

Manejo del Vapor en las Fábricas de Alimento para Animales

Carlos A. Campabadal, PhD

Especialista en Almacenamiento de Granos y Manufactura de Alimentos para Animales

International Grains Program Institute

Department of Grain & Food Science

Kansas State University



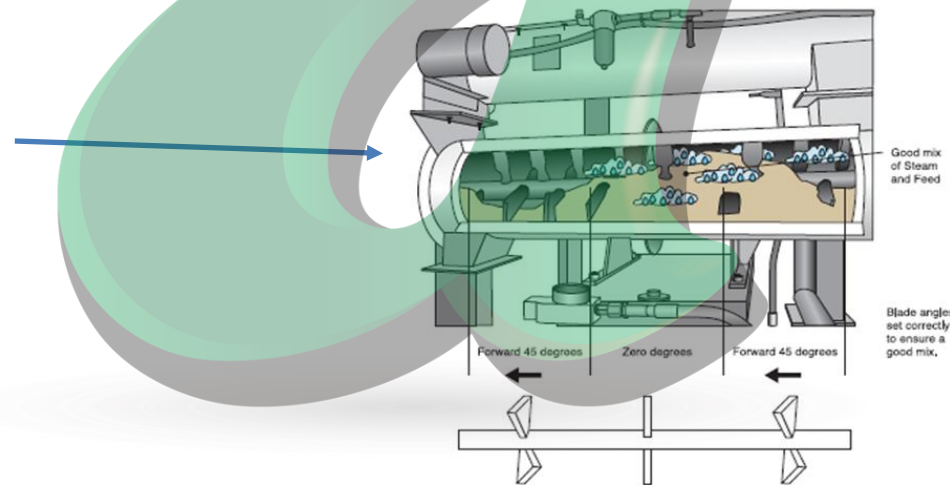
IGP Institute

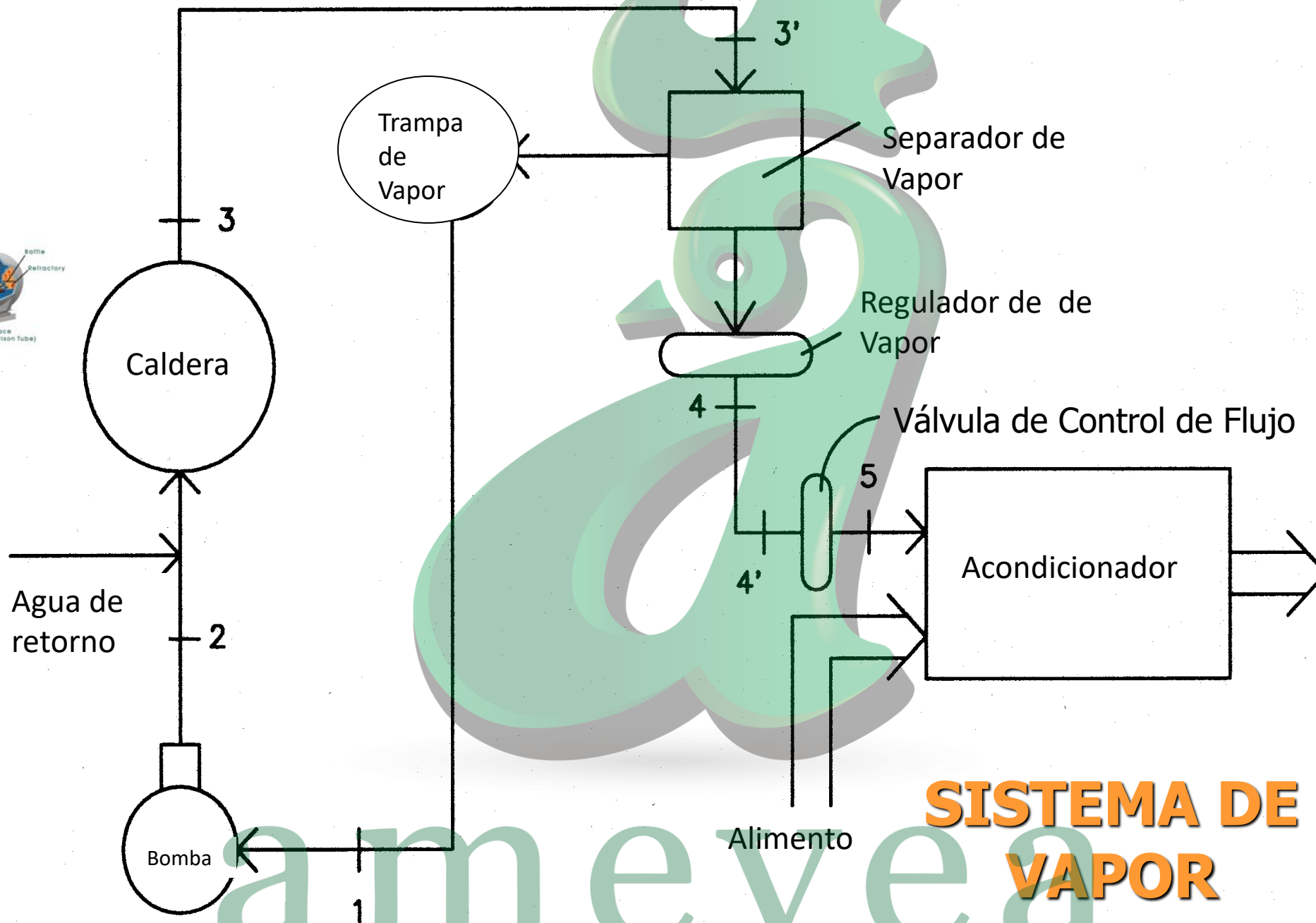
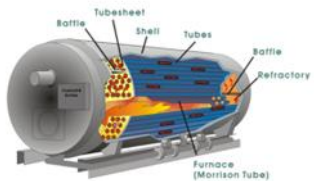
Aplicaciones de Vapor en las Plantas de Alimentos de Manufactura

- En el acondicionamiento del peletizado o extrusión
- En el proceso de hojuelado
- Limpieza en la planta
- Calentamiento de los tanques de grasa
- Pocos casos como fuente de calor para el secado de pellets o granos

Acondicionamiento en el Peletizado

- Temperaturas comunes en el peletizado
 - 75-82°C, dependiendo de la calidad del vapor
- Buena calidad del vapor = 97%
 - El incremento de la temperature de 15 °C, por cada 1% de humedad añadido
- Mala calidad del vapor = 80%
 - El incremento de la temperature de 15 °C, por cada 1% de humedad añadido



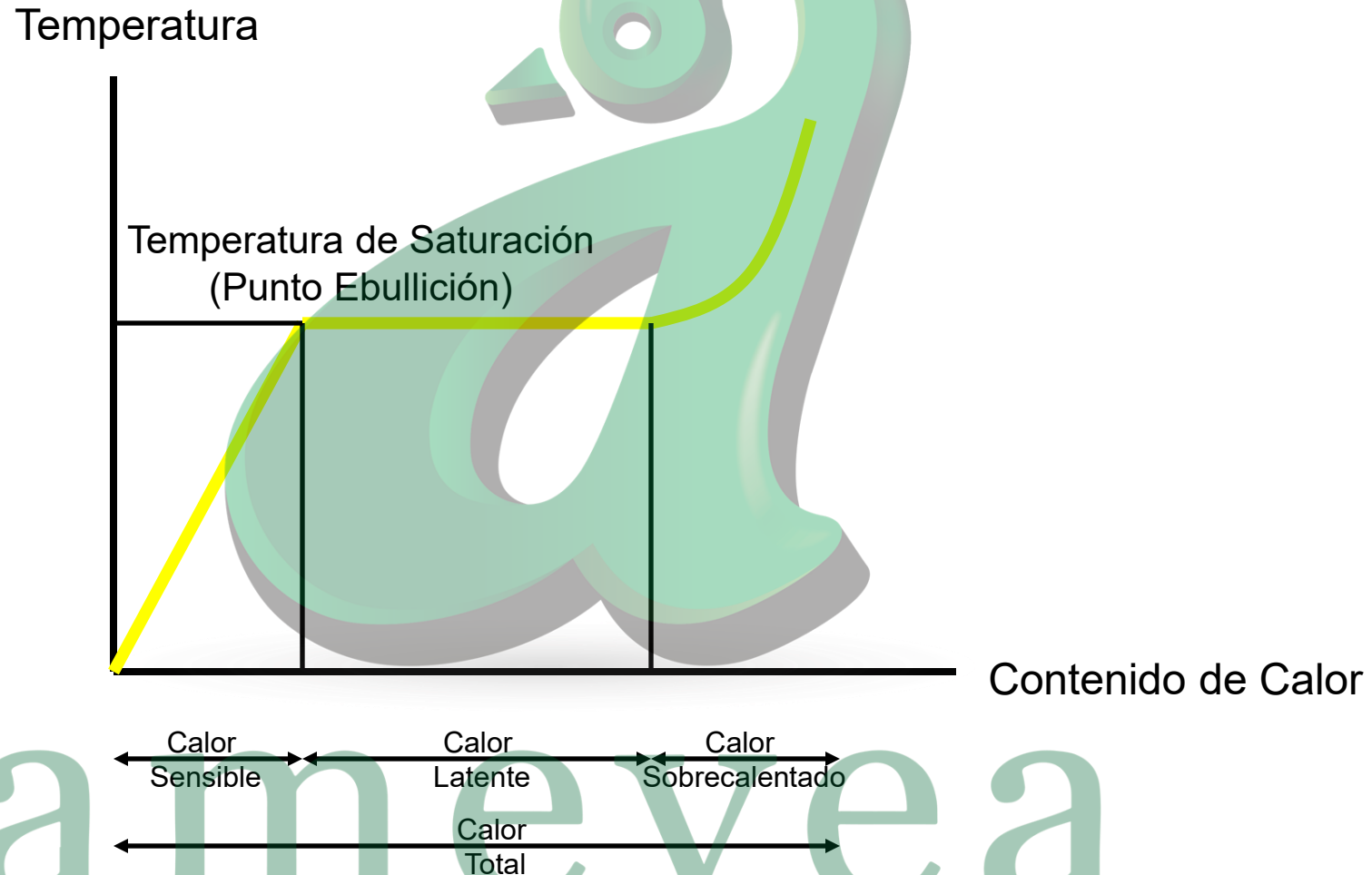


SISTEMA DE VAPOR

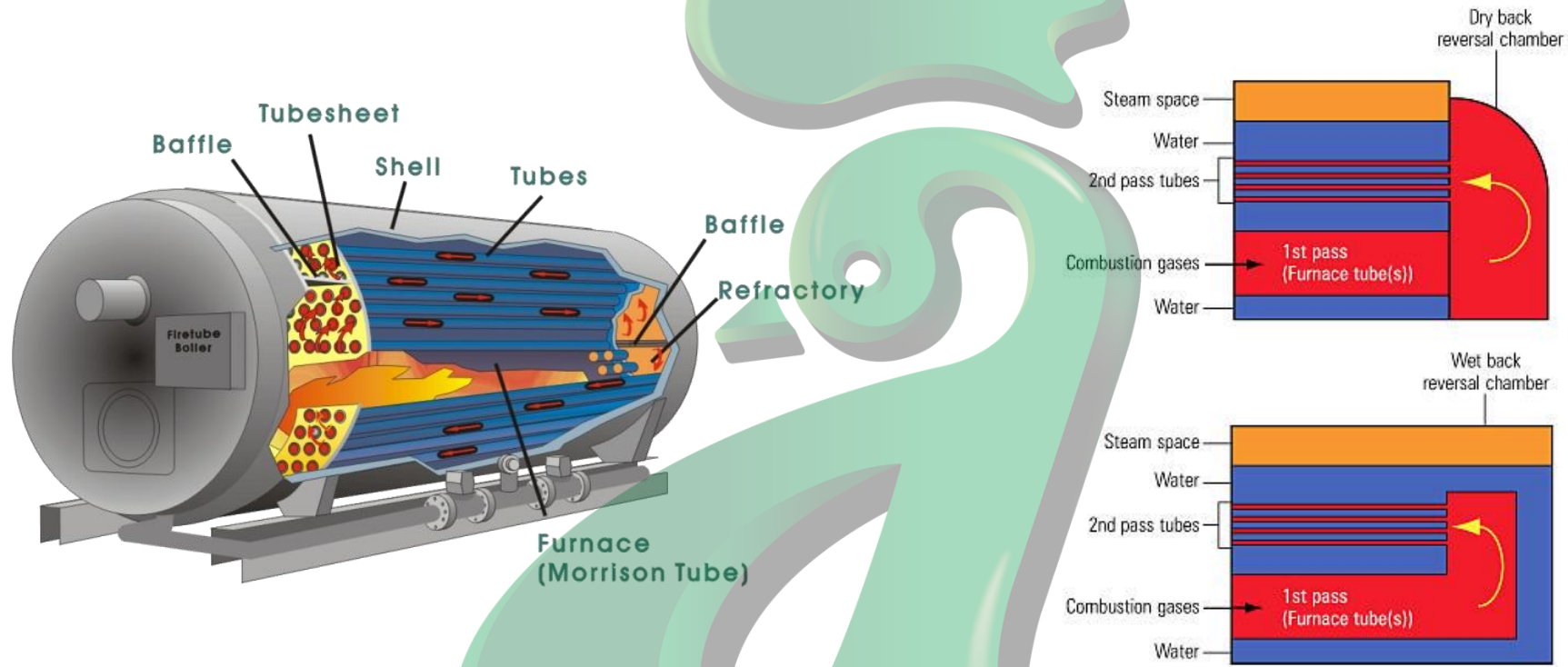
Definiciones de Calidad de Vapor

- Vapor Mojado
 - Mezcla líquido-vapor que tiene gotas de agua
 - $Q_s < 100\%$
 - Calor total = calor (sensible + latente)
 - Cuando el vapor saturado se enfría, la humedad se condensa
- Vapor Seco
 - Vapor saturado o sobrecalentado
 - $Q_s = 100\%$
 - Calor total = calor (sensible + latente + sobrecalentado)
 - Cuando el vapor sobrecalentado se enfría, el vapor se convierte en vapor saturado

SUMINISTRO DE VAPOR (CONTENIDO DE CALOR vs TEMPERATURA)



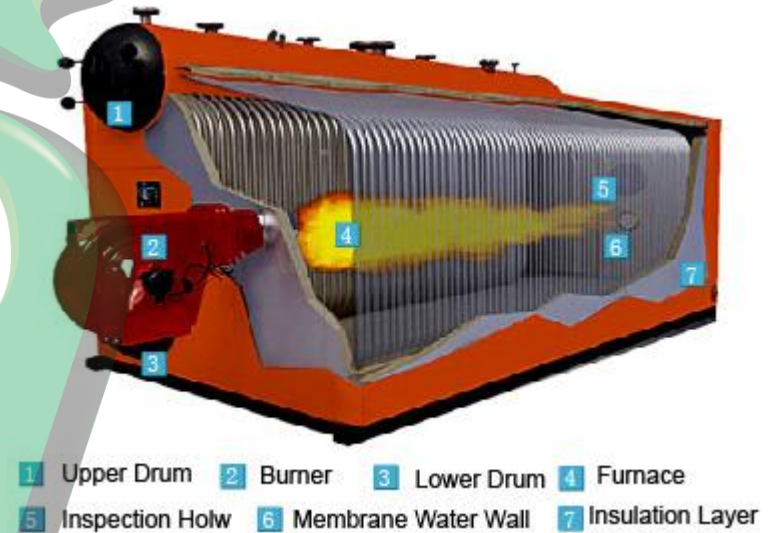
Caldera Tipo Tubos de Fuego



- Capacidad: 15 a 1500 hp
- Presiones < 350 psi = 24 bares
- Espalda seca (refractario, menos mantenimiento)
- Espalda húmeda (menos refractario, más difícil acceso y limpieza)

Caldera Tipo Tubos De Agua

- Mayor eficiencia
- Mayor capacidad
- Más costosas
- Mayor mantenimiento
- Uso para aplicaciones de:
 - Mayor necesidad de vapor (hasta 500 kg/s)
 - Mayor necesidad de presiones (hasta 160 bares = 2320 psi)

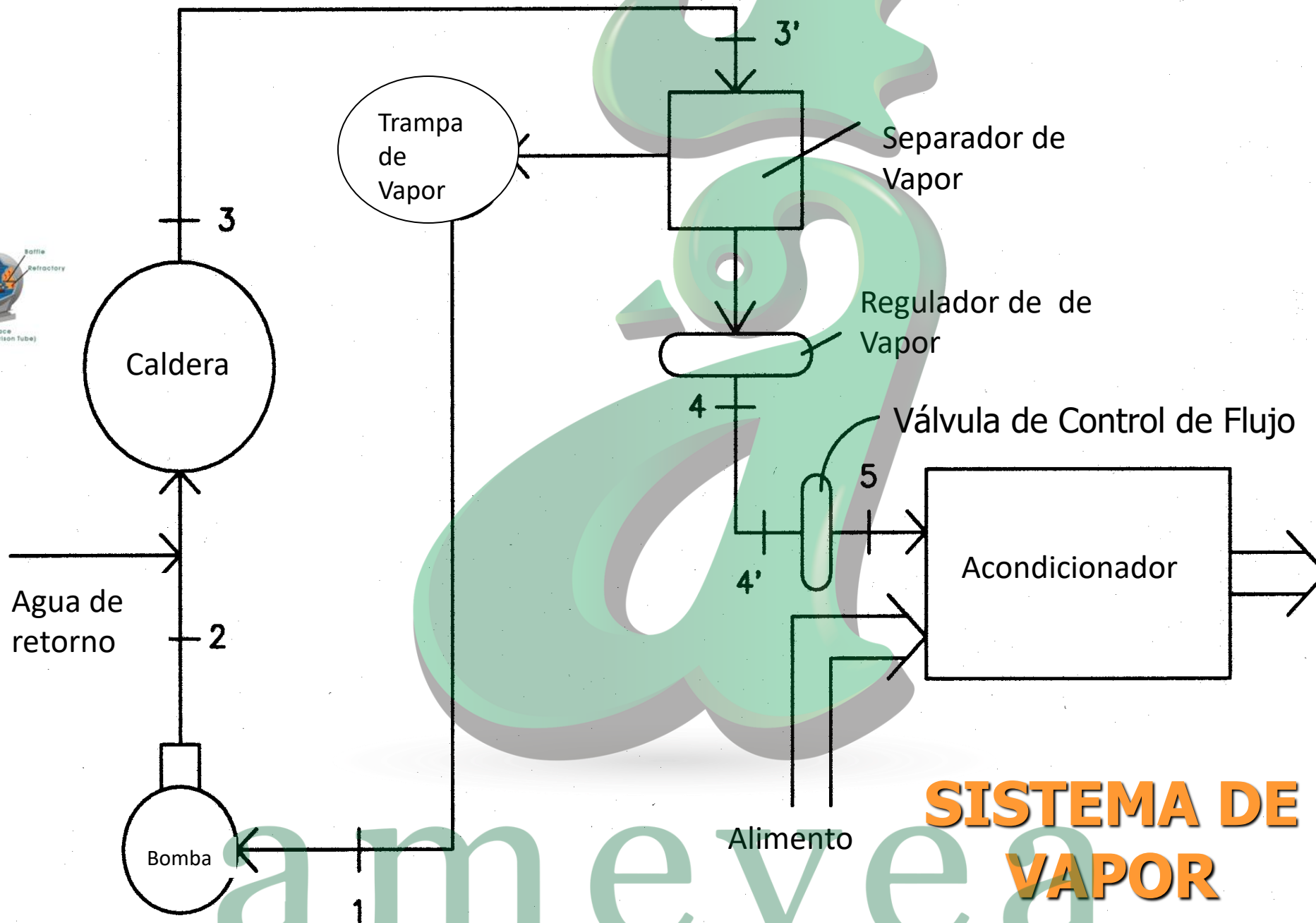
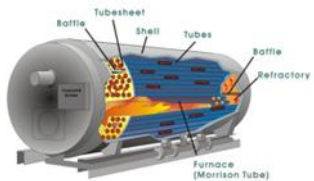


Consideraciones Importantes para Escoger Una Caldera

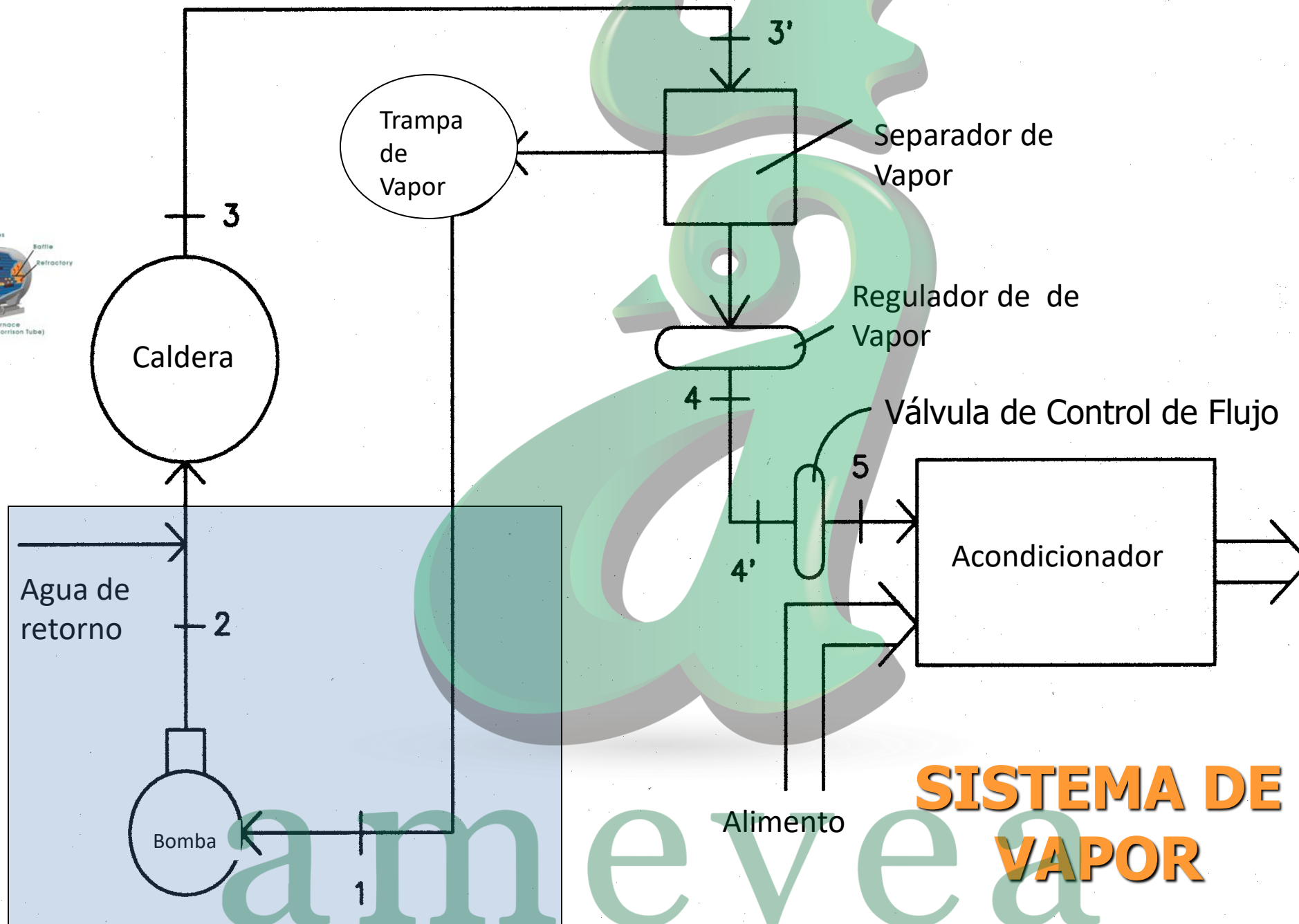
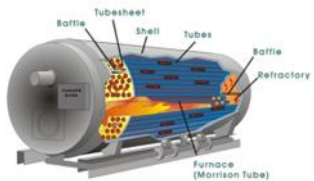
- Análisis de los costos de mantenimiento de los equipos.
- La precisión para evaluar eficiencia requiere tomar datos continuos o llevar un historial.
- Los costos de combustible con el tiempo son más altos que el costo inicial de la caldera por eso es importante escoger una caldera con muy buena eficiencia.



Componentes Necesarios en un Sistema de Vapor



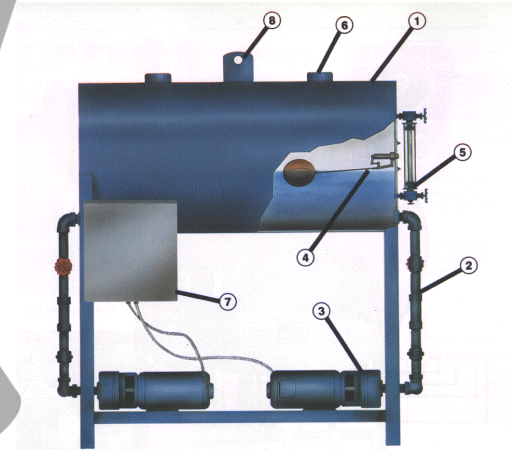
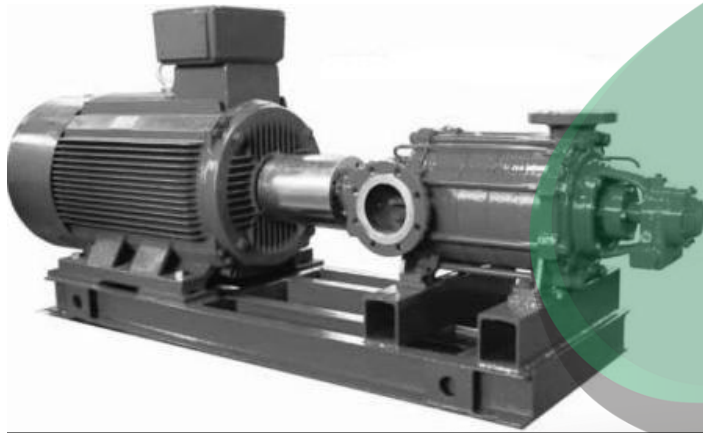
SISTEMA DE VAPOR

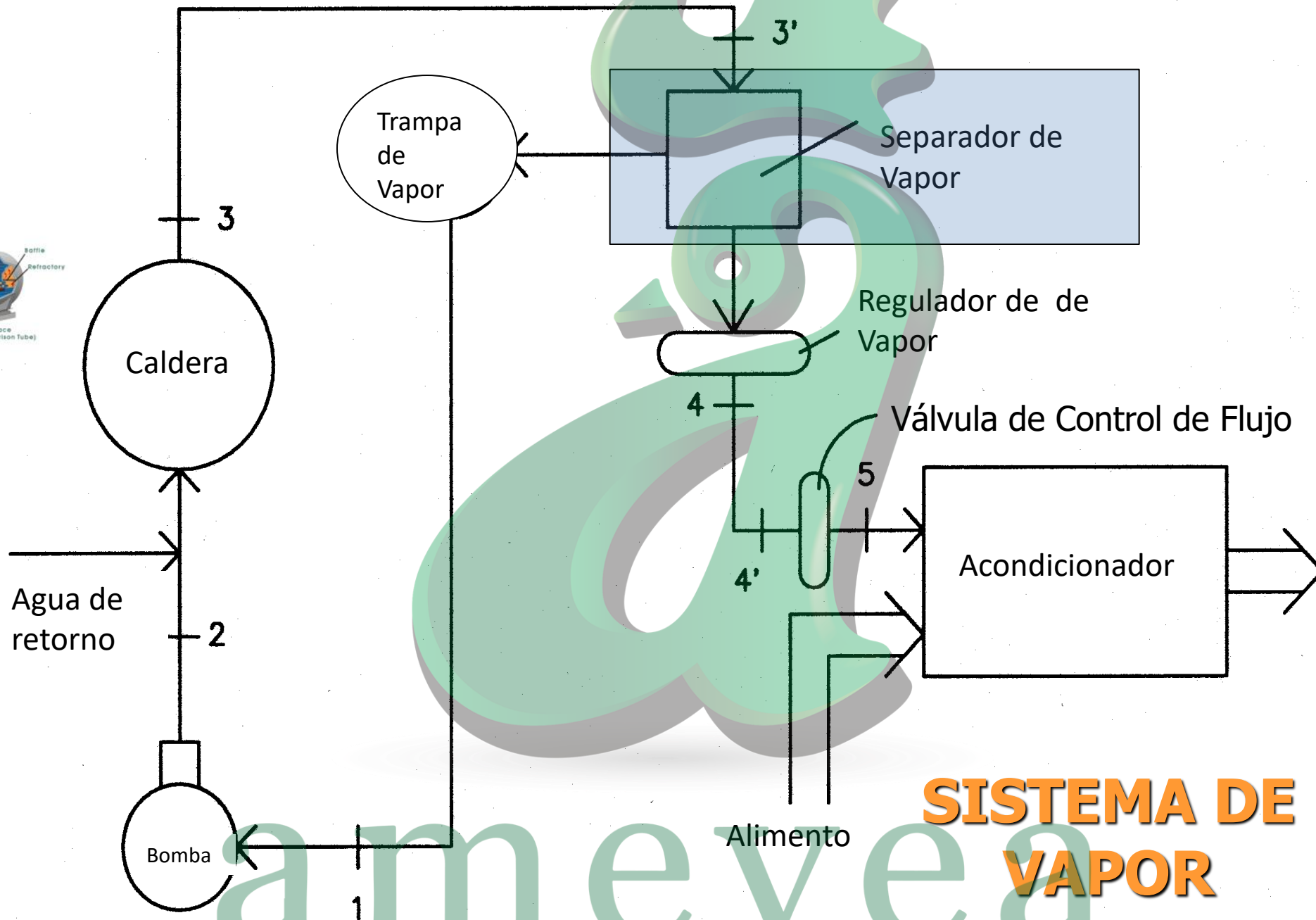
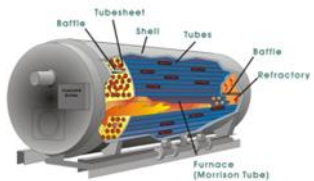


SISTEMA DE VAPOR

Alimentación de Agua y Retorno

- La alimentación de agua a la caldera viene de la tubería y del retorno de condensados (agua caliente).
- El agua que viene de la tubería puede ser precalentada.

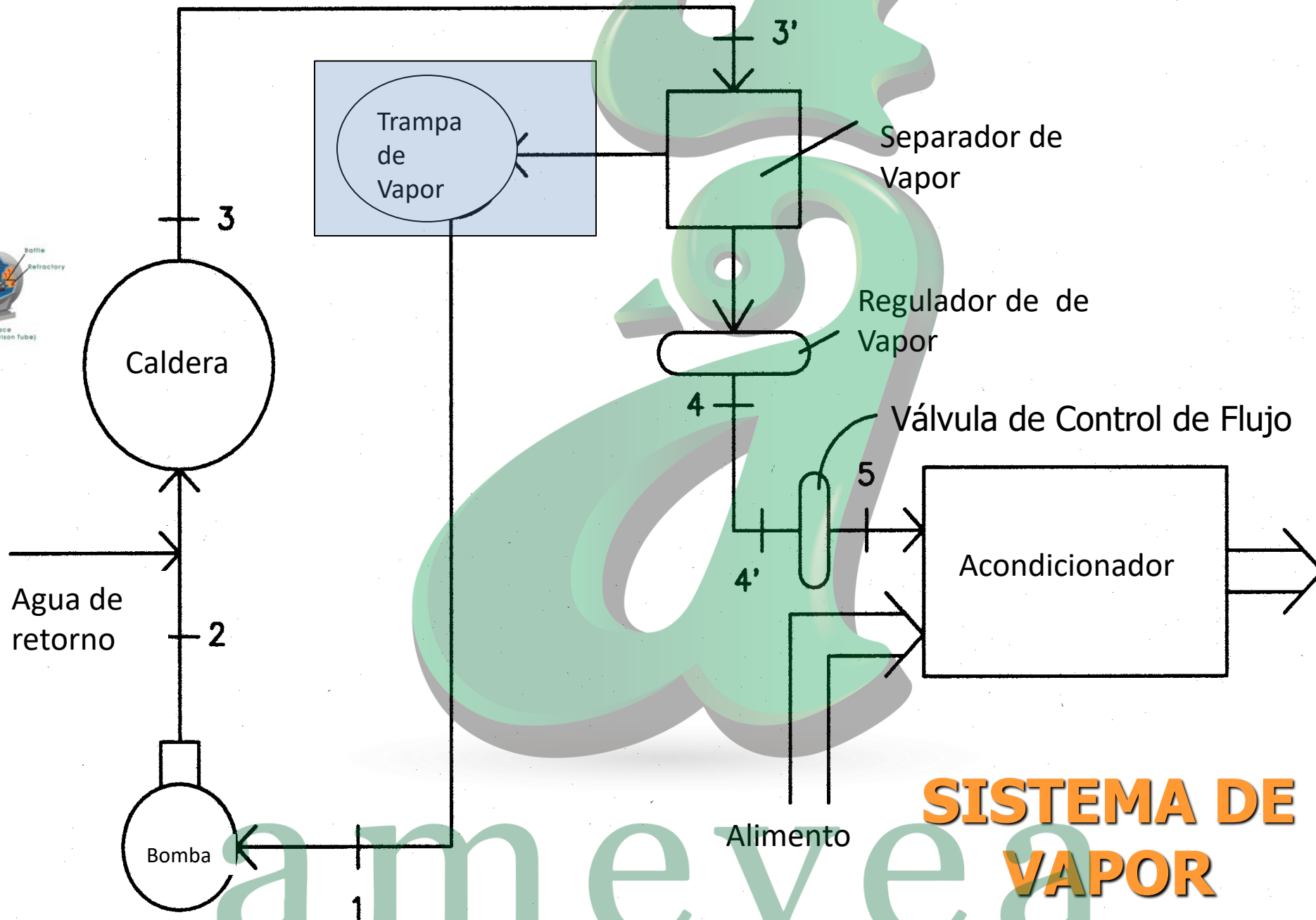
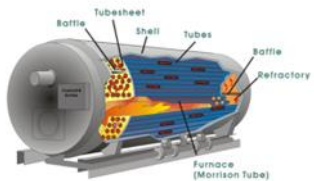




Separadores de Vapor

- Separa el condensado que viene en las tuberías del vapor.
- Se instala antes del regulador de presión del vapor.

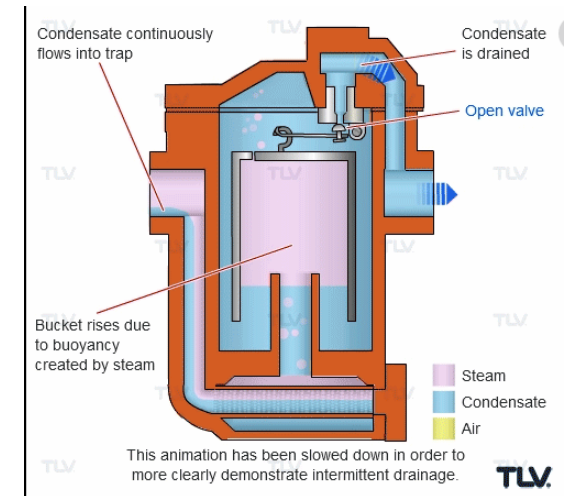
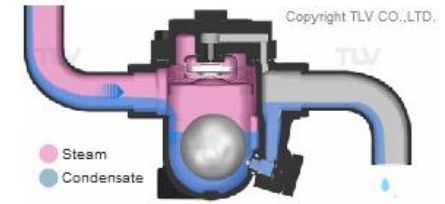


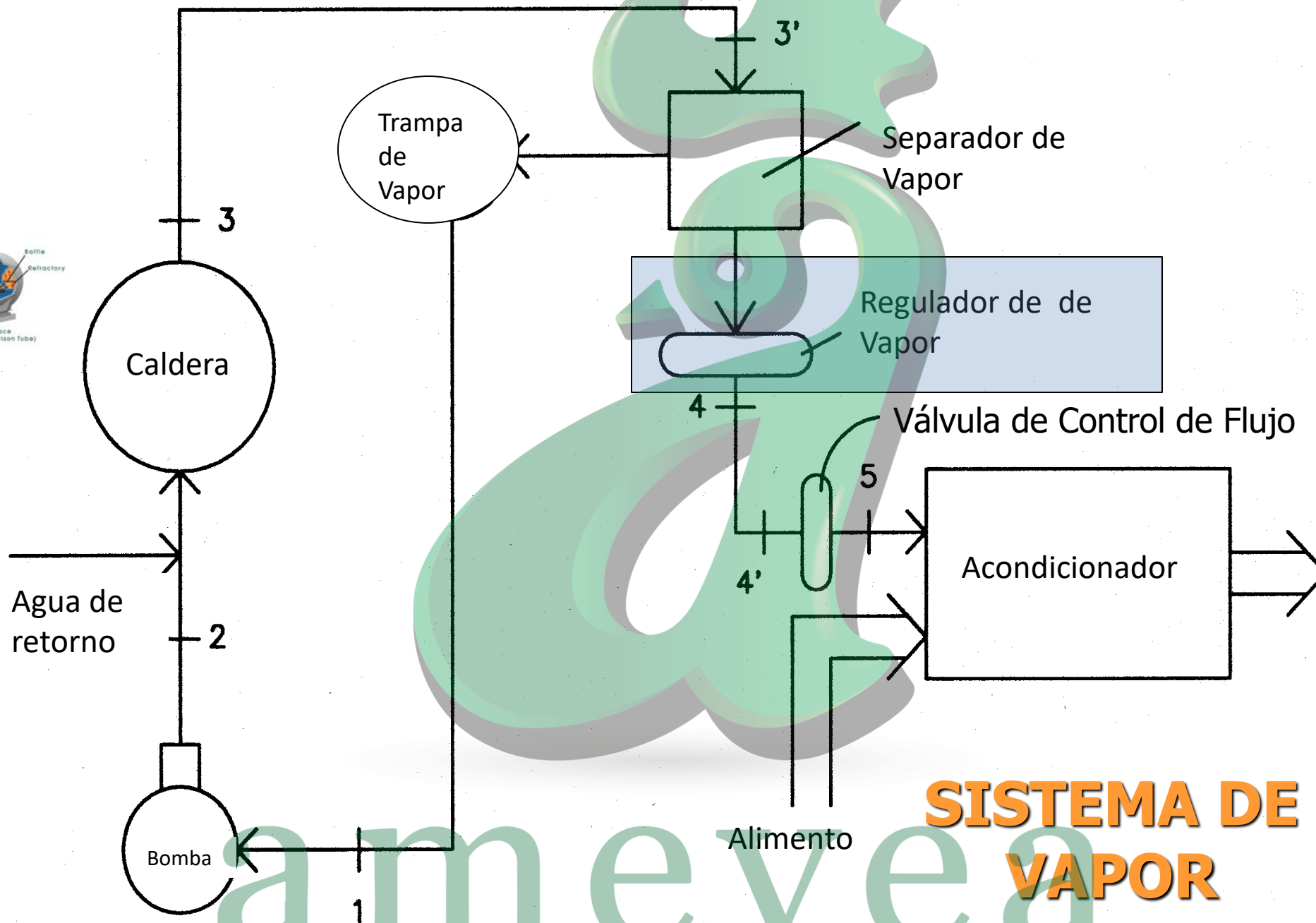
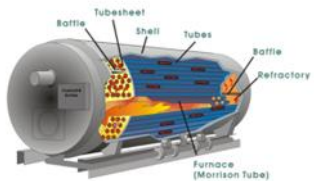


SISTEMA DE VAPOR

Trampas de Vapor

- Separa el condensado del flujo y lo retorna a las líneas de vapor.
- Se usa y evita pérdidas de vapor.
- Son confiables y fáciles de dar mantenimiento.

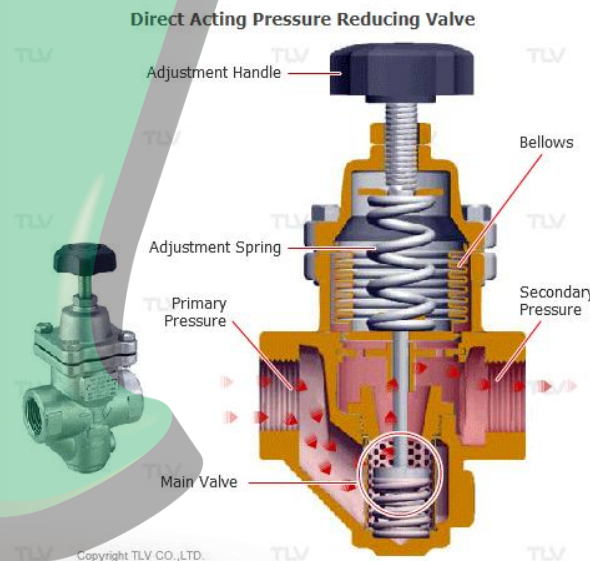




SISTEMA DE VAPOR

Reguladores de Presión del Vapor

- Reduce la presión del vapor de la caldera de 75 – 160 psi a 25-50 psi (5 – 11 bar a 3.4 - 1.7 bar).
- Mejora la calidad del vapor.

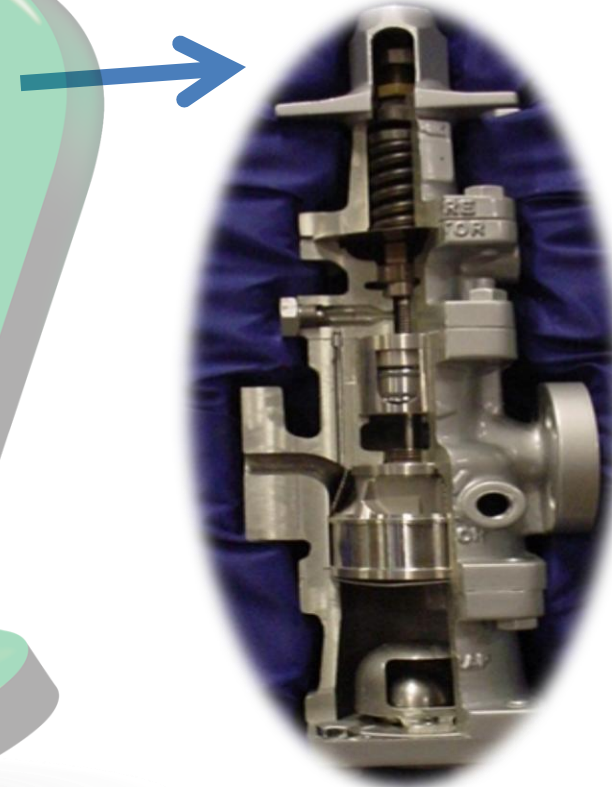


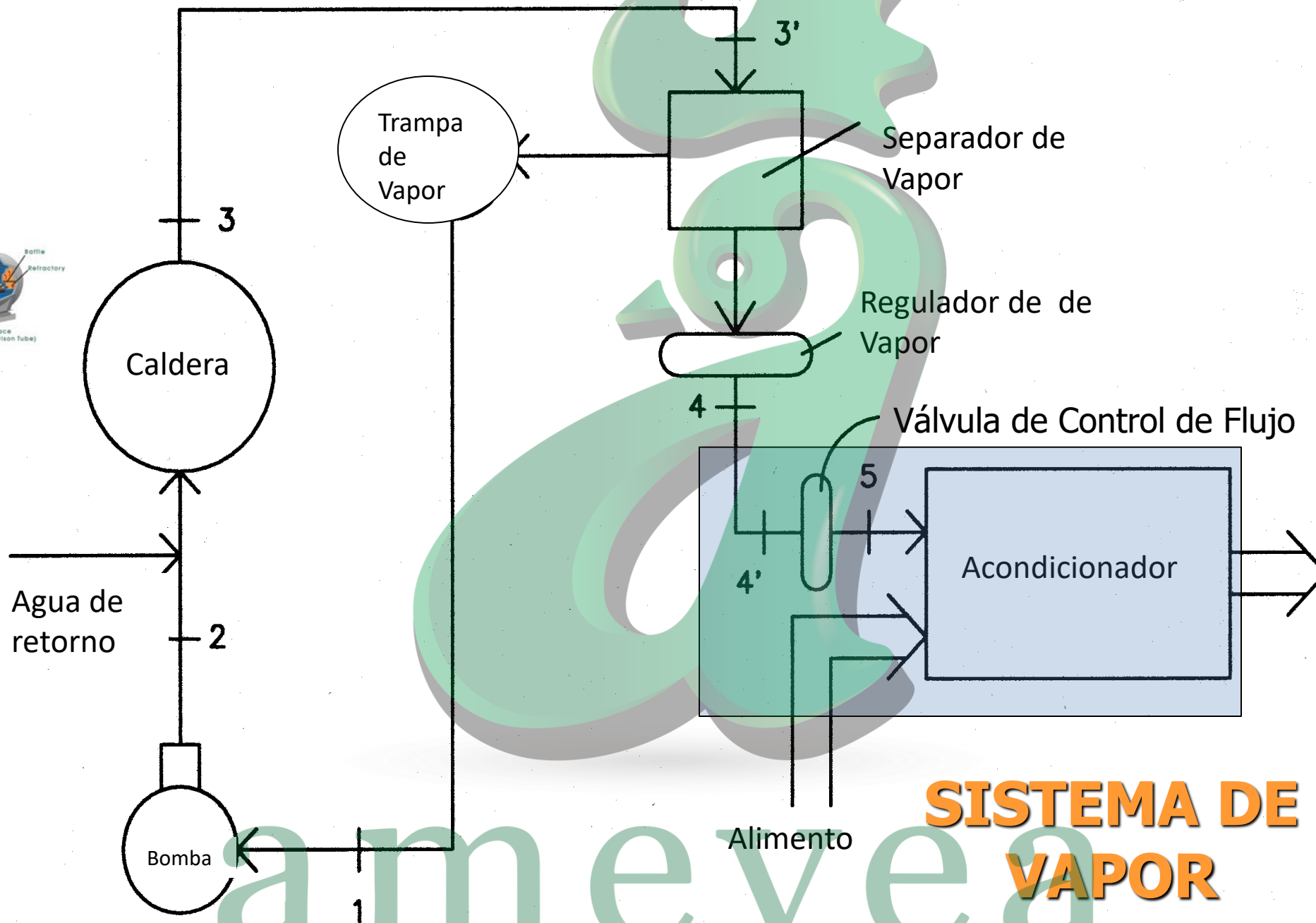
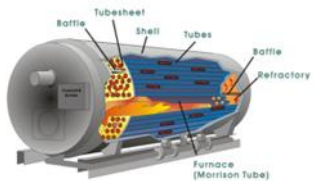
Válvulas tipo TLV Cospect

- Válvula de regulación de vapor
- Separador de vapor
- Trampa de vapor



Ajuste de presión





SISTEMA DE VAPOR

Válvulas de Control de Flujo

- No permite el retorno del vapor a la tubería y lo dirige hacia el acondicionador

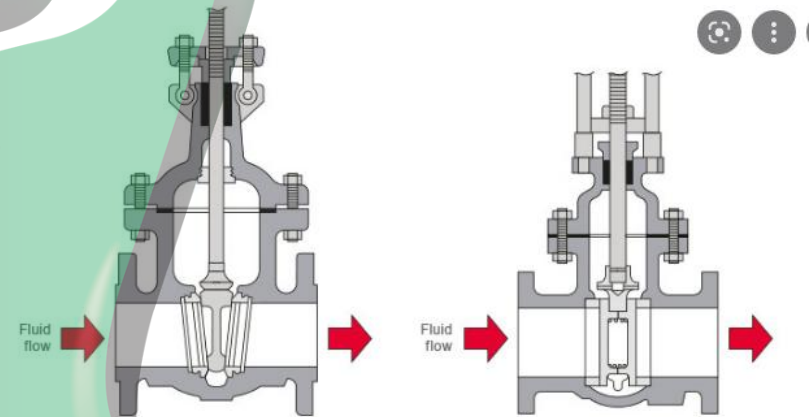
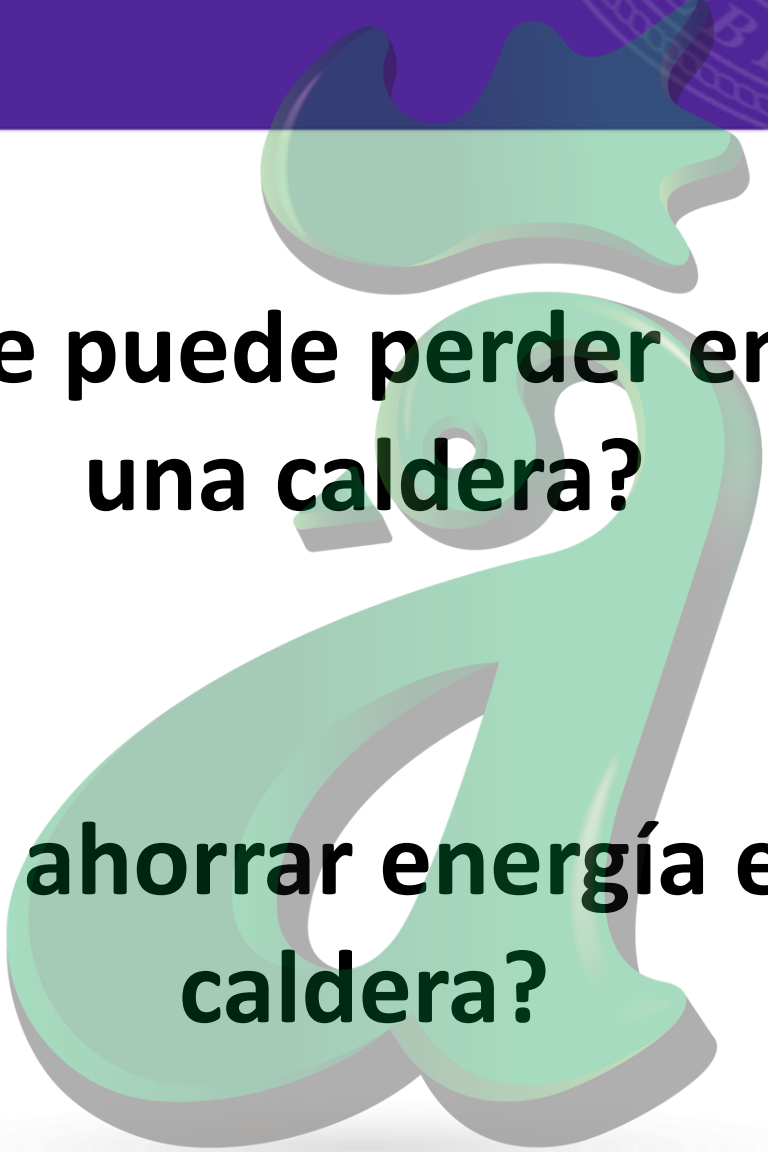


Fig. 6.1.5 Wedge gate valve and parallel slide valve (manual operation)

Control de Entrada del Vapor

- Válvula tipo Masoneilan
 - Controla la cantidad de vapor
 - Controlada por sistema operativo
 - Muy precisas

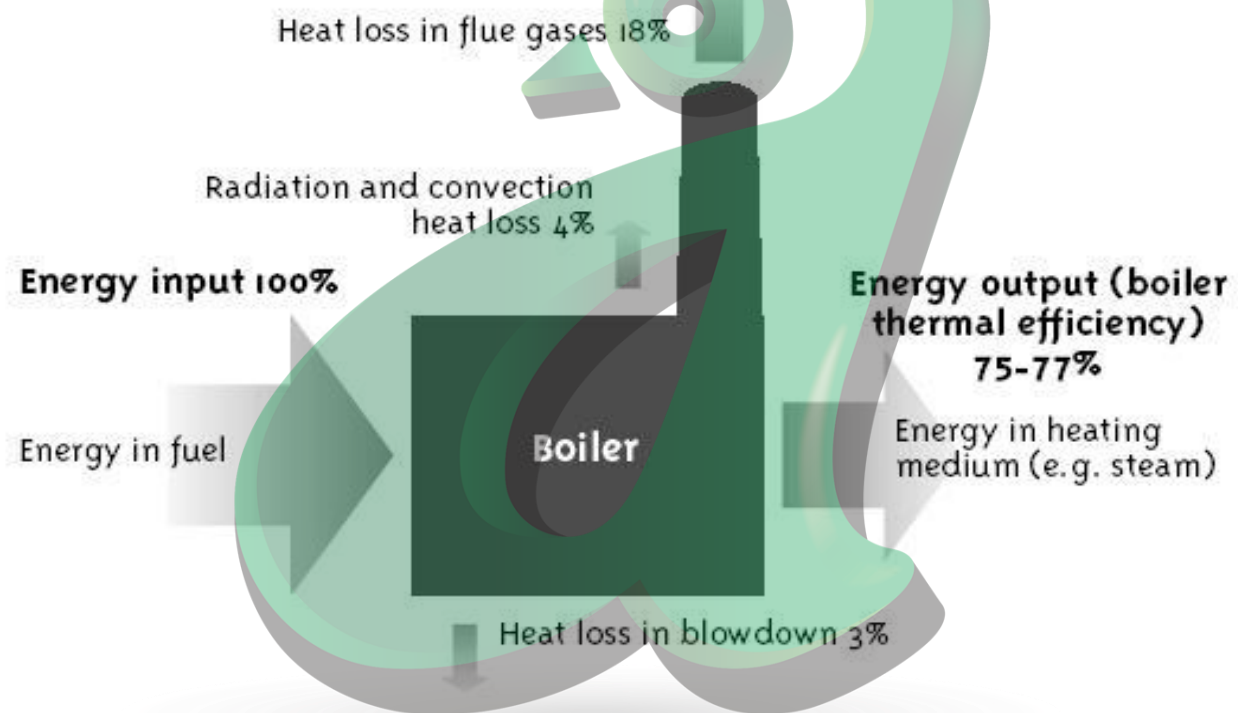




¿Dónde se puede perder energía en una caldera?

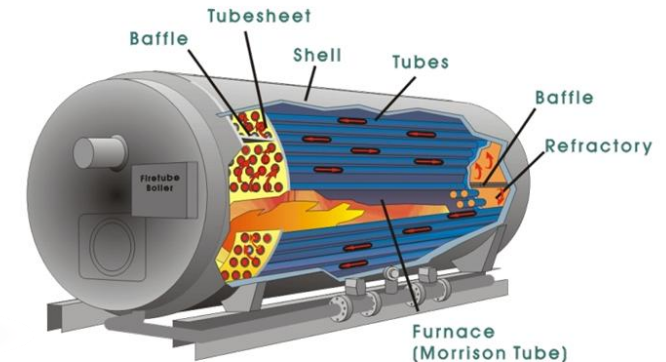
¿Como ahorrar energía en una caldera?

Energía de la Caldera



Consideraciones Importantes para Conservar Energía en Calderas (Sistemas de Vapor)

1. Operar a las presiones (min & max) y condiciones adecuadas
2. Combustión correcta (aire + combustible)
3. Manejo de agua (reducir costra)
4. Usar componentes de ahorro de calor
5. Prevenir y reparar fugas de vapor



Controlador de Presión de Trabajo

Caída no más de 20
psi = 140 kPa = 1.5 bar

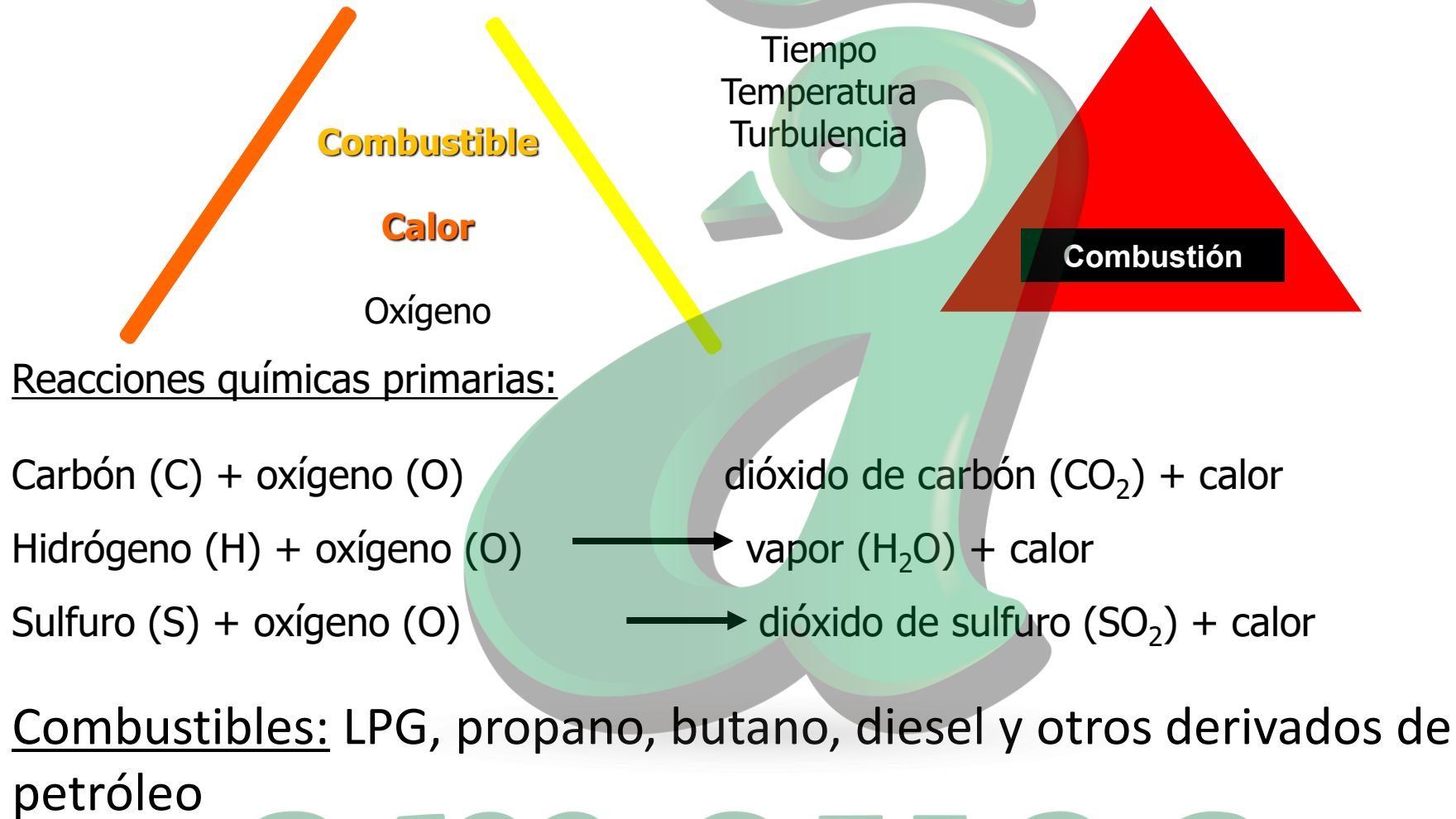
Presión máxima
tiene que ser
bien calculada
para evitar sobre
uso



Controles
electrónicos



Elementos de Combustión



Manejo del Agua de la Caldera

¿Por qué el agua no es perfecta para la combustión?

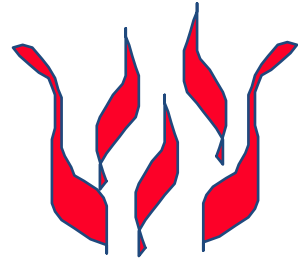
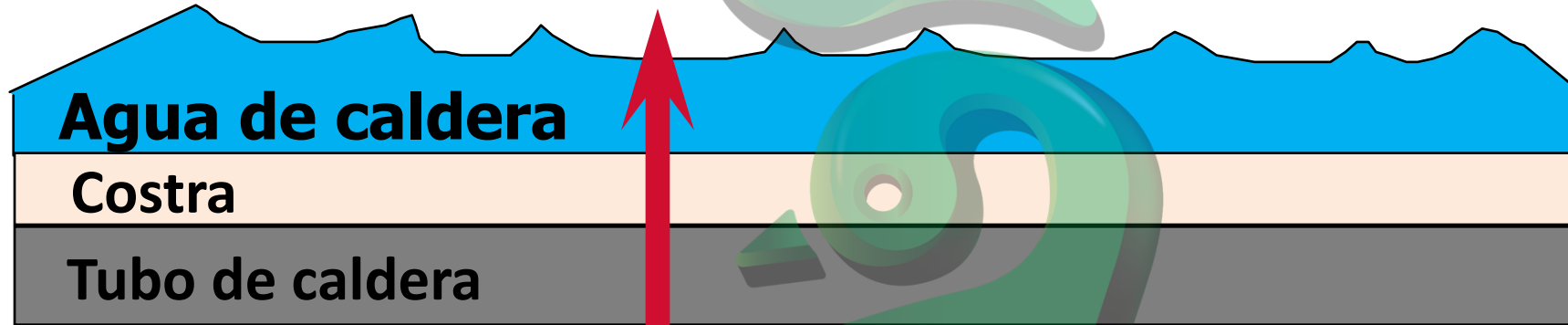


Manejo del Agua de la Caldera

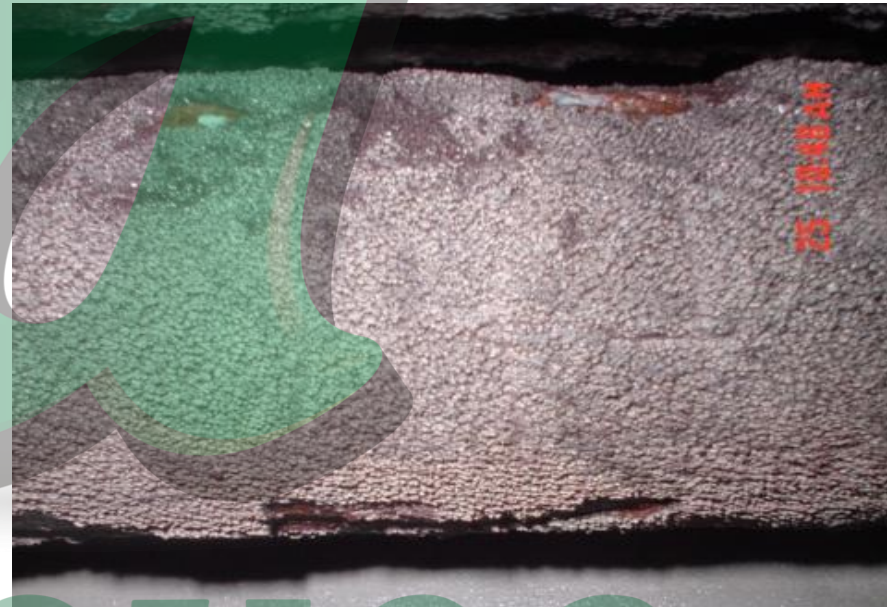


Manejo de la Costra

Ejemplo: Tubos de caldera con costra



Gases calientes



Perdida de Eficiencia de Caldera por Costra

Grosor Costra (pulgadas)	Pérdida de Eficiencia (%)
1/64	4
1/32	7
1/16	11
1/8	19
1/4	38
3/8	48
1/2	60
3/4	90

Manejo del Agua de la Caldera

- Oxígeno disuelto - <7 ppm
- Ph - 7 a 10
- Dureza total - 0 ppm
- Alcalinidad total - 400 ppm max
- Total sólidos disueltos - 3500 ppm max
- Silica - 150 ppm max
- Hierro – 0.05 ppm max

Manejo del Agua de la Caldera

Total de Sólidos Disueltos (TSD)

- Principalmente sales con calcio y magnesio
- Aumento por tratamiento del agua
- Aumento causado por la concentración del agua de alimentación al evaporarse



Métodos para Control de los Sólidos Disueltos

- **Purga**
 - Agua evaporada y agua de caldera aumentan concentración de impurezas
 - Sólidos disueltos
 - Para diluir sólidos de agua de caldera...
 - Sacando agua de caldera
 - Aumento de flujo de agua de alimentación en exceso de demanda de vapor



Manejo del Agua de la Caldera

Uso de suavizadores

- Eliminan el calcio y magnesio por intercambio de iones.

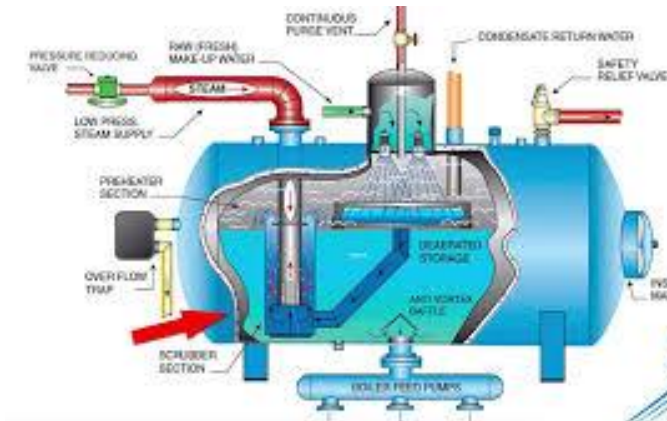


Manejo del Agua de la Caldera

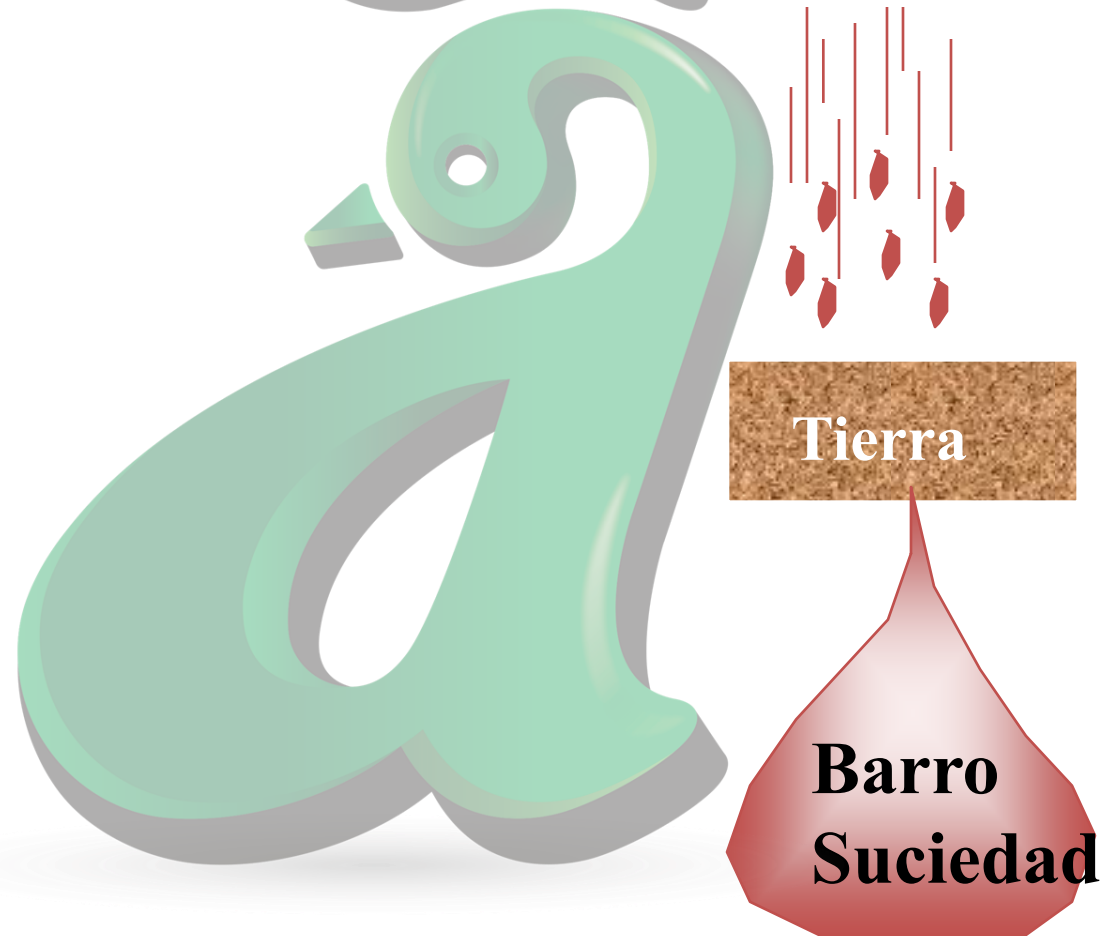


Reducir Aire en Agua de Caldera

- Deaeradores quitan las burbujas de aire en el agua que causan corrosión.



Manejo del Agua de la Caldera



Manejo del Agua

- **Sólidos suspendidos:**
 - Impurezas (barro, etc)
 - Pueden causar espuma
 - Pueden pegarse a la paredes de la caldera
 - **Solución:** Usar filtros o retenedores



Reducción de Pérdidas de Energía en el Vapor

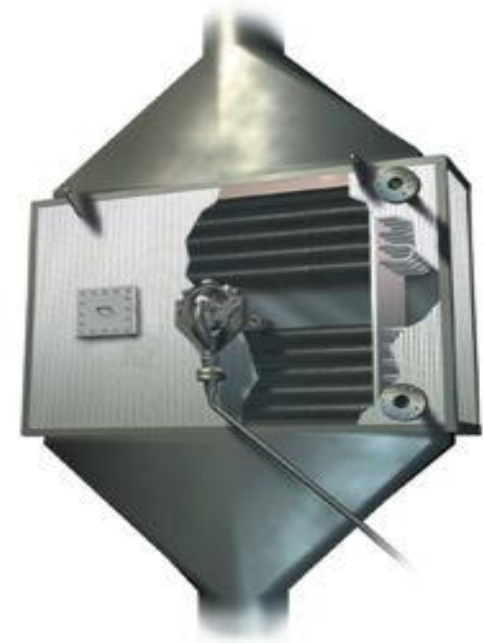
Poner aislamiento en tuberías



Reducción de Pérdidas de Energía en La Chimena

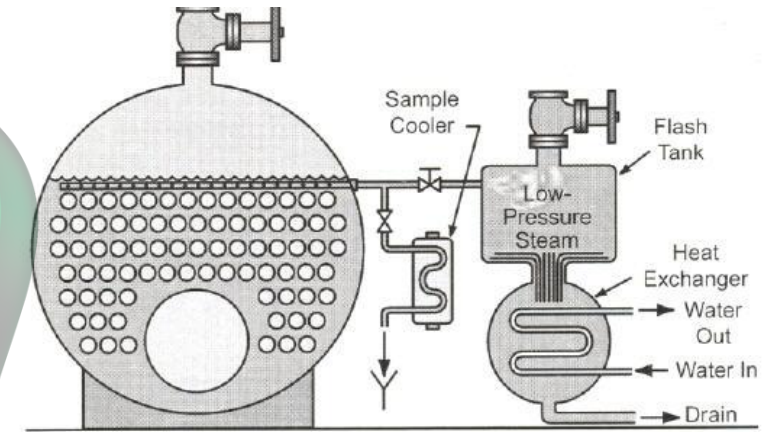
Uso intercambiadores de calor en chimena.

- Capturan el calor que se pierda a la atmósfera.
- Se usa para calentar el agua de alimentación.
No enfriar la chimena al punto donde puede ocurrir condensación.



Reducción de Pérdidas de Energía en La Purga

- Entre más agua fresca se añade al sistema, más purgas van hacer necesarias.
- Transferir calor al agua fresca antes que entre al aerador.
- Medir la temperatura de la chimenea para monitorear algún cambio (temperatura alrededor de 65 a 75 °C).



Evitar Fugas de Vapor

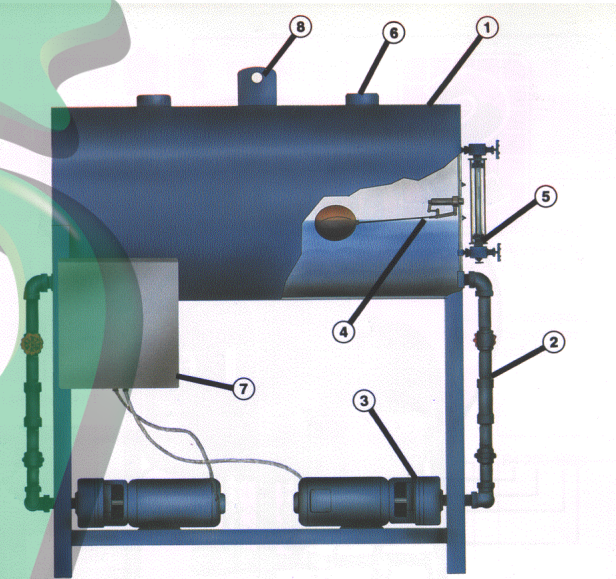
- Ocurren generalmente donde hay cambios de flujo y componentes.
- Se da en los desgastes de las conexiones.



Alimentación y Retorno de Agua

Tanque proveedor de agua a la caldera:

- Tanque a presión atmosférica que calienta el agua antes de entrar a la parte de combustion.
- Recibe los condensados de la tubería



Evitar fugas en sellos de bomba

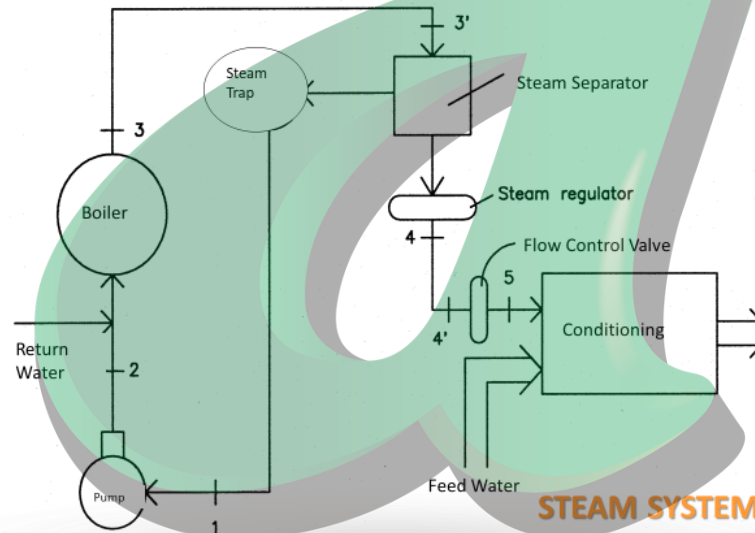




Recomendaciones de Mantenimiento en los Sistemas de Vapor

Inspección y Mantenimiento

- Inspeccionar todas las tuberías y componentes
- Reparar o cambiar lo dañado
- Revisar caída de presión



Desarrollar Lista de Inspección y Revisión

- Es importante que haya un operario encargado de inspeccionar y revisar la operación y condición de la caldera de manera continua.

Routine Boiler Maintenance

According to a study conducted by the [National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors](#), poor maintenance practices or a defective low water cutoff causes most boiler incidents, including those that result in injuries and building damage.

Routine maintenance is critical to ensure a boiler system remains reliable, safe, and efficient. Below are recommendations for daily, weekly, monthly, semi-annual, and annual tasks. As always, follow your manufacturer's recommendations for routine maintenance and maintain a daily boiler log book.

Daily Maintenance

- ☐ Check the water level glass gauge, record the pressure gauge, and temperature gauges.
- ☐ Check LWCO and ALWCO operation - blowdown water column - make the burner shut down.
- ☐ Observe the operating control and high limit control.
- ☐ Perform bottom blowdown to remove sludge and sediment.
- ☐ Observe the burner refractory cone and check for broken chunks.
- ☐ Blowdown the bottom of the boiler. Open the quick and slow opening valve. Close the slow opening valve first and then close the quick opening valve.
- ☐ Blowdown the water column(s) and open the drain slowly to prevent float damage.
- ☐ Track the boiler pressure and temperature, especially at the steady-state to determine if it's keeping up with the load.
- ☐ Take a stack temperature reading to determine how efficiently the boiler is operating.

Note: A well-tuned boiler should have a stack temperature ranging between 50-100 degrees above the steam or water temperature.

Cuarto de Calderas

- Libre de polvo para que no afecte la caldera.
- De fácil acceso y libre de fugas.
- Las válvulas de seguridad y emergencia tienen que tener salida hacia afuera del cuarto de calderas.



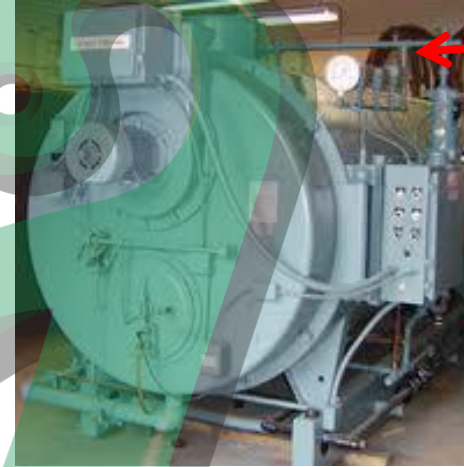
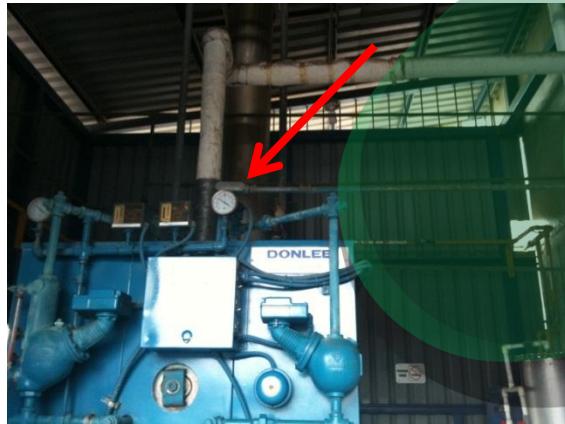
Tuberías y Distribuidores de Vapor

- Las tuberías deben de ser configuradas para tamaño (diámetro) correcto basado en volume del vapor que es requerido a la presión específica.
- Evitar dobles, codos o cualquier cambio en el lineamiento de la tubería.
- El distribuidor ayuda a mover el vapor a varias aplicaciones.



Manómetros

- Faciles de leer
- Revisar precisión
- Cambiar los que estén rotos



Válvulas de Seguridad y Emergencia

- No deben de tener salida dentro del cuarto de calderas.
- Activarlas una vez por semana para que no se desactiven.



Bombas del Agua

- Uso de dos bombas de manera cíclica.
- Revisar si hay fugas de agua.
- Revisar nivel de presión de trabajo.



Recomendaciones de Mantenimiento Semanal

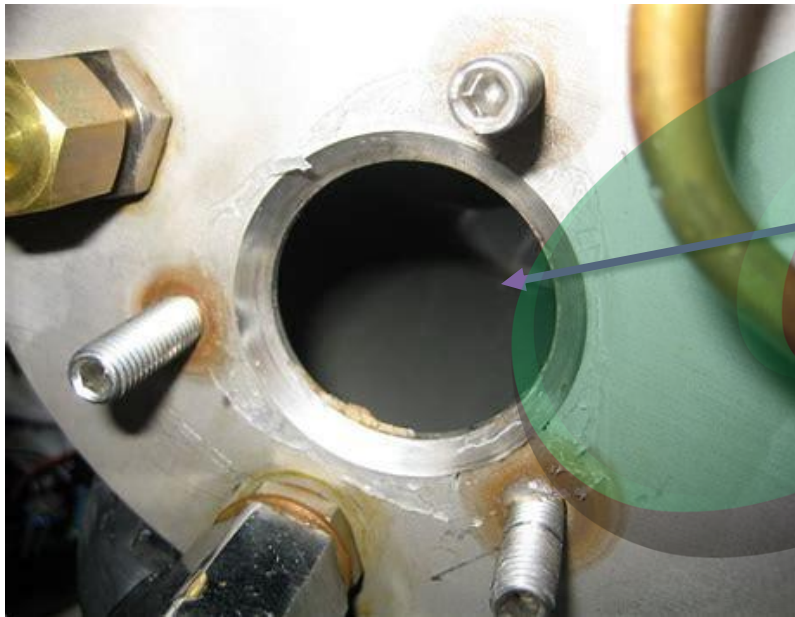
Revisar:

- Límites del ciclo de operación.
- Condición de las válvulas de seguridad y emergencia.
- Condición de la toma de aire.
- Revisar funcionamiento de las diferentes válvulas.



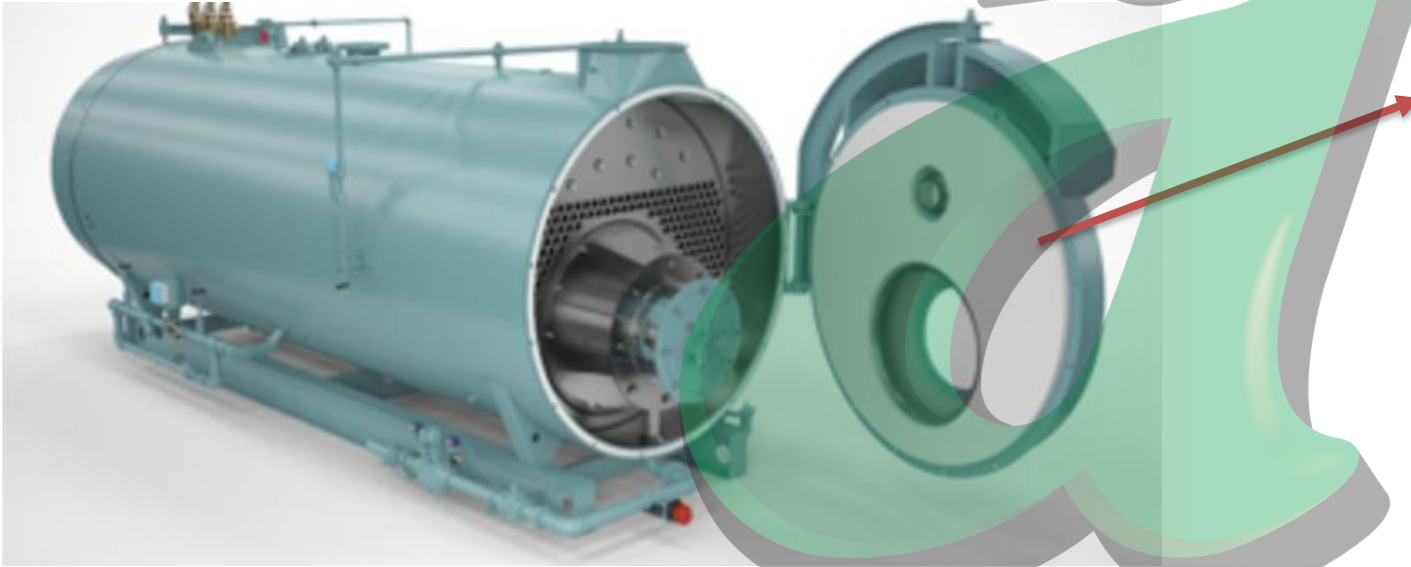
Cambio de Sellos

Cambiar los sellos de la caldera cada que vez que se abra para inspección o mantenimiento.



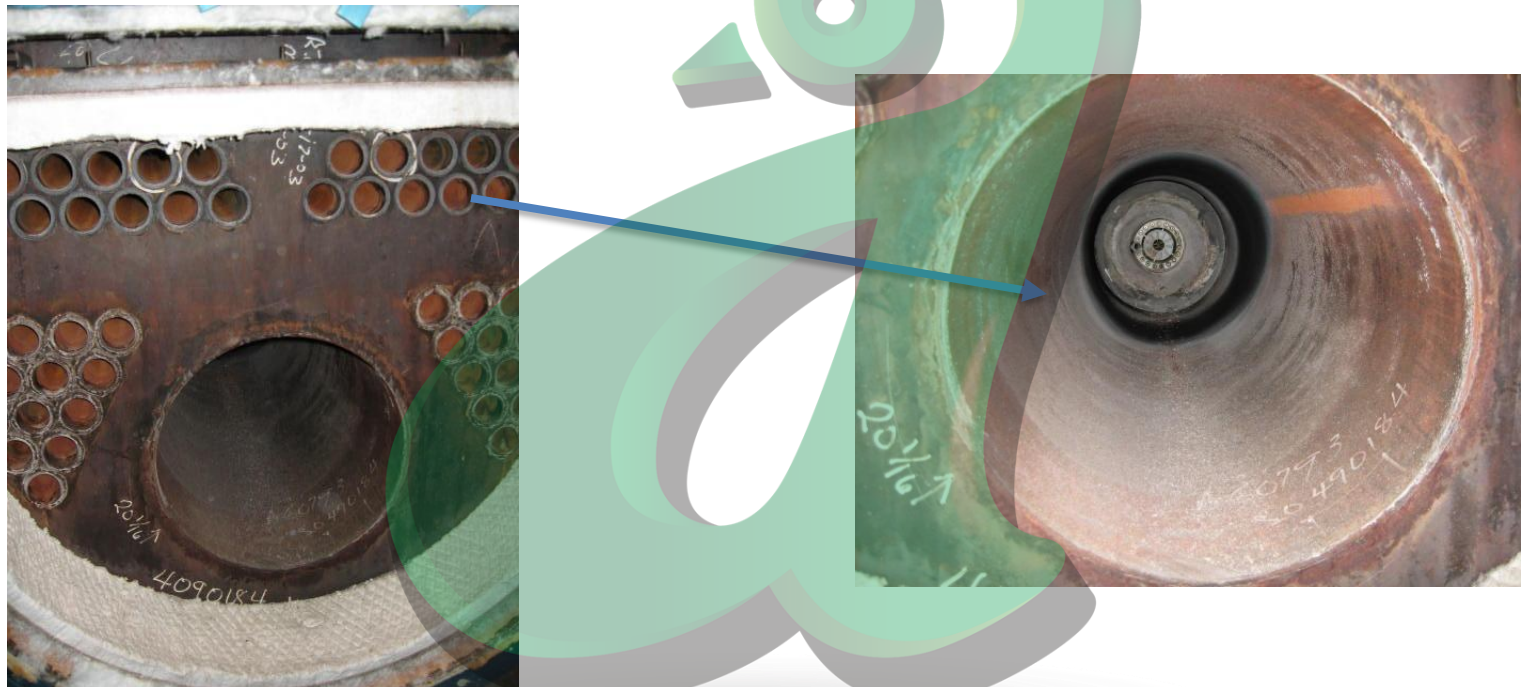
Revisión del Refractario

- Revisar daños mínimo una vez al año.



Revisar Tubos de la Caldera

- Revisar acumulación de residuo.



Revisar el Color de la Llama de Combustión

Proper Gas Flame Appearance



A

Natural Gas



B

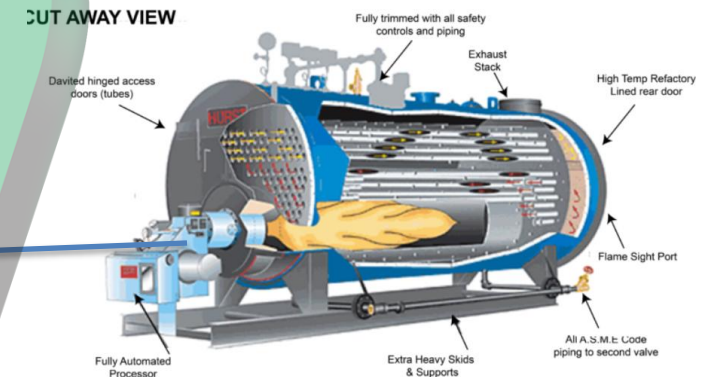
Liquid Propane



C

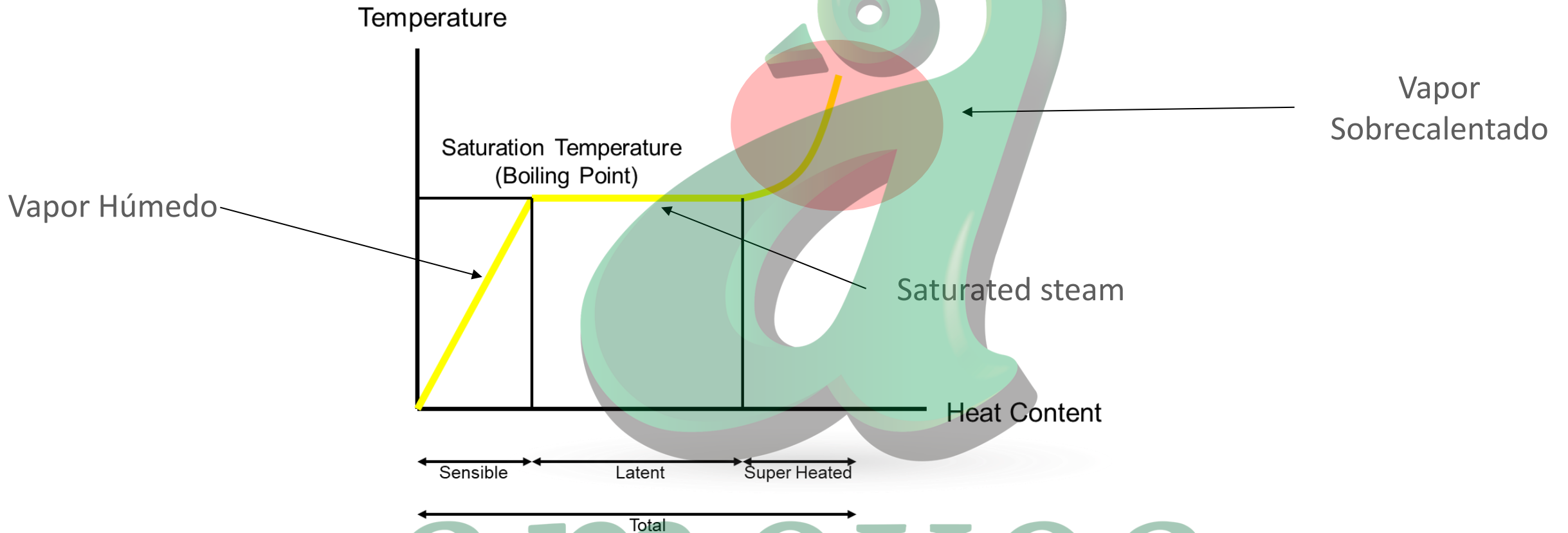
Needs Attention

CUT AWAY VIEW



Problemas en el Acondicionamiento

- **Calidad del Vapor:**
 - Usar vapor saturado (seco)



Reducción del Vapor Sobrecalentado a Saturado

1. Control adecuado de la presión de vapor

- Utilizar válvulas reductoras de presión (PRVs) para disminuir la presión de la caldera antes de la línea del acondicionador.
- Suministrar vapor al acondicionador a 1.5–2.5 bar (22–36 psi) dependiendo de la configuración de la planta de alimentos.
- Presiones más altas generan vapor más caliente y seco → mayor probabilidad de vapor sobrecalentado.

2. Trampas de vapor y separadores

- Instalar separadores de vapor cerca del acondicionador para eliminar el condensado arrastrado y estabilizar la calidad del vapor.
- Mantener las trampas de vapor para evitar la acumulación de condensado en las líneas (lo cual puede evaporarse rápidamente y generar vapor sobrecalentado en condiciones de baja carga).

Reducción del Vapor Sobrecalentado a Saturado

3. Monitoreo y Ajuste

- Utilizar manómetros y termómetros de vapor cerca de la entrada del acondicionador.
- Comparar la temperatura real con la temperatura de saturación teórica a esa presión:
- **Ejemplo:** A 2 bar (29 psi), la temperatura de saturación $\approx 134\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($273\text{ }^{\circ}\text{F}$).
Si el indicador muestra una temperatura mucho mayor, se trata de vapor sobrecalentado.

Tablas de Vapor Saturado

Presión (psig)	Temperatura de Saturación (°C)
0	100 °C
5	108.9 °C
10	115.6 °C
20	126.1 °C
30	134.4 °C
40	131.7 °C
50	147.8 °C
60	153.9 °C
80	162.2 °C
100	170.0 °C
120	176.7 °C

Conclusiones

- Costo importante en la manufactura de alimentos para animales.
- Hacer un diagnóstico de pérdidas de energía.
- Hacer revisión y mantenimiento constantes.
- Buscar mejor manera para producir eficientemente el vapor.

¡MUCHAS GRACIAS!

Carlos Campabadal, PhD
Correo: campa@ksu.edu
Teléfono:
+1.217.721.1025



IGP Institute



64