

# Calderas y Sistemas de Agua Caliente.

El objetivo del presente artículo es entregar información técnica para diseñar, especificar y operar sistemas de agua caliente industriales.

## 1. Introducción

Con frecuencia es posible observar problemas en la operación de sistemas de agua caliente, debido a deficiencias en el diseño, selección de sus componentes principales, control de temperatura y presión, así como también la utilización de condiciones de funcionamiento incorrectos.

## 2. Parámetros Selección Calderas

Los parámetros que deben ser considerados en la especificación de una caldera de agua caliente son los siguientes:

- Potencia
- Temperatura a proceso (salida)
- Diferencia de temperatura (salida – retorno)
- Caudal (máximo – mínimo)
- Presión de trabajo
- Altura sobre el nivel del mar

La potencia está dada por el requerimiento de calor del proceso al que será suministrada el agua caliente y el caudal será resultante de la diferencia de temperatura del agua entre la salida y el retorno.

La norma BS – 2790 recomienda considerar una diferencia de temperatura entre la salida y el retorno menor a **25 °C**, para evitar choques térmicos en la caldera.

También se recomienda no operar con una temperatura de salida y retorno inferiores a **75 °C** y **65 °C** respectivamente, para prevenir problemas de condensación de los productos de la combustión.

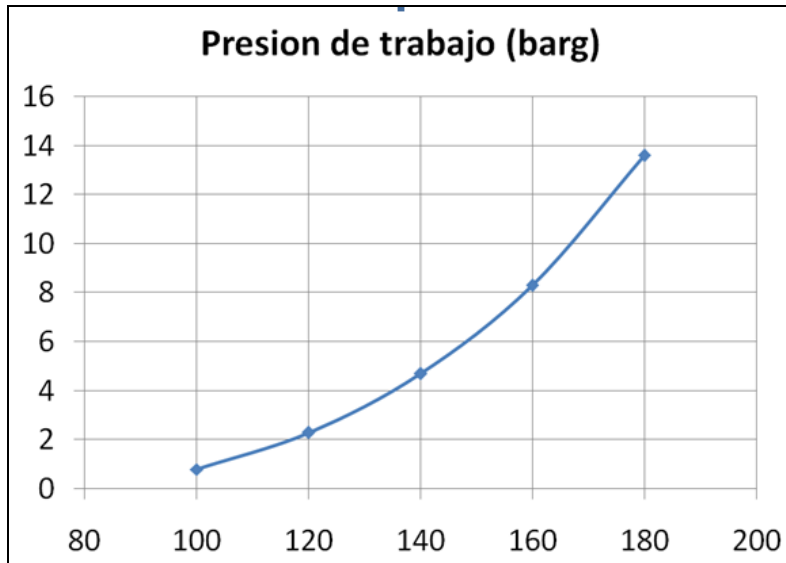
En el caso de que la temperatura ambiente sea muy baja, es posible considerar aislación en la chimenea, para prevenir condensación del agua presente en los productos de la combustión.

La presión de trabajo recomendada por la norma BS – 2790, para prevenir problemas de ebullición del agua del sistema, está dada por la presión de

saturación de vapor a una temperatura de 17 °C por sobre la temperatura de salida.

**Presión trabajo = Presión saturación (Temperatura salida + 17 °C)**

En la figura N°1 se gráfica la relación entre la presión de operación y la temperatura de salida de agua caliente desde la caldera.



**Figura N°1: Presión de trabajo v/s temperatura salida agua caliente.**

Otro factor importante a ser considerado en la especificación de una caldera de agua caliente, es la temperatura en chimenea para evitar problemas de condensación ácida.

La tabla N°1 muestra las temperaturas mínimas recomendadas de acuerdo al tipo de combustible utilizado en las calderas.

<b>Combustible</b>	<b>Punto Rocío Ácido</b>	<b>Temperatura Mínima Chimenea</b>
Gas Natural	65 °C	121 °C
Petróleo Liviano	82 °C	135 °C
Petróleo Bajo Azufre	93 °C	148 °C
Petróleo Alto Azufre	110 °C	160 °C

**Tabla N°1: Punto rocío ácido y temperatura mínima en chimenea.**

En el caso de calderas con una potencia térmica superior a 1 MW se recomienda considerar sistemas de control de combustión modulante para el quemador.

Las normas frecuentemente utilizadas para el diseño y fabricación de este tipo de calderas son la **BS – 2790** y **ASME** (Sección IV – *Heating Boilers* y Sección I – *Power Boilers*).

### **3. Componentes Principales**

Además de la o las calderas, existen los siguientes componentes principales asociados a un sistema de agua caliente:

- Estanque de expansión
- Bombas de recirculación
- Consumos (intercambiadores de calor)

El **estanque de expansión** tiene por objetivo absorber dilataciones térmicas producidas durante el calentamiento y mantener la presión del sistema por sobre la presión definida en el punto 2, para prevenir problemas de ebullición.

La presión del sistema de agua caliente se logra ubicando el estanque de expansión a una altura suficiente para obtener una columna de agua adecuada, o bien presurizándolo con aire o algún gas inerte.

Las bombas tienen por objetivo recircular el agua entre la caldera y los puntos de consumo, para permitir el transporte del calor entregado al agua.

Estas bombas deben ser seleccionadas, considerando los siguientes parámetros de selección:

- Presión del sistema
- Caudal de agua
- Pérdida de carga del sistema
- Temperatura del agua

Los consumos están dados en general por intercambiadores de calor, que permiten entregar el calor del agua al proceso (por ejemplo: agua, electrolito, aire, etc.)

### **4. Sistemas de Agua Caliente Típicos**

Entre las recomendaciones de interconexión de la caldera, la bomba de recirculación y el estanque de expansión se tienen las siguientes recomendaciones.

En el caso de la **caldera**, se recomienda que la línea de retorno llegue a la tobera más próxima a la placa tubular más fría, es decir, la opuesta a la cual posee la descarga del fogón.

En una caldera tradicional de tres pasos, el retorno debería volver a la tobera ubicada más cerca del frente de la caldera y por lo tanto más lejana a la placa trasera (o caliente).

Esta recomendación tiene relación con evitar choques térmicos relacionados con la mayor diferencia existente entre la temperatura del agua de retorno y la palca más caliente.

Estos choques térmicos podrían provocar la formación de grietas en la unión de tubos a la placa trasera.

Las **bombas de recirculación** deben ser ubicadas aguas abajo de la caldera, de tal manera que ésta no se vea expuesta a la presión de descarga.

La presión de descarga de las bombas estará dada por la presión del sistema (figura N°1) sumado a la pérdida de carga del sistema de agua caliente.

La pérdida de carga del sistema de agua caliente puede ser bastante elevada, dependiente de la longitud y resistencia de los intercambiadores de calor y válvulas de control.

El hecho de ubicar las bombas aguas abajo de la caldera, permite reducir la presión de diseño de esta y por lo tanto también su costo.

A modo de referencia, la pérdida de carga de una caldera de agua caliente es de aproximadamente **1 m c.a.**

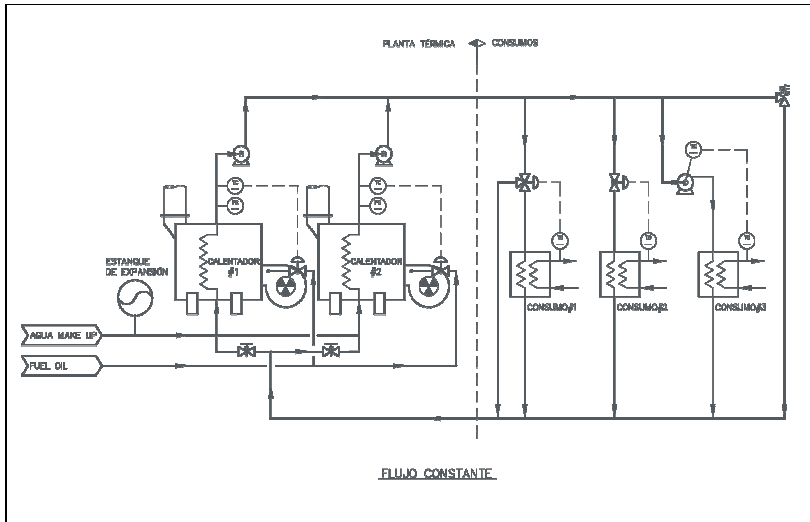
El **estanque de expansión** se debe ubicar aguas arriba de las bombas de recirculación, para mantener presurizada la succión de éstas y evitar de esa manera el ingreso de aire (O<sub>2</sub>) al sistema.

Las figuras N°2, N°3 y N°4 muestran sistemas típicos de agua caliente, donde las diferencias entre ellos tienen principalmente relación con el tipo de control de temperatura empleado.

#### **4.1 Sistema de Flujo Constante en Caldera**

La figura N°2 muestra un sistema de agua caliente en el cual el flujo de agua que circula por la o las calderas es constante y el control en los consumos se realiza mediante válvulas de tres vías, una vía o velocidad variable en ramales.

Cada caldera cuenta con una bomba de recirculación de agua y descargan a un *manifold* de distribución común.



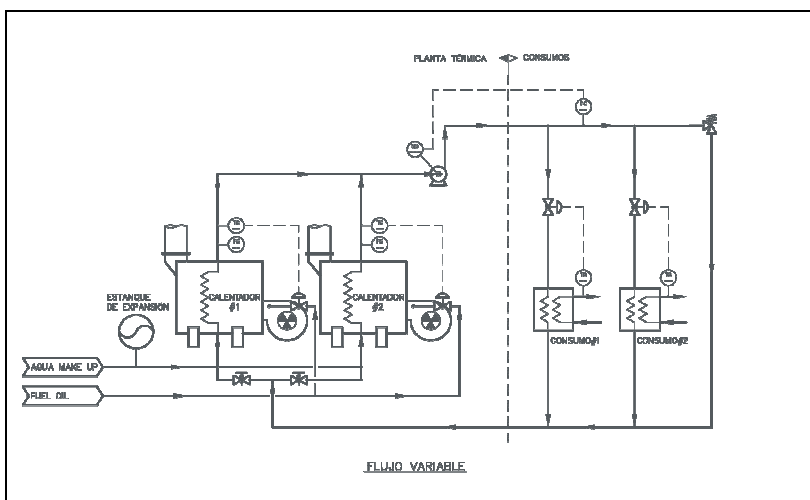
**Figura N°2: Sistema agua caliente de flujo constante.**

Este sistema debe incluir un sistema de regulación de presión, que permita compensar las variaciones de caudal en los ramales.

El ajuste de la carga del quemador o modulación se realiza respecto de la temperatura del agua enviada a los consumos.

#### **4.2 Sistema de Flujo Variable en Caldera**

Al igual que para el caso anterior, la modulación del quemador se realiza considerando la temperatura del agua a los consumos como variable de control.



**Figura N°3: Sistema agua caliente de flujo variable**

La diferencia de este sistema con respecto al anterior, es que el flujo de agua que circula a través de las calderas es variable y existe una única bomba de recirculación común.

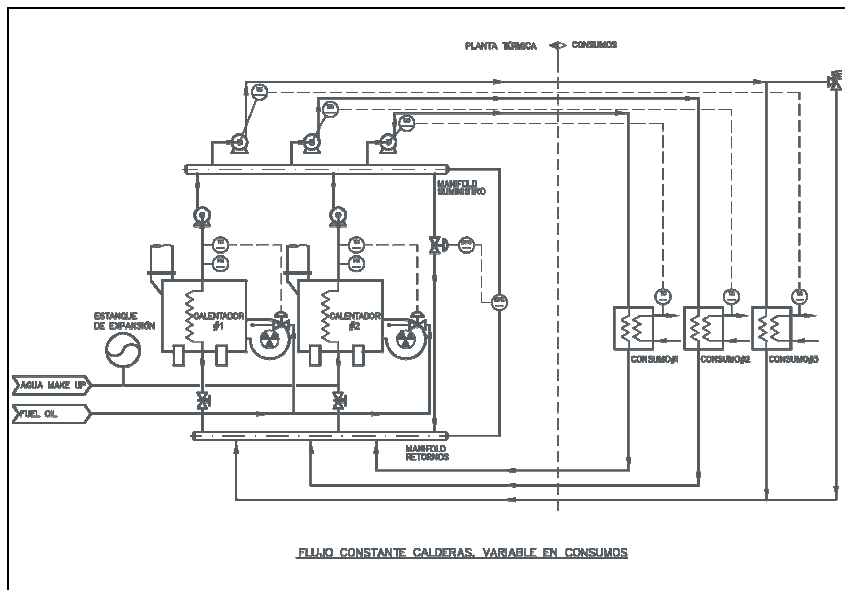
El sistema de control considera un variador de frecuencia incorporado a la bomba de recirculación, siendo la variable de control a presión de alimentación a los consumos.

El control en los consumos es realizado mediante válvulas de una vía, cuya variable de control es la temperatura del producto a calentar.

#### **4.2 Sistema de Flujo Constante en Caldera y Variable en Consumos**

El último sistema considerado, contempla flujo constante en las calderas y recirculación entre un manifold de distribución y uno de retorno.

La alimentación desde el manifold de distribución a los consumos es realizada por bombas específicas para el consumo en particular.



**Figura N°4: Sistema agua caliente de flujo constante en caldera y variable en consumo.**

Existen también otras configuraciones, que dependiendo de la aplicación, pueden resultar más convenientes que las mostradas.

### **5. Tratamiento de Agua**

Dado que los sistemas de agua caliente corresponden a circuitos cerrados con nulo o muy bajo consumo de agua de reposición, existe la creencia de que no es necesario preocuparse del tratamiento de agua.

Si bien es cierto, los requerimientos de tratamiento de agua no son tan exigentes como para el caso de las calderas que generan vapor, de todas

formas debe considerarse en sistemas de agua caliente para prevenir corrosión y formación de depósitos.

Las características recomendadas para el agua de reposición o *make up*:

- pH a 25 °C : 8 – 10.5
- Dureza total < 0.1 °dH
- Oxígeno < 0.1 mg/l

Las características recomendadas para el agua del circuito de agua caliente son las siguientes:

- Aspecto general : incoloro
- pH a 25 °C : 9.5 – 10.5
- Ks<sub>8,2</sub> : 0.5 – 5.0
- Dureza < 0.1 °dH
- Oxígeno < 0.02
- Conductividad : 100 – 1500 µS/cm
- Hidrazina : 0.2 – 3.0 mg/l
- Sulfito de Sodio : 5 – 10 mg/l
- Fosfatos : 5 – 15 mg/l

## 6. Puesta en Servicio

Un punto sumamente importante a ser considerado al poner en servicio sistemas de agua caliente, es el procedimiento utilizado.

La puesta en servicio debe ser realizada en forma gradual, operando siempre con el quemador en llama mínima y observando que la diferencia de temperatura entre salida y retorno no sea excesiva, de tal manera de no provocar choques térmicos.

## 7. Conclusiones

La presentación de recomendaciones respecto del diseño y operación de sistemas de agua caliente, tiene por objetivo reducir los problemas observados con frecuencia en estos sistemas y de esa manera mejorar su funcionamiento.

Arnulfo Oelker Behn  
Thermal Engineering Ltda.