescente sin llama.



▲ Exceso de oxígeno (atmósfera rica en O₂)

- ↑ límites de inflamabilidad.
- ↑ velocidad de la combustión:
 - Con un 24% de oxígeno: el fuego va el doble de rápido que con aire normal.
 - Con un 40% de oxígeno: la velocidad se cuadriplica.
- Materiales que normalmente no arderían o se oxidan muy lentamente, en oxígeno puro se inflaman rápidamente.



4.3 ENERGÍA DE ACTIVACIÓN

Es la energía mínima necesaria para iniciar la reacción de combustión. Por sí solos, el combustible y el comburente no reaccionan sin este aporte extra. Se definen tres niveles clave:

PUNTO DE INFLAMACIÓN (FLASH POINT)

Es **la temperatura mínima** a la que una sustancia emite vapores suficientes para inflamarse al contactar con una fuente de ignición, **pero sin mantener la llama**.

- Aplicable solo a sólidos y líquidos
- Se mide a 1 atmósfera de presión
- **Cada sustancia tiene su propio punto de inflamación (P.I.)**
- A menor punto de inflamación, mayor es el riesgo de incendio

IMPORTANTE

→ **MEDIDA A 1 ATM** →

Sólo se aplica a los sólidos y líquidos

Punto de inflamación bajo + riesgo incendio

PUNTO O TEMPERATURA DE COMBUSTIÓN (FIRE POINT)

Es la temperatura a la cual un material emite suficientes vapores que, al contacto con una fuente de ignición, no solo se inflaman sino que la combustión continúa incluso si se retira la fuente.

- También llamado Fire Point
- Mayor que el punto de inflamación
- Cada sustancia tiene su propio punto de combustión
- Aplicable solo a sólidos y líquidos
- A menor punto de combustión, mayor riesgo de incendio

IMPORTANTE → **MEDIDA A 1 ATM** → Sólo se aplica a los sólidos, líquidos y gases
Punto de combustión bajo + riesgo incendio

PUNTO O TEMPERATURA DE AUTOIGNICIÓN

Es la temperatura a la cual una sustancia se inflama espontáneamente sin necesidad de una fuente externa de ignición (es decir, sin chispa ni llama).

- También llamado punto de ignición espontánea
- Aplicable a sólidos, líquidos y gases
- Cada sustancia tiene su punto de autoignición
- Mayor que el punto de combustión
- Se mide a 1 atmósfera

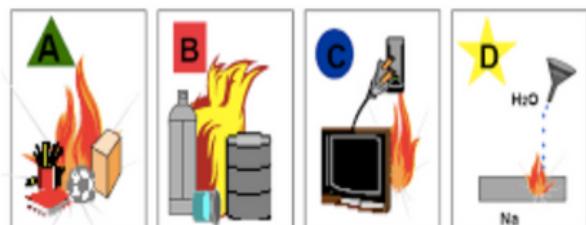
IMPORTANTE → **MEDIDA A 1 ATM** → Sólo se aplica a los sólidos, líquidos y gases
Punto de combustión bajo + riesgo incendio

05 CLASES DE INCENDIOS

5.1 CLASIFICACIÓN DE INCENDIOS

Los incendios pueden clasificarse según distintos criterios:

- Por la forma del foco
- Por la superficie afectada
- Por la forma de manifestarse
- Por su magnitud
- Por el lugar donde se desarrollan



La norma EN 2 (que sustituye a la antigua UNE 23010) clasifica los incendios en cuatro clases principales:

CLASE	TIPOS DE MATERIALES	EJEMPLO VISUAL	OBSERVACIONES
A	Sólidos comunes	Madera, papel, tela	Brasa y llama
B	Líquidos y gases	Gasolina, alcohol	Llama directa
C	Equipos eléctricos energizados	Ordenadores, motores	Electrocución (no usar agua)
D	Metales combustibles	Sodio, magnesio	Altas temperaturas, reacción con agua
F	Aceites y grasas de cocina	Aceite vegetal o animal en freidoras, sartenes, etc.	Alta temperatura, muy peligrosos

5.2 SEGÚN LA NATURALEZA DEL COMBUSTIBLE

FUEGOS CLASE A

- Se originan por combustibles sólidos con alto punto de fusión.
- Generalmente de origen orgánico: madera, carbón, paja, tejidos, materiales carbonáceos.
- Producen brasas y retienen oxígeno en su interior.
- Se les conoce como fuegos profundos.

¿Arden los combustibles sólidos? No arden directamente. Lo que vemos ardiendo son los vapores generados por su descomposición térmica. La llama es una manifestación de la combustión en fase gaseosa.

FUEGOS CLASE B

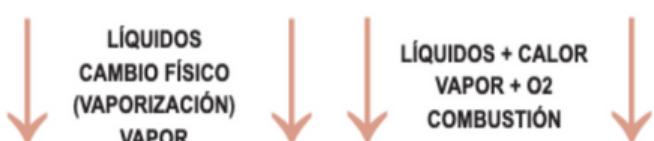
- Provocados por combustibles líquidos o sólidos de bajo punto de fusión.
- Para que se inflamen, primero deben evaporarse.
- Algunos combustibles sólidos que se licúan con el calor (como ciertos plásticos) se consideran también de Clase B.
- No producen brasas.

¿Arden los combustibles líquidos? Tampoco arden directamente.

Lo que arde son los vapores generados por acción del calor.

Proceso:

1. Líquido → Calor → Vapor
2. Vapor + Oxígeno → Combustión



FUEGOS CLASE C

Son fuegos de gases combustibles en fase gaseosa. No confundir con vapores de sólidos o líquidos). Comunes en sustancias como:

- **Propano**
- **Butano**
- **Metano**
- **Hexano**
- **Gas ciudad**
- **Gas de hulla**



Estos fuegos requieren atención especial por su alta velocidad de propagación y explosividad.

FUEGOS CLASE D



- Provocados por metales combustibles.
- Son extremadamente peligrosos y difíciles de extinguir.
- Pueden generar reacciones químicas violentas, como la descomposición del agua en hidrógeno, provocando explosiones.
- NO se debe usar agua en casi ningún caso.
- Requieren agentes extintores específicos (como polvo seco, grafito, talco...)



INCENDIO EN NAVE INDUSTRIAL

[ver vídeo](#)

FUEGOS CLASE F

- Son fuegos provocados por **aceites y grasas utilizados en cocina**, ya sean **vegetales o animales**.
- En normativa americana se conoce como Clase K.
- Se producen en aparatos de cocina o durante procesos de fritura.
- Requieren **extintores especiales**, ya que no deben apagarse con agua (el agua puede generar salpicaduras violentas y empeorar el incendio).

5.3 SEGÚN LA FORMA DEL FOCO DEL INCENDIO

Se clasifican según la forma en que se presenta el foco del incendio:

FUEGOS PLANOS

- El incendio se manifiesta en el plano horizontal.
- La disposición del combustible permite ver directamente el incendio desde cualquier punto.
- Ejemplos: incendios de líquidos, charcas, o materiales sólidos dispersos y próximos.

FUEGOS VERTICALES

- El incendio se propaga en varios planos: horizontales, inclinados o verticales.
- Parte del fuego puede quedar oculto a la vista.
- Ejemplos: pacas de paja, apilamientos de materiales, etc.

FUEGOS ALIMENTADOS

- El incendio (plano o vertical) se mantiene activo por un suministro continuo de combustible desde depósitos no afectados.
- Ejemplos: escapes de gas, tuberías, aljibes, etc.

5.4 SEGÚN LA SUPERFICIE AFECTADA

A partir de 100 m² se considera que un fuego es de envergadura si:

- La altura de las llamas es superior a la diagonal media de la superficie horizontal afectada.

Si no se cumple lo anterior, pero la superficie activa supera los 100 m², se considera un fuego grande.

Nota: Esta clasificación es de utilidad solo en incendios forestales.

GRADO	DENOMINACIÓN	SUPERFICIE EN LLAMAS
I	Pequeño	Hasta 4 m ²
II	Mediano	De 4 a 10 m ²
III	Grande	De 10 a 100 m ²
IV	De envergadura	De 100 a 1.000 m ²
V	De envergadura	De 1.000 a 5.000 m ²
VI	De envergadura	De 5.000 a 10.000 m ² (1 ha)
VII	De envergadura	De 1 a 25 ha
VIII	De envergadura	De 12 a 100 ha
IX	De envergadura	De 100 a 500 ha
X	De envergadura	Más de 5.000 ha

5.5 POR LA FORMA DE MANIFESTARSE O DESARROLLARSE

COMBUSTIÓN LENTA O MUY LENTA

- También conocida como oxidación.
- Libera muy poca energía.
- No produce un aumento local de temperatura.
- No hay reacción en cadena.

COMBUSTIÓN SIMPLE, NORMAL, O RÁPIDA

- Oxidación moderadamente rápida.
- Algunas bibliografías la consideran como instantánea o muy rápida.

COMBUSTIÓN INSTANTÁNEA O MUY RÁPIDA

- Se asocia con explosiones.
- Es el tipo más violento.

DEFLAGRACIONES (COMBUSTIONES DEFLAGRANTES)

- La velocidad del frente de reacción está entre 1 m/s y 340 m/s.
- Son comunes en gases y vapores inflamables.

DETONACIONES (COMBUSTIONES DETONANTES)

- La velocidad del frente de reacción supera la del sonido (> 340 m/s).
- Altamente destructivas.

COMBUSTIÓN COMPLETA

- Ocurre con una atmósfera rica en oxígeno (21%).
- Los productos de la combustión son principalmente CO₂ y agua.

COMBUSTIÓN INCOMPLETA

- Se da cuando hay escasez de oxígeno.
- Produce monóxido de carbono (CO) y mucho humo.

COMBUSTIÓN CON LLAMAS Y SIN LLAMAS

- Dependiendo de la visibilidad y presencia de llama (ej. combustión incandescente o silenciosa).

5.6 SEGÚN LA MAGNITUD

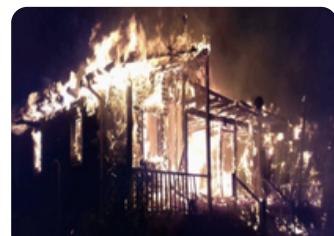
CONATO

- Incendio pequeño.
- Puede ser sofocado rápidamente con extintores estándar.
- Requiere una intervención mínima.



INCENDIO PARCIAL

- Afecta una parte de la instalación, casa o edificio.
- Es peligroso: puede extenderse y volverse incontrolable.
- Si se propaga, puede convertirse en un incendio total.



INCENDIO TOTAL

- Está fuera de control.
- Afecta completamente a una estructura.
- Es muy difícil de combatir.
- El objetivo principal de los bomberos es contenerlo y evitar que se propague a edificios vecinos.

5.7 SEGÚN EL LUGAR DONDE SE DESARROLLAN

FUEGOS INTERIORES

- Ocurren dentro de edificios sin manifestación visible al exterior.
- Al faltar oxígeno, se consume el aire interno, generando:
 - Brasas
 - Alta presión de gases tóxicos y combustibles



FUEGOS EXTERIORES

- Tienen manifestación visible desde el exterior del edificio.
- Pueden originarse:
 - En materiales externos del edificio
 - O en el interior pero salir por ventanas o puertas
- Se alimentan del oxígeno exterior, por lo que se propagan rápidamente



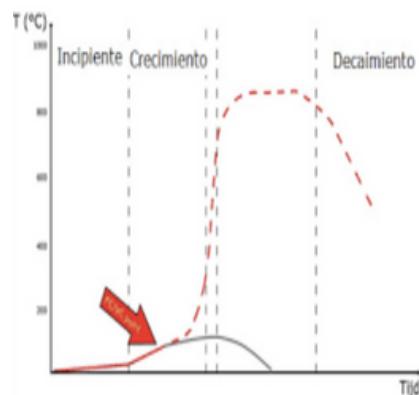
5.8 INCENDIOS EN INTERIORES

FASES DEL INCENDIO INTERIOR:

1. CRECIMIENTO
2. PLENO DESARROLLO
3. DECAIMIENTO

FASE DE CRECIMIENTO

- El incendio comienza por la ignición de un elemento combustible dentro del recinto.
- Se entra en un periodo latente o incipiente, caracterizado por ausencia de llamas.
 - Puede durar desde unos segundos hasta horas.
- Luego, el proceso de combustión avanza y la temperatura aumenta rápidamente, generando llamas y humo abundante.



TRANSMISIÓN DE CALOR

- Se produce principalmente por radiación y convección:
 - **Radiación:** afecta a materiales próximos al foco.
 - **Convección:** actúa sobre los combustibles ubicados en la parte superior del recinto.

PROCESO TÉRMICO SOBRE MATERIALES

1. **Secado** (madera húmeda)
2. **Pirólisis** (madera seca)
3. **Combustión** (carbonos encendidos)
4. **Reducción** (formación de brasas y gases como CO₂ y H₂O)



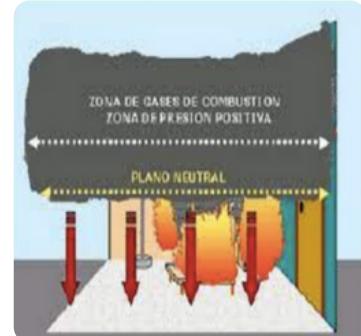
Fig.0313. Esquema general del incendio en fase de crecimiento.

FORMACIÓN DE ESTRATOS

Durante esta etapa, el **humo y gases calientes se acumulan en la parte superior del recinto**, generando dos estratos:

1. Estrato superior:

- Compuesto por gases de combustión calientes que ascienden por su menor densidad.
- Presión superior a la del exterior.



1. Estrato inferior:

- Contiene aire limpio aún no afectado por la combustión.
- Presión inferior a la exterior.

Entre ambos aparece un plano neutro, donde la presión es igual a la del exterior.

EVOLUCIÓN SEGÚN EL OXÍGENO EXISTENTE

- La proporción de oxígeno pasa a ser el factor clave en la evolución del incendio.
- Si hay oxígeno suficiente, el incendio sigue su desarrollo:
 - Se denomina ILC: Incendio Limitado por el Combustible.
- La visibilidad sigue siendo aceptable y las condiciones de toxicidad/oxígeno aún están en rangos de supervivencia.

RIESGO DE FLASHOVER

- El colchón de gases puede alcanzar su punto de inflamabilidad.
- Esto puede llevar al fenómeno conocido como flashover:

- Combustión súbita de todos los gases y materiales combustibles del recinto.
- Marca la transición hacia una combustión total y descontrolada.

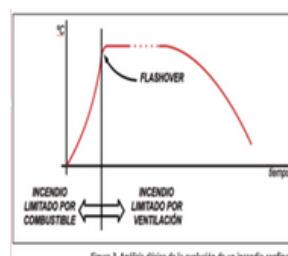


Figura 3. Análisis clásico de la evolución de un incendio confinado

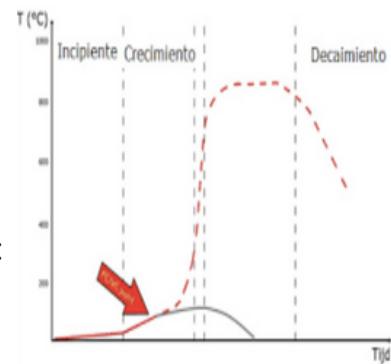
FASE DE DECAIMIENTO

Esta fase se inicia cuando:

- El incendio no puede mantener la temperatura por sí mismo (no compensa las pérdidas de calor), o
- El oxígeno desciende por debajo del 15%, haciendo inviable la combustión completa.

¿Qué ocurre?

- **La temperatura comienza a disminuir.**
- La combustión se vuelve incompleta, generando:
 - Altas concentraciones de humo.
 - Partículas en suspensión.
 - Gases tóxicos como el monóxido de carbono (CO).



RESUMEN

El desarrollo del incendio y su velocidad de combustión dependen de dos factores principales:

1. COMBUSTIBLE

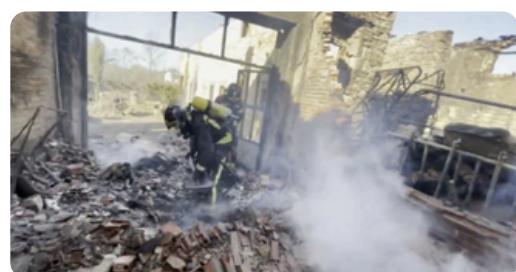
- Si el incendio está limitado por el combustible (cantidad, tipo, distribución), un aumento de ventilación NO tiene efecto inmediato.

2. DISPONIBILIDAD DE AIRE

- Si está limitado por la ventilación, un aumento del aire SÍ produce un efecto inmediato sobre el desarrollo del fuego.



FASES DEL INCENDIO
[ver vídeo](#)



DIFERENCIAS ENTRE ILC/ILV

ILC (Incendio Limitado por Combustible)

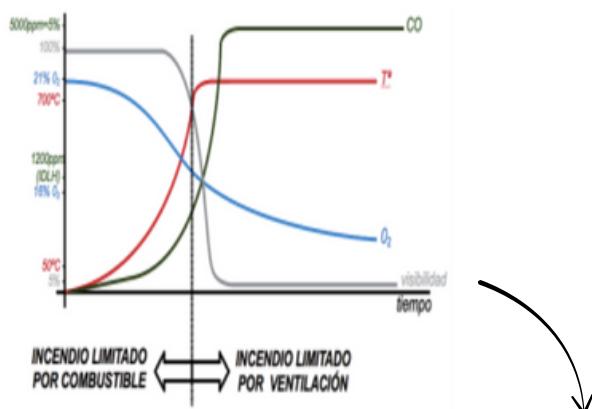
Entorno relativamente seguro para la progresión interior.

- Buena visibilidad.
- Colchón de aire fresco en zonas bajas.
- Baja concentración de gases tóxicos (CO, HCN...).
- Combustión completa.
- Foco del incendio fácilmente localizable.

ILV (Incendio Limitado por Ventilación)

Entorno especialmente peligroso con dificultades específicas.

- Visibilidad reducida.
- Operaciones interiores lentas y costosas.
- Atmósfera no respirable sin EPR (equipo de protección respiratoria).
- Atmósfera rica en gases inflamables (ambiente explosivo).
- Temperaturas muy elevadas.
- Alta concentración de gases tóxicos (CO, HCN...).
- Colchón de gases inflamables con productos de combustión incompleta.
- Dificultad para localizar el foco del incendio.



Representa la evolución de variables clave en la transición de ILC a ILV:

- ● Oxígeno (O₂): desciende.
- ● Temperatura: se mantiene alta.
- ● CO (monóxido de carbono): aumenta peligrosamente.
- ● Visibilidad: se reduce.

Esta transición marca el paso de una situación controlable a una altamente peligrosa y potencialmente letal sin protección adecuada.

06 PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN

6.1 PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN

Cuando ocurre una reacción química exotérmica con suficiente velocidad, se transforma la materia y se liberan productos característicos del fuego.

Principales productos:

- **Calor**
- **Llama**
- **Humos**
- **Gases (CO, CO₂, HCN, HCl, NH₃, etc.)**

Ninguno de los elementos iniciales se destruye: todos se transforman.

6.2 CALOR

El calor es el principal responsable de la propagación del fuego

- El poder calorífico (P.C.) es la cantidad de calor emitida por un combustible por unidad de masa.
- Es el indicador de cuánta energía libera una sustancia al arder.

Unidades del poder calorífico:

- **kJ/kg** → energía por masa
- **kJ/m³** → energía por volumen
- **kJ/mol** → energía por cantidad de sustancia



Cuanto mayor es el P.C., mayor es la capacidad del combustible para mantener o propagar un incendio.

PODER CALORÍFICO - CLASES

Poder calorífico superior (PCS): El calor verdaderamente producido en la reacción de combustión.



Poder calorífico inferior (PCI): El calor realmente aprovechable.

ASPECTOS QUE INFLUYEN EN LA EMISIÓN DE CALOR

1. NATURALEZA DEL COMBUSTIBLE

- Los combustibles de origen vegetal o derivados del petróleo (gas natural, propano, madera, algodón, aceites plásticos, etc.) tienen un poder calorífico específico.
- Se estima que liberan unos 3 kJ por cada gramo de aire consumido.

2. CANTIDAD DE OXÍGENO DISPONIBLE

- En una atmósfera enriquecida en oxígeno, las temperaturas de combustión son mucho más altas.
- En una atmósfera pobre en oxígeno, las temperaturas generadas son mucho más bajas.

DAÑOS PRODUCIDOS POR EL CALOR

PROPAGACIÓN DEL FUEGO:

- El calor permite que la reacción de combustión se extienda a otras partes del combustible, manteniendo el fuego activo.

FUSIÓN O DEFORMACIONES:

- El calor intenso puede provocar la fusión o deformación de estructuras, especialmente en metales y plásticos.

LESIONES A PERSONAS:

- El calor puede causar graves lesiones térmicas (quemaduras) e incluso provocar la muerte si la exposición es prolongada o intensa.



PROPAGACIÓN DEL CALOR

Cuando hay una diferencia de temperatura, el calor siempre fluye de la zona más caliente a la más fría. Este fenómeno se llama transmisión del calor.

Mecanismos principales:

- Conducción
- Convección
- Radiación

CONDUCCIÓN

Es el **traspaso de calor por contacto directo entre materiales a distinta temperatura**. Las moléculas calientes vibran más y traspasan esa energía a las moléculas vecinas más frías.

- Favorecida en sólidos, especialmente aquellos con estructura compacta y bajo grado de disgregación de la materia (como los metales).
- Es el mecanismo principal en estructuras como paredes, barras metálicas, suelos, etc.



PROPAGACIÓN POR CONDUCCIÓN

- **¿Qué es?** Ocurre cuando el calor se transfiere por contacto directo a través de materiales sólidos.
- **¿Qué materiales la favorecen?** Aquellos que son buenos conductores térmicos (metales, sobre todo si son más electroconductores).
- **Ejemplo típico:** Un incendio en una planta intermedia de un edificio puede transmitirse a otras plantas (superiores o inferiores) a través de tuberías, vigas metálicas o estructuras conductoras.



CONVECCIÓN

La convección es un mecanismo de transmisión del calor que se produce mediante la “mezcla” de una parte de un **fluido (líquido o gas)** con otra que presenta una temperatura menor. Para que esta mezcla se produzca, debe existir movimiento en el fluido, razón por la cual **este mecanismo no se da en los sólidos.**

¿Por qué ocurre? Al aumentar la temperatura, la densidad del fluido disminuye, lo que provoca que las masas más calientes asciendan, mientras que las porciones más frías descienden. De este modo, se genera un movimiento de masas de fluido que transporta el calor de un punto a otro.

Un mismo fluido (líquido o gas) presenta **menor densidad** (es decir, menor peso por unidad de volumen) cuanto mayor sea su temperatura. **Aumento de temperatura ($\uparrow T$) → Disminución de densidad ($\downarrow D$) → El fluido asciende.**

La convección se basa en este movimiento originado por las diferencias de densidad, el cual permite lograr la mezcla que transmite el calor.

Este principio es el que aplican, por ejemplo, los sistemas de calefacción por agua utilizados en viviendas.

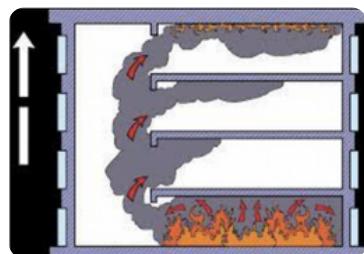


El humo y los gases calientes generados en un incendio ascienden rápidamente, calentando las superficies superiores y pudiendo llevarlas hasta su temperatura de ignición, lo que provoca que también entren en combustión.

Cuando el calor asciende a través de elementos como un hueco de escalera, lo hace mediante el mecanismo de convección. Los gases calientes siguen el camino de menor resistencia y, si encuentran un obstáculo en su trayectoria ascendente, tienden a propagarse lateralmente, atravesando puertas, ventanas o incluso saturando el espacio si está cerrado.

La convección está influída por la velocidad del viento y las corrientes de aire.

IMPORTANTE. La expansión de un incendio por convección probablemente sea el factor más determinante frente a otros mecanismos a la hora de definir la estrategia de intervención.



RADIACIÓN

La radiación es una forma de transmisión del calor mediante la emisión continua de energía desde la superficie de un cuerpo, en forma de ondas electromagnéticas, también conocidas como energía radiante.

Todas las formas de energía radiante se propagan en línea recta y a la velocidad de la luz.

Todos los cuerpos, independientemente de su temperatura, emiten energía radiante de forma continua desde sus superficies.

Además, el transporte de energía por radiación puede ocurrir incluso entre superficies separadas por el vacío, lo que lo diferencia de otros métodos de propagación del calor como la conducción o la convección.



Cuando la energía radiante incide sobre un cuerpo, pueden darse tres situaciones:

- Absorción: el cuerpo absorbe el calor y se calienta.
- Reflexión: el cuerpo refleja el calor sin calentarse.
- Transmisión: la radiación atraviesa el cuerpo sin calentararlo.

Las superficies oscuras absorben el calor radiante más rápidamente que las superficies de colores claros.

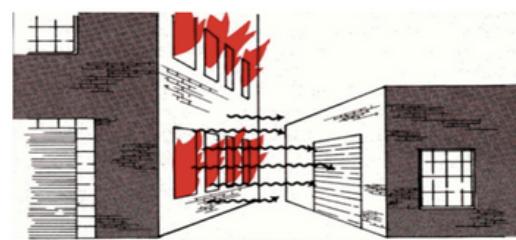


PROPAGACIÓN POR RADIACIÓN

Las radiaciones de calor son **capaces de penetrar materiales translúcidos, provocando igniciones en zonas alejadas del foco original del incendio.**

Este calor radiante puede:

- Precalentar combustibles, haciéndolos más susceptibles a la ignición.
- Inflamar materiales combustibles que aún no han sido alcanzados directamente por las llamas.



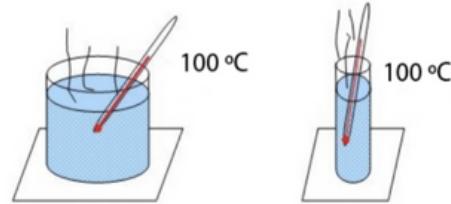
07 TEMPERATURA Y CALOR

7.1 TEMPERATURA Y CALOR

¿EN QUÉ SE DIFERENCIAN CALOR Y TEMPERATURA? Aunque solemos usar ambos términos como si fueran sinónimos, calor y temperatura son conceptos distintos aunque estén relacionados.

- **El calor** es la energía total del movimiento molecular en una sustancia. Depende de la velocidad, número, tamaño y tipo de partículas.
- **La temperatura** es una medida de la energía molecular media. No depende ni del número, ni del tamaño, ni del tipo de partículas.

Ejemplo práctico: Un vaso pequeño de agua puede estar a 100 °C, igual que un cubo lleno de agua. Pero el cubo tiene más calor porque contiene más agua y, por tanto, más energía térmica total.



RELACIÓN ENTRE CALOR Y TEMPERATURA.

- El calor es lo que hace que la temperatura aumente o disminuya.
 - **Si añadimos calor, la temperatura sube.**
 - **Si quitamos calor, la temperatura baja.**
- Las temperaturas más altas se producen cuando las moléculas están más activas, es decir, vibran, rotan o se mueven más rápidamente.

¡IMPORTANTE!

+ MASA + CALOR ≠ + TEMPERATURA

Tener más cantidad de materia no significa automáticamente que la temperatura sea mayor.



7.2 LLAMAS

La llama es un fenómeno luminoso propio de la combustión, acompañado de la producción de calor. Se trata de un **gas incandescente** cuya temperatura puede variar según diversos factores como:

- el tipo de combustible,
- la proporción de oxígeno presente,
- y el índice de mezcla entre ambos.



Los **combustibles gaseosos y líquidos** siempre arden con llama, mientras que los sólidos no. La llama es, por tanto, característica de aquellas combustiones en las que el combustible se encuentra en estado gaseoso. De hecho, la zona de la llama es donde realmente se produce la combustión.

El calor que desprende una llama es el que se libera directamente en la reacción.

COLOR DE LA LLAMA SEGÚN LA TEMPERATURA

El **color de la llama** varía en función de:

- el tipo de combustible,
- la cantidad de oxígeno disponible,
- y la temperatura que alcanza.

TEMPERATURA	COLOR
2000 °C	ROJO
2800 °C	ANARANJADO
3200 °C	AMARILLO
4000 °C	AMARILLO CLARO
5000 °C	MARFIL
5500 °C	BLANCO
6000 °C	VERDOSO
6500 °C	AZULADO
7300 °C	AZUL
9000 °C	AZUL INTENSO



COLOR DE LA LLAMA SEGÚN EL COMBUSTIBLE

Según la naturaleza del combustible, los vapores de ciertos elementos imparten un color característico a la llama.

Esta propiedad es usada en la identificación de varios elementos metálicos como sodio, calcio, etc.



AMARILLO. Presencia de combustible clase A (ropa, madera, papel) en inicio de la combustión



BLANCO.
Presencia de metales.



NARANJA. Combustible clase A en estado final de la combustión.



VERDE.
Cobres y nitratos.



ROJO. Líquidos inflamables y subproductos de los hidrocarburos.



AZUL.
Alcohol y gas natural.

COLOR DE LA LLAMA SEGÚN LA APORTACIÓN DE COMBUREnte

- Cuando la combustión se realiza con suficiente oxígeno, se produce una llama completa. Esta llama tiene poca luminosidad y **se conoce como llama de oxidación o llama oxidante**, ya que el exceso de oxígeno permite la oxidación de metales.
- Si falta oxígeno, la combustión es incompleta y la temperatura es más baja. En este caso se reduce parte de los óxidos de algunos metales, y se genera una llama más luminosa debido a la incandescencia del carbon no quemado. **Este tipo de llama se conoce como llama de reducción.**



CLASIFICACIÓN DE LAS LLAMAS

Las llamas se clasifican en función de distintos parámetros aplicables a combustibles líquidos:

a. Segundo la mezcla entre combustible y comburente:

- Llama de premezcla
- Llama de difusión

b. Segundo la velocidad de la mezcla aire/combustible:

- Llama laminar: ocurre a bajas temperaturas, con flujo uniforme.
- Llama turbulenta: se produce cuando la mezcla se realiza a alta velocidad, generando un comportamiento caótico.

c. Segundo la posición de la llama respecto a la boca del quemador:

- Llama estacionaria: permanece fija en el quemador y quema lentamente.
- Llama explosiva libre: está en movimiento, típica de combustiones más rápidas o violentas.

LLAMAS DE PREMEZCLA

Se producen cuando el combustible y el comburente (habitualmente aire) se mezclan previamente antes de la ignición, como sucede en un mechero Bunsen o un mechero de cocina a gas. Estas llamas presentan:

- Combustión más completa, lo que permite alcanzar temperaturas más elevadas.
- Una forma cónica, y son normalmente incoloras o **azuladas**, debido a su eficiencia.
- Se conocen por generar una **zona de oxidación**, pequeña pero intensa, donde realmente se lleva a cabo la combustión.



Funcionamiento del quemador: El gas entra desde una base pesada hacia un tubo vertical, donde fluye atravesando un orificio en la parte inferior.

- A través de perforaciones laterales en el tubo (**efecto Venturi**), se incorpora aire al flujo del gas, creando una mezcla inflamable que sale por la parte superior, donde se produce la llama.

Estas llamas de premezcla también son comunes en aparatos como hornos, calentadores y encimeras.

Ejemplo - Mechero de gas: Este caso es un ejemplo de las llamas de mezcla previa. Los gases reaccionantes, mezclados en proporciones estequiométricas, se han mezclado antes de la ignición. Este tipo de llamas son las que se dan en calentadores, encimeras, hornos, etc. La llama tiene forma de cono y es incolora o azulada.



LLAMAS DE DIFUSIÓN

Este tipo de llamas se generan de forma natural cuando el combustible y el oxígeno se encuentran en el mismo espacio sin haber sido mezclados previamente. La difusión es el proceso por el cual un gas inflamable entra en contacto con el oxígeno del aire, y ahí se produce la ignición.

La zona donde ocurre esta combustión se llama **zona de reacción**. No es muy extensa, pero es donde realmente sucede la reacción química.

Ejemplo típico: Vela

- En una vela, los gases combustibles generados por la cera caliente se mezclan con el oxígeno del aire al salir.
- También pertenecen a este tipo las llamas que se producen al quemar madera, líquidos inflamables, etc.
- Excepto en el caso de la vela, estas llamas no tienen forma de cono, y su coloración varía según el tipo de combustible.



DIFERENCIAS ENTRE LLAMAS DE PREMEZCLA Y DE DIFUSIÓN

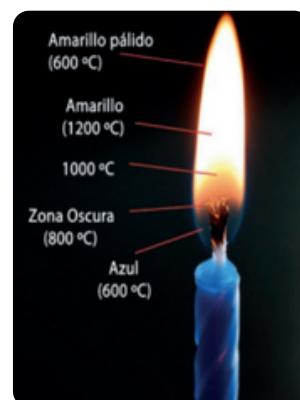
CARACTERÍSTICA	PREMEZCLA	DIFUSIÓN
Mezcla del gas	Gases mezclados antes de la ignición	Gases no mezclados antes de la ignición
Limpieza de combustión	Arde limpiamente	No arde limpiamente
Temperatura	Más caliente	Más fría
Color	Azul	Naranja o rojo
Ruido	Emite más ruido	Emite menos ruido
Velocidad de deflagración	Mayor	Menor
Forma de la llama	Perfil borroso, llama menos definida	Perfil definido
Eficiencia	Mayor eficacia de combustión	Menor eficacia de combustión

ZONAS DE LA LLAMA

La llama presenta tres zonas diferenciadas:

- **Zona interna:** Zona fría y oscura. No hay combustión debido a la falta de oxígeno.
- **Zona media:** Zona muy luminosa. La combustión es incompleta por escasez de oxígeno.
- **Zona externa:** Zona poco luminosa pero con las temperaturas más elevadas de toda la llama.

En la imagen se observa que los colores de la llama varían según la temperatura, desde el azul (600°C) hasta el amarillo pálido ($600\text{--}1200^{\circ}\text{C}$).



7.3 HUMOS

El humo está formado por partículas físicas sólidas y líquidas en suspensión en el aire (especialmente vapor de agua), con distintos tamaños y colores. Estas partículas, **incompletamente quemadas**, son arrastradas por corrientes de convección (el aire caliente asciende).

IMPORTANTE: A la proporción adecuada de calor y oxígeno, el humo es inflamable.

Las partículas más comunes del humo, conocidas como hollín, son ricas en carbono y tienen tamaños entre 0.005 y 0.01 milimicras. Se originan cuando la mayoría de los materiales orgánicos arden en condiciones de combustión incompleta.



[COLUMNAS DE HUMO POR INCENDIO](#)
[ver vídeo](#)



COMPONENTES DEL HUMO

El humo está compuesto por una mezcla de gases y partículas en suspensión, producto de la combustión de materiales. Sus principales componentes son:

- **Aire**
- **Gases**: Nitrógeno (N_2), dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO) y otros gases.
- **Partículas de carbón en suspensión**
- Pequeñas **partículas de combustible** no quemado



RESIDUOS DEL HUMO

- **Hollín**: Se origina cuando arden materiales orgánicos en condiciones de combustión incompleta. Está formado por partículas de carbono de tamaño muy pequeño.
- **Cenizas**: Son residuos inorgánicos en forma de polvo, que resultan de una combustión completa.



- Escorias: Son aglomerados sólidos de residuos derivados de una combustión total o parcial. Se producen cuando hay una fusión parcial o completa del material o de los residuos.



¿CÓMO SE PRODUCE EL HUMO?

El humo se genera cuando la combustión es incompleta, es decir, cuando los materiales combustibles no se queman por completo. Está compuesto por gases y partículas físicas sólidas y líquidas en suspensión (como vapor de agua y hollín), que son arrastradas por corrientes de convección.

El color del humo depende en gran medida de los materiales que estén ardiendo y de la atmósfera en la que se desarrolla el fuego.

Factores que favorecen la formación de humo:

- Combustión incompleta, con formación de monóxido de carbono (CO) y hollín.
- Humedad de los materiales, que impide una combustión eficiente.
- Naturaleza del combustible: materiales derivados del petróleo o resinosos tienden a producir humos negros.



HUMO BLANCO

¿Qué indica el humo blanco?

- Presencia abundante de oxígeno
- Combustión completa
- Generación de dióxido de carbono (CO₂)
- Composición principal: vapor de agua



¿Qué suele estar ardiendo si vemos humo blanco?

- **Vegetales**
- **Forrajes**
- **Fósforos**
- **Piensos**

COLOR DEL HUMO	ORIGEN / MATERIALES QUE ARDEN
Blanco	<ul style="list-style-type: none"> - Combustibles arden libremente - Alta presencia de O₂ (combustión completa) - Producción de CO₂ - Principalmente vapor de agua - Vegetales, forrajes, fósforos, piensos
Negro	<ul style="list-style-type: none"> - Combustión incompleta - Hollín y monóxido de carbono (CO) - Fibras sintéticas, polímeros, cauchos y derivados del petróleo
Amarillo	<ul style="list-style-type: none"> - Sustancias químicas con azufre - Formación de ácidos clorhídricos
Amarillo verdoso	<ul style="list-style-type: none"> - Sustancias químicas con cloro
Violeta	<ul style="list-style-type: none"> - Sustancias químicas con yodo
Azul	<ul style="list-style-type: none"> - Asociado a la combustión de hidrocarburos



EFFECTOS DEL HUMO EN LOS INCENDIOS

ASPECTO	DESCRIPCIÓN
Riesgo principal	El humo es el factor de mayor riesgo durante un incendio.
Irritación	Provoca efectos irritantes en las mucosas y lagrimeo ocular, dificultando la visión.
Obstáculo visual	Impide el paso de la luz, dificultando las tareas de extinción y evacuación.
Asfixia	Puede tener efectos asfixiantes que provocan la muerte.

EFFECTOS CLÍNICOS DE LA INTOXICACIÓN POR HUMO

ASPECTO	DESCRIPCIÓN
Neurológico	Confusión, convulsiones, coma
Cardiovascular	Angor, infarto, arritmia, hipotensión, parada cardíaca
Respiratorio	Obstrucción de vías respiratorias (superiores e inferiores), daño pulmonar, parada respiratoria
Metabólico	Acidosis metabólica

7.4 GASES

Gran parte de los elementos que forman un combustible se transforman en compuestos gaseosos cuando arden. **La cantidad y tipo de gases generados en una combustión dependen principalmente de tres factores:**

1. Los **materiales presentes en la combustión**, como el tipo de combustible (por ejemplo, petróleo, papel, aceite, etc.).
2. **La concentración de esos materiales en el aire.**
3. **La temperatura alcanzada:** a mayor temperatura, se generan más gases tóxicos.
4. **La concentración de oxígeno:**
 - Cuando hay suficiente oxígeno, se produce una combustión completa, generando principalmente dióxido de carbono (CO₂).
 - Cuando hay poco oxígeno, se da una combustión incompleta, en la que se produce monóxido de carbono (CO) y otros gases tóxicos.

CLASIFICACIÓN DE LOS GASES SEGÚN SU TOXICIDAD

1. GASES ASFIXIANTES:

- Asfixiantes simples
- Asfixiantes químicos

2. GASES IRRITANTES:

- Irritantes y corrosivos
- Irritantes

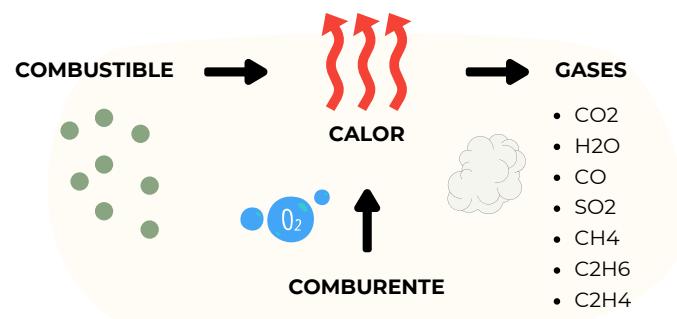
3. GASES NO IRRITANTES

4. OTROS GASES TÓXICOS

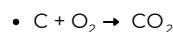


La mayor parte de los materiales combustibles contiene carbono, que forma dióxido de carbono (CO_2). Al quemarse, si la concentración de aire es suficiente y la combustión es completa, puede producirse dióxido de carbono (CO_2); puede producirse monóxido de carbono (CO) si dicha concentración es baja. Otros gases producidos en la combustión son:

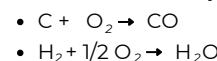
- Amoniaco (NH_3)
- Dióxido de azufre (SO_2)
- Ácido cianhídrico (HCN)
- Óxidos de nitrógeno (NO_x)
- Ácido clorhídrico (HCl)
- Fosgeno
- Acroleína
- Metano



Combustión completa:



Combustión incompleta:



DIÓXIDO DE CARBONO (CO_2)

PUNTO DE FUSIÓN: -78 °C



PUNTO DE EBULLICIÓN: -57 °C



CARACTERÍSTICAS:

- Producido en toda combustión con abundante oxigenación.
- Es un gas NO INFLAMABLE, soluble en agua, incoloro e inodoro.
- Es más pesado que el aire. MAS DENSO $\text{Dr} = 1,5$ (a 25°C y 1 atm).
- Oxidante al contacto con el agua.
- No es tóxico pero sí asfixiante.



EFFECTOS SOBRE EL ORGANISMO:

- **Ingestión.** Causa irritación, vómitos, náuseas y hemorragias digestivas.
- **Inhalación.** Produce asfixia y causa hiperventilación.
- **Piel y ojos.** En contacto directo puede producir congelación.



EN LOS INCENDIOS:

En los incendios, el incremento de la concentración de CO_2 puede producir que el ritmo respiratorio se acelere, y provoque con ello la inhalación de otros gases más tóxicos.



TRATAMIENTO:

En caso de sobreexposición al CO₂ por inhalación, es necesario una **atención médica urgente** en todos los casos.

A las personas afectadas que estén conscientes hay que llevarlas a una **zona no contaminada y** que inhalen **aire fresco**.

En el supuesto de que la víctima presente respiración dificultosa, será necesario **administrarle oxígeno**.



MONÓXIDO DE CARBONO (CO)



CARACTERÍSTICAS:

PUNTO DE FUSIÓN: -205 °C

PUNTO DE EBULLICIÓN: -191 °C

RANGO DE EXPLOSIVIDAD: 12,5% Y 74,2%

- Es un gas que se presenta prácticamente en todos los incendios.
- Es **INFLAMABLE EXPLOSIVO** (en mezclas con el aire de 12.5% a 74.2%)
- **Densidad relativa. Dr = 0,97. Se difunde muy bien en el aire.**
- En toda combustión que haya déficit de oxígeno aumentará el CO.
- **ES TÓXICO.**
- Incoloro, inodoro e insípido.



EFFECTOS SOBRE EL ORGANISMO:

- **Vías de ingreso en el organismo respiratoria**, por inhalación del gas.
- La intoxicación por CO es la principal causa de muerte relacionada con envenenamientos debida a gases o vapores.



PATOLOGÍA:

El CO es una gas que se difunde muy bien por los pulmones y tiene elevada afinidad con las moléculas del grupo hemo (hemoglobina, mioglobina y citocromos).

Esta unión es entre 200 y 300 veces más fuerte que la unión entre oxígeno y HB.

El CO se combina de manera reversible con la hemoglobina (HB), formando carboxihemoglobina (COHB).

Por tanto al estar la HB con el CO, va disminuyendo el transporte de O₂ a los tejidos (la carboxihemoglobina interfiere con la disociación del oxígeno de la oxihemoglobina restante y aminora la transferencia de O₂ a los tejidos).

Se produce entonces por falta de oxígeno, efectos dañinos para el corazón, el cerebro y el organismo en general.



SÍNTOMAS:



- Se produce inicialmente cefalea, latido en las temporales, calor, náuseas, malestar y vómitos.
- Debilidad o parálisis de las extremidades inferiores, lo cual contribuye a impedir el salir del ambiente tóxico.
- Después suele venir somnolencia y escotomas (pérdida visión), acentuándose luego la insensibilidad previa al coma.
- En toda combustión que haya déficit de oxígeno aumentará el CO.
- Evoluciona hacia un coma profundo con abolición total de reflejos y una respiración débil o con pausas.



TRATAMIENTO:

El tratamiento clínico dependerá de la concentración de COHB y del tiempo de exposición al monóxido de carbono. El tratamiento ha de ser lo más precoz posible, así como la determinación de carboxihemoglobina.

Los cuidados por tanto deben iniciarse en el mismo lugar de la exposición. Lo más inmediato es retirar al intoxicado de la fuente de exposición y mantenerle libre la vía aérea para asegurar una eficaz ventilación.

Inmediatamente se le ha de administrar oxígeno con la mayor concentración posible.

El tratamiento se fundamenta en que la unión del CO con la Hb es reversible y puede ser desplazada con dosis altas de oxígeno. Con la administración de oxígeno al 100% se disocia la COHb de modo proporcional a la concentración de oxígeno administrado. Por esta razón es necesario utilizar oxígeno al 100%.

Éste debe ser dado en condiciones monobáricas o hiperbáricas.

AMONIACO (NH₃)

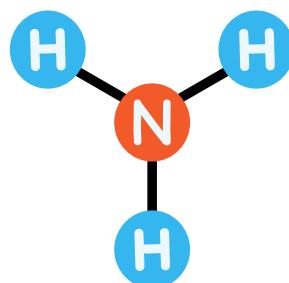
PUNTO DE FUSIÓN: -77,73 °C

PUNTO DE EBULLICIÓN: -33,35 °C



CARACTERÍSTICAS:

- El amoniaco es una sustancia o compuesto químico cuya molécula está formada por un átomo de nitrógeno y tres de hidrógeno.
- El amoníaco se disuelve fácilmente en agua, y los nombres de esta disolución suelen ser:
 - **Amoníaco líquido**
 - **Amoníaco acuoso**
 - **Solución de amoníaco**
- También se denomina trihidruro de nitrógeno, hidruro de nitrógeno (III), azano, espíritu de Hartshorn, nitro-sil, vaporole, gas de amonio o AM-FOL.



Es un gas inflamable (16% - 25% con el aire)

- A temperatura ambiente es un **gas incoloro** de olor muy penetrante y nauseabundo.
- Se produce naturalmente por **descomposición de la materia orgánica** y también se fabrica de forma industrial.
- Es fácilmente **soluble y se evapora con rapidez**. Generalmente se vende en **forma líquida**.

- **Densidad relativa** del líquido a -33°C (agua = 1g/ml): **0.68 g/ml**. Se difunde muy bien en el aire.
- Es una base fuerte, corrosiva y que reacciona violentamente con ácidos, oxidantes fuertes y halógenos.



PATOLOGÍA:

- Aunque el amoniaco gaseoso no es tóxico en sí mismo, cuando se pone en contacto con la humedad de **las mucosas** se transforma en hidróxido amónico, **muy cáustico e irritante**.
- A concentraciones elevadas y con tiempo de exposición elevado puede provocar desde **lesiones en la córnea hasta severas complicaciones pulmonares**.
- Al ser la reacción del NH₃ con el agua exotérmica, el amoniaco también **provoca quemaduras** de consideración.
- Es muy importante **evitar el uso del amoniaco doméstico mezclado con lejía**, ya que ésta reacciona con el NH produciendo un gas muy irritante y tóxico.



SÍNTOMAS:

- **Vías respiratorias, pulmones y tórax:** tos, dolor torácico intenso, opresión en el pecho, dificultad para respirar, respiración acelerada, sibilancias y fiebre.
- **Los síntomas a nivel ocular:** lagrimo, conjuntivitis, párpados hinchados, sensación de ardor en los ojos y ceguera temporal.
- **Los síntomas a nivel dérmico:** irritación de la piel.
- **Los síntomas a nivel de boca y sistema digestivo:** dolor de garganta intenso, en la boca, hinchazón de los labios (uñas y labios azulados), boca y lengua rojizas y secas, dolor abdominal intenso.
- **Los síntomas a nivel de aparato circulatorio:** pulso débil y rápido.

**TRATAMIENTO:**

No existe antídoto eficaz que contrarreste los efectos tóxicos del amoniaco.

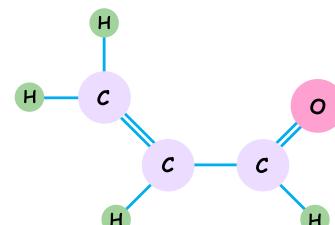
El tratamiento ha de consistir en medidas de soporte. Normalmente es posible la recuperación, en el caso de sobrevivir después de las 48 horas de la intoxicación.

Por lo general se curan las quemaduras químicas del ojo provocadas por el amoniaco, aunque en algunos casos provoca ceguera permanente.

ACROLEÍNA

PUNTO DE FUSIÓN: -87,7 °C

PUNTO DE EBULLICIÓN: -52,5 °C

**PROPIEDADES:**

- La acroleína es un líquido incoloro o amarillo con olor dulce a quemado penetrante.
- Se inflama fácilmente en el aire.
- La transformación de la acroleína de líquido a vapor se acelera a medida que la temperatura aumenta.
- **Tóxico, potente irritante sensorial y pulmonar. PUEDE CAUSAR LA MUERTE.**
- Densidad relativa = 1.9 MAS PESADO QUE EL AIRE.

ÁCIDO CLOHÍDRICO

PUNTO DE FUSIÓN: -26 °C

PUNTO DE EBULLICIÓN: 48 °C

**PROPIEDADES:**

- El ácido clorhídrico también llamado agua fuerte salfumán.
- Es muy corrosivo y ácido, tóxico y daña pulmones. **Puede provocar la muerte.**
- A temperatura ambiente, el cloruro de hidrógeno es un gas ligeramente amarillo, corrosivo, no inflamable.
- Densidad relativa 1,12.

CIANURO DE HIDRÓGENO**PUNTO DE FUSIÓN: -13 °C****PUNTO DE EBULLICIÓN: 26 °C****PROPIEDADES:**

- En estado gaseoso es un gas incoloro menos pesado que el aire, en estado líquido es un líquido blanco azulado de olor característico a almendras amargas.
- Se presenta en combustiones incompletas de materiales sintéticos que contienen nitrógeno. (Ej: resinas, melaminas, nylon, materiales de tapicería, rellenos...)
- Es explosivo en mezclas de 5% a 40% con el aire.
- Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.94. MENOS PESADO QUE EL AIRE

CIANURO DE HIDRÓGENO**PUNTO DE FUSIÓN: -86 °C****PUNTO DE EBULLICIÓN: -60 °C****CARACTERÍSTICAS:****RANGO DE INFLAMABILIDAD: 4,5% - 45%**

- **Es un gas inflamable** (en mezclas con el aire del 4.5% al 45%), incoloro, tóxico y soluble en agua.
- Emaná un olor característico a huevos podridos que proviene de la descomposición bacteriana de proteínas que contienen azufre.
- El ácido sulfídrico es extremadamente nocivo para la salud.
- Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1,19.
- Se presenta en por combustión incompleta de materiales que contienen azufre. (Ej: pieles, cabello, madera, goma)

DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)**PUNTO DE FUSIÓN: -75 °C****PUNTO DE EBULLICIÓN: -10 °C****CARACTERÍSTICAS:****RANGO DE INFLAMABILIDAD: 4,5% - 45%**

- Es un gas incoloro con un característico olor asfixiante. Es corrosivo.
- **No es inflamable.**
- Se presenta en combustiones completas en materia orgánica que contenga azufre.
- Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2,2.

