

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL RECONQUISTA**

**CATEDRA  
“MAQUINAS TERMICAS”**

**CARRERA  
INGENIERIA ELECTROMECHANICA  
2021**

**UNIDAD 4  
GENERADORES DE VAPOR**

**ELABORADO POR:  
ING. MARCOS RUIZ PROFESOR TITULAR CATEDRA.  
ING. WALTER CAPELETTI. Prof Aux.**

# OBJETIVOS

**CONOCER EL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS GENERADORES DE VAPOR**

**CLACIFICAR LOS TIPOS DE GENERADORES DE VAPOR**

**CONOCER LAS PARTES PRINCIPALES DE UN GENERADOR DE VAPOR**

**DEFINIR LA CAPACIDAD DE PRODUCCION Y LA POTENCIA DE UN GENERADOR DE VAPOR**

**DEFINIR EL BALANCE TERMICO DE UN GENERADOR DE VAPOR**

**CONSIDERACIONES PARA SELECCIONAR CALDERAS**

# TEMARIO

Caldera: Definición –  
Clasificación – Zonas y  
Partes principales.

Calderas Piro-tubulares:  
Clasificación – Partes  
Constructivas –  
Características Principales  
de Operación.

Calderas Acuotubulares:  
Clasificación – Partes y  
Detalles Constructivos

– Características  
Principales de  
Funcionamiento.

Calderas Piro-tubulares  
con Antehogar: Tipos –  
Partes y Detalles

Constructivos –  
Características Principales  
de Funcionamiento.

Calderas Piro-tubulares vs  
Calderas Acuotubulares

Tubos para calderas

Parámetros de Operación  
de las Calderas

Definición de Capacidades  
para la Producción de  
Vapor

Balace Térmico de un  
Generador de Vapor –  
Rendimiento

Reglamentaciones –  
Inspecciones, Pruebas y  
Test.

Pautas para la selección  
de calderas

# DE DONDE ESTUDIAR BIBLIOGRAFÍA

- **Curso de Vapor – Spirax Sarco**
- **CENTRALES ELECTRICAS, F.T. MORSE**
- **GENERACIÓN DE VAPOR, Marcelo Mesny**
- **CENTRALES DE VAPOR. G. A. Gaffert**
- **GUÍA BÁSICA DE CALDERAS INDUSTRIALES EFICIENTES.**
- <https://www.fenercom.com>
- [www.spiraxsarco.com/ar](http://www.spiraxsarco.com/ar)

## CALDERA – DEFINICION

- “Se denomina caldera a todo recipiente metálico cerrado destinado a la producción de vapor de agua a una presión mayor que la atmosférica, mediante la acción del calor que se libera en el hogar como resultado de la combustión de un combustible”.

$$\begin{aligned} \Delta U &\rightarrow \delta Q \rightarrow \Delta h_{\text{H}_2\text{O}} \rightarrow \delta W_{\text{Eje}} \\ &\rightarrow \delta Q_{\text{Lat.}} \end{aligned}$$

## GENERADOR DE VAPOR – DEFINICION

- “Se llama así al conjunto ó sistema formado por una caldera y el equipamiento auxiliar, como sus accesorios”

# CLASIFICACION DE LAS CALDERAS

## CLASIFICACION DE ACUERDO A SU APLICACION:

- Calderas de uso Doméstico y/o Hotelero.
- Calderas Industriales ó Calderas de Proceso.
- Calderas de Potencia.
- Calderas de Recuperación.
- Calderas Marinas.

## CLASIFICACION DE ACUERDO A SU PRESION DE TRABAJO:

- Calderas de baja presión. Hasta 2 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Calderas de mediana presión. Hasta 10 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Caldera de alta presión. Sobre 10 Kg/cm<sup>2</sup> hasta 225 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Caldera Supercríticas. Superiores a los 225 Kg/cm<sup>2</sup>

# CLASIFICACION DE LOS GENERADORES DE VAPOR

## CLASIFICACION de ACUERDO A SU VOLUMEN DE AGUA:

- Calderas de gran volumen de agua. Más de 150 lt/m<sup>2</sup> de SC.
- Calderas de mediano volumen de agua. Entre 70 y 150 lt/m<sup>2</sup> de SC.
- Calderas de pequeño volumen de agua. Menos de 70 lt/m<sup>2</sup> de SC.

# CLASIFICACION DE LOS GENERADORES DE VAPOR

## CLASIFICACIÓN DE ACUERDO SU DISEÑO CONSTRUCTIVO:

- Calderas cilíndricas
  - con hogar exterior ó interior
- Calderas, Piro tubulares ó de ‘Tubos de Humos’ (Humotubulares) Que también pueden ser de hogar exterior o hogar interior.
- Calderas Acuotubulares ó de ‘Tubos de Agua’
- Calderas con Tubos de Humo y Agua, Acuohumotubulares, Híbridas, o Caldera con Antehogar.

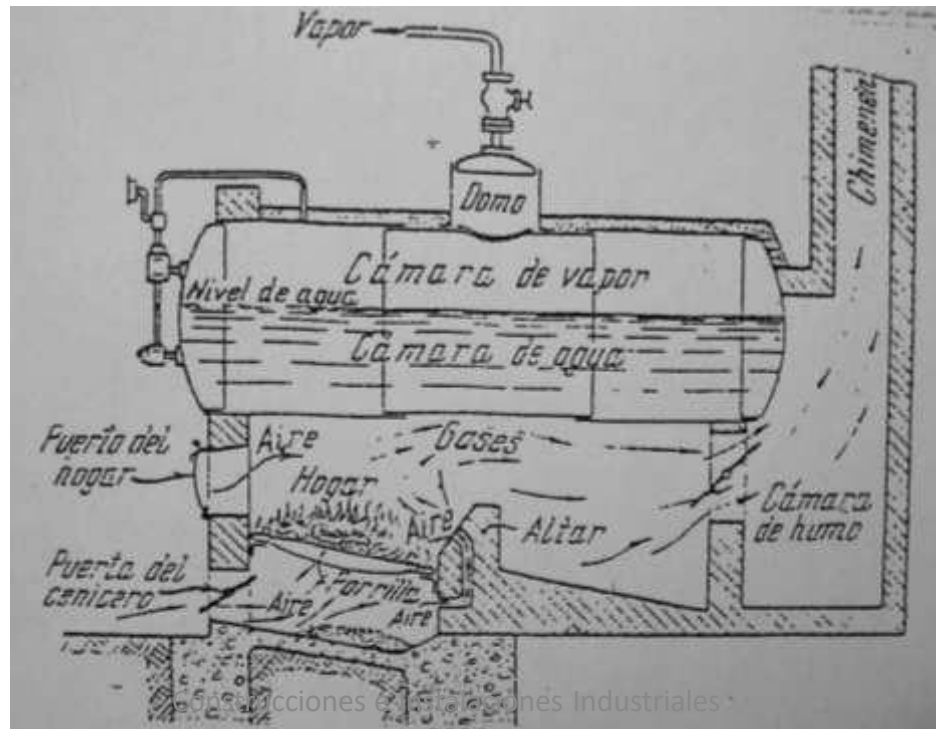


# ZONAS DE UNA CALDERA

- Zona de liberación de calor: Hogar de la Caldera.
  - En esta zona el calor se transfiere al agua principalmente por radiación. Zona crítica desde el punto de vista de resistencia de los materiales.
- Interior.
  - El hogar se encuentra dentro del recipiente metálico rodeado de paredes refrigeradas con agua.
- Exterior.
  - El hogar está construido fuera del recipiente metálico y puede estar parcialmente rodeado o sin paredes refrigeradas por agua.

# ZONAS y PARTES PRINCIPALES DE UNA CALDERA

- Zona de Tubos.
  - Es la zona donde los gases productos de la combustión transfieren calor al agua principalmente por convección a medida que circulan por su circuito.
  - Según el tipo constructivo de caldera, estos gases pueden circular por el interior ó por el exterior de los tubos.



Caldera  
Elemental.  
Fte: M. Mesny

# PARTES PRINCIPALES – HOGARES

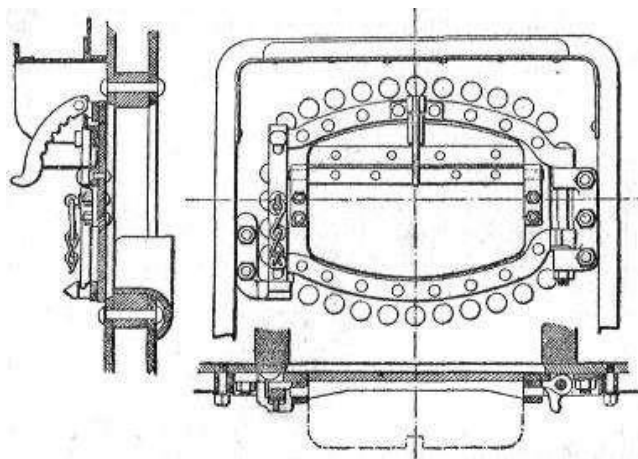
- Clasificación:
  - Según su ubicación respecto al cuerpo metálico principal:
    - Hogar Interior
    - Hogar Exterior
  - Según el tipo de combustibles:
    - Hogares para sólidos.
    - Hogares para combustibles gaseosos.
  - Según el tipo constructivo:
    - Hogar de tubo liso.
    - Hogar de tubo corrugado.

# PARTES PRINCIPALES – PUERTA DE HOGAR

- Es una pieza metálica robusta abisagrada que puede tener varias funciones según el tipo de caldera.
  - Carga manual de combustible sólido.
  - Inspección de la llama

Su cara interna normalmente está revestida con ladrillos refractarios ó es de doble pared.

- En aquellas calderas que queman combustibles líquidos o gaseosos, esta puerta se reemplaza por el quemador.



# PARTES PRINCIPALES – EMPARRILLADO

- Es una estructura metálica de forma enrejada.
- Sirven de apoyo para combustible sólido depositado en el hogar.
- Permiten el ingreso del **aire primario** para dar origen a la combustión del combustible.
- Según su diseño estas pueden ser:
  - Parrilla Fija
    - Parrilla seca
    - Parrilla húmeda.
  - Parrilla móvil o mecanizada:
    - Transportadores o parrilla viajera
    - Reciprocantes
    - Basculantes

# PARTES PRINCIPALES – EMPARRILLADO

- Independientemente de su diseño (Que es complejo) los emparrillados deben adaptarse al combustible que se desee quemar y para ello deben cumplir los siguientes requisitos:
- Permitir convenientemente el paso del aire primario
- Permitir que las cenizas caigan al cenicero
- Que se limpien con facilidad y rapidez
- Deben impedir que se junte escoria
- Materiales de buena calidad para que los barrotes no se quemen, deformen y perduren en el tiempo.



## PARTES PRINCIPALES – CENICERO

- Es el espacio que queda bajo la parrilla y que sirve para recoger las cenizas que caen de esta. Los residuos acumulados deben ser retirados periódicamente para no obstaculizar el paso del aire primario.
- La extracción de la cenizas puede ser manual o mecanizada

## PARTES PRINCIPALES – PUERTA CENICERO

- De iguales características constructivas que la puerta del hogar, esta se utiliza para realizar las funciones de limpieza del cenicero.
- Mediante esta puerta también se puede regular la entrada de aire primario al hogar, si la caldera no tiene tiraje forzado.

# PARTES PRINCIPALES – ALTAR

- Es un pequeño muro de ladrillo refractario ubicado en el extremo opuesto a la puerta del fogón y al final de la parrilla, debiendo sobrepasar una altura aproximada de 30 cm.
- Las funciones del altar son:
- Impedir que caigan de la parrilla partículas de combustible sin quemar.
- Ofrecer una resistencia a la llama y gases para que estos se distribuyan a lo ancho del hogar y a la vez que estos entreguen la mayor parte su energía al agua.
- En algunos casos sirve para ubicar boquillas para el ingreso de aire secundario.



# PARTES PRINCIPALES – MAMPOSTERIA

- Se llama mampostería a la construcción de ladrillos refractarios y comunes que tiene por objetivo:
  - Cubrir a la caldera para minimizar las perdidas de calor
  - Guiar los gases y humos calientes en su recorrido
  - Para mejorar la aislación de la mampostería a veces se construyen paredes con espacios huecos
- En algunos tipos de calderas se ha eliminado totalmente la mampostería de ladrillo, colocándose solamente aislación térmica al cuerpo principal y cajas de humo con materiales tales como lana de vidrio de alta densidad recubierta con chapas metálicas galvanizadas, o inoxidable.

# CIRCUITO DE GASES

- **CONDUCTO DE HUMO:**
  - Son los espacios por los cuales circulan los humos y gases calientes de la combustión.
- **CAJA DE HUMO:**
  - Corresponde al espacio de la caldera en el cual se juntan los humos después de haber entregado su energía y antes de salir por la chimenea.
- **CHIMENEA:**
  - Es un tubo que puede ser construido de mampostería o de chapa de acero. Sirve para conducir los gases de combustión hacia la atmósfera.
  - Además tiene la función de producir el tiro de forma natural.

# CIRCUITO DE GASES

- Reguladores de Tiro:
  - Consiste en una compuerta metálica instalada en el conducto de humo que comunica con la chimenea o bien en la chimenea misma. Tiene por objetivo dar mayor o menor paso a la salida de los gases de combustión.
  - Sin embargo el regulador de tiro tiene por objetivo mantener la relación de  $A/F$  constante frente a los cambios de la demanda de vapor.
  - Este accesorio es accionado por el operador de la caldera para regular la cantidad de aire necesario para la combustión en función de la demanda de vapor.
  - Normalmente se usa combinando la puerta del cenicero, o bien dos reguladores en calderas de mediano y alto porte.
  - El regulador también puede ser accionado de forma mecánica mediante sistemas de control automático.

### 3. CILINDRO O TAMBOR

- **CAMARA DE AGUA:** Es la parte de la caldera que durante su funcionamiento **NORMAL** contiene agua líquida saturada hasta un cierto nivel mínimo del cual el **NUNCA** debe descender.
- **CAMARA DE VAPOR:** Es el espacio o volumen que queda definido sobre el nivel **máximo** de agua dónde se almacena el vapor. Mientras más variable sea el consumo, mayor debe ser este volumen.

En este espacio el vapor debe separarse de las gotitas de agua que arrastra cuando este se libera. Por esta razón algunas calderas cuentan con un pequeño cilindro en la parte superior de esta cámara, llamado 'DOMO'.

### 3. CILINDRO O TAMBOR

- **CAMARA DE AGUA:** Es la parte de la caldera que durante su funcionamiento **NORMAL** contiene agua líquida saturada hasta un cierto nivel mínimo del cual el **NUNCA** debe descender.
- **CAMARA DE VAPOR:** Es el espacio o volumen que queda definido sobre el nivel **máximo** de agua dónde se almacena el vapor. Mientras más variable sea el consumo, mayor debe ser este volumen.

En este espacio el vapor debe separarse de las gotitas de agua que arrastra cuando este se libera. Por esta razón algunas calderas cuentan con un pequeño cilindro en la parte superior de esta cámara, llamado 'DOMO'.

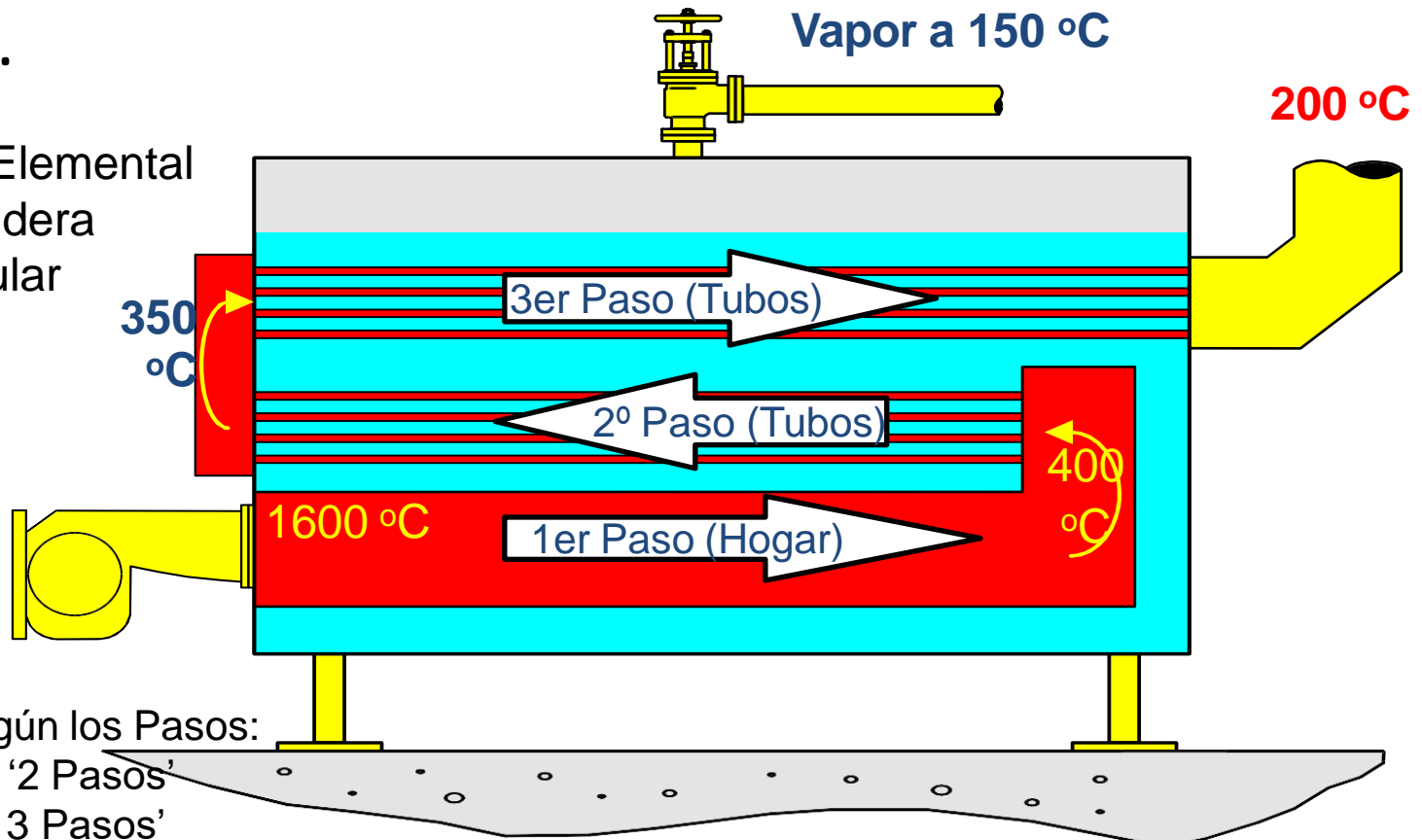
### 3. CILINDRO O TAMBOR

- **VOLUMEN DE ALIMENTACION:** Es el espacio comprendido entre los niveles máximo y mínimo del nivel del agua. Durante su funcionamiento este espacio se encuentra ocupado por el agua y/o el vapor según sea dónde se encuentre el nivel de agua dentro del cilindro.
- **SUPERFICIE DE VAPORIZACION:** Es la superficie o el plano que separa el espacio ocupado por el vapor y el ocupado por el agua.

# 4. CALDERA PIROTUBULAR “HUMO-TUBULAR”

En esta, los gases calientes que provienen del hogar, circulan por el interior de tubos de pequeño diámetro, mientras que el agua lo hace por la parte externa de los mismos.

Esquema Elemental  
de una Caldera  
Humo-tubular

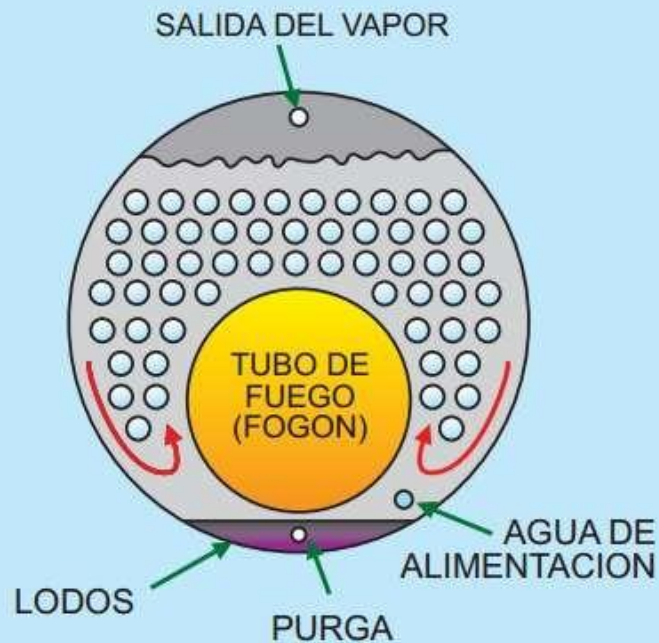


Clasificación Según los Pasos:  
Retorno Simple. '2 Pasos'  
Retorno Doble. '3 Pasos'

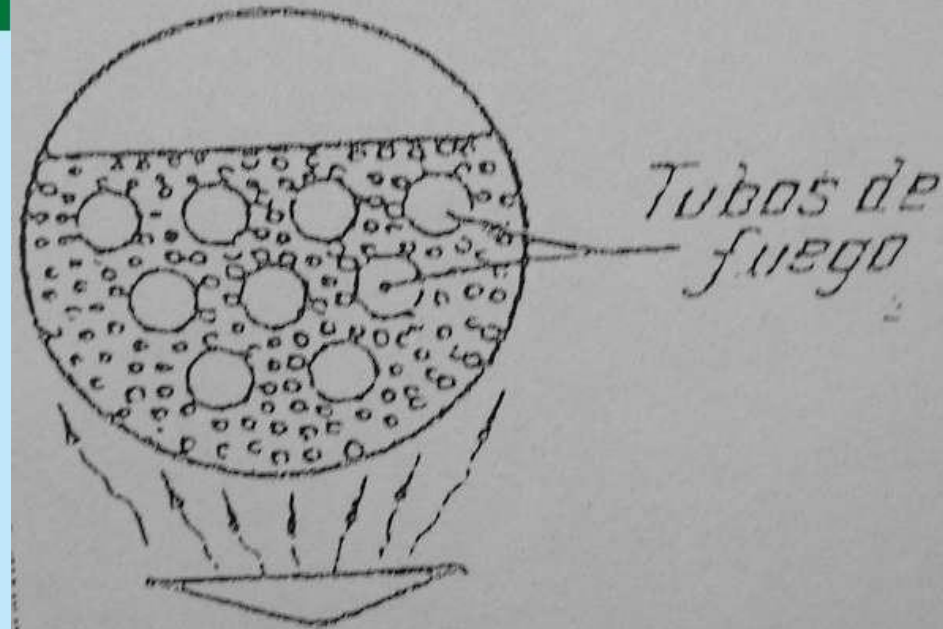
# 4. CALDERA PIROTUBULAR “HUMOTUBULAR” – TIPOS

## HUMUTUBULAR DE HOGAR INTERIOR

### CIRCULACION DEL AGUA EN LA CALDERA ESCOCESA



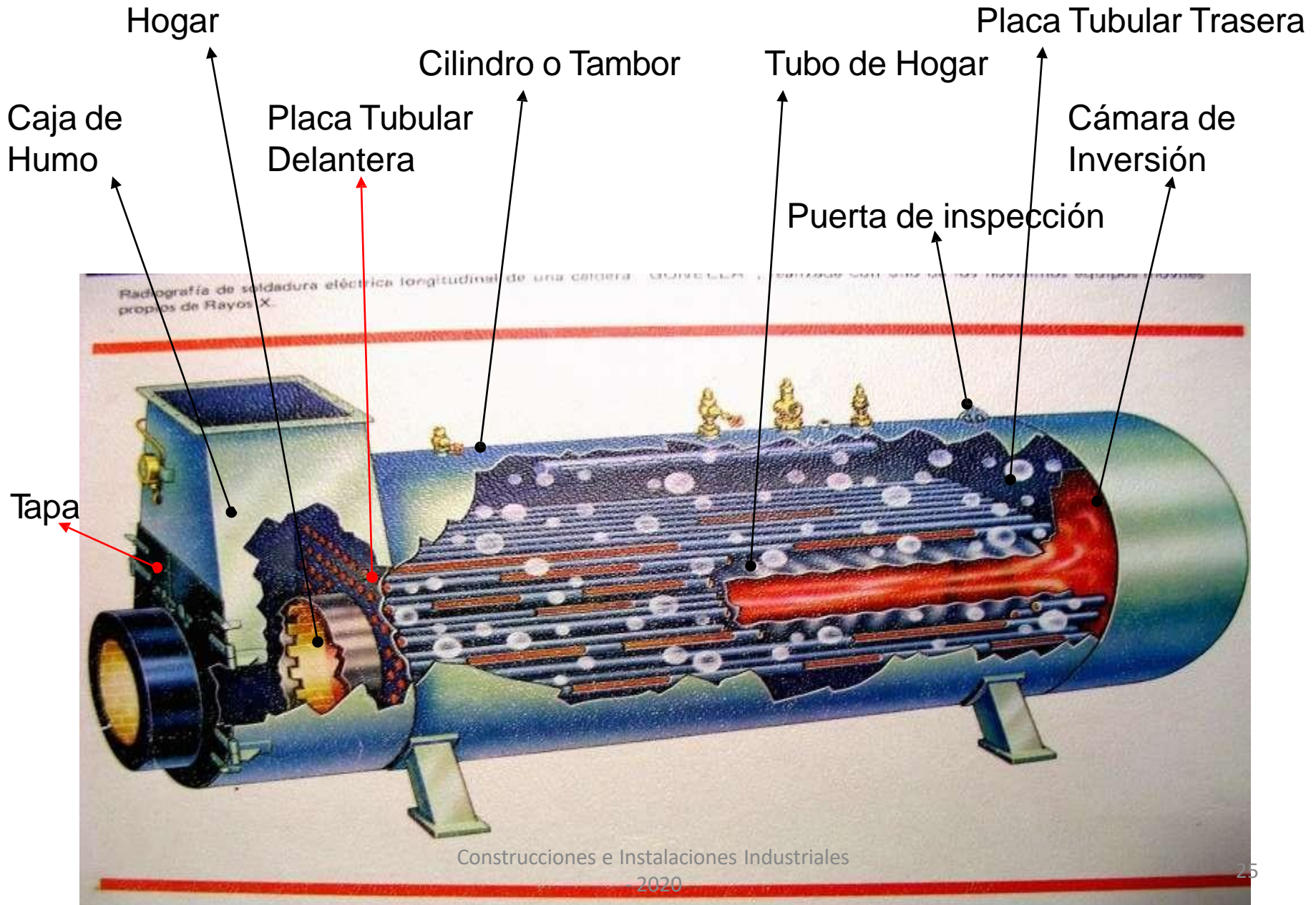
## HUMUTUBULAR DE HOGAR EXTERIOR



Formación de vapor con calentamiento interior mediante tubos de humo



# 4. PARTES DE UNA CALDERA PIROTUBULAR



# 4. CALDERA HUMOTUBULAR CON HOGAR INTERIOR de DOS PASOS





# CALDERA HUMOTUBULAR DE GRAN PORTE Con QUEMADOR DE Fuel-Oil ó GAS

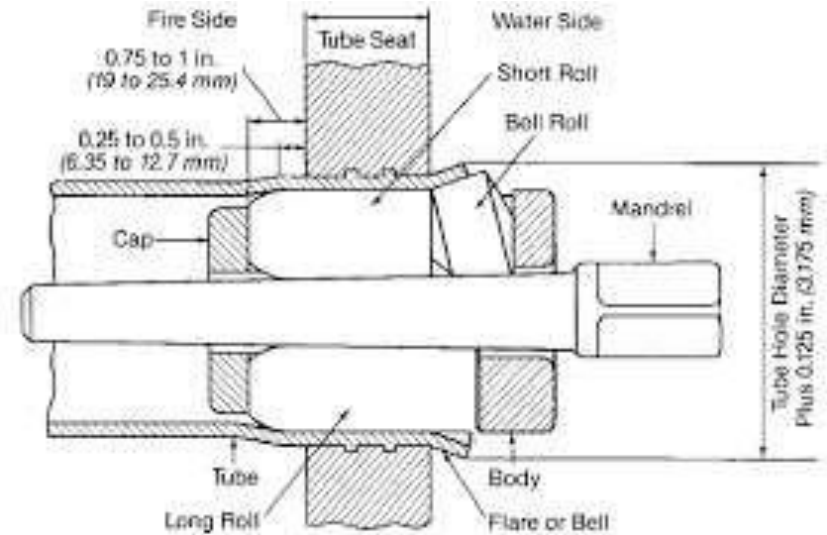


# COMPONENTES ESTRUCTURALES DE UNA CALDERA HUMOTUBULAR HOGAR – TUBO DE FUEGO- PASOS DE HUMOS



# CALDERA HUMOTUBULAR EN CONSTRUCCIÓN

## COMPONENTES ESTRUCTURALES



Mandril o expansor de tubos





# PUERTAS DE INSPECCIÓN



# PUERTAS DE INSPECCIÓN 'Ojo de Buey'



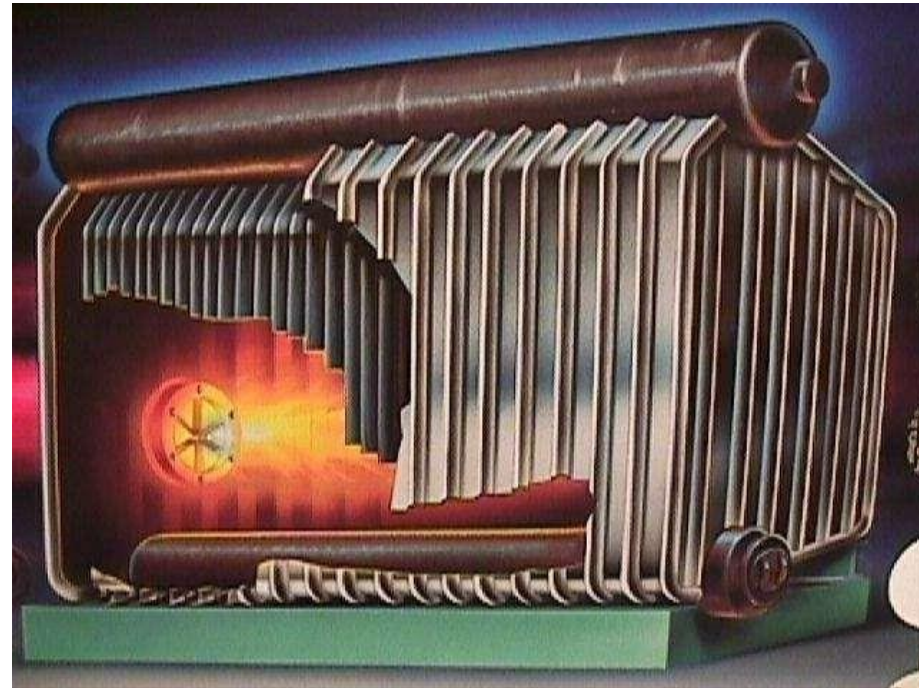
# CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS CALDERAS HUMOTUBULARES

- VIENEN COMPACTAS. (PAQUETE COMPLETO)
- PRODUCEN VAPOR PARA PROCESO.
- DISEÑADAS ESPECIALMENTE PARA QUEMAR COMBUSTIBLES LIQUIDOS O GASEOSOS.
- GRAN VOLUMEN DE AGUA PERO DE REACCION LENTA.
- PRESION LIMITADA. HASTA 20 Kg/cm<sup>2</sup>.
- PRODUCCION LIMITADA. Por lo general no más de 20 tn/hr.
- PRODUCCIÓN ESPECÍFICA: 18-22 kg/hr-m<sup>2</sup> de SC.
- SU EXPLOSION TRAE CONSECUENCIAS GRAVES.



## 4. CALDERA ACUOTUBULAR

- Son aquellas en las cuales es el agua que circula por el interior de los tubos de pequeño diámetro mientras que los gases de combustión lo hacen por la parte externa.



# CLASIFICACIÓN DE CALDERAS ACUTUBULARES

## SEGÚN LOS TUBOS

- TUBOS RECTOS
- TUBOS CURVADOS
- 1, 2, 3, ó MAS DOMOS
- TUBOS GRANDES 2 a 5"
- TUBOS PEQUEÑOS. < a 2"
- TUBOS MIXTOS – Curvados y Rectos

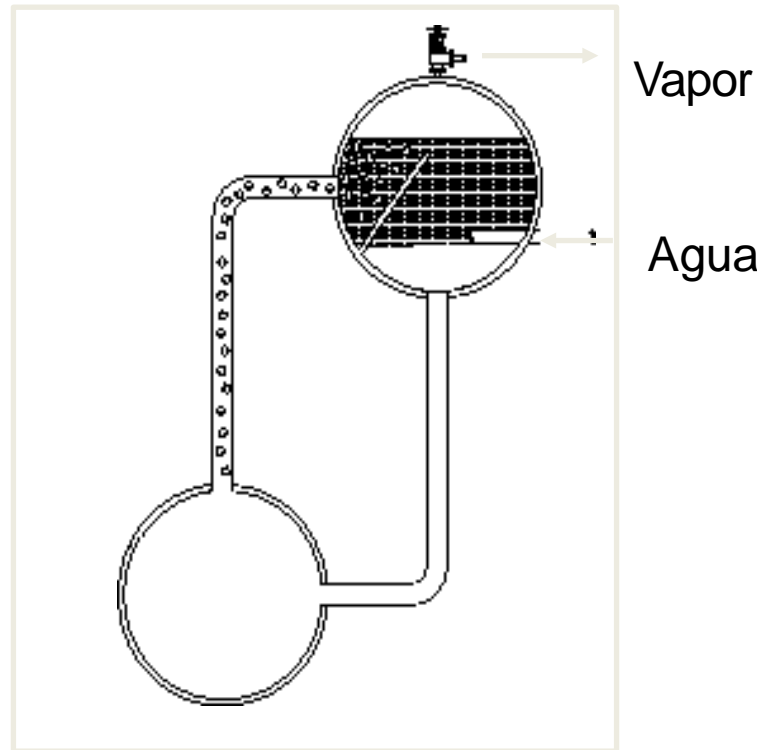
## SEGÚN LA DISPOSICION DE LOS TUBOS

- DISPOSICION EN A ó TIPO A.
- DISPOSICION EN D ó TIPO D.
- DISPOSICION EN O TIPO O

# CLASIFICACIÓN DE CALDERAS ACUOTUBULARES

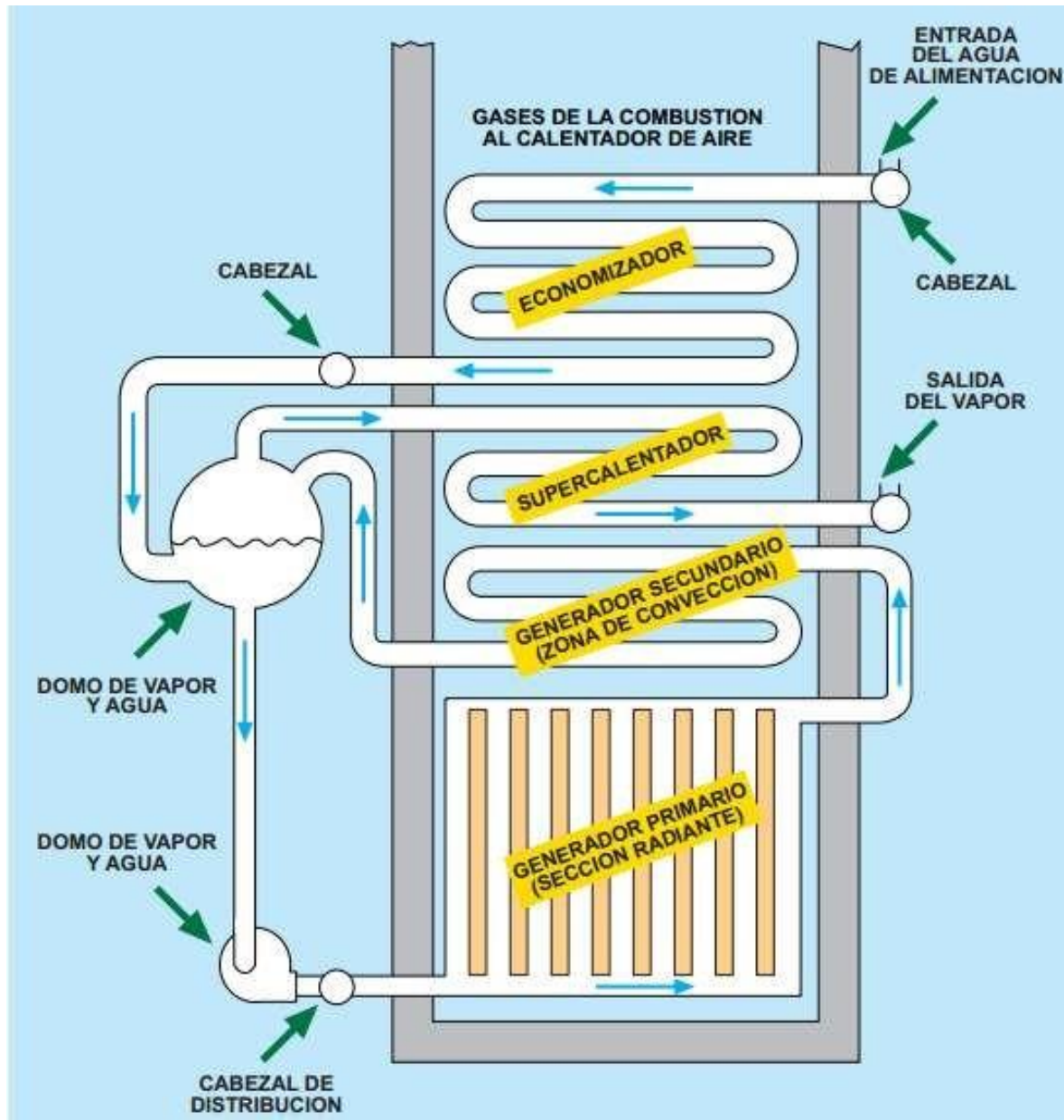
Según la circulación del agua dentro de la caldera

- CIRCULACIÓN NATURAL

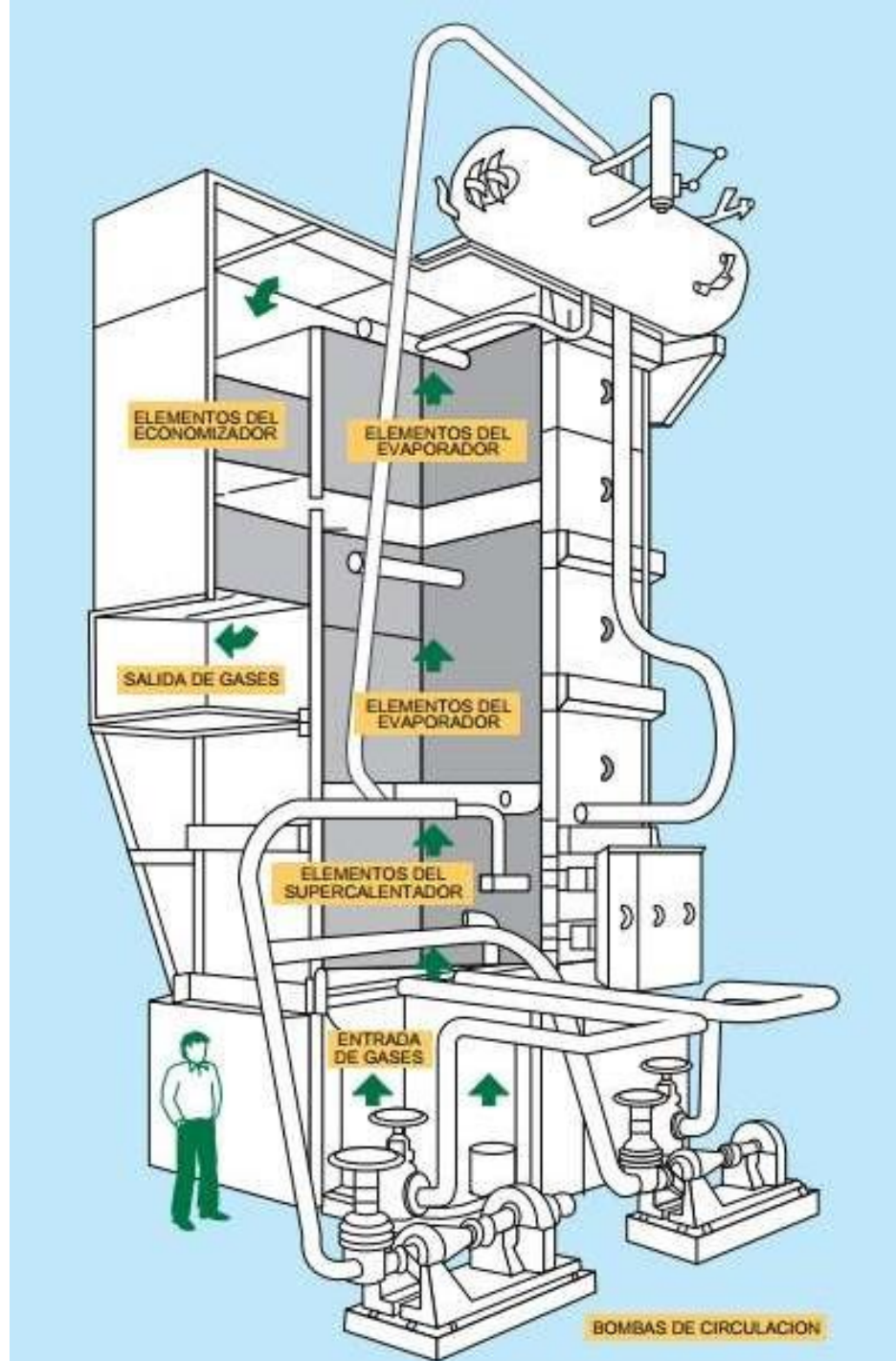


El calor cedido por los gases se transfiere al agua de la caldera por conducción, convección y radiación.

# ESQUEMA CALDERA ACUOTUBULAR DE CIRCULACION FORZADA

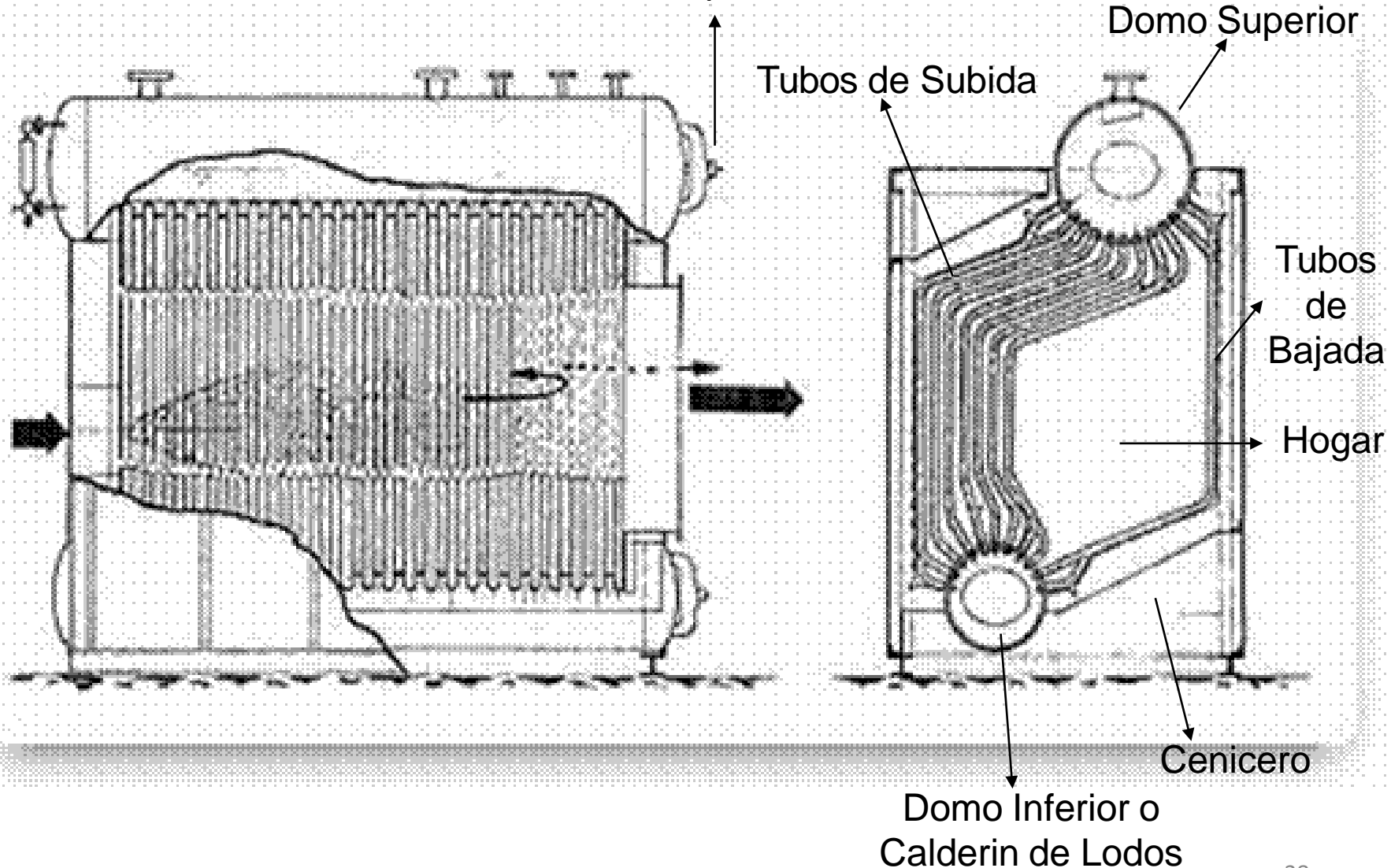


# CALDERA ACUOTUBULAR DE CIRCULACION FORZADA



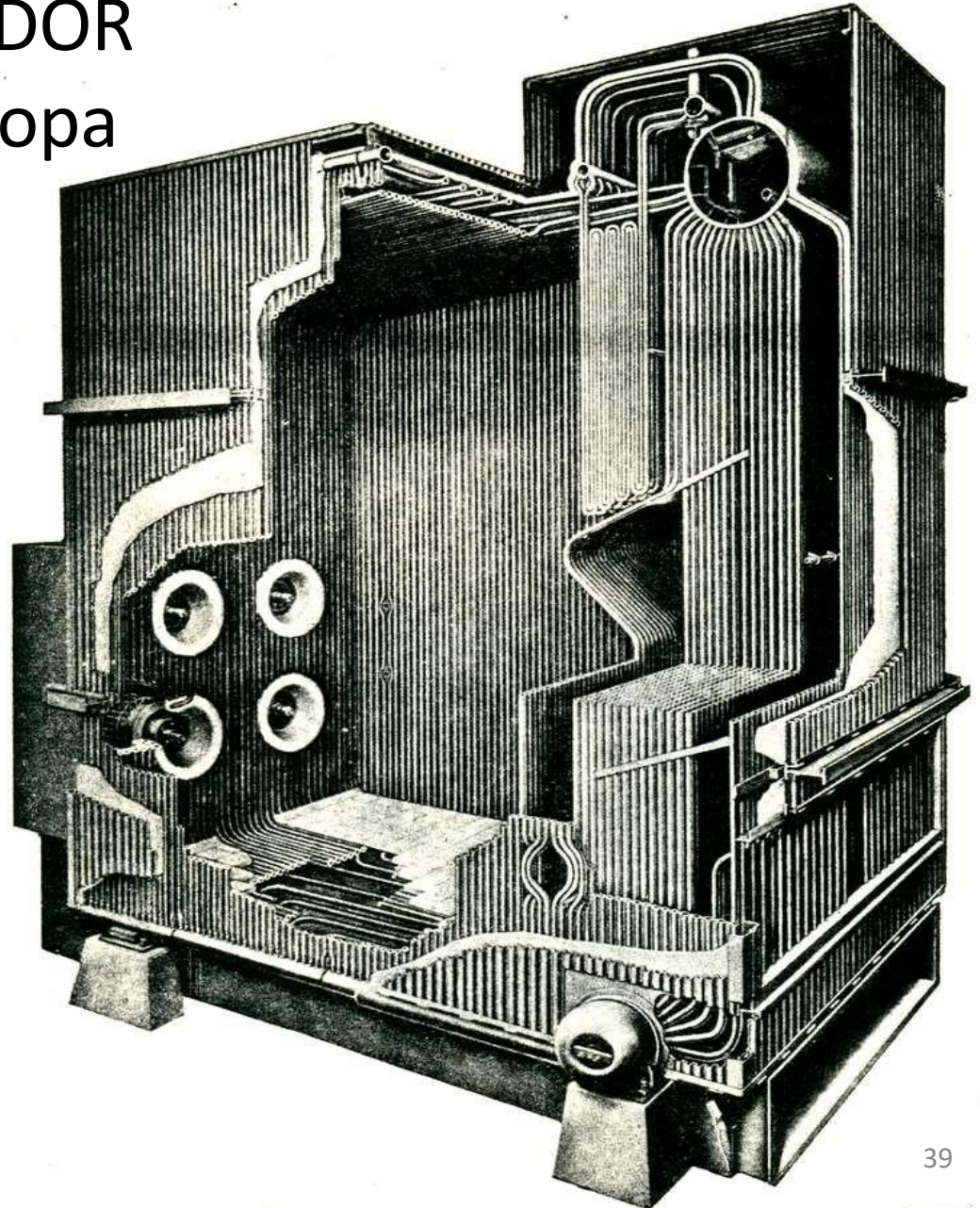
# COMPONENTES ESTRUCTURALES DE UNA CALDERA ACUOTUBULAR

Puerta de Inspección





# CALDERA ACUOTUBULAR CON SOBRECALENTADOR y Quemadores con copa rotativa



# SEPARACIÓN DEL AGUA DEL VAPOR EN CALDERAS DE POTENCIA

La separación de las gotitas de agua que pudieran ser arrastradas por el vapor se realiza para evitar que su evaporación en el sobrecalentador deje depósitos que dificulten la de transferencias de calor; ocasionando:

- Recalentamiento y posibles quemado de sus tubos.
- Mayor pérdida de la presión de vapor

Esta separación se realiza mediante dos mecanismos:

**Separación primaria:** Este mecanismo se efectúa mediante la acción de la gravedad, acción centrífuga e impacto.

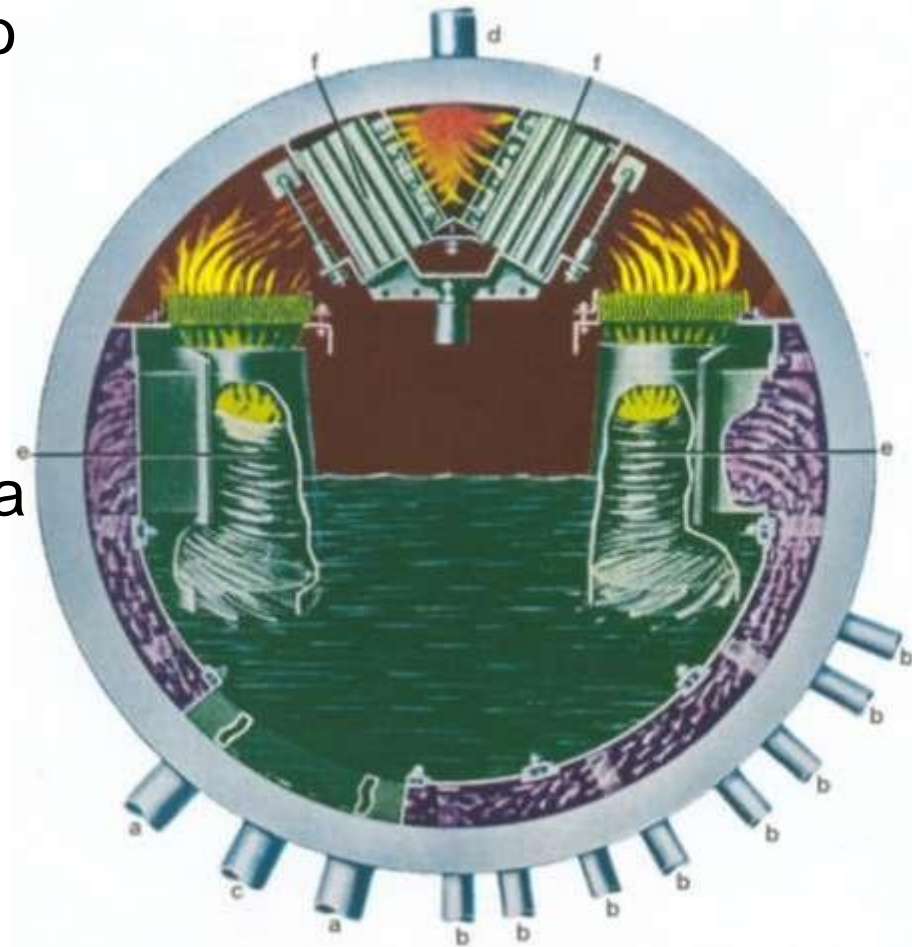
**Separación secundaria o secado:** La separación de las minúsculas gotas que viajan en suspensión dentro del vapor, se logra haciéndolo pasar por recorridos intrincados a través de filtros de malla, viruta o placas perforadas.



# DOMO SUPERIOR CALERA DE POTENCIA

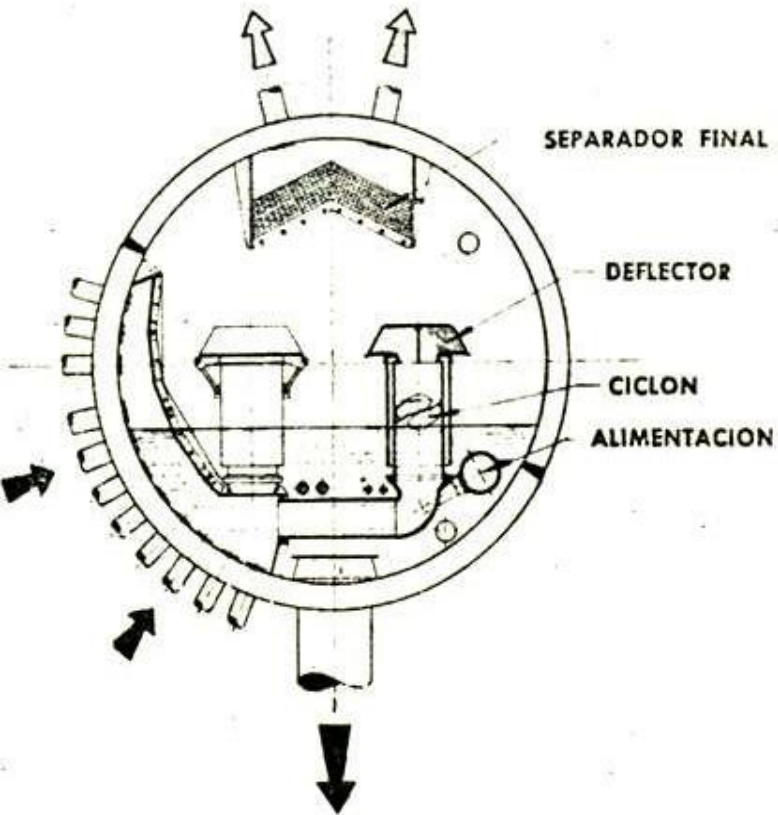
## ASPECTO INTERNO

- Sección transversal de un domo de una caldera de potencia en que se destacan las partes principales.
- a) Tubos de Bajada
- b) Tubos de subida
- c) Tubo de alimentación de agua
- d) Salida de Vapor saturado seco
- e) Separador ciclónico (Separación primaria)
- f) Tamiz (Filtro). (Separación secundaria)

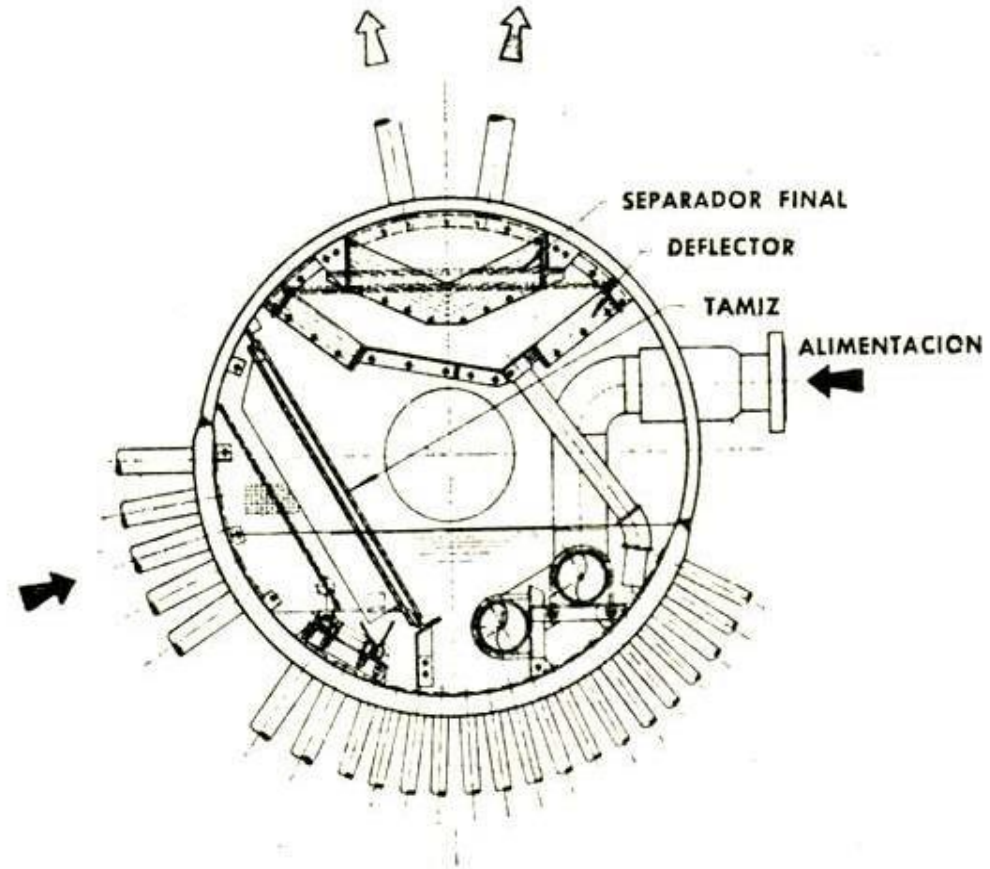


# DOMO SUPERIOR – ASPECTO INTERNO

## SEPARADOR CENTRIFUGO



## SEPARADOR DEFLECTOR CON TÀMICES



# DETALLES CONSTRUCTIVOS

## MANDRILADO DE TUBOS SOBRE UN DOMO INFERIOR



# DETALLES CONSTRUCTIVOS DOMO SUPERIOR Y COLECTOR





# DETALLES CONSTRUCTIVOS

Cañerías para la construcción de colectores superiores, laterales e inferiores, además del colector del sobrecalentador según norma ASTM A334Gr P11, ASTM A 106 GR B,

gráficos. Tubos para caldera ASTM A178 , ASTM A192, ASTM A213-T 11, ASTM A213 T 22.



# DETALLES CONSTRUCTIVOS

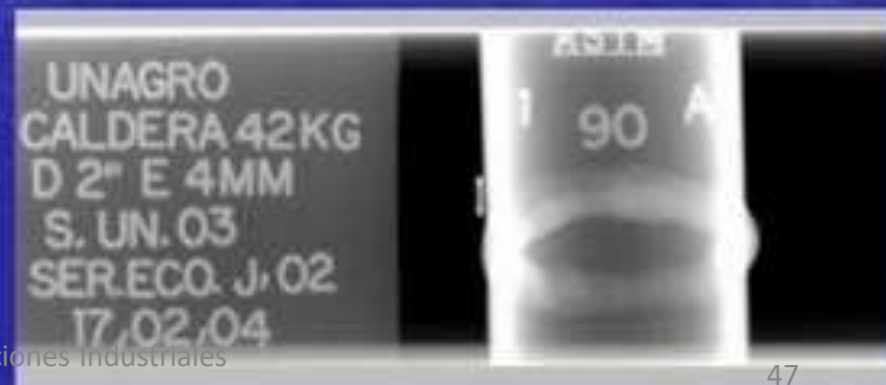


# INSPECCIONES DE LAS UNIONES SOLDADAS

Radiografía en tubos 3"



Radiografía en tubos 2"



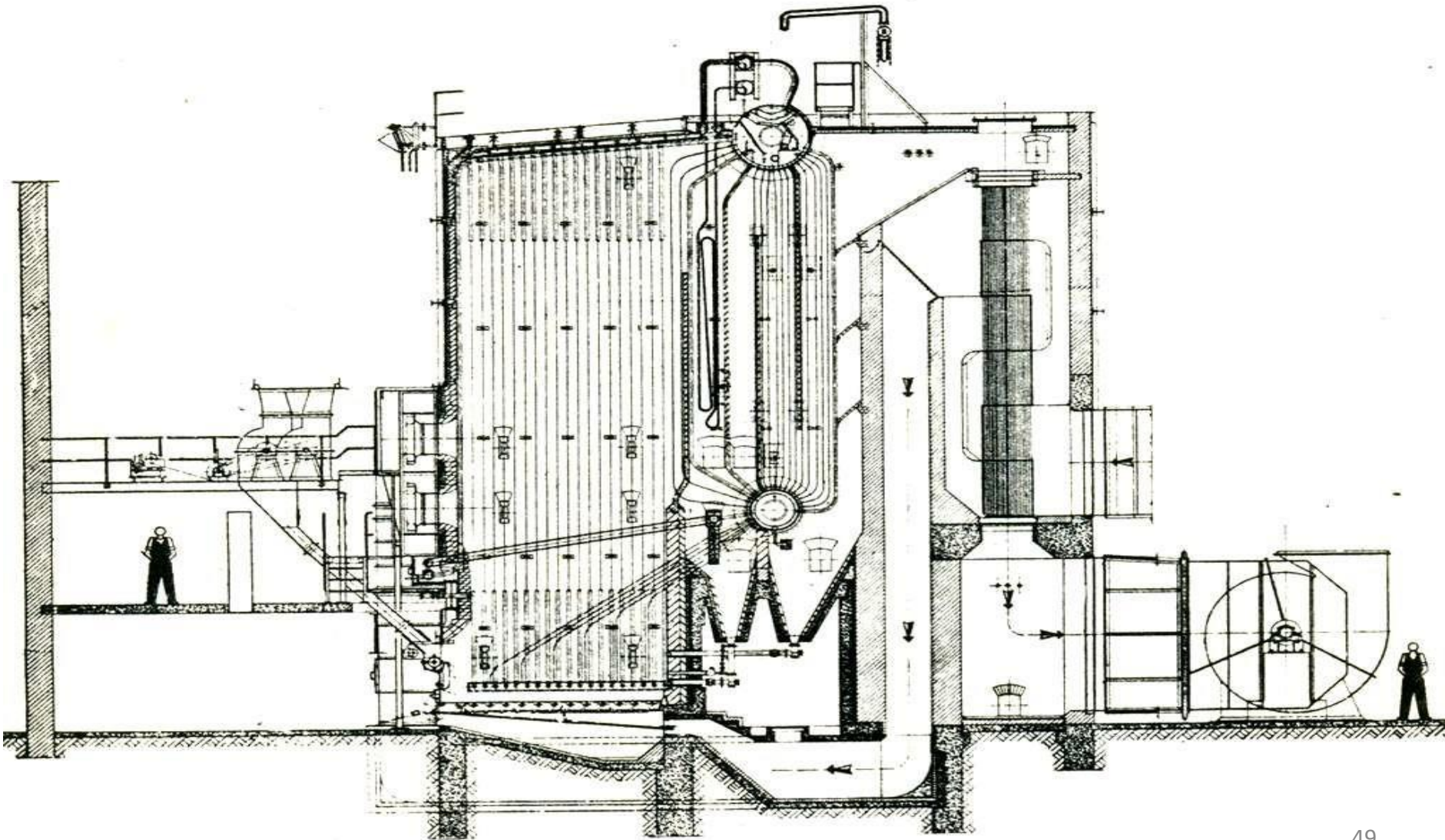


# CALDERA ACUOTUBULAR DE POTENCIA



# CALDERA ACUOTUBULAR

CALDERA VU-50 ACUOTUBULAR DE 2 DOMOS DE 70.000 kg/h.  
DE EVAPORACION, INSTALADA EN EL INGENIO SAN PABLO





# CENTRAL TERMICA



# **CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS CALDERAS ACUOTUBULARES**

## **VENTAJAS**

- SU CONTRUCCIÓN Y MONTAGE SE REALIZA EN EL LUGAR DE EMPLAZAMIENTO.
- BAJO PESO, (25 a 50%) y OCUPAN MENOS ESPACIO CON RELACIÓN A LAS HUMOTUBULARES DE IGUAL POTENCIA.
- PUEDE ADAPTARSE FACILMENTE A DISTINTOS TIPOS DE COMBUSTIBLES.
- POSIBILIDAD DE GENERAR VAPOR SOBRE CALENTADO O VAPOR PARA PROCESO.

- SUS PARTES SON DE FACIL ACCESO PARA LIMPIEZA EXTERNA Y/O REPARACIÓN
- LA ROTURA DE UN TUBO EN PRINCIPIO NO TRAE CONSECUENCIAS GRAVES.
- SU DISEÑO PERMITE QUE CON SOBRECARGAS NO SE DAÑE LA UNIDAD.
- SECEPTIBLE A LAS FLUCTUACIONES DE PRESIÓN Y CARGA RESULTANTES DEL PROCESO.

## **A DIFERENCIA DE LAS HUMOTUBULARES**

- SE PUEDEN FABRICAR PARA ALTA PRODUCCIÓN DE VAPOR
- GENERACIÓN DE VAPOR A MAYORES PRESIONES
- LA LIMITACIÓN ESTA DADA POR LA RESISTENCIA DE LOS MATERIALES y CUESTIONES ECONÓMICAS.
- MAYOR PRODUCCIÓN ESPECIFICA: 30-40 kg/hr.m<sup>2</sup> SC.

# CARACTERÍSTICAS DE LAS CALDERAS ACUOTUBULARES

## DESVENTAJAS

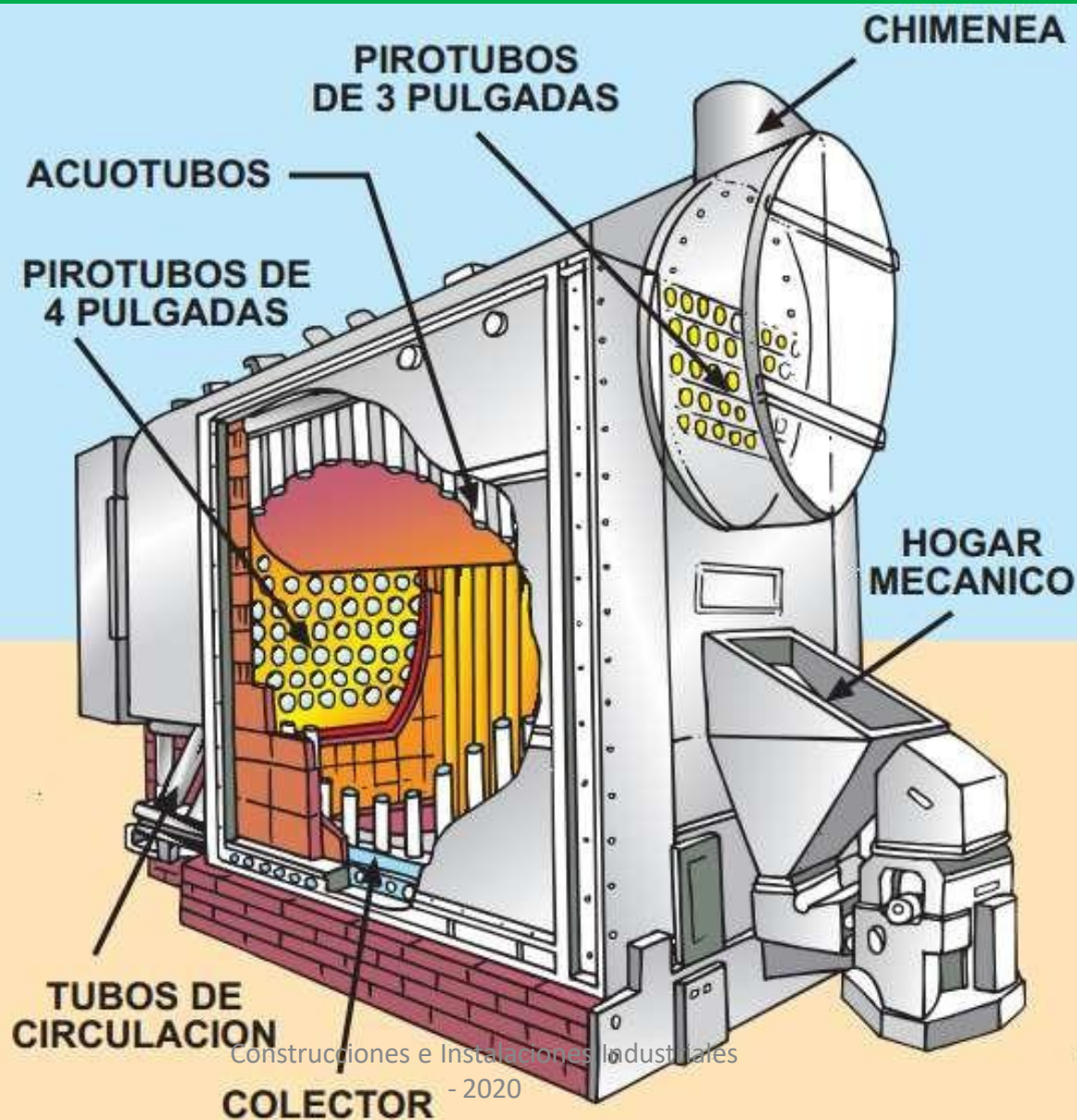
- SON MAS CARAS. MENORES A 100 BoHP, NO SE JUSTIFICAN.
- MAYOR GRADO DE TRATAMIENTO EN EL AGUA DE ALIMENTACION.
- LIMPIEZA INTERNA MÁS DIFICULTOSA.

# 6. COMPARACIÓN ENTRE CALDERAS PIROTUBULARES Y ACUOTUBULARES

Criterios	Calderas Pirotubulares	Calderas Acuotubulares
Calidad del agua	Menores exigencias, posible funcionamiento con salinidad del agua	Mayores exigencias, es necesario un bajo nivel de salinidad para su funcionamiento
Mantenimiento	fácil de limpiar	Más costoso
Revisiones periódicas	Inspección ordinaria, seguida de una prueba hidrostática, raramente son necesarias otras pruebas de carácter no destructivo, como por ej. as mediciones con ultrasonidos, en caso contrario se efectúan en zonas muy reducidas	Son necesarias mediciones con ultrasonidos además de prueba hidrostática; es decir, pruebas costosas en tiempo y dinero
Costes para niveles comparables de gasto de fabricación y calidad	Menores	Mayores
Rendimiento	Mayor, de fácil mantenimiento	Menor; es más difícil realizar su mantenimiento en funcionamiento
Características de la carga parcial	Puede aprovecharse el control del quemador; cuando caiga por debajo de la carga mínima, el quemador puede apagarse sin problemas	En el caso de determinados diseños, debe limitarse la carga parcial; el quemador no puede apagarse manualmente
Contenido de agua	Mayor, debido a su diseño	Menor
Capacidad de acumulación	Debido al alto volumen de agua, no es susceptible a las fluctuaciones de presión y carga	Susceptible a las fluctuaciones de presión y carga resultantes del proceso
Plazo de entrega	Más corto	Más largo
Necesidades de espacio	Reducidas	Elevadas
Tiempo necesario para el montaje y puesta en marcha inicial	Reducido	Más prolongado



# 7. CALDERA HUMOTUBULAR CON HOGAR EXTERIOR Y TUBOS DE AGUA



# 8. CALDERA ACUOHUMOTUBULAR CALDERA CON ANTEHOGAR INTEGRADO



# CALDERAS CON ANTEHOGAR INTEGRADO





# CALDERA ACUOHUMOTUBULAR CON HOGAR SEPARADO



# CALDERA ACUOHUMOTUBULAR SEPARADO



# CARACTERÍSTICAS PPALES DE LAS CALDERAS CON ANTEHOGAR

- FUERON DISEÑADAS ESPECIALMENTE PARA UTILIZAR RESIDUOS BIOMÁSICOS COMO COMBUSTIBLES.
- BUENA PRODUCCIÓN DE VAPOR. HASTA 22-25 kg/hr.m<sup>2</sup> SC.
- GENERACIÓN DE VAPOR PARA PROCESO E INCLUSO PARA POTENCIA.

## 9. TUBOS PARA CLADERA

PROCESO DE FABRICACIÓN	Laminado en caliente
GRADOS DE ACERO	Carbono-Manganeso, baja aleación (T/P11, 13CrMo4-5, T/P22, 10CrMo9-10, WB36, T23), alta aleación (T/P91, T92, X20)
RANGO DIMENSIONAL	Diámetro externo 31.8–88.9 mm
	Espesor de pared 2.3–17 mm
PROPIEDADES MECÁNICAS	Según las normas internacionales aplicables
CONDICIONES DE ENTREGA	Tubo laminado o tratado térmicamente, según las normas internacionales aplicables
NORMAS	ASTM A192, ASTM A209, ASTM A210, ASTM A213, EN10216-2

Largos: 4.000 a 24.000 mm.

Tubos para Sobrecalentadores: **TEMPLADO: AA-1 (18Cr-10Ni-3Cu-Ti-Nb-B)**



# CALDERA GONELLA

MODELO 3500K - NUMERO 4683

SUPERFICIE DE CALEFACCION [ ] m<sup>2</sup>

PRESION DE TRABAJO [ ] 8 kg/cm<sup>2</sup>

PRESION DE PRUEBA [ ] 12 kg/cm<sup>2</sup>

FECHA DE FABRICACION REPARADA 1988

CONSTRUIDA SEGUN NORMAS [ ]

FABRICANTES S.A. LITO GONELLA ENIJO ICFI

RUTA PCIAL 70 AL ESTE ESPERANZA SANTA FE

INDUSTRIA ARGENTINA

# CALDERA BOILERMAX

SUPERFICIE DE CALEFACCION

PRESION DE TRABAJO

PRESION DE DISEÑO

PRESION DE PRUEBA

CAPACIDAD TERMICA

PROD. A Y DESDE 100°C

PROD. A Y DESDE 20°C

AÑO  N°  MODELO

CODIGO



**FIMACO**  
SOCIEDAD ANONIMA

ESPERANZA-SANTA FE  
TE: 03496-420570  
Fax: 03496-426001  
Web: [www.fimaco.com.ar](http://www.fimaco.com.ar)  
Email: [fimaco@fimaco.com.ar](mailto:fimaco@fimaco.com.ar)

# CALDERA BOILERMAX

SUPERFICIE DE CALEFACCION  M<sup>2</sup>

PRESION DE TRABAJO  KG/CM<sup>2</sup>

PRESION DE DISEÑO  KG/CM<sup>2</sup>

PRESION DE PRUEBA  KG/CM<sup>2</sup>

CAPACIDAD TERMICA  CAL/H

PROD. A Y DESDE 100°C  KG/H

PROD. A Y DESDE 20°C  KG/H

AÑO  N°  MODELO

CODIGO



**FIMACO**  
SOCIEDAD ANONIMA

ESPERANZA-SANTA FE  
TE: 03496-420570  
Fax: 03496-426001  
Web: [www.fimaco.com.ar](http://www.fimaco.com.ar)  
Email: [fimaco@fimaco.com.ar](mailto:fimaco@fimaco.com.ar)



**SAACKE**

Modelo:

FA05 10

Serie Nº

206

Año de fabricación

2011

Clase:

1

Marca Comercial:

SAACKE

Matrícula Saacke

607

Máximo (L/min)

35 L/min

Nombre del

SAACKE

Norma de Aplicación

NA6.25

Presión de Suministro Comb.

0.16

Potencia Max

40

Potencia Min

20

Tipo de Comb.:

Gas

Tiempo de Operación:

<24hs. /

>24hs.

# SAACKE

Modelo:	21125 15
Serie N°	260 71
Año de fabricación:	2011
Clase:	
Marca Comercial:	Bayer
Matricula Saacke:	0007
Máximo Caudal de Comb.:	07,93 l/h
Nombre del Fabricante:	SAACKE
Norma de Aplicación:	N/A
Presión de Suministro Comb.:	0,5 bar
Potencia Max.:	930,90 Kw
Potencia Min.:	510,73 Kw
Tipo de Comb.:	Diesel
Tiempo de Operación:	<input checked="" type="checkbox"/> <24hs. / <input type="checkbox"/> >24hs.
Q.C.:	

Modelo:	
Serie N°	
Año de fabri	
Clase:	
Marca Com	
Matriculac	
Máximo Caudal	
Nombre de	
Norma de	
Presión de	
Potencia M	
Potencia M	
Tipo de Co	
Tiempo de C	
Q.C.:	

# 10. DEFINICIONES DE CAPACIDADES

- VAPOR NORMAL – Régimen desde/hasta 100 °C.
- Es el peso de vapor que se obtiene vaporizando agua tomada a 100 °C y a 1 Atm. de presión.
- VAPORIZACION NORMAL EQUIVALENTE

$$\dot{G}_{V.Nor.} = \left[ \frac{\Delta h \text{ del Agua en las condiciones de trabajo de la caldera}}{\text{Calor Latente de Vaporización a P Atm.}} \right] \times \dot{G}_{V.Real}$$

$$\dot{G}_{V.Nor.} = f_{100^{\circ}\text{C}} \times \dot{G}_{V.Real}$$

# DEFINICIONES

- **SUPERFICIE DE CALEFACCIÓN (SC):** Se denomina superficie de calefacción de una caldera a todas aquellas partes metálicas que por un lado se encuentran en contacto con el agua (o el vapor) y del otro lado reciben el calor de las llamas y/o gases.
- Se expresa en metros cuadrados ( $m^2$ ) y se mide del lado de los gases.

## La superficie de calefacción se divide en:

- **SUPERFICIE DE CALEFACCIÓN DIRECTA:** Es la parte de la caldera que por un lado está en contacto con el agua y por el otro lado recibe calor directamente de las llamas.
- **SUPERFICIE DE CALEFACCIÓN INDIRECTA:** Es la parte de la caldera que por un lado está en contacto con el agua y por el otro recibe calor que entregan los gases de combustión



# DEFINICIONES

- PRODUCCIÓN (MEDIA) ESPECIFICA DE VAPOR

$$\frac{\dot{M}_V}{S_{Calef.}} \left[ \frac{Kg}{h \times m^2} \right]$$

- CARGA TÉRMICA DE LA SUPERFICIE DE CALEFACCIÓN

$$q_c = \frac{(h_V - h_{H_2O}) \times \dot{M}_V}{S_{Calef.}} \left[ \frac{Kcal}{h \times m^2} \right]$$

# HP de CALADERA - BoHP

- La potencia de una caldera, tal como fue establecida en 1889 por la ASME, estaba basada en una máquina de vapor que empleaba 13,62 kg/hr de vapor por HP a una presión relativa de 4,9 kg/cm<sup>2</sup>, con agua de alimentación a 38,5 °C. Esto se corresponde a la vaporización equivalente de 15,66 kg de agua por hora a 100 °C, a presión atmosférica normal ( 1,033 kg/cm<sup>2</sup>).
- Bajo estas condiciones, cada kg. de vapor producido requiere aproximadamente 543,4 Kcal.
- Esto equivale a la transmisión de calor de 8436,56 Kcal/hr ó 33,479 BTU/hora. (9.81 kW).

$$Hp \text{ de Caldera} = \frac{(h_V - h_{H_2O}) \times \dot{M}_V}{8435} \left[ \frac{\text{Kcal/hr}}{\text{Kcal/} \left[ \frac{1}{\text{Hp} \times \text{hr}} \right]} \right] = Hp$$

# HP DE CALDERA - (BoHP)

**Según la American Society of Mechanical Engineers (ASME), un HP caldera equivale 0.93 m<sup>2</sup> (ó 10 ft<sup>2</sup>) de superficie de calefacción. Esto es el calor que se transfiere al agua a través de una superficie de calefacción de 0.93 m<sup>2</sup>.**

Todas las calderas están basadas en que por cada 0,93 m<sup>2</sup> de superficie de calefacción se desarrolla un BoHP. Esto significa que todas las calderas que tengan la misma S.C. tienen la misma potencia nominal.

$$C_{\text{Nom.}} = SC/K$$

Dónde:

$C_{\text{Nom.}}$  = Capacidad Nominal en BoHP<sub>ASME</sub>

SC = Superficie de calefacción (en m<sup>2</sup> o pie<sup>2</sup>)

K = 0.93 m<sup>2</sup>/BoHP<sub>ASME</sub> ó 10 pie<sup>2</sup>/BoHP<sub>ASME</sub>

$$\% \text{ Sobre Carga} = \frac{(h_v - h_l) \times \dot{G}_{v.real} \left[ \frac{kcal}{hr} \right]}{8435 \left[ \frac{kcal}{hr - HP} \right] \times C_N [HP_{ASME}]} \times 100$$

## Por ciento de carga de una caldera (R)

- Cabe señalar que la potencia nominal no expresa las limitaciones de capacidad, ya que la mayoría de las calderas actuales pueden superar el 100% de su capacidad nominal.
- Se llama por ciento de carga a la relación entre el calor que se transmite por hora y el que se debería transmitir de acuerdo con su superficie de calefacción a razón de 8435 kcal/hr-BoHP.

# DEFINICIONES

## DISPONIBILIDAD:

INDICA EL TIEMPO QUE UNA CALDERA SE ENCUENTRA DISPONIBLE PARA SER UTILIZADA DURANTE UN PERIODO DEFINIDO ENTRE DOS INSPECCIONES CONSECUTIVAS.

HORAS EN UN AÑO = 8760 hr.

## FACTOR DE USO:

SE DEFINE COMO LA RELACIÓN ENTRE EL TIEMPO TOTAL EN HORAS EN QUE LA CALDERA REALMENTE PRESTO SERVICIO Y LA DISPONIBILIDAD.

$$F_S = \frac{T_{T.S}}{T} \times 100$$



# DEFINICIONES

- **FACTOR DE PRODUCCION**

$$F_P = \frac{\dot{M}_{V.(Real)}}{\dot{M}_V}$$

- **Mv (real): ES EL PESO DEL VAPOR REALMENTE PRODUCIDO POR LA CALDERA ENTRE DOS INSPECCIONES CONSECUTIVAS O TIEMPO DISPONIBLE.**
- **Mv: ES EL PESO DE VAPOR QUE HUBIESE GENERADO LA CALDERA SI ESTA HUBIESE TRABAJADO A SU MAXIMA CAPACIDAD.**

# 11. BALANCE TÉRMICO DE UN GENERADOR DE VAPOR

La distribución del calor resultante de la combustión del combustible en el hogar de una caldera se comprende mejor por medio del balance térmico.

Consiste en elaborar una tabla, con el calor absorbido por el generador de vapor y con las pérdidas de calor ocurridas durante la combustión.

Generalmente los cálculos se expresan en Kcal por kg de combustible quemado y en %.

Los conceptos que se consideran son los siguientes:

# Calor absorbido por el agua en el generador de vapor

El calor absorbido por el agua líquida para convertirse en vapor (incluyendo economizador y sobre-calentador en caso de utilizarlos), puede calcularse de la siguiente manera:

$$H_1 = \frac{\dot{m}_v \times (h_2 - h_1)}{\dot{m}_c}$$

$H_1$  = Calor absorbido por el agua y el vapor por kg de combustible tal como se quema en kcal/kg de Comb.

$m_v$  = Es el caudal de vapor generado en Kg/hr a la presión de trabajo de la caldera.

$m_{Comb}$  = Es el caudal de combustible tal cual se quema kg/hr

$h_2$  = entalpía del vapor a la salida de la caldera en kcal/kg

$h_1$  = entalpía del agua de alimentación a la entrada de la caldera en kcal/kg

# Pérdidas caloríficas debidas a la humedad del combustible

La humedad del combustible se vaporiza y abandona la caldera en forma de vapor sobrecalentado junto con los gases de combustión. De forma estimada, la presión absoluta parcial del vapor en los gases de combustión es 0,07 kg/cm<sup>2</sup> y su temperatura es la de los gases.

$$H_2 = Hu \times (h'' - h')$$

$H_2$  = Pérdida de calor en kcal/kg de Comb. Por la humedad del combustible.

$Hu$  = humedad del combustible en kg de agua/kg de Comb.

$h''$  = entalpía del vapor sobrecalentado a una presión abs. 0.07 kg/cm<sup>2</sup> y temperatura de los gases en kcal/kg.

$h'$  = entalpía de líquido a la temperatura a la que entra el combustible en el hogar en kcal/kg.

# CALOR PERDIDO POR LA COMBUSTIÓN DEL HIDRÓGENO

- El hidrógeno del combustible al quemarse se transforma en agua, la que abandona la caldera en forma de vapor sobrecalentado.

$$H_3 = 9H_H \times (h'' - h')$$

$H_3$  = Pérdida de calor en kcal/kg de Comb. Por agua de formación

$H_H$  = Composición en Peso del hidrógeno en kg/kg de combustible tal como se quema

$h''$  = entalpía del vapor sobrecalentado a una presión abs. 0.07 kg/cm<sup>2</sup> y temperatura de los gases en kcal/kg.

$h'$  = entalpía de líquido a la temperatura a la que entra el combustible en el hogar en kcal/kg.



# Calor perdido por humedad del aire

Este calor perdido es pequeño y se calcula de la siguiente manera :

$$H_4 = \dot{m}_{h.a} \times c_v \times (T_g - T_a)$$

$m_{h.a}$  = Humedad absoluta contenida en el **aire** empleado por cada Kg. de combustible tal como se quema.

$c_v$  = calor específico medio del vapor sobrecalentado (0.46 kcal/Kg°C).

$T_g$  = temperatura de los gases a la salida de la chimenea. en °C

$T_a$  = temperatura del aire a la entrada de la caldera en °C.

# Calor perdido con los gases secos de la chimenea

Esta pérdida es la más importante y se calcula así:

$$H_5 = \dot{m}_{g.s} \times c_{g.s} \times (T_g - T_a)$$

$$\dot{m}_{g.s} = \frac{44 \times r_{CO_2} + 28 \times r_{CO} + 32 \times r_{O_2} + 28 \times r_{N_2}}{12 \times (r_{CO_2} + r_{CO})} \times \left( g'_c + \frac{3}{8} \times g_s \right) + \frac{5}{8}$$

$\times g_s \left[ \frac{\text{Kgr de Gases Secos}}{\text{Kgr de Combustible}} \right]$

$C_{g.s}$  = Calor específico medio de los gases (Sin mucho error se puede tomar 0.24 Kcal/kg.°C )

$r_{CO_2}, r_{O_2}, r_{CO}, r_{n_2}$  = Composición en volumen de gases secos

$g'_c$  = Carbono realmente quemado =  $(m_f c_f - m_r c_r) / m_f$

$C_f$  = carbono del combustible según análisis elemental (%)

$m_f$  = peso del combustible quemado en Kg/h

$m_r$  = residuos y cenizas en kg o en %

$C_r$  = carbono contenido en  $m_r$  en kg o en %

# Calor perdido por combustible gaseoso sin quemar

Esta pérdida generalmente es pequeña y se debe a que el aire es insuficiente para la combustión lo que da como resultado que parte del combustible forme monóxido de carbono

$$H_6 = \left[ \frac{CO}{CO_2 + CO} \right] \times 5689 \times g'_c$$

$H_6$  = pérdidas por mala combustión en kcal/kg de combustible tal cual se quema

# Calor perdido por combustible sin quemar contenido en cenizas y residuos

Parte del carbono del combustible, ya sea sin quemar o parcialmente quemado, cae en el cenicero. Esta pérdida depende del tipo de parrilla, velocidad de combustión, tamaño y clase de carbón.

$$H_7 = 8148 \times \left[ \frac{m_r \times c_r}{m_c} \right]$$

$H_7$  = Pérdidas caloríficas en kcal/kg de combustible tal como se quema.

# Calor perdido por radiación, hidrógeno e hidrocarburos sin consumir, y otras pérdidas

Estas pérdidas se determinan restando el calor absorbido por el agua en la caldera y las pérdidas caloríficas a la potencia calorífica superior del combustible tal como se quema.

$$H_8 = P_{C.S.} - [H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 + H_6 + H_7]$$

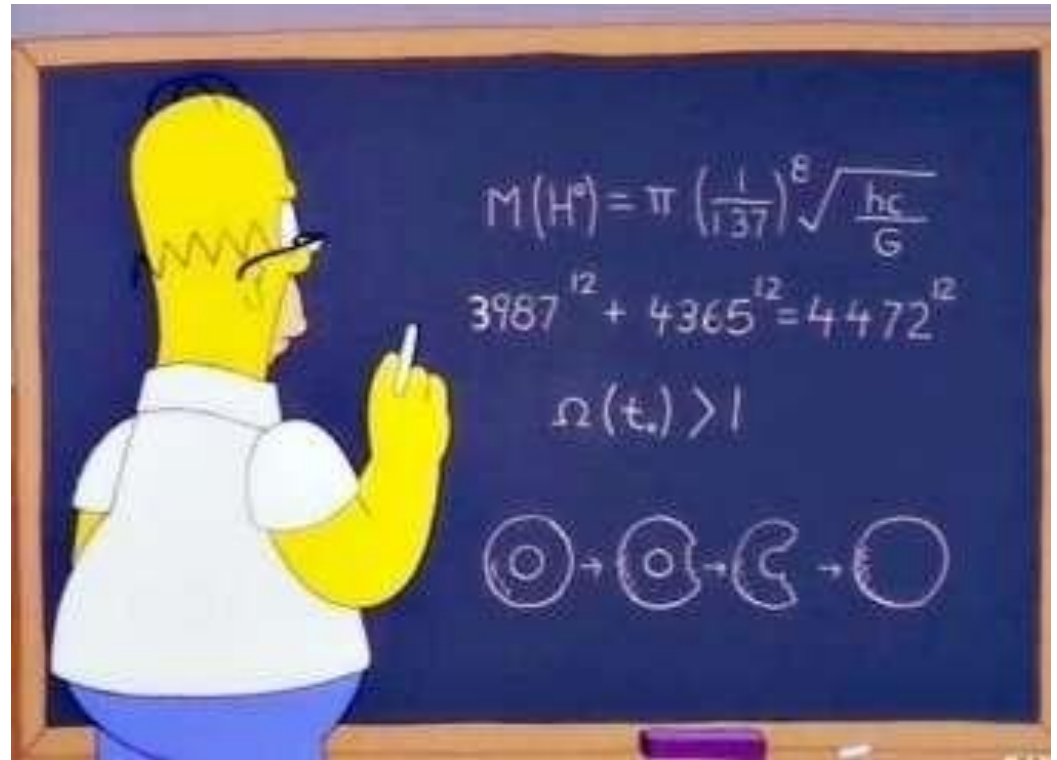
$P_{C.S.}$  = Poder calorífico superior del combustible tal como se quema kcal/kg de Comb.



- En función de lo visto ¿Cómo estimamos el rendimiento del generador de vapor?

Pensemos:  
Si hacemos.....

Despejamos  $H_1$



# Rendimiento Global

(Eficiencia térmica)

A la relación entre el calor transmitido y el calor suministrado por el combustible se le conoce como eficiencia térmica ( $\eta_{G.V.}$ ) o rendimiento global.

$$\eta_{Caldera} = \frac{\dot{G}_V \times (h_V - h_{A.A.})}{\dot{G}_{Comb} \times P_{C.S.}} \times 100$$

Dónde:

$G_V$  = Es el caudal de vapor generado en Kg/hr a la presión de trabajo de la caldera.

$G_{Comb}$  = Es el caudal de combustible tal cual se quema kg/hr

$\Delta h$  = Diferencia de entalpía entre el vapor generado y el agua de alimentación.

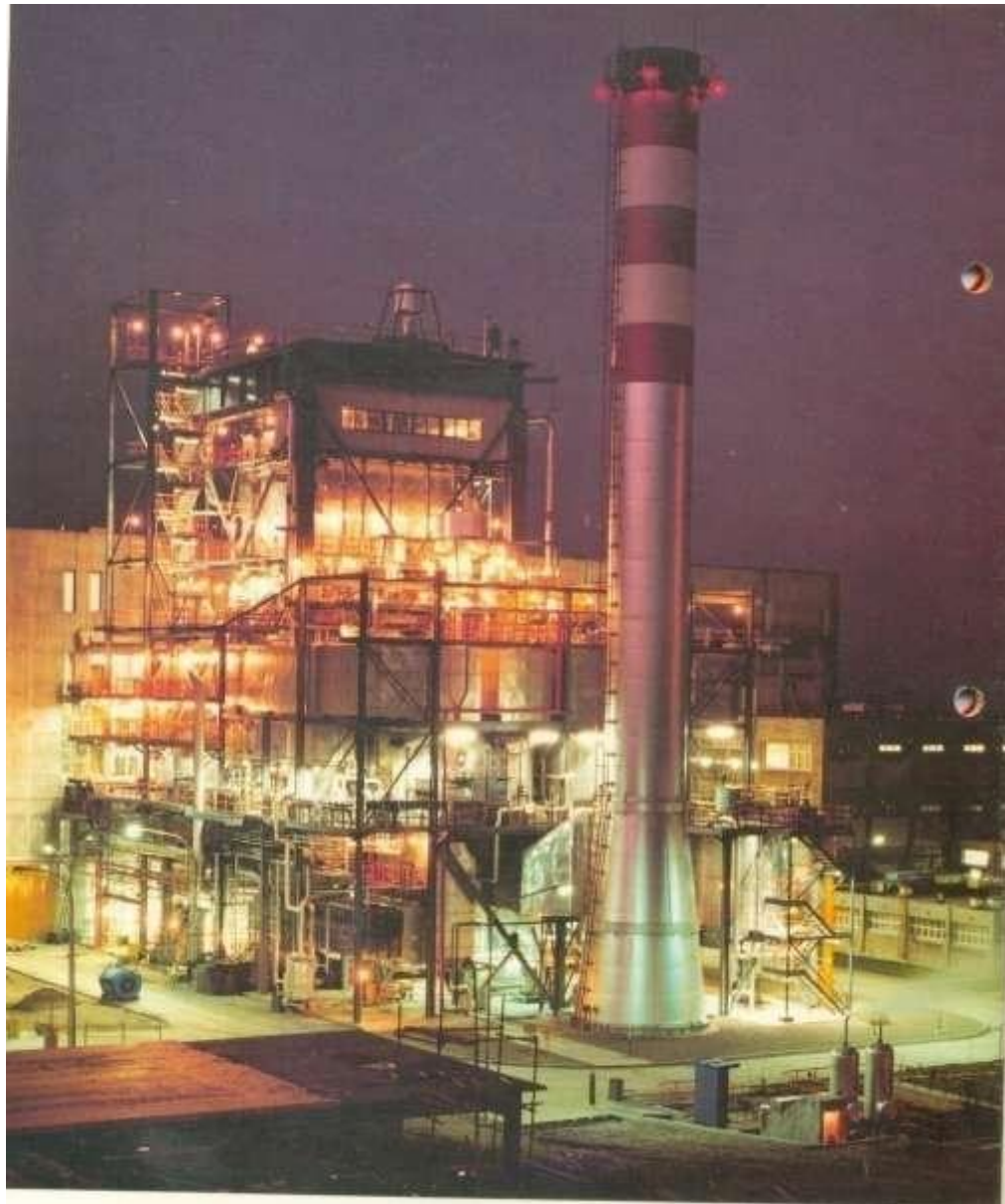
$P_{C.S.}$  = Poder calorífico superior del combustible en kcal/kg de Comb.

## 12. REGLAMENTACION PARA CALDERAS

- Las calderas deben ser registradas en la Empresa Provincial de la energía de Santa Fe y se debe llevar un libro de registro donde está el N° de inscripción y el diario de vida de la caldera.
- Bajo condiciones normales de operación se deben realizar controles periódicos (Como mínimo una vez al año) por organismos habilitados. Por ejemplo: una prueba hidráulica, contraste de instrumentales, medición de espesores, etc.
- Si el agua con que se alimenta una caldera contiene mas de 1 g/l de dureza debe revisarse internamente cada 6 meses.
- Los operadores de calderas deben tener un carnet de Foguista

# 13. PAUTAS PARA SELECCIÓN DE GENERADORES DE VAPOR

- Tipo, disponibilidad, y costo del combustible a utilizar
- Tipo de vapor a producir – Proceso o Potencia
- Presión y Caudal de vapor requerido
- Régimen de carga - Carga de puestas en marcha y de régimen



**MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCION !!!**