

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL MENDOZA**

**CATEDRA
"MAQUINAS TERMICAS"**

**CARRERA
INGENIERIA ELECTROMECHANICA**

**CAPITULO N° 2
COMBUSTION INDUSTRIAL**

**ELABORADO POR: ING. JORGE FELIX FERNANDEZ
PROFESOR TITULAR CATEDRA "MAQUINAS TERMICAS"**

COMBUSTION INDUSTRIAL

ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN LA COMBUSTION

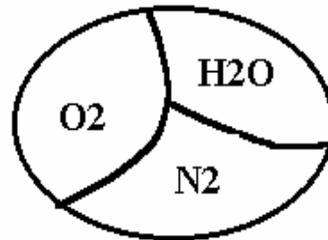
- Los elementos del COMBUSTIBLE que interesan en la combustión son:
 - 1-EL CARBONO
 - 2-EL HIDRÓGENO
- No obstante, el **AZUFRE** también interviene, aunque en mucha menor proporción.
- Este elemento no interesa como elemento combustible porque es el causante de los procesos de corrosión: a) **ECONOMIZADOR**; b) **PRECALENTADOR DE AIRE**; c) **VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO**; d) **REGISTROS DE TIRAJE** y e) **CHIMENÉA METÁLICA**.
- El **AZUFRE** se presenta principalmente en los combustibles sólidos y líquidos, no teniendo presencia en el caso del GAS NATURAL.
- Un buen combustible no debe presentar en su composición elemental un contenido de azufre mayor del: 0,3 %. Se pueden aceptar combustibles sólidos o líquidos con un contenido de azufre de hasta el : 0,9 %.
- El **OXÍGENO** que participa en la combustión proviene del **AIRE AMBIENTE** : 21 % (O₂), y 79 % (N₂) en volumen

COMBUSTION INDUSTRIAL

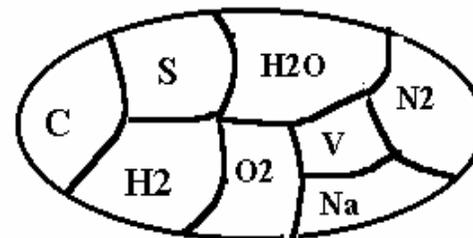
■ COMPOSICIÓN ELEMENTAL DEL FUEL-OIL

Carbono (C)
Hidrógeno (H₂)
Azufre (S)
Oxígeno (O₂)
Vanadio (V)
Níquel (Ni)
Sodio (Na)
Nitrógeno (N₂)
Humedad.

Lo podemos representar, a efectos de su interpretación, como:



AIRE AMBIENTE



COMBUSTIBLE

COMBUSTION INDUSTRIAL

TIPOS DE COMBUSTION

La COMBUSTION se distingue por un lado entre:

1- COMBUSTION PERFECTA , y

2- COMBUSTION COMPLETA

y por otro lado entre:

3- COMBUSTION INCOMPLETA , y

4- COMBUSTION IMPERFECTA

COMBUSTION INDUSTRIAL

COMBUSTION PERFECTA

Esta Combustión se la conoce también con el nombre de:

COMBUSTION NEUTRA,, o
COMBUSTION ESTEQUIOMETRICA

COMBUSTIÓN PERFECTA, NEUTRA, O ESTEQUIOMÉTRICA es cuando todos los componentes del combustible, al reaccionar, se oxidan al máximo, estamos ante una **PERFECTA OXIDACION**, o sea que el:

C se transforma en CO_2 , y
H se transforma en H_2O

Esto se produce cuando se aporta la **cantidad estrictamente mínima de aire** necesario para oxidar completamente el combustible.

Esta cantidad de aire se la llama **CANTIDAD TEORICA DE AIRE** y es la cantidad que arroja el **CÁLCULO ESTEQUIOMÉTRICO**, por eso también se la llama como **CANTIDAD ESTEQUIOMETRICA DE AIRE** y de aquí que a esta combustión se la denomine, como dijimos, **COMBUSTION ESTEQUIOMETRICA**

COMBUSTION INDUSTRIAL

La **COMBUSTION PERFECTA** constituye el caso **LIMITE IDEAL**, irrealizable en la práctica y que se toma como base de referencia.

Un hidrocarburo cualquiera (CH) que se oxidara en forma perfecta, los productos de la combustión estarían formados por:



Donde:

El porcentaje de (CO₂) es el m\u00e1ximo posible

El aire es el m\u00ednimo posible, o sea el te\u00f3rico

No existe ox\u00edgeno libre (O₂)

No hay inquemados s\u00f3lidos (part\u00edculas)

No hay inquemados gaseosos (CO y CH)

Los productos de la combust\u00edon no contienen (CO) ni (O₂), este tipo de combust\u00edon toma el nombre de **COMBUSTI\u00d3N NEUTRA**.

LA CANTIDAD DE CALOR DESARROLLADO POR UNA COMBUSTION PERFECTA ES EL PODER CALOR\u00cdFICO DEL COMBUSTIBLE

COMBUSTION INDUSTRIAL

COMBUSTION COMPLETA

En la práctica no puede lograrse la combustión perfecta si no se emplea una cantidad de aire superior a la teórica o estequiométrica, por eso a la COMBUSTION COMPLETA se la denomina también como COMBUSTION PERFECTA CON EXCESO DE AIRE.

En la práctica no puede lograrse la COMBUSTION COMPLETA si no introducimos una cantidad de aire mayor que la teórica.

Los productos de una COMBUSTION COMPLETA están formados por:



Donde:

- 1- $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$ = Combustión Perfecta
- 2- $\text{O}_2 + \text{N}_2$ = Debido al exceso de aire
- 3- El porcentaje de (CO_2) disminuye al ser diluido en el mayor caudal de aire que se aporta a la combustión
- 4- Aparece ox\u00edgeno libre (O_2)
- 5- No hay inquemados s\u00f3lidos (part\u00edculas)
- 6- No hay inquemados gaseosos (CO y CH)
- 7- La cantidad de vapor de agua aumenta por que aumenta la cantidad de aire de combust\u00edon

COMBUSTION INDUSTRIAL

El EXCESO DE AIRE a emplear debe ser el mínimo necesario de manera de asegurar:

A-Que la combustión sea completa, y

B-Que las pérdidas térmicas por chimenea sean las mínimas posibles

Esta combustión se denomina también **COMBUSTION EN ATMOSFERA OXIDANTE** debido al oxígeno libre (O_2) contenido en los productos de la combustión.

LA CANTIDAD DE CALOR LIBERADO NO ES ALTERADA POR EL EXCESO DE AIRE Y POR LO TANTO ES IDÉNTICA A LA DESARROLLADA EN LA COMBUSTIÓN PERFECTA

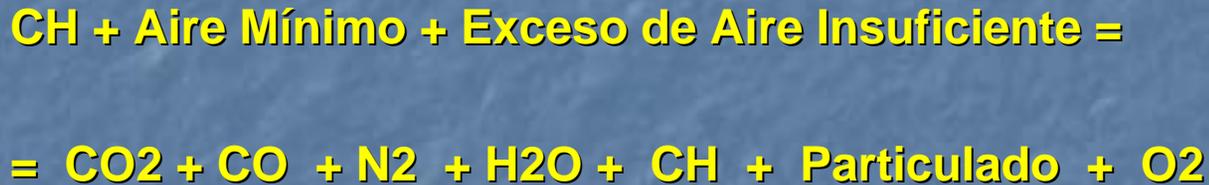
LA CANTIDAD DE CALOR APORTADO AL PROCESO ES MENOR QUE LA DESARROLLADA EN LA COMBUSTION PERFECTA DEBIDO AL EXCESO DE AIRE

COMBUSTION INDUSTRIAL

COMBUSTION INCOMPLETA

La COMBUSTION INCOMPLETA se produce cuando se aporta aire en cantidad insuficiente.

Los productos de una COMBUSTION INCOMPLETA están formados por:



Donde:

- 1- El porcentaje de CO₂ disminuye
- 2- Aparecen inquemados gaseosos (CO y CH)
CO = mon\u00f3xido de carbono
CH = hidrocarburo gaseoso sin quemar
- 3- Aparecen inquemados s\u00f3lidos (part\u00edculas)

COMBUSTION INDUSTRIAL

COMBUSTION IMPERFECTA

Se da habiendo exceso de aire mayor que el suficiente

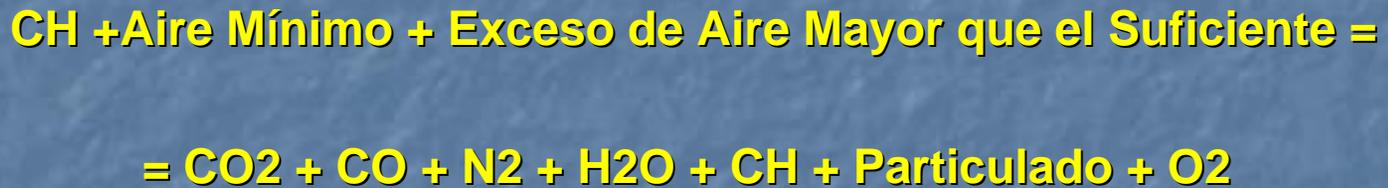
No obstante este alto exceso de aire ingresado a la combustión ésta resulta no ser una combustión completa.

En este caso la IMPERFECCIÓN DE LA COMBUSTIÓN es debido a la inevitable IMPERFECCIÓN DEL QUEMADOR y de las CONDICIONES OPERATIVAS DE LA INSTALACIÓN, tales como:

- Presión inadecuada del combustible
- Presión inadecuada del vapor de pulverización
- Temperatura inadecuada del combustible
- Presión inadecuada del aire de combustión
- Temperatura inadecuada del aire de combustión
- Pastillas del quemador sucias
- Orificio de las pastillas descalibradas
- Falta de turbulencia
- Defectuosa mezcla del aire con el combustible
- Caudal de aire mal repartido
- Excesiva superficie de radiación en la cámara de combustión
- Baja temperatura en la cámara de combustión
- Lama fría
- Falta de tiempo de oxidación

COMBUSTION INDUSTRIAL

Los productos de la combustión imperfecta serán:



Este tipo de combustión es el que frecuentemente se produce en la práctica.

Conclusión :

La **COMBUSTION INCOMPLETA** es una consecuencia de **INSUFICIENCIA CUANTITATIVA DE AIRE**

La **COMBUSTION IMPERFECTA** es una consecuencia de **IMPERFECCIONES CUALITATIVAS DEL QUEMADOR Y DEL SISTEMA OPERATIVO DE LA INSTALACION**