

INSTALACIONES DE  
PRODUCCIÓN DE CALOR

**U.D. 7** INSTALACIONES DE VAPOR.  
ESTUDIO DE UN ESQUEMA TIPO Y ELEMENTOS  
QUE LO COMPONEN

UD 7



## ÍNDICE

Introducción.....	283
Objetivos.....	285
1. Conceptos básicos .....	287
1.1. Cambios de estado: vaporización y condensación .....	287
1.2. Vapor de agua saturado, sobre calentado.....	287
1.3. Volúmenes específicos de vapor.....	288
1.4. Calor sensible .....	289
1.5. Calor latente .....	289
1.6. Relación entre la presión y la temperatura del vapor..	290
2. Generalidades sobre calderas de vapor .....	292
2.1. Definiciones.....	292
2.2. Requisitos de seguridad para calderas de vapor .....	294
3. Accesorios y elementos adicionales para calderas .....	299
3.1. Válvulas de paso. Tipos .....	299
3.2. Válvulas de retención. Tipos .....	299
3.3. Válvulas de seguridad.....	300
3.4. Válvulas de descarga rápida y de purga continua .....	302
3.5. Indicadores de nivel. Grifos y columna .....	303
3.6. Controles de nivel por flotador y por electrodos.....	305
3.7. Bombas de agua de alimentación .....	307
3.8. Manómetros.....	307
3.9. Presostatos .....	308
3.10. Quemadores. Tipos.....	310
3.11. Válvula de aireación .....	311
4. Tratamiento del agua para calderas.....	313
4.1. Características del agua para calderas .....	313
4.2. Descalcificadores y desmineralizadores.....	314
4.3. Desgasificación térmica y por aditivos .....	316
4.4. Regulación del pH .....	317
4.5. Recuperación de condensados.....	318
4.6. Régimen de purgas a realizar .....	319

5. Esquema típico de una instalación de vapor.....	321
Resumen .....	323
Bibliografía .....	325

## INTRODUCCIÓN

La caldera de vapor es un elemento de aportación calorífica muy extendido en la industria.

Este sistema de transferencia de calor está indicado para la mayoría de aplicaciones; su instalación es bastante sencilla, ya que el propio fluido transmisor fluye por la instalación por presión, no siendo necesario el concurso de bombas de circulación o demás sistemas de transporte de fluidos.

El buen funcionamiento de este tipo de instalaciones requiere una correcta eliminación del condensado producido en la cesión del calor latente del vapor. Una de las ventajas que tiene el vapor frente a otros sistemas es la gran capacidad de intercambio de calor que posee, lo que se traduce en un menor tamaño de los intercambiadores de vapor a instalar, o sea, un menor coste.

Estas instalaciones tienen el handicap de que si se requieren altas temperaturas de funcionamiento, éstas se traducen en altas presiones, y sobre pasados ciertos valores de volumen y presión se eleva la categoría del generador de vapor, según el reglamento vigente, con lo que aumentarían las exigencias de instalación y, consecuentemente, el coste.

En este tipo de sistemas pueden existir instalaciones que tienen gran porcentaje de recuperación de condensado; se puede disponer de sistemas de recuperación con los que se puede obtener un importante ahorro energético en su instalación en forma de consumo de combustible, necesidades de tratamiento de agua, etc.; se deberá estudiar la instalación de un sistema de recogida de condensados a presión, en detrimento del tradicional depósito atmosférico y con mayor efectividad que éste.



Sala de calderas



## OBJETIVOS

Conocer las instalaciones de producción de calor con vapor de agua.

Conocer los sistemas de seguridad de las calderas de vapor de agua.

Reconocer una caldera de vapor y su manejo con seguridad.



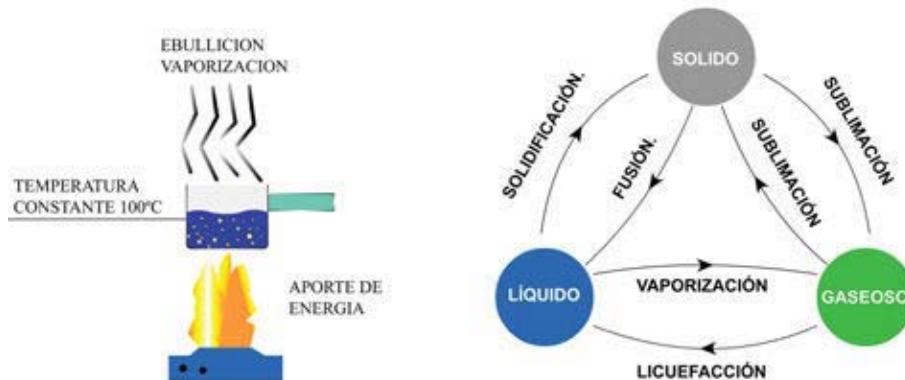
## 1. CONCEPTOS BÁSICOS

### 1.1. Cambios de estado: vaporización y condensación

La materia se presenta en la Naturaleza en forma de tres estados diferentes según sea la energía intermolecular que posea. En el estado sólido las fuerzas de atracción intermolecular (cohesión) son muy fuertes, superiores a la energía propia y se mantiene el volumen y la forma.

Si a este cuerpo en estado sólido le cedemos calor, aumentará su energía interna logrando que sus moléculas puedan vencer determinadas fuerzas de cohesión obteniéndose un nuevo estado de la materia, estado líquido, en el que el cuerpo mantiene el volumen pero no la forma. Al continuar cediendo energía a este cuerpo, se llega a un punto en que la energía molecular es superior a las fuerzas de cohesión, rompiéndose totalmente éstas y alcanzándose el estado gaseoso de la materia, en que no se conserva ni el volumen ni la forma.

Vemos, pues, que aumentando la temperatura de un cuerpo éste puede pasar de sólido a líquido y a gas, y de forma inversa, al enfriarlo se recorrerá el camino en sentido contrario.



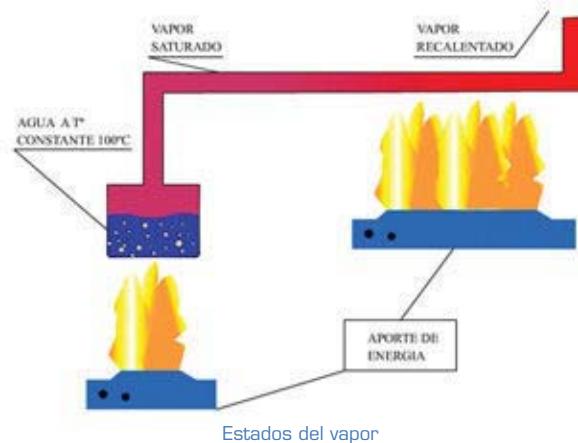
Cambios de estado

### 1.2. Vapor de agua saturado, sobre calentado

Como hemos visto anteriormente, el agua en determinadas condiciones de presión y temperatura se presenta en forma de vapor.

Se dice que el vapor es **saturado** cuando sus condiciones de presión y temperatura corresponden a un punto de cambio de estado, de forma que en dicho punto puede coexistir el vapor de agua y el agua en estado líquido. En la práctica, el vapor saturado puede ser seco si en su seno no existe partícula alguna de agua en estado líquido, y húmedo si en su seno hay partículas de agua en estado líquido.

**Vapor sobrecalegado** es aquel que tiene una temperatura superior a su condición de saturado.



### 1.3. Volúmenes específicos de vapor

Se llama volumen específico de un cuerpo al volumen ocupado por la unidad de masa de dicho cuerpo en el caso de que éste sea homogéneo:

Ahora bien, en el caso de los vapores hay que tener en cuenta que son muy comprensibles: su volumen depende de la presión que soportan, y también de su temperatura. Para estudiar la relación que existe entre el volumen y la presión de una masa de vapor, es necesario mantener la temperatura constante durante el estudio.

Cuando un gas se comprime sin variar su temperatura (compresión isotérmica), su volumen  $V$  disminuye de tal modo que para una determinada masa gaseosa  $m$ , el producto de la presión  $P$  por el volumen  $V$  se mantiene constante:

$$P \times V = K$$

Además, tenemos que para dos estados de una misma masa de vapor, uno de presión  $P_1$  y volumen  $V_1$  y otro de presión  $P_2$  y volumen  $V_2$ , se cumple que:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

y como la masa no ha cambiado (aunque sí lo haya hecho su volumen), tenemos que:

$$P_1 \times V_{e1} = P_2 \times V_{e2}$$

## 1.4. Calor sensible

Calor sensible es el que toman o ceden los cuerpos para cambiar su temperatura.

Cuando un cuerpo cambia de temperatura, la cantidad de calor que ha tomado o perdido se calcula con la ecuación:

$$Q_s [\text{Kcal}] = M [\text{Kg}] \times C_e [\text{Kcal/Kg.}^{\circ}\text{C}] \times (t_2 - t_1) [{}^{\circ}\text{C}]$$

Siendo:

$Q$  = calor en Kcal.

$M$  = masa en kg.

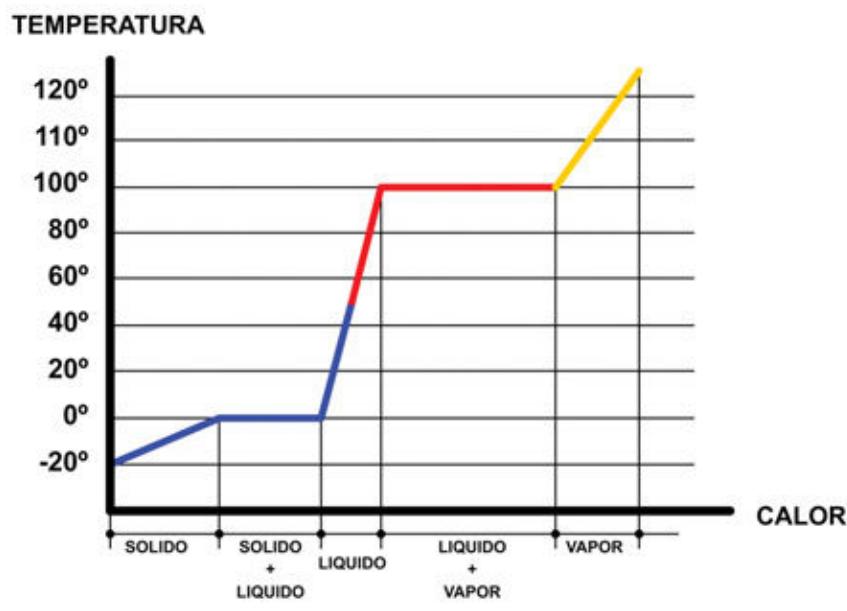
$C_e$  = Calor específico en kcal/kg/° C.

$t_2 - t_1$  = Temperaturas inicial, final en ° C.

El factor  $C_e$  es un factor que depende de cada material.

## 1.5. Calor latente

Para hacer hervir agua es necesario aportar mucho calor. Podemos comprobarlo en casa colocando un cazo con agua al fuego: muy pronto vemos cómo elevamos su temperatura hasta el punto de ebullición (100° C), pero cuando se pone a hervir, precisa mucho tiempo para



evaporarse totalmente, y además mientras hierve la temperatura se mantiene en 100° C, por mucho o poco fuego que le proporcionemos. Este fenómeno aparece cuando un cuerpo **cambia de estado** (líquido, sólido o vapor).

Cuando el agua pasa de líquido a vapor precisa una cantidad grande de energía que denominamos calor latente de vaporización, que en el caso del agua es de 540 Kcal por cada kg que se evapora. Es decir, para elevar el agua de 0° C a 100° C, precisamos 100 kcal/kg, y para que cada kg de agua se evapora, 540 Kcal. Kcal.

Por otra parte, cuando el vapor de agua pasa a líquido, es decir se **condensa**, libera la misma cantidad de energía (540 Kcal/kg). El vapor de agua calienta mucho al condensarse (podemos apreciarlo cuando en una cafetería nos calientan un vaso de leche con vapor, como en unos segundos calientan la leche, mediante el calor latente del vapor de agua).

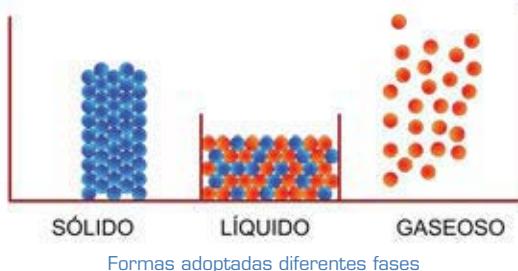
El calor latente lo calculamos con la fórmula:

$$Q_L \text{ [Kcal]} = M_{\text{[Kg]}} \times C_L \text{ [Kcal/Kg]}$$

$C_L$  es el factor de calor latente, en Kcal/kg.

Cada material tiene un factor de calor latente propio.

Otro factor latente es el de solidificación / fusión, es decir para pasar de fase líquida a sólida y viceversa (agua / hielo), que es distinto del de vaporización.



## 1.6. Relación entre la presión y la temperatura del vapor

Como ya hemos visto, el agua evapora a 100° C en un recipiente abierto (presión atmosférica).

Si ese recipiente lo cerramos, el vapor de agua generado no puede escapar y el agua al evaporar ocupa espacio de la fase gaseosa, este fenómeno produce un aumento de presión en el recipiente que guarda una estrecha relación con la temperatura del agua.

Es decir cuando aumenta la temperatura en un recipiente cerrado la presión aumenta en una relación establecida.

De la misma manera realizamos el vacío o bajamos la presión de un recipiente por debajo de la atmosférica, el agua que existe en su interior bajara su punto de ebullición.

La tabla que relaciona las presiones y la temperatura de equilibrio es la siguiente.

**CARACTERISTICAS DEL AGUA.  
PUNTO DE SATURACIÓN.**

PRESION RELATIVA Kg/Cm <sup>2</sup>	TEMPERATURA °C	PRESION RELATIVA Kg/Cm <sup>2</sup>	TEMPERATURA °C
-0,99	6	7,5	172,1
-0,95	32,5	8	174,5
-0,8	59,7	9	179,1
-0,6	75,4	10	179,1
-0,4	85,5	11	187,1
-0,3	89,5	12	190,8
-0,2	93	13	194,2
-0,1	96,2	14	197,4
0	99,1	15	200,5
0,1	101,7	16	203,4
0,3	106,45	17	206,2
0,5	110,7	18	208,9
0,7	114,5	19	211,4
0,9	117,95	20	213,9
1	119,6	21	216,3
1,5	126,8	22	218,6
2	132,9	23	220,8
2,5	138,2	24	223
3	142,9	25	225
3,5	147,48	26	227,1
4	152,06	27	229,1
4,5	154,8	28	231
5	158,1	29	232,9
5,5	161,2	30	234,7
6	164,2	31	236,5
6,5	166,9	32	238,3
7	169,5	33	240

## 2. GENERALIDADES SOBRE CALDERAS DE VAPOR

### 2.1. Definiciones

#### **Caldera.**

Es todo aparato a presión en donde el calor procedente de cualquier fuente de energía se transforma en utilizable, en forma de calorías, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor.

#### **Caldera de vapor.**

Es toda caldera en la que el medio de transporte es vapor de agua.



Caldera de vapor

#### **Economizador precalentador.**

Es un elemento que recupera calor sensible de los gases de salida de una caldera para aumentar la temperatura del fluido de alimentación de la misma.

#### **Sobrecalentador.**

Es un elemento en donde, por intercambio calorífico, se eleva la temperatura del vapor saturado procedente de la caldera.

#### **Recalentador.**

Es un elemento en donde, por intercambio calorífico, se eleva la temperatura del vapor parcialmente expansionado.

**Calderas de nivel definido.**

Son aquellas calderas que disponen de un determinado plano de separación de las fases líquida y vapor, dentro de unos límites previamente establecidos.

**Calderas sin nivel definido.**

Son aquellas calderas en las que no hay un plano determinado de separación entre las fases líquida y vapor.



Nivel de agua

**Presión de diseño.**

Es la máxima presión de trabajo a la temperatura de diseño, y será la utilizada para el cálculo resistente de las partes a presión de la caldera.

**Presión máxima de servicio.**

Es la presión límite a la que quedará sometida la caldera una vez conectada a la instalación receptora.

**Temperatura de diseño.**

Es la temperatura prevista en las partes metálicas sometidas a presión en las condiciones más desfavorables de trabajo.

**Temperaturas de trabajo.**

Son las diversas temperaturas alcanzadas en los fluidos utilizados en las calderas, en las condiciones normales de funcionamiento.

**Vigilancia directa.**

Es la supervisión del funcionamiento de la caldera por medio de un operador que permanece de forma continua en la misma sala de calderas o en la sala de mando.

**Vigilancia indirecta.**

Es cualquier otra forma de supervisión que difiera de la vigilancia directa.

**Operador.**

Es la persona encargada de vigilar, supervisar, conducir y mantener, en condiciones de seguridad, cualquier caldera a su servicio.

**Fabricante.**

Es la persona física u organización (empresa) que construya la caldera.

**Usuario.**

Es la persona individual o la organización que utiliza la caldera.

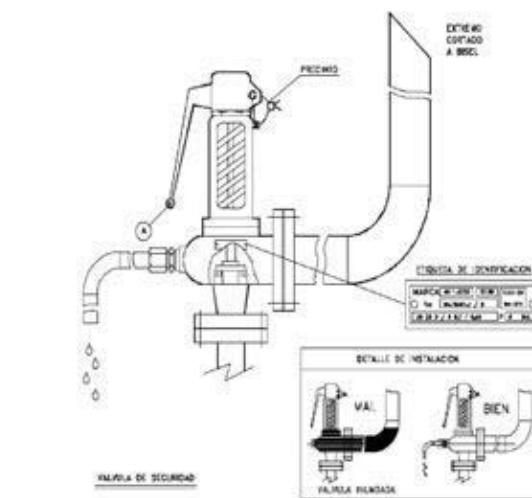
## 2.2. Requisitos de seguridad para calderas de vapor

### Válvulas de seguridad

Todas las válvulas de seguridad que se instalen en las calderas de esta Instrucción serán de sistema de resorte y estarán provistas de mecanismos de apertura manual y regulación precintable, debiéndose cumplir la condición de que la elevación de la válvula deberá ser ayudada por la presión del vapor evacuado. No se permitirá el uso de válvulas de seguridad de peso directo ni de palanca con contrapeso.

Toda caldera de vapor saturado llevará como mínimo dos válvulas de seguridad independientes, las cuales deberán precintarse a una presión que no exceda en un 10 por 100 a la de servicio, sin sobrepasar en ningún caso la de diseño. No obstante, las calderas de la clase C podrán llevar una sola válvula, que deberá estar precintada a la presión de diseño como máximo.

La descarga de las válvulas de seguridad deberá realizarse de tal forma que se impida eficazmente que el vapor evacuado pueda producir daños a personas o a bienes.



Válvula de seguridad

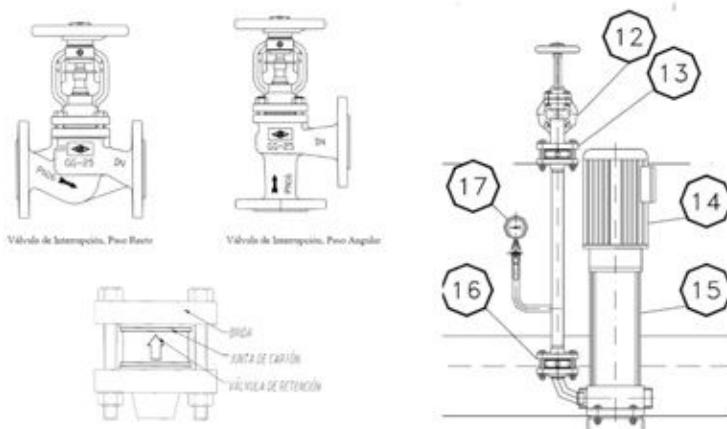
La sección de la tubería de descarga será lo suficientemente amplia para que no se produzca una contrapresión superior a la prevista sobre las válvulas cuando éstas descargan. Tanto las válvulas como sus tuberías de descarga estarán provistas de orificios de drenaje y las bocas de salida de las tuberías de descarga irán cortadas a bisel.

En ningún caso se instalará entre una caldera y cada una de sus válvulas de seguridad una válvula de cierre, a no ser que esté dotada de un dispositivo eficaz que impida su maniobra por persona no autorizada.

### Válvulas del circuito de agua de alimentación

La tubería de alimentación de agua desde la bomba dispondrá de dos válvulas de retención; una de estas válvulas se situará muy cerca de la caldera y la otra se colocará a la salida de la bomba. La válvula de retención situada junto a la caldera llevará, entre ésta y dicha válvula, una válvula de interrupción que pueda aislar e incomunicar la caldera de la tubería de alimentación; estas dos válvulas podrán ser sustituidas por una válvula mixta de interrupción y retención.

Todas las válvulas deberán estar protegidas contra la acción de los fluidos calientes y se instalarán en sitio y forma tales que puedan ser accionadas fácilmente por el personal encargado.

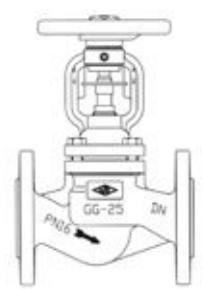


- 12. Válvula de interrupción del agua de alimentación
- 13. Primera válvula de retención
- 14. Motor de bomba de agua
- 15. Bomba de agua de alimentación
- 16. Segunda válvula de retención
- 17. Manómetro presión bomba de alimentación

Circuito de alimentación

### Válvulas del circuito de vapor

Toda caldera de vapor saturado y sobrecalefactado dispondrá de una válvula que pueda interceptar el paso de salida del vapor. Si se trata de un grupo de calderas que tengan un colector común, la tubería de salida de cada unidad estará provista además de una válvula de retención. Estas dos válvulas podrán ser sustituidas por una sola que realice simultáneamente ambas funciones de cierre y retención.



Válvula de Interrupción, Paso Recto

Válvula vapor

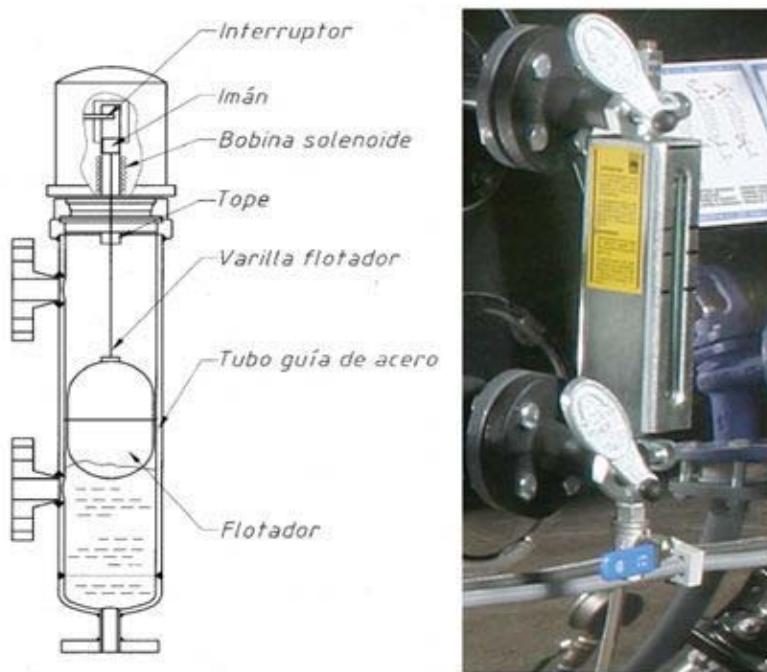
Todas las válvulas, excepto las de retención, serán de cierre lento, fácil maniobra y husillo exterior. La velocidad de salida del vapor a través de ellas, para la máxima producción en régimen continuo, no debe sobrepasar 40 m/s, en el caso de vapor saturado, y 50 m/s, en el caso de vapor sobre calentado y recalentado.

#### **Altura de agua y tubos de nivel en calderas de nivel definido**

El nivel mínimo del agua en el interior de una caldera debe mantenerse por lo menos 70 milímetros más alto que el punto más elevado de la superficie de calefacción. En las calderas acuotubulares, la distancia se tomará en relación al borde superior del tubo de bajada que esté situado en la parte más alta del calderín.

El nivel medio del agua estará situado, como mínimo, a 50 milímetros por encima del nivel límite definido en el párrafo anterior. Ambos niveles se marcarán de modo bien visible sobre el indicador de nivel.

Los conductos de unión de los indicadores de nivel con las cámaras que contienen el líquido y el vapor serán, como mínimo, de 25 mm. de diámetro interior; el radio interior de las curvas será al menos igual a vez y media el diámetro del tubo y no deberá permitir la formación de sifones. No obstante, para conductos de unión rectos y de longitud inferior a 30 cm. el diámetro interior del conducto podrá ser de 20 mm.



Niveles

Los indicadores de nivel deberán estar colocados en sitio fácilmente visible para el personal encargado del mantenimiento de la caldera. Cuando los indicadores de nivel disten más de ocho metros de la plataforma de conducción o del lugar donde permanezca normalmente el conductor de la caldera, ésta deberá ir dotada de dos dispositivos independientes que transmitan la posición del nivel de agua a un lugar que no diste del conductor más de cuatro metros.

En todas las calderas de esta Instrucción se utilizarán indicadores de nivel del tipo de caja refractora y se montarán de forma tal que permita fácilmente su comprobación, limpieza y sustitución.

Todos los indicadores de nivel dispondrán de las correspondientes llaves que permitan su incomunicación con la caldera y de un grifo de purga.

#### **Sistema de alimentación de agua**

Toda caldera de esta Instrucción estará provista de, al menos, un sistema de alimentación de agua, seguro, con excepción de las calderas que utilicen combustibles sólidos no pulverizados, que dispondrán de dos sistemas de alimentación de agua, independientes; en el caso de que estas calderas tuvieran una potencia superior a 6.000.000 Kcal/h (7.000 KW), dichos sistemas de alimentación, estarán accionados por distinta fuente de energía. Si varias calderas forman una batería, se considerarán como una sola caldera, a efectos de lo dispuesto en el presente artículo.

El sistema de alimentación de agua deberá poder inyectar dicho líquido a una presión superior en un tres por ciento como mínimo a la presión de tarado más elevada de las válvulas de seguridad, incrementada en la pérdida de carga de la tubería de alimentación y en la altura geométrica relativa.

El sistema de alimentación de agua deberá poder inyectar una cantidad de agua igual a 1,5 veces la máxima que pueda evaporar la caldera o batería de calderas que alimenta, excepto en las calderas automáticas comprendidas en el artículo 23, en las que la cantidad de agua a inyectar deberá ser igual, como mínimo, a 1,1 veces la máxima que pueda evaporarse, más la pérdida de agua por purgas.

Para las calderas con nivel de agua definido, en las que esté automatizada la aportación de agua, el sistema de alimentación estará controlado por un dispositivo que detecte, al menos, el nivel de agua. Este sistema de alimentación podrá ser de acción continua, la bomba de alimentación de agua estará continuamente en servicio, y el caudal introducido, vendrá regulado por una válvula automatizada y mandada por la acción del sistema controlador de nivel; dicho sistema actuará de forma que la válvula que controla la alimentación de agua, quede en posición abierta,

si se producen fallos del fluido de accionamiento (corriente eléctrica, aire, etc.). En el caso de acción discontinua, el sistema detector de nivel, actuará sobre la bomba de alimentación, parándola, y/o poniéndola de nuevo en servicio, según las necesidades.

Para las calderas automatizadas con nivel de agua no definido, el sistema de alimentación cubrirá la demanda de vapor de la instalación mediante bombas de tipo volumétrico.

El agua de alimentación deberá ser introducida en la caldera de tal manera que no descargue directamente sobre superficies expuestas a gases a temperatura elevada o a la radiación directa del fuego.

No se autorizarán las bombas alimentadoras accionadas a mano, sea cual sea la categoría de la caldera.

La alimentación de las calderas mediante una toma de la red de abastecimiento y distribución de agua de servicio público podrá admitirse cuando la presión disponible en la tubería en el punto de la acometida, exceda de 2 Kg./cm<sup>2</sup>, como mínimo, a la presión de tarado más elevada de las válvulas de seguridad, incrementada en la pérdida de carga correspondiente al sistema de tratamiento de agua, y siempre que la correspondiente Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía así lo autorice. Cuando la alimentación de agua de una caldera proceda de la red de distribución de la localidad, deberá colocarse un manómetro en la tubería de alimentación y una válvula de retención.

A la salida de cada uno de los aparatos alimentadores, y antes de la válvula de interrupción, se colocará un manómetro.

### 3. ACCESORIOS Y ELEMENTOS ADICIONALES PARA CALDERAS

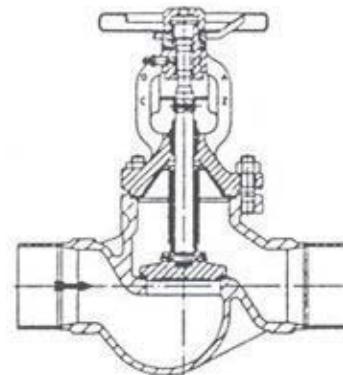
#### 3.1. Válvulas de paso. Tipos

Son dispositivos empleados para permitir o interrumpir el paso del caudal de fluido a través de las tuberías o conducciones de la caldera.

En las válvulas de asiento el cierre se consigue mediante un vástagos que desciende hasta un asiento metálico cuando se atornilla la válvula hacia abajo. Para abrir la válvula, se eleva el vástagos, distanciándolo de su asiento mediante un movimiento en sentido contrario al indicado anteriormente.

En las válvulas de compuerta, el paso queda libre o cerrado según la disposición que ocupe una compuerta desplazable con relación a la trayectoria que ha de seguir el fluido en la tubería correspondiente.

Toda caldera de vapor saturado y sobrecalentado ha de disponer de una válvula que pueda interceptar el paso de salida del vapor. Estas válvulas serán de cierre lento, fácil maniobra y husillo exterior. La velocidad de salida del vapor a través de ellas, para la máxima producción en régimen continuo, no debe sobrepasar 30 m/s para el caso de vapor saturado y 50 m/s en el caso de vapor sobrecalentado y recalentado.



Válvula de asiento

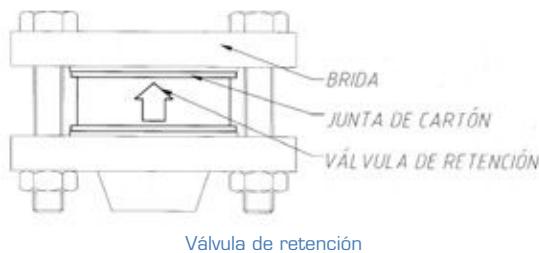
#### 3.2. Válvulas de retención. Tipos

Las válvulas de retención son dispositivos instalados en las conducciones de fluidos, que permiten el paso de los mismos en un sentido pero que impiden su retroceso posterior. Por eso se denominan también válvulas de no retorno.

La denominación de los distintos tipos utilizados depende del elemento incorporado para retener o impedir el retroceso del fluido, y que, normalmente consiste en un vástagos apoyado en su asiento, en una clapeta (especie de compuerta que bascula sobre un eje de fijación superior) o en su disco.

A continuación, indicaremos algunos de los lugares en que van instaladas las válvulas de retención, según las distintas calderas y conforme a la legislación vigente:

- Dos válvulas de retención en la tubería de alimentación de agua desde la bomba.
- Una válvula de retención en la tubería de salida de vapor de cada unidad que forme parte de un grupo de calderas o recalentadores con un colector común.
- Una válvula de retención en la tubería de alimentación de agua que proceda de la red de distribución pública.



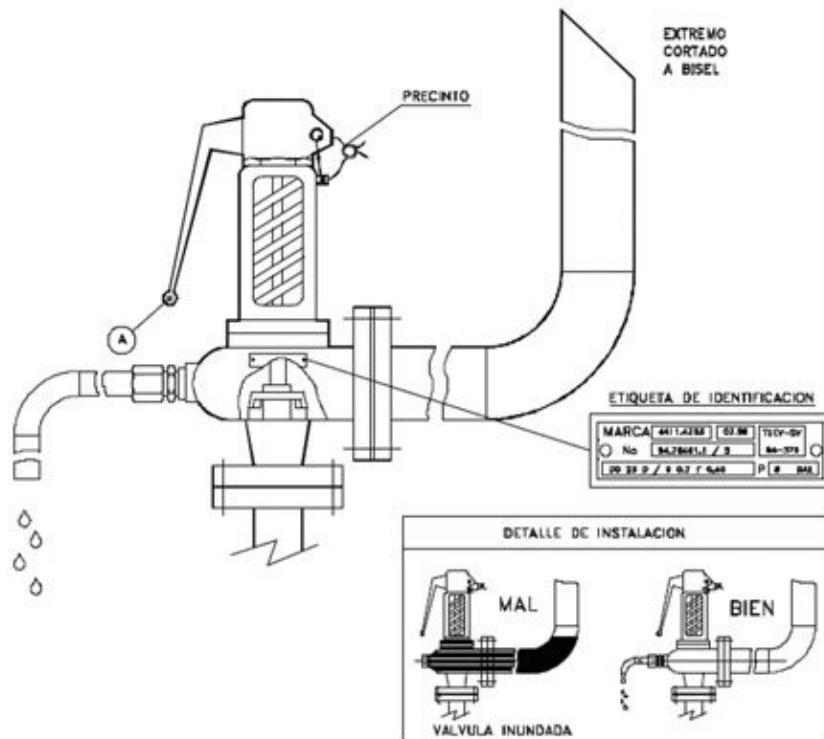
### 3.3. Válvulas de seguridad

La válvula de seguridad es el primer y último elemento que interviene de manera esencial en los componentes de una caldera de vapor.

Por supuesto que todos los elementos instalados en una caldera de vapor para la seguridad de la caldera son importantes, todos ellos intervienen en el funcionamiento seguro de la caldera.

Como en un debate, el cuadro eléctrico actúa de moderador para mantener un diálogo fluido entre los distintos elementos que intervienen tanto en la seguridad como en el control de funcionamiento; un nivel de agua que detecta cuándo falta o sobra agua en la caldera; un presostato de seguridad que interviene si la presión en el interior de la caldera alcanza la establecida y además los bloqueos producidos por el mal funcionamiento de la bomba de agua o del quemador y, por supuesto, controla el funcionamiento de todos los demás elementos de la caldera.

Todos los elementos se comunican con el cuadro eléctrico; si en algún momento detectan un mal funcionamiento intervienen, haciendo caer la maniobra, se para el quemador y lo comunica a través de una alarma sonora e iluminando un piloto externo que nos informa mostrando el elemento que ha producido la anomalía.



Válvula de seguridad

El único elemento de seguridad que no interviene en dicho diálogo es la válvula de seguridad, que actúa de manera autónoma, como ejecutora en una misión de la que ella es la última responsable, cuando los sistemas intermedios de seguridad fallan por el motivo que sea y la presión en la caldera continúa creciendo; esta válvula debe estar regulada a la presión máxima de trabajo, determinada en las características de la caldera, de forma que si la presión interior de la caldera excede esta presión de tarado se abre permitiendo la salida libre del vapor producido por la caldera y disminuyendo la presión en el interior de la misma.

Como es de suponer, la anomalía que ha provocado la apertura de la válvula de seguridad sigue permitiendo el funcionamiento de la caldera por lo que el quemador estará funcionando, la caldera sigue produciendo vapor y la válvula de seguridad seguirá descargando vapor y presión indefinidamente hasta que paremos la maniobra de la caldera.

Debemos procurar parar sólo la maniobra, poniendo el interruptor a cero, con el fin que el quemador deje de funcionar y podamos ver iluminado el piloto correspondiente al elemento que ha producido el fallo.

El vapor que sale de la caldera a través de la válvula de seguridad se descarga al exterior por una tubería de mismo diámetro que el de salida

de dicha válvula; este tubo de descarga debe tener la salida totalmente libre al exterior por lo que es conveniente que el final de este tubo acabe en forma de flauta de manera que nunca se pueda taponar por un descuido y además se cree un flujo dirigido del vapor evacuado.

El vapor que está pasando por el tubo de descarga también produce condensación y la misma cae por el propio tubo hasta el asiento de la válvula de seguridad; mientras ésta esté abierta parte de la condensación saldrá con al exterior empujada por el vapor y otra parte volverá a la caldera, sin embargo, cuando cierre el agua de condensación se quedará sobre el asiento de la válvula, que con el tiempo acabará por crear óxido que puede impedir el normal funcionamiento de la misma.

Para evitar que el condensado que se producirá en el tubo de descarga perjudique al asiento de la válvula, hay que montar un tubo de desagüe conectado en la salida que disponen la mayoría de las válvulas de seguridad para éste fin; si no fuera así, es conveniente instalar una toma de descarga en un punto bajo (curva de salida) del propio tubo de evacuación.

### 3.4. Válvulas de descarga rápida y de purga continua

Las válvulas de **descarga rápida** son empleadas principalmente para efectuar la purga de calderas de una forma completa. Se conoce con el nombre de purga de desahogo o evacuación de una cierta cantidad de agua de la caldera, preferentemente de aquella que contenga una concentración muy alta de sales o precipitados.

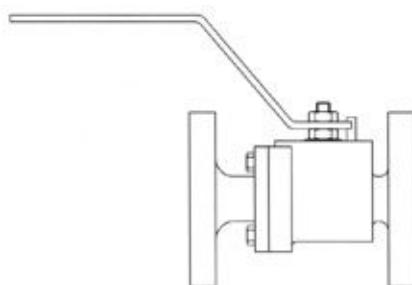
La purga en el fondo de la caldera sirve para reducir las concentraciones de sales y de sólidos no disueltos.

#### Purga continua.

El exceso de sales disueltas en la caldera produce espumas en la zona de evaporación, por lo que las burbujas de vapor se ven dificultadas para salir del agua, con el consiguiente aumento de energía necesaria que se traduce en una mayor velocidad de desprendimiento que tiene por efecto aumentar la posibilidad de arrastre de agua a la línea de vapor a consumo.

Las sales se eliminan por medio de purgas que se efectúan de forma periódica o continuamente.

La legislación vigente dice al respecto que, cuando proceda la purga continua, se colocarán dos válvulas: la primera de cierre y la segunda de



Válvula Bola con Bridas

Válvula de descarga rápida

tipo de aguja micrométrica con indicador de apertura o de otro tipo especial para su cometido.

Como hemos indicado, si existe un exceso de sales disueltas se producen espumas, y como éstas están en la superficie de evaporación es en este punto donde debe purgarse, por medio de un sistema continuo y en la proporción requerida para no purgar demasiado (despilfarro de agua y energía) o poco (en este caso continuaría existiendo el problema de las espumas). Así pues, la abertura o posición de la válvula de purga continua deberá ajustarse en función de la calidad del agua de alimentación y la producción de vapor de la caldera. Este ajuste puede ser manual o por medios automáticos por medio de sistemas que controlan en continuo la salinidad del agua de la caldera, y en función de esta señal actúan automáticamente sobre la válvula de purga.

### 3.5. Indicadores de nivel. Grifos y columna

El nivel de agua en el interior de la caldera podrá apreciarse en la zona de cristal del nivel óptico. El nivel correcto se mantendrá en la zona de nivel medio y siempre se mantendrá entre el máximo y el mínimo señalados en el nivel óptico. Caso de no ser así, purgar el nivel óptico; para asegurarse de que el nivel óptico no esté sucio o bloqueado, realizar una maniobra de purga del nivel óptico según se describe en la ficha adjunta sobre nivel óptico. Si persiste la anomalía avisar al fabricante o mantenedor autorizado de equipos a presión.

Es normal que el nivel de agua oscile cuando está el quemador en marcha; si esto no ocurre, purgarlo siguiendo las instrucciones de la hoja específica.

De manera sistemática se debe purgar diariamente el nivel óptico al comenzar la jornada y cada dos horas, siempre con la caldera a presión.

La caldera posee dos sistemas de seguridad por nivel mínimo de agua, que impiden que el quemador funcione si el nivel de agua no ha alcanzado el nivel mínimo. Si el nivel de agua no ha alcanzado el nivel mínimo, el sistema eléctrico bloquea el generador. Si esta alarma se activa deberá desconectar la caldera y hacerla revisar por el fabricante o mantenedor autorizado de equipos a presión.

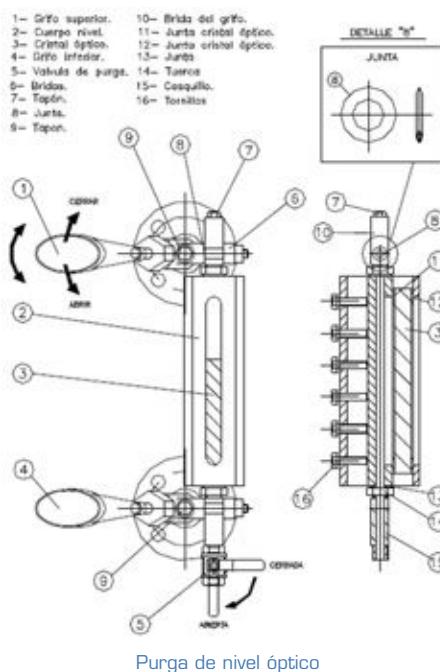
Al principio del trabajo es normal que aumente el nivel de agua unos centímetros. Esto no supone fallo alguno y es debido a que al calentarse el agua aumenta de volumen, por lo tanto no será necesario interrumpir el trabajo.

Si el nivel está totalmente lleno en el arranque puede deberse a que en la última parada no se abrió la válvula de aireación (7), ni se cerró la válvula de entrada de agua, y al enfriarse la caldera desaparece la presión, se crea el vacío en la caldera y se aspira agua del depósito a través de la

bomba. Cuando ocurra esto, abrir las válvulas de vaciado y de aireación hasta recuperar el nivel correcto.

Si el nivel llega al máximo cuando la caldera está en funcionamiento, pararla inmediatamente y hacerla revisar por el fabricante o mantenedor autorizado de equipos a presión.

A continuación, se muestra la descripción del nivel óptico, las instrucciones para su purga y las operaciones de mantenimiento y conservación.



Purga de nivel óptico

El nivel óptico permite ver el nivel real que alcanza el agua en el interior de la caldera.

A consecuencia del oleaje que se forma en el interior de la caldera, es normal que la señal se mantenga oscilante, siendo a la vez indicativo de que los conductos de comunicación de la caldera se mantienen suficientemente limpios para poder considerar como válida la señal que se observa.

Por las características del tallado del cristal, éste permanece oscuro en las zonas bañadas por el agua y claro en las zonas donde no alcanza el agua.

### Mantenimiento

El conjunto de los grifos de nivel requiere la realización de las operaciones que a continuación se describen para asegurar el buen funcionamiento

del mismo. La operación de purga de niveles se realizará con la caldera a presión.

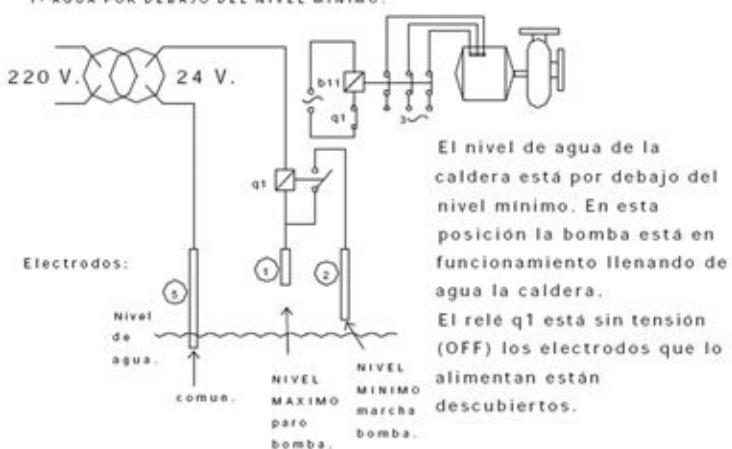
- A. Cerrar los grifos 1 y 4.
- B. Abrir la válvula de purga del grifo de nivel 5.
- C. Abrir 1/3 de vuelta el grifo 1 para que pase vapor a través del grifo de la zona de cristal y escape por la válvula de purga del nivel óptico, lo que mantendrá limpio este circuito. Después de aproximadamente 10 segundos volver a cerrar.
- D. Abrir 1/3 de vuelta el grifo 4 para que pase agua a través del grifo de la zona del cristal y escape por la válvula de purga del nivel óptico, lo que mantendrá limpio este circuito. Después de aproximadamente 10 segundos volver a cerrar.
- E. Cerrar la válvula de purga 5.
- F. Abrir lentamente los grifos 1 y 4, primero 1/3 de vuelta ambos y después totalmente, abriéndolos de este modo se evita que el sistema de cierre de seguridad por rotura de cristal se active y bloquee la comunicación con el nivel óptico.
- G. Terminadas las operaciones descritas, el nivel estará oscilante cuando el quemador esté en funcionamiento; en caso contrario repetir la operación descrita en el punto F.

### 3.6. Controles de nivel por flotador y por electrodos

La caldera, cuando se pone en funcionamiento automático, el llenado de agua al interior de la misma también se realiza automáticamente, en función del nivel de agua; para la regulación se utilizan electrodos que detectan el nivel de agua. El funcionamiento del sistema de llenado, bombas, electrodos se muestra en las siguientes láminas.

#### FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO DE LA BOMBA DE LLENADO DE LA CALDERA.

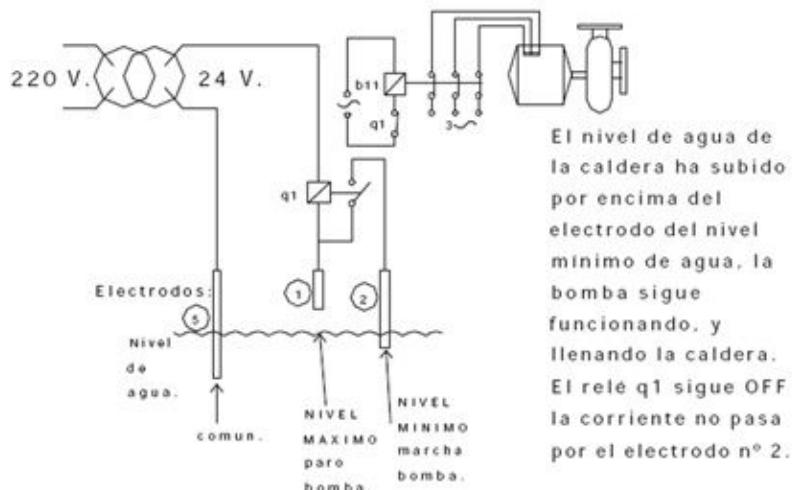
1 - AGUA POR DEBAJO DEL NIVEL MÍNIMO.



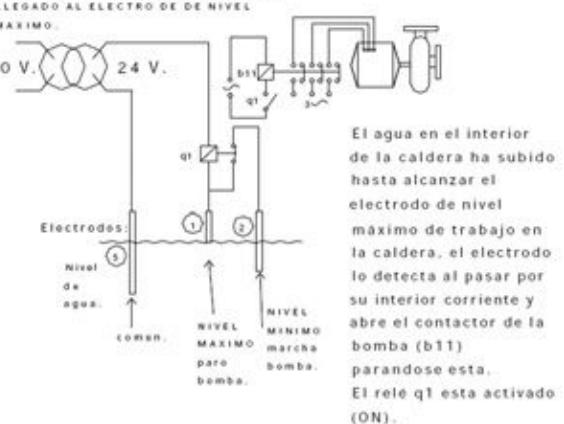
## INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN DE CALOR

### U.D. 7 INSTALACIONES DE VAPOR. ESTUDIO DE UN ESQUEMA TIPO Y ELEMENTOS QUE LO COMPONEN

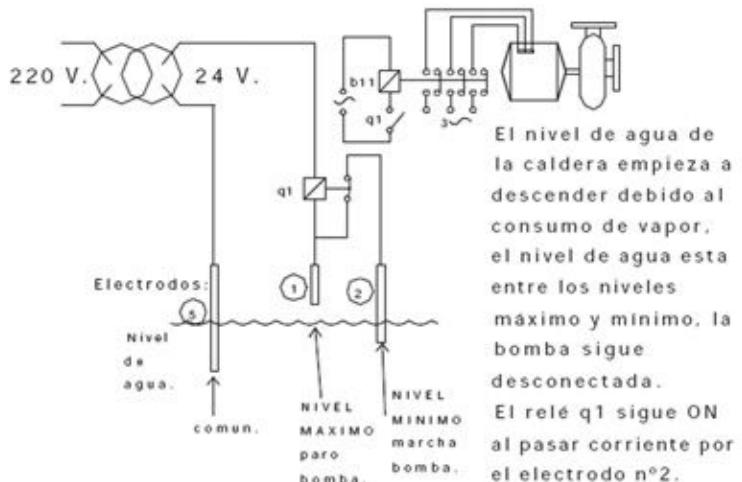
2- NIVEL DE AGUA POR ENCIMA DEL ELECTRODO DE NIVEL MÍNIMO.

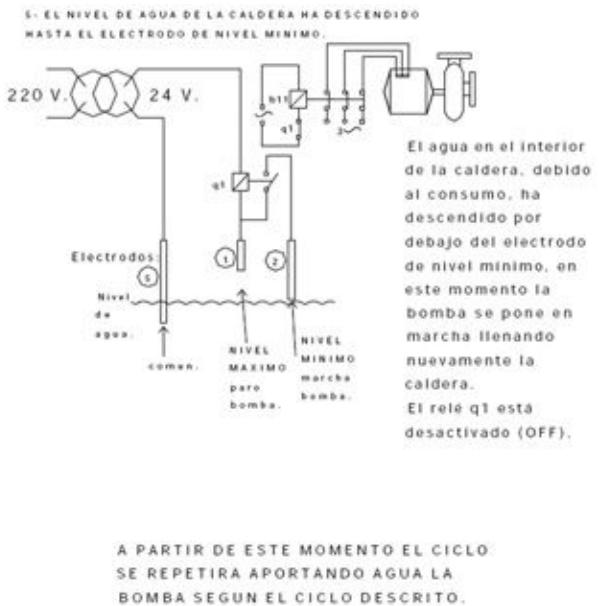


3- EL NIVEL DE AGUA DE LA CALDERA HA LLEGADO AL ELECTRODO DE NIVEL MÁXIMO.



4- NIVEL DE AGUA EMPIEZA A DESCENDER DEBIDO AL CONSUMO DE TRABAJO.





### 3.7. Bombas de agua de alimentación

La alimentación de agua a la caldera se realiza por medio de una electrobomba multicelular con capacidad para alimentar mas de 1,1 veces la vaporización máxima de la caldera, más las perdidas por purgas; con presión de agua en la acometida de la caldera superior al 10 % de la presión de timbre de ésta, incrementada en la pérdida de carga de la tubería de alimentación y en la altura geométrica relativa.

El funcionamiento de la electrobomba se realizará por medio de un control de nivel que actuará sobre la bomba de alimentación, parándola o poniéndola en servicio según las necesidades.

El agua de alimentación deberá ser introducida en la caldera de manera que no descargue directamente sobre superficies expuestas a gases a temperaturas elevadas o a la radiación directa del fuego.

A la salida de la bomba de alimentación, y antes de la válvula de interrupción, se colocará un manómetro, con una válvula de interrupción para el citado manómetro. Con este manómetro comprobaremos el correcto funcionamiento de la bomba.

### 3.8. Manómetros

#### Manómetro

Se instalará un manómetro clase cinco de sensibilidad, con señal bien visible correspondiente a la presión efectiva máxima de la instalación,

grifo de tres direcciones y placa brida de 40 mm. de diámetro, para sujetar en ella el manómetro patrón con el que se deben realizar las pruebas.

Las dimensiones y características de los manómetros serán las determinadas en la normativa vigente y serán de modelo aprobado por la Comisión Nacional de Metrología y Metrotecnia.

### 3.9. Presostatos

La presión se mantiene de manera automática entre los límites preestablecidos por el o los presostatos; el presostato de seguridad (26) actúa como seguridad bloqueando la caldera en caso de que la presión alcance o sobrepase dicho valor.

Para variar las presiones o la diferencia entre la presión de paro y la de puesta en marcha del quemador se debe proceder según se detalla a continuación en la imagen específica.

Bajo ningún concepto se manipulará el presostato de seguridad, salvo que lo realice el fabricante o mantenedor autorizado de equipos a presión.

La presión de trabajo será siempre menor o igual que la presión máxima de servicio y menor que la presión de diseño. La presión de diseño y la máxima de servicio figuran en la placa de identificación de la caldera.

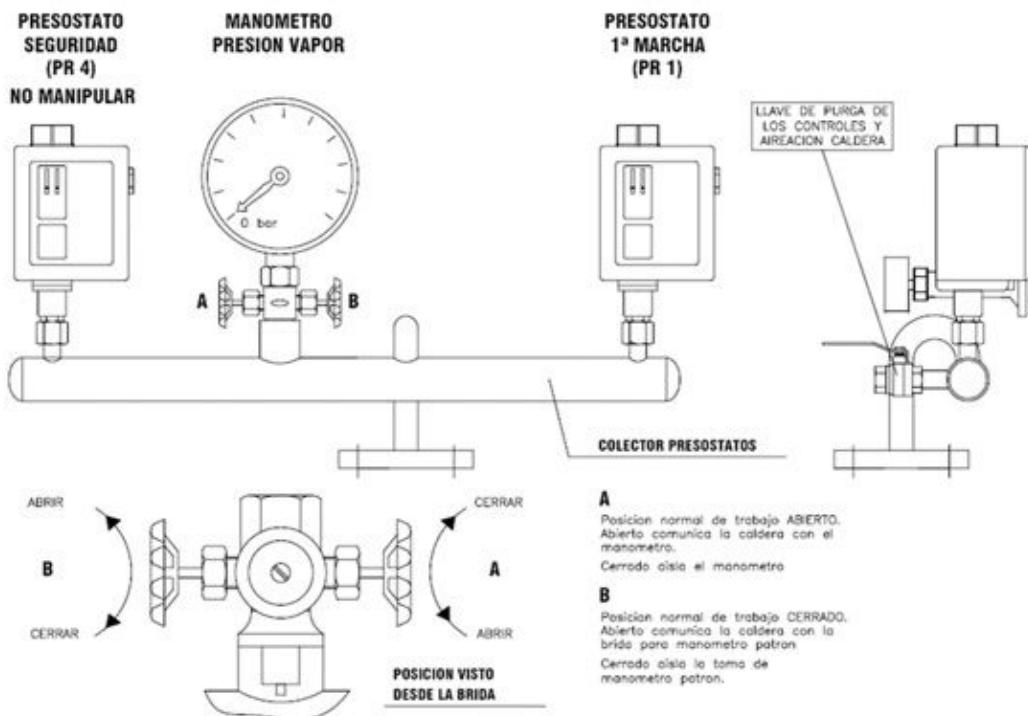
Una lectura directa de la presión se puede realizar a través del manómetro (24) en el que estará marcada bien visible la presión máxima de servicio, y en caso de superarse este valor en manómetro se deberá desconectar el quemador, parar la caldera y avisar al fabricante o mantenedor autorizado de equipos a presión.

A continuación se muestra las láminas de instrucciones del funcionamiento de los presostatos de trabajo de las calderas de una y dos llamas.

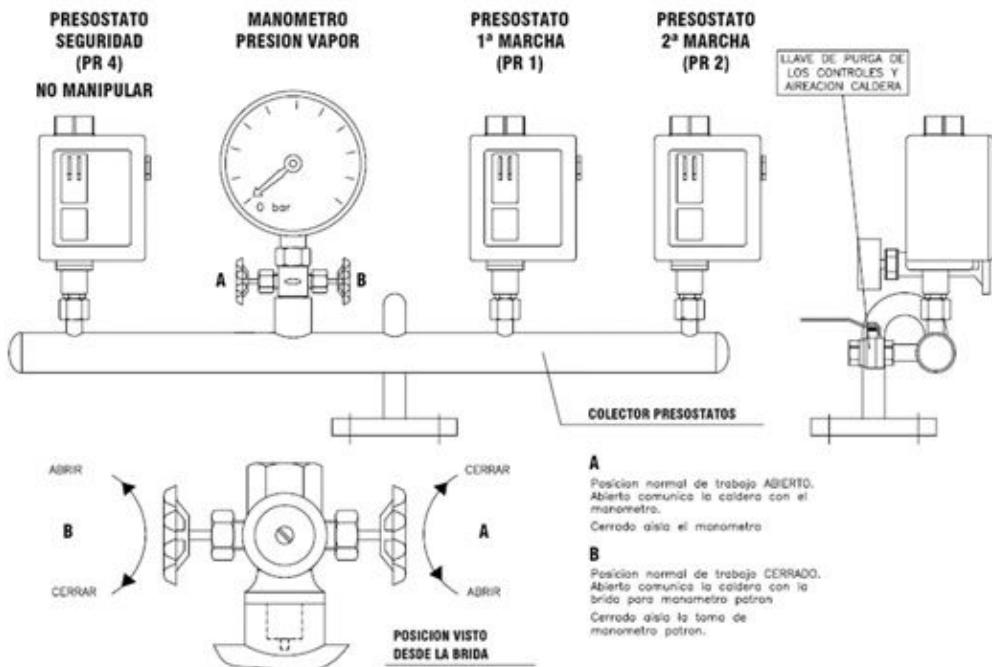
La manipulación de los presostatos sólo está permitida al fabricante de la caldera o instalador autorizado.

## INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN DE CALOR

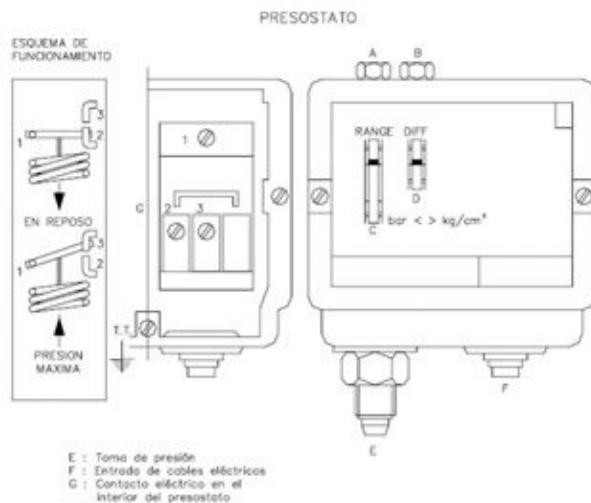
### U.D. 7 INSTALACIONES DE VAPOR. ESTUDIO DE UN ESQUEMA TIPO Y ELEMENTOS QUE LO COMPONEN



Elementos control presión caldera una marcha



Elementos control presión caldera dos marcha



Detalle presostato

Tabla de equivalencias de temperatura con la presión de trabajo

PRESIÓN DE VAPOR			TEMPERATURA DEL AGUA °C.	PRESIÓN DE VAPOR	TEMPERATURA DEL AGUA		
Bar	Kg/cm²	Psi		Bar	Kg/cm²	Psi	
1.0	1.02	0.07	119.6	9.5	9.69	0.66	181.1
1.5	1.53	0.10	126.3	10.0	10.20	0.69	183.2
2.0	2.04	0.14	132.9	10.5	10.71	0.72	185.1
2.5	2.55	0.17	137.9	11.0	11.22	0.76	187.1
3.0	3.06	0.21	142.9	11.5	11.73	0.79	188.9
3.5	3.57	0.24	147.0	12.0	12.24	0.83	190.7
4.0	4.08	0.28	151.1	12.5	12.75	0.86	192.4
4.5	4.59	0.31	154.6	13.0	13.26	0.90	194.1
5.0	5.10	0.34	158.1	13.5	13.77	0.93	195.7
5.5	5.61	0.38	161.1	14.0	14.28	0.97	197.4
6.0	6.12	0.41	164.2	14.5	14.79	1.00	198.9
6.5	6.63	0.45	166.9	15.0	15.30	1.03	200.5
7.0	7.14	0.48	169.6	15.5	15.81	1.07	201.4
7.5	7.65	0.52	172.1	16.0	16.31	1.10	203.3
8.0	8.16	0.55	174.5	16.5	16.82	1.14	204.3
8.5	8.67	0.59	176.8	17.0	17.33	1.17	206.1
9.0	9.18	0.62	179.0	17.5	17.84	1.21	207.2

### 3.10. Quemadores

Las calderas de vapor pueden llevar cualquier tipo de quemador de los ya estudiados, combustibles sólidos, líquidos o gaseosos; su control se realizará atendiendo a las limitaciones que impone el Reglamento de aparatos a presión y la maniobra del fabricante de la caldera.

### 3.11. Válvula de aireación

En las calderas de vapor de nivel definido, al espacio entre la superficie del agua a nivel y la salida del vapor se le llama cámara de vapor; en este espacio es donde se acumula el vapor producido por la caldera para el consumo. Esta cámara de vapor es estanca, permitiendo la salida del vapor solamente por los puntos preparados para ello, como son la propia válvula de salida del vapor, la válvula de seguridad y la válvula de aireación.

Cuando tenemos que poner en marcha la caldera, lo primero que comprobamos es el nivel de agua, si el agua a recuperar es mínima, no se encenderá ningún piloto de alarma por falta de nivel, por lo que podemos poner el interruptor directamente en automático, la bomba se pondrá en marcha hasta alcanzar nivel correcto y se parará.

Si no fuera así, se iluminaría alguno de los pilotos de alarma por falta de nivel y por lo tanto el llenado tiene que hacerse manual.

Tanto para reposición parcial o total del agua, ésta se debe hacer manualmente, poniendo el interruptor en posición manual y accionando el interruptor de la bomba.

En este punto es donde debemos recordar para qué sirve y cómo utilizar la válvula de aireación de la caldera ya que nos encontramos ante la situación normal al iniciar la jornada: la caldera está fría y sin presión.

Recordemos que el interior de la caldera, en condiciones normales de trabajo, es estanco, por lo tanto no estará a presión atmosférica; al parar la caldera el vapor comienza a enfriarse y a perder presión; si la parada es lo suficientemente larga, éste vapor se condensa y el espacio que ocupaba se queda en depresión; así es como nos encontraremos la caldera cuando vayamos a ponerla en marcha. Es en ésta situación cuando deberemos recurrir a la Válvula de Aireación para permitir la entrada de aire en la caldera y conseguir que su interior esté a presión atmosférica.

En esta situación, con la válvula de aireación abierta, podemos llenar la caldera de agua o vaciarla.

Si intentamos llenar la caldera sin abrir la válvula de aireación estaríamos ejerciendo una presión sobre la cámara de aire/ vacío que obligará a subir la presión en el interior de la caldera llegando incluso a ser detectado por el presostato de seguridad.

Con el vaciado de la caldera nos encontraremos con una situación similar pero a la inversa, la depresión existente en el interior de la caldera no nos permitirá vaciar el agua; si abrimos la válvula de aireación, se pondrá a presión atmosférica y ya se podrá vaciar.

### Nivel de sobrelleñado (otra situación característica)

En más de una ocasión, al arrancar la caldera, nos hemos encontrado con que el agua supera y rebasa el nivel normal de funcionamiento; esto, en calderas bajo la nueva normativa supone que se dispare la alarma por exceso de nivel, nivel de sobrelleñado; sea con alarma o sin ella lo propio es vaciar la caldera hasta conseguir el nivel correcto.

La cuestión es: ¿por qué se llena la caldera de agua sin nuestra intervención?

Como hemos visto en el texto anterior sobre la válvula de aireación, también en éste caso nos encontramos con un efecto consecuencia de la depresión en el interior de la caldera.

Esta depresión succionará de aquellos puntos que le permitan hacerlo; si la válvula de aireación está cerrada (normal cuando se deja con vapor), lo hará a través de la entrada de agua si la encuentra abierta.

La solución es tan sencilla como acostumbrarse a dejar cerrada la válvula de entrada de agua a la caldera o instalar una electroválvula enclavada con el funcionamiento de la bomba de alimentación de agua del generador de vapor.

## 4. TRATAMIENTO DEL AGUA PARA CALDERAS

### 4.1. Características del agua para calderas

El usuario tiene la obligación de realizar un tratamiento de agua eficiente, que asegure que la calidad de la misma se ajuste a la norma UNE 9 075 y a mantener un régimen adecuado de controles, purgas y extracciones que asegure el mantenimiento del agua dentro de los límites indicados.

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN EN CALDERAS PIROTUBULARES		
	NORMA UNE 9-075-92	
Presión máxima de servicio:	bar	>0.5
Aspecto Visual	Transparente, sin color ni sedimentos	
Dureza en mg/l de CO <sub>3</sub> Ca	$\leq 5 \text{ mg/l}$ (0,5 °dF)	
Oxígeno disuelto (O <sub>2</sub> ), en mg/l	$\leq 0,2 \text{ mg/l}$	
pH a 20°C	8 a 9	
CO <sub>2</sub> en forma de CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> , en mg/l	$\leq 25$	
Aceites y grasas en mg/l	$\leq 1$	
Materias orgánicas valoradas en mg/l de MnO <sub>4</sub> K	$\leq 10$	

PRINCIPALES IMPUREZAS DEL AGUA Y SUS EFECTOS.			
IMPUREZA	FORMULA	FORMA	EFFECTOS
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	Gas	Corrosión
Oxígeno	O <sub>2</sub>	Gas	Corrosión
Materias en suspensión		Sólidos no disueltos (Turbiedad)	Corrosión
Materias orgánica		Sólidos disueltos y no disueltos	Depósitos espumas y arrastres en el vapor.
Aceite		Coloidal	Depósitos espumas y arrastres en el vapor
Acidez	H <sup>+</sup>		Corrosión
Dureza	Ca++, Mg++	Sales disueltas	Incrustaciones
Alcalinidad	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> , OH <sup>-</sup>	Sales disueltas	Espumas, arrastres en el vapor, desprendimiento de CO <sub>2</sub> , fragilidad cáustica.
Salinidad (TSD)		Sales disueltas	Depósitos espumas y arrastres en el vapor
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	Sales disueltas	Aumento de salinidad y corrosividad
Silice	SiO <sub>2</sub>	Sales disueltas, a veces coloidal.	Incrustaciones y depósitos sobre turbinas u otros aparatos utilizadores
Hierro, Manganese	Fe, Mn	Sales disueltas o insolubles	Depósitos
Cobre	Cu	Sales disueltas o insolubles	Depósitos y corrosión.

AGUA PARA LA ALIMENTACIÓN DE CALDERAS	
TEMPERATURA EN °C	CONTENIDO DE OXIGENO (valores de saturación) mg/l.
20	9.09
30	7.49
40	6.41
50	5.50
60	4.69
70	3.81
80	2.81
90	1.59
95	0.86
99	0.18

El agua del interior de la caldera deberá tener las características que fija la norma UNE-9.075. Para ello una empresa especializada en tratamiento de aguas deberá establecer el programa de purgas de la caldera, para que teniendo en cuenta las características del agua de alimentación y la vaporización de la caldera se respeten las características que debe tener el agua del interior de la caldera.

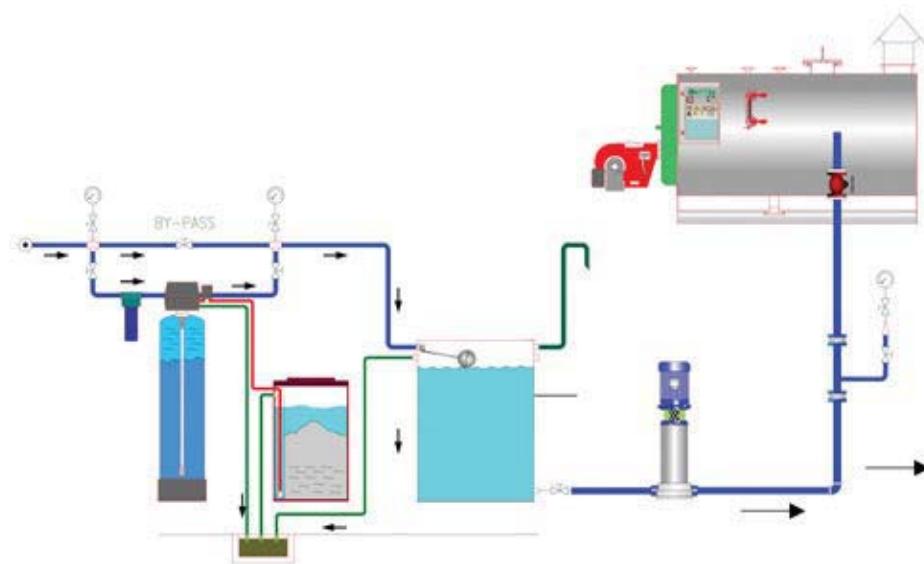
CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN EN CALDERAS PIROTUBULARES		NORMA UNE 9-075-92		
Presión máxima de servicio:		MPa	0.049< p ≤ 1.275	>13
		bar	0.5 < p ≤ 13	
Salinidad total en mg/l	Vaporización media ≤ 40 Kg/m <sup>2</sup>		≤ 6000	≤ 3000
	> 40 kg/m <sup>2</sup>		≤ 5000	
Sólidos en suspensión, en mg/l			≤ 300	≤ 250
Alcalinidad total, en mg/l CO <sub>3</sub> Ca			≤ 800	≤ 600
pH a 20 °C			10 a 12	10 a 12
Fosfatos, en mg/l de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			≤ 25	≤ 20
Silice, en mg/l de SiO <sub>2</sub>			≤ 200	≤ 150

## 4.2. Descalcificadores y desmineralizadores

Los descalcificadores son aparatos que transforman el agua dura (alto contenido de iones Ca y Mg) en agua blanda (ausencia de iones Ca y Mg).

La mayoría de las aguas contienen, en mayor o menor proporción, sales minerales incrustantes (sales de calcio y magnesio) que se depositan en el interior de las tuberías o de la maquinaria, disminuyendo considerablemente su eficacia, y se dicen que son aguas duras porque los depósitos forman un precipitado más o menos espeso que, a veces, se endurece como si fuera de piedra.

La dureza se determina por análisis químicos y se mide en miligramos de sales de calcio y magnesio contenidos por litro de agua. Los descalcificadores son, pues, aparatos que permiten sustituir los iones minerales incrustantes por iones solubles en el agua. Para llevar a cabo dicha transformación se utilizan productos tales como resinas a base de poliestireno formadas por pequeñas esferas de 0,3 mm de diámetro que tienen la propiedad de cambiar los iones de calcio y magnesio (cales) por iones de sodio, solubles en agua.



Instalación típica de tratado de agua de alimentación con descacificador



Descalcificador instalado

Para regenerar estos aparatos no es necesario sustituir la resina que, prácticamente, tiene una duración indefinida, sino que basta con circular salmuera (cloruro sódico). La regeneración del descalcificador se efectúa de manera completamente automática por el impulso de un temporizador debidamente programado o por el impulso de aparato volumétrico. Una vez regenerado, el aparato se vuelve a poner en servicio automáticamente y puede volver a dar servicio durante la duración de un nuevo

ciclo; se entiende por ciclo de un aparato la cantidad de agua que éste puede tratar en el intervalo de tiempo comprendido entre dos regeneraciones, y depende de la cantidad de resina que el aparato contiene y de la dureza del agua a tratar.

Los descalcificadores no pueden tratar siempre todos los tipos de agua, pues es posible que el contenido de sales disueltas sea demasiado elevado o puedan existir problemas de contenido de Fe, Mn, Cu, etc. En dicho caso, es necesario desmineralizar el agua de forma que se eliminen las sales que existen en el agua mediante columnas llenas de resinas plásticas que tienen la propiedad de absorber tanto los aniones como los cationes, dejando un agua prácticamente pura. La regeneración de las propiedades de las resinas se realiza por medio de ácidos y bases apropiadas (sulfúrico, hidróxido sódico, etc.).

#### 4.3. Desgasificación térmica y por aditivos

Tanto desde el punto de vista del cumplimiento de la normativa relativa a las características del agua de alimentación de caldera como del ahorro energético que podemos obtener en nuestras instalaciones de vapor, es importante conocer las ventajas de instalar un desgasificador térmico en nuestro sistema de generación de calor.

Las especificaciones que recoge la norma UNE 9-075 indican que el contenido de O<sup>2</sup> disuelto en el agua ha de ser menor de 0,2 mg/lit. El control del oxígeno disuelto en el agua se puede realizar de dos formas: mediante la aditivación química de secuestrantes como Hidracinas, Aminas o Sulfito Sódico, o mediante el sistema de calentar el agua de alimentación hasta una temperatura de 105° C, temperatura en la que el agua no dispone de gases en disolución.

Es importante reseñar además que en sectores como el alimentario está prohibido el uso de secuestrantes como la Hidracina y sus derivados por la toxicidad de los mismos, que puede producir la contaminación de los productos finales, por lo que el sistema de desgasificación térmica se convierte en el sistema más apropiado en estos casos.

El desgasificador térmico consta de una cámara situada sobre el tanque de alimentación de agua, en la cual, se introduce el agua de reposición y condensados de la instalación por la parte superior, en forma de una lluvia de finas gotas de agua, inyectando vapor a una presión adecuada por la parte inferior del desgasificador a contracorriente, logrando de esta forma, el calentamiento y la separación de los gases disueltos que salen al exterior por la parte superior del mismo. Para asegurar que la eliminación de oxígeno ha sido completa es necesario mantener el depósito de alimentación a una temperatura de 105° C, por lo que el

sistema debe estar presurizado a una presión de 0,5 bar mediante la adición al propio depósito de vapor.

Las ventajas que la instalación de este sistema representan en nuestro sistema de generación de calor son las siguientes:

- Temperatura del agua de alimentación a caldera a 105° C, con lo que se reducen los inconvenientes de los choques térmicos y las oscilaciones de presión generadas en los sistemas de alimentación de agua todo – nada.
- Reducción del régimen de purgas de la caldera para mantener el nivel de concentración de sales disueltas en el interior de la caldera según especifica la normativa UNE 9-075.
- Reducción del consumo de combustible por la necesidad de una menor cantidad de agua de aportación al reducir el volumen de purgas de caldera.
- Eliminación del gasto correspondiente al consumo de secuestrantes químicos de O<sup>2</sup>.

Los ahorros generados pueden ser un factor determinante a la hora de valorar la posible instalación de este sistema.



Desgasificador

#### 4.4. Regulación del pH

Alimentar una caldera con un pH inferior a 8,5 podría dar lugar a corrosión por acidez; así pues, es necesario tratar el agua de alimentación para que el pH a la entrada de la caldera esté entre 8,5 y 9,5, sobre todo con el fin de evitar corrosiones en las tuberías y bomba de alimentación.

Esta regulación del pH se consigue adicionando al agua de alimentación fosfato trisódico en la proporción correspondiente, que además tiene la propiedad de eliminar la dureza residual que pudiera tener el agua tras el tratamiento de descalcificación al evitar que las sales calcáreas se adhieran a las paredes metálicas de la caldera.

#### 4.5. Recuperación de condensados

Se denomina recuperación de condensados al sistema que permite incrementar el rendimiento energético de una instalación de vapor mediante la recuperación parcial o total del calor evacuado en forma de condensados por las máquinas consumidoras de vapor de calentamiento indirecto.

En una caldera se produce vapor aportando energía calorífica al agua contenida en la misma. Este vapor, mediante las apropiadas canalizaciones, se envía a las máquinas que lo han de consumir, restituyendo solamente el calor de condensación en el caso de que el circuito de vapor en la máquina sea independiente del circuito de fabricación (calentamiento indirecto). A la salida de estas máquinas se instalan unos aparatos denominados purgadores, cuya misión es evitar que salga el vapor y solamente permite la salida de este vapor condensado.



Depósito de recogida de condensados

Este agua condensada está a la temperatura correspondiente a la presión a la que el vapor ha llegado en la máquina y, por lo tanto, todavía almacena una cantidad apreciable de calor.



Sistema de recogida de condensados a alta presión (ATTSU)

Esta recuperación de condensados es muy importante que pueda dirigirse directamente a la caldera siempre que sea posible o, en el peor de los casos, al depósito de alimentación de agua; pero una instalación racional y económica no deberá en ningún caso evacuar al desagüe estos condensados, salvo que pueda existir la posibilidad de que en el proceso de consumo de vapor pueda contaminarse de grasas y aceites.

#### 4.6. Régimen de purgas a realizar

En toda caldera al vaporizarse el agua contenida en la misma, el agua que queda en su interior va aumentando su salinidad, formando lodos que se depositan en sus partes bajas y espumas que se mantienen en la superficie de evaporación. Ambas consecuencias son perjudiciales a la



Depósito enfriador y despresurizador de purgas (ATTSU)

caldera porque los lodos aumentan la suciedad interior de la caldera, dificultando la transmisión del calor y consiguiente pérdida de rendimiento y las espumas favorecen los arrastres de agua a la red de vapor.

Para la eliminación de lodos, las calderas disponen de válvulas de drenaje situadas en su parte inferior y para la eliminación de espumas, de válvulas de purga situadas unos 50 mm por debajo del plano medio.

Como es lógico, a mayor cantidad de agua purgada menor posibilidad de lodos y espuma en la caldera, pero teniendo en cuenta que el agua que se purga está caliente a la temperatura correspondiente a la presión de servicio y calentar este agua ha costado un dinero invertido en combustible, es necesario limitar las purgas al mínimo requerido.

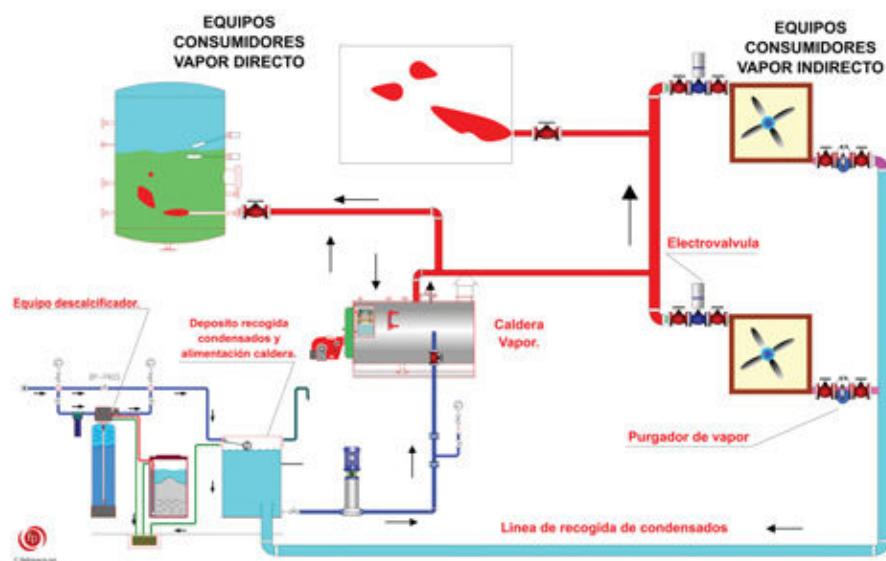


Cuadro de mandos purga automática (ATTSU)

El sistema más extendido es instalar una válvula de purga continua para la purga de las espumas, que permite purgar un porcentaje ajustable del total de agua aportada, siendo esta cantidad de agua a purgar determinada por medio de los análisis químicos periódicos que deben realizarse del agua del interior de la caldera, o por medios automáticos mediante sondas sumergidas en el interior de la caldera que controlan continuamente la salinidad del agua en la misma.

Para drenar los lodos que se van acumulando en las partes bajas de las calderas se actúa sobre las válvulas de drenaje por un corto período de tiempo cada determinado número de horas de servicio de la caldera, recomendándose que si una caldera dispone de varias válvulas de drenaje, éstas se operen una a una y nunca de forma simultánea.

## 5. ESQUEMA TÍPICO Y ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN DE VAPOR



Esquema vapor



Equipo consumidor



Grupo reductor de presión



Equipo acumulador de vapor



Caldera de vapor eléctrica



Caldera de vapor con aportación de calor por aceite térmico (Vaporizador)

## RESUMEN

Las instalaciones de vapor son muy usadas en la industria actual. Hemos analizado la caldera de vapor, sus accesorios, las condiciones de trabajo, hemos visto múltiples imágenes de los accesorios, esquemas y equipos que componen una instalación de vapor habiendo realizado una introducción general a un mundo de las instalaciones de calor muy específico y apasionante por su utilidad.

Este tema vale para comprender los mecanismos que mueven estas instalaciones y el por qué de los procesos utilizados, habiendo usado como hilo conductor las informaciones de un fabricante de calderas, el Reglamento de aparatos a presión.