



# COMBUSTIÓN QUIMICA

## *Índice*

1. Índice
2. Combustión
3. Poder calorífico
4. Clasificación de los combustibles
5. Combustibles sólidos
6. Combustibles líquidos
7. Combustibles líquidos artificiales
8. Combustibles gaseosos
9. Gasógenos
10. Calorímetros
11. Calor latente
12. Combustión del carbono
13. Bibliografía

## COMBUSTIÓN

Se entiende por combustión, la combinación química violenta del oxígeno (o comburente), con determinados cuerpos llamados combustibles, que se produce con notable desprendimiento de calor.

Para que se produzca la combustión, las 3 condiciones ya nombradas deben cumplirse, es decir que sea: una combinación química, que sea violenta y que produzca desprendimiento de calor. Analizaremos una por una:

1) Debe haber combinación química, los productos finales una vez producida la combustión debe ser químicamente distintos a los productos iniciales.

Ej. : Antes de producirse la combustión tenemos combustible y oxígeno. Producida la combustión ya no tenemos combustible y oxígeno mezclados, sino gases de combustión.

2) La combinación química debe producirse violenta e instantáneamente. Ej. : Una lamina de hierro colocada en la intemperie se va a oxidar lentamente, luego de cierto tiempo, al combinarse con el oxígeno del aire. Pero esto no es combustión sino oxidación, porque el desprendimiento de calor se produce muy lentamente después de un tiempo.

3) Debe haber un desprendimiento de calor, se debe liberar cierta cantidad de calor.



Para que se produzca la combustión se necesita oxígeno, el cual se encuentra en el aire, el que desperdiciando los gases que se encuentran en pequeña proporción, esta constituido por 23 % de oxígeno y 77% de nitrógeno.

También es necesario que la temperatura en algún punto de la mezcla de oxígeno y combustible, adquiera un determinado valor.

Una combustión se considera imperfecta, cuando parte del combustible, que entra en reacción, se oxida en grado inferior al máximo, o no se oxida.

La combustión es completa cuando el combustible quema en su totalidad, ya sea perfecta o incompleta.

Todos los combustibles utilizados en los diversos procesos industriales están constituidos únicamente por dos sustancias químicas, el carbono y el hidrógeno los cuales están unidos entre sí, formando los diversos combustibles utilizados.

La propagación de calor debe cesar para un valor finito de la velocidad de inflamación. Por lo tanto, la buena combustión esta comprendida dentro de dos valores, límites definidos de la velocidad de inflamación de la llama, y son los llamados límites inferior de inflamación que se produce cuando falta combustible, y límite superior de inflamación que es cuando falta oxígeno.

La forma de producirse la combustión varía según el estado del combustible, lo cual veremos a continuación:

Los combustibles son elementos que se los utilizan en los procesos industriales para la producción de calor. Son formaciones de origen orgánico, animal o vegetal, que sufrieron los efectos de los movimientos y plegamientos terrestres.

Están constituidos principalmente por carbono e hidrógeno, los que según vimos al combinarse con el oxígeno quemar, desprendiendo calor.

El carbono es el elemento que constituye el mayor porcentaje volumétrico del combustible, constituyendo el 80 a 90 % volumen del mismo.

El carbono no arde directamente, sino que es llevado al estado de incandescencia por el hidrógeno. El hidrógeno constituye el 5 o 6 % de los combustibles sólidos y el 8 al 15 % de los líquidos.

La presencia del oxígeno en la molécula de combustible, le resta al mismo poder calorífico, ya que, se va a combinar con parte del hidrógeno que tiene, para formar agua.

En el combustible también se puede encontrar el azufre desde 0.5 % en combustible líquidos hasta 1 o 1.5 % en carbones, y el nitrógeno ( en carbones) de 0.7 hasta 9.3 %.

## Poder calorífico

La unidad que se emplea para medir la cantidad de calor desarrollada en la combustión se la denomina poder calorífico.

Se entiende por poder calorífico de un combustible, la cantidad de calor producida por la combustión completa de un kilogramo de sea sustancia. Tal unidad se la mide en cal/kg de combustible.



Si la cantidad de combustible que se quema en un mol, el calor desprendido recibe el nombre de efecto térmico (poco usado).

De la diferencia entre el poder calorífico superior ( $N_S$ ) y el poder calorífico inferior ( $N_I$ ) se obtendría uno u otro según el estado de agregación que forma parte de los productos de combustión.

Si la temperatura de los productos finales de combustión es tal que el vapor de agua que se ha formado continúe en ese estado, tendremos el poder calorífico inferior del combustible ( $N_I$ ).

En cambio, si la temperatura de los productos finales es suficientemente baja como para que aquella se condense, tendremos el poder calorífico superior del combustible ( $N_S$ ). La diferencia entre ellos será igual el calor desprendido por la condensación del agua.

## Clasificación de los combustibles

### *Combustibles sólidos*

El proceso de combustión de estos combustibles difiere bastante con respecto a los combustibles líquidos y los gaseosos.

La buena o mala combustión del sólido depende de la facilidad del acceso del aire a las diversas partículas del combustible. Estas deben estar distribuidas uniformemente sobre la superficie de combustión, no se debe encontrar amontonado o agolpado.

El proceso de combustión de un sólido esta dividido en cuatro períodos o fases a saber:

a) secado del combustible

Al comenzar a recibir calor, el combustible se seca, evaporando la humedad que posee, convirtiéndose en vapor de agua.

b) la destilación:

Comienza cuando se ha evaporado toda la humedad del combustible. Este se compone de hidrocarburos más simples, comenzando a quemar los más volátiles (requieren menor temperatura de inflamación).

c) Al aumentar la temperatura debido a la combustión de los primeros hidrocarburos que queman se alcanzan las condiciones para que se quemen los hidrocarburos menos volátiles, casi todos los componentes activos del combustible.

d) Quemadas todas las sustancias volátiles, la llama se apaga. Quedando las cenizas del sólido, considerándose la escoria y los componentes inactivos.

Entre ellos podemos encontrar:

**Maderas:** utilizados como combustibles en bosques o en estufas hogareñas ( poder calorífico hasta 4500 cal / Kg. secos).

**Carbones fósiles:** cuanto más antiguos son los restos orgánicos y mayores presiones soportan, mayor es la cantidad del carbón.



**Antracita:** son los carbones más antiguos. Tienen gran contenido de carbono y pocos materiales volátiles y oxígeno. (  $N_S = 7800$  a  $8600$  cal /kg ).

**Hulla:** son los carbones más utilizados en la industria, se distingue tres tipos: hulla seca, hulla grasa y la hulla magra.

**Hulla seca:** hornos de arrabio y en la producción de coque metalúrgico. (  $N_S = 7500$  cal / kg.)

**Hulla grasa:** en la producción de gas alumbrado y coque. (  $N_S = 8300$  a  $8600$  cal / kg.)

**Hulla magra:** desprende pocas materias volátiles. (  $N_S = 7900$  a  $8370$  cal / kg.). Todas las hullas son de color negro o gris oscuro.

**Lignito:** son combustibles que proceden de la carbonización natural de la madera. Al quemarse desprende el azufre provocando mal olor y daños en metales y estructuras. Hay dos tipos distintos:

Lignitos perfectos: más antiguos ( poder calorífico =  $6000$  cal / Kg. )

Lignitos leñosos: más jóvenes. ( poder calorífico =  $5000$  a  $5700$  cal /Kg.)

**Turba:** son carbones de menor calidad. De  $3200$  a  $4000$  cal / Kg. =  $N_S$ .

**Residuos orgánicos:** son restos muy grasos comprendidos entre los carbones y el petróleo. Prácticamente no se utilizan.

**Carbón vegetal o de leña:** provienen de la carbonización de la madera .  $N_S = 6000$  a  $7000$  cal / Kg., no contiene azufre.

### **Combustibles líquidos**

Al calentarse un combustible líquido, existe un período de destilación en el cual el líquido se descompone en diversos componentes volátiles.

Se debe distinguir dos casos según la forma en que se queman. Si son suficientemente volátiles para que al calentarse emitan vapores en suficiente cantidad como para continuar ardiendo, se comporta como un combustible gaseoso

En cambio, en los líquidos menos volátiles no es necesario efectuar una vaporización para que se produzca la combustión.

En tal caso se forma una mezcla de aire combustible, conservándose este último en estado líquido todavía, aunque finalmente pulverizado, constituyendo una mezcla carbónica. Por ejemplo esta mezcla se produce en un carburador de un motor a explosión.

El punto de inflamación es aquel para el cual el líquido desprende materias volátiles inflamables.

Cuando la temperatura y la presión alcanza determinado valor la propagación del frente de combustión se hace más rápida que en condiciones normales.

Los combustibles líquidos presentan, en general, mejores condiciones que los sólidos para entrar en combustión.

Los combustibles líquidos son sustancias que se las obtiene por destilación, ya sea del petróleo crudo o de la hulla.



Sometiéndolos a procesos térmicos se puede obtener mayor diversidad de productos derivados.

El punto de inflamación es la temperatura a la cual el combustible, al ser calentado y producirse la inflamación por un foco exterior, comienza a presentar por primera vez una llama corta.

El punto de combustión, que se produce por encima del punto de inflamación, es la temperatura a la cual el combustible es capaz de proseguir por si solo la combustión, una vez que este se ha iniciado en un punto de su masa.

El punto de inflamación espontáneo, se produce a aquella temperatura a la cual el combustible es capaz de entrar por si solo en combustión, sin necesidad de un foco exterior que la produzca. Este punto depende de la presión a la que se halle sometido el líquido. Si la presión es mayor, menor será la temperatura de inflamación.

### ***Combustibles líquidos artificiales*** ***Petróleo***

El petróleo, llamado también oro negro, se ha formado en épocas muy remotas. Su origen responden a restos fósiles, depositados en las profundidades.

Los petróleos están constituidos por distintos hidrocarburos, de distintos grados de densidad y volatilidad. La diversidad en las proporciones en los elementos que los componen, hacen que difieran fundamentalmente las características del petróleo obtenido en lugar con respecto al obtenido en otro sitio.

Los diversos subproductos obtenidos, tanto en la dilatación primaria como en la secundaria, son sometidos a procesos de refinación, con el objeto de eliminar los componentes indeseables y nocivos que puede contener los mismos.

El petróleo en estado crudo tiene muy poco uso como combustible, pues desprende vapores sumamente inflamables.

Si la destilación primaria y secundaria a la que se somete el petróleo se obtiene una gran diversidad de subproductos, los principales de los cuales se indican en el cuadro siguiente conjuntamente con el uso al que se los destina.

- Nafta
- Kerosene
- Gas-oil
- Diesel-oil
- Fuel-oil
- Alquitrán de hulla
- Alquitrán de lignito
- Alcohol



*Nafta:* Es un combustible altamente volátil, muy inflamable y es utilizado, sobre todo, como combustible para motores a explosión. Su poder calorífico es 11000 cal / Kg.

*Kerosene:* Constituye un derivado menos volátil e inflamable que la nafta. Su poder calorífico es de 10500 cal / Kg. Se utiliza en calefacción y en las turbohélices y reactores de las turbina de gas de los motores de aviación.

*Gas-oil:* es denso, menos volátil que el petróleo. Su poder calorífico es igual a 10250 cal / Kg. Se lo utiliza mucho en calefacción y para hornos industriales y metalúrgicos.

*Diesel-oil:* es un subproducto obtenido de los derivados más pesados del petróleo. Se quema más lentamente que el gas-oil. Se utiliza sólo en motores Diesel lentos en los cuales el combustible dispone más tiempo para quemar. Su poder calorífico es de 11000 cal / Kg.

*Fuel-oil:* es un subproducto obtenido de los derivados más pesados del petróleo. Se quema con dificultad. Su poder calorífico es igual a 10000 cal / Kg.

*Alquitrán de hulla:* es un subproducto obtenido de la fabricación del coque. Puede quemar directamente pero se lo utiliza poco como combustible, usándolo sólo en hogares especiales para este, que puedan vencer la viscosidad del mismo. Su poder calorífico es de 9100 cal /Kg.

*Alquitrán de lignito:* se lo obtiene de la destilación del lignito. Su poder calorífico es 9600 cal / Kg. Es muy similar al gas-oil, pero al utilizarlo en motores diesel, su comportamiento es muy inferior del de los derivados del petróleo.

*Alcoholes:* pueden quemar muy fácilmente. Tienen diversos orígenes (derivaciones de: petróleo, vino, papas, etc.). los alcoholes puros, como combustibles tienen muy poco uso. Su mayor empleo esta en la fabricación de mezclas con benzol, bencina o naftas con objeto de mejorar la calidad de las mismas.

### ***Combustibles gaseosos***

El estado gaseoso de los combustibles es que mayor facilidad brinda para que se produzca una eficiente combustión, la cual recibe el nombre de explosión.

La facilidad de acceso del aire a las diversas partículas del combustible, hace que la propagación se efectúe en forma rápida.

Si la presión o la temperatura, alcanza un valor por arriba de un límite determinado, la propagación adquiere valores muy grandes y deja de ser una explosión para ser una detonación, en la cual la velocidad de la reacción química que se produce sea mucho mayor.

La velocidad de propagación en una onda detonante, para una combustión de hidrógeno y oxígeno puro alcanza un valor 2000 m/seg..

El punto de inflamación de una mezcla esta dado por la temperatura:

Para el acetileno 425 °C

Para el metano 700 °C

Para el hidrógeno 585 °C

Para el óxido de carbono 650 °C

Los combustibles gaseosos son los que mejores condiciones tienen para entrar en combustión.



- Gas natural
- Gas de alumbrado
- Acetileno
- Gas de agua
- Gas de aire
- Gas pobre o mixto
- Gas de alto horno

*Gas natural:* Es el gas que se obtiene directamente de los yacimientos petrolíferos. Este gas es el encargado de empujar al petróleo a la superficie. Su uso es muy utilizado en los alrededores de los yacimientos. Su poder calorífico es de  $9500 \text{ cal / m}^3$ .

*Gas de alumbrado:* Se lo denomina también gas de hulla. Se lo obtiene de la combustión incompleta de la hulla. Por cada 100 Kg. de carbón que se carbonizan, se obtienen unos 30 ó 35 metros cúbicos de gas de alumbrado. Es un excelente combustible, usado principalmente para usos domésticos y para pequeños hornos industriales. Su precio es elevado. Su poder calorífico es de entre  $4380$  y  $5120 \text{ cal / m}^3$ .

*Acetileno:* Se obtiene del tratamiento del carburo de calcio del agua. Es un excelente combustible. Su poder calorífico es superior a  $18000 \text{ cal / m}^3$ .

*Gas de agua:* Se obtiene haciendo pasar vapor de agua a través de una masa de carbón de coque incandescente. Su poder calorífico es de  $2420 \text{ cal / m}^3$ .

*Gas de aire:* Se lo obtiene haciendo pasar aire por un manto de hulla o lignito incandescente de gran espesor. Su poder calorífico es de  $1080 \text{ cal / m}^3$ .

*Gas pobre o mixto:* se lo obtiene haciendo pasar una corriente de aire húmedo, es decir, una mezcla de aire y vapor de agua a través de una masa de gran espesor de hulla o lignito incandescente. La mezcla de vapor de agua y aire, quema parcialmente, produciendo cantidades variables de óxido de carbono e hidrógeno, estas sustancias van a constituir los elementos activos del gas mixto. Tiene un poder calorífico de entre  $1200$  y  $1500 \text{ cal / m}^3$ .

*Gas de altos hornos:* Se obtiene de los hornos de fundición. Al cargar un alto horno con mineral para obtener lingotes de hierro, se desprende una serie de gases que salen parcialmente quemados y pueden ser posteriormente utilizados en la misma planta industrial como combustible. Se los utiliza principalmente para la calefacción o para la producción de fuerza motriz. Su poder calorífico es de  $900 \text{ cal / m}^3$ .

### **Gasógenos**

Los gasógenos son hornos que se los utiliza para la transformación de combustibles sólidos en gaseosos, obteniéndose en algunos casos de la misma combustión parcial que se produce, el calor necesario para realizar dicho proceso.

El manto de carbón que se coloca en los hornos de los gasógenos es de grueso espesor, ya que al penetrar el aire por la parte inferior del manto de carbón, quema totalmente produciendo anhídrido carbónico, el que luego, al atravesar las capas superiores, que se hallan también incandescentes, se reduce a óxido de carbono.



### ***Calorímetros***

Son aparatos que se los utiliza en los laboratorios para la determinación de los poderes caloríficos de los combustibles.

### ***Calorímetro de Junkers***

Se lo usa para determinar el poder calorífico de los combustibles líquidos o gaseosos. La transmisión entre los gases de combustión y el agua, se hace por medio del principio de contracorriente, existiendo circulación permanente mientras dure la experiencia.

Consta de dos cilindros coaxiales *a* y *b*, de paredes delgadas. En la parte inferior del cilindro interior se coloca un mechero con el combustible cuyo poder calorífico se quiere determinar. Los productos de combustión siguen el camino indicado, saliendo al exterior por un tubo *d* cuya válvula *V<sub>1</sub>* fija la velocidad de salida de dichos gases, indicando *T<sub>o</sub>* la temperatura de los mismos.

El agua de condensación se junta en *e* y sale por *f* al exterior donde se recoge en una probeta graduada de un litro aproximadamente. ( *N<sub>S</sub>* = poder calorífico superior; *M* = cantidad de agua en circulación, que recogemos mientras quemamos los *G* gramos de combustible; *G* = masa del combustible que quemamos; *t<sub>2</sub>* = temperatura de salida del agua y *t<sub>1</sub>* = temperatura de entrada del agua.)

$$N_S * G = M ( t_2 - t_1 ) \quad \therefore N_S = M / G ( t_2 - t_1 )$$

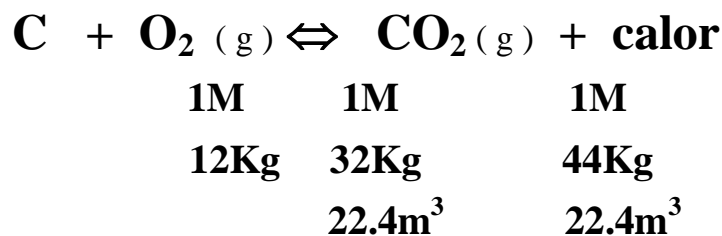
### ***Calor latente***

Se entiende por calor latente de condensación, la cantidad de calor desprendida por la condensación de un kilogramo de vapor, en estado de condensación lapso durante el cual la temperatura del cuerpo permanece constante.

Este calor representa el desprendimiento de una cierta cantidad de la energía interna que posee el vapor, debido a que al pasar del estado de vapor al estado líquido, disminuye la energía interna de sus moléculas y aumenta la cohesión molecular.

### ***Combustión del carbono***

En el proceso de la combustión completa, con el oxígeno químicamente necesario, el carbono se combina con esta sustancia produciendo anhídrido carbónico.



Esto significa que un mol<sup>1</sup> de carbono se combina con un mol de oxígeno produciendo 1 mol de anhídrido carbónico. Conocidos los pesos molares de estas sustancias resulta que 12kg de carbono, al reaccionar con 32kg de oxígeno, producen 44kg de anhídrido carbónico. Como se



ve, se cumple aquí la ley de la conservación del peso, es decir, la suma de los pesos de las sustancias antes de reaccionar es igual al peso de los productos de la reacción.

En esta combustión, la cantidad de oxígeno presente es, exactamente, la necesaria para que todo el carbono queme produciendo, únicamente, anhídrido carbónico; se la llama cantidad mínima o teórica de oxígeno.

### ***Bibliografía***

- “*Maquinas motrices*” de Ramón Fresno. Ed. Librería Mitre
- “*Generación de vapor*” de Marcelo Mesny. Ed. Marymar
- “*Manual del ingeniero*” de Hutte.
- “*Manual de construcción de máquinas*” de Dubbel. Tomo 1.