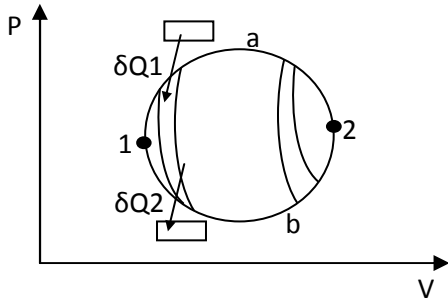


## Preguntas Final Termodinámica y Máquinas Térmicas

### 1. Definición de Entropía y demostración de Función Potencial.

Para el estudio supondremos que un sistema describe un ciclo reversible; formado por (1 a 2) + (2 b 1).



Vamos a demostrar que la Función Potencial solamente depende del estado inicial y final.

Para ello partimos del concepto de la desigualdad de Clausius:

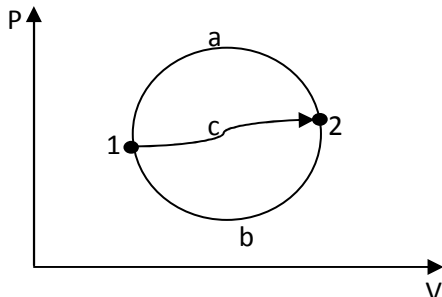
$$\oint \frac{\delta Q_{Rev}}{T} = 0$$

Esta integral podemos abrirla y expresarla de la siguiente manera:

$$\int_{1a}^2 \frac{\delta Q_{Rev}}{T} + \int_{2b}^1 \frac{\delta Q_{Rev}}{T} = 0$$

$$\int_{1a}^2 \frac{\delta Q_{Rev}}{T} = - \int_{2b}^1 \frac{\delta Q_{Rev}}{T} \quad (A)$$

Vamos a suponer otro ciclo reversible formado por (1-c-2) + (2-b-1):



$$\oint \frac{\delta Q_{Rev}}{T} = 0$$

$$\int_{1c}^2 \frac{\delta Q_{Rev}}{T} + \int_{2b}^1 \frac{\delta Q_{Rev}}{T} = 0$$

$$\int_{1c}^2 \frac{\delta Q_{Rev}}{T} = - \int_{2b}^1 \frac{\delta Q_{Rev}}{T} \quad (B)$$

Reemplazando A en B:

$$\int_{1c}^2 \frac{\delta Q_{Rev}}{T} = \int_{1a}^2 \frac{\delta Q_{Rev}}{T}$$

El cociente es un **diferencial total exacto**

$$\frac{\delta Q_{Rev}}{T} = dS$$

$$\int_1^2 dS = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{\delta Q_{Rev}}{T} \quad (C)$$

En otras palabras la integral (C) no depende del camino para llegar al estado final 2, es decir se puede ir por el camino "a" o por el camino "c".

2. Expresión de Clausius.

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0$$

$$\oint \frac{\delta Q_{Rev}}{T} = 0 \quad \text{Ciclos Reversibles}$$

$$\oint \frac{\delta Q_{Irrev}}{T} < 0 \quad \text{Ciclos Irreversibles}$$

3. Rendimiento Exergético de una Máquina Térmica.

$$\eta_{exe} = \frac{W_u}{|Q_{u1}| - |Q_{u2}|}$$

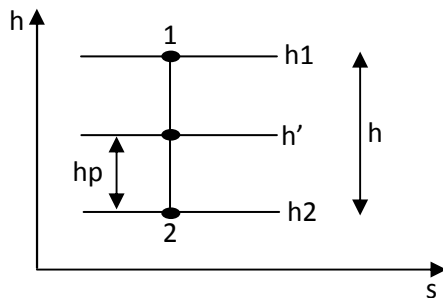
4. Rendimiento Exergético de una Turbina.

$$\eta_{exe} = \frac{W_T}{|\Delta EX_{sistema}|} = \frac{W_T}{|\Delta H - T_o \times \Delta S|}$$

5. Rendimiento Exergético de un Compresor.

$$\eta_{exe} = \frac{\Delta EX_{Sistema}}{|W_c|} = \frac{\Delta H - T_o \times \Delta S}{|W_c|}$$

6. Grado de Reacción.



$$\theta = \frac{hp}{h} = \frac{\text{salto entálpico en el paletado}}{\text{salto entálpico total}} = \frac{h' - h_2}{h_1 - h_2}$$

$$\theta = 0 \Rightarrow h' = h_2 \Rightarrow hp = 0 \Rightarrow \text{ACCIÓN PURA}$$

$$\theta = 1 \Rightarrow h' = h_1 \Rightarrow hp = h \Rightarrow \text{REACCIÓN PURA}$$

$$0 \leq \theta \leq 1$$

Desde el punto de vista de las velocidades

$$Gr \% = \frac{(\Delta w)^2}{(\Delta w)^2 + (\Delta c)^2} \times 100$$

$$Gr = 0 \Rightarrow \Delta w = 0 \Rightarrow w_1 = w_2 \Rightarrow \text{TURBINA DE ACCIÓN}$$

$$Gr = 1 \Rightarrow \Delta c = 0 \Rightarrow c_1 = c_2 \Rightarrow \text{TURBINA DE REACCIÓN}$$

$$Gr = 0,5 \Rightarrow \Delta c = \Delta w \Rightarrow 50\% \text{ Reacción TURBINA PARSONS}$$

7. Expresión de la Ecuación de Euler y de que ecuaciones se obtiene.

$$E = \frac{1}{g} \times (C_{et} \cdot U_e - C_{st} \cdot U_s)$$

Donde  $C_{et}$  es la Componente de Entrada Tangencial y  $C_{st}$  es la Componente de Salida Tangencial. Por otro lado  $U_e$  es la Velocidad de Arrastre de Entrada y  $U_s$  es la Velocidad de Arrastre de Salida.

$$E = \frac{1}{2} \times (Ce'^2 - Cs'^2) + (Ue^2 - Us^2) + (Ws^2 - We^2)$$

Turbinas de Acción  $Ws = We$

Turbinas de Reacción  $Ws > We$

**Expresa la energía transferida entre el fluido y el rotor.**

Las ecuaciones de partida son:

$$\bar{F} = m \bar{a} = m \frac{d\bar{c}}{dt} = \frac{P}{g} \frac{d\bar{c}}{dt} \quad (A)$$

$$M = F \times r \quad (B)$$

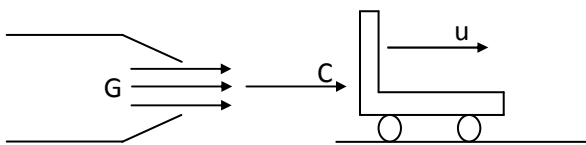
$$U = w \times r \quad (C)$$

$$E = w \times M \quad (D)$$

8. Rendimiento del Rotor.

$$\eta = \frac{E}{E_f} = \frac{\text{Energía transferida por el fluido al rotor}}{\text{Energía que posee el fluido}} = \frac{\frac{1}{g}(Ue Cet - Us Cst)}{\frac{1}{2g}(Ce^2 - Cs^2)}$$

9. Turbina de Acción.



Para hallar la ecuación de la energía transferida tenemos que tener que partir desde la ecuación de Euler:

$$F = \frac{G}{g} \times \Delta c = \frac{G}{g} \times (c - u)$$

$$\text{Energía} = L = F \times u \Rightarrow L = \frac{G}{g} \times (c - u) \times u = \frac{G}{g} \times (c \times u - u^2) \quad \text{Energía Transferida}$$

Para hallar la condición de máximo:

$$\frac{dL}{du} = 0$$

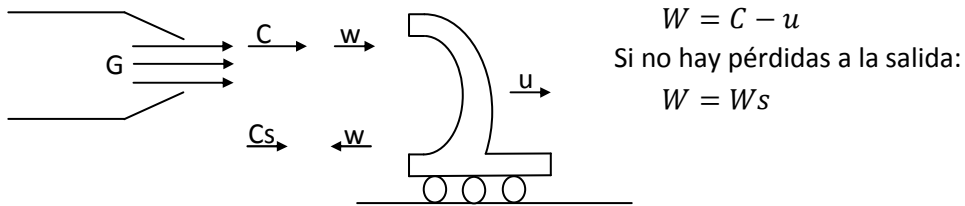
$$u = \frac{c}{2} \text{ Condición de Máximo}$$

Reemplazando en L:

$$LMax = \frac{G}{g} \times \frac{C^2}{4}$$

La energía cinética disponible es  $E = \frac{G}{g} \times \frac{C^2}{2}$ , por lo tanto la energía transferida máxima es la mitad de la disponible.

Consideremos una placa curva donde C es tangente.



Por otro lado podemos definir  $\rho = \frac{u}{c}$ , y encontrar una ecuación de energía transferida en función de C y  $\rho$ :

$$Et = 2 \times \frac{G}{g} \times \rho \times c^2 \times (1 - \rho)$$

Podemos hallar el valor de  $\rho$  que haga máxima la ecuación haciendo:

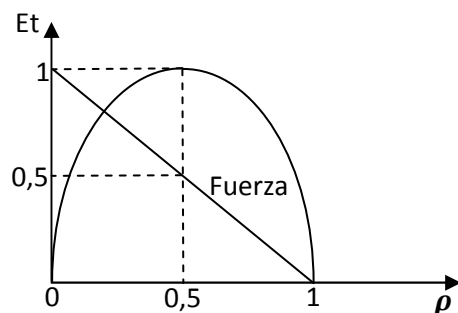
$$\frac{dEt}{d\rho} = 0$$

$$\rho = \frac{1}{2}$$

$$C = 2 \times u$$

Entonces si reemplazamos en la ecuación de la Et:

$$EtMax = \frac{G}{g} \times \frac{C^2}{2} \text{ que es toda la energía cinética disponible.}$$



10. Turbina de Reacción.

Es una tobera en movimiento, la potencia útil es:

$$Nu = \frac{u}{g} \times \left(c - \frac{u}{2}\right)$$

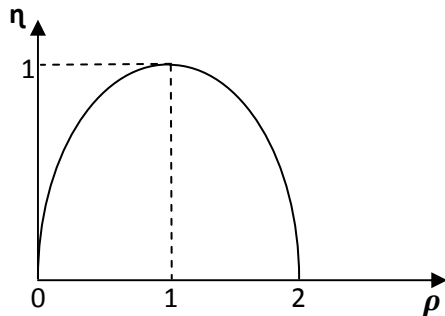
Siendo el rendimiento periférico:

$$\eta = 2 \times \frac{u}{c} \times \left(1 - \frac{u}{2c}\right)$$

$$\rho = \frac{u}{c}$$

$$\eta = 2 \times \rho \times \left(1 - \frac{1}{2}\rho\right)$$

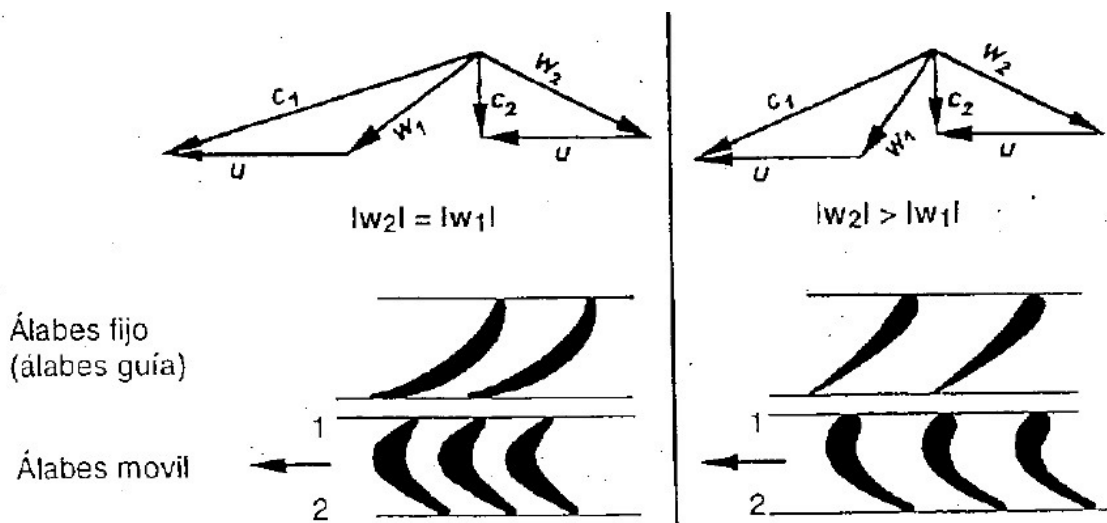
Máximo rendimiento cuando  $c = u$



11. Triángulos de velocidad y perfil de una etapa para turbinas de Acción y Reacción.

**TURBINA DE ACCIÓN**

**TURBINA DE REACCIÓN**



12. Sistemas para la regulación de velocidad.

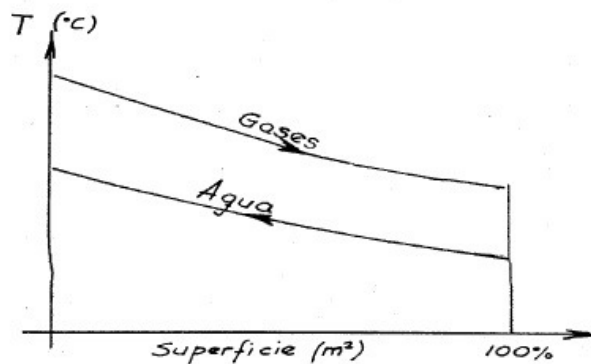
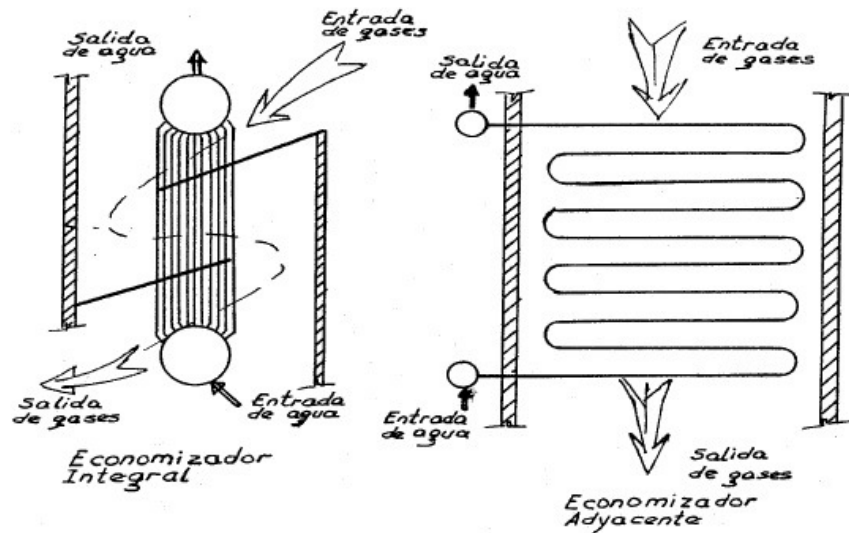
- I. Regulador de Watt (Mecánico), por medio de palancas se actúa sobre la válvula de alimentación de vapor.
- II. Sistema Hidráulico, uso de regulador centrífugo, basado en una bomba que aumenta la presión de aceite a medida que aumenta las vueltas y mediante un mecanismo de palancas y un actuador acciona la válvula de alimentación de vapor.
- III. Sistema Electrónico, sobre el eje se monta una corona dentada que da señales a un sensor y por servo mecanismos, electromecánicos o hidráulicos actúan sobre la válvula de alimentación del vapor.

13. Diferencias entre Turbina de Acción y Turbina de Reacción.

	<b>TURBINA DE REACCIÓN</b>		<b>TURBINA DE ACCIÓN</b>
	La entalpía cae en los álabes móviles ó en ambos (fijos y móviles según el grado de reacción)		La entalpía cae sólo en la tobera ó álabes estacionarios (fijos)
	La presión en el borde de ataque (delante) de los álabes móviles es mayor que la del borde de fuga (detrás)		La presión es la misma delante y detrás de los álabes móviles
	Necesita dispositivos para compensar el empuje axial generado en las paletas móviles (pistón de balance, flujos opuestos, etc.)		No tiene empuje axial puesto que la presión es la misma antes y después de las paletas móviles
+	Eficiencia máxima cuando $C=u$	-	Eficiencia máxima cuando $C=2u$
	Bajas pérdidas por rozamiento		La alta velocidad del vapor causa que las pérdidas por rozamiento sean mayores
-	Como el salto entálpico por etapa es pequeño (debido a $C=u$ ) necesitan mayor número de etapas	+	Mayor salto entálpico por etapa
-	Necesitan mejor sello de vapor en las ruedas móviles (por la diferencia de presión para evitar el by-pass) aumentando la posibilidades de roce radial (sellos muy ajustados)	+	Los sellos de las ruedas móviles no son tan importantes, no hay problemas con el huelgo radial
+	No necesitan un sellado tan sofisticado en los extremos de los álabes estacionarios, sólo sellos simples. Rotor de tambores soldados	-	Necesita un sellado muy eficiente en los extremos de los álabes estacionarios (toberas) Rotor esbelto con ruedas de discos
-	Rotor más largo	+	Rotor más corto
+	Perfiles de paletas móviles y estacionarias idénticos para turbinas de 50% de reacción, lo que facilita la fabricación		

14. Economizador y Tipos.

El economizador es un intercambiador de calor que se encuentra en la caldera y aprovecha el calor sensible de los gases de combustión para entregárselo al agua de alimentación antes que ésta ingrese a la caldera. Se logra un aumento del generador de vapor ahorrando en combustible. La transmisión de calor se produce fundamentalmente por convección.



Para obtener la superficie de calefacción aplicamos la ecuación de transferencia:

$$Ga \times \Delta ha = K \times \Delta TM \times S$$

$Ga$  = Masa de agua que circula por el economizador.

$\Delta ha$  = Salto entálpico del agua al pasar por el equipo recuperador.

$\Delta TM$  = Media logarítmica de temperaturas.

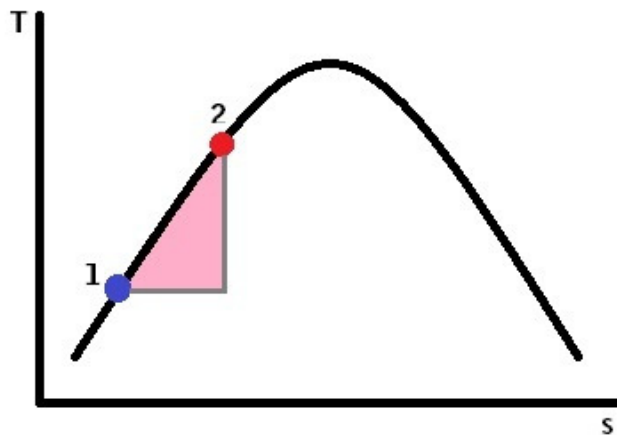
$S$  = Superficie de calefacción.

$K$  = Coeficiente de transmisión de calor total.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{ag.}} + \frac{a}{\alpha_{gas}}}$$



## Campana de Vapor y el Economizador



### 15. Domo.

El domo es una caldera subcrítica que tiene dos funciones, la primera es la de separar el vapor de la mezcla de agua y la segunda alojar los equipos destinados a la purificación del vapor, luego que el mismo es separado del agua.

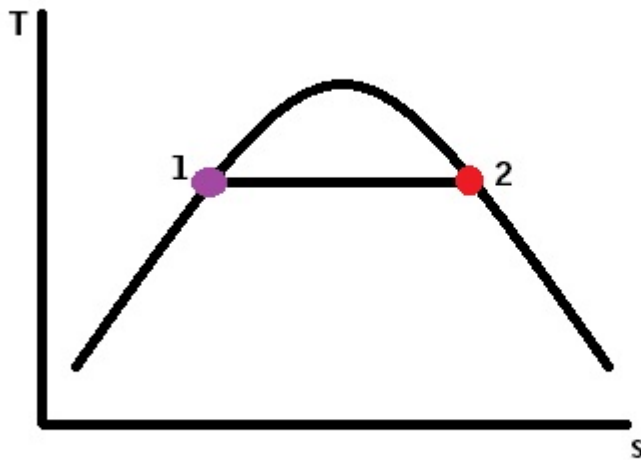
Hay 3 etapas de separación del vapor:

- I. Primaria.
- II. Secundaria.
- III. Secado.

En la etapa Primaria y Secundaria los dispositivos utilizados son placas deflectoras, bancos de pantallas, conjuntos de placas plegadas o curvas y dispositivos que usan la aceleración radial del agua proveniente del vapor (Separador Ciclónico).

En el secado tenemos por ejemplo un secador de pantalla.

## Campana de Vapor y Domo



### 16. Sobrecalentadores.

La función es elevar las temperaturas del vapor por encima del punto de saturación. La función del recalentador es volver a calentar el vapor que pasó por la primera expansión a igual condición de energía o a la misma temperatura de entrada de la anterior turbina.

Hay una ganancia termodinámica y una mejor eficiencia en la turbina.

#### **Sobrecalentador Convectivo**

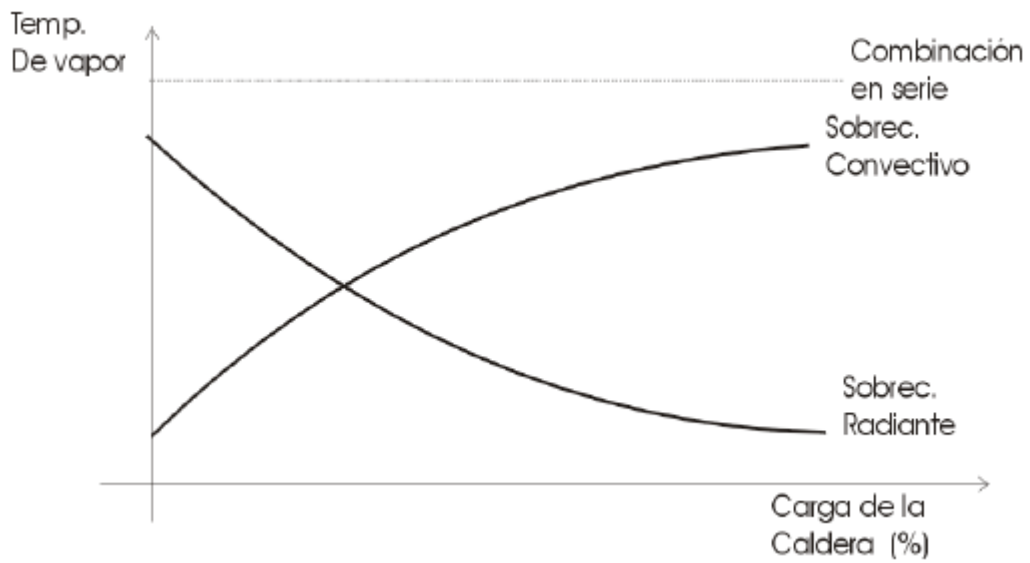
La circulación de vapor-gases es en contra corriente, con el vapor ingresando por debajo y saliendo por arriba, mientras que los gases circulan en sentido opuesto. Están constituidos por dos colectores unidos por un banco de tubos que constituyen la superficie de calefacción.

- I. De múltiples serpentinas (Calderas Marinas).
- II. Del tipo colgante y "tubo continuo" (Ej. en Caldera Stirling).

#### **Sobrecalentador Radiante**

Diseño de "tubo continuo" circulación de vapor-gases paralela, ubicados en el propio hogar en paredes frontales o laterales, en el techo o en la "nariz".

### Curva de funcionamiento de los distintos Sobrecalentadores



Para obtener la superficie de calefacción aplicamos la siguiente fórmula:

$$S \times K \times \Delta TM = \Delta h \times Gv$$

$S$  = Superficie de calefacción.

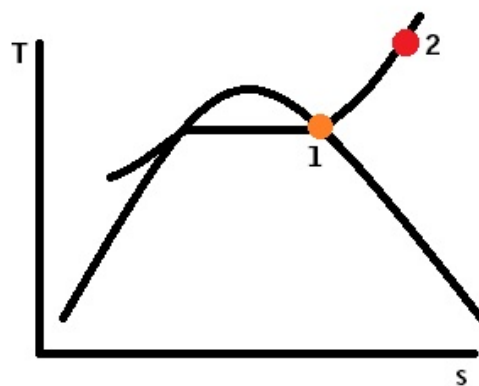
$Gv$  = Gasto de vapor.

$K$  = Coeficiente de transmisión.

$\Delta h$  = Salto entálpico.

$\Delta TM$  = Diferencia media logarítmica de temperatura.

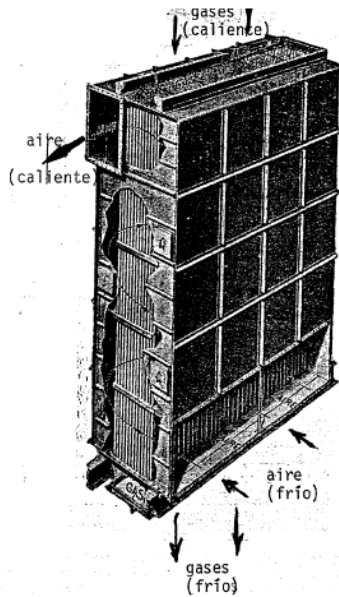
Campana de Vapor y Sobrecalentador



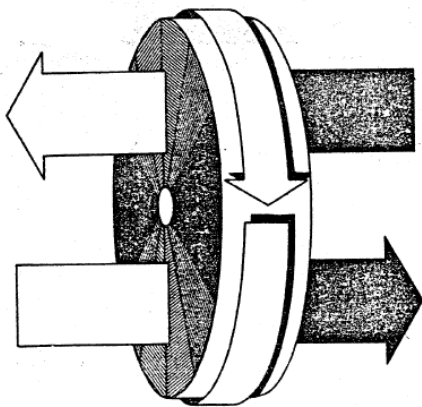
## 17. Precalentadores de Aire

La idea es aprovechar el calor de los gases de escape para calentar el aire que se ha de utilizar como comburente. Se puede lograr aumentar la temperatura de la llama, mejorar la combustión y hacerla más completa.

### I. Intercambio por recuperación



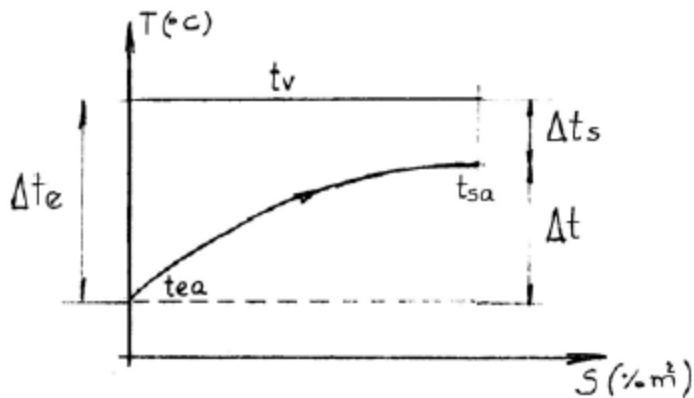
### II. Intercambio por regeneración



## 18. Condensadores

Representa el intercambiador de calor más importante de un ciclo. Las funciones que tiene son:

- I. Recuperar como agua de condensación, el vapor que sale de la turbina.
- II. Aumentar el área del ciclo funcional mejorando el rendimiento.
- III. Extraer los gases no condensables.
- IV. Formar una reserva de agua capaz de enfrentar variaciones bruscas de carga.



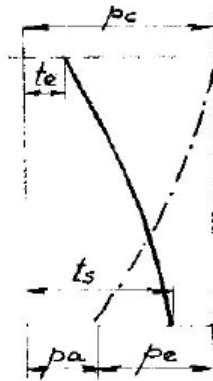
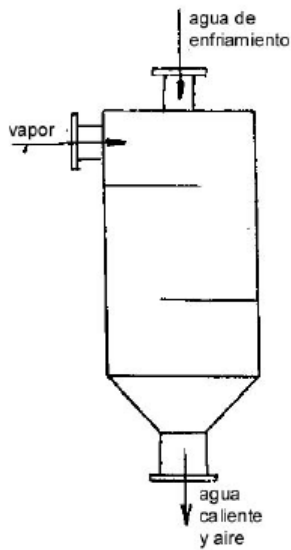
Tipos de condensadores

$$\text{Condensadores} \begin{cases} \text{Mezcla} \\ \text{Superficie} \begin{cases} \text{Aire} \\ \text{Agua} \end{cases} \end{cases}$$

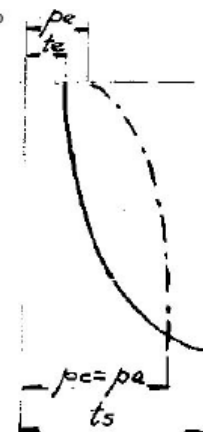
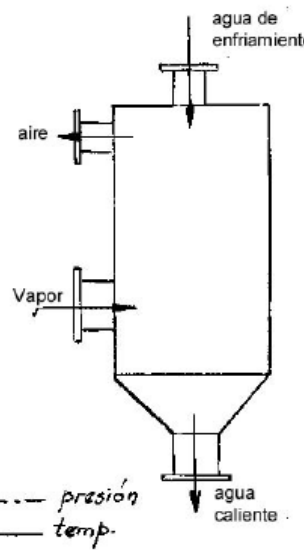
### Condensadores de Mezcla

El gasto de vapor se condensa al enfrentar un gasto de agua en forma de lluvia. Es necesario contar con agua de enfriamiento de las mismas características del agua que está circulando por el ciclo. Requiere menor cantidad de agua para producir la condensación que un Condensador de Superficie.

### Corrientes Paralelas



### Contracorriente



----- presión  
 ————— temp.

El Condensador a Contracorriente tiene menor consumo de agua refrigerante y menor cantidad de aire a extraer.

### Condensador de Superficie (para ciclos de mayor tamaño)

#### I. Enfriado por aire

En casos muy raros donde no exista una fuente para la provisión de agua en el lugar. Requiere un espacio voluminoso mayor ubicándose generalmente en la posición más alta de la construcción.

#### II. Enfriado por agua

Son los más utilizados para pequeña, mediana y gran potencia de las instalaciones termoeléctricas.

Está compuesto por una envuelta exterior, una cámara de condensación, placas tubulares, un pozo caliente, un haz tubular, el cuello y un acople.

Ecuación de transferencia de calor:

$$Q = C \times K \times F \times \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln \frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}}$$

Donde  $\frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln \frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}}$  es la temperatura media logarítmica.

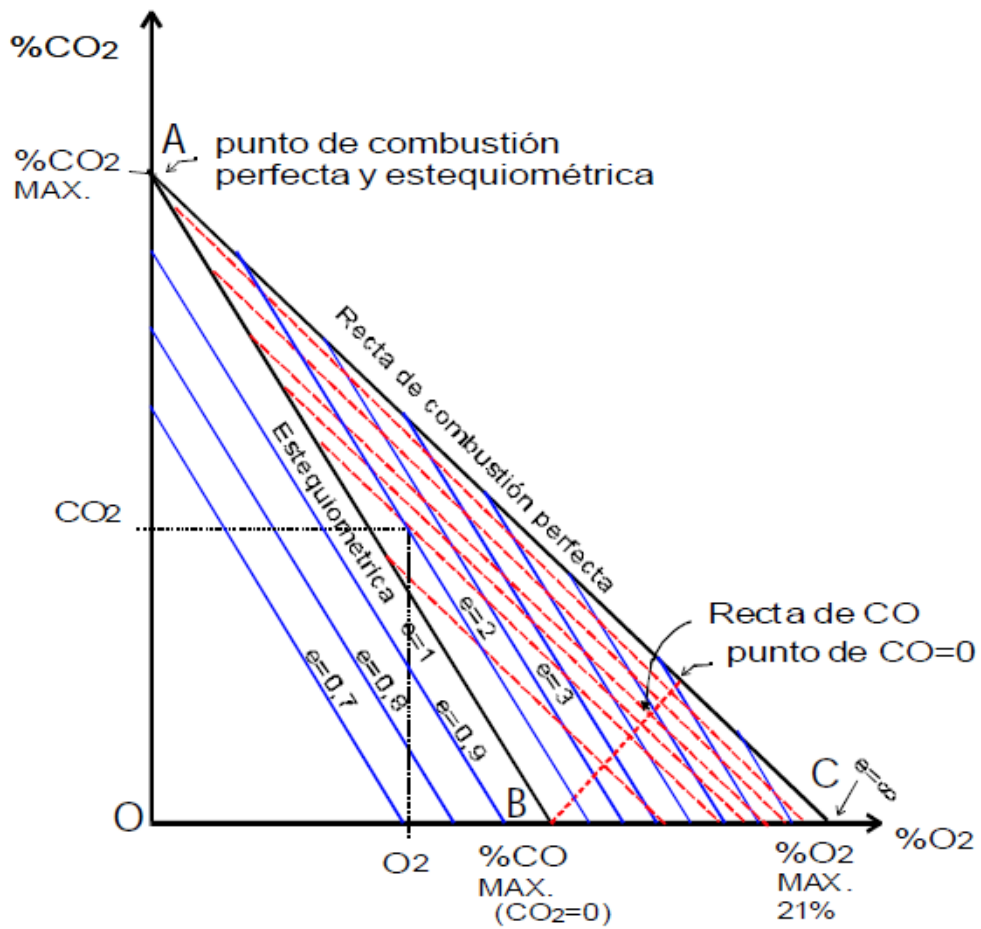
F es la sección.

C es una constante que tiene en cuenta cuando el intercambio no se realiza en el mismo sentido o en sentidos opuestos.

K es el coeficiente de transmisión de calor.

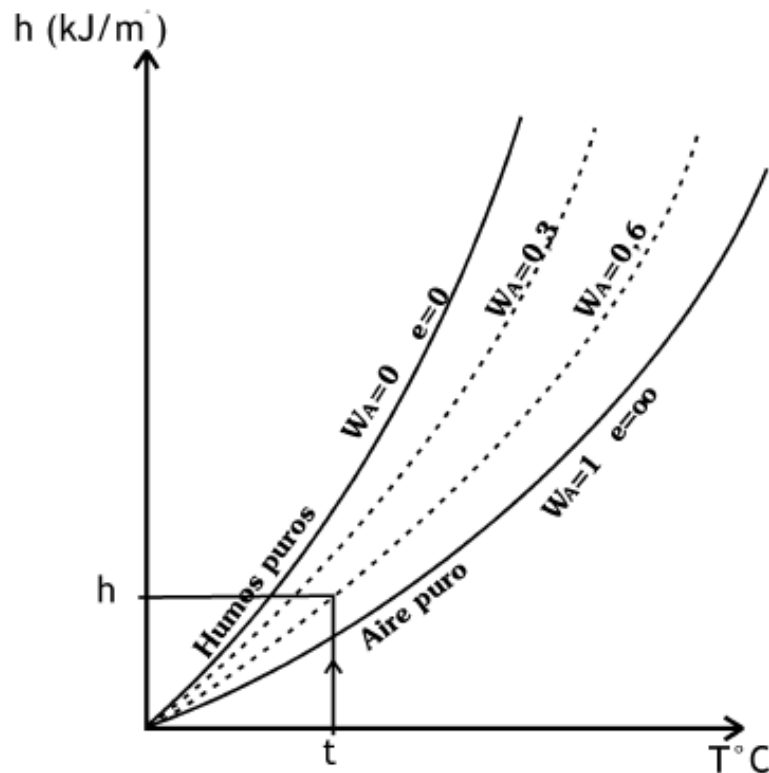
### 19. Triangulo de Oswald

## TRIANGULO DE OSWALD



Dentro del Triángulo ABC, la combustión es incompleta con exceso de aire  
Dentro del Triángulo ABO, la combustión es incompleta con defecto

## 20. Diagrama de Rosin y Fehling



$$w_A = e \frac{A_0}{V_0 + eA_0} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{cuando } e = 0 \text{ los productos de la combustión serán humos puros y } w_A = 0 \\ \text{cuando } e = \infty \text{ los productos de la combustión son exceso de aire y } w_A = 1 \end{array} \right\}$$

La hipótesis en la que se basa el diagrama de "Rosin y Fehling" son:

- 1) Se define productos de la combustión como una mezcla de humos puros y de exceso de aire.
- 2) Se considera a los humos puros como una mezcla de gases perfectos.
- 3) Se considera al aire como un gas ideal.
- 4) Se considera nula la  $h=0$  para los humos puros y de exceso de aire cuando  $t=0^\circ\text{C}$ .
- 5) El diagrama considera que la entalpía de los humos puros es la misma para cualquier combustible sin error significativo; por lo tanto el diagrama es universal y vale para cualquier combustible.

la curva se utiliza de la siguiente manera:

los datos son  $t$  y  $w_A$ ; se entra con  $t$  hasta cortar a  $w_A$  y luego se lee  $h$ .

Sirve para saber la entalpía volumétrica que le quedan a los gases producto de la combustión.



## 21. Entalpía volumétrica

$$h = h_H - w_A (h_H - h_A)$$

$$h \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ Normales}} \right]$$

## 22. Poder Calorífico

Cantidad de calor que es capaz de desarrollar al quemarse.

Poder calorífico superior: es la cantidad de calor total que es capaz de desarrollar el combustible teniendo en cuenta el calor del vapor de agua condensado.

Poder calorífico inferior: no tiene en cuenta dicho calor de condensación.

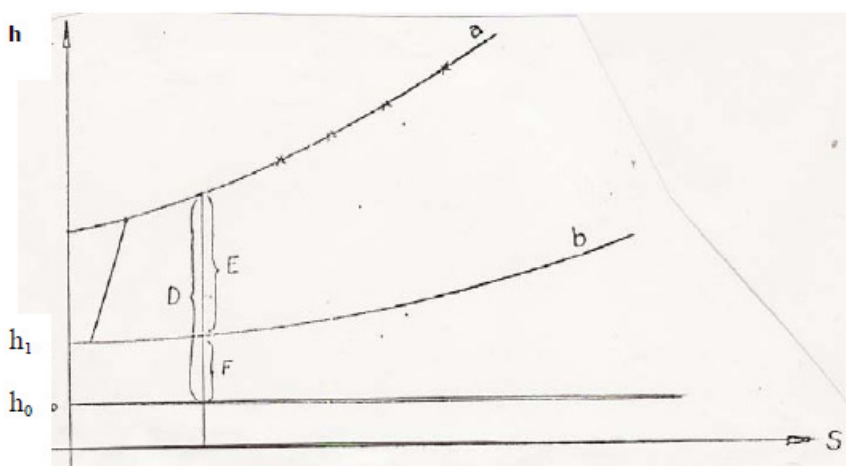
## 23. Tipos de Combustión

Combustión Estática:

Estudia los elementos que intervienen al comienzo y al final, es decir los reactantes y los gases de combustión. Independientemente del tiempo y el espacio. Se analiza a través del Primer Principio de la Termodinámica.

Desde el punto de vista del segundo principio, el planteo es que toda combustión genera una degradación de energía, cada vez que se produce una combustión se parte de reactantes cuya exergía es valiosa, pero en el desarrollo de la misma se degrada energía.

Diagrama de Mollier con Aire y gases superpuestos:



### Combustión Dinámica:

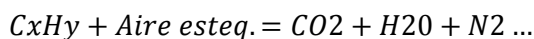
Es la que estudia el fenómeno a través del tiempo y el espacio. Se estudia el comportamiento de la partícula desde que sale del quemador hasta que llegue a su combustión completa.

Tiene en cuenta la velocidad de la reacción, la llama, y el Orden en que reaccionan los elementos. Se basa fundamentalmente en la Mecánica de Fluidos y las leyes de transmisión de calor.

### Combustión Perfecta:

Es un caso ideal en donde hay una perfecta oxidación que se realiza con la cantidad teórica de aire.

La cantidad de calor desarrollada está dada por el poder calorífico del combustible.



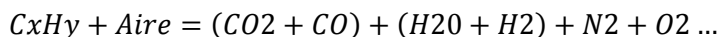
$C_xH_y$  es un hidrocarburo

No contiene CO ni O<sub>2</sub>, también se la llama combustión neutra.

### Combustión Imperfecta:

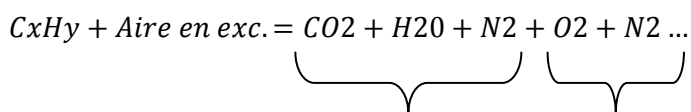
Cuando una parte del combustible que entra en reacción se oxida en grado inferior al máximo (CO en lugar de CO<sub>2</sub>), (H<sub>2</sub> en lugar de H<sub>2</sub>O).

Se da por que la cantidad de aire introducido en la cámara de combustión es insuficiente para conseguir una combustión perfecta y el contacto entre el aire y el combustible es insuficiente.



### Combustión Completa:

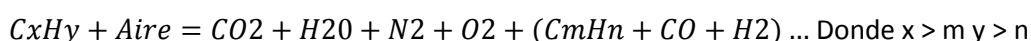
Cuando todo el combustible introducido es quemado en su totalidad, ya sea perfecta o imperfectamente.



La cantidad de calor liberada es idéntica a la liberada por la Combustión Perfecta.

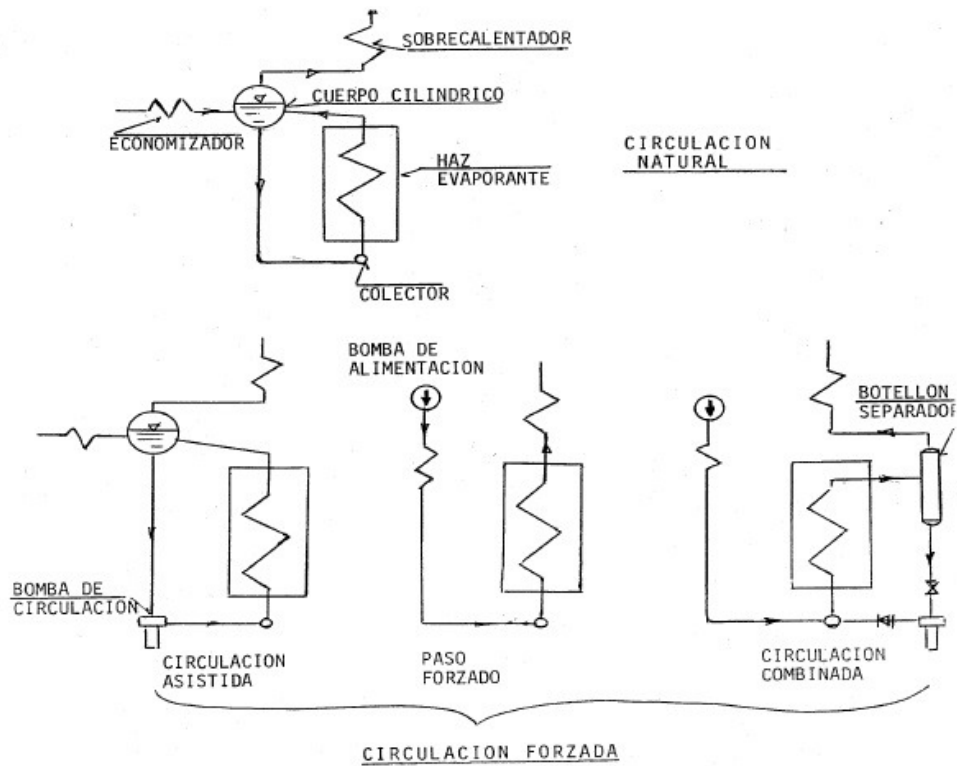
### Combustión Incompleta:

Cuando por alguna razón una parte del combustible escapa a la reacción, por ejemplo el carbón encerrado en la escoria o los hidrocarburos contenidos en los gases que van a la chimenea.



Se pueda dar por falta de tiempo o por temperaturas bajas, llama excesivamente larga, volumen de la cámara de combustión reducido, etc.

#### 24. Esquemas de Circulación Natural y Forzada



#### 25. Principio de Circulación Natural

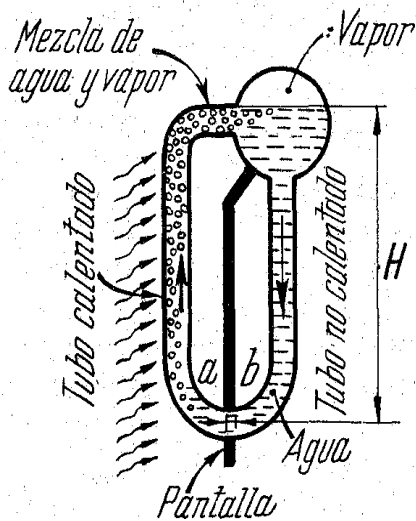


Figura 32-X: Principio del funcionamiento de una caldera acuotubular vertical.

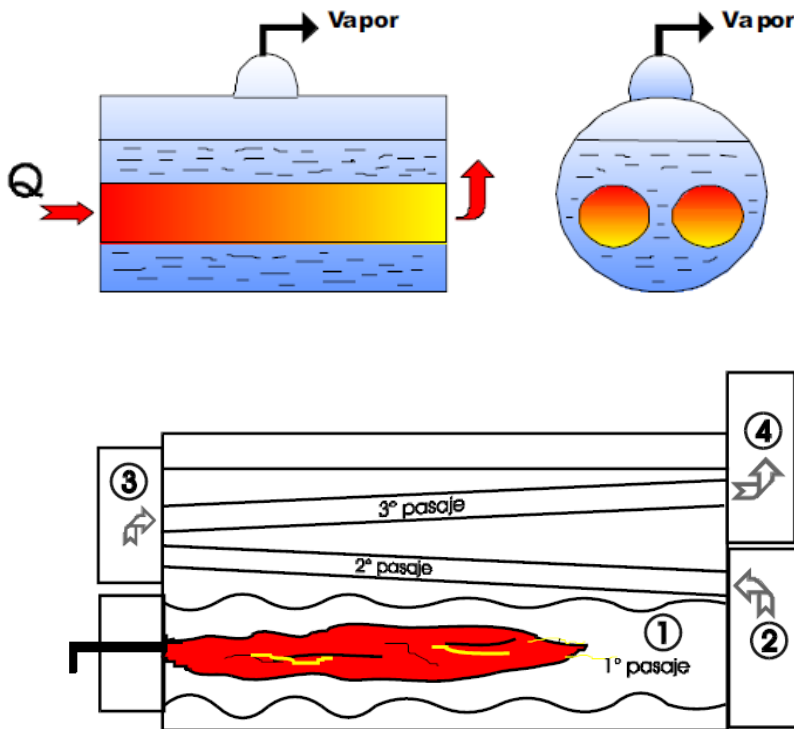
Debido a que el vapor saturado tiene un peso específico menor al del agua saturada se produce la circulación natural. Esta diferencia de densidades es la clave. La relación de Circulación es igual a  $\frac{\text{Peso del agua saturada}}{\text{Peso del vapor saturado}}$

## 26. Principio de Circulación Asistida

A medida que se aumenta la presión, la diferencia entre el peso específico de los tubos de bajada y ascendentes se hace cada vez menor y es necesario para producir una circulación adecuada aumentar la altura de la caldera, para llegar a presiones motrices adecuadas.

## 27. Caldera Humotubular

Es un recipiente que contiene agua en ebullición y es atravesado por tubos, por el interior de los mismos circulan gases calientes.



La zona (1) es RADIANTE.

La zona (2), (3) y (4) es CONVECTIVA.

El rango de presiones va de los 50 bar a los 30 bar.

La producción de vapor va de 1 tn/h a 28 tn/h.

Son usadas en las industrias.

**Ventajas:**

Hay un menor tratamiento del agua de alimentación.

Inversión inicial mucho menor.

Control sencillo.

**Desventajas:**

Baja producción y presión de vapor.

Imposible alcanzar altas temperaturas de vapor sobrecalentado.

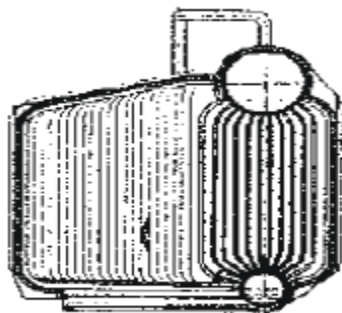
No es posible colocar recalentadores.

Excesivo peso por unidad de vapor generada.

Tiempo excesivo para alcanzar la máxima producción.

**28. Caldera Tipo D**

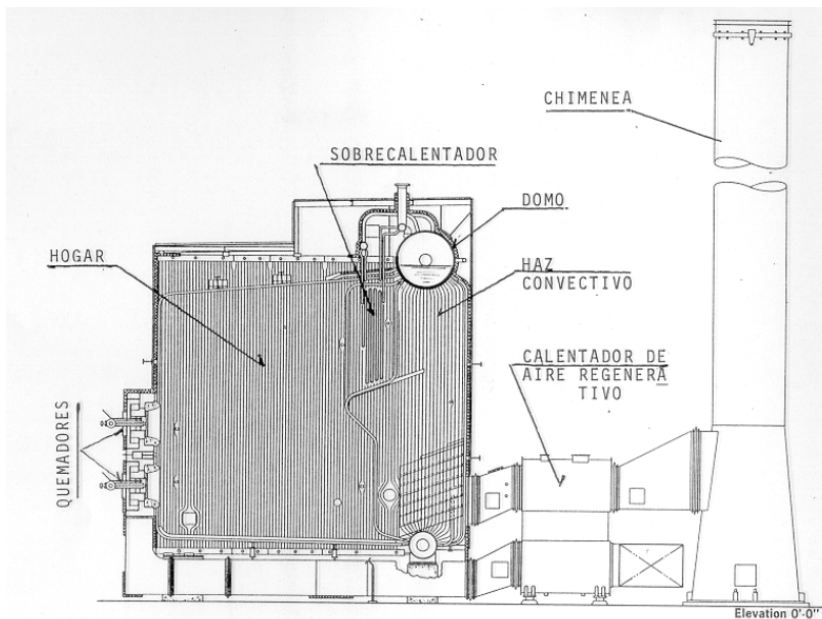
- Acuotubular de circulación natural con horno presurizado.
- Dos domos, tubos curvados verticales con las paredes del horno enfriadas por agua.
- Paredes soldadas de tubos.
- Uso mínimo de refractarios.
- Temperatura de cubierta exterior y corrosión de la misma reducida.
- Los combustibles usados son Gas Natural, Diesel Oil, Fuel Oil, etc.
- Producción de vapor de 10 t/h a 260 tn/h.
- Temperatura del vapor saturado 310°C.
- Presión de vapor de 10 kg/cm<sup>2</sup> a 110 kg/cm<sup>2</sup>.



**CORTE TRANSVERSAL**

## 29. Caldera Tipo V

- Diseñada para quemar Petróleo, Gas Natural y diversos Gases Residuales.
- Producción de vapor desde 60 tn/h a 500 tn/h.
- Presiones hasta 130 kg/cm<sup>2</sup>.
- Temperatura de vapor sobrecalentado 540°C
- Tiene dos domos y es de circulación natural.
- Es Acuotubular.
- Hasta 8 quemadores frontales.
- Paredes de tubos soldadas.
- Ventiladores de tiro inducido.



## 30. Caldera Radiante de Circulación Natural

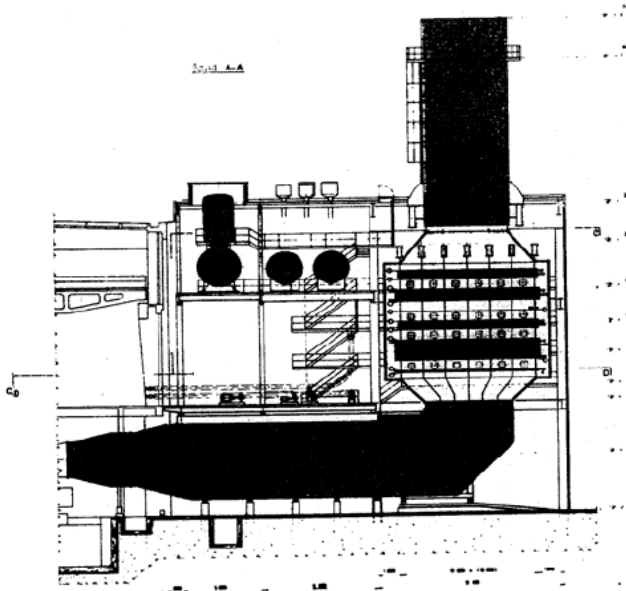
- La transferencia de calor es en mayor parte por radiación.
- Producción de vapor de 135 tn/h a 3000 tn/h o más.
- Presión de vapor de 100 ata a 180 ata.
- Temperatura de vapor sobrecalentado y recalentado 545°C.
- Son del tipo colgante.
- Acuotubular.
- Los combustibles son Carbón, Fuel Oil y Gas Natural o la combinación de algunos.
- Los quemadores pueden ser tangenciales o frontales.
- Sobrecalentador Radiante y Convectivo, Ídem con el recalentamiento.

## 31. Caldera Colgante Radiante de Circulación Asistida

- Para presiones a partir de los 162 kg/cm<sup>2</sup>.
- Exclusivamente para generación de energía eléctrica.

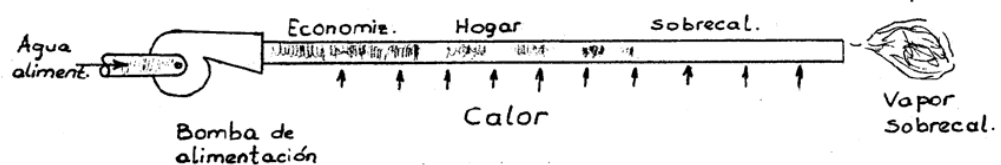
### 32. Caldera de Recuperación

- Hay aprovechamiento del combustible aprovechando el calor sensible de los gases provenientes de turbinas de gas, motores diesel, altos hornos, etc.
- Utilizadas para procesos industriales o generación de energía eléctrica.



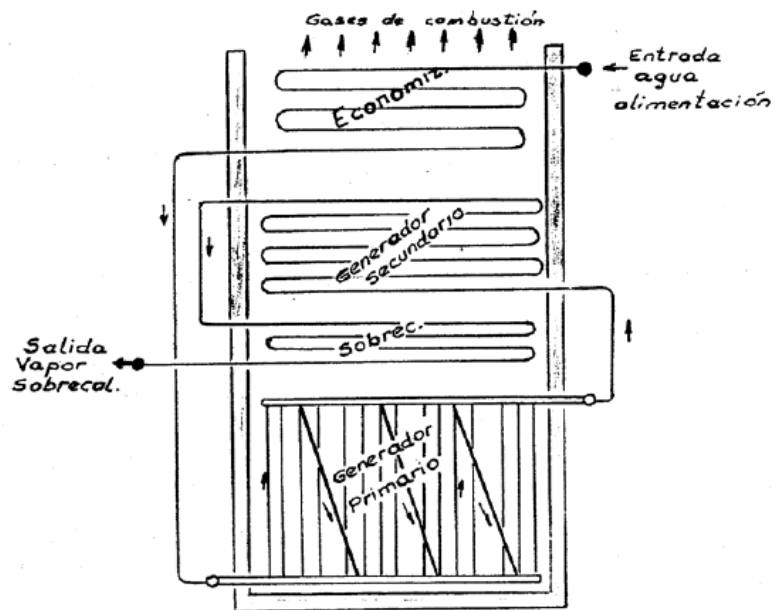
### 33. Caldera de Paso Forzado

- Presiones arriba de la zona crítica; Desde 230 ata hasta 280 ata.
- No requiere Domo.
- Producción de vapor desde 135 tn/h hasta 4500 tn/h.
- Temperatura de vapor sobrecalentado y recalentado 545°C.
- Circulación Real.
- Construcción Compacta.
- Tubos más pequeños de peso ligero con menos volumen.
- Incremento del consumo de la potencia en los equipos auxiliares.
- Circuitos de control automático.
- Alta pureza del agua de alimentación



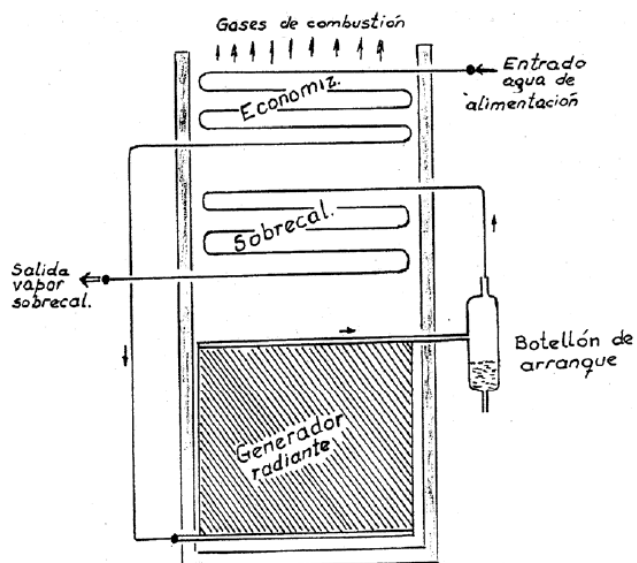
### 34. Caldera Benson

- Circulación Forzada, por encima de la presión crítica.
- No requiero Domo.



### 35. Caldera Sulzer

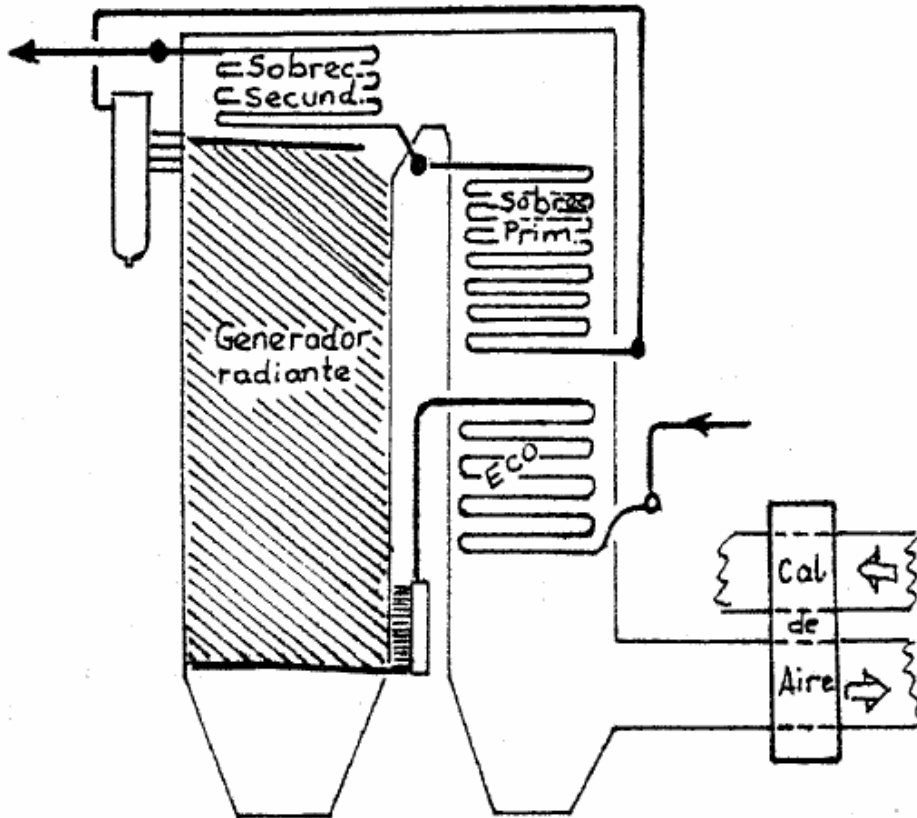
- Por encima de la presión crítica.
- No requiero Domo.
- El punto de evaporación se mantiene fijo en el botellón.
- Regulación del agua de alimentación.
- Regulación del nivel del Botellón.
- Regulación de la temperatura del vapor.
- Regulación de presión.
- Paredes en forma helicoidal.





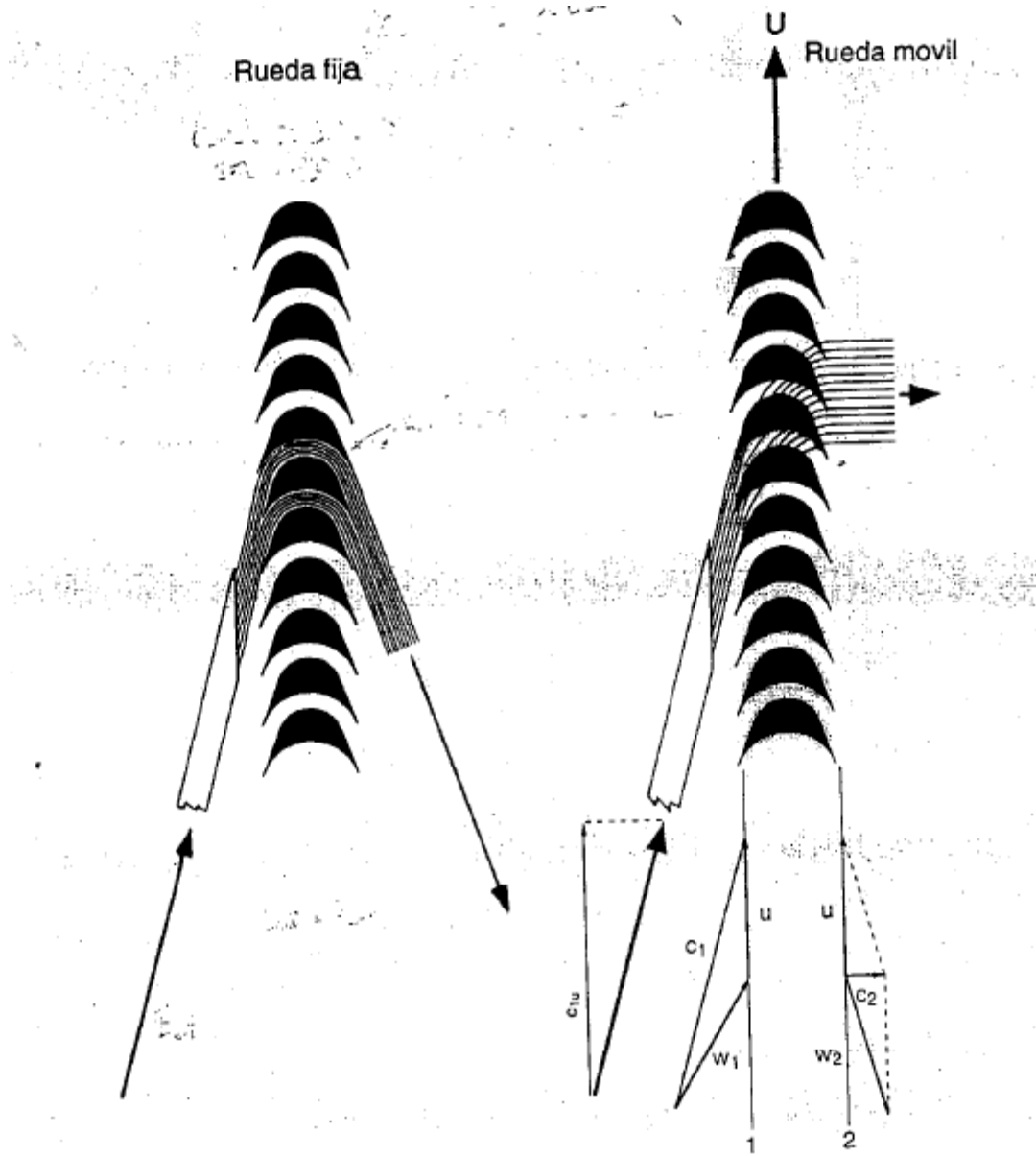
### 36. Caldera Ramsin

- Con Botellón o sin, algunos diseños tienen domo separador.
- Evaporador formado por tubos ascendentes en espiral de pequeña inclinación.

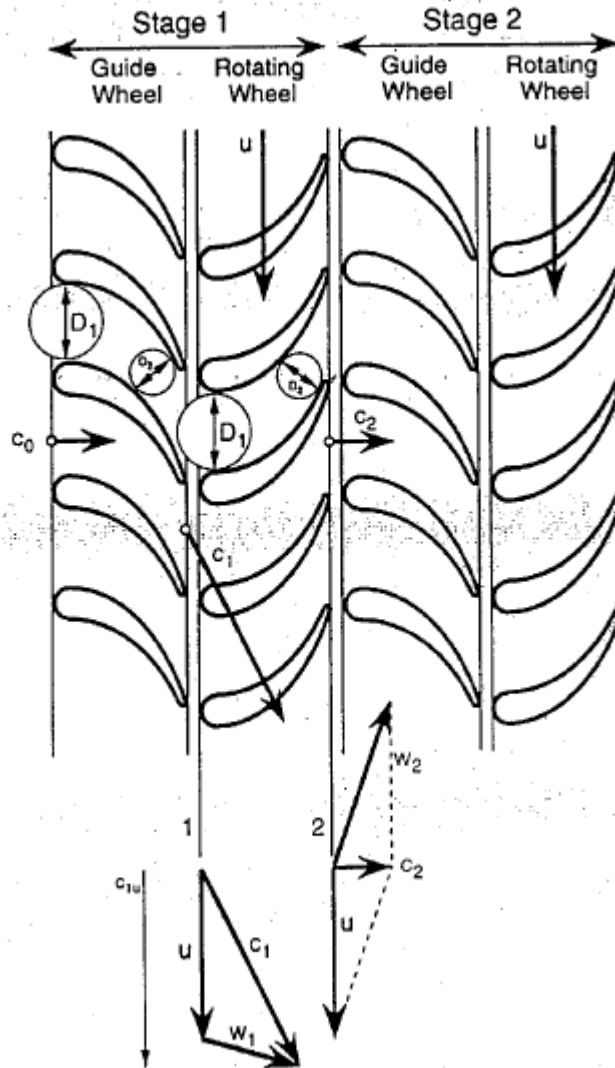


37. Triangulo de velocidades para una turbina de acción y Reacción representando rueda fija y móvil.

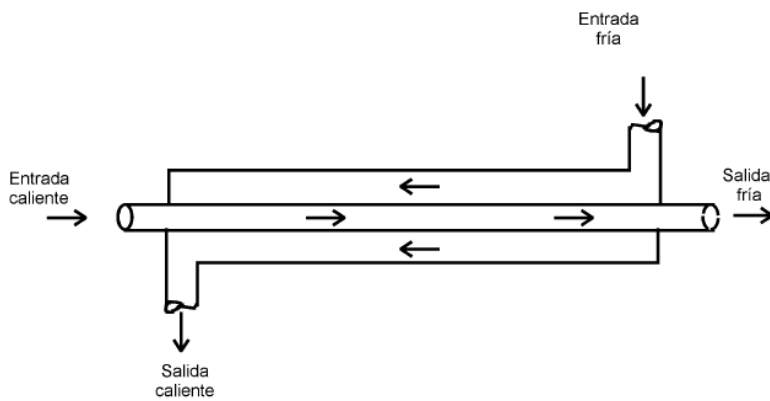
Turbina de Acción



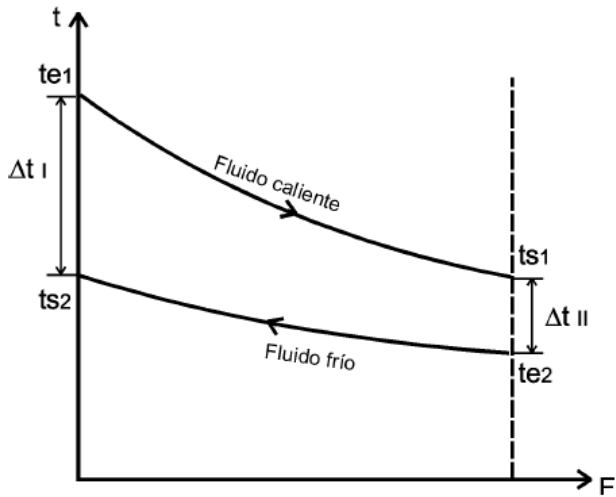
## Turbina de Reacción



38. Intercambiador de calor a Contracorriente.

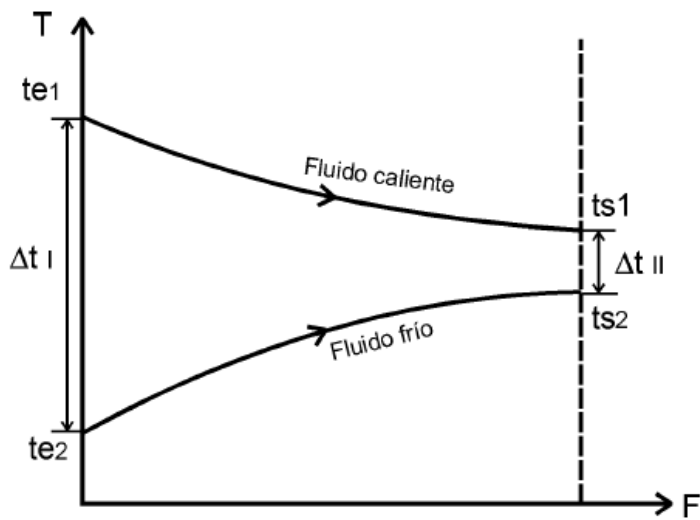
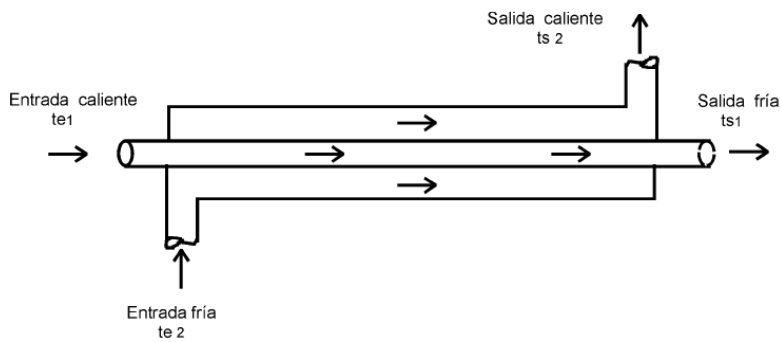


$$Q = K \times F \times \Delta TM$$



$$\Delta TM = \frac{\Delta T1 - \Delta T2}{\ln \frac{\Delta T1}{\Delta T2}}$$

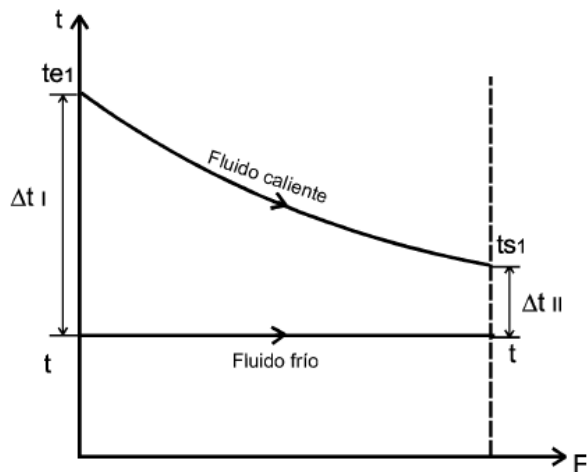
39. Intercambiador de calor a Corrientes Paralelas.



$$Q = K \times F \times \Delta TM$$

$$\Delta TM = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

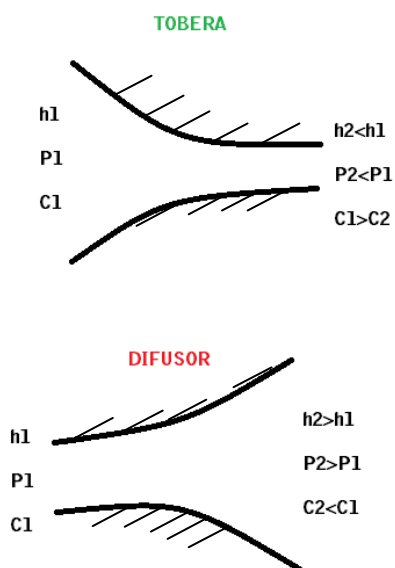
40. Intercambiador en el que el fluido cambia de estado y por lo tanto su temperatura es cte.



$$Q = K \times F \times \Delta TM$$

$$\Delta TM = \frac{Te1 - Ts1}{\ln \frac{Te1 - t}{Ts1 - t}}$$

41. Toberas y Difusores



Para analizar las ecuaciones Termodinámicas partimos del Primer Principio:

$$q - w = \Delta h + \Delta c = 0$$

$$\Delta c = -\Delta h \text{ Ecuación de variación energética}$$

Por otro lado podemos aplicar la definición de entalpía:

$$h = u + p \times v$$

Que si aplicamos diferenciales nos queda:

$$dh = \underbrace{du + p \times dv + v \times dp}_{\delta q = 0}$$

Entonces nos queda:

$$dh = v \times dp$$

Integrando entre 1 y 2 nos queda:

$$h_1 - h_2 = - \int_{P_1}^{P_2} v \times dp \text{ Ecuación del derrame adiabático}$$

Partiendo de la ecuación de la continuidad:

$$G = \frac{F \times C}{v}$$

Donde:

F: Sección.

C: Velocidad.

v: Volumen específico.

Si aplicamos logaritmos y derivamos obtenemos:

$$\frac{dF}{F} = \frac{dv}{v} - \frac{dC}{C} \text{ Ecuación de la variación de la sección en forma diferencial}$$

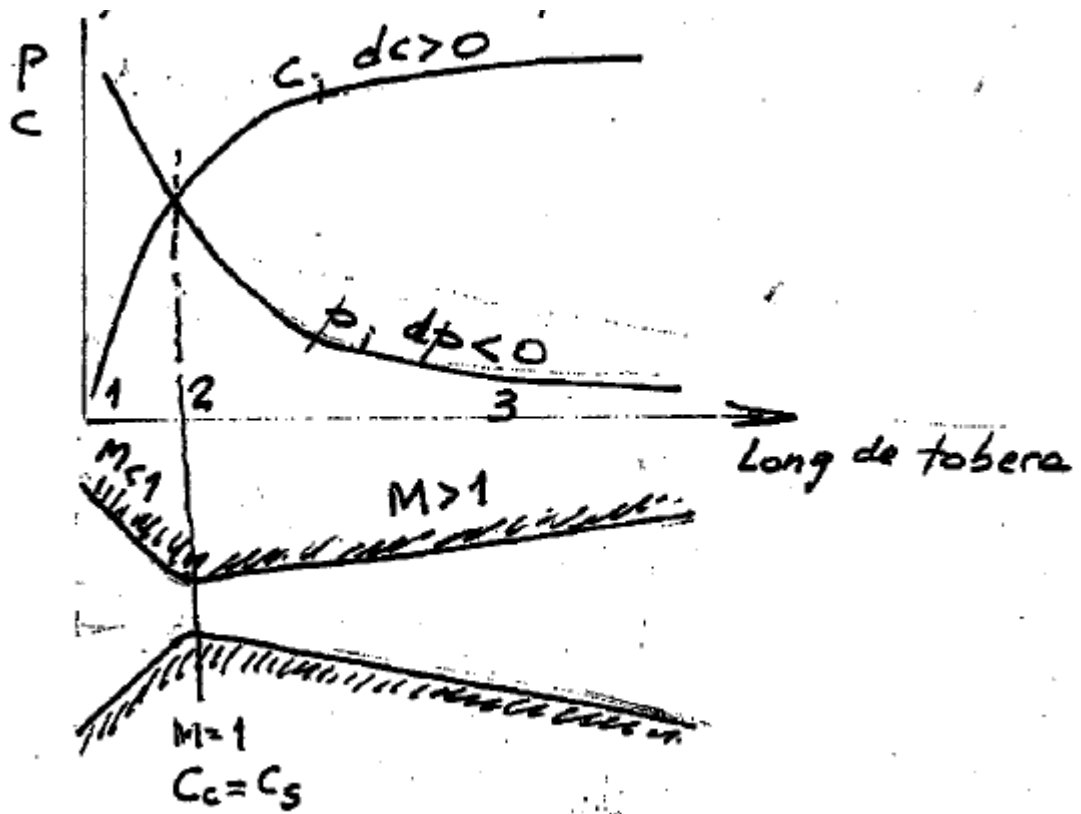
Finalmente aplicando la ecuación del derrame y  $P \times v^k = cte$  se obtiene:

$$\frac{dF}{F} = \left( \frac{v}{C^2} - \frac{1}{k \times p} \right) \times dp \text{ Relación entre la sección y la presión}$$

Velocidad del Sonido:

$$C_s = \sqrt{k \times R \times T}$$

$$M \frac{C}{C_s}$$

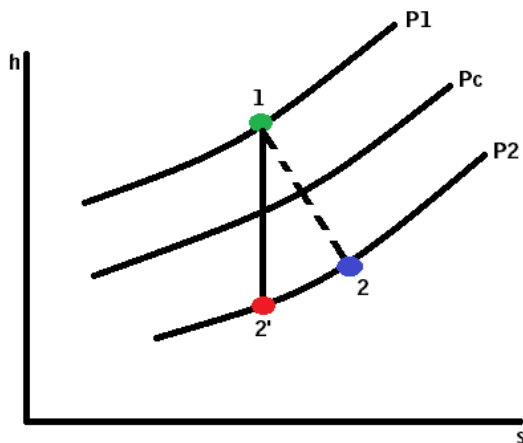


$M < 1$  Flujo Subsónico.

$M = 1$  Flujo Sónico.

$M > 1$  Flujo Supersónico.

Rendimiento de una Tobera



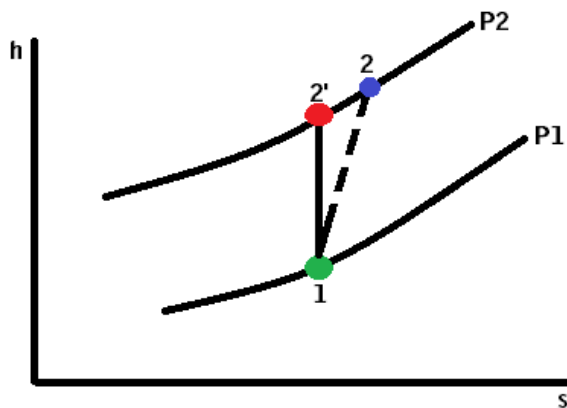
$$\eta = \frac{\Delta h \text{ real}}{\Delta h \text{ ideal}} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2'}} < 1$$

Aplicando 1er Principio:

$$\eta = \frac{C_2^2}{C_2'^2}$$

$\varphi = \sqrt{\eta}$  Siendo  $\varphi$  el coeficiente de velocidad de una tobera

Rendimiento de un Difusor



$$\eta = \frac{\Delta h \text{ ideal}}{\Delta h \text{ real}} = \frac{h_1 - h_{2'}}{h_1 - h_2} < 1$$

#### 42. Conclusiones de Gou Yen Su.

“Si se definen estados correspondientes de gases diferentes a aquellos que tengan el mismo **coeficiente de compresibilidad** y por lo tanto los mismos  $P_R$ ,  $T_R$  y  $V_{SR}$ ; gases diferentes en estados correspondientes se comportan de la misma manera. Los  $V_R$  de estados correspondientes no son iguales (error de Van der Walls).

$$P \times v = Z \times R \times T$$

$$V_{SR} = Z \times \frac{T_R}{P_R}$$

Z no es constante depende de ( $P_R$  y  $T_R$ ).

Si  $Z = 1$  entonces es un gas ideal.

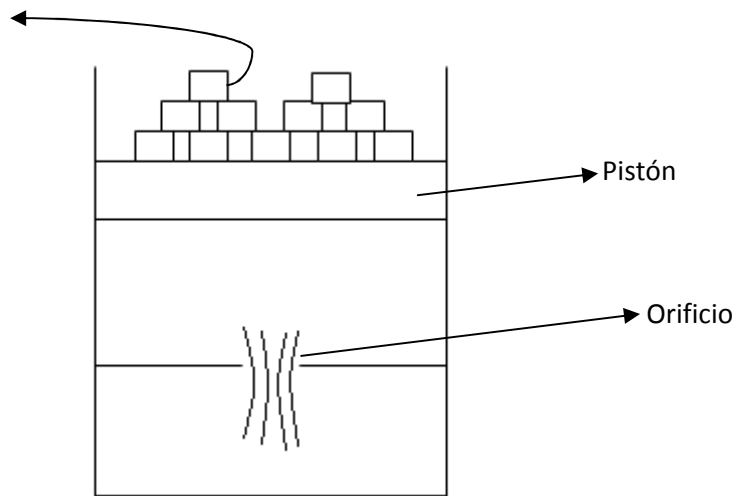
Si  $Z > 1$  entonces el fluido es incompresible.

Si  $Z < 1$  entonces el fluido es compresible.

Por otro lado cuando la presión es baja el gas se comporta como Ideal. Si está cerca del punto crítico en el diagrama P-v se comporta como Real.

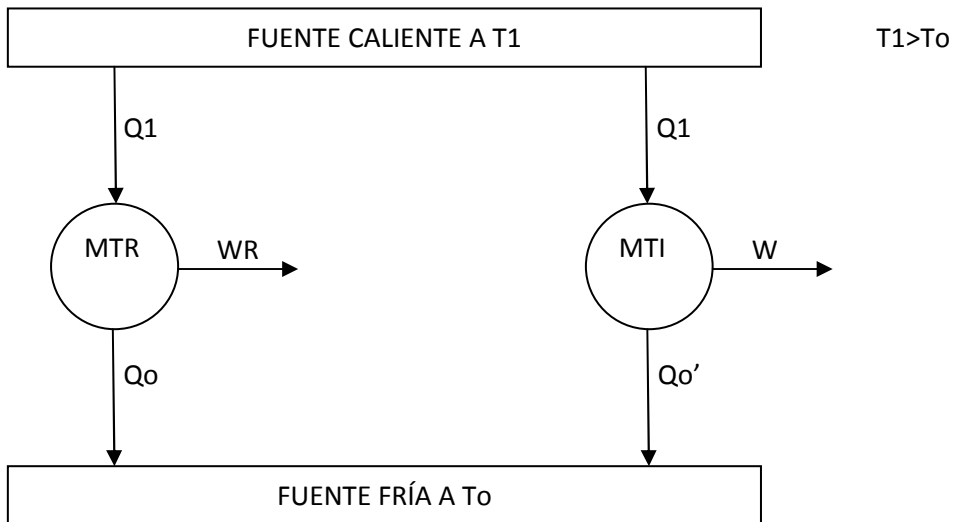


43. Dar un ejemplo de una transformación Cuasiestática Irreversible.



Por más que se vayan sacando los bloquitos de a poco hay rozamiento a medida que el fluido pasa por el orificio pequeño haciendo que se produzcan irreversibilidades.

44. Teorema de Carnot



$$\eta_{MT} \leq \eta_{MTR}$$

$$\eta_{MTIRREV} < \eta_{MTR}$$

$$W_R > W_{IRREV}$$

$$\eta_{MTR} = \frac{WR}{Q1}$$

$$\eta_{MTI} = \frac{W}{Q1}$$

#### 45. Conclusiones del Teorema de Carnot.

Referido a una MTR el rendimiento de la misma es:

- Independiente del fluido intermediario.
- Independiente del ciclo termodinámico que describe la máquina.
- Independiente de los dispositivos mecánicos que se emplean en la máquina.
- Solo depende de la temperatura de las fuentes entre las que opera la máquina.

$$\eta_{MTR} = f(\text{Temp Fuente Caliente}, \text{Temp Fuente Fría})$$

#### 46. Concepto sobre degradación de la energía.

El Segundo Principio nos permite reconocer que las transformaciones Reversibles NO degradan energía mientras que las transformaciones Irreversibles SI degradan.

La degradación de energía tiene lugar debido a la presencia de irreversibilidades en la transformación (tales como el rozamiento), que ocasionan que parte de la energía en transferencia se transforme inevitablemente en disipación de calor. Todos los fenómenos de irreversibilidad provocan un incremento de temperatura.

#### 47. Causas de Irreversibilidad.

Procesos de igualación:

- La libre expansión o igualación por presiones.
- La igualación térmica.
- La igualación de potencial eléctrico.
- La igualdad de densidades.

Efectos disipantes:

- El rozamiento.
- La viscosidad.
- La resistencia eléctrica.
- La histéresis magnética.
- La deformación plástica.

#### 48. Condiciones necesarias para que exista una Politrópica.

- Gas Ideal.
- Cuasiestática.
- Calor específico constante.

#### 49. Transmisión de calor.

### CONDUCCIÓN

Este tipo de transmisión se da entre diferentes partes de un mismo sólido.

#### Ley de Fourier:

$$\dot{q} = -K \times A \times \frac{dt}{dx}$$

Siendo:

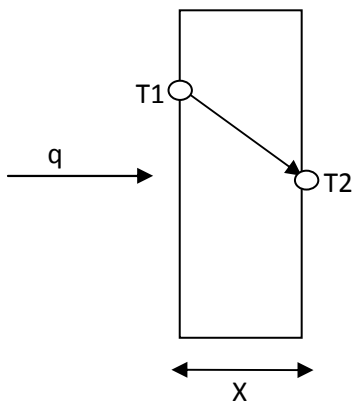
$$K = \text{El coeficiente de transmisión de calor} \left[ \frac{W}{m \times ^\circ C} \right].$$

$A =$  Superficie por donde se transfiere calor en  $m^2$ .

$\frac{dt}{dx} =$  Gradiente de temperatura, perpendicular a la superficie  $A$ .

El signo menos es porque el calor se propaga en la dirección de las temperaturas decrecientes.

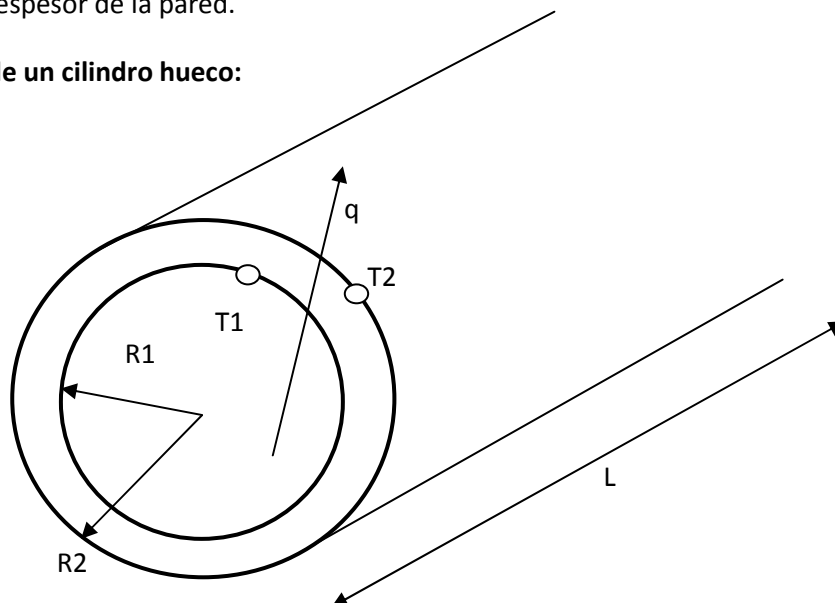
#### Para el caso de una pared:



$$q = -K \times A \times \frac{(T1 - T2)}{\Delta X}$$

Siendo  $\Delta X$  el espesor de la pared.

#### Para el caso de un cilindro hueco:



$$q = -K \times A \times \frac{dt}{dr}$$

$$A = 2 \times \pi \times r \times L$$

$$q = -K \times 2 \times \pi \times r \times L \times \frac{dt}{dr}$$

Ordenando un poco la ecuación:

$$q \times \frac{dr}{r} = -K \times 2 \times \pi \times L \times dt$$

$$\int_{R1}^{R2} q \times \frac{dr}{r} = -K \times 2 \times \pi \times L \times dt$$

$$q \times \ln\left(\frac{R2}{R1}\right) = K \times 2 \times \pi \times L \times (T1 - T2)$$

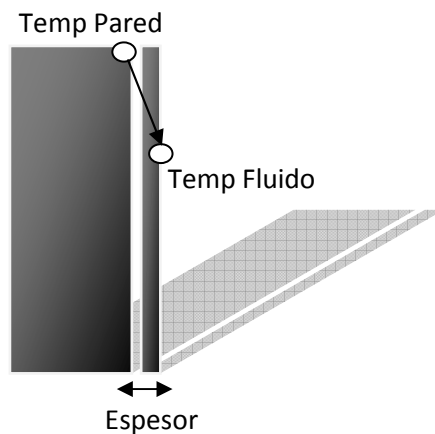
Finalmente despejando q obtenemos:

$$q = \frac{K \times 2 \times \pi \times L \times (T1 - T2)}{\ln\left(\frac{R2}{R1}\right)}$$

## CONVECCIÓN

Es el caso de la superficie de un sólido que intercambia calor con un fluido en movimiento muy próximo a la superficie.

Para el caso de una pared:



Por la Ley de Newton:

$$q = h \times A \times (Temp\ Pared - Temp\ Fluido)$$

$$h = \text{El coeficiente de transmisión de calor} \left[ \frac{W}{m^2 \times ^\circ C} \right].$$

A = Superficie .

## RADIACIÓN

Transferencia de calor por un cuerpo negro o radiador perfecto:

$$q = \sigma \times T^4$$

$$\sigma = \text{Constante de Boltzaman} \left[ \frac{W}{m^2 \times K^4} \right].$$

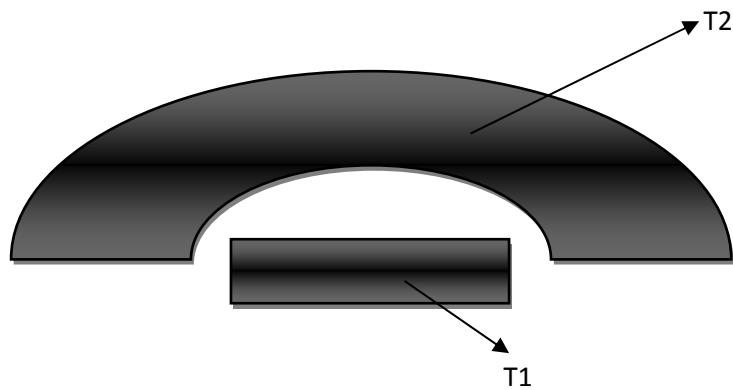
Para un cuerpo real:

$$q = \varepsilon \times \sigma \times T^4$$

$\varepsilon =$  Emisividad y es propiedad de la superficie.

**Ley de Prevost:**

$$q = \sigma \times A_1 \times \varepsilon \times (T_1^4 - T_2^4)$$



Donde  $A_2 \gg A_1$

50. Ciclos Frigoríficos y sus mejoras.

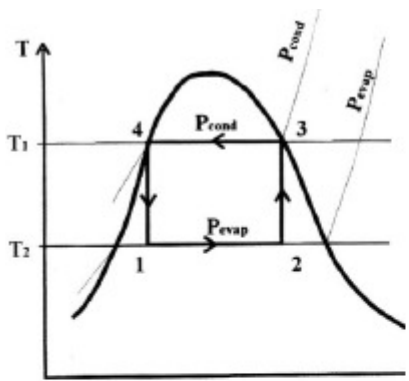
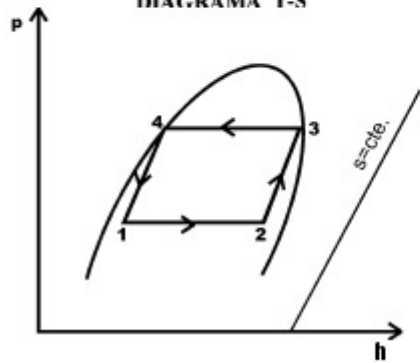


DIAGRAMA T-S



CICLO DE CARNOT  
FRIGORIFICO

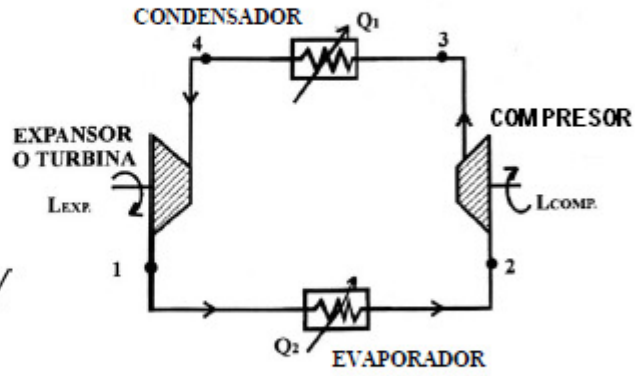
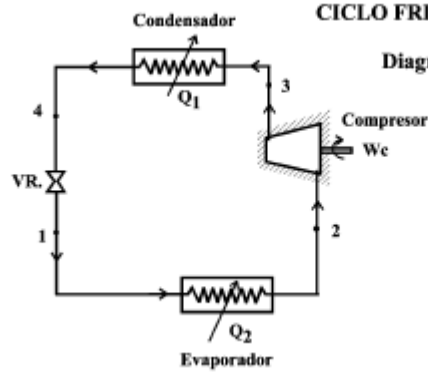


DIAGRAMA DE INSTALACION



CICLO FRIGORIFICO CON VÁLVULA

Diagrama de Instalación

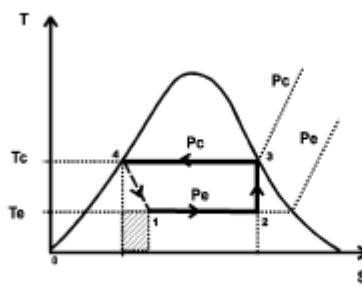


Diagrama T-s

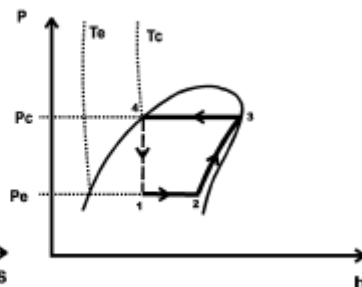


Diagrama P - h

## CICLO FRIGORIFICO DE UNA ETAPA DE COMPRESION EN REGIMEN SECO

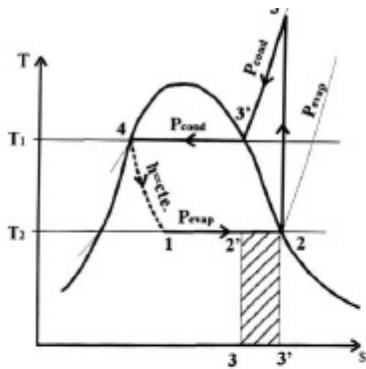


DIAGRAMA T-S

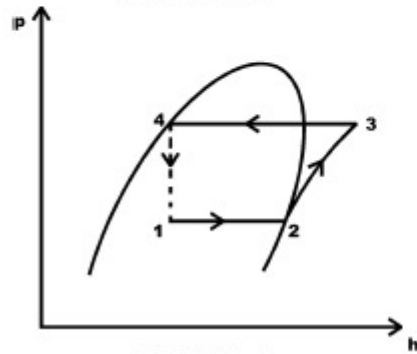


DIAGRAMA p-h

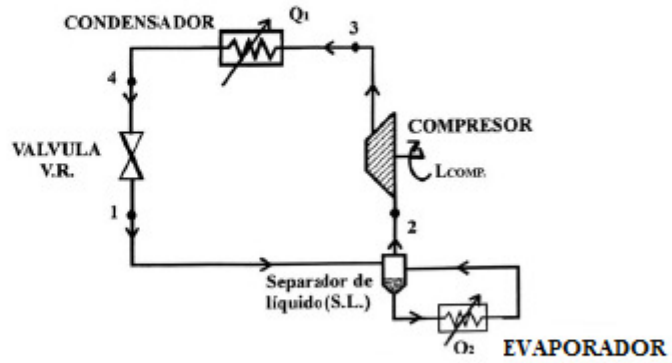


DIAGRAMA DE INSTALACION

Diagrama de instalación de ciclo frigorífico con subenfriamiento interno del líquido condensado mediante intercambiador de calor

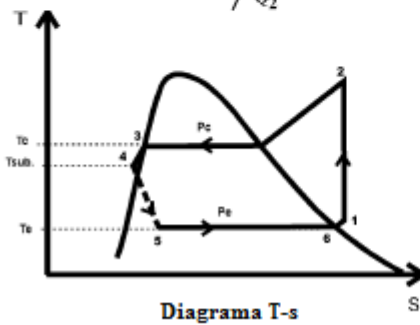
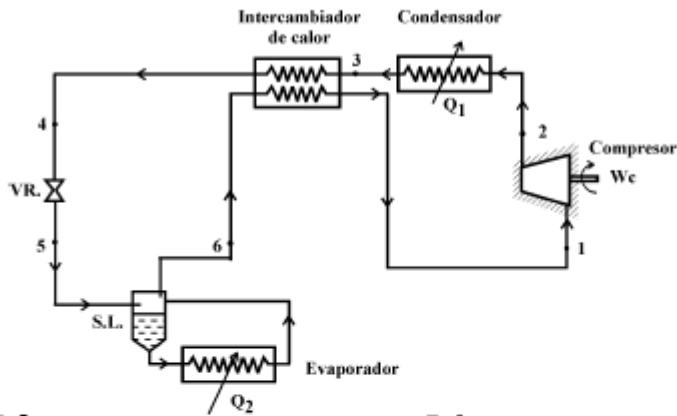


Diagrama T-s

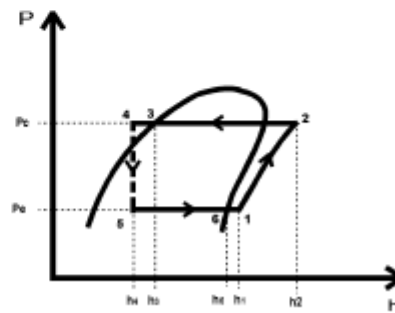


Diagrama P-h

**Subenfriamiento Externo**

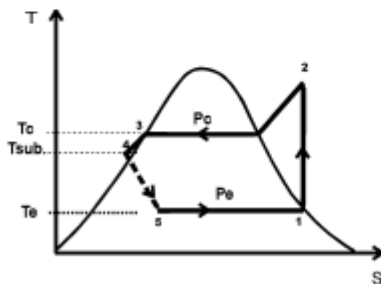
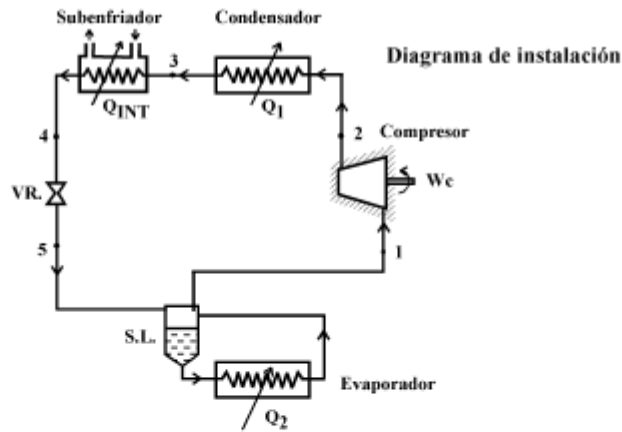


Diagrama T-s

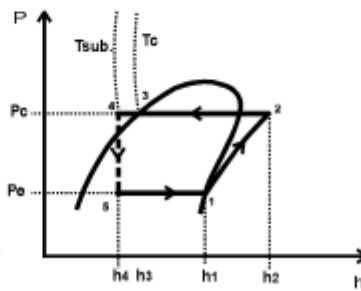


Diagrama P - h

**CICLO FRIGORIFICO DE DOS ETAPAS DE COMPRESION**

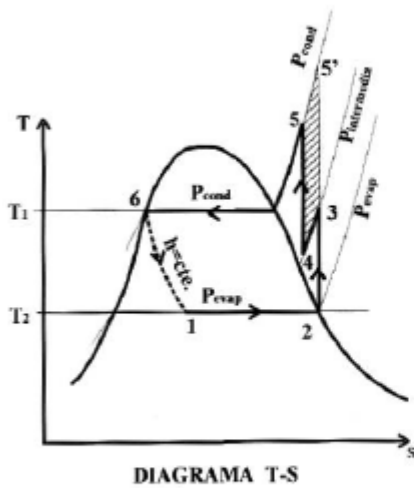


DIAGRAMA T-S

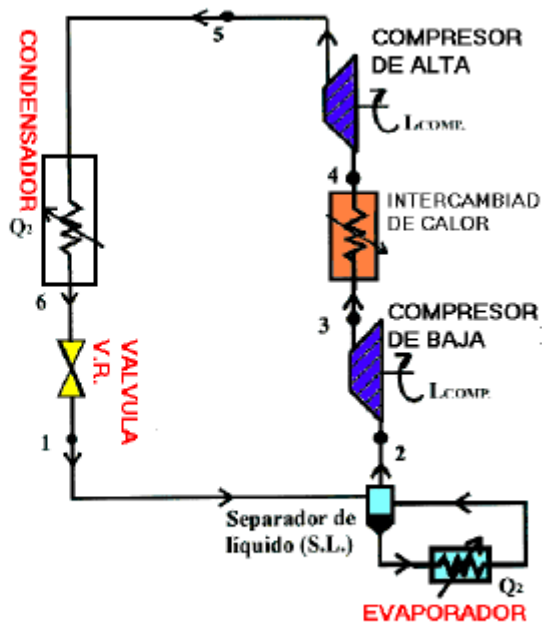
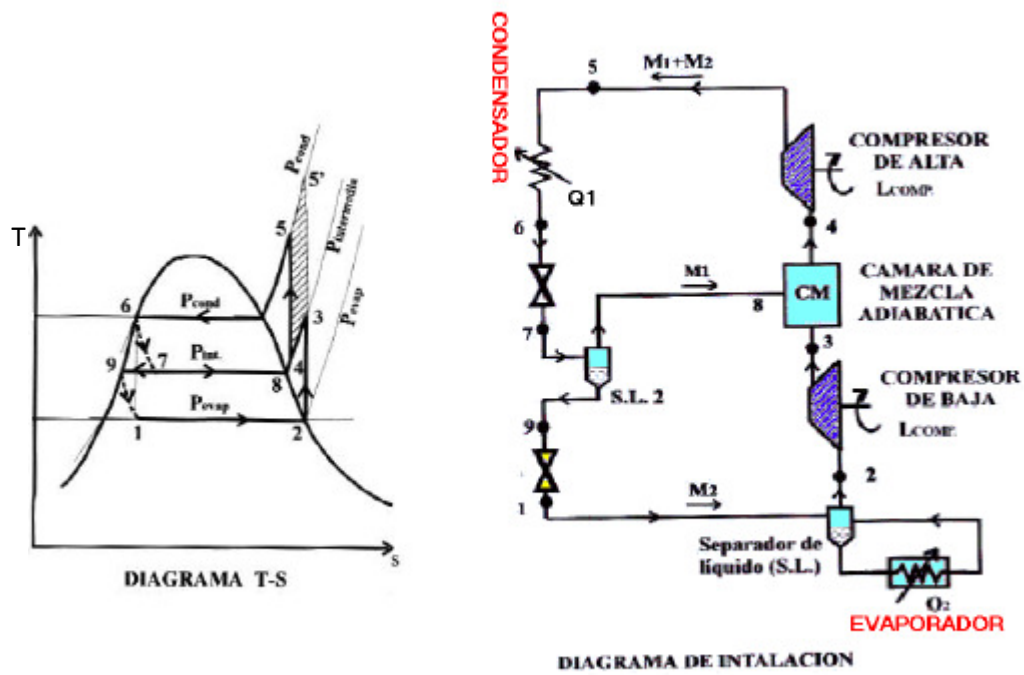


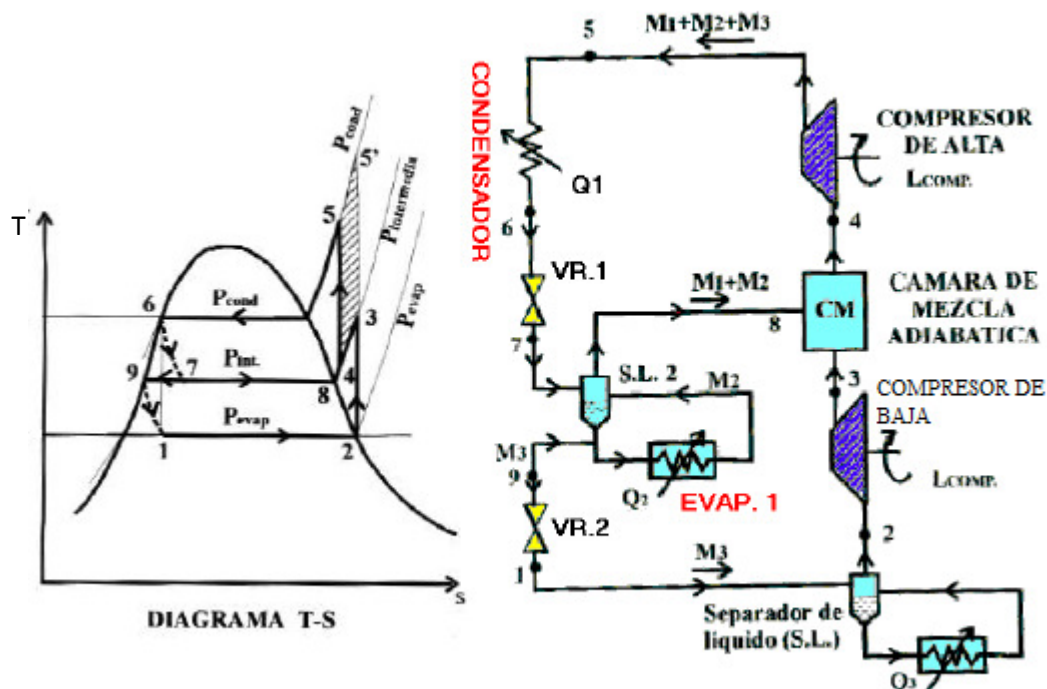
DIAGRAMA DE INTALACION



## CICLO FRIGORIFICO DE DOS ETAPAS DE COMPRESION CON ENFRIAMIENTO POR REINYECCION DE FLUIDO



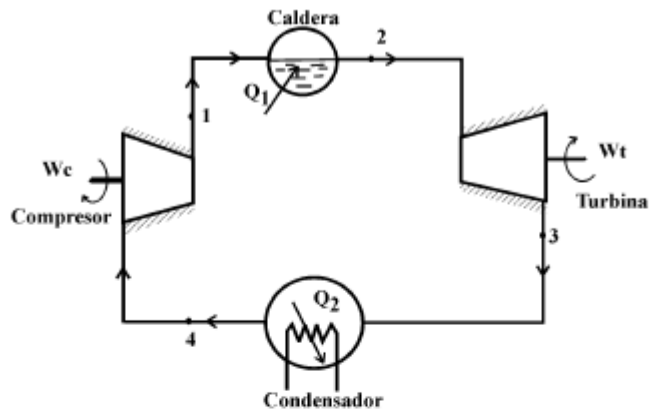
## CICLO FRIGORIFICO DE DOS ETAPAS DE COMPRESION Y DOS EVAPORADORES



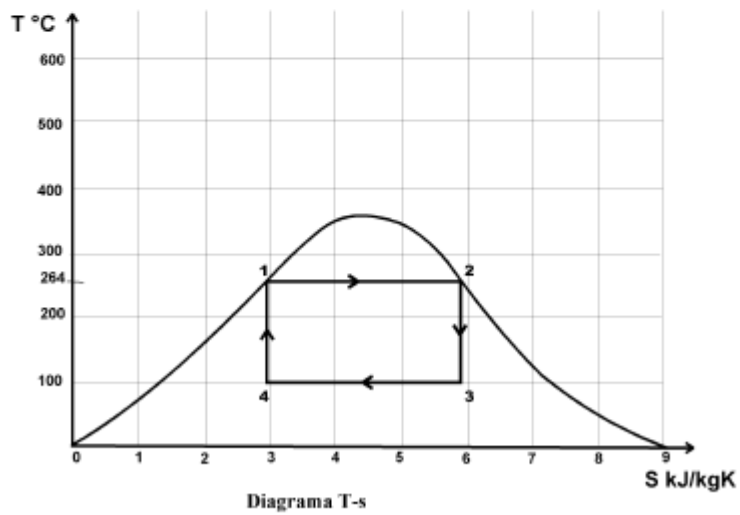
51. Ciclos de Vapor y sus mejoras.

**CICLOS DE VAPOR**

*Ciclo de Carnot reversible*

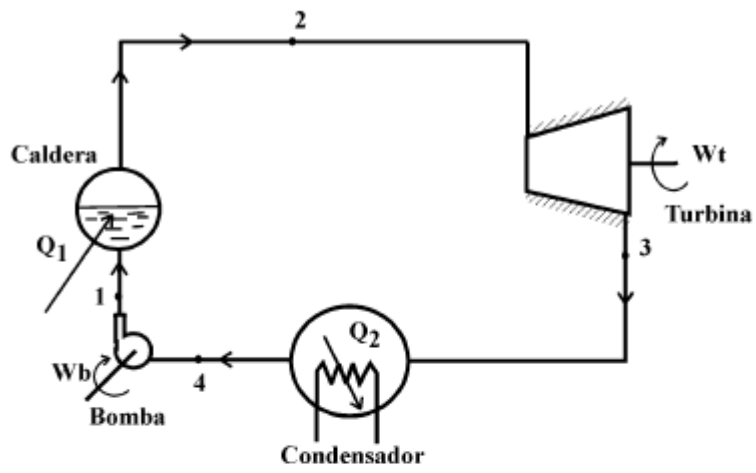


**Diagrama de instalación**

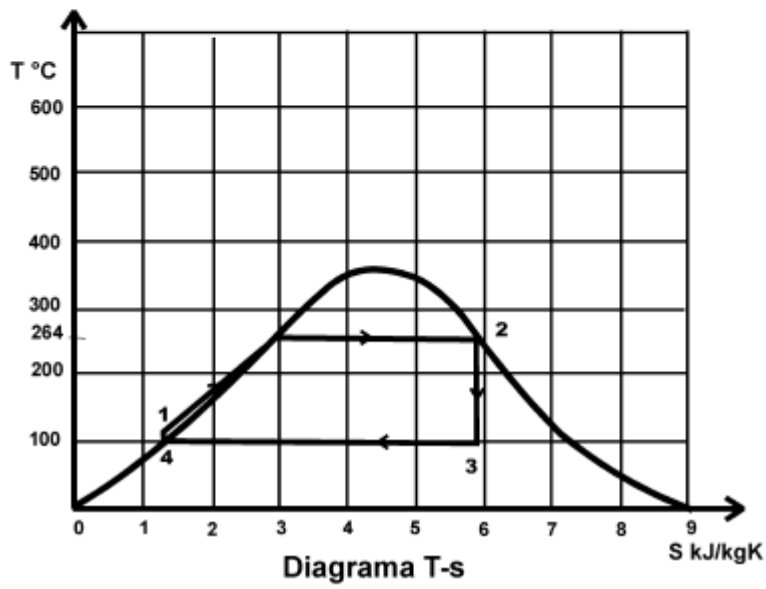


**Diagrama T-s**

*Ciclo de Rankine*

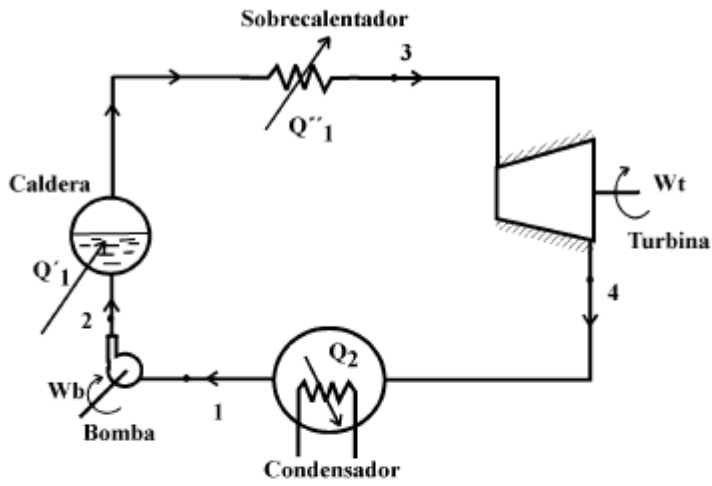


**Diagrama de instalación**

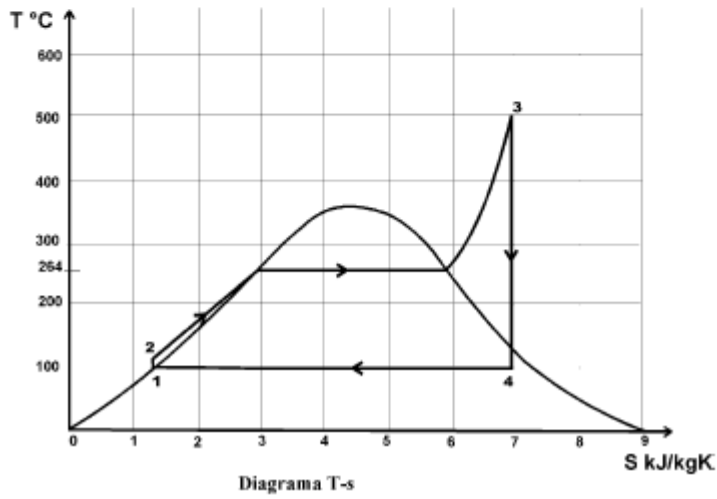


**Diagrama T-s**

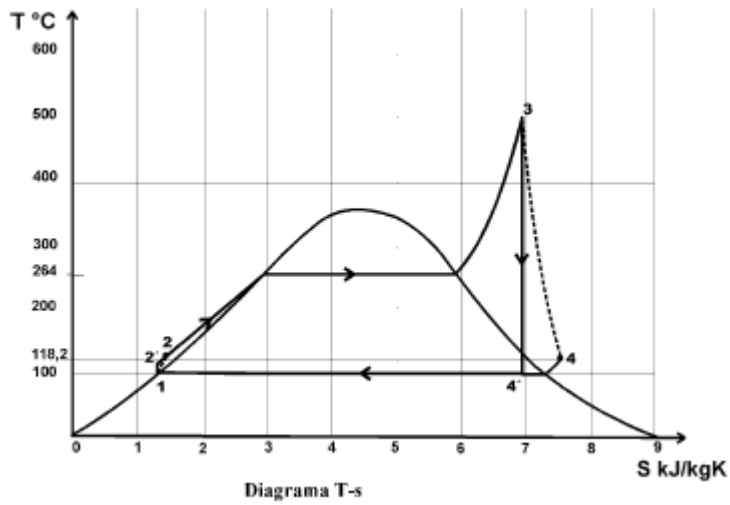
*Ciclo de Rankine con sobrecalentamiento*



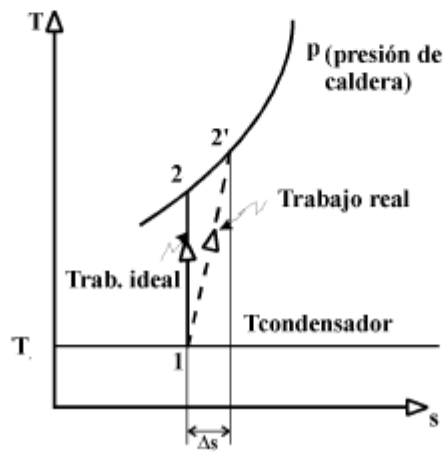
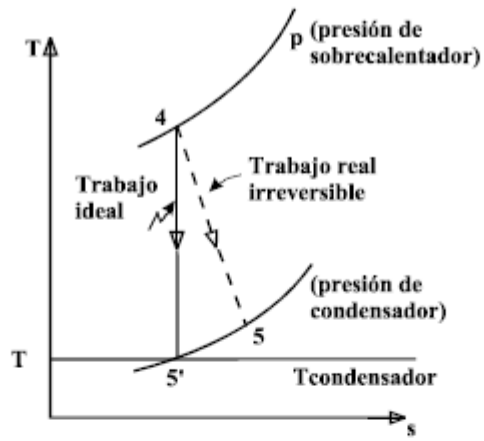
**Diagrama de instalación**



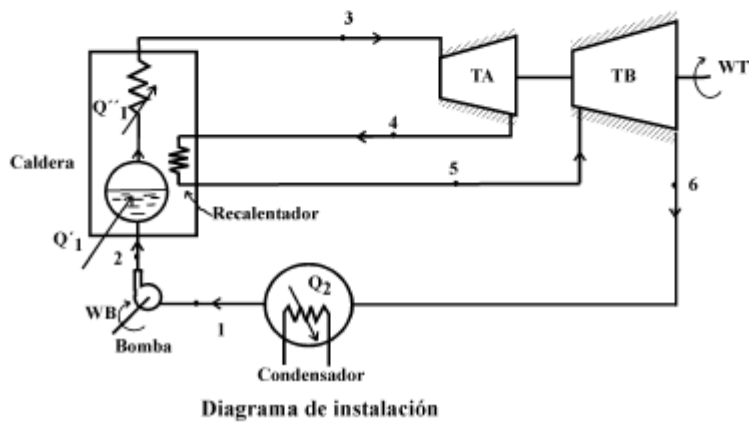
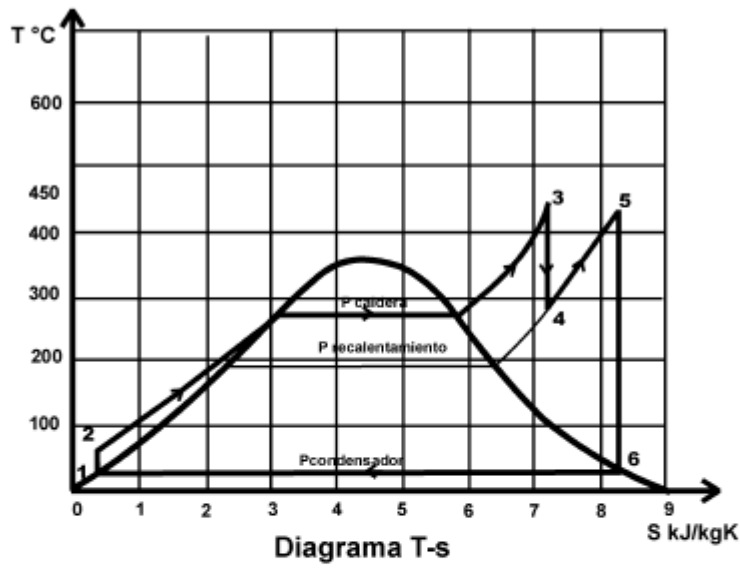
**Diagrama T-s**

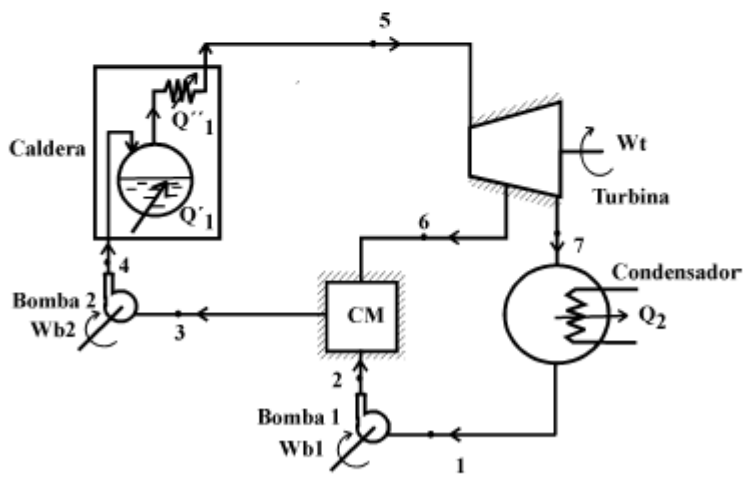
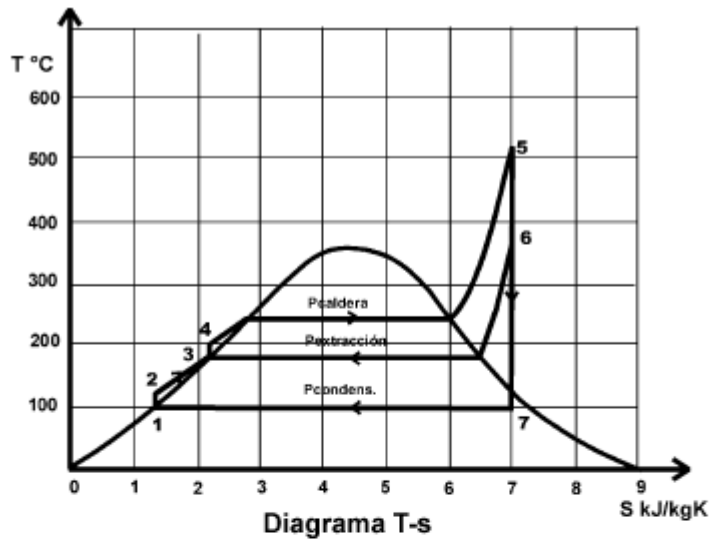


**Diagrama T-s**



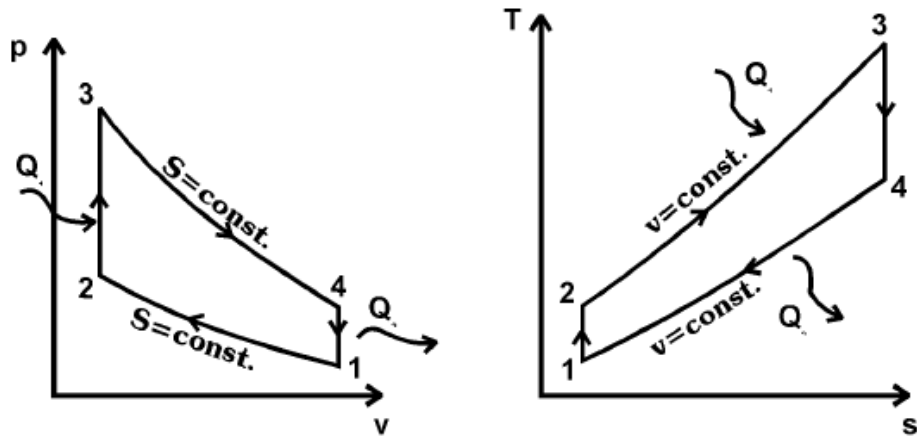
*Ciclo de Rankine con recalentamiento*





52. Ciclos Otto ideal y real, diagrama de pistón, cruce de válvulas, rendimiento, relación de compresión, diagramas P-v y T-s, rendimiento térmico en f (Rc), diagrama circular y los 4 tiempos.

### Ciclo Otto



Diagramas p-v y T-s del ciclo de aire estándar de Otto

Relación de compresión :

$$r_c = \frac{v_1}{v_2} = \frac{v_4}{v_3}$$

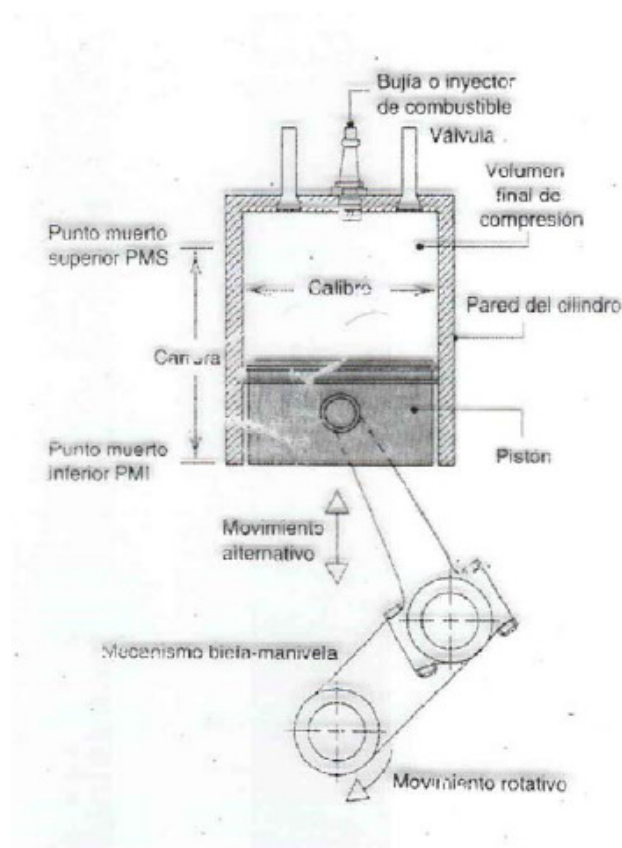
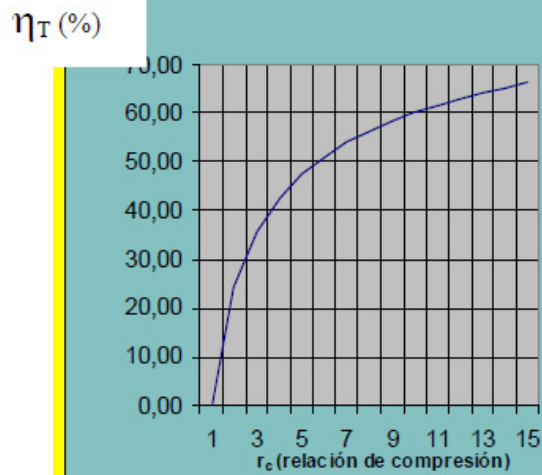
$$\eta_t = \frac{W_{\text{neto}}}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{(r_c)^{k-1}}$$

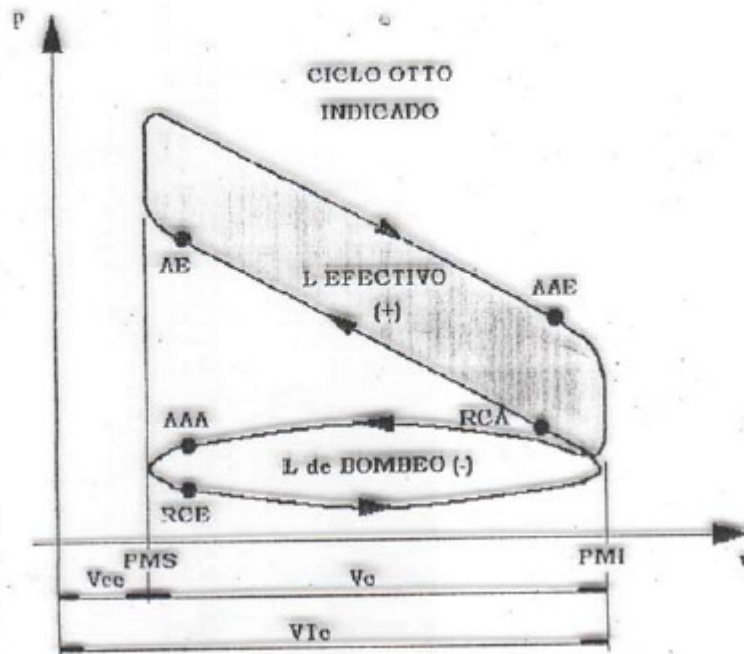


A mayor relación de compresión mayor es el rendimiento térmico, de ahí la evolución de los vehículos a nafta. Ej. ( $r_c$  :8 a 1) ( $r_c$  :10 a 1) autos modernos

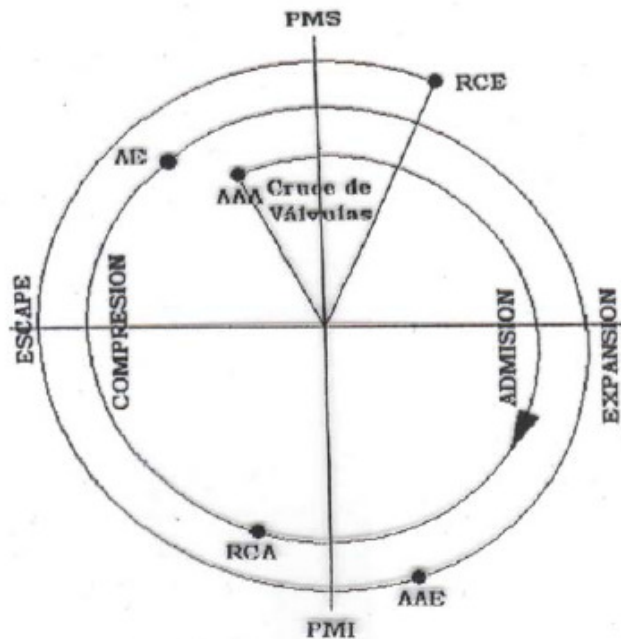
Gráfica de eficiencia del Ciclo Otto  
Para el aire ( $k=1,4$ )



CICLO INDICADO (Máquina real y Fluido real)



Un elevado cruce de válvulas (las dos abiertas al mismo tiempo) mejora las prestaciones de motores que trabajan a alto régimen de revoluciones pero hace muy difícil la marcha en ralentí y la puesta en marcha.



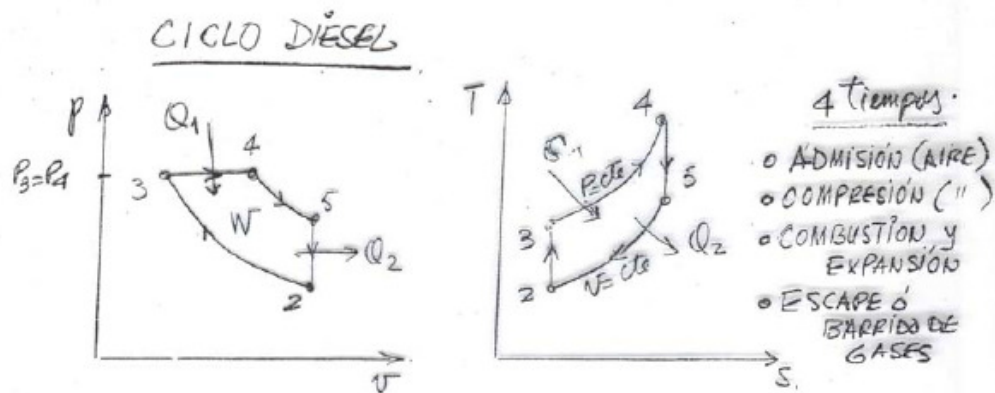
AAA = Avance Apertura Admisión; RCA = Retardo Cierre Admisión

AAE = Avance Apertura Escape; RCE = Retardo Cierre Escape

AE = Avance del Encendido; PMS = Punto Muerto Superior

PMI = Punto Muerto inferior

53. Ciclo Diesel, diagramas T-s y P-v, los 4 tiempos, inyectores y rendimiento, relación de inyección y de compresión.



Rendimiento térmico:

$$\eta = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1}, \text{ donde: } \begin{cases} Q_1 = C_p(T_4 - T_3) \\ |Q_2| = C_v(T_5 - T_2) \end{cases}$$

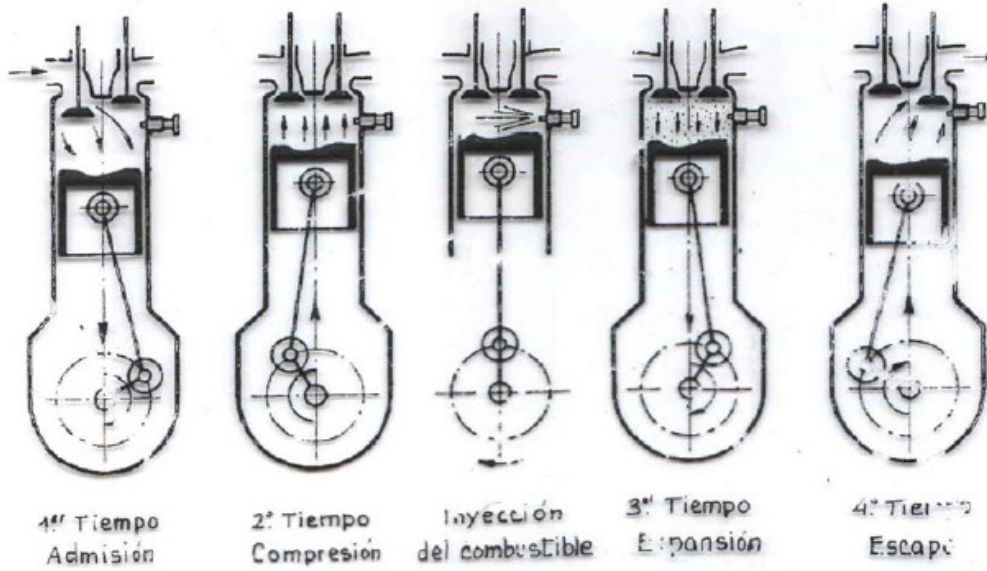
Además si consideramos a  $\gamma_c = \frac{V_2}{V_3}$  y  $\gamma_i = \frac{V_4}{V_3}$

$\gamma_c$ : relación de compresión

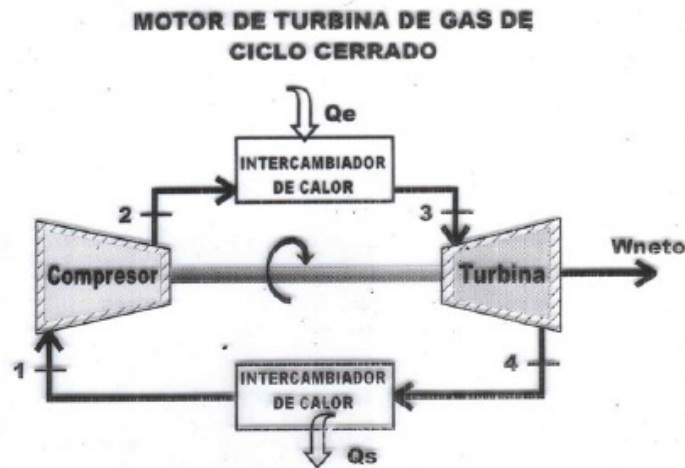
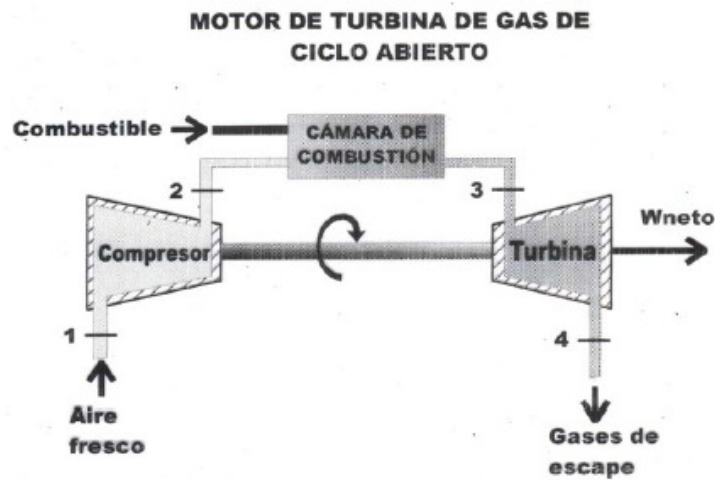
$\gamma_i$ : " " inyección

$$\eta_t = 1 - \frac{\gamma_i^k - 1}{k \gamma_c^{k-1} (\gamma_i - 1)}$$

## FASES DEL CICLO DE 4 TIEMPOS A INYECCION



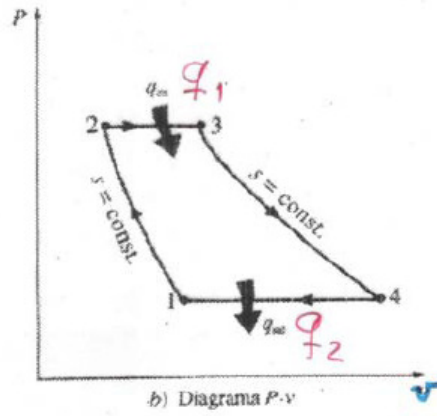
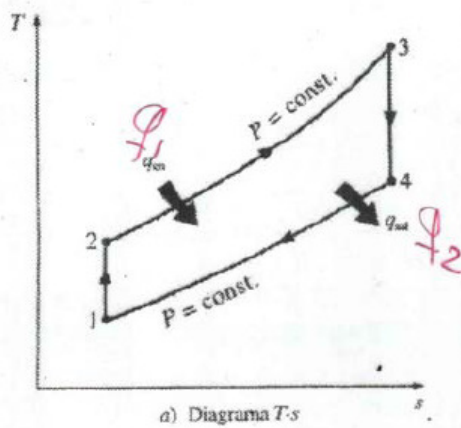
54. Ciclo Joule Brayton, rendimiento, diagramas de instalación, T-s y P-v, abierto, cerrado, relación de presiones y rendimiento en f (Rp).



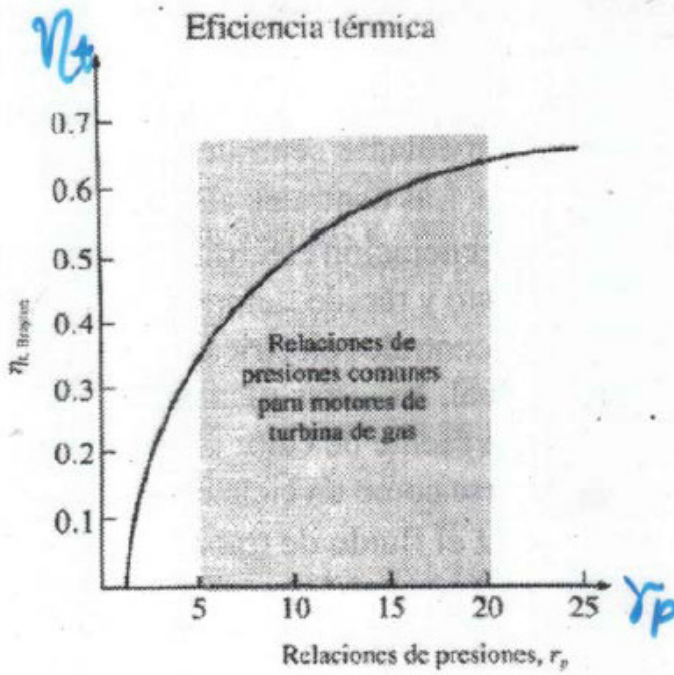
*Rendimiento térmico :*

$$\eta_t = \frac{W_{neto}}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1}$$

*Se define la relación de presiones como :*  $r_p = \frac{p_2}{p_1} = \frac{p_3}{p_4}$

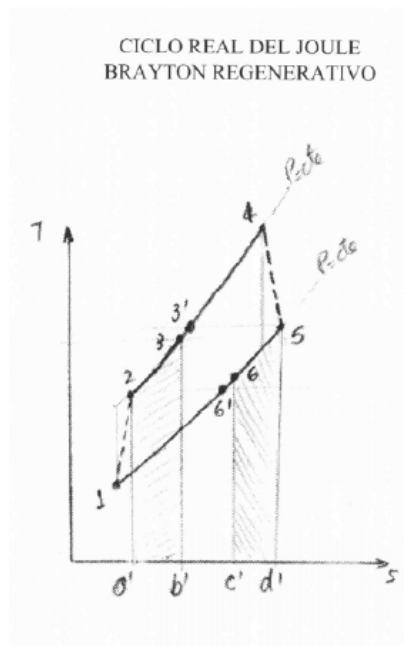
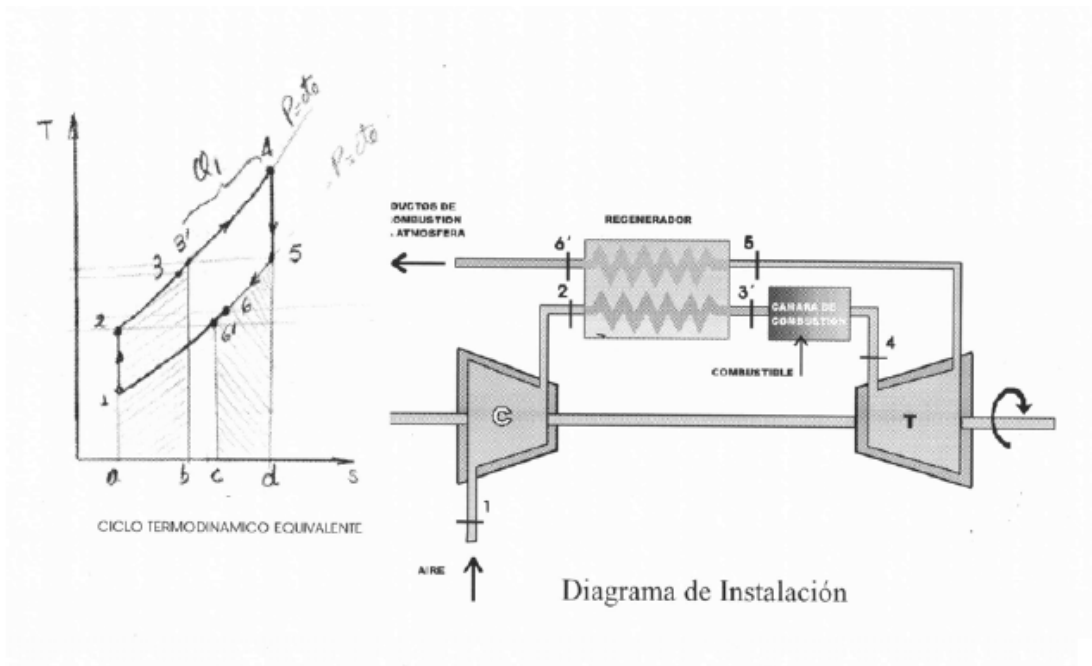


Diagramas T-s y P-v para el ciclo Brayton ideal.



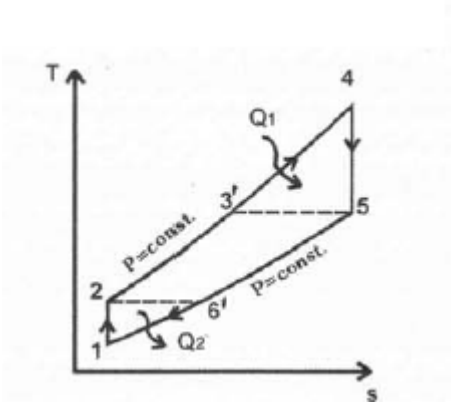
$$\eta_t = 1 - \frac{1}{(r_p)^{\frac{k-1}{k}}} > (r_p) > \eta_t$$

55. Ciclos Brayton Regenerativo, diagramas T-s, rendimiento, relación de presión, instalación y eficiencia del regenerador.



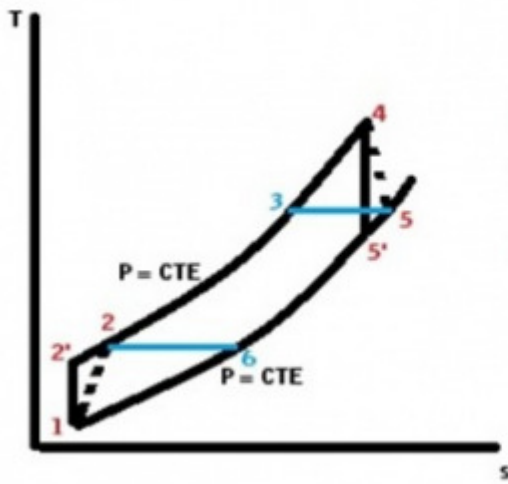
Se define la relación de presiones como :  $r_p = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_4}{P_5}$

$$\eta_t = \frac{W_{neto}}{Q_r} = \frac{W_T - W_C}{Q_r}$$



$$\eta_t = 1 - \frac{T_1}{T_5} \Rightarrow$$

$$\eta_t = 1 - \frac{T_1 (r_p)^{\frac{k-1}{k}}}{T_4}$$



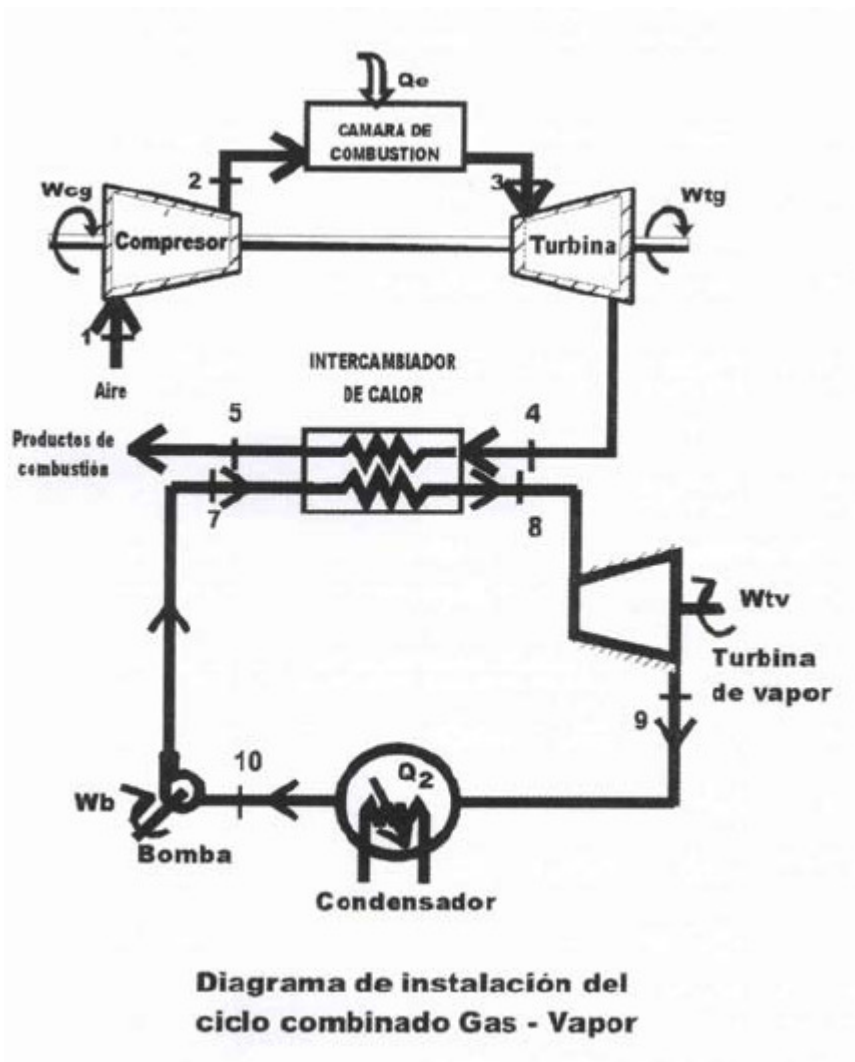
$$\eta_{Reg} = (T_3 - T_2) / (T_5 - T_2)$$

$$\eta_T = (W_T - W_C) / Q_E = W_{Neto} / Q_E$$

$$\eta_T = (T_4 - T_5) - (T_2 - T_1) / (T_4 - T_3)$$



56. Ciclo Combinado.



Rendimiento térmico de la turbina a gas :  $\eta_{tG} = \frac{W_{NG}}{Q_1}$

Rendimiento de la turbina de vapor :  $\eta_{tV} = \frac{W_{NV}}{Q_e}$

Diagrama T-s para el Vapor

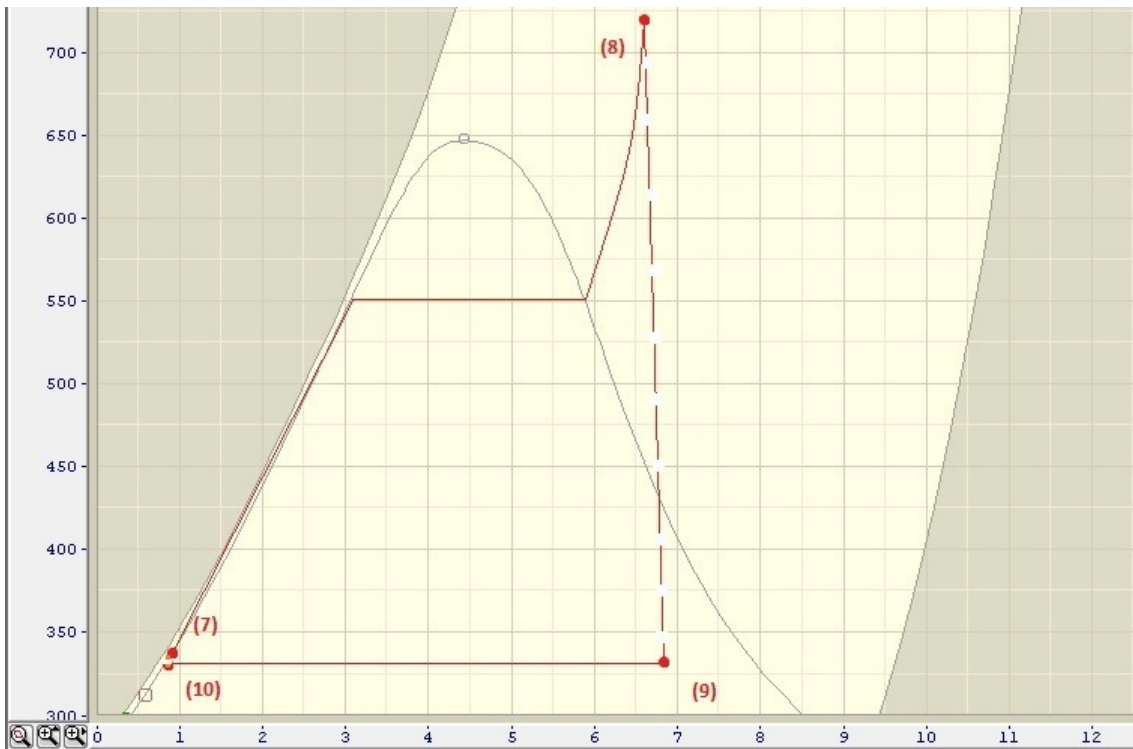
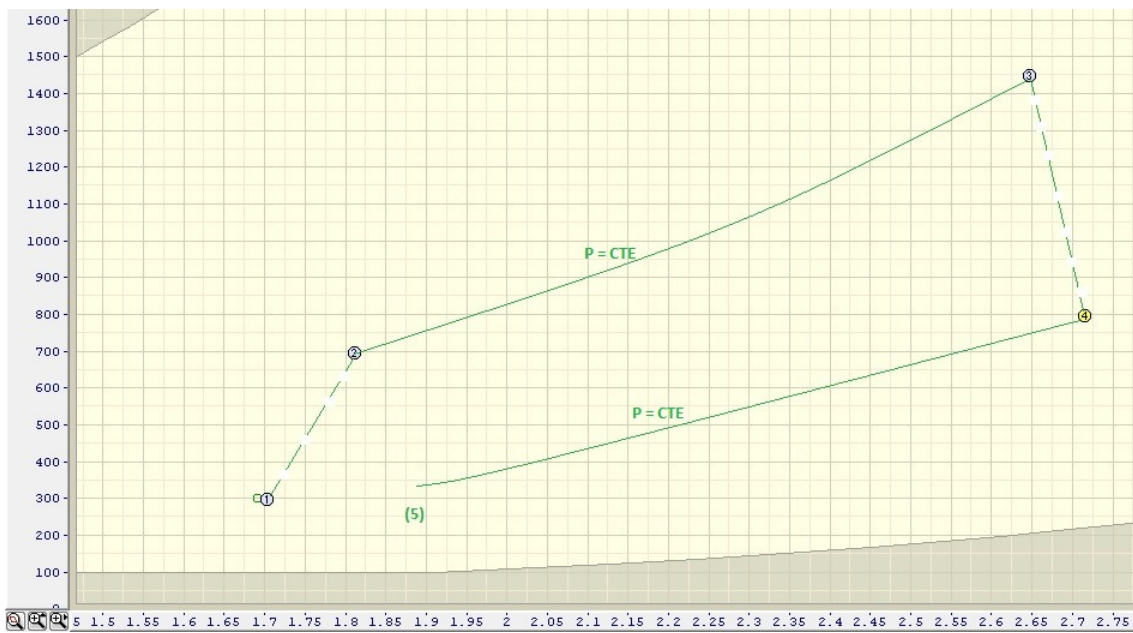
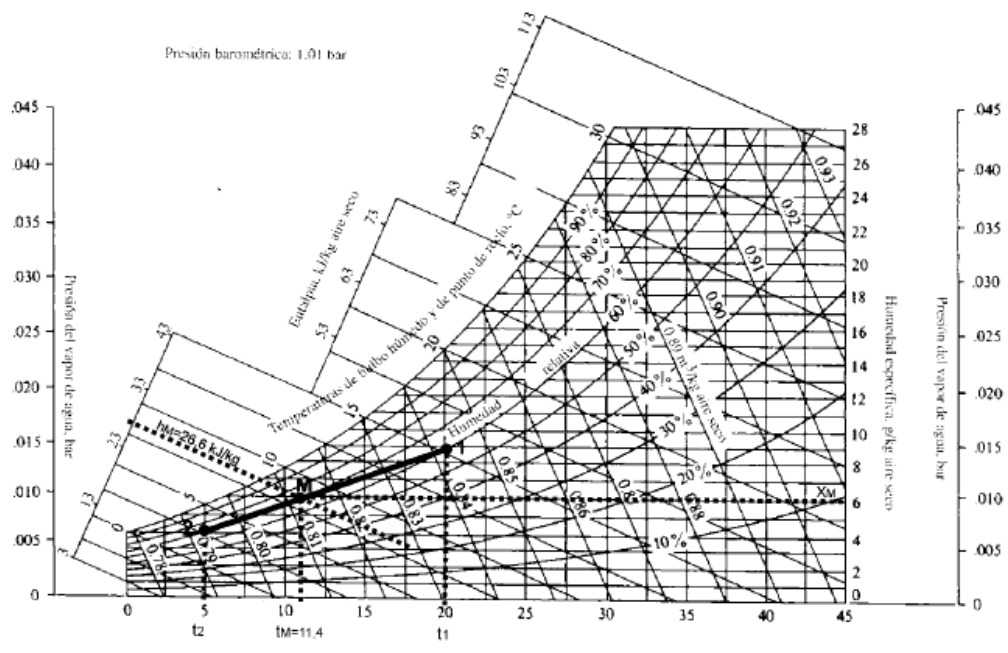
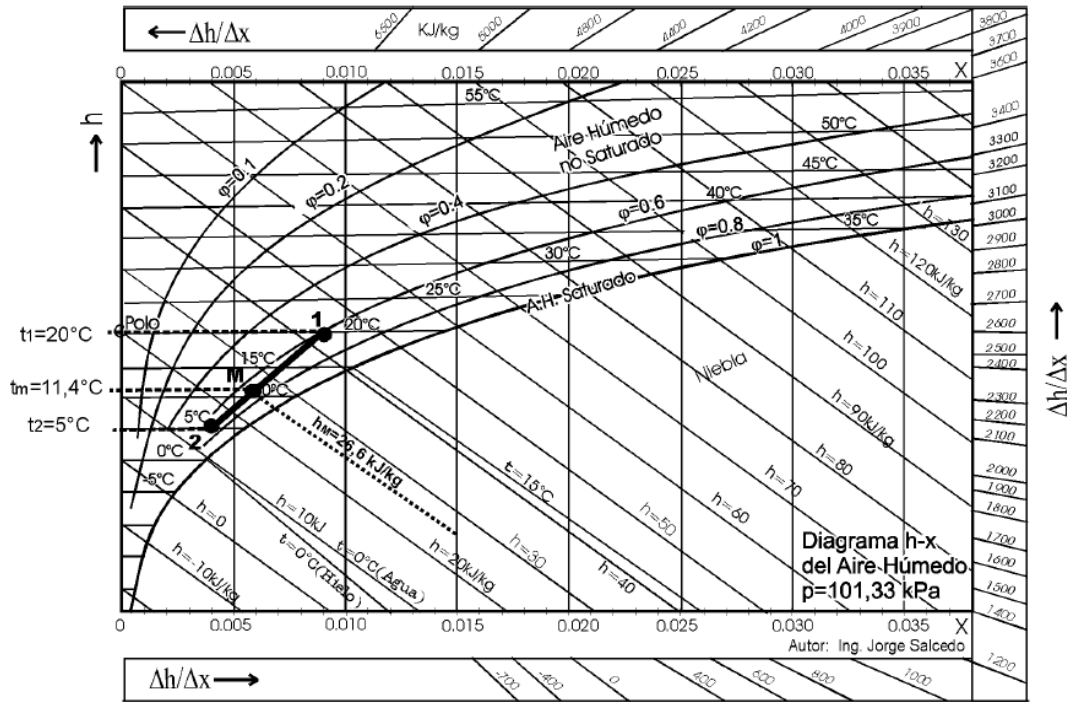


Diagrama T-s para el Aire

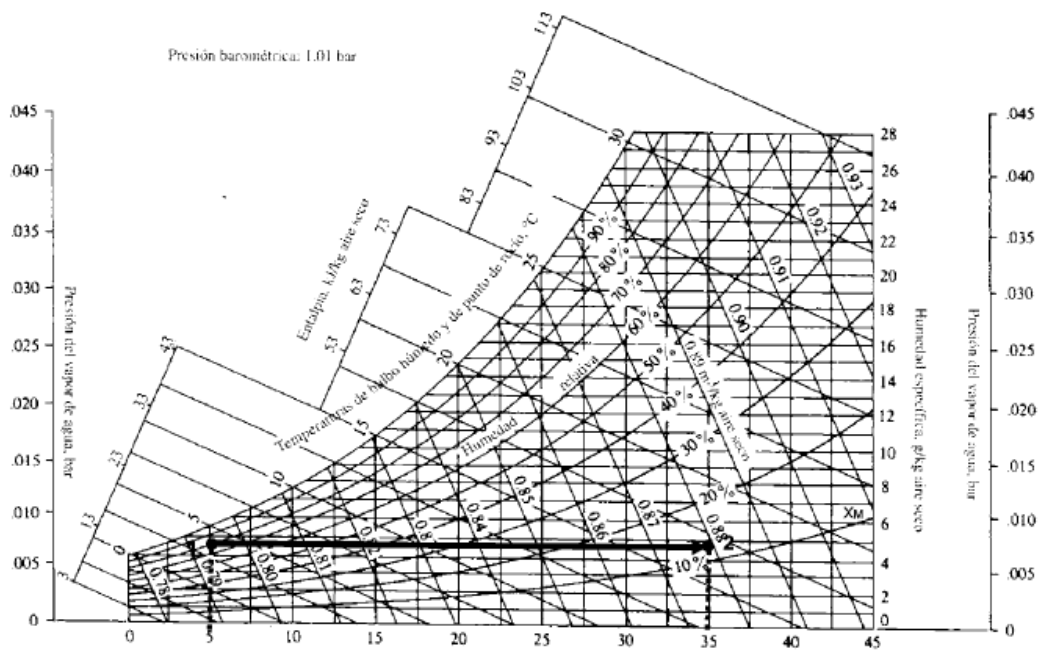
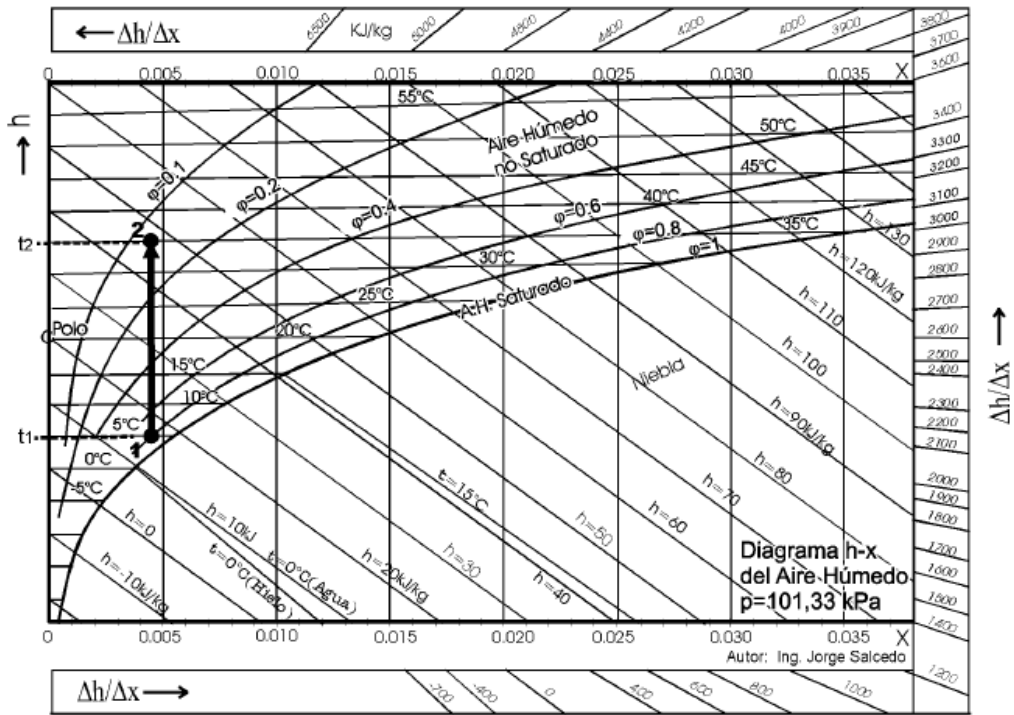


57. Procesos de Aire Húmedo.

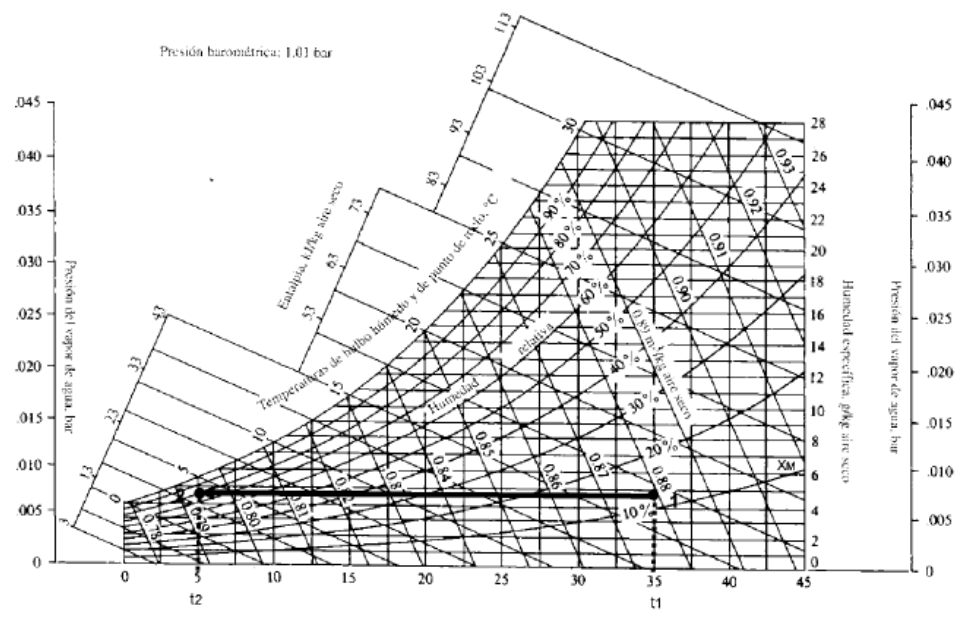
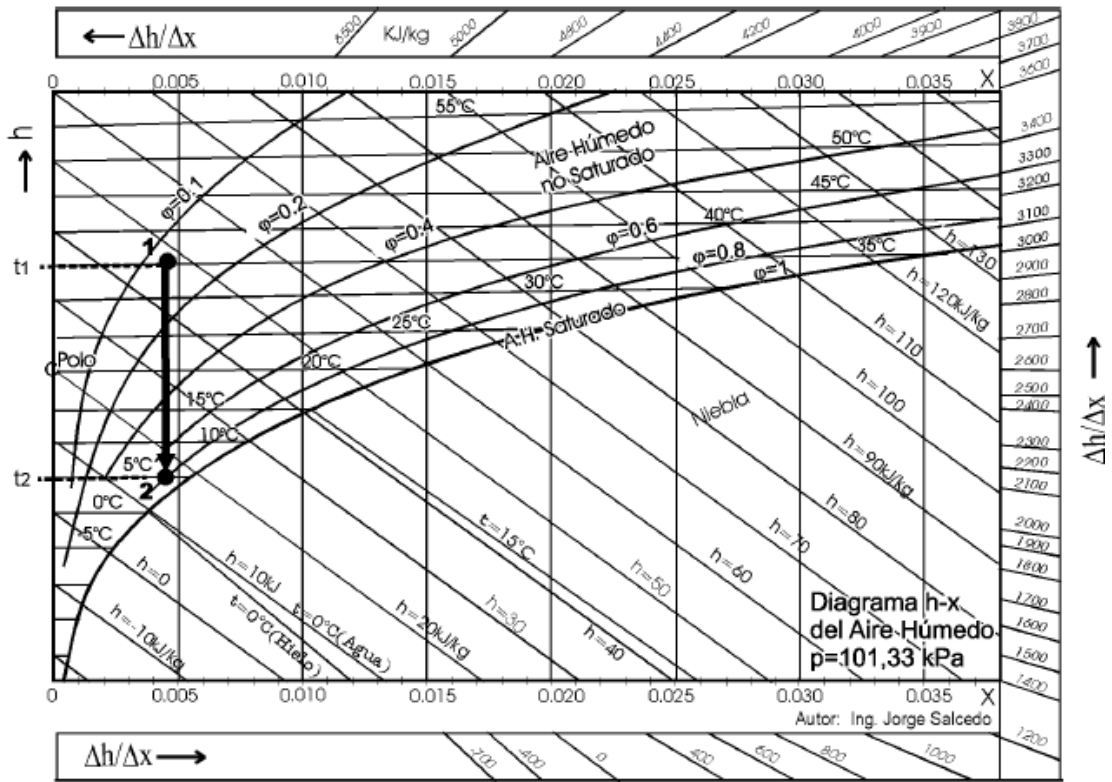
Mezcla de Aire Húmedo



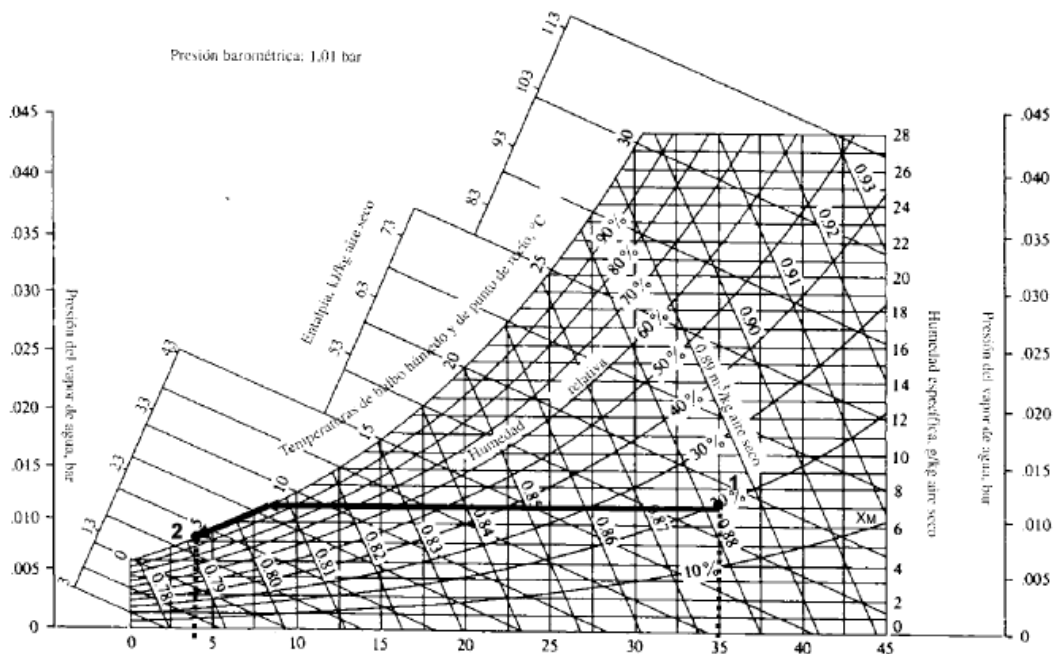
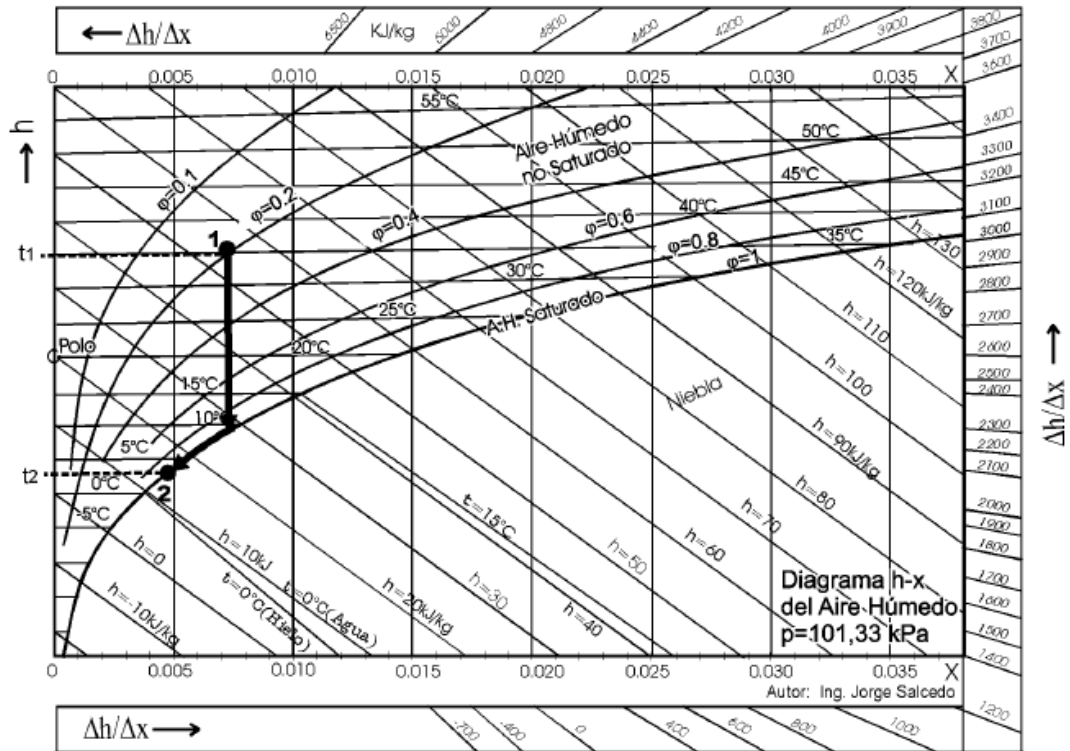
## Calentamiento de Aire Húmedo



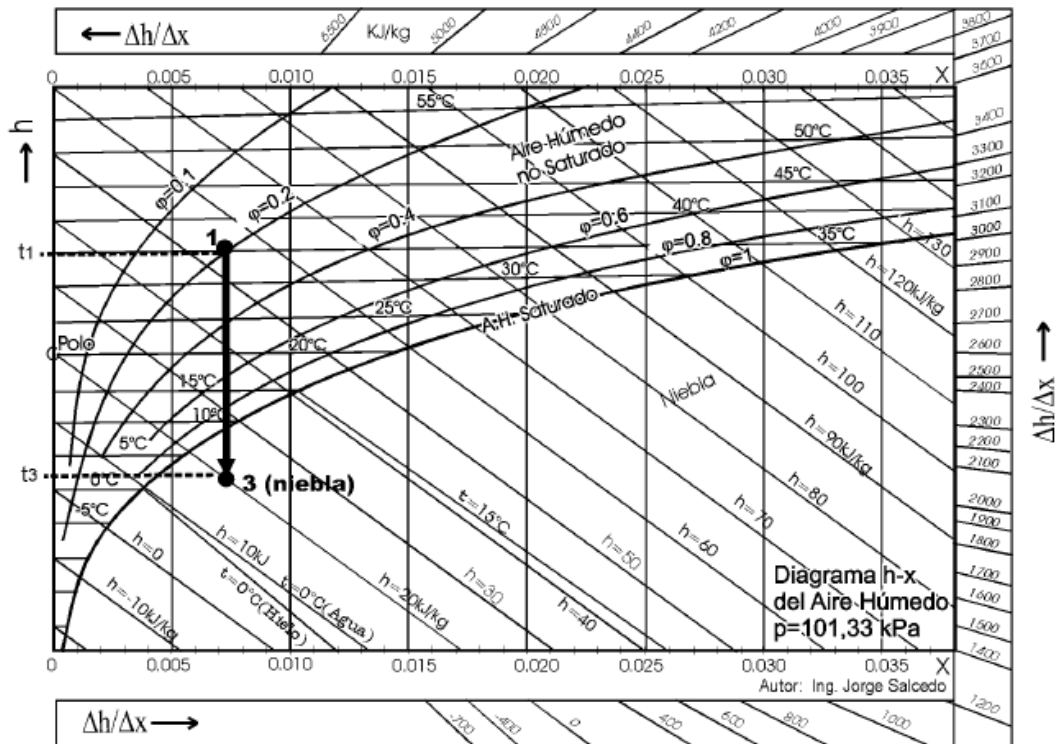
## Enfriamiento de Aire Húmedo



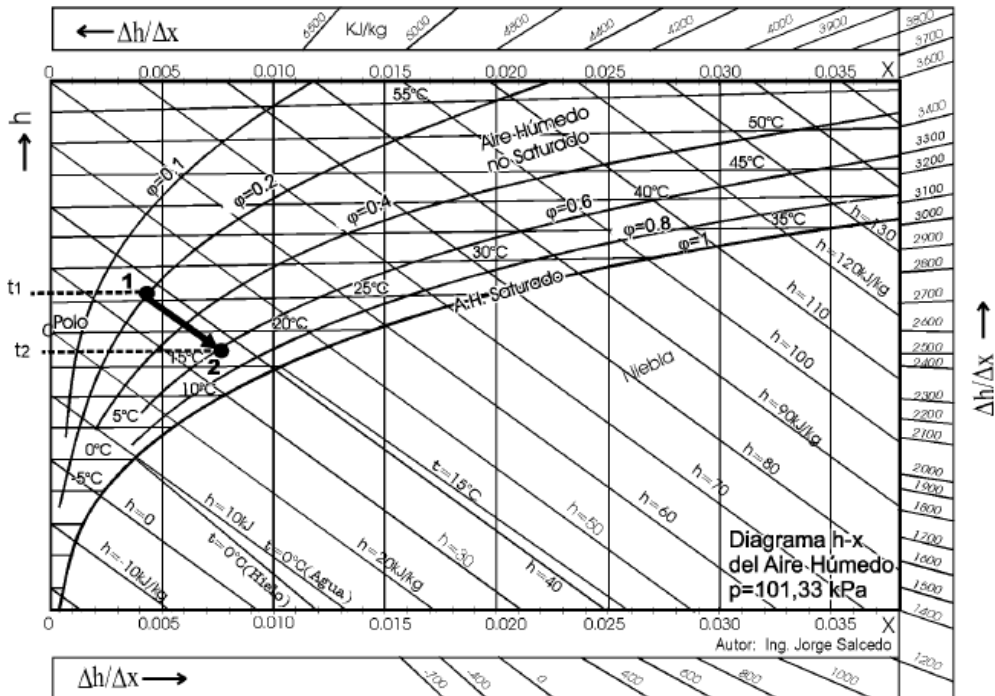
## Enfriamiento con condensación de agua

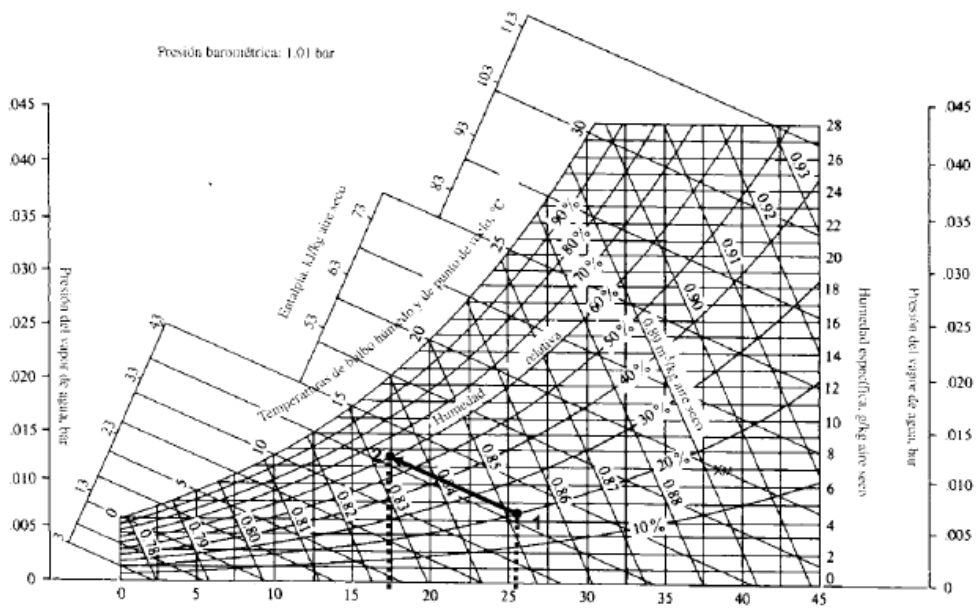


### Enfriamiento Brusco

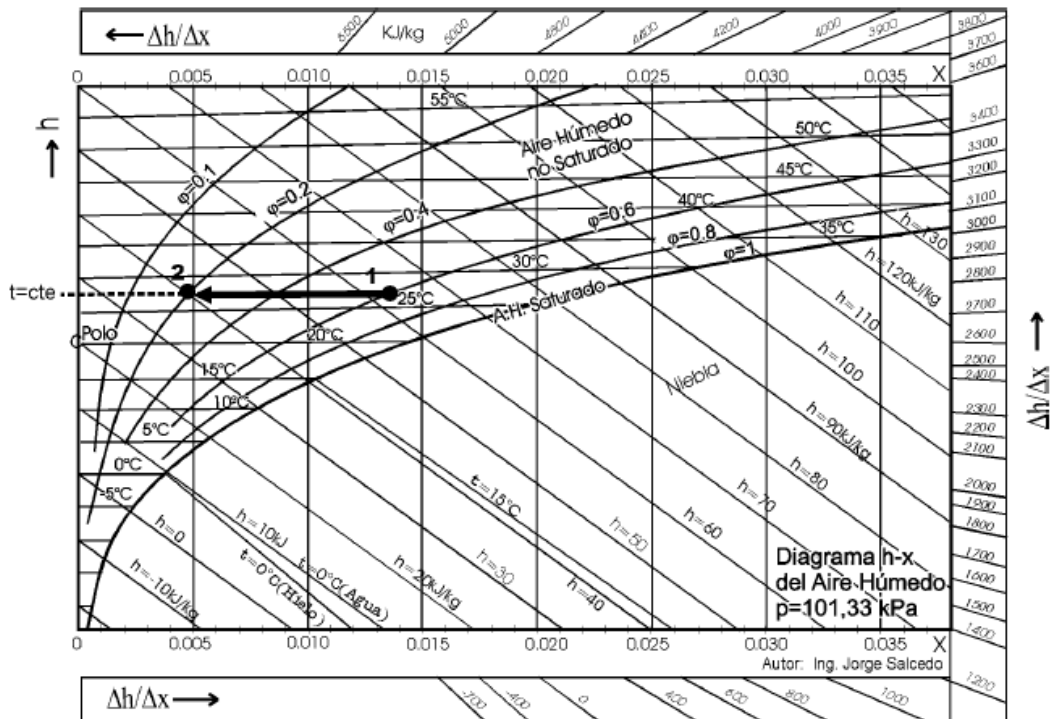


### Humidificación con agua líquida



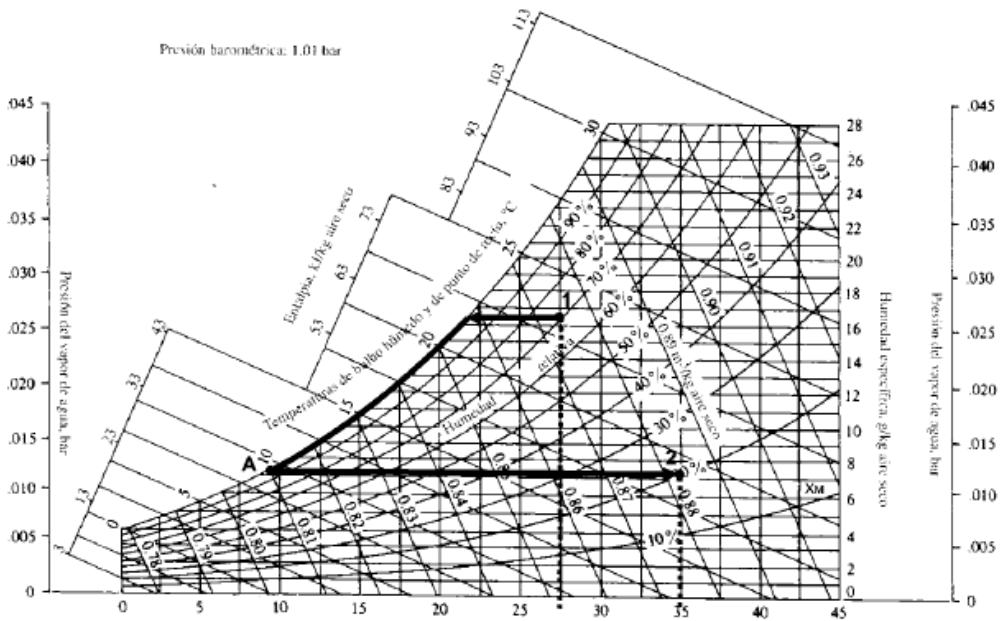
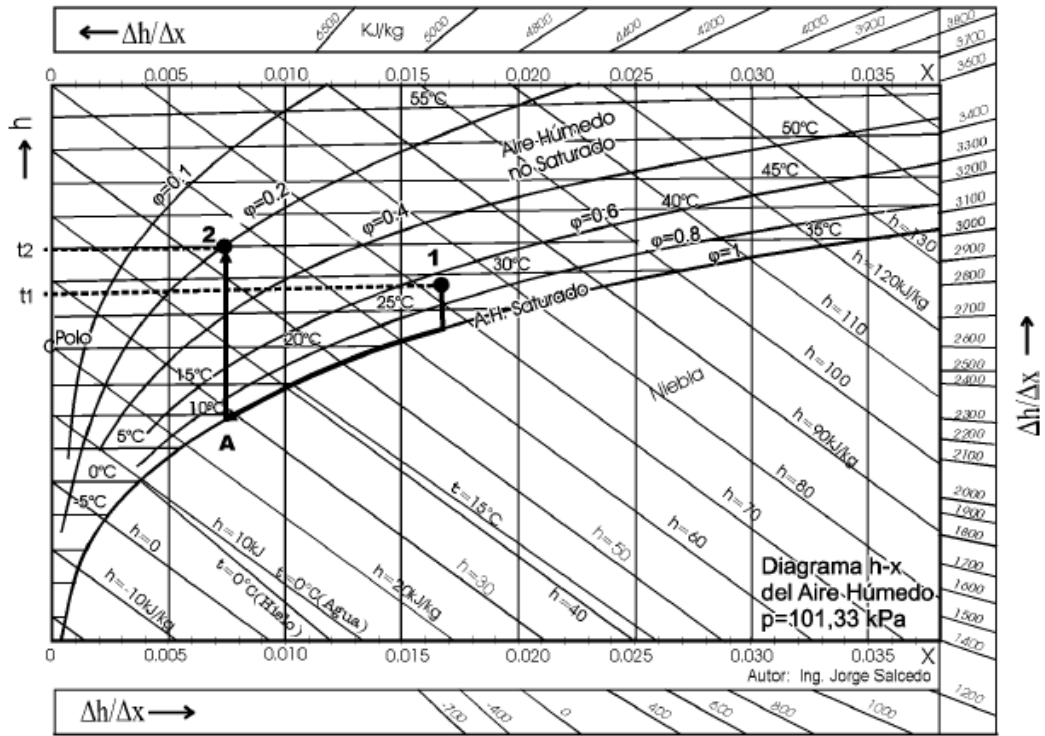


### Secado y deshumidificación

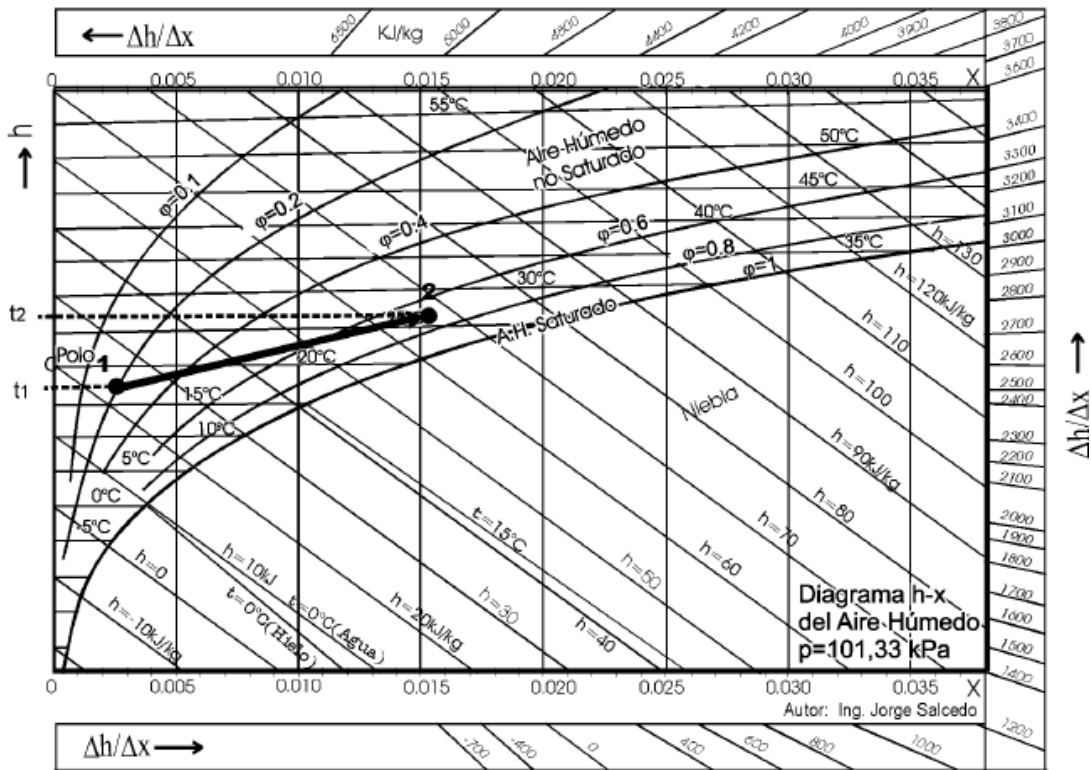




## Enfriamiento con condensación de agua y calentamiento



## Humidificación con vapor de agua



58. Ecuación fundamental del Aire Acondicionado.

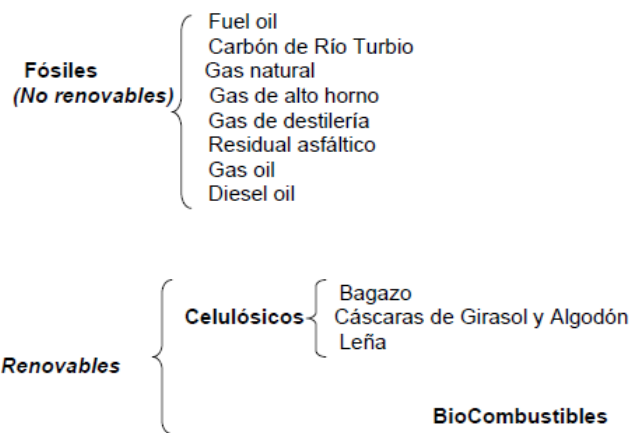
$$\frac{h_2 - h_1}{X_2 - X_1} = \frac{Q}{w} + h_w$$

59. Clasificación de las fuentes de energía.

**Fuente de energía primaria:** petróleo, gas, carbón, compuestos vegetales, marea motriz, geotérmicos, hidráulicos. (Deben sufrir una transformación).

**Fuente de energía secundaria:** es la generada a partir de un mecanismo de conversión que es alimentado por diversas fuentes de energía. Por ejemplo: energía eléctrica, mecánica, etc.

60. Clasificación de los combustibles nacionales.



61. Criterios a tener en cuenta a la hora de seleccionar un combustible.

- El costo del combustible.
- Costo de transporte.
- Costo de las instalaciones para acondicionar al mismo.
- Costo de las instalaciones principales.
- Costo de operación de todos los sistemas.
- Costo de mantenimiento.

62. Fuel Oil.

Es un derivado del petróleo y se obtiene como residuo de una torre de destilación. Resulta demasiado pesado y por ello se lo mezcla con Diesel Oil. Por otro lado es un combustible barato.

**Composición:**

C= 82 - 87 %  
H= 10 - 15 %  
O= 1 - 2 %  
N= 0,2 - 0,5 %  
S= 0,1 - 1 %  
H<sub>2</sub>O= 0,5 - 1,5 %  
Ceniza= Vestigios

**Poder calorífico:**

El poder calorífico superior (Pcs) va de 10150 a 10600 kcal/kg.

El poder calorífico inferior (Pci) va de 9600 a 10100 kcal/kg.

**Otros factores** a tener en cuenta son la viscosidad, el punto de escurrimiento, el porcentaje de cenizas, el calor específico, el punto de inflamación y el contenido de azufre.

63. Gas Natural.

**Algunas de sus características son:**

- Sencillo manejo.
- Posibilidad de alcanzar alta eficiencia térmica.
- Limpieza.
- Falta total de cenizas.
- Ausencia de azufre.
- Bajo costo de instalación.

**Poder calorífico:**

El poder calorífico superior (Pcs) es de 12500 kcal/kg.

El poder calorífico inferior (Pci) es de 11300 kcal/kg.

**Composición:**

Tipo de gas	Composición % en volumen							
	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	Otros hidrocarburos	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Gas natural .....	92,8	3,0	1,2	0,4	0,4	0,7	0,3	1,2

**Otros factores** a tener en cuenta son la velocidad de ignición, las condiciones explosivas, las formas de suministros, etc.

64. Carbón.

El origen del mismo es mineral. En argentina hay un yacimiento en Río Turbio.

**Composición:**

Carbono = 50 - 96  
 Hidrógeno = 2 - 6  
 Oxígeno = 2 - 40  
 Nitrógeno = 0,5 - 3  
 Azufre = 0,5 - 7  
 Cenizas = 2 - 30  
 Agua = 3 - 40

**Poder calorífico:**

El poder calorífico superior (Pcs) es de 6750 kcal/kg.

El poder calorífico inferior (Pci) es de 6450 kcal/kg.

### **Existe una clasificación para los distintos tipos de carbón:**

Antracita: Arde con llama azul y casi sin humo, no se ablanda ni aglomera al quemarse y tiene un alto poder calorífico. Uso doméstico.

Semiantracita: es más blando, quema más fácilmente que la Antracita con llama más larga, amarilla y algo de humo.

Semibituminoso: Es el de mayor poder calorífico, arde muy bien y con poco humo.

Bituminoso: es el más abundante, quema con llama larga y amarilla produciendo mucho humo. Se usa en la industria para la fabricación de gas manufacturado y como combustible para gasógenos. Tiene buen poder calorífico.

Sub-bituminoso: Arde con llama larga y mucho humo. Sufre mucho la exposición a la intemperie. Puede ser coquificable. A esta familia pertenece el Carbón de Río Turbio.

Lignito: Es de calidad inferior, arde con mucho humo, su bajo poder calorífico contribuye a que su transporte no sea conveniente.

**Otros factores** a tener en cuenta son la dureza, la humedad, las cenizas, la coquificación y el almacenaje.

65. Gas Oil.

Hoy, en su mayor parte, convertido en nafta aunque también se emplea para uso doméstico y para la fabricación de Gas.

### **Composición:**

C= 85 %  
H= 13 %  
O= 1,7 %  
S= 0,3 %

### **Poder calorífico:**

El poder calorífico superior (Pcs) es de 11000 kcal/kg.

El poder calorífico inferior (Pci) es de 10300 kcal/kg.

**Otros factores** a tener en cuenta son la viscosidad, el punto de escurrimiento, cenizas y contenido de azufre.

66. Diesel Oil.

Es muy parecido al Gas Oil pero de menor calidad y de mayor viscosidad.

Quema más lentamente que el Gas Oil, por eso se utiliza en motores Diesel lentos.

**Poder calorífico:**

El poder calorífico superior (Pcs) es de 10780 kcal/kg.

El poder calorífico inferior (Pci) es de 10100 kcal/kg.

**67. Combustibles Celulósicos.**

Básicamente los factores a tener en cuenta son:

- Poder calorífico.
- Composición química.
- Peso específico y densidad.
- Clasificación.
- Contenido de humedad.
- Contenido de cenizas.
- Temperatura de fusión.

Podemos mencionar al Bagazo (con un poder calorífico de 1825 kcal/kg), algunas cáscaras provenientes del girasol o algodón (con un poder calorífico superior de 4325 kcal/kg aproximadamente para ambos), etc.

Como se puede apreciar los poderes caloríficos son muy bajos en comparación con los otros combustibles que se detallaron más arriba.

**68. Biodiesel.**

Es un sustituto del Gas Oil para motores diesel, el cual puede ser producido partiendo de materias agrícolas y metanol (residuos agrícolas). Posee las mismas propiedades que el Diesel empleado como combustible para automóviles, camiones, ómnibus y puede ser mezclado en cualquier proporción con el diesel obtenido de la refinación de petróleo. No hace falta modificaciones en motores para poder ser utilizado.

Desde el punto de vista de la toxicidad y la inflamabilidad es más seguro que el Gas Oil, no es peligroso para el ambiente y es biodegradable.

Conclusiones: el Biodiesel no es nocivo para la salud humana, para la vegetación, para los animales y no daña infraestructura. Por tal motivo su empleo es ventajoso frente al Diesel sobre todo para el transporte público en grandes ciudades. Por lo tanto puede ser considerado como un combustible renovable.

**Poder calorífico:**

El poder calorífico inferior (Pci) es de 9500 kcal/kg mientras que el del Diesel es de 10800 kcal/kg.

**Composición:**

Ester metílico ac. Grasos C<sub>12</sub>-C<sub>22</sub>.

## 69. Etanol.

A partir de la Biomasa, es una forma de alcohol, se puede proporcionar un combustible líquido de primera calidad. Está reemplazando otros combustibles como el Diesel, Gas Oil o la Nafta en algunos países del mundo como Brasil. Tiene un muy buen poder calorífico.