

CALDERAS Y SISTEMAS DE VAPOR



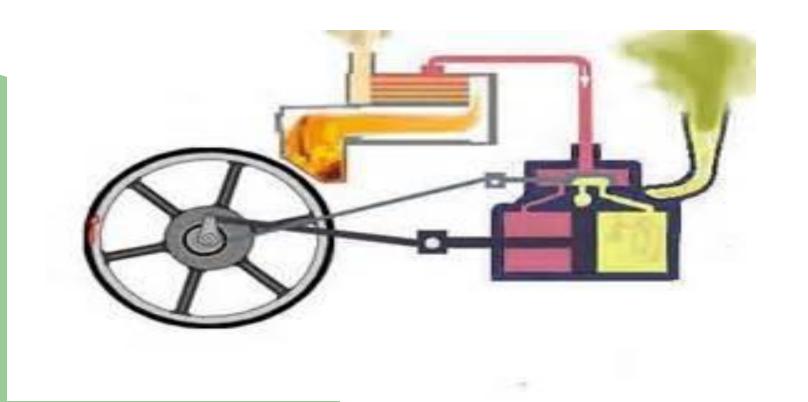












INDICE:

- Vapor Conceptos basicos.
- Tipos de calderas de vapor.
- Calor especifico.
- Transmision de Calor.
- Combustion.
- Tipos de combustion.
- Control de la combustion.
- Ahorros energeticos en Calderas.
- Tratamiento de aguas.
- Cuantificacion de perdidas en un generador de vapor.
- Cogeneracion.

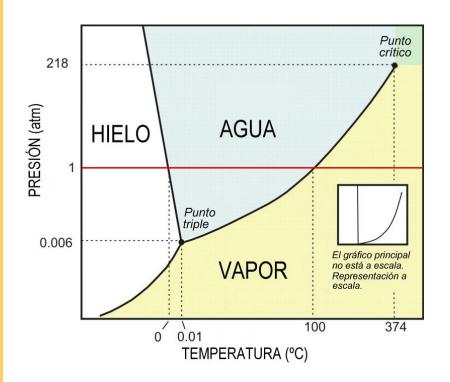
INTRODUCCION:

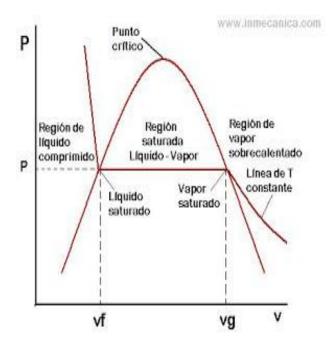
Un uso mas eficiente y racional de la energía permite un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos como económicos. Además, los procesos de producción pueden ser mas competitivos, permitiendo con una misma cantidad de energía incrementar la producción.

QUE ES EL VAPOR

• El ciclo Rankine es un ciclo de potencia del proceso termodinámico que tiene lugar en una planta de vapor. Utiliza un fluido de trabajo (agua) alternativamente evapora y condensa, . Mediante la quema de un combustible, el vapor de agua es producido en una caldera a baja o alta presión para luego ser llevado a una turbina donde se expande para generar trabajo mecánico en su eje (solidariamente unido al de un generador eléctrico, es el que generará la electricidad en la central térmica).

GRAFICO DE VAPOR





CICLO RANKINE

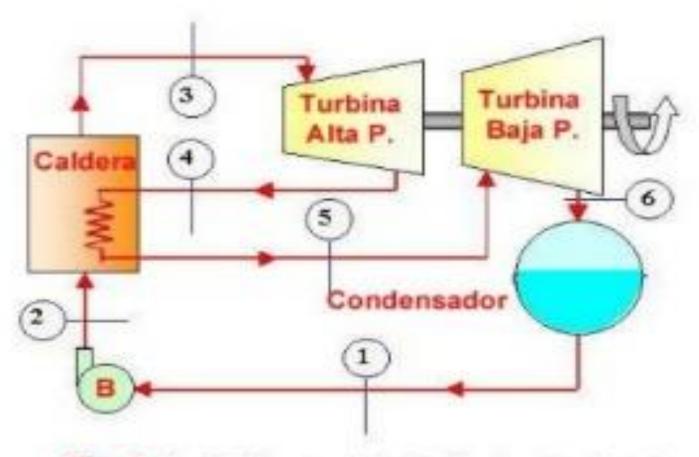
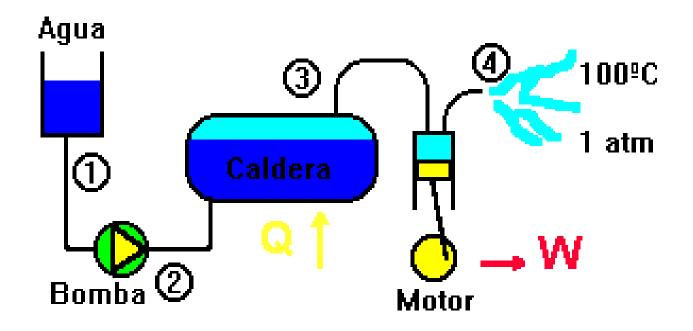


Fig. 1. El ciclo de potencia de Rankine con Recalentador.

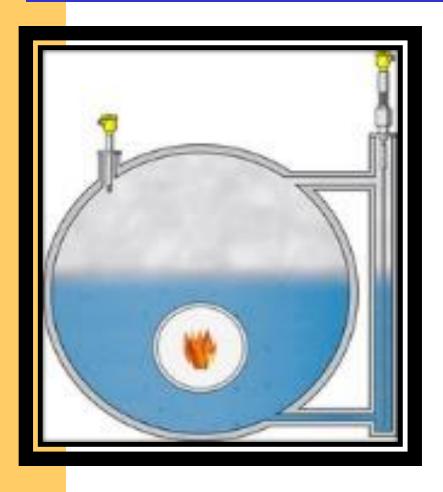
CICLO DE VAPOR ABIERTO

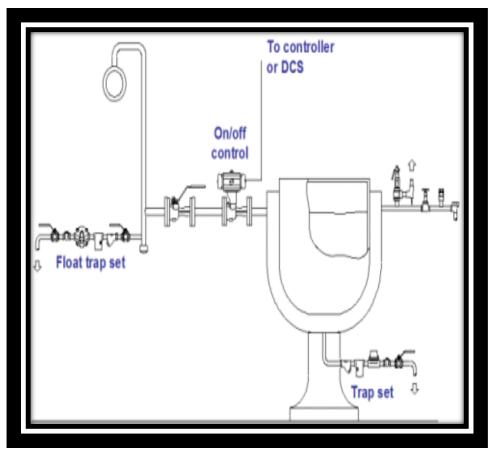


QUE ES UNA CALDERA DE VAPOR

- La caldera es una máquina o dispositivo de ingeniería diseñado para generar vapor.
 Este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia su fase
- Cuando <u>James Watt</u> observó que se podría utilizar el vapor como una fuerza económica que remplazaría la fuerza animal y manual, comenzó a desarrollar la fabricación de calderas, hasta llegar a tener mayor uso en las distintas industrias.
- Las primeras calderas tuvieron el inconveniente de que los gases calientes estaban en contacto solamente con su base, y en consecuencia se desaprovechaba el calor del combustible. Debido a esto, posteriormente se les introdujeron tubos para aumentar la superficie de calefacción. Si por el interior de los tubos circulan gases o fuego, se les clasifican en calderas pirotubulares (tubos de humo) y calderas acuotubulares (tubos de agua). Hasta principios del siglo XIX se usó la caldera para teñir ropas, producir vapor para la limpieza, etc., hasta que Dionisio Papin creó una pequeña caldera llamada marmita en 1769. Se usó vapor para mover la primera máquina homónima, la cual no funcionaba durante mucho tiempo, ya que utilizaba vapor húmedo (de baja temperatura) y al calentarse, ésta dejaba de producir trabajo útil. Luego de otras experiencias, James Watt completó en 1776 una máquina de vapor de funcionamiento continuo, que usó en su propia fábrica industrial como inventor inglés.

Caldera Antigua / Marmita a Vapor





PRINCIPALES TIPOS DE CALDERAS

VARIABLES	CLASIFICACION
Disposición de los fluidos	Pirotubulares
	Acuotubulares
	Natural
Circulación de agua	Asistida
	Forzada
	Ваја
Presión de trabajo	Madia
	Alta
	Tiro natural
Por el tiro	Hogar presurizado
	Hogar equilibrado
	Manual
Control	Semiautomático
	Automático
Bunquek para calefacción	Vapor
	Agua caliente
	Agua sobre calentada,
	Fluido terminó

CALDERA PIROTUBULAR

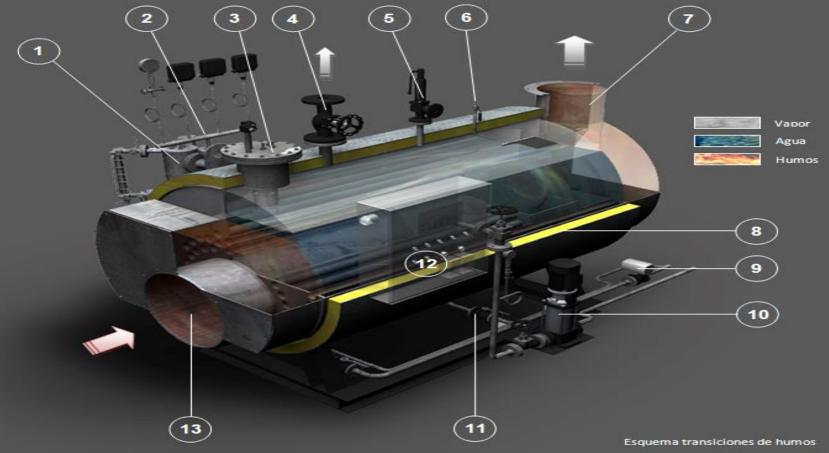


Pirotubulares: en este tipo, el fluido en estado líquido se encuentra en un recipiente atravesado por tubos, por los cuales circulan gases a alta temperatura, producto de un proceso de combustión. El agua se evapora al contacto con los tubos calientes productos a la circulación de los gases de escape





Esquema composición Caldera de vapor Pirotubular



Botellín sondas

Sondas Seguridad Botellines Nivel

2. Colector de presostatos

Presostatos

Manómetro Caldera

Broc de sondas

Sondas seguridad Presostatos

- Salida de vapor
- Válvula de seguridad
- . Venteo

- 7. Chimenea
- 8. Aislamiento
- 9. Purga Automática
- 10. Alimentación

Bomba

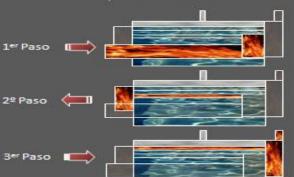
Válvulas Interrupción

- Válvulas Retención
- 11. Purga de Lodos
- 12. Cuadro eléctrico

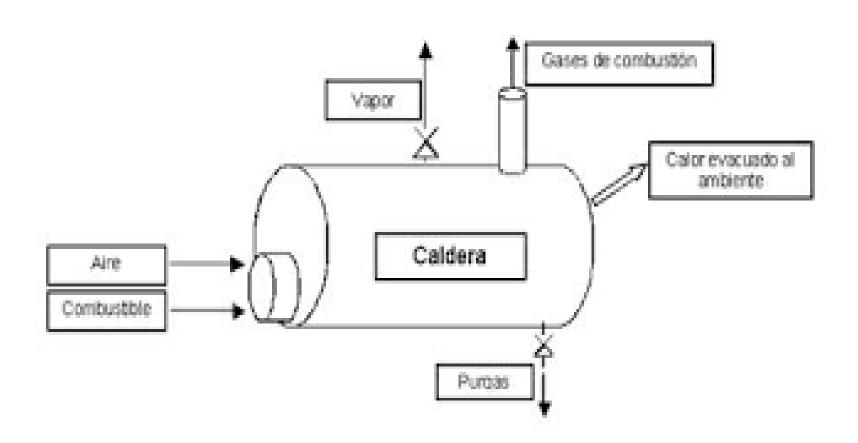
Controles

Placa Autómata

13. Hogar



CALDERA PIROTUBULAR

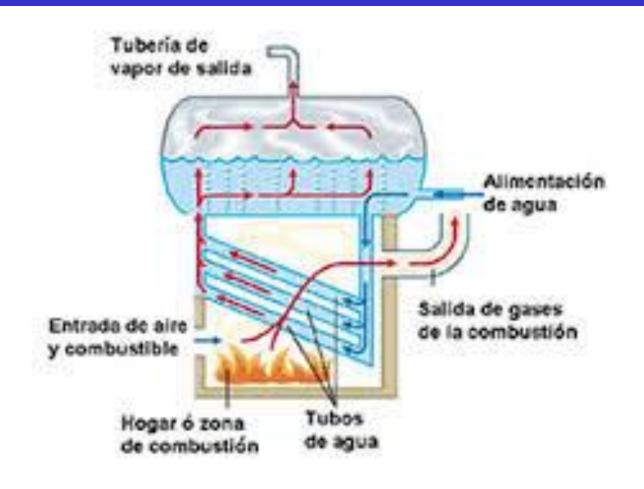


CALDERAS ACUOTUBULARES

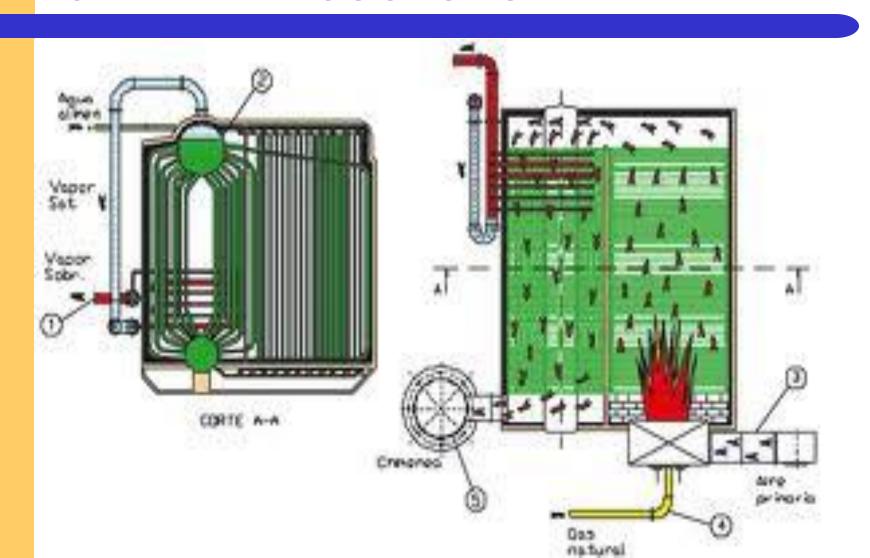


Acuotubulares: son aquellas calderas en las que el fluido de trabajo se desplaza por tubos durante su calentamiento. Son las más utilizadas en las centrales termoeléctricas, ya que permiten altas presiones a su salida y tienen gran capacidad de generación

CALDERA ACUOTUBULAR



DISTRIBUCION DE FLUJO EN UNA CALDERA ACUOTUBULAR



PLANTA RECOLECTORA DE BASURA INORGANICA DE VAPOR 50 MWe BARCELONA.



CONCEPTOS GENERALES

Efectos del calor:

Variación de la temperatura.

 Cambio de estado físico. (Fusión, ebullición)

Variación de las dimensiones

CALOR ESPECIFICO DE UNA SUSTANCIA:

Cantidad de calor que es preciso suministrar 1 Kg. de dicha sustancia para elevar su temperatura en 1º C.

Tabla de calor especifico aproximado de algunas sustancias.

Agua	1 Kcal./Kg. ⁰ C
Alcohol	0.58 Kcal./Kg. ⁰ C
Aceite vegetal	0.40 Kcal./Kg. ⁰ C
Acero	0.115 Kcal./Kg. ⁰
Aire a (20°)	0.24 Kcal./Kg. ⁰ C
Hormigón	0.21 Kcal./Kg. ⁰ C

Cantidad de calor intercambiado (cedido o absorbido)

$$Q = m. C_e. (t2 - t1), donde:$$

m: Masa del cuerpo (Kg.)

C_e: calor especifico medio en el intervalo (t1 – t2)

mC_e: Capacidad calórico media en el intervalo (t1 –

t2) (Kcal./⁰ C)

T1: Temp. Inicial

T2: Temp. Final

TRANSMISION DE CALOR

Existen tres formas de transmisión de calor.

Conducción:

Es la propagación del calor en el interior de un cuerpo o entre cuerpos que están en contacto de forma que la transmisión tiene lugar sin movimiento de materia en sentido microscópico. El calor se propaga de molécula a molécula Haciéndoles entrar en vibración y chocar con las contiguas.

Convección:

Se define como la transmisión de energía calórico de unos puntos a otros de un fluido por movimiento de la propia materia.

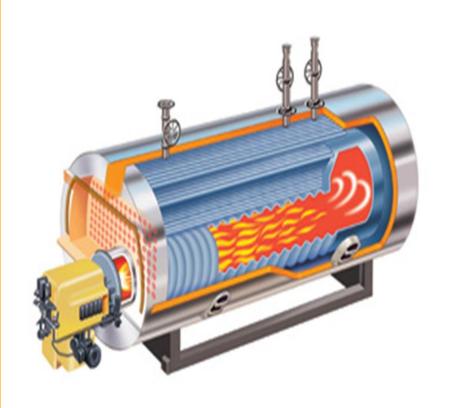
Radiación:

- La energía radiante emitida se propaga en linea recta y en función de la temperatura y de las características de la superficie del cuerpo emisor.
- El cuerpo que la energía radiante reflejara, absorberá o transmitirá esta energía. No existen cuerpos en la realidad que reflejen, absorban o transmitan totalmente.

Emisividad de diferentes superficies.

Acero inoxidable	0,28
Aluminio pulido	0,09
Aluminio oxidado	0,25
Chapa de acero	0,55
Chapa acero oxidado	0,65
Fibra mineral	0,70
Acero galvanizado	0,30
Pintura negra	0,87
Pintura de aceite negra	0,94

Transferencia de calor dentro de una caldera



- En un generador de vapor se encuentran presente las tres formas diferentes de transferencias de calor:
- Conducción
- Convección
- Radiación

Ley de Stefan Boltzman

La ecuación define las variables que influyen en la cantidad de energía emitida por un cuerpo en la unidad de tiempo.

$$Q = E...S. &...T^4$$

Q: Calor emitido (Kcal./h).

&: Constante de Stefan Boltzman = $4,88.10^{-8}$ Kcal./m².h.(0 K)⁴.

S: Área de la superficie (m²).

Emisividad de la superficie del cuerpo (adimensional).

T: Temperatura de la superficie (0 K); (T = 273 + t).

T: Temperatura de la superficie (° C).

Cuando la temperatura aumenta, el calor emitido por radiación aumenta muy rápidamente, de tal forma que a temperaturas elevadas la transmisión de calor por radiación desde la superficie al ambiente prevalece sobre la conducción y convección a través del ambiente.

COMBUSTION

Se define combustión al conjunto de procesos físico-químicos por los cuales se libera controladamente parte de la energía interna del combustible (energía química), que se manifiesta al exterior bajo la forma de calor, para ser aprovechado dentro de una caldera.

Las reacciones de combustión son complejas debido a que el carbono, hidrógeno y azufre no se encuentran puros en el combustible , sino formando parte de los compuestos que conocemos como hidrocarburos.

No obstante, en el proceso de global de la combustión se pueden definir tres fases:

1. Prerreacción o de formación de radicales. Esta consiste en la descomposición de los hidrocarburos para poder reaccionar con sus elementos C e H con el oxigeno. Formándose unos compuestos inestables intermedios denominados "radicales".

COMBUSTION

- 2. Etapa fuertemente exotérmica, tiene lugar con la oxidación por O₂.
- 3. Se completa la oxidación, y da lugar a compuestos estables, que son los gases de combustión.

Los combustibles se clasifican en sólidos, líquidos y gaseosos.

- a) Sólidos Naturales (Madera, Carbón).
- b) Sólidos Artificiales (Coque, Briquetas, carbón Vegetal, Residuos sólidos combustibles).
- c) Líquidos: Petróleo (Diesel, Bunquer, Gasolina, Nafta)
 Alcoholes (naturales [fermentación], Artificiales)
 Residuales (Lejías negras)

COMBUSTION

```
Gasoleo (GLP [ propano, butano ] )
(Biogás )
(Gas de coquerías, altos hornos )
(Fuel residual de refinería )
```

Parámetros de la combustión:

El primer paso para un optimo aprovechamiento, es que las reacciones de oxidación, se hagan en las mejores condiciones para no derrochar inútilmente la energía.

Composición química de los combustibles líquidos (%)

Elemento	Bunker n ⁰ 1	Bunker n ⁰ 6 2	Diesel
С	84,6	83,7	86,0
н	9,7	9,2	11,1
S	2,7	3,6	0,8
0	0,0	0,0	0,0
N	1,0	1,0	1,0
H ₂ O	1,5	2,0	1,0
Cenizas	0,5	0,5	0,1

TIPOS DE COMBUSTION

Neutra o estequiometrica:

Cuando se aporta el aire necesario para quemar el combustible. En este caso el % CO₂ es máximo. El rendimiento es máximo también

Combustión incompleta:

Cuando se aporta aire en cantidad insuficiente. Entonces el % de CO₂ disminuye, aparecen inquemados y CO. Aparecen humos negros. El rendimiento de la combustión disminuye.

Combustión con exceso de aire.

Combustión real:

Cuando se aporta mayor cantidad de aire que en la combustión estequiometrica. El % de CO₂ disminuye al ser diluido en mayor cantidad de gases

Siempre se produce con exceso de aire. Este exceso de aire debe ser mínimo, dentro de cada tipo de combustible y de cada proceso de combustión.

COEFICIENTE DE EXCESO DE AIRE:

A la relación entre el aire realmente usado en una combustión y el aire teórico correspondiente al combustible se le llama índice o coeficiente de exceso de aire y se suele designar por la letra n,

n se expresa en %, así por ejemplo

n = 1,2 expresa los sig.

% de exceso de aire = (n-1). 100 = (1,2-1). 100 = 20%

CONTROL DE LA COMBUSTION:

OBJETIVOS:

- 1) Adaptar la generación de calor a la demanda requerida por el sistema.
- 2) Mantener en cualquier circunstancia condiciones seguras de funcionamiento.
- 3) Aumentar el rendimiento optimizando el consumo de combustible.
- 4) Obtener unas perdidas mínimas de calor en los gases de combustión.
- 5) Disminuir la presencia de inquemados en los productos de la combustión.

RENDIMIENTO DE LA COMBUSTION:

Aunque el diseño y la capacidad de los generadores de calor puede variar, los cálculos que se indican obedecen a normas generales que son validas con bastante aproximación en la auditoria energética.

Mediante la regulación de la combustión conviene aproximarse a los siguientes valores.

No superar el índice de opacidad nº 3 en la escala de Bacharach.

Mantener el intervalo 12-13% el índice de CO_2 con lo que el exceso de aire no será superior al 20% (n = 1.2).

% CO ₂	% exc. de aire
12 -13.5	15 -20
10 -12.0	20 - 40
8 – 10.0	40 - 60

RENDIMIENTO DE LA COMBUSTION:

Índice exc. de aire (n)	Humos (Kg./Kg. bunker)
1.10	16.56
1.15	17.27
1.20	17.98
1.25	18.69

RENDIMIENTO DE LA COMBUSTION

Tipo de combustible	% CO ₂	% O ₂
Bunker C	12 -13,5	2,7 - 4,5
Diesel	12 -13,5	2,7 - 4,5
Gas Natural	10 - 11	1,8 - 3,5
Madera	11,5 - 13,5	4 - 10
Turba	10,7 - 13	4 - 10
Lignito	12,4 - 14,4	3 – 6,5
Hulla	13,2 - 15,4	3 – 6,5
Antracita	14,2 - 16	3 – 6,5

RENDIMIENTO DE LA COMBUSTION

Índice de Bacharach	Características de la combustión
1	Excelente. Hollín (nulo).
2	Buena. Hollín en valores reducidos, temperatura de humos baja.
3	Mediana. Cierta cantidad de hollín presente, limpieza una ves al año.
4	Pobre. El humo comienza ser visible, mediano ensuciamiento por hollín. Limpieza cada seis meses.
5	Muy pobre. En todos los casos ensuciamiento, exigiendo varias limpiezas por año.
6	Pobrísima.

FACTOR DE INQUEMADOS

Índice de Bacharach	% de perdidas de combustible por inquemados
1	0,5
2	1
3	1.5
4	2
5	2.5
6	3
7	3.5
8	4
9	Mayor de 5

AHORRO ENERGETICO EN CALDERAS TRATAMIENTO DE AGUA

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN:

• Este apartado tiene como objetivo indicar los limites recomendables en las características del agua de alimentación y del agua del interior de las calderas de tubos de humo y acuotubulares para evitar corrosión, la fragilidad cáustica, los depósitos e incrustaciones sobre las superficies metálicas, y los arrastres en el vapor, con la finalidad de conseguir una calidad adecuada del vapor obtenido. No obstante, en algunos casos particulares podrán existir desviaciones de los presentes limites, en función del tipo y diseño de caldera y de sus condiciones de servicio y utilización.

IMPURESAS MAS COMUNES EN EL AGUA





IMPUREZA	FORMULA	FORMA	EFECTOS
Dióxido de carbono	CO ₂	Gas	Corrosión
Oxigeno	O ₂	Gas	Corrosión
Materias en suspensión		Sólidos no disueltos (Turbidez)	Depósitos, espuma y arrastres de vapor
Materia Orgánica		Sólidos disueltos y no disueltos	Depósitos, espuma y arrastres de vapor
Aceite		Coloidal	Depósitos, espuma y arrastres de vapor
Acidez	H+	Sales disueltas	Corrosión
Dureza	CA ⁺⁺ Mg ⁺⁺	Sales disueltas	Incrustaciones
Alcalinidad	CO ₃ = CO ₃ H-, OH	Sales disueltas	Espumas, arrastres en el vapor, desprendimiento de CO ₂ , fragilidad cáustica
Salinidad (TSD)		Sales disueltas	Depósitos, espuma y arrastre en el vapor.
Sulfatos	SO= ₄	Sales disueltas	Aumento salinidad con Ca ++ Forma incrustaciones duras
Cloruros	C I-	Sales disueltas	Aumento salinidad y corrosión
Sílice	Si O ₂	Sales disueltas, a veces coloidal	Incrustaciones y depósitos sobre turbinas u otros equipos
Hierro, Manganeso	F _e , Mn	Sales disueltas, o insolubles	Depósitos
Cobre	Cu	Sales disueltas, o insolubles	Depósitos y corrosión

Sistemas modulares de tratamiento de agua



Actualmente el agua antes de ingresar a las calderas pasa por una planta modular para acondicionamiento , eliminando las impurezas Ca, Mg, SiO₂, , salinidad, sulfatos, cloruros, Fe, etc.

Planta para acondicionamiento de agua modular

Planta modular con filtración de lecho mixto, ablandamiento por intercambio iónico y osmosis inversa.



Acondicionamiento mecánico del agua

Intercambio iónico:

Reemplaza los minerales que forman incrustaciones (calcio, magnesio), por iones que no forman incrustaciones (Na+, H+). El método iónico requiere de paradas continuas del equipo e ingentes insumos de NaCl, agua y energía eléctrica para la regeneración del medio de intercambio iónico, además de un control permanente para asegurar que el agua a la salida del sistema se mantenga blanda.

Acondicionamiento químico del agua

Método químico:

Requiere un análisis preciso de los minerales del agua que forma las incrustaciones, seguidas por la dosificación de los productos químicos necesarios para precipitarlos en forma de un lodo no dañino. Los productos químicos típicos son mezclas de hidróxido y aluminato de sodio, compuestos complejos, quelatos, etc. Todos ellos, sin embargo, comparten el mismo inconveniente: que se requiere constante análisis químico del agua, que el dosaje debe realizarse exactamente, que los productos químicos son caros, que contaminan el medio ambiente y que en algunos casos no son saludables para los usuarios

Tecnologías magnética antincrustante





Tecnologías magnética antincrustante

Magnetizador Coaxial Bipolar:

- El fluido acuoso al pasar por la sección transversal del magnetizador, sufre la acción del campo magnético el cual causa una alteración en todos los aspectos de nucleación de las sales minerales disueltas en el fluido, manifestándose por cambios por cambios en las dimensiones de las partículas coloidales, en la morfología cristalina, solubilidad y velocidad de precipitación . Estos fenómenos se combinan para dar una acción antincrustante en las superficies en contacto con dicho fluido en unas deposiciones suaves fácilmente eliminables que se desprenden por si solos.
- Simultáneamente tienen la ventaja que producen un efecto desincrustante sobre depósitos ya adheridos.



EFICIENCIA ENERGETICA

- El objetivo de un análisis térmico es lograr una reducción del consumo y mejorando la
 eficiencia energética de los procesos que involucran la combustión o el uso de energía
 residual. En el sector industrial, gran parte de la energía primaria consumida se destina
 al calentamiento de fluidos como agua caliente, vapor o aceite térmico, en calderas
 cuyos rendimientos energéticos suelen ser bajos. Los principales parámetros que
 interesan en un estudio térmico son:
- La medición de flujos másicos
- La medición de variables energéticas.
- Nuestra preocupación es determinar la eficiencia energética térmica con la cual está operando el equipo estudiado y la medición de los parámetros que nos permitirán determinar dicha eficiencia.
- Una vez determinada la eficiencia del equipo se podrá decidir si es necesario actuar sobre el equipo, mejorando su rendimiento energético o si se está trabajando dentro del rango adecuado.
- Balance de energía del equipo
- El punto de partida para toda medición térmica es el balance energético del equipo a medir, sea éste una caldera, un horno, un motor u otro equipo. El balance de energía puede definirse así:
- Energía que ingresa al sistema = Energía que sale del sistema.

AHORRO ENERGETICO EN CALDERAS

AUMENTO DE RENDIMIENTO	EFECTOS CONSEGUIDOS
Calidad adecuada del agua de alimentación.	Disminución incrustaciones. Disminución de purgas. Aumento transmisión de calor
Recuperación de condensados.	Disminución del consumo de combustible. Aumento del rendimiento del sistema.
Recuperación de calor sensible humos.	Precalentar agua de alimentación. Precalentar aire de combustión.
Recuperación calor purga.	Disminución consumo de combustible.
Optimizar calorifugado.	Optimizar el rendimiento.
Control regulación y gases.	Mejora de la combustión. Incremento del rendimiento.

Calculo de perdidas en generadores de vapor

Presencia de inquemados gaseosos.

Relación de las proporciones en % CO y CO₂ con las perdidas de rendimiento.

$$P_{co} = 60 \times CO/(CO + \% CO_2)$$

Temperatura excesiva de los humos de combustible.

Una elevada temperatura de los humos es por efecto de alguna de las siguientes causas:

- Exceso de tiro.
- Superficies internas de la caldera con depósitos de hollín.
- Recorrido insuficiente de los humos.
- Hogar sub-dimensionado.
- Cámara de combustión defectuosa.

Expresión recomendada para el calculo de las perdidas de calor por las chimeneas.

$$Q_s = K x th - ta/CO_2$$

Siendo:

combustible)

Q_s (% de calor perdido en la chimenea) th (temperatura de humos) ta (temperatura ambiente de sala) CO₂ (contenido en CO₂) K (constante característica para cada

Valores de K:

•
$$K = 0.495 + 0.00693 \times CO_2$$
 diesel (gasoleo)

•
$$K = 0.516 + 0.0067 \times CO_2$$
 fuel (bunker)

•
$$K = 0.397 + 0.0097 \times CO_2$$
 GLP (gas licuado)

Calculo de rendimiento de un generador de calor de potencia nominal superior a 100 KW.

R = 100 - qhs - qi qrc

Datos de partida

COMBUSTIBLE	UNIDADES	BUNKER
P.C.L	Kcal./Kg.	9.300
Ta humos	°C	300
CO ₂	%	12.4
O ₂	%	2.9
СО	%	0.2
T ^a ambiente	°C	21
I.B. (índice Bacharach)		3
T ^a envolvente	°C	24
T ^a frontal	°C	105
T ^a trasera	°C	98
Superficie envolvente	m²	4.28
Superficie frontal	m²	0.62
Superficie trasera	m²	0.62
Potencia caldera	Kcal./h.	60.000

Perdidas de calor sensible en los productos de la combustión, q_{hs}.

qhs = (Qhs/P.C.I). X 100 (para combustibles líquidos) Qhs expresado en Kcal./Kg. de combustibles es el resultado de la formula siguiente:

n es el índice de exceso de aire.

th Temperatura de humos.

ta Temperatura ambiente.

Como CO > 0.1%, se utiliza Y =
$$100 - CO_2 - CO$$

n = $0.42 \times Y/(0.42 \times Y - 1.58 \times O_2 - 0.79 \times CO)$

Qhs =
$$(0.238 + 3.768 \times 1.15) \times (300 - 21) = 1,275$$

qhs = $(1,275/9,300) \times 100 = 13.70$

$$qhs = 13.70$$

Cálculos de las perdidas de calor por inquemados gaseosos, qi

$$q_i = 95 \times CO/(CO + CO_2)$$

$$q_i = 95 \times 0.2/(0.2 + 12.4) = 1.50$$

$$q_i = 1.50$$

Como calculamos las perdidas de calor por radiación, conveccion libre y contacto del generador de calor con su entorno y asentamiento.

 $qrc = (Q/Pn) \times 100$ en donde

Q Perdidas totales por conducción

del generador de calor.

Pn Potencia nominal del generador

expresado en kcal/h

Las perdidas totales por conducción del generador con su asentamiento y por radiación y conveccion libre con su asentamiento, Q, se calcula, según la siguiente ecuación:

$$Q = q_p + q_t + q_e$$

Siendo q_p, q_t y q_e, las perdidas por la superficie frontal, trasera y envolvente respectivamente. Las cuales se calculan a partir de las siguientes expresiones:

$$Q_p = S_p \times 12 \times (t_p - t_a)$$
 $Q_t = S_t \times 12 \times (t_t - t_a)$
 $Q_e = S_e \times 12 \times (t_e - t_a)$

Obviamente S_p, S_t y S_e, son las superficies frontal, trasera y envolvente del generador de calor y expresadas en m².

$$up = 0.62 \times 12 \times (105 - 21) = 624,96$$

$$q_t = 0.62 \times 12 \times 98 - 21 = 572,88$$

$$q_e = 4,28 \times 12 \times (24 - 21) = 128,40$$

$$Q = 624,96 + 572,88 + 128,4 = 1326,24$$

$$q_{rc} = (1326,24/60000) \times 100 = 2,2$$

$$q_{rc} = 2.2$$

Después de todos estos cálculos, estamos en disposición de ofrecer un calculo matemático, sobre el rendimiento del generador de calor, el cual pasamos a calcular:

$$R = 100 q_{hs} - q_i - q_{rc}$$

$$R = 100 - 13.70 - 1.50 - 2.2 = 82.6\%$$

$$RENDIMIENTO = 82.6\%$$

Recuperación de calor de gases de combustión

Precalentador de aire.

Son equipos en los que se eleva la temperatura del aire de combustión mediante el calor aportado por lo gases de la salida.

En una industria se tiene un precalentador de aire en contracorriente con los gases, según las especificaciones adjuntas:

T ^a gases a la entrada del precalentador	320°C
Ta gases a la entrada del precalentador	180°C
Horas de funcionamiento	8,000h/a
Eficiencia térmica	83%
Calor especifico del gas	0.25 kg/kg ⁰ C

 $Q = R \times m \times Ce \times (te - ts) = 0.83 \times 6 \times 0.25 \times (320 - 180)$

Q = 174 Thermias/hora de ahorro

Suponiendo 11 Lp./gl bunker = 2.89 Lp/l, siendo la densidad del bunker = 0.96 y su PCI = 9,500 Kcal./Kg., resulta 3 Lp/Kg. de bunker.

Ahorro energético anual = $174 \times 6000 = 1,044,000/9,500 = 109.89 t$, obteniéndose un ahorro económico anual = $109.89 \times 3,000 \text{ Lp./t} = 326,684 \text{ Lps.}$

Instalación de un economizador en una caldera.

En una caldera se instala un economizador para precalentar el agua de alimentación, recuperando el calor de los humos.

Caldera de vapor

Presión

Combustible

Ta

Tb Salida economizador

Funcionamiento

Precio s. Fuel Oil

Poder calórico

Calor especifico del agua

Inversión

10,000kg/h

10 Kg./cm₂

Fuel Oil

60⁰ C

100°C

6,000 h/ año

3 Lps/Kg.

9,500 Kcal./Kg. Fuel oil

1 Kcal./Kg. ⁰ C

866,67 Lps

Calor recuperado; $Q = m \times Ce \times (ts - te) = 10,000 \times 1 \times (100 - 60) = 400,000 \text{ Kcal.}/h$

Ahorro de Fuel Oil = 400,000/9,500 = 42.1 Kg./h de Fuel Oil, lo que supone un ahorro de 252,600 Kg./año.

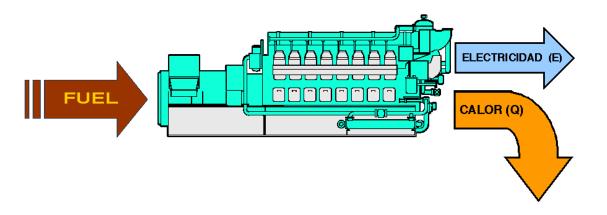
Ahorro economico = 252,600 x 3 = 757,800 Lps./año.

Periodo simple de amortización = 866,667/757,800 = 1.14 año.

COGENERACION

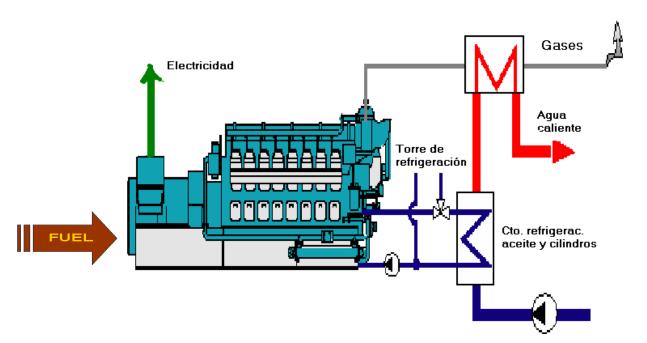
¿Qué es la cogeneración?

 Producción simultánea de electricidad y calor en la misma instalación a partir de la misma fuente de energía.



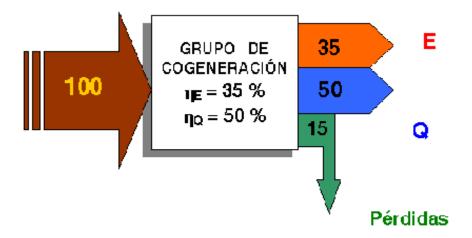
¿En que consiste la cogeneración?

- Recuperación del calor
 "normalmente desperdiciado si solo se produce electricidad"
- Intercambiadores de calor, para "recuperar" calor en forma de agua caliente o vapor, según convenga



Beneficios de la cogeneración (1)

Ahorro de combustible (Aprox. 30 %)

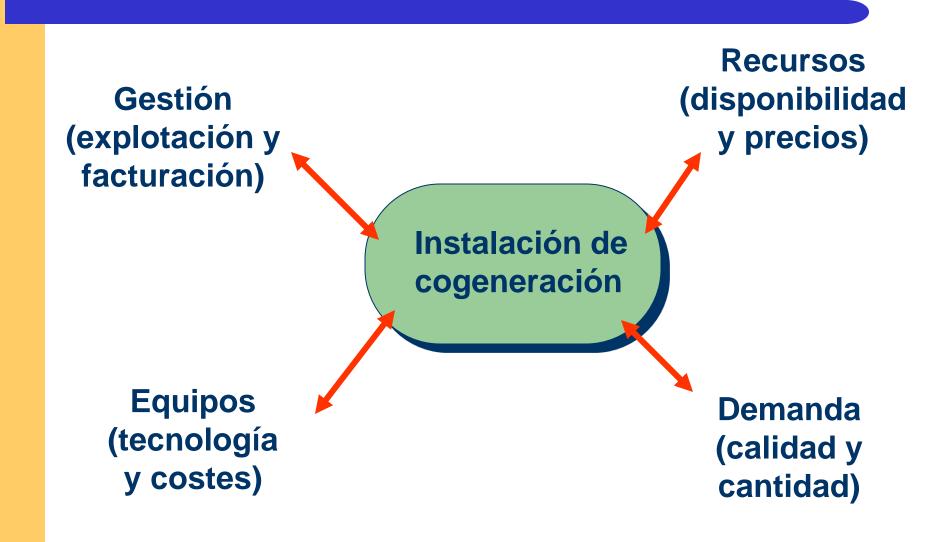


Beneficios de la cogeneración (2)

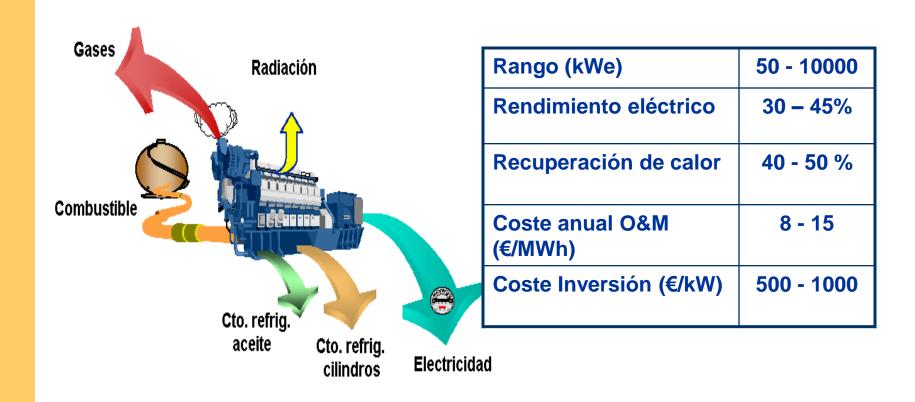
Ahorro en la facturación electroenergética

 Contribuye a la disminución de emisiones de CO₂

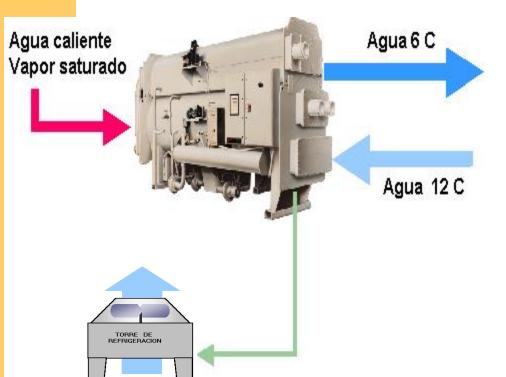
Diseño de instalaciones de cogeneración



Equipos: Motores de combustión interna



Equipos : Enfriadoras de absorción



Rango (kW)	50 - 5000
СОР	0,6 - 1,2
Coste Mantenimiento Anual	3 - 10
Coste inversión	100 - 200

INSTALACIÓN CONVENCIONAL

Configuración óptima:

- Caldera de gas: 2,8 MW_{th} (agua caliente)
- Enfriadora Eléctrica: 2,3 MW_{th} (climatización)

SISTEMA DE COGENERACIÓN

Configuración óptima:

- MACI: 600 kWe (produciendo agua caliente)
- Caldera de gas: 2 MW_{th}
- Enfriadora Eléctrica: 2,3 MW_{th}

Payback: ≈ 3 años

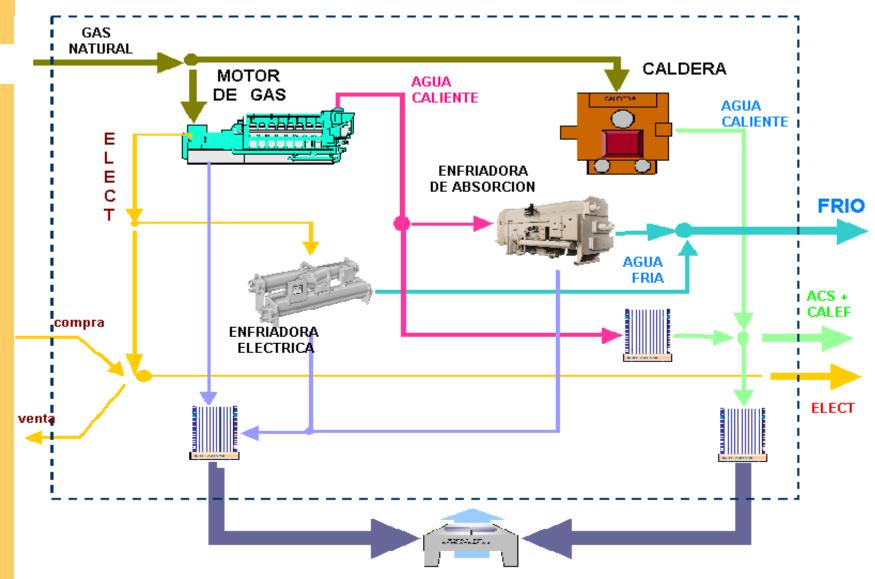
SISTEMA DE TRIGENERACIÓN

Configuración óptima:

- MACI: 1,5 MWe (producción de agua caliente)
- Caldera de gas: 1 MW_{th}
- Enfriadora Eléctrica: 1,4 MW_{th}
- Enfriadora Absorción: 1 MW_{th} (agua caliente)

Payback: ≈ 4.2 años

Layout - Sistema Energético Integrado



Gracias por su atención

