

APUNTE PARA FINAL MAQUINAS TERMICAS

Comentarios:

CUALQUIERA PUEDE MODIFICAR ESTE ARCHIVO, SE GUARDA SOLO AUTOMÁTICAMENTE.

muchachos, apelemos a la inteligencia colectiva. la idea de este archivo es ir compartiendo conocimientos, ir agregando preguntas y respuestas (fundamentadas) para poder armar un buen apunte para este final tan complicado.

Tengan en cuenta que es un rejunte de preguntas de final! no esta toda la materia, de ninguna manera tomar esto como lo único a estudiar! sirve más como repaso general y cosas a tener en cuenta por que es lo que suele tomar.

- Numerar las preguntas para una facil busqueda
- No repetir preguntas
- Mantener formato
- Cualquier comentario para mejorar este archivo por favor escribirlo en la última página en la sección mejoras
- lo que esta marcado en **ROJO** puede que este mal
- En caso de no coincidir o quieres agregar algo con la respuesta actual por favor, agregar un comentario debajo de la respuesta. luego si hay varios que están de acuerdo se modifica la respuesta original.

ej:

1) Concepto de rendimiento volumétrico ¿Que factores influyen en su valor?

Respuesta: Da una medida del grado de llenado del motor y de la calidad del sistema de introducción de mezcla.

$\eta = \text{masa de aire real en el cilindro por unidad de tiempo} / \text{masa de aire teórica en el cilindro por unidad de tiempo}$

los factores que influyen son:

- densidad de carga y dilución debida de gases residuales
- Diseño de los conductos de aspiración y escape.

Comentario 1:

Falto agregar a los factores el tiempo de apertura y cierre de válvulas

Comentario 2:

también suele pedir números reales. para motores aspirados naturalmente es n es 0,8 y sobrealimentado mayor a 1.

PREGUNTAS

Combustibles

1) Motivos para reducir el retraso al encendido (tener en cuenta que hay dos partes una química y otra física)

Respuesta:

Es el tiempo que transcurre entre que se inyecta la primera gota de combustible y comienza la combustión.

parte física: primero entra el combustible, se evapora y se mezcla con el aire.

parte química: se desarrolla la reacción intermolecular que prepara la mezcla para el encendido.

Si el retardo al encendido es largo, se acumula mucho combustible y el aumento de presión conlleva a una explosión, esto produce el "golpeteo" en el motor.

para reducir el retraso se pueden tomar las siguientes medidas:

aumentar la pulverización, velocidad del aire, relación de compresión, temperatura de entrada del aire, temperatura del líquido refrigerante y el número cetano.

Con un combustible de alto número cetano se tiene un retardo al encendido corto.

Comentario 1:

Calidad de ignición: facilidad con la cual un combustible diesel enciende en términos de retraso del encendido.

2) Que es el número cetano y como se determina.

Respuesta:

Es una medida de la calidad del encendido o retraso de la ignición.

se determina mediante un ensayo: utilizando un motor CFR diesel, con avance a la inyección de 13° , girando a 900 RPM.

Hago funcionar el motor con el combustible desconocido, aumentando la relación de compresión (ϵ) hasta lograr que la combustión se de justo en el punto muerto superior (PMS). una vez logrado esto se fija la relación de compresión en ese punto y se comienza a alimentar el motor con una relación de cetano y heptametilnonano conocida, a continuación se varía la relación de mezcla (agregando cetano) hasta encontrar la mezcla que encienda justo en el PMS. Aquí concluye el ensayo luego se determina el número cetano de la siguiente manera.

- si se utilizó Cetano + alfa metilnaftaleno, la proporción de cetano en la mezcla es igual al número cetano del combustible.

- si se utilizó Cetano + heptametilnonano, entonces el número cetano es = % de cetano + (0,15 x %heptametilnonano)

Número cetano admisible como mínimo 40, para evitar dificultades en el encendido, aumento del ruido y aumento de los contaminantes. los buenos combustibles de hoy tiene alrededor de 60.

3) Porque se anticipa el encendido en motores otto? Cómo impacta esto en las emisiones contaminantes? como influye en la detonación?

Respuesta:

En el ciclo ideal, se supone que la combustión se realiza a volumen constante, por tanto, instantánea; en el ciclo real, por el contrario, dura cierto tiempo. Si el encendido tuviese lugar justo en el punto muerto superior (PMS), la combustión ocurriría mientras el pistón se aleja de dicho punto y el valor de la presión sería inferior a la esperada, con la correspondiente pérdida de trabajo útil.

por esto es necesario anticipar el encendido de forma que la combustión pueda tener lugar en su mayor parte, cuando el pistón se encuentra en el PMS (para que la combustión se termine a 10° después del PMS).

Disminuir el avance a la inyección reduce la temperatura de la combustión reduciendo la generación de NOx, pero aumentando la cantidad de Hidrocarburos sin quemar y la formación de CO.

Si se aumenta mucho el avance al encendido, la combustión termina antes de los 10° pasados el PMS, por lo tanto el volumen es menor, lo que hace que la temperatura y las presiones sean mayores produciendo mas NOx pero reduciendo los HC inquemados y la producción de CO.

4) Porque se anticipa la inyección en motores diesel? Cómo impacta esto en las emisiones contaminantes?

En el ciclo ideal, se supone que la combustión se realiza a presión constante, por tanto, instantánea; en el ciclo real, por el contrario, una parte se realiza a presión constante y otra a volumen constante.

por lo tanto para que la combustión se lleve a cabo, en su mayor parte, en el punto muerto superior (PMS), se anticipa la inyección y se logra que el combustible comienza a inflamarse antes y le da tiempo a que alcance la temperatura necesaria.

Disminuir el avance a la inyección reduce la temperatura de la combustión reduciendo la generación de NOx, pero aumentando la cantidad de Hidrocarburos sin quemar y la formación de CO.

5) como se ve afectada la detonación con la variación de la relación carrera-diámetro

Respuesta:

La detonación, o auto inflamación de una mezcla, es una cuestión de tiempo, presión y temperatura. en un motor, el mayor riesgo de detonación se tiene a regímenes de giro pequeños, con alta carga (presión alta), porque en esas condiciones la mezcla está durante más tiempo a presión elevada, y es más probable que pase el tiempo necesario para que se auto inflame. A regímenes altos, por muy altas que sean las presiones y temperaturas, la mezcla no está tanto tiempo a alta presión, por lo que el riesgo de detonación es menor. a menor C/D aumentan las RPM, disminuye la relación de compresión, con lo que se tiene menor riesgo a la detonación. a mayor C/D se tienen motores con RPM menores, aumenta la relación de compresión, aumentando el riesgo a la detonación.

el límite máximo de relación de compresión es la detonación.

Motores**6) especificar como se ve afectado el rendimiento térmico (con la variación de los calores específicos, de los números de moléculas, disociación de los productos de la combustión, etc)****Respuesta:**

Aumento de los calores específicos del fluido con la temperatura: tanto el calor específico a presión constante c_p como el correspondiente a volumen constante c_v , de un gas real, crecen con la temperatura, pero de tal forma que su diferencia permanece constante, es decir, $c_p - c_v = AR$; por consiguiente, al aumentar la temperatura disminuye el valor de la relación $k = c_p / c_v$. De lo cual se infiere que los valores de la presión y la temperatura máximas resultan siempre inferiores a las que se alcanzarían en el caso en que los calores específicos permanecieron constantes al variar la temperatura.

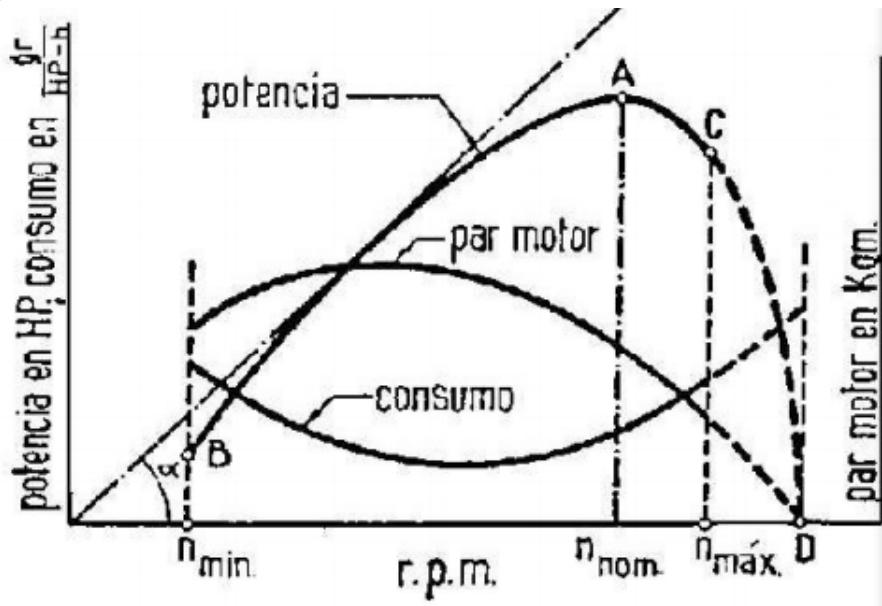
en el caso real, los productos de la combustión tienen calores específicos mayores que el aire, y, por tanto, los valores de la presión y de la temperatura máxima son, en el ciclo real, inferiores a los correspondientes al ciclo teórico. Por esta razón, la superficie y el rendimiento térmico resultan disminuidos.

Disociación en la combustión. Los productos de la combustión son esencialmente CO_2 y H_2O , además de otros compuestos, tales como CO , H_2 y O_2 . La disociación de estos productos es una reacción que se lleva a cabo con la absorción de calor, la temperatura máxima alcanzable es menor y se pierde una cierta cantidad de trabajo.

Aumento número de moles: $r = R/n$, constante de evaporación de gases, si aumento el número de moles (n), disminuye r , con lo cual se necesitan menos calorías para vaporizar, esto es algo bueno, pero este calor lo absorbe de las paredes del cilindro disminuyendo la temperatura del mismo, y por ende el rendimiento térmico.

7) Trazar curvas características motor alternativo, Que entiende por curvas características y como se determinan y que variaciones en su determinación existen..

Respuesta:



Estas curvas describen la capacidad que tiene un motor para desarrollar potencia, par torsor, consumo de combustible y rendimiento en función del número de vueltas del cigüeñal. Estas se determinan en un banco de pruebas en condiciones de alimentación máxima: a mariposa totalmente abierta (Otto) y entrega total de combustible (Diesel).

La curva de potencia se desarrolla entre el número de vueltas mínimo (punto B) y el número de vueltas máximo (punto C) permitido por el fabricante, pasando por el máximo (punto A), correspondiente al número de vueltas nominal.

El punto B indica el límite debajo del cual el motor no puede soportar carga, debido a su imperfecta alimentación y a la irregularidad de la cupla motriz.

Determinación de las curvas:

Los ensayos de homologación están normalizados por entidades oficiales o privadas de los principales países productores de motores del mundo (SAE, ASME, DIN) y cuando el motor los cumple satisfactoriamente, se dice homologado. Para ensayar un motor es necesario instalarlo en un banco de pruebas o de ensayos. Dependiendo del tipo de norma se pueden hacer sin

filtro de aire, sin dinamo, sin ventiladores y caño de escape, sin calefacción de multiple escape, etc.

- Se coloca el motor en un dinamómetro, se calienta en marcha lenta
- Se comienza a abrir la mariposa del carburador y simultáneamente se aumenta la cupla resistente del freno hasta lograr la apertura total de la misma y que el motor marche frenado a la misma velocidad de movimiento regular.
- Supongamos que esto sucede a 400 RPM, entonces tomamos el primer par de lecturas en la balanza de freno y flujometro que mide consumo de combustible.
- Actuando sobre el freno se consigue que el motor gire a 800 RPM y se toman nuevamente las lecturas. se continúa de esta manera en toda la gama de velocidades del motor.
- Por último, actuando en sentido contrario, se toman nuevamente las mediciones hasta llegar a 400 RPM
- Curva de consumo de combustible, cuando el motor esta estabilizado a la velocidad para la cual se desea efectuar la medida, se toma el tiempo para el consumo entre los dos marcas que definen el volumen conocido.
- la curva de momento torsor se calcula teóricamente a partir de la fórmula $N_e[kW] = M_t [N.m] \times n [RPM] \times 2\pi/60$.

9) que factores influyen en el rendimiento térmico de un motor.

El rendimiento térmico del ciclo Otto es función de la relación de compresión y el exponente k, relación de los calores específicos de fluido operante.

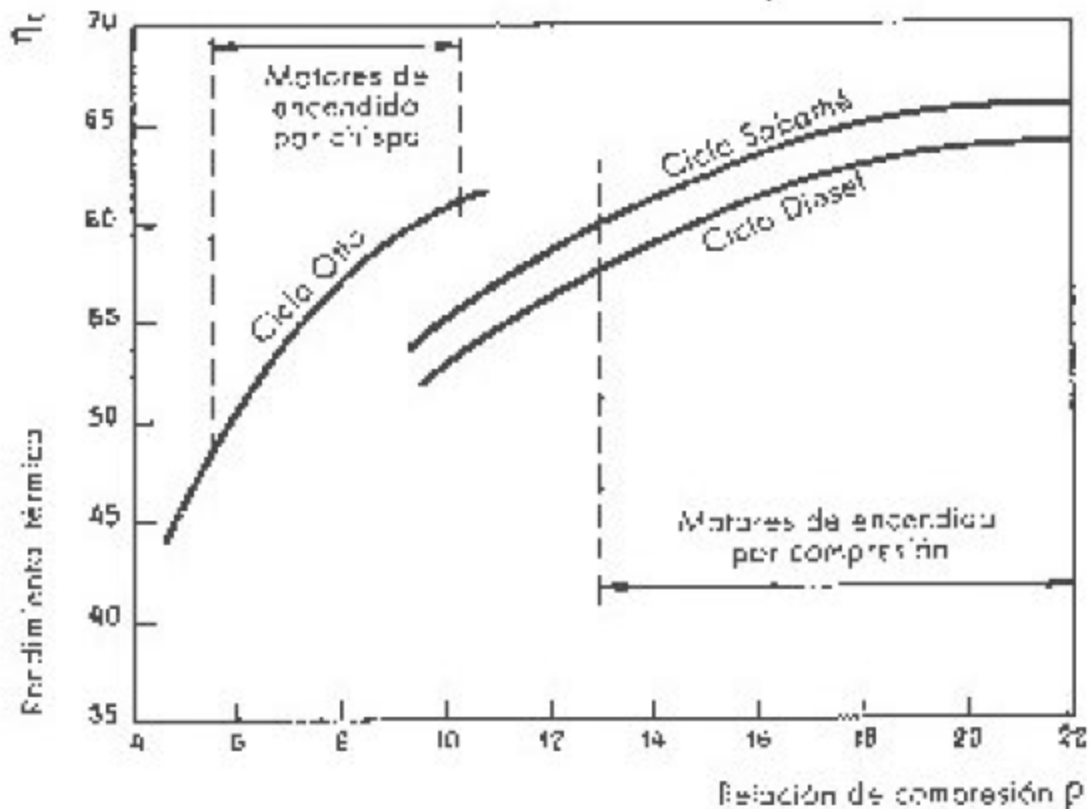
$$\eta = 1 - \left[\frac{1}{r^{k-1}} \right]$$

Aumentando r, aumenta el rendimiento ; Aumentando los valores de los calores específicos, disminuye k y, en consecuencia, también el rendimiento térmico.

Para el ciclo Diesel, función de la relación de compresión r, si esta aumenta, también lo hace el rendimiento térmico, de la relación de combustión a presión constante p (relación de inyección) y la relación k entre los calores específicos.

Las expresiones de los rendimientos térmicos de los ciclos Otto y Diesel difieren solamente por el término entre corchetes, que siempre es mayor que 1, y, por ello, aparece claro que a igualdad de relación de compresión, el rendimiento es mayor para el ciclo Otto que para el ciclo Diesel. Reduciendo r, es decir, el calor introducido a presión constante, el rendimiento h del ciclo Diesel se aproxima al del ciclo Otto.

$$\eta = 1 - \left(\frac{1}{r^{k-1}} \right) \left[\frac{(\rho^k - 1)}{(k(\rho - 1))} \right]$$



10) La relación que existe entre potencia y par motor.

Respuesta:

De acuerdo a la ecuación general de la potencia efectiva en función del momento torsor y la velocidad angular, podemos obtener la siguiente ecuación

$$N_e \text{ (kW)} = M_t \times \omega$$

11) Concepto de rendimiento volumétrico ¿Que factores influyen en su valor?

Respuesta: Da una medida del grado de llenado del motor y de la calidad del sistema de introducción de mezcla.

$\eta_v = \text{masa de aire real en el cilindro por unidad de tiempo} / \text{masa de aire teórica en el cilindro por unidad de tiempo}$

los factores que influyen son:

- Densidad de carga y dilución debida de gases residuales
- Diseño de los conductos de aspiración y escape.
- Tiempo de apertura y cierre de válvulas

Comentario 1:

también suele pedir números reales. para motores aspirados naturalmente es η_v es 0,8 y

sobrealimentado mayor a 1.

11) Concepto de elasticidad.

Respuesta:

En los motores de automóviles, su flexibilidad (mide el ancho de la zona de régimen) se mide por el índice de elasticidad, que es igual a la relación entre el número de vueltas al que se obtiene la potencia máxima y el que corresponde a la cupla motriz máxima; multiplicado por la relación entre el valor de la cupla motriz máxima y el que se obtiene en correspondencia con el número de revoluciones nominal, o sea:

$$I_e = \frac{n_{nom}}{n_{M_r \text{ máx}}} \times \frac{M_{r \text{ máx}}}{M_{nom}}$$

Este índice depende del volumen de cilindrada y en los considerados buenos motores, su valor oscila entre 1,9 y 3; siendo este último un valor límite.

$I_e > 3$ caja de 3 marchas

$2 < I_e < 3$ entre 4 y 5 marchas

$I_e < 2$ mas de 5 marchas

Reserva de par: en los motores de móviles terrestres por lo general se busca que la variación del par motor respecto al régimen de giro sea menor que cero.

$$dM_t/dn < 0$$

el régimen estable se da entre el régimen a momento máximo y el régimen a potencia máxima.

12) Dejando la cilindrada TOTAL y velocidad media del pistón constante y aumentando la cantidad de cilindros, aumenta la potencia efectiva. Justificar.

Respuesta:

$$V_c = \frac{\pi \phi^2}{4} c \cdot z = cte$$

$$\text{si } v = 2cn/60 = cte$$

hay 2 opciones,

a) c aumenta y n disminuye

b) c disminuye y n aumenta

c no puede ser constante, ya que al mantener el volumen total y aumentar la cantidad de cilindros es necesario si o si modificar o la carrera o el diámetro, siendo este último muy difícil de cambiar debido a la distribución de válvulas.

Si $V_c = cte$ y Z aumenta se pueden dar 2 casos.

c) c disminuye y $\phi = cte$

d) ϕ aumente y $c = cte$.

como el caso d) no se puede dar en las condiciones que se plantea en el ejercicio ya que c no puede ser cte, solo nos queda la opción de c disminuye y $\phi = cte$, por lo tanto C/D

disminuye, es un motor más corto, tiene mayor N_e , ya que las fuerzas de inercia son menores porque las fuerzas laterales son menores.

13) si la cilindrada total es constante, $z =$ constante, $n =$ constante. porque una variación en la relación C/D permite incrementar la potencia efectiva?

como $V_t = \pi \cdot D^2/4 \cdot Z \cdot c = \text{cte.}$ no queda otra que o D disminuya y C aumente \Rightarrow C/D aumenta o que D aumente y C disminuya. \Rightarrow C/D disminuye.

$$N_e = p_{me} \cdot V_{total} \cdot n \cdot T$$
$$N_e = M_t \cdot \omega$$

si la potencia aumenta en este caso tiene que aumentar el momento torsor, para tener un mayor momento torsor se necesita un motor más largo, o sea un C/D mayor.

14) Relación de compresión. Definir. Si aumenta, que efectos tiene en otras propiedades? Dar rangos típicos de Diesel y Otto.

Respuesta:

Se define la relación de compresión como el cociente entre el volumen que existe arriba de la cabeza del pistón cuando está en el punto muerto inferior (PMI) y el volumen que existe arriba de la cabeza del pistón cuando está en el punto muerto superior (PMS).

$$\varepsilon = (V_{cilindro} + V_{camara\ de\ combustion}) / V_{camara\ de\ combustion}$$

Un aumento en la relación de compresión implica un aumento en el rendimiento térmico, la potencia, pérdidas por fricción, esfuerzos mecánicos y la tendencia a la detonación (Otto).
los valores para Otto 8:1 - 10:1
Diesel 12:1 - 24:1

20) Relación C/D (carrera/diámetro) Definirla. Dar valores típicos en Diesel y Otto. Definir carrera superlarga. Ventajas.

Respuesta:

Cociente entre en la carrera y el diámetro del pistón:

C/D >> 1 carrera larga: Aumenta la relación de compresión, aumenta el par motor en el cigüeñal, aumenta las pérdidas por fricción, disminuye las rpm.

C/D = 1 motor cuadrado.

C/D << 1 carrera corta: Disminuye la relación de compresión, disminuye el par motor en el cigüeñal, disminuyen las pérdidas por fricción, aumentan las rpm. Es un motor que respira mejor.

C/D \approx 1,2 motor diesel

C/D \approx 1 motor otto

$C/D \approx 0,4$ motor de competición

21) Relación S/V (superficie/volumen) Definir y dar valores. Qué variables la influencia?

Respuesta (incompleta):

S/V

$K1 = S/V = 2(\epsilon - 1)/c$, donde ϵ , es la relación de compresión, y c es la carrera.

Si $K1 \gg 1 \rightarrow$ pierdo mucho calor por las paredes del cilindro.

Si C/D aumenta $\rightarrow K1$ disminuye y pierde menos calor por el cilindro

Los motores diesel tienen mayor $C/D > 1 \rightarrow$ tienen $K1$ menor.

39) La tendencia a la detonación se incrementa si:

A) el motor tienen $C/D < 1$, Falso, porque un C/D chico se tienen RPM mayores, y esto limita la posibilidad de detonación.

B) la relación de superficie volumen es elevada, Falso, $S/V = K1$ alto implica una relación C/D chica, que implica RPM altos, y baja tendencia a la detonación.

C) el motor tiene un $C/D > 1$ Verdadero, se parece más a un motor diesel

D) la volatilidad del combustible disminuye. verdadera, si la volatilidad aumenta, el combustible se evapora más rápido, y mejora el tiempo de la combustión. de lo contrario, con menor volatilidad más tarda la combustión, y con mayor tiempo, aumenta la probabilidad de detonar.

E) la relación combustible-aire es estequiométrica, Falsa, nada tiene que ver con la detonación.

24) Definir y dar valores de:

a. Presión media indicada, Cómo se determina?.

Es una presión teórica constante de valor ficticio, que actúa sobre la cabeza del pistón durante la carrera de expansión, que produce el mismo trabajo que el ciclo indicado.

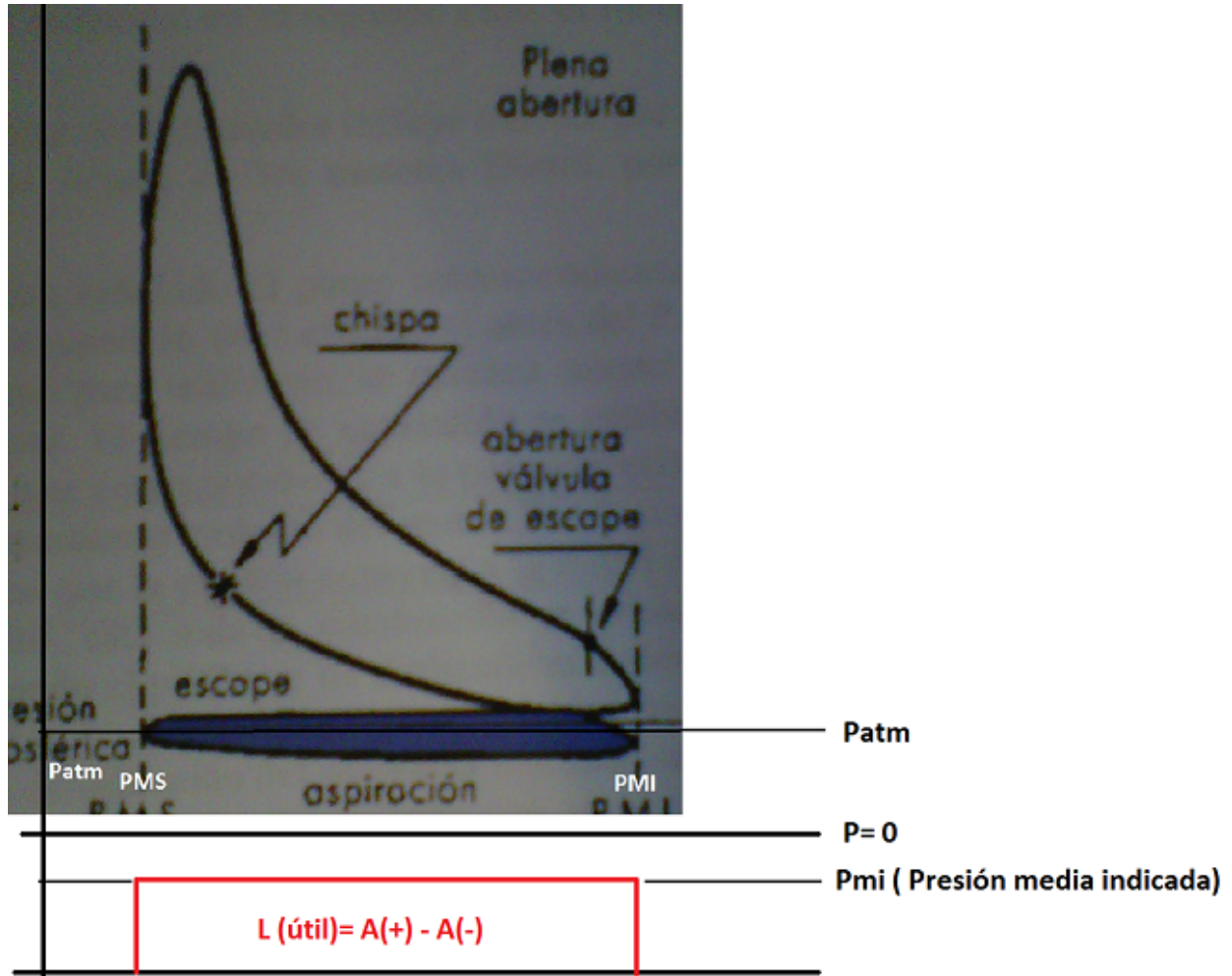
Por definición, la pmi es igual a la relación entre el trabajo indicado y el volumen de cilindrada:

$$P_{mi} = Li/V_{cilindro}$$

Se obtiene a partir del diagrama indicado: $p_{mi} = [\text{Área útil}(m^2) \times \text{Factor (Pa/m)}]/L(m)$

Otto: 8-12 bar

Diesel: 7,5-10 Bar



b. Presión media efectiva

Es una presión teórica constante de valor ficticio, que actúa sobre la cabeza del pistón durante la carrera de expansión, que produce el mismo trabajo que el ciclo efectivo.

$$P_{me} = (2\pi \cdot M_t \cdot T) / V_t = k(M_t / V_t)$$

$$\text{con } k = 2\pi T \text{ y } V_t = (\pi D^2 / 4) \cdot c \cdot z$$

$T=2$ para 4 tiempos, $T=1$ para 2 tiempos.

$P_{me} = 8$ Bar Bajas solicitaciones mecanicas y termicas. moderado llenado y rendimiento volumétrico (0,8 aprox)

$P_{me} = 13$ Bar elevada solicitaciones mecanicas y termicas. excelente llenado y rendimiento volumétrico (1,2 aprox)

$P_{me} = 50$ Bar Extraordinarias solicitaciones mecanicas y termicas. extraordinario llenado y rendimiento volumétrico

c. Rendimiento mecánico: es la valoración de las pérdidas mecánicas en un motor

$$\eta = Ne/Ni = pme/pmi$$

e. Velocidad media del pistón.

Es una velocidad supuesta constante a lo largo de la carrera del pistón.

$$cm = 2 \cdot c \cdot n / 60$$

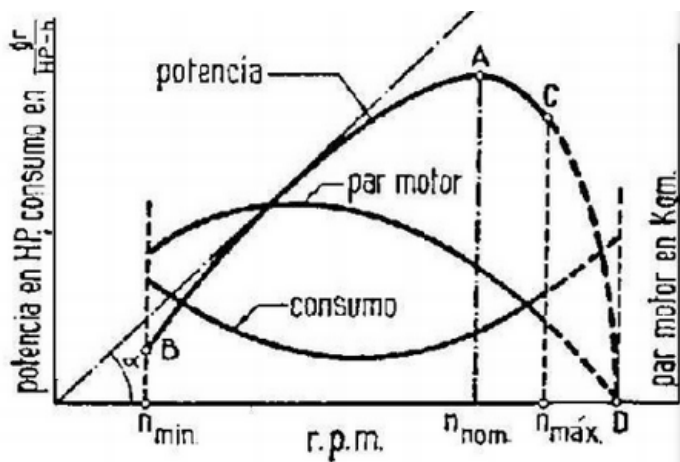
	transporte	competición	estacionario [m/s]
otto	8-11	51-23	-
Diesel	9-14	-	6-11

41) Por que la Presión media efectiva es menor al régimen de potencia máxima que al del par máximo?

Respuesta:

$$Pme = (2\pi \cdot Mt \cdot T) / Vt$$

Al régimen máximo de potencia Mt es menor que al régimen máximo de par motor, con lo cual al la presión media efectiva va a ser menor al régimen máximo de potencia.



30) Potencia efectiva. Expresión matemática.

Es la potencia generada por el par disponible a la salida del eje del motor, llamada también potencia de freno. Se mide con un dispositivo aplicado al eje del motor, que consiste en un freno, cuyo momento puede medirse.

$$N_e = pme \cdot V_{total} \cdot n \cdot T$$

31) Potencia indicada. Expresión matemática.

Es la potencia desarrollada por el fluido en el cilindro. Se puede calcular a partir del diagrama indicado, cuya área representa el trabajo indicado L_i , realizado por los gases en el interior del cilindro durante un ciclo.

$$N_i = p_{mi} \cdot V_{total} \cdot n \cdot T$$

23) Diagrama Presión-desplazamiento angular teórico y real. Explicar detalladamente las diferencias.

Diagrama real

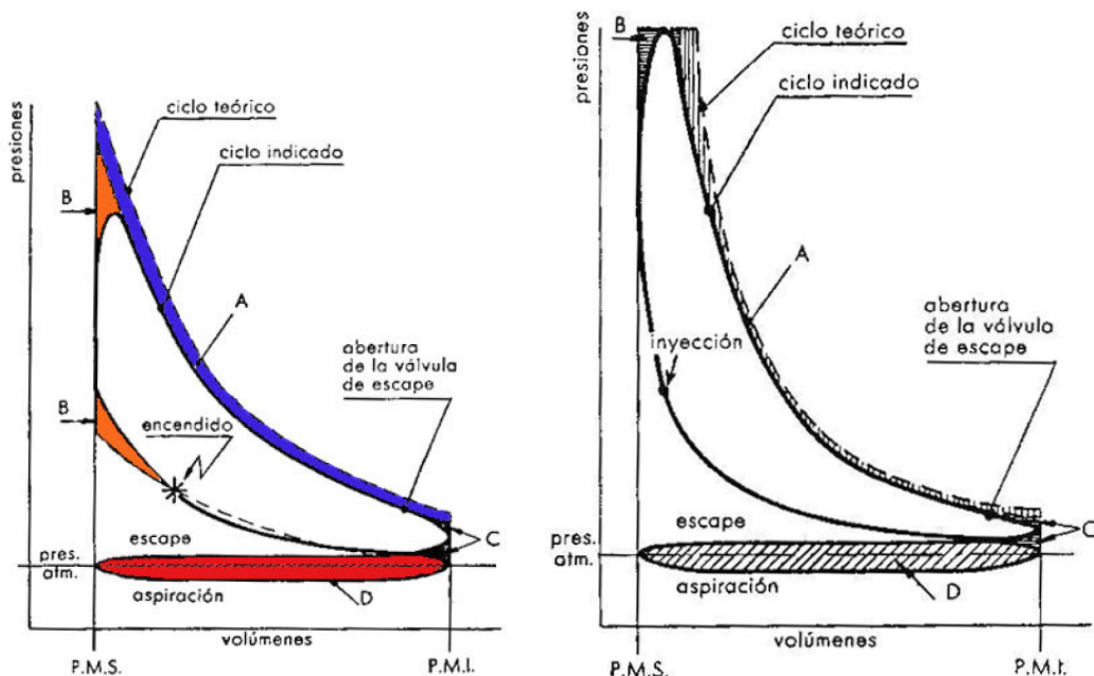
- 1- Presión superior a la atmosférica dado que no termina la fase de escape.
- 2- Depresión por la aspiración.
- 3- En el PMI aun continua la depresión por que aun se sigue introduciendo combustible, a pesar de haberse iniciado la carrera compresión.
- 4- si los conductos son largos se puede aprovechar la inercia de los gases para retrasar aún más el RCA (retraso al cierre de admisión).
- 5- Avance al encendido, para darle tiempo a que la combustión termine a 10° del PMS. el máximo adelanto al encendido es entre 35° y 45°.
- 6- termina el ascenso del pistón (PMS).
- 6'- fin de la carrera de compresión, y máximo valor de la presión en caso de no producirse el encendido.
- 7- repentina elevación de la presión y temperatura por la combustión, alcanzando su máximo valor en (7).
- 8- AAE avance a la apertura de escape previo al PMI para aprovechar la expansión de los gases.---
- 9- los gases de escape se descargan violentamente al exterior y comienza el escape.
- 10- si los conductos son largos, por efecto de la inercia se puede tener un rápido punto de depresión.
- 11- el pistón, desplazándose hacia el PMS expulsa los gases que aún ocupan el cilindro. aumenta la presión ligeramente (sobrepresión de escape)

En definitiva las fases del ciclo son definidas por el avance al encendido y los avances a la apertura y retrasos al cierre de las válvulas.

19) Definir y explicar componentes de Potencia por Fricción. Explicar en qué consiste el método de la línea de Williams, el método de Motoring y el de la Pmi instantánea.

Ciclo Otto

Ciclo Diesel



A) Pérdidas de calor por las paredes del cilindro en la carrera de expansión.

B) si el encendido tuviese lugar justo en el PMS, la combustión ocurre mientras el pistón se aleja de dicho punto, es necesario anticipar el encendido de forma que la combustión pueda tener lugar, en su mayor parte, cuando el pistón se encuentra en la proximidad del PMS. esto genera una pérdida de trabajo útil, pero que sería mayor si no se produce el avance.

C) tiempos de apertura y cierre de la válvula de escape: en el ciclo real se hace la suposición de que la sustracción de calor es instantánea en el PMI, en el ciclo real esto tarda un tiempo. se adelanta la apertura de la válvula de escape (un poco antes de que el pistón comienza la carrera de escape) para aprovechar la presión de los gases y facilitar el escape. esto genera una pérdida, pero que sería mayor si no se realiza este avance.

D) Perdidas por bombeo: durante la carrera de aspiración, la presión en el cilindro es inferior a la que se tiene durante la carrera de escape. Salvo casos particulares, en el decurso de la aspiración, la presión resulta inferior a la atmosférica, mientras que durante el escape es superior. Se crea, por tanto, en el diagrama indicado una superficie negativa (D, en la figura), que corresponde al trabajo perdido. El esfuerzo realizado por el motor para efectuar la aspiración y el escape se llama trabajo de bombeo y esta, por lo general, comprendido en el trabajo perdido por rozamientos.

Las causas de las diferencias en los valores de la presión y temperatura máxima son:

-Aumento de los calores específicos del fluido con la temperatura:

Como ya sabemos, tanto el calor específico a presión constante c_p como el correspondiente a volumen constante c_v , de un gas real, crecen con la temperatura, pero de tal forma que su diferencia permanece constante, es decir, $c_p - c_v = AR$; por consiguiente, al aumentar la temperatura disminuye el valor de la relación $k = c_p / c_v$. De lo cual se infiere que

los valores de la presión y la temperatura máximas resultan siempre inferiores a las que se alcanzarían en el caso en que los calores específicos permanecieron constantes al variar la temperatura.

Disociación en la combustión: Los productos de la combustión son esencialmente CO₂ y H₂O, además de otros compuestos, tales como CO, H₂ y O₂. La disociación de estos productos es una reacción que se lleva a cabo con la absorción de calor, la temperatura máxima alcanzable es menor y se pierde una cierta cantidad de trabajo.

29) Potencia perdida por resistencias pasivas. Cuales son los componentes. Como se determina?

Es la potencia perdida, necesaria para vencer rozamiento entre las partes mecánicas en movimiento, trabajo de bombeo del fluido, el accionamiento de los diferentes grupos de accesorios.

Los componentes son:

- pérdidas mecánicas
 - fricción del conjunto piston-ros-caj-pernos (la mas importante)
 - fricción en cojinetes
 - fricción en sistema de distribución
- por auxiliares (bomba de H₂O, aceite, alternador, aire acondicionado, etc.)
- fricción de componentes con el aire que los rodea

Para determinarla hay una serie de ensayos

1. Método Morse

Se determina una cierta velocidad y se mide la N_e con todos los cilindros funcionando, luego se van anulando sucesivamente y por turno cada uno de los cilindros, midiendo la potencia que el motor entrega con cada uno de los cilindros anulados

La diferencia entre la N_e y la potencia que entrega con un cilindro anulado, es la potencia que entregaba ese cilindro sin descontar las pérdidas mecánicas (N_i de ese cilindro) La sumatoria de todos éstos me da la N_f

$$N_f = N_i - N_e$$

Inconvenientes: Se basa en el supuesto de que al suprimir un cilindro, las resistencias pasivas permanecen constantes. la realidad es que al desconectar el cilindro, las fuerzas de fricción son menores que en el ciclo real.

2. Motoring Test

Se acopla un motor eléctrico (CC) al motor de ensayo, la potencia entregada por el motor eléctrico para hacer girar al motor con el sistema de encendido desconectado será la potencia de fricción.

Hay distintos tipos de ensayos de arrastre:

- Desmantelado

Se le van sacando partes al motor y se arrastra a éste para medir la potencia que absorbe cada una de las partes

- Con encendido

Se pone en funcionamiento al motor normalmente a la $T^{\circ}_{\text{regimen}}$, se corta el encendido y la alimentación y se arrastra inmediatamente

- Presurizado

Se agrega un dispositivo que mantenga los gases a presión, aunque no aparezca la combustión.

3. Taylor (cilindro móvil)

Se Desarma el motor y se corta el cilindro, poniéndolo sobre un sistema elástico (galga extensiométrica), a través de estos elásticos se mide la fricción mediante un dispositivo que mida la elongación.

Inconvenientes:

- Costo elevado
- El cierre de la parte superior no es estanco al 100%
- El cilindro vibra, por lo que afecta la medición
- Hay pandeo por la inclinación del cilindro

4. Patterson Urias (Metodo de la PMI instantanea)

debido a que el pistón está sometido a la presión del gas, se coloca un transductor piezométrico para medir el diagrama de presiones, con esto se puede calcular la fuerza debido al gas (F_g). también se coloca un barómetro para poder calcular medir la presión del aire y de ese modo calcular F barométrica debido al efecto del aire. a moverse verticalmente, el pistón, está sometido a fuerzas de inercia generada por la masa en movimiento (areo, pistón, pernos), por lo tanto quedo $F_i = \text{masa} \times \text{aceleración}$.

$$F_{\text{fricción}} = (F_g \pm F_i) - F_b$$

inconvenientes:

- las fuerzas son muy grandes, ya la fuerza de fricción muy pequeña, un pequeño error en la medición puede traer aparejado grandes errores de cálculos.
- las galgas pueden romperse por fatiga.

40) El rendimiento de un motor otto o Diesel se incrementa si:

- A) la relación aire-combustible es rica. falsa
- B) la relación aire-combustible es pobre. verdadera
- C) la relación aire-combustible es estequiométrica. V
- D) aumenta el número octano. Falsa
- E) aumenta el número cetano Falsa

F) se aumenta el calor específico a $P = \text{cte}$. Falso, $R = \text{cte} = C_p - C_v$, pero si aumenta C_p o C_v , k disminuye, y esto disminuye el rendimiento

+

$$\eta = 1 - \left[\frac{1}{r^{k-1}} \right] \quad \eta = 1 - \left(\frac{1}{r^{k-1}} \right) \left[\frac{(\rho^k - 1)}{(k(\rho - 1))} \right]$$

Calderas

27) Caldera humotubular. Explicar funcionamiento y partes. Qué parámetros se tienen en cuenta a la hora de elegir?

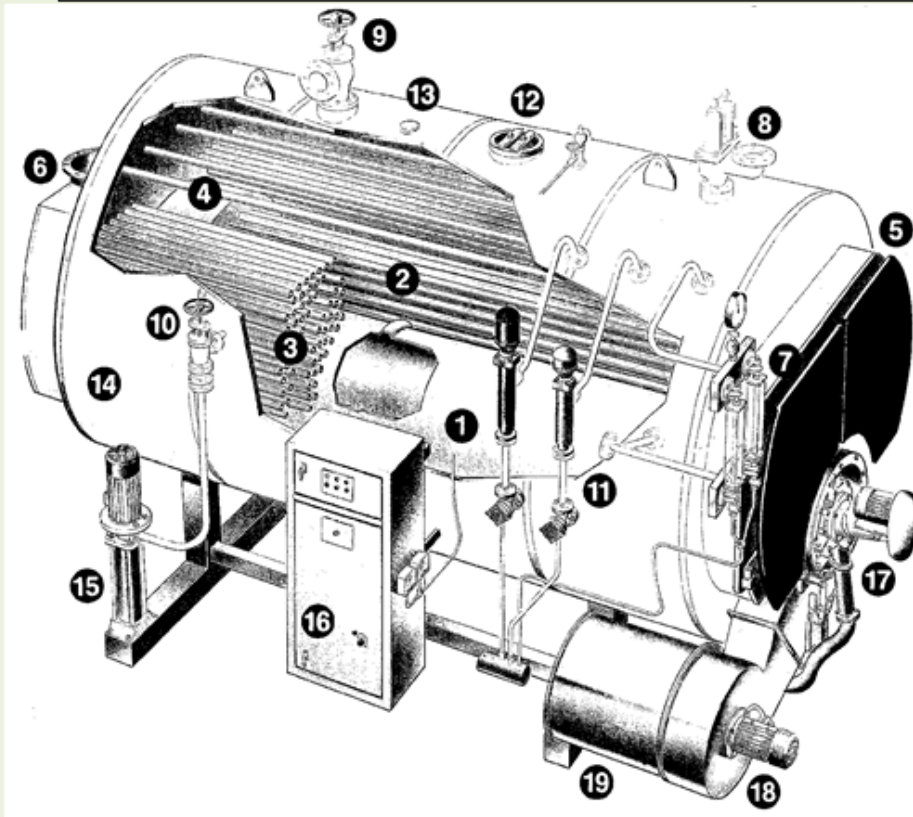
Funcionamiento:

Este tipo de calderas tienen la particularidad de que el agua está por fuera de los caños por donde pasa la llama. Constan de varios "pasos" por donde los gases de combustión pasan para intercambiar calor y calentar el agua. Al aumentar la temperatura del agua y encontrarse encerrada en un recipiente, la presión aumenta hasta que el vapor comienza a fluir por la válvula que está ajustada para que el mismo salga a la presión de trabajo.

El calor se transmite en su mayor parte por radiación, aunque también por convección, por lo que la llama debe ser larga ($T=1400^{\circ}\text{C}$).

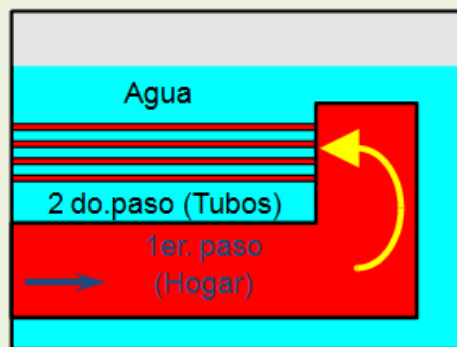
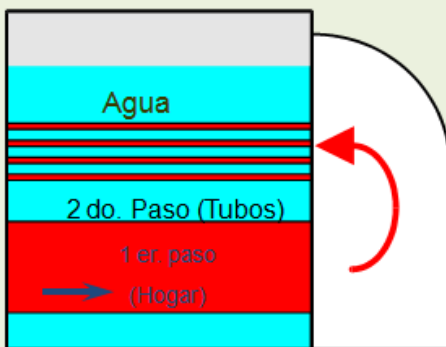
Partes:

Caldera Humotubular - Compacta



- 1 Hogar.
- 2 Tubos (2do paso).
- 3 Tubos (3er paso).
- 4 Cámara de combustion.
- 5 Caja de humos frontal.
- 6 Caja de salida posterior.
- 7 Visor.
- 8 Válvula de seguridad.
- 9 Válv.salida vapor.
- 10 Válv retención agua.
- 11 Controles de nivel.
- 12 Entrada de hombre.
- 13 Conex.repuesto.
- 14 Carcasa.
- 15 Bomba agua.
- 16 Panel de control.
- 17 Quemador
- 18 Ventilador
- 19 Silenciador ventilador

las calderas pueden ser de fondo seco, con caja de humos externa, en donde los mismo puedan dar la vuelta o de fondo húmedo en donde la caja de humos es interna.



Parametros:
- tipo de combustible

- Longitud, diametro
- H = Superficie de calefacción (m²), es la superficie que por un lado tiene el agua y por el otro los gases de combustión, medida desde el lado de los gases.
- Q volumetrico Liberado [Kw/m³]
- G_v = Producción de vapor (kg/h), es la cantidad en kg / h de vapor sobrecalentado que puede producir ese generador de vapor.
- Dh = Salto entálpico (kcal/kg). Calor recibido igual a la variación de entalpía entre el estado de entrada a la turbina y el de entrada a la caldera.
- d = Vaporización específica (kg/m² h), es la cantidad de vapor producida por m² y por hora
d = G_v/H
- e = Indice de vaporización (kg vapor/kg comb), es la relación entre la producción de vapor G_v y el consumo de combustible G_c en el mismo tiempo.
- El vapor normal es el que se obtiene como vapor saturado seco a 1 atm de presión y 100 °C de temperatura, calentado desde 0 °C. La energía consumida en estas condiciones es de 640 kcal/kg.

vapor normal G = Producción equivalente de vapor normal (kg de vapor normal / hora)

$$G_{\text{vapor normal}} = \frac{(G_{\text{vapor}} \times \Delta h)}{640} [\text{kg vapor normal / hora}]$$

Sirve para comparar parámetros de producción entre calderas de distintas características

- η_t = Rendimiento térmico de la caldera: Se define por la relación entre la cantidad de calor aprovechado y la cantidad de calor liberado por el combustible:

$$\eta_{\text{térm caldera}} = \frac{G_{\text{vapor}} (\text{kg / hora}) \times \Delta h_{\text{caldera}} (\text{kcal/kg})}{G_{\text{comb}} (\text{kg comb/hora}) \times P_{c_i} (\text{kcal/kg comb})}$$

El rendimiento de las calderas varía tanto en su clasificación por tamaño como también por su equipamiento, se las considera:

Pequeñas: Son aquellas que tienen hasta 150 m² de superficie de calefacción, normalmente son sin economizador y precalentador. Sus rendimientos pueden oscilar entre 0,5 y 0,7. Con economizador y precalentador sus rendimientos pueden oscilar entre 0,7 y 0,8.

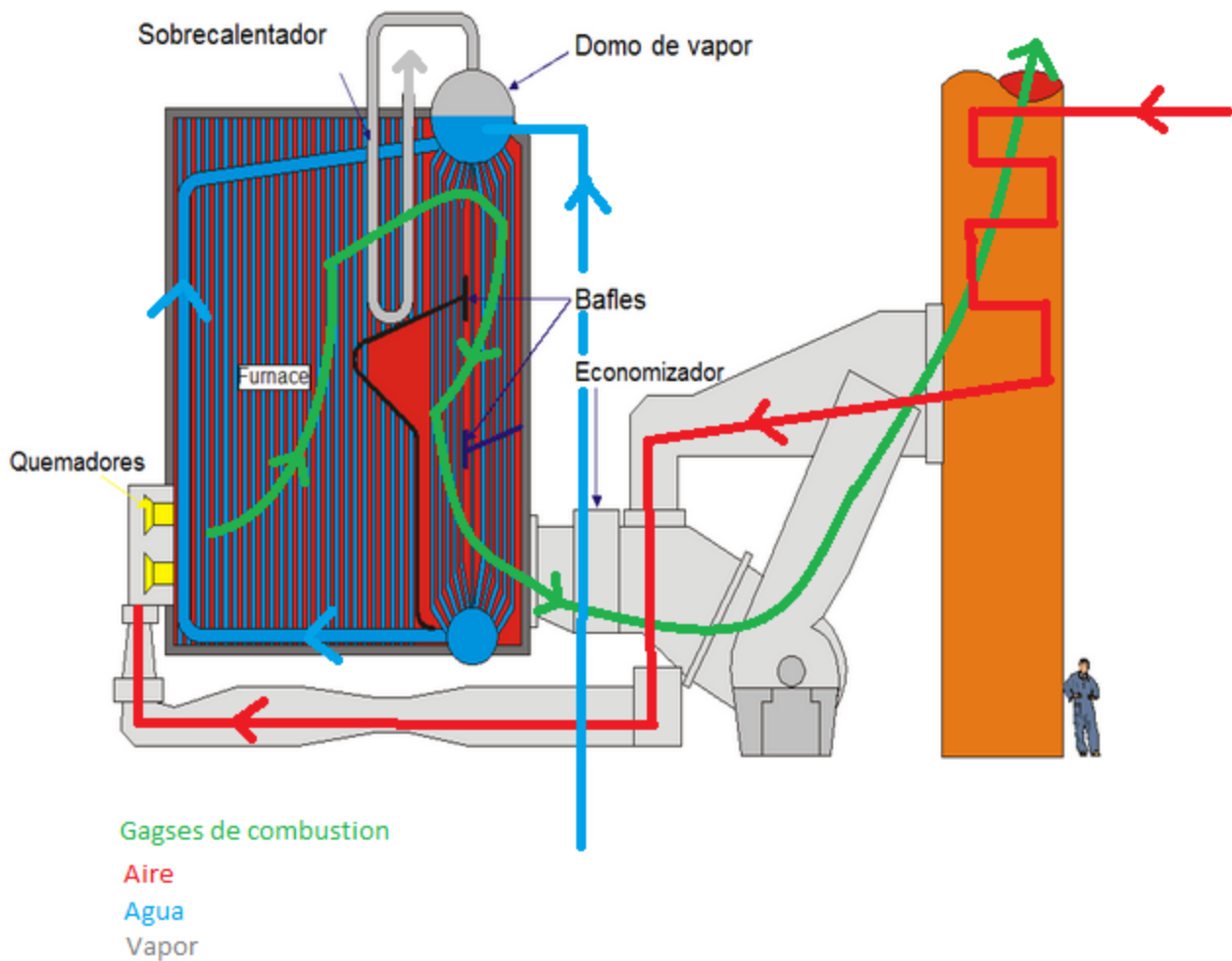
Medianas: Son las que tienen una superficie de calefacción entre 150 y 400 m².

Sin economizador y precalentador sus rendimientos pueden oscilar entre 0,7 y 0,74, mientras que con ambos puede alcanzar a 0,84.

Grandes: Son aquellas cuya superficie de calefacción es mayor de 400 m² y siempre tienen economizador y precalentadores, con lo que los rendimientos llegan a 0,90.

Recordemos que se define como rendimiento efectivo de una instalación de vapor

33) Caldera acuotubular. Esquema de la circulación de humos por la caldera. Explicar cómo circula el agua. Características del DOMO.

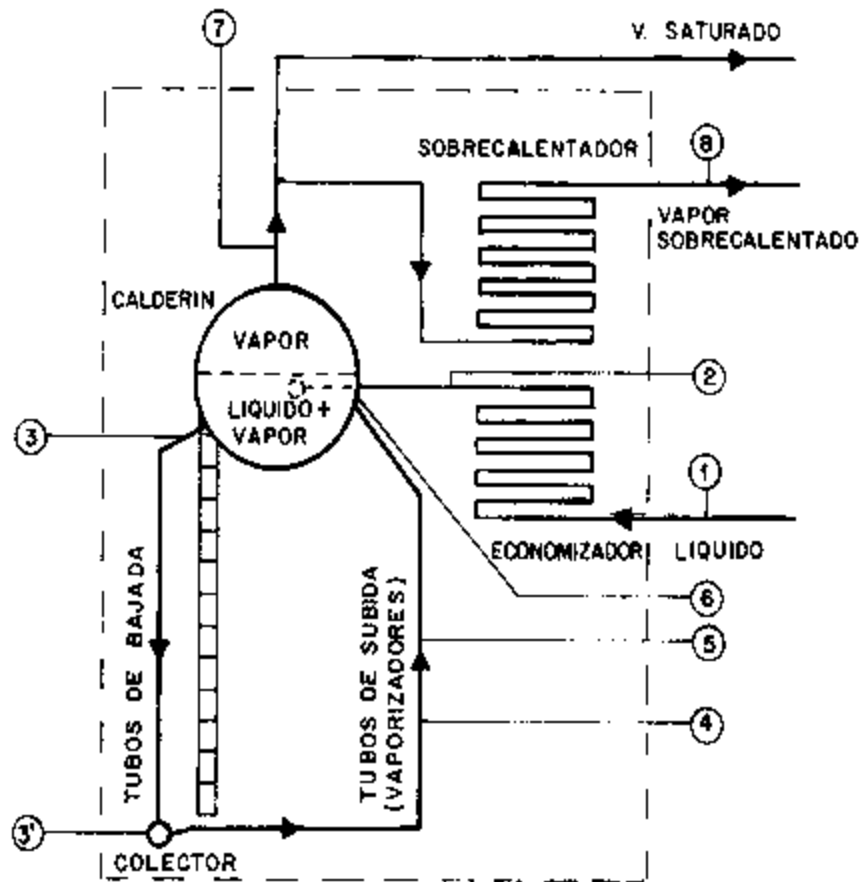


Circulación del agua.

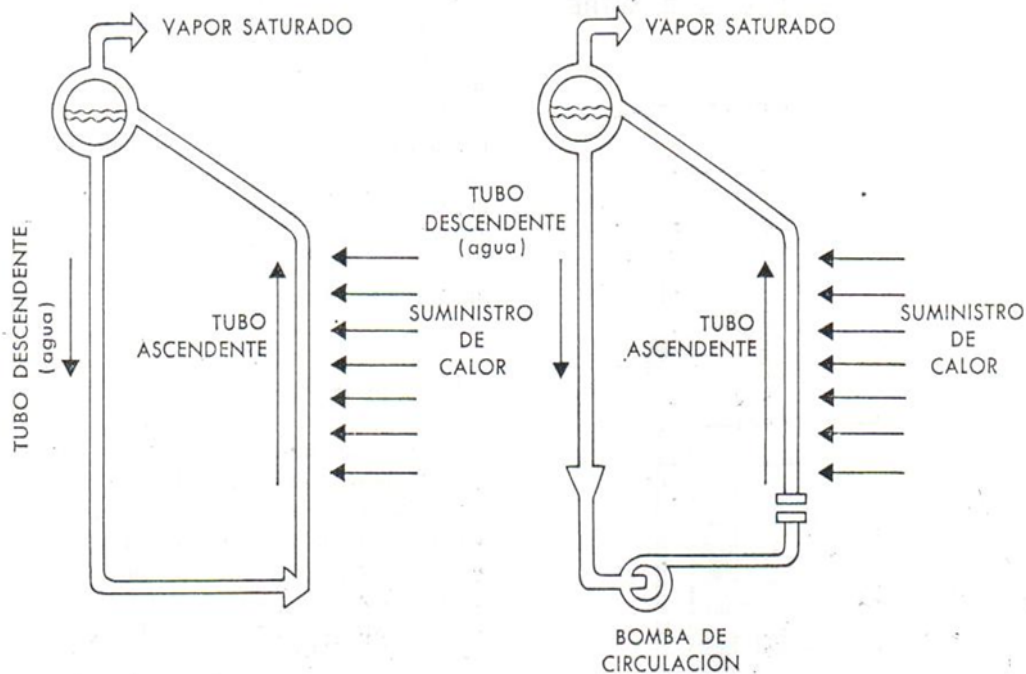
El agua líquida entra al economizador (1), donde se calienta hasta una temperatura próxima a la de saturación (2), se introduce en el domo y desciende por los tubos de riego o bajada (3-3') hasta el colector inferior o domo inferior, distribuyéndose hacia los tubos vaporizadores, donde se forman las burbujas de vapor (4-5) que a su vez se separan en el domo superior (6). El vapor saturado (7) puede calentarse por encima de su temperatura de saturación en el sobrecalentador (8) en caso de trabajar con vapor sobrecalentado. La circulación del agua por los tubos de bajada (ó riego) y de subida (vaporizadores) puede ser por convección natural, debido a la diferencia de densidades, o forzada mediante una bomba.

En la mayoría de las calderas, la circulación del agua se hace de forma natural por la diferencia de densidades entre el agua que ingresa y la que se está vaporizando. En otras se coloca una bomba para aumentar el flujo de agua y lograr más vaporización

Esquema de una caldera acuotubular de vapor saturado y sobrecalentado mostrando sus diferentes secciones.



DISEÑOS CON CIRCULACION NATURAL Y FORZADA CON BOMBA



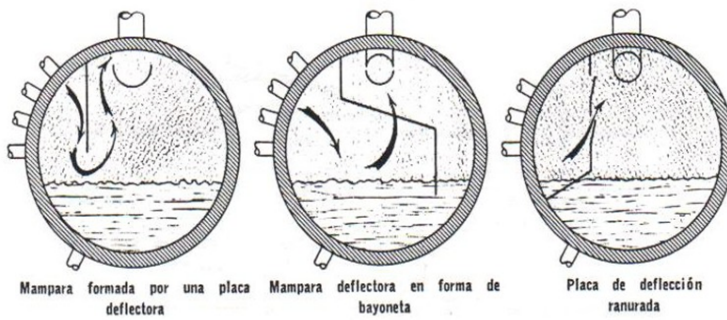
Características del Domo:

En el domo se encuentra el espejo de agua, de ahí el vapor sale al exterior de la caldera, pero se necesita que el vapor sea lo menos contaminado posible con agua, entonces dentro del mismo encontramos distintas formas constructivas para que el agua líquida retorne al domo y no salga.

Tiene dos funciones:

- 1) separar el vapor de la mezcla agua-vapor.
- 2) alojar los equipos destinados a la purificación del vapor luego que fue separado del agua.

En una primera etapa, se reduce el contenido de agua existente en el vapor proveniente de los tubos vaporizadores mediante placas deflectoras, bancos de pantalla, conjunto de placas plegadas o curvadas y dispositivos que usan la aceleración radial del agua. Luego, en la etapa de secado se elimina la humedad residual.



37) Presión de Trabajo y Presión de diseño?

Presión de Diseño (Pd): es aquella a la cual la caldera fue diseñada de acuerdo a los códigos y estándares para la construcción de elementos sometidos a presión.

Presión de Trabajo (Pt): aquella a la cual la caldera genera vapor y suministra el caudal para la cual fue diseñada.

$P_d > P_t$

Balance termico

22) Balance térmico. Definir. como se calculan las pérdidas por combustión incompleta.

Por qué se necesita hacer un estudio de combustion? que relacion hay entre la temperatura de llama y la combustión incompleta?

Respuesta:

Balance termico: Consiste en estudiar como se distribuye el calor en la caldera y las pérdidas en la combustión por cada kilogramo de combustible quemado

Calores y pérdidas a tener en cuenta:

1. Calor absorbido por la caldera

$$Q_1 = W(H - h_a)$$

W = Kilos de agua evaporada

H = Entalpía del vapor a la salida

Ha = Entalpía del agua

2. Calor perdido por los humos

$$h_2 = W_{\text{HUMOS}}(t_{\text{HUMOS}} - t_r) C_{p_{\text{HUMOS}}}$$

W Humos = Masa de humos (de tabla ó del estudio de humos)

t Humos = Temperatura de salida de humos

t r = Temperatura de Entrada de aire de combustión

3. Evaporación de agua al quemar

$$h_3 = 9h [(100 - t_c) + 540 + 0,256(t_h - 100)]$$

h = Fracción de hidrógeno del combustible

t_c = Temperatura del combustible

t_h = Temperatura de los humos

4. Evaporación de la humedad del combustible

$$h_4 = w [(100 - t_c) + 540 + 0,256(t_h - 100)]$$

W = humedad de 1 Kg de combustible

5. Pérdidas por fracción de CO formado por combustión incompleta

$$h_5 = \frac{CO}{(CO + CO_2)} (7863 - 2200) \frac{Kcal}{Kg} \times C_b$$

CO%, CO₂% = Del estudio de humos

C_b = Peso del Carbono en un Kilo de Combustible

C_{total} = C_a (ceniza) + C_b

6. Pérdidas por Carbono sin quemar en las cenizas

$$h_6 = 7863 \frac{Kcal}{Kg} \times \frac{W_a}{W_c} \times C_c$$

W_a = Peso de la Ceniza

W_c = Peso del Combustible

C_c = % Carbón combustible en la ceniza

7. Pérdidas por calentamiento de la humedad del aire para la combustión

$$h_7 = X \times 0,256 (t_{\text{humos}} - t_{\text{aire comb}})$$

X = Humedad absoluta del aire de entrada

8. Radiación y otras pérdidas

Resulta de restar al total la suma de todas las pérdidas anteriores más el porcentaje de eficiencia

$$100\% - \left(\frac{Q_1}{m_c P_{cal}} \right) - \sum_{i=2}^7 \frac{h_i}{P_{ci}} = h_8$$

Se debe efectuar un Análisis de Humos o Análisis de Orsat, el mismo nos dice cuál es el exceso de aire actual, y de esa manera con los registros de la caldera actuar sobre el aire entrante y modificar la combustión en la cámara para que sea más eficiente

El estudio de los Humos o Gases nos dice el porcentaje de:

CO₂, O₂ y CO Y por lo tanto $100\% - (CO_2 + CO + O_2) = N_2$

Conociendo los porcentajes de cada elemento se puede calcular el exceso de aire de la siguiente forma:

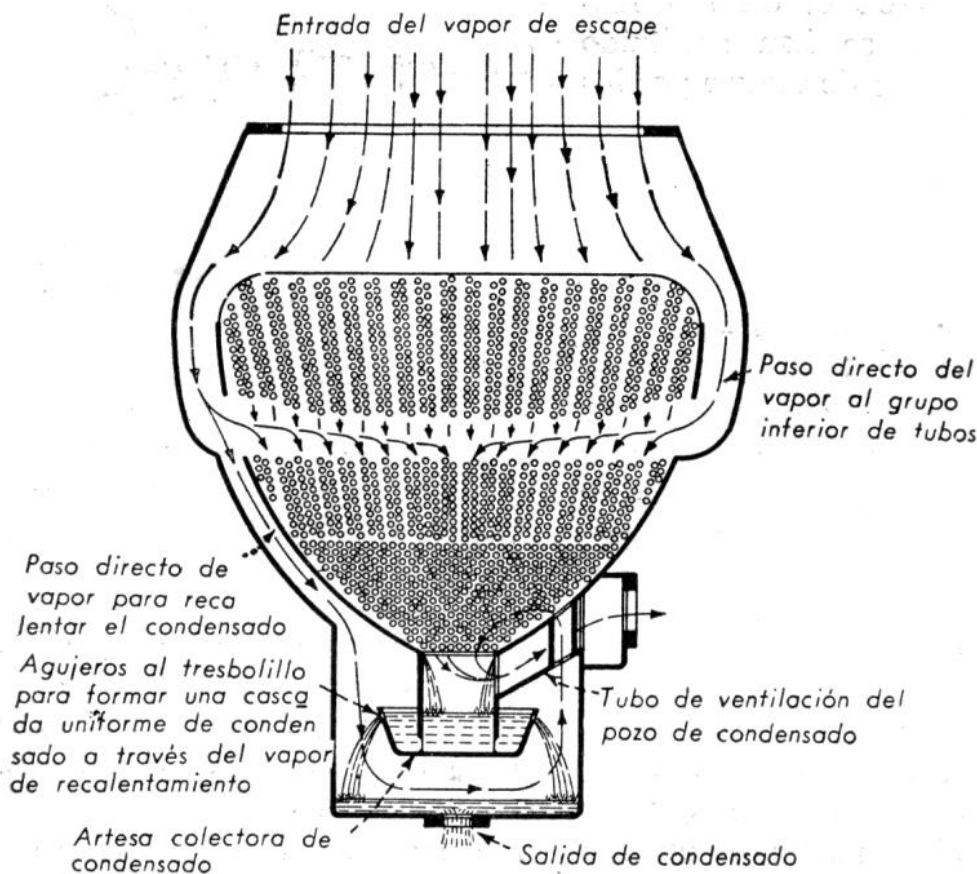
$$e = \frac{O_2 - 1/2(CO)}{0,264 \times N_2 - [O_2 - 1/2(CO)]} \times 100$$

Con esta relación se construye el Diagrama de Ostwald, para cada combustible, pudiéndose averiguar para cada uno con los resultados del análisis con que exceso de aire se esta quemando o bien cual es el porcentaje de CO que se forma puesto que es una reacción endotérmica y de formarse en la combustión nos hace ineficiente la misma, no así la formación de CO₂.

El exceso de aire debe ser tenido en cuenta puesto que nos baja la temperatura de la llama y eso nos va en contra con la producción de calor.

Ciclos

38) Condensadores. Tipos de uso. Materiales de construcción. Presión de trabajo.
¿Cuál es un parámetro fundamental del condensador? Instalacion



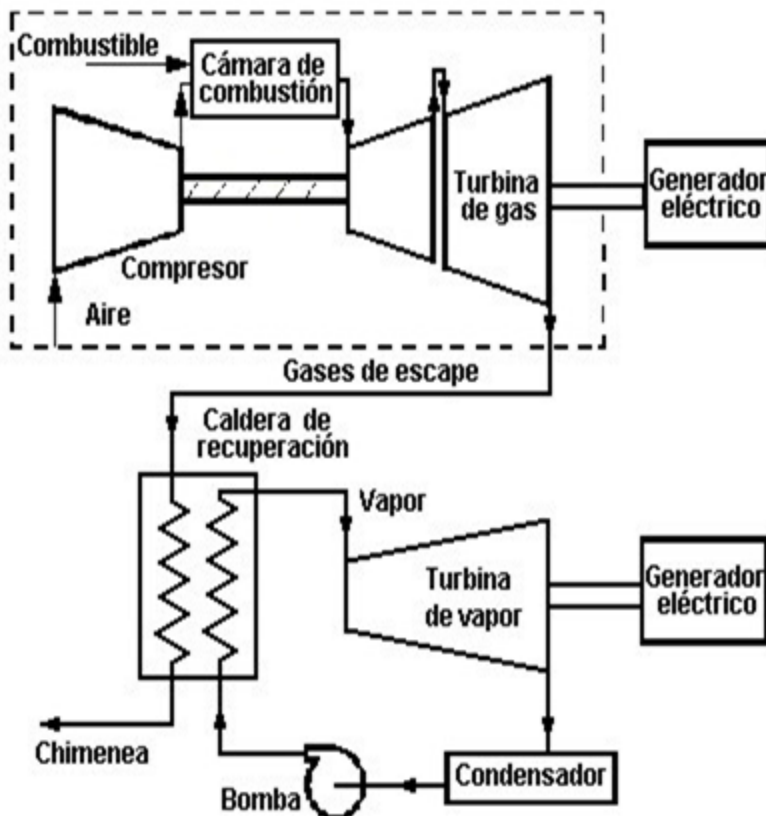
Para el mejoramiento del ciclo es necesario que la presión de la fuente fría disminuya. El

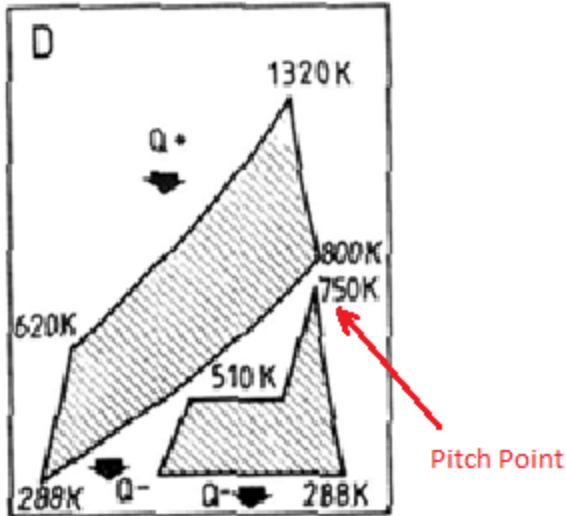
condensador de superficie ideal debe tener una forma que el área de paso del vapor disminuya proporcionalmente a la disminución del volumen por la condensación, un buen condensador tiene que tener una caída de presión reducida, máxima efectividad de superficie de intercambio y construcción económica.

Parámetros:

- coeficiente de transmisión de calor
- presión y temperatura de admisión
- velocidad del fluido refrigerante
- superficie de intercambio
- grado de vacío

16) Diagrama TG-TV (turbina gas-turbina vapor) y esquema indicando componentes principales, que es el pitch point, como se puede mejorar el rendimiento del ciclo. ventajas y desventajas.





del refrigerante disponible y por el aumento del tamaño del condensador.

-aumento de la presión de entrada a la caldera de recuperación, tiene limitaciones a nivel técnico-económico, con valores entre 250 y 350 bar.

-aumento de la T de sobrecalentamiento, limitada por los materiales. 570- 600 °C

Mejoras en el rendimiento:

ciclo turbina de gas:

- implementación del ciclo regenerativo
- enfriamiento entre la doble etapa de expansión

ciclo de vapor:

- disminución en la presión de condensación, esta está limitada por la temperatura
- aumentar la presión de entrada a la caldera
- aumentar la temperatura de sobrecalentamiento.

Ventajas

Posibilidad de uso de otros combustibles (combustible diesel, carbón gasificado)

- Elevados rendimientos con buen factor de carga.
- Bajo impacto ambiental en relación con las emisiones de NOx y menor eliminación de calor al ambiente.
- Menores requerimientos de refrigeración respecto a una central convencional de igual potencia.
- Bajos costos de capital y cortos plazos de entrega de las plantas, para los niveles de eficiencia obtenidos

Limitaciones

- Limitación en el funcionamiento de los quemadores para ciertos combustibles.
- Diseños optimizados para gas natural. Limitación en el tipo de combustible.
- Materiales de construcción para los alabes de las turbinas de gas
- Los combustibles deben tener bajas proporciones de azufre para evitar la aparición de corrosión y con las temperaturas la aparición de ácidos

- Respuesta de la turbina a las condiciones medioambientales

34) Ciclo regenerativo de turbina de Gas.

Esquema. Diagrama T-S. Rendimiento. De que parametros depende. cuales son la perdidas por la regeneración

Respuesta:

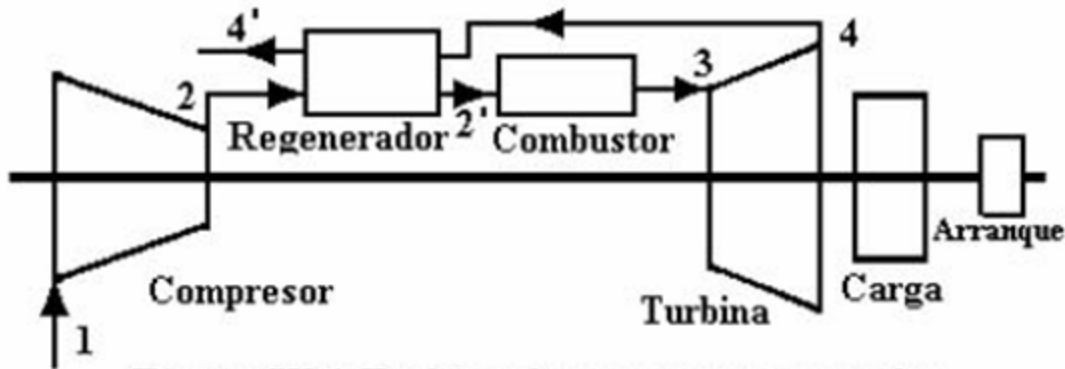


Figura N° 1 Turbina de gas con regenerador

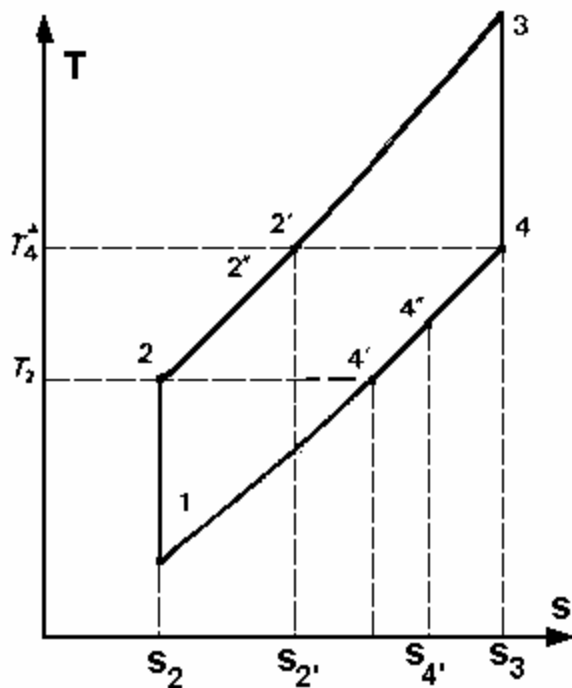


Figura 2

se supone que el aire que sale del regenerador llega a alcanzar la temperatura de los gases de entrada en el mismo, o sea que $T_{2'} = T_4$. En la práctica, esto no es posible ni aún con un intercambiador a contracorriente, ya que debe existir siempre un gradiente de temperatura para que la transmisión de calor se haga posible $T_{4''} > T_{4'}$.

También se está suponiendo en este ciclo ideal que $T_{4'} = T_2$, esto es, que los gases a la

salida del regenerador se han enfriado hasta la temperatura T 2 de entrada del aire al mismo, lo cual tampoco es posible, T 2'' < T 2.

El rendimiento es función de las temperaturas de entrada y cámara de combustión como así también de la relación de presiones.

$$\eta_{\text{Térmico}} = 1 - \left(\frac{T_1}{T_3} \right) \left(r_p^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right)$$

Contaminantes

26) Principales emisiones contaminantes y formas de reducirlas

- CO₂
- CO
- NO_x
- HC (hidrocarburos)
- SO_x
- Material particulado
- Humo
- Aldehidos
- Otros

Los contaminantes son el combustible que quemé mas el aceite lubricante que quemé.

Otto: gran cantidad de CO, además NO_x y HC, los demás están presentes en menor medida.

Diesel: gran cantidad de NO_x, además SO_x, MP y humo (partículas sólidas y aerosoles en suspensión que reflejan la luz)

Formas de disminuir los contaminantes pre-combustión:

CO₂: disminuir el consumo

CO: -pulverizar más el combustible: las gotas son más chicas y se mezclan mejor con el aire.

-mezclar más rápido y mejor el comb con el aire: le doy más movilidad al aire dentro del cilindro.

NO_x: -refrigerando el aire de entrada con un intercooler

-bajar la T de combustión → Q↓ → η↓ → ↑consumo (esto es paradójico ya que se contradice con la disminución de CO₂). Para bajar la T de combustión se puede reducir el avance a la inyección o al encendido, pulverizar mejor o inyectar agua en el interior del cilindro.

- pulverizar mejor

-inyectar agua en el cilindro

HC: evitar que se formen ranuras o espacios muertos dentro del cilindro donde se puedan acumular HC sin quemar. Disminuir el huelgo pistón-cilindro, colocar el aro más alto, evitar ranuras en las juntas, etc. también se da por inhomogeneidad de la mezcla. pulverizar mejor.

SO_x: utilizando combustibles sin S (azufre).

Formas de disminuir los contaminantes post-combustión:

-Catalizadores

en diesel un catalizador de 2 vías + SCR o EGR + filtro de partículas, no se puede de 3 vías por que se trabaja con exceso de aire.

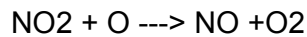
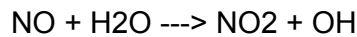
otto, catalizador de 3 vías

-Convertidores

-Filtros

1) Ecuaciones de formación de NO

Respuesta:



13)Causas de formación de CO.

- relación aire combustible pobre/estequiométrica/rica: mezcla rica (tiene mucho combustible y poco aire), al tener poco aire se tiene una combustión incompleta con poco exceso de aire, y tener formación de CO. y estequiométrica, genera en menor cantidad.

- gran/pequeño avance al encendido. si hay mas HC, aumenta el CO, al tener un avance más chico, le das menos tiempo a la combustión, y se generarán más HC y por ende CO.

- exceso/defecto de aire, con defecto de aire tenes mas CO.

Practica

17) Ejercicio de Motor 4T y 4 cilindros. (indicar formulas a utilizar)

- Calcular cantidad de vueltas.
- Calcular Potencia efectiva.
- Calcular Par motor.
- Calcular masa de aire.

18) Ejercicio Motor monocilindrico (indicar formulas a utilizar)

- Calcular rendimiento mecánico
- Calc. consumo especifico de combustible

- Rendimiento indicado.

MEJORAS