



Escuela
Universitaria
Ingeniería
Técnica
Industrial
ZARAGOZA

PROYECTO FINAL DE CARRERA

Tratamiento del agua de una caldera de vapor

AUTOR

Raúl Julián Pardillos

DIRECTOR

Eva Francés

ESPECIALIDAD

Química

CONVOCATORIA

Diciembre 2010



TRATAMIENTO **DEL AGUA DE** **UNA CALDERA** **DE VAPOR**



Realizado por:
Raúl Julián Pardillos

ÍNDICE

1 Generalidades sobre calderas.....	5
1.1 Definiciones	5
1.2 Partes principales de una caldera	7
1.3 Tipos de calderas	8
1.3.1 Tipos de calderas según sus características	8
1.3.2 Calderas pirotubulares y acuotubulares	12
Calderas pirotubulares	13
Calderas acuotubulares	14
1.4 Transmisión de calor en caldera, circulación interior.....	15
1.5 Operación de una caldera.....	17
2 Uso del agua en calderas.....	18
2.1 El agua y sus usos industriales.....	18
2.1.1 El ciclo hidrológico en la naturaleza.....	18
Figura 2.1 Ciclo del agua.....	19
2.1.2 Agua en procesos industriales.....	19
2.2 Química general del agua	23
2.2.1 Parámetros principales del agua	23
2.2.2 Factores que afectan a la composición final	25
2.2.3 Índice de Langelier (Is ó LSI).....	27
2.2.4 Índice de estabilidad de Ryznar (I _R ó RSI)	28
2.3 Problemas derivados de la utilización de agua	30
2.3.1 Problemas principales ocasionados en el circuito de agua de calderas ..	30
2.3.2 Sedimentos e incrustaciones	33
2.3.3 Espumas	34
2.3.4 Arrastres.....	34
2.3.5 Corrosión	35
2.3.6 Los Silicatos.....	35
2.3.7 El Oxígeno	36
2.4 Antecedentes históricos	38
2.5 Tratamientos actuales	40
2.6 Características del agua de alimentación e interior de las calderas	41
2.7 Tratamientos internos	44
2.7.1 Análisis de control y su periodicidad.....	45
2.7.2 Régimen de purgas.....	46
3 Descalcificadores	49
3.1 Funcionamiento de un descalcificador	50
3.2 Tipos de descalcificadores	50
3.2.1 Cronométricos.....	50
3.2.2 Volumétricos.....	51
3.2.3 Volumétrico-estadísticos	52
3.3 Características de los de bajo consumo	52

3.3.1	Las fases.....	52
3.3.2	Aspiración de sal a contracorriente.....	53
3.3.3	Resinas monoestéricas	55
3.4	Cálculo de equipo	56
3.5	Cálculos necesarios en descalcificadores estándar	57
3.6	Instalación.....	58
4	Ósmosis inversa.....	59
4.1	Introducción	59
4.2	Principio de la Osmosis Inversa.....	59
4.3	Aplicaciones de la Osmosis Inversa	61
4.4	Rechazo de Membranas	63
4.4.1	Inorgánicos.....	63
4.4.2	Orgánicos	65
5	Ejemplo de estudio de caldera para definir el tratamiento.....	67
5.1	Objetivos del tratamiento.....	67
5.2	Ficha técnica de la caldera	68
5.3	Agua de aporte	69
5.4	Requisitos de agua de la caldera	69
5.5	Comparativa entre el agua de alimentación de la caldera y la requerida según la norma UNE 12953.....	72
5.6	Tratamiento	72
5.6.1	Descripción de los ensayos realizados.....	73
5.6.2	Tratamiento propuesto	73
5.6.2.1	Tratamiento antiincrustante/anticorrosivo	73
5.6.2.2	Ciclos de concentración	73
5.6.2.3	Dosis en agua de alimentación.....	74
5.6.2.4	Servicios incluidos en el tratamiento	75
5.6.2.5	Asesoramiento y puesta en marcha del programa de tratamiento ..	76
5.6.2.6	Informes y controles	76
5.6.2.7	Frecuencia de toma de muestras y determinaciones	77
5.7	Control del funcionamiento de la caldera con el tratamiento propuesto.....	77
5.8	Conclusión	83
6	Bibliografía.....	84

1 Generalidades sobre calderas

1.1 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 agua caliente: Es toda caldera en la que el medio de transporte es agua a temperatura inferior a 110 °C.

Caldera de agua sobrealentada: Es toda caldera en la que el medio de transporte es agua a temperatura superior a 110 °C.

Caldera de fluido térmico: Es toda caldera en la que el medio de transporte es un líquido distinto al agua.

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

Sobrealentador: 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 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 en las que no hay un plano determinado de separación entre la fase líquida y vapor.

Calderas automáticas: Son aquellas calderas que realizan un ciclo normal de funcionamiento sin precisar acción manual alguna, salvo en su puesta inicial en servicio o en caso de haber actuado un órgano de seguridad de corte de aportación calorífica.

Asimismo, se consideran como automáticas las calderas que realizan su ciclo normal de funcionamiento sin precisar de una acción manual, salvo para cada puesta en marcha de su sistema de aportación calorífica después de que éste haya sufrido un paro ocasionado por la acción de alguno de sus órganos de seguridad o regulación.

Calderas manuales: Se considerará como manual cualquier caldera cuyo funcionamiento difiera del de las anteriormente definidas como automáticas.

Presión de diseño: Es la máxima presión de trabajo a la temperatura de diseño, y será 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 mandos.

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

Regulación progresiva por escalas: Es la variación de la aportación calorífica que permite establecer un cierto número de posiciones intermedias entre los valores máximo y mínimo.

Regulación todo/poco/nada: Es la variación de la aportación calorífica correspondiente a los caudales máximo/mínimo/nulo, respectivamente, sin posiciones intermedias.

Regulación todo/nada: Es la variación de la aportación calorífica correspondiente al caudal único constante o nulo.

Regulación progresiva modulante: Es la variación de la aportación calorífica que puede permanecer estable en cualquier valor comprendido entre los caudales máximo y mínimo.

Regulación progresiva deslizante: Es la variación de la aportación calorífica de forma progresiva no escalonada, desde un máximo a un mínimo, sin permanecer estable en ningún punto intermedio.

1.2 Partes principales de una caldera

El problema básico del diseño de una caldera consiste en “disponer la superficie total de absorción de calor de una manera tal que extraiga el calor máximo obtenible del aporte calorífico utilizado”. Interesa, pues, obtener el máximo rendimiento al mínimo coste posible. Para lograr un óptimo económico, cada parte componente de la caldera y cada proceso de la misma deben estar en correcta proporción en relación con las restantes partes, elementos y procesos, de manera que la caldera en conjunto presente un diseño equilibrado.

En general, las partes y procesos de una caldera incluyen:

- La caldera propiamente dicha (envolvente y superficie de calefacción por radiación....)
- Hogar
- Equipo para quemar combustible
- Recolección y transporte de cenizas

- Separadores de vapor
- Agua de alimentación
- Sistema de purga
- Suministro de aire para la combustión
- Remoción de los residuos de la combustión
- Cimentaciones y soportes
- Refractarios y pantallas
- Precalentamiento del aire y del agua
- Accesorios de la caldera.

Aunque en ocasiones se destaque como principales las partes a presión de las calderas (fondos, placas tubulares, colectores, tubos tirantes, envolventes cilíndricas y tambores sometidos a presión interior, etc.), no se debe olvidar que todas sus partes son importantes y que, para evitar fallos, todas las operaciones de la caldera han de realizarse con precisión, seguridad y máximo cuidado.

1.3 Tipos de calderas

1.3.1 Tipos de calderas según sus características

Las Normas UNE 9002 y 9003 presentan los diversos criterios de clasificación para las calderas de vapor y las calderas de agua sobrecaleñada, respectivamente. En dichas normas, atendiendo a la disposición de los fluidos, se clasifican las calderas mencionadas en:

- a) Calderas de tubos de agua (acuotubulares)
- b) Calderas de tubos de humo (pirotubulares)

Pero el término “disposición” puede entenderse también en el sentido de disposición de los tubos de la caldera; entonces se tendrán los tipos siguientes:

- a) Calderas de tubos horizontales
- b) Calderas de tubos inclinados
- c) Calderas de tubos verticales

Si se atiene a la disposición del hogar respecto a la caldera, se tiene:

- a) Calderas de hogar interior
- b) Calderas de hogar exterior

Aceptando “disposición” como sinónimo de “implantación”, se tiene:

- a) Calderas estacionarias o terrestres
- b) Calderas móviles (de locomotoras o marinas, ya sean principales o auxiliares)

La Norma UNE 9002 “Calderas de vapor. Clasificación”, cuando llega al criterio de clasificación, circulación de los fluidos, establece los siguientes tipos de calderas:

- a) Calderas de circulación natural
- b) Calderas de circulación asistida
- c) Calderas de circulación forzada

La mayoría de las calderas trabaja con circulación natural: el agua se mueve dentro de la caldera estableciendo una circulación libre (natural), elevándose en cuanto entra en contacto con la superficie interna caliente. En otras calderas se recurre a la circulación forzada, que consiste en incorporar un sistema para forzar “totalmente” al fluido de operación a circular a través de la caldera. Finalmente, hay otras calderas en las que se aplica una recirculación parcial controlada del fluido de operación.

Otros criterios de clasificación adoptados en las normas UNE 9002 y 9003, respectivamente, a calderas de vapor y calderas de agua sobrecalentada son:

Según la transmisión de calor:

- a) Calderas de convección
- b) Calderas de radiación
- c) Calderas de radiación y convección

Según el combustible utilizado:

- a) Calderas de carbón (parrilla mecánica o carbón pulverizado)
- b) Calderas de combustibles líquidos
- c) Calderas de combustibles gaseosos
- d) Calderas para combustibles especiales (licor negro, bagazo, desperdicios de maderas, combustibles vegetales, etc.)
- e) Calderas de recuperación de calor de gases (con o sin combustible adicional)

Según el tiro:

- a) Calderas de hogar presurizado
- b) Calderas de hogar equilibrado

Según el sistema de apoyo empleado:

- a) Calderas apoyadas
- b) Calderas suspendidas

Según el lugar de montaje:

- a) Calderas montadas en taller

- b) Calderas montadas "in situ"

Según su implantación:

- a) Calderas terrestres
- b) Calderas marinas

Según su ubicación:

- a) Calderas a la intemperie
- b) Calderas protegidas contra intemperie

Según su operación:

- a) Calderas automáticas
- b) Calderas semiautomáticas (automáticas de encendido manual)
- c) Calderas de operación manual

Según la presión de trabajo:

- a) Calderas subcríticas:

de baja presión: $p \leq 20 \text{ Kg/cm}^2$

de media presión: $20 \leq p \leq 64 \text{ Kg/cm}^2$

de alta presión: $p \geq 64 \text{ Kg/cm}^2$

- b) Calderas supercríticas

Según su sistema de vaporización:

- a) Calderas de vaporización lenta
- b) Calderas de vaporización rápida

Según su uso:

- a) Calderas fijas
- b) Calderas semifijas
- c) Calderas móviles

Según las fuentes de calor:

- a) Calderas para combustibles (sólidos, líquidos gaseosos)
- b) Calderas mixtas
- c) Calderas de recuperación de calor
- d) Calderas eléctricas

Según la forma en la que fluyen los gases de la combustión:

- a) Calderas de paso directo
- b) Calderas de retorno

La clasificación mas extendida es en función de la disposición de sus fluidos y se desarrolla en el punto 1.3.2.

1.3.2 Calderas pirotubulares y acuotubulares

Las calderas, en sus vertientes de vapor y agua caliente, están ampliamente extendidas tanto para uso industrial como no industrial, encontrándose en cometidas tales como, generación de electricidad, procesos químicos, calefacción, agua caliente sanitaria, etc.

Aunque existen numerosos diseños y patentes de fabricación de calderas, cada una de las cuales puede tener características propias, las calderas se pueden clasificar

en dos grandes grupos según la disposición de sus fluidos; calderas pirotubulares y acuotubulares.

Calderas pirotubulares

Se denominan pirotubulares por ser los gases calientes procedentes de la combustión de un combustible, los que circulan por el interior de tubos cuyo exterior esta bañado por el agua de la caldera.

El combustible se quema en un hogar, en donde tiene lugar la transmisión de calor por radiación, y los gases resultantes, se les hace circular a través de los tubos que constituyen el haz tubular de la caldera, y donde tiene lugar el intercambio de calor por conducción y convección. Según sea una o varias las veces que los gases pasan a través del haz tubular, se tienen las calderas de uno o varios pasos. En el caso de calderas de varios pasos, en cada uno de ellos, los humos solo atraviesan un determinado número de tubos, cosa que se logra mediante las denominadas cámaras de humos. Una vez realizado el intercambio térmico, los humos son expulsados al exterior a través de la chimenea.

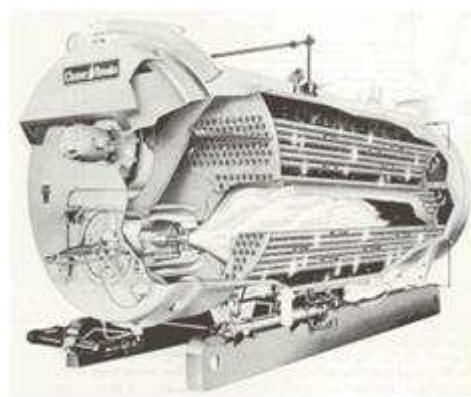


Figura 1.1 Caldera de vapor pirotubular

Calderas acuotubulares

En estas calderas, al contrario de lo que ocurre en las pirotubulares, es el agua el que circula por el interior de los tubos que conforman un circuito cerrado a través del calderón o calderones que constituye la superficie de intercambio de calor de la caldera. Adicionalmente, pueden estar dotadas de otros elementos de intercambio de calor, como pueden ser el sobrecalentador, recalentador, economizador, etc.

Estas calderas, constan de un hogar configurado por tubos de agua, tubos y refractario, o solamente refractario, en el cual se produce la combustión del combustible y constituyendo la zona de radiación de la caldera.

Desde dicho hogar, los gases calientes resultantes de la combustión son conducidos a través del circuito de la caldera, configurado este por paneles de tubos y constituyendo la zona de convección de la caldera. Finalmente, los gases son enviados a la atmósfera a través de la chimenea.

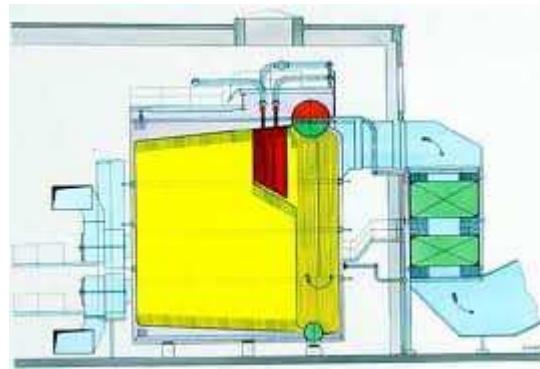


Figura 1.2 Caldera de vapor acuotubular

1.4 Transmisión de calor en caldera, circulación interior

En las calderas, el calor puede obtenerse de varias fuentes:

1. De la combustión de combustibles (sólidos, líquidos o gaseosos).
2. De los fluidos calientes resultantes de un proceso químico o de un proceso industrial.
3. De la aplicación de la energía eléctrica.
4. Del uso de la energía nuclear.
5. Otras (energía solar, etc.).

Según sea la fuente de calor, la transmisión de éste al líquido contenido en la caldera se realizará por radiación, convección, conducción o por combinación de los tres sistemas.

En toda caldera hay que distinguir la superficie de calefacción directa e indirecta.

- La superficie de calefacción directa está formada por todas aquellas superficies que por un lado están en contacto ya sea con la llama, con los productos de la combustión o de los fluidos calientes portadores del calor y, por otro lado, con el líquido o vapor contenido en la caldera.
- La superficie de calefacción indirecta está formada por todas aquellas superficies de la caldera que estando en contacto con el líquido o vapor contenido en la caldera, no están en contacto por la otra cara con los fluidos calientes del sistema de aporte de calor.

Dentro de la superficie de calefacción directa hay que distinguir la superficie de radiación y la superficie de convección.

- La superficie de radiación de una caldera es toda aquella superficie que está en contacto con la llama obtenida en la combustión del combustible utilizado o en contacto con los gases a elevada temperatura.

Teniendo en cuenta que el calor transmitido por radiación es directamente proporcional a la diferencia de la cuarta potencia de las temperaturas entre la zona caliente (aporte de calor) y la zona fría (líquido o vapor contenido), el flujo de calor (cantidad de calor transmitida por unidad de superficie) es sumamente elevado, por lo que es necesario que el diseño de esta superficie sea cuidadoso para evitar las elevadas oscilaciones térmicas a que se ve sometida, procurando además que por la parte del agua esté totalmente limpia de residuos e incrustaciones para facilitar la transmisión de calor al agua y evitar que el acero alcance temperaturas superiores a las previstas en el diseño.

$$Q_r = \sigma A (T_1^4 - T_2^4)$$

Siendo:

Q_r la cantidad de energía radiante emitida por un cuerpo

A es el área de la superficie irradiante

σ es la constante de Stefan-Boltzman $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4\text{)}$

T_1 y T_2 son las temperaturas de la zona caliente y la zona fría

- La superficie de convección de una caldera es toda la superficie de calefacción que está en contacto con las bases de combustión o fluidos calientes de aporte de calor, normalmente fuera del hogar.

El calor transmitido por convección sigue la fórmula siguiente:

$$Q = K * S * t_m$$

siendo:

Q = Cantidad de calor transmitido

K = Coeficiente global de transmisión de calor por convección

S = Superficie de calefacción

t_m = Temperatura media de la diferencia de temperatura entre la zona de aporte de calor y la zona de líquido o vapor contenida en la caldera.

Así pues, se puede incrementar el valor del calor cedido por:

- Aumento de la superficie de calefacción.
- Aumento de la diferencia de temperaturas.
- Aumento del coeficiente K. Este coeficiente de valor totalmente empírico depende de una serie de factores, pero el más importante es el de la velocidad del fluido caliente, de forma que al aumentar esta velocidad aumenta la cantidad de calor transmitida. Igualmente, este factor K disminuye cuando existen depósitos de hollín o incrustaciones en algunas de las dos caras de la superficie de calefacción.

1.5 Operación de una caldera

El principio de funcionamiento de una caldera es sencillo: se pretende evaporar agua y sobrecalentar el vapor obtenido mediante la energía liberada en una reacción de combustión. En concreto, la caldera de vapor elegida como base para el modelado funciona de la siguiente manera: (ver Figura 1)

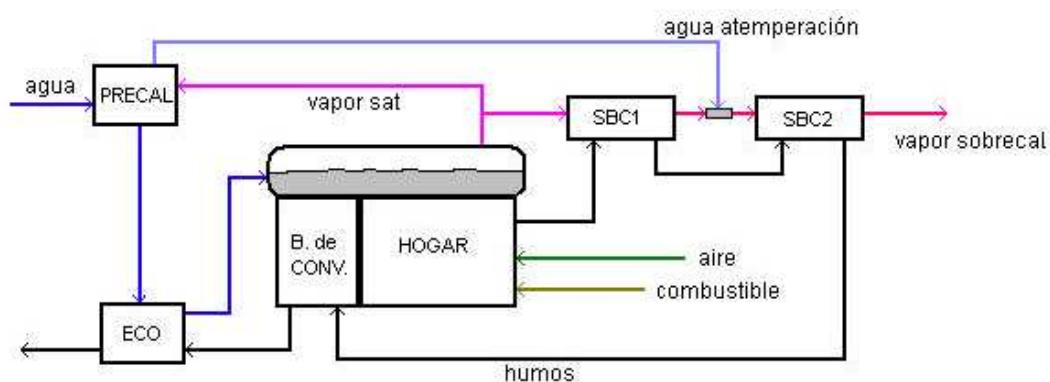


Figura 1 Esquema de funcionamiento de la caldera de vapor industrial

El agua de alimentación, antes de entrar en el sistema generador de vapor propiamente dicho pasa por un intercambiador de calor cuyo objetivo es el precalentamiento de dicho agua antes de que ésta entre en el economizador. Como medio calefactor se utiliza vapor de agua saturado que se obtiene en el calderín.

En el economizador el agua se sigue calentando, aunque sin llegar a vaporizarse, utilizando como fluido calefactor los gases de combustión generados en la propia caldera.

Después del economizador el agua llega al calderón superior, y desde allí, mediante los tubos bajantes accede al calderín inferior, desde donde se reparte entre los distintos circuitos de generación de vapor, correspondientes a la cámara de combustión y el banco de convección.

El agua, al ascender por los tubos (por circulación natural) se va vaporizando en parte, formando una mezcla de vapor y agua al llegar de nuevo al calderón superior. En este, el vapor generado debe separarse del agua, para lo cual se dispone de un sistema de separadores ciclónicos.

El vapor seco que sale del calderín llega la sección de sobrecalentamiento, formada por dos cuerpos separados por un atemperador. Al salir del sobrecalentador secundario, el vapor llega a un colector desde donde ya pasa a proceso.

2 Uso del agua en calderas

2.1 El agua y sus usos industriales

2.1.1 El ciclo hidrológico en la naturaleza

Las aguas naturales forman parte de un ciclo continuo así el agua en forma de humedad se evapora de los océanos y otras superficies de agua, posteriormente a su vez es precipitada en forma de lluvia, nieve y granizo como se puede ver en la figura 2.1. Parte de esta precipitación regresa a las superficies del agua y parte cae sobre la tierra. De esta última, una parte es captada por la vegetación, algo se

evapora, otra parte corre hacia los océanos por conducto de corrientes de agua y lagos y el resto se infiltra en el suelo. El abastecimiento de agua para suministro se realiza mediante captación en cursos superficiales o subterráneos.

Las condiciones hidrológicas del terreno relacionadas con la lluvia, con los flujos de agua y con la infiltración, son factores de mucha importancia en la formación de las reservas de aguas para riegos y abastecimientos. Las variaciones de estos factores afectan no sólo la cantidad de agua aprovechable, sino también su calidad.

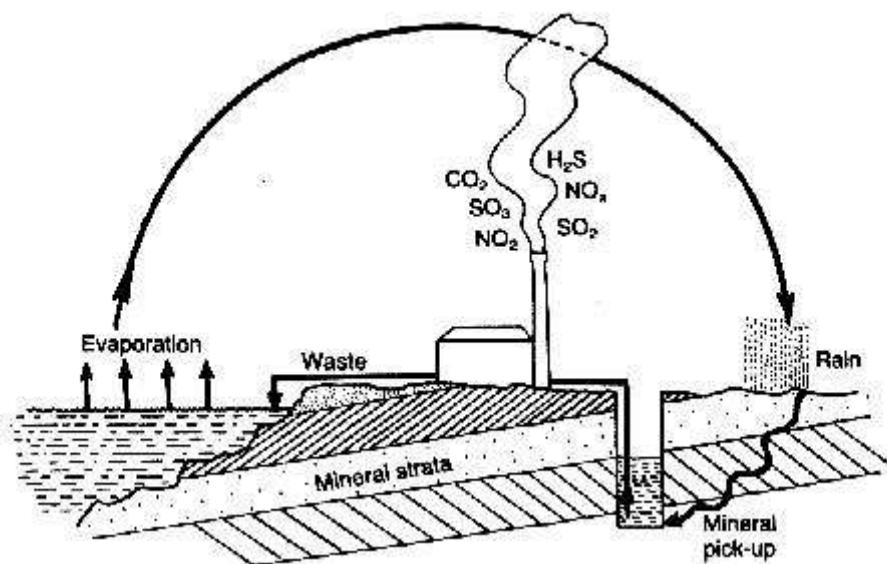


Figura 2.1 Ciclo del agua

2.1.2 Agua en procesos industriales

Algunas aplicaciones generales descritas de una forma muy simplificada son las siguientes:

Agua para la fabricación de papel

El agua es básica en estas industrias. Un buen tratamiento del agua es fundamental en la fabricación de papel y la desinfección limita la proliferación bacteriana y aumenta la productividad gracias a mantener el circuito más limpio.

Aqua para corte a alta presión

Un chorro de agua muy fino y a muy alta presión, permite un corte preciso y rápido de diversos materiales. Se necesita agua osmotizada para evitar la obstrucción de boquillas, mejorando el mantenimiento y consiguiendo siempre una calidad de coste excepcional. Esta técnica se emplea también en cirugía.

Aqua para la fabricación del doble vidrio

El doble vidrio esta constituido por dos vidrios montados a poca distancia uno del otro, separados por una cámara de aire. Una de las particularidades es que estén perfectamente limpios, tanto en el exterior como principalmente en el interior. La máquina de lavado utiliza un agua muy pura obtenida por ósmosis y desmineralización posterior. Después del secado hay un control visual.

Aqua para laboratorios fotográficos

Es importante la calidad del agua en la preparación de reactivos y en lavado de placas, película y papel. Basta con una filtración y descalcificación, aunque en algún proceso deba emplearse agua desmineralizada.

Aqua para pulido de cristales de gafas

Los cristales en su proceso de fabricación, deben ser pulidos para darles la curvatura y dimensiones necesarias para conseguir su efecto corrector. El agua descalcificada, osmotizada y filtrada con carbón activo, elimina las trazas de vidrio y abrasivo en su lavado final

Aqua para la fabricación de componentes electrónicos

La fabricación de transistores, diodos, memorias, microprocesadores, etc. Necesita agua ultrapura, de muy baja resistencia para evitar deposiciones de sólidos o sales. Se emplea ósmosis, desmineralización, microfiltración y esterilización con ozono o ultravioleta. La calidad de los productos fabricados depende en gran parte de la calidad del agua empleada en el proceso.

Aqua contenida en los productos de limpieza

El agua es frecuentemente el principal componente de los productos de limpieza domésticos o industriales. Para conseguir un medio neutro favorable, el agua debe filtrarse, descalcificarse o desmineralizarse, permitiendo realizar las formulaciones sin riesgo de precipitación de las primeras materias, obteniéndose productos homogéneos y de aspecto limpio.

Aqua en el tratamiento de superficies

El tratamiento de superficies es una etapa imprescindible en numerosas actividades industriales. De la calidad del agua depende la fase final del proceso. Por ejemplo: la aplicación de pintura en las carrocerías de los automóviles. Es indispensable que el lavado efectuado después del desengrase, decapado, fosfatación, etc. Deje la superficie impecable para relucir la capa de pintura. El tratamiento es filtración y desmineralización.

Aqua para análisis y reactivos químicos

Los análisis de control fisicoquímicos exigen un agua neutra para no falsear las reacciones. Esto se obtiene con agua desmineralizada obtenida con un equipo con distintas columnas o mediante cartuchos provistos de resinas que los regenera el suministrador

Aqua para calderas industriales de vapor

Debe adaptarse a la norma UNE-9075 y el tratamiento dependerá de la calidad del agua a tratar, de la presión de la caldera y del tipo (pirotubular o acuotubular). Además necesitan tratamiento químico posterior.

Aqua en torres de refrigeración

Se basan en la reducción de temperatura por el efecto de la evaporación y se emplean en refrigeración de procesos, climatización, refrigeración de compresores, etc. En general bastará un tratamiento químico y un régimen de purgas adecuado para mantener su grado de concentración.

Aqua en tintes y acabados

Para conseguir un eficaz proceso de tintura con un buen anclaje del colorante sobre la fibra y con una buena calidad y uniformidad en el color, basta emplear agua descalcificada sin sólidos en suspensión.

Aqua para la industria farmacéutica

Aquí, a parte de la extrema calidad química se necesita el agua esterilizada.

Aqua para la fabricación de cerveza

El sabor de una cerveza está íntimamente relacionado con la calidad del agua utilizada en su fabricación, con una relación de 10 litros de agua por litro de cerveza producida. Así pues el cervecero necesita un agua muy poco mineralizada, casi pura y en gran cantidad.

Antiguamente esta industria se instalaba en regiones con abundante agua y de excelente calidad, pero actualmente es distinto, ya que los modernos tratamientos de agua (ósmosis, desmineralización y decloración), permiten obtener una excelente calidad de agua partiendo del suministro de las redes de distribución a pozos propios, ajustándose perfectamente su mineralización para que cada marca tenga su personalidad propia.

Aqua en destilerías

Muchos ignoran que la mayor parte de los alcoholes procedentes de la destilación (70º de riqueza alcohólica) son reducidos de grado para ajustarlos a cada bebida. Este agua debe ser de suficiente calidad y neutra para no modificar las características organolépticas de cada alcohol. Así pues, el agua debe ser desmineralizada y sometida a una ultrafiltración a 0.002 micras. Puede utilizarse previamente una ósmosis inversa con o sin descalcificador previo, según la dureza del agua a tratar.

El agua así tratada debe estar exenta evidentemente de materias orgánicas y gérmenes. Ha de ser agua pura química, orgánica y bacteriológicamente que nunca producirá depósitos (principalmente cálcicos) en el interior de las botellas.

Y además:

- Agua para hornos a vapor
- Preparación de productos lácteos
- Agua para la fabricación de pan biológico
- Agua para la fabricación de licores
- Agua para la fabricación de bebidas
- Agua para la cocción del jamón cocido
- Agua para preparar helados y sorbetes
- Agua para las ensaladas preparadas
- Agua para el lavado de botellas

2.2 Química general del agua

2.2.1 Parámetros principales del agua

Los principales parámetros involucrados en el tratamiento del agua de una caldera, son los siguientes:

- **pH.** El pH representa las características ácidas o alcalinas del agua, por lo que su control es esencial para prevenir problemas de corrosión (bajo pH) y depósitos (alto pH).
- **Dureza.** La dureza del agua cuantifica principalmente la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en el agua, los que favorecen la formación de depósitos e incrustaciones difíciles de remover sobre las superficies de transferencia de calor de una caldera.

- **Oxígeno.** El oxígeno presente en el agua favorece la corrosión de los componentes metálicos de una caldera. La presión y temperatura aumentan la velocidad con que se produce la corrosión.
- **Hierro y cobre.** El hierro y el cobre forman depósitos que deterioran la transferencia de calor. Se pueden utilizar filtros para remover estas sustancias.
- **Dióxido de carbono.** El dióxido de carbono, al igual que el oxígeno, favorecen la corrosión. Este tipo de corrosión se manifiesta en forma de ranuras y no de tubérculos como los resultantes de la corrosión por oxígeno. La corrosión en las líneas de retorno de condensado generalmente es causada por el dióxido de carbono. El CO₂ se disuelve en agua (condensado), produciendo ácido carbónico. La corrosión causada por el ácido carbónico ocurrirá bajo el nivel del agua y puede ser identificada por las ranuras o canales que se forman en el metal.
- **Aceite.** El aceite favorece la formación de espuma y como consecuencia el arrastre al vapor.
- **Fosfato.** El fosfato se utiliza para controlar el pH y dar protección contra la dureza.
- **Sólidos disueltos.** Los sólidos disueltos la cantidad de sólidos (impurezas) disueltas en al agua.
- **Sólidos en suspensión.** Los sólidos en suspensión representan la cantidad de sólidos (impurezas) presentes en suspensión (no disueltas) en el agua.
- **Secuestrantes de oxígeno.** Los secuestrantes de oxígeno corresponden a productos químicos (sulfitos, hidrazina, hidroquinona, etc.) utilizados para remover el oxígeno residual del agua.
- **Sílice.** La sílice presente en el agua de alimentación puede formar incrustaciones duras (silicatos) o de muy baja conductividad térmica (silicatos de calcio y magnesio).

- **Alcalinidad.** Representa la cantidad de carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos y silicatos o fosfatos en el agua. La alcalinidad del agua de alimentación es importante, ya que, representa una fuente potencial de depósitos.
- **Conductividad.** La conductividad del agua permite controlar la cantidad de sales (iones) disueltas en el agua.

En el ciclo hidrológico el agua de lluvia disuelve O₂ , N₂ , CO₂ y otros gases si la atmósfera está contaminada. En su contacto con el terreno, y según la composición de éste, disuelve sales que se incorporan a ella.

2.2.2 Factores que afectan a la composición final

Los factores que influyen en la incorporación de las sales solubles y otras sustancias en el agua y por lo tanto, determinan su composición final son:

- Superficie de contacto, longitud del recorrido, tipología del terreno, tiempo de contacto, temperatura y presión.
- Si está contaminada por residuos urbanos o agrícolas, tendrá entre otros: amonio, nitritos, nitratos, fosfatos, materia orgánica. Este listado puede ampliarse substancialmente por la presencia de contaminaciones de origen industrial. Además puede incorporar materias en suspensión (arena, limo, etc.) y materias emulsionadas (aceites, hidrocarburos, etc.).

La solubilidad del bicarbonato y sulfato cálcico y magnésico disminuyen en función de la temperatura, lo que da origen a su precipitación en forma de incrustación sobre superficies calientes.

El sulfato cálcico no lo hará en cantidad apreciable hasta alcanzar temperaturas superiores a 100º C, pero entonces, generalmente en forma muy dura y compacta, a su vez el bicarbonato se descompone antes y precipita en forma de carbonato. Las temperaturas elevadas se producen en los sistemas de agua caliente sanitaria, calefacción, calderas de vapor y procesos industriales.

El reparto del CO₂ total disuelto en el agua es importante para la comprensión de su comportamiento incrustante o agresivo.

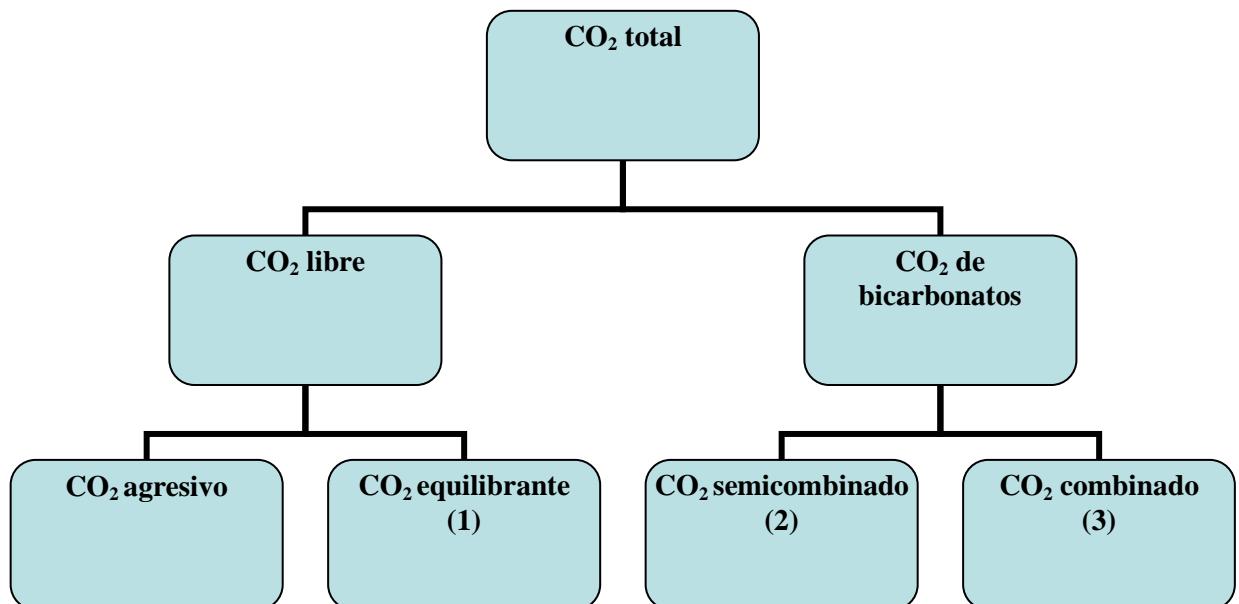
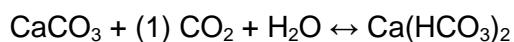


Figura 2.2 Reparto del CO₂ en el agua de caldera

que en las siguientes reacciones están identificados:



El CO₂ equilibrante es el de saturación en la reacción de equilibrio (1) entre bicarbonato y carbonato cálcico. El sobrante, si existe, hasta el CO₂ libre es el que se denomina CO₂ agresivo. Por otra parte el CO₂ de bicarbonatos está repartido, según la reacción (2) en CO₂ semicombinado, que da el ácido carbónico que se desprende al aumentar la temperatura, y el CO₂ combinado que interviene en la formación de la incrustación de carbonato cálcico.

Esta sal precipita ya a baja temperatura e incluso a temperatura ambiente y origina problemas de incrustación en las aguas de abastecimiento y sanitarias. Pero, según el cuadro anterior, toda agua dura no es incrustante ya que si contiene CO₂ agresivo será propiamente agresiva, provocando la redisolución y corrosión del hierro, si éste está en contacto directo con el agua.

Si el CO₂ libre es superior al equilibrante, el agua es agresiva y redissuelve el carbonato cálcico. No hay que confundirla con agua corrosiva que es la que disuelve los metales (Fe, Al, Cu, Zn, etc.). En cambio si el CO₂ libre es inferior al equilibrante, el agua es incrustante, o sea que a temperatura ambiente tenderá a formar incrustación de carbonato cálcico.

2.2.3 Índice de Langelier (Is ó LSI)

Está basado en el pH de saturación (pH_s), que determina el índice de saturación o de Langelier. Su expresión es la siguiente:

$$Is = pH - pH_s$$

Donde Is > 0 agua incrustante

Is < 0 agua agresiva

En la práctica Is > 0.5 agua incrustante

Is < -0.5 agua agresiva

Puede determinarse por cálculo o por el ábaco llamado Hoover-Langelier (figura 2.3), necesitándose los valores de: Temperatura, pH, dureza cálcica y alcalinidad total (bicarbonatos en aguas naturales) en mg/l. como CO₃Ca y sólidos totales en mg/l.

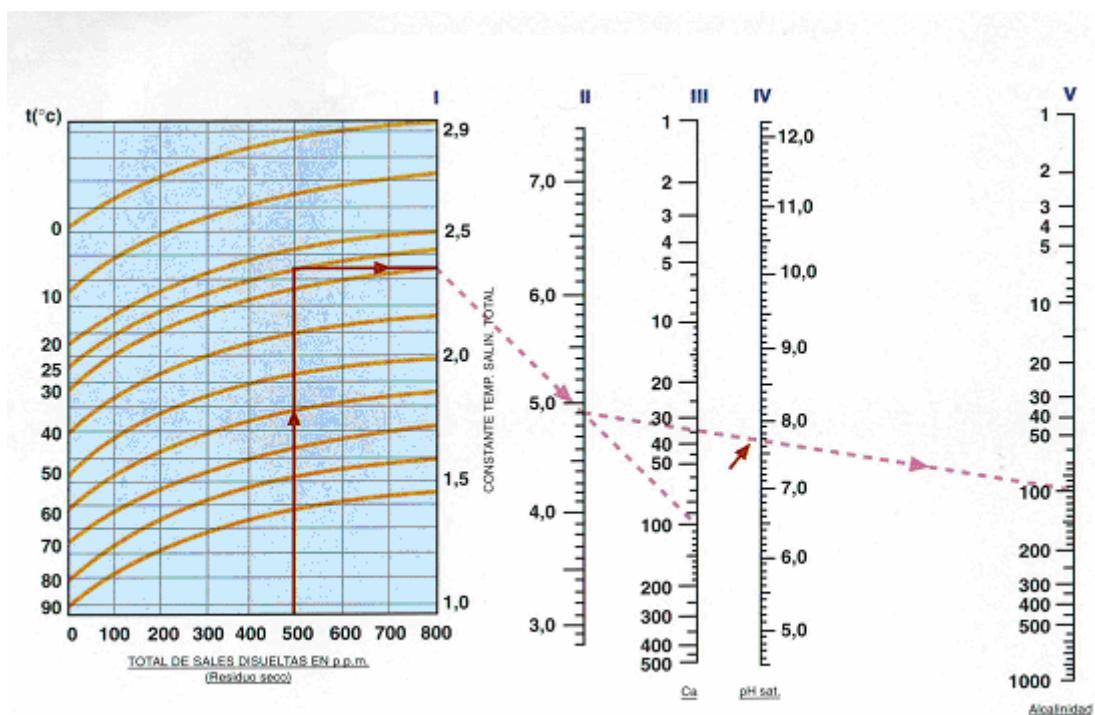


Figura 2.3 Monograma de Hoover-Langelier

El pHs a temperatura ambiente puede también determinarse experimentalmente mediante la "prueba del mármol", quedando luego pendiente solamente el efectuar la corrección mediante un ábaco, para pasarlo a la temperatura de trabajo.

2.2.4 Índice de estabilidad de Ryznar (I_R ó RSI)

J. W. Ryznar propuso un índice empírico que según la experiencia parece más representativo del carácter incrustante o corrosivo de un agua. Su expresión es:

$$I_R = 2 \text{ pHs} - \text{pH}$$

Tabla 2.1 Clasificación del agua según Índice de Ryznar

$I_R < 6$ agua incrustante
$6 < I_R < 7$ agua próxima al equilibrio
$I_R > 7$ agua agresiva

Matizando más, cabe la siguiente clasificación:

Tabla 2.2 Clasificación estricta según Índice de Ryznar

$4 < I_R \leq 5$ muy incrustante
$5 < I_R \leq 6$ débilmente incrustante
$6 < I_R \leq 7$ en equilibrio
$7 < I_R \leq 7.5$ agresiva
$7.5 < I_R \leq 9$ fuertemente agresiva
$I_R > 9$ extremadamente agresiva

2.3 Problemas derivados de la utilización de agua

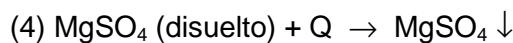
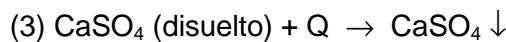
Todas las aguas naturales, debido al alto poder disolvente del agua, no están en forma pura, sino que contienen sustancias que desde el punto de vista del funcionamiento de las calderas se consideran impurezas, ya que repercuten en su rendimiento, en la calidad del vapor, en su conservación, duración y en la seguridad personal, puesto que incluso en algunas ocasiones pueden ser causa de explosiones. Dichas impurezas se suelen clasificar en tres grandes grupos:

- Materias / Sólidos en suspensión: Pueden ser muy diversas, tanto por su naturaleza (arena, arcilla, restos de roca; metales, materia orgánica más o menos coloidal), como por su tamaño.
- Sustancias disueltas: Algunas materias orgánicas y fundamentalmente sales minerales (iones calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos).
- Gases: Oxígenos, anhídrido carbónico, nitrógeno, amoniaco

2.3.1 Problemas principales ocasionados en el circuito de agua de calderas

La aportación del calor del combustible al agua para su transformación en vapor, se realiza a través de la superficie de calefacción, por ello es en esta donde se produce las deposiciones de sales cálcicas y magnésicas básicamente, según las siguientes reacciones:





Estas sales se depositan principalmente en las superficies más calientes, reduciendo el coeficiente de transmisión de calor según puede observarse en la tabla 2.3:

Tabla 2.3 Coeficientes de transmisión de calor

Material	h
Cobre	330 cal/m ² .h.ºC
Acero	40 cal/m ² .h.ºC
Incrustación de CaCO ₃	6,3 cal/m ² .h.ºC
Incrustación de CaSO ₄	2,6 cal/m ² .h.ºC
Incrustación de SiO ₂	0,2 cal/m ² .h.ºC

Las incrustaciones son generalmente mezclas de ellas, cuyo coeficiente de transmisión variará según su composición entre los valores antes citados. Dicha reducción producirá un incremento de la temperatura del acero que disminuirá su resistencia mecánica, con peligro de deformación, rotura y consiguiente explosión.

Si además se tiene en cuenta que en las calderas modernas, principalmente las acuotubulares, se ha aumentado considerablemente la transmisión de calor por metro cuadrado, es de suma importancia mantener la superficie de transmisión exenta de incrustación para evitar los peligros antes citados.



Figura 2.4 Caldera de vapor

Estos problemas pueden dividirse en tres grupos, los cuales se describen seguidamente:

- Sedimentos e incrustaciones
- Espumas y arrastres
- Corrosión

2.3.2 Sedimentos e incrustaciones

Se entiende por incrustación los depósitos duros adheridos a las superficies calientes, que no pueden ser eliminados simplemente por agua a presión y que se arrancarán en forma de placas. A su vez se consideran sedimentos los depósitos blandos que en general son eliminables con agua a presión o arrastables, por ejemplo al pasar la mano y que no se pueden recoger en forma de placas. Los sedimentos e incrustaciones son originadas fundamentalmente por precipitaciones de sales cárnicas y magnésicas.

Dada la estructura de las modernas calderas, es imposible la eliminación de la incrustación por limpieza mecánica. Así mismo, no todas las incrustaciones pueden ser disueltas por limpieza química. De ahí la importancia de unos adecuados tratamientos externo e interno y controles que prevengan su formación.



Figura 2.5 Incrustaciones en tubos de humo

2.3.3 Espumas

Las espumas se presentan sobre el nivel de agua del interior de caldera, se pueden contrarrestar actuando sobre sus causas y también con la adición de un antiespumante. Pueden ser debidas a:

- Presencia de aceites y grasa saponificables
- Entradas de detergentes o jabones
- Existencia de materias orgánicas
- Excesiva concentración salina
- Elevada alcalinidad
- Presencia de sólidos en suspensión
- Características del diseño de la caldera e instalación

2.3.4 Arrastres

Se detectan porque los condensados poseen sales del agua de la caldera. El vapor puede contener también agua no debida a arrastres, sino a condensaciones del propio vapor, en este caso es agua destilada, sin sales. Pueden reducirse empleando: colectores de vapor, separadores y distribuidores. Los arrastres de agua de caldera con el vapor, además de las causas de formación de espumas, pueden ser motivados por:

- Demandas instantáneas superiores a la capacidad de producción
- Apertura demasiado rápida de la válvula de salida de vapor
- Nivel de agua excesivamente alto

- Sección insuficiente de la tuberías de distribución de vapor
- Deficiente diseño de la caldera

2.3.5 Corrosión

Es el deterioro, la destrucción progresiva de un metal por la reacción de un metal con el medio que lo rodea. Comprende todas aquellas transformaciones en las que un metal pasa del estado libre a un estado combinado, se forme o no recubrimiento de óxido.

En las condiciones normales del medio ambiente, es un fenómeno natural y que por tanto debe ser combatido. Los costes originados por corrosión, entre pérdidas directas (reemplazo de material, coste reparación y tiempo de las mismas) e indirectas (paros, pérdidas de productos, alteración de acabados, sobredimensionado, etc.) son enormes.

En el desarrollo de la corrosión, intervienen múltiples factores, como son: naturaleza del metal, acabado, contactos con otros materiales, corrientes eléctricas, tensiones, humedad, ph (acidez principalmente), sales (cloruros esencialmente), gases (oxígeno, anhídrido carbónico, amoníaco...), sedimentaciones, recalentamientos, velocidad de paso del agua por tuberías, etc.

2.3.6 Los Silicatos

Este elemento en las calderas de alta presión (superior a 50 kg/cm²) es imprescindible su eliminación por intercambio iónico, tanto para evitar su precipitación dentro de la caldera, prácticamente imposible de eliminar, como para evitar su paso a la fase vapor y su precipitación posterior en los alabes de las turbinas de vapor que puede desequilibrarlas.

Los arrastres con el vapor son tanto más fuertes cuanto más elevadas son la presión, temperatura y concentración en el agua. No debe olvidarse que su presencia en el agua está en forma disuelta y/o coloidal, y que ambas formas deben eliminarse. En las calderas de baja y media presión y en las que el vapor no va destinado a la producción de electricidad (turbinas) basta controlar periódicamente su concentración a fin de que cumpla la siguiente condición:

$$\text{SiO}_2 \text{ (mg/l)} / \text{TAC ('f)} < 2.5$$

Para evitar su precipitación en las superficies más calientes. Normalmente para aguas muy ricas (más de 25-30 mg/l de SiO₂) su regulación se hará alcalinizando el agua o disminuyendo su concentración con purgas.

2.3.7 El Oxígeno

Es un elemento químico, gas, que se encuentra en disolución en todas las aguas naturales en unas proporciones máximas dependientes de la temperatura del agua. Como puede comprobarse en la tabla 2.4, queda muy reducido a temperaturas superiores a 100°C.

Tabla 2.4 Saturación de O₂ en función de la Temperatura

Temperatura °C	Saturación O ₂ en mg/l
10	11.25
20	9.09
30	7.49

40	6.41
50	5.5
60	4.69
70	3.81
80	2.81
90	1.59
100	Residual

El oxígeno actúa sobre el acero produciendo las clásicas corrosiones puntuales llamadas "pitting" causa de averías importantes.

En calderas que no admiten una alcalinidad elevada (generalmente media y alta presión) y en circuitos cerrados es imprescindible la eliminación del oxígeno, como también lo es en los economizadores que son intercambiadores de calor que aumentan la temperatura del agua de alimentación, aprovechando los gases de combustión salidos de la caldera. Anteriormente estos equipos eran de fundición, mucho más resistente a la corrosión que los actuales de acero estirado, es por lo que debe preverse un eficaz tratamiento reductor de oxígeno, así como la adecuada alcalinidad para evitar una rápida corrosión.



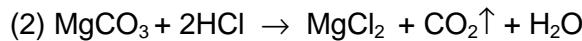
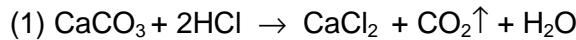
Figura 2.6 Corrosión por Oxígeno

2.4 Antecedentes históricos

Antiguamente apenas se conocían los tratamientos de agua o eran muy poco eficaces, por lo cual las calderas inexorablemente se incrustaban y periódicamente debían desincrustarse para evitar deformaciones y roturas.

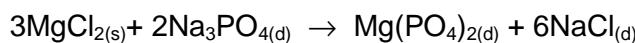
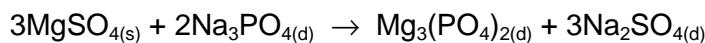
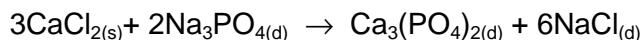
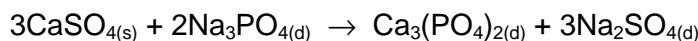
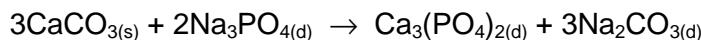
En un principio la desincrustación era manual con piquetas, puesto que eran accesibles (calderas hervidores, hogar interior). Cuando aparecieron las calderas acuotubulares Babcock y Wilcox tipo WIF a primeros de siglo, se comenzaron a emplear las turbinas con fresas para la trituración de la incrustación y eliminación con agua. Eran unos ejes movidos por motores eléctricos que accionaban las fresas de diversas dimensiones, para abrirse paso a través del poco espacio que dejaba libre la incrustación dentro del tubo.

Según la composición de la incrustación se utilizaba HCl, más o menos inhibido frente al acero. La influencia de la temperatura era importante para acelerar el proceso de desincrustación, si en la incrustación predominaba la de tipo carbonatada se producían las siguientes reacciones disolviéndola:



En las calderas de hervidores era habitual introducir troncos de olivos que desprendían sustancias que evitaban algo la incrustación, de ahí salieron los primeros tratamientos químicos empleados que se basaban en los coloides que llevan taninos, lignosulfonatos y almidóncuyo poder de dispersión evitaba la precipitación de la dureza y la transformaba en barros. Era el tratamiento base en las locomotoras de vapor.

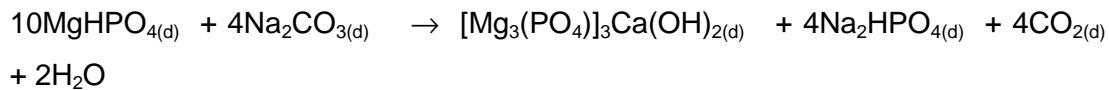
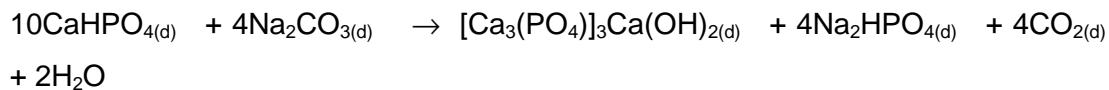
Los fosfatos y polifosfatos sódicos, también se aplicaron durante muchos años para evitar la formación de incrustaciones, incluso actualmente aún se utilizan para minimizar las durezas residuales junto con los tratamientos por intercambio iónico. Las reacciones de los fosfatos son las siguientes:



Los bicarbonatos reaccionan de la siguiente forma:



Y que con la ebullición:



A medida que fueron aumentando la presión y complejidad constructiva de las calderas, simultáneamente, mejoraron el conocimiento y disponibilidad de productos químicos, con lo que se fueron introduciendo diferentes sistemas para el tratamiento del agua, tales como:

- Descarbonatación con cal
- Eliminación de la dureza total con cal y sosa
- Descalcificación con zeolitas (tierras naturales)
- Intercambio iónico

2.5 Tratamientos actuales

Se dan al agua de alimentación de las calderas de vapor para corregir y prever los problemas de corrosión, incrustación, alcalinización, formación de espumas entre otros. Pueden clasificarse por sus cualidades en:

- Secuestrantes de sales cálcicas y magnésicas (dureza)
- Dispersantes
- Acondicionadores de fangos
- Inhibidores de corrosión
- Inhibidores de espumas

- Reductores de oxígeno
- Correctores de alcalinidad y pH
- Pasivantes

Existen diversas sustancias para cada uno de ellos con sus características peculiares. La elección del más idóneo depende de la composición química del agua, su tratamiento externo, presión de trabajo, condiciones específicas de la instalación, destino del vapor, etc. y deberá ser dictaminado previo estudio de la instalación.

Estos productos deben adicionarse de forma proporcional mediante bomba dosificadora adecuada, bien directamente en el depósito de alimentación, bien en el tubo de aspiración de la bomba de alimentación, según el tipo y misión del tratamiento. Pero no basta sólo con realizar el tratamiento puesto que las concentraciones, tanto del agua de alimentación como del interior de la caldera, deben mantener los valores orientativos dados por la norma UNE 9075.

Para ello, todo tratamiento debe ser controlado, periódicamente, mediante análisis de las aguas y además requiere inspecciones periódicas del interior de la caldera, según determina la vigente Reglamentación de Aparatos a Presión MIE-AP1 Art. 6 ap. 3, pues los análisis son necesarios, pero no suficientes, para tener la certeza que la instalación se mantiene en óptimas condiciones de servicio.

2.6 Características del agua de alimentación e interior de las calderas

Las características de los diversos valores para el agua de alimentación y del interior de calderas, ya sean de tubos de humo o acuotubulares, y para distintas presiones de trabajo, vienen señaladas según la vigente Reglamentación en la norma "UNE 12952 y 12953"

Como se dice al comienzo de esta misma Norma, en su apartado 1º cuyo objeto es indicar los límites recomendables "en algunos casos particulares podrán existir

desviaciones de los presentes límites, en función del tipo y diseño de la caldera, y sus condiciones de servicio y utilización".

Debido a las variaciones de las calidades de las aguas de unas localidades a otras, y las características de distintas calderas y tratamientos, algunos valores citados deben tomarse como orientativos, no imperativos, como se refleja estudiando diversas normas y autores experimentados.

Tabla 2.5 Parámetros agua alimentación según UNE 12953

Parámetros	Unidades	Agua de alimentación para calderas de vapor	
Presión de servicio	bar	0.5 a 20	>20
Apariencia	-----	Clara, libre de sólidos en suspensión	
Conductividad directa a 25°C	mS/cm	No especificada	
pH a 25°C	-----	>9.2 ^b	>9.2 ^b
Dureza total	mmol/l	<0.01 ^c	<0.01
Hierro	mg/l	<0.3	<0.1
Cobre	mg/l	<0.05	<0.03

Sílice	mg/l	No especificada	
Oxígeno	mg/l	<0.05 ^d	<0.02
Aceites/grasas	mg/l	<1	<1
Sustancias orgánicas	-----	Nota ^e a pie de tabla	

- a.Si existe cobre en el sistema, el valor de pH debe mantenerse entre 8,7 y 9,2.
- b.Con agua descalcificada de pH > 7 debe considerarse el pH del agua de caldera.
- c.A presión de servicio < 1 bar, debe ser aceptable una Dureza total máxima de 0,05 mmol .
- d.En instalaciones de funcionamiento intermitente o sin desgasificador térmico deben utilizarse aditivos filmantes o reductores de oxígeno .
- e.Las sustancias orgánicas pueden descomponerse, formando ácido carbónico u otros compuestos ácidos que pueden generar corrosión y depósitos en el sistema, favorecen además la formación de espumas y arrastres de agua en el vapor.

2.7 Tratamientos internos

Son los que se efectúan mediante productos que se añaden al agua de alimentación con objeto de ajustar sus valores, entre ellos el pH, o los del agua de caldera y en condensados, para corregir o prevenir los problemas de corrosión, incrustaciones, espumas, etc. Pueden clasificarse por sus cualidades en:

- Secuestrantes de sales cárnicas y magnésicas (dureza)
- Acondicionadores de fangos
- Inhibidores de corrosión en las calderas
- Inhibidores de espumas
- Reductores de oxígeno
- Inhibidores de corrosión en las líneas de condensados
- Correctores de alcalinidad y pH

Existen diversas sustancias para cada uno de ellas con sus características peculiares. También se encuentran en el mercado distintos productos comerciales que reúnen en uno solo, varias de las cualidades antes citadas.

Respecto a los inhibidores de corrosión en las líneas de condensados, se emplean normalmente aminas volátiles neutralizantes y/o filtrantes o hidracina, todas tóxicas, aunque este punto solamente tiene importancia cuando el vapor es directo y va destinado a industria alimentaria. La importancia de estos tratamientos depende de distintos factores:

- Las características de las instalaciones productoras de vapor
- Calidad del agua dura
- Tipo de depuración instalada

- Estado del generador y de las líneas de condensados
- Presión de trabajo
- Ritmo de trabajo
- Personal de servicio
- Periodicidad y clase de análisis de control

Pueden adicionarse automáticamente mediante bomba dosificadora o de forma manual, bien directamente en el depósito de alimentación, bien mediante embudo dosificador en el tubo de aspiración de la bomba, situado entre ésta y la válvula más próxima. La elección de uno u otro sistema, dependerá de la instalación y del tipo de producto a emplear. Las dosificaciones y repartición durante el día, deberán ser facilitadas por la firma suministradora del producto.

Todo tratamiento tanto interno como externo, debe ser controlado periódicamente mediante análisis de las aguas y además requiere inspecciones programadas del interior de la instalación, pues los análisis son necesarios pero no suficientes para tener la certidumbre de que la instalación se mantiene en óptimas condiciones de servicio. En general estos tratamientos no reducen la salinidad del agua de la caldera.

2.7.1 Análisis de control y su periodicidad

La periodicidad variará según las características de la instalación a controlar y la calificación del agua, que puede ser:

- Agua dura
- Agua depurada
- Agua de alimentación

- Agua del generador
- Condensados

2.7.2 Régimen de purgas

Puesto que la vigente normativa limita la salinidad y alcalinidad del agua, se deben ajustar mediante un régimen adecuado de purgas de desconcentración.

Al producirse vapor, si no existen arrastres de agua con el mismo, está saliendo de la caldera agua sin sales, mientras que el agua nueva que le entra le está aportando sales (su cantidad dependerá de la calidad del agua de entrada, depuración, porcentaje de condensados retornados) que se van concentrando. La única forma de limitar esta concentración es vertiendo al desagüe (purgando) una cantidad de agua "concentrada" de caldera, este volumen es reemplazado por agua depurada nueva de menor salinidad.

Para que se "estabilice" la salinidad (alcalinidad y los otros iones) de la caldera, en unos valores idóneos, es preciso que la cantidad de sales extraídas en purgas por unidad de tiempo sea igual a la que aporte el agua de alimentación en aquel mismo tiempo.

$$\text{Por tanto: } M^*A = S^*P$$

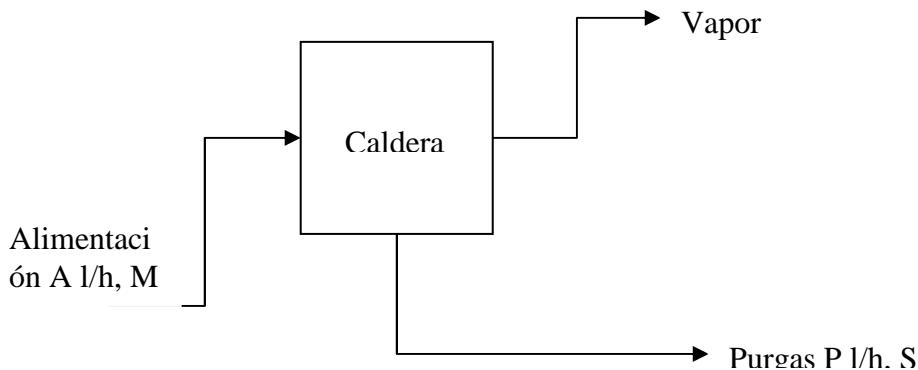


Figura 2.7 Diagrama de una caldera

Siendo:

A: l/h. Agua alimentación

M: Salinidad (o alcalinidad) del agua de alimentación

P: l/h. Agua extraída por la purga de la caldera

S: Salinidad (o alcalinidad) máxima que se desea en el agua de la caldera

De donde la relación entre el “agua a purgar” y el “agua alimentada” es:

$$P/A = M/S ; \quad P = M/S \quad (\text{tanto por uno})$$

o bien,

$$P = (M/S) * 100 \quad \text{en \% (tanto por ciento)}$$

y como que el agua alimentada es la suma de la que ha pasado al vapor ($V = l/h$) y la extraída por las purgas:

$$A = V + P$$

se llega a que el "agua a purgar" con relación a la "producción de vapor" es:

$$P = 100 * M / (S - M) \text{ en \%}$$

Por ejemplo en una caldera de tubos de humo en que la:

- Salinidad del agua depurada: 1000 mg/l.
- Producción de vapor real: 6000 kg/h.
- Presión de trabajo: 10 kg/cm².
- Salinidad que se quiere mantener en el agua de caldera (S): 6000mg/l.
 - a) Si no hay retorno de condensados, la salinidad M del agua de alimentación serán los mismos 1000 mg/l.

$$P = 1000 / (6000 - 1000) * 100 = 20\% \text{ respecto a la producción de vapor}$$

$$(20/100) * 6000 \text{ kg/h} = 1200 \text{ litros/hora}$$

- b) Si tuvieran un 70% de recuperación de condensados, la salinidad M del agua de alimentación sería de 300 mg/l, y por tanto:

$$P = 1000 / (6000 - 300) * 100 = 5.25\%$$

$$(5.25/100) * 6000 \text{ kg/h} = 315 \text{ litros/hora}$$

Si en lugar de limitar la salinidad global se quisiera hacerlo sobre la alcalinidad o un anión (por ejemplo cloruros), se harán los cálculos partiendo de estos otros valores en el agua de alimentación y el límite que se deseara mantener en el agua de la caldera. Los excesos de salinidad o alcalinidad se evitarán purgando la caldera o reduciéndolas del agua de alimentación. Las extracciones pueden hacerse intermitentemente de forma manual o temporizada, o bien mediante válvula de regulación manual o automática de "purga continua" que en este caso:

- Posibilidad de instalarla en el fondo o en la zona de nivel de agua
- Estudiar el aprovechamiento de sus calorías

La misión de la purga continua instalada en la zona de nivel, es la de desconcentrar el agua y eliminar espumas y la de la purga de fondo intermitente, también desconcentrar, y además evacuar barros.

Las instalaciones de cogeneración con caldera de vapor tan habituales hoy en día, debe tratarse el agua con una simple caldera de acuerdo con su construcción (pirotubular o acuotubulara) y presión de trabajo, independientemente del combustible utilizado.

3 Descalcificadores

Un descalcificador es un sistema usado para eliminar la cal del agua. La cal esta formada principalmente por sales de calcio y magnesio.

El descalcificador a diferencia de la osmosis inversa no elimina sustancias del agua sino que intercambia sustancias. Las principales ventajas de un descalcificador a corto y medio plazo son:

- Protección de instalaciones (sobretodo aquellas que trabajan con agua caliente)
- Ahorro de energía
- Ahorro de productos químicos de limpieza e higiene.
- Confort.

3.1 Funcionamiento de un descalcificador

El descalcificador elimina la cal del agua mediante un intercambio iónico. Las resinas están rodeadas de iones sodio y cuando el agua pasa se produce un intercambio y por cada ión Ca^{2+} o Mg^{2+} que capta la resina se desprenden dos iones Na^+ .

De esta forma las resinas que en un principio estaban cargadas de sodio se van saturando de iones calcio, magnesio y hierro.

Una vez todas las resinas están saturadas de iones y ya no pueden dar mas agua descalcificada se procede a la regeneración de las mismas. Entonces se produce el proceso contrario. Se hace pasar la salmuera a través de las resinas y se produce el intercambio a la inversa el sodio de la sal queda en las resinas y el calcio se desprende para ir a parar al desagüe. Una vez la resina esta rodeada de sodios ya la tenemos lista para volver a descalcificar.

3.2 Tipos de descalcificadores

Los primeros descalcificadores que encontramos en el mercado fueron los manuales, después de los manuales aparecieron los semiautomáticos y finalmente aparecieron los automáticos dentro de los cuales diferenciamos entre:

3.2.1 Cronométricos.

Funcionan por tiempo. La regeneración se programa por tiempo. Ejemplo: Cada 2 días. Sabemos que cada dos días se limpiaran las resinas sin importarnos si se ha usado agua o no. El inconveniente de estos descalcificadores es que ante un período de inactividad sigue gastando sal y agua cada 2 días aunque no estemos

consumiendo agua. O por el contrario si en un determinado momento el consumo es muy elevado y se saturan las resinas antes de que pasen los 2 días, hasta el día de regeneración el descalcificador dará agua con cal. Funcionan mediante un reloj y un árbol de levas.

3.2.2 Volumétricos

a) Puros

Funcionan por volumen de agua. Ejemplo: regeneración cada $5m^3$. El descalcificador se programa para que cada $5m^3$ se regenere. Tiene una turbina que va contando los m^3 de agua que van pasando. Empieza por 5 luego 4 , 3 , 2 etc. cuando llega a $0 m^3$ se regenera. El problema es que siempre se va a regenerar cuando estemos usando el agua, que será cuando el contador llegue a 0 por lo tanto nos va a dar agua dura cuando estemos usando el agua. Solo se utilizan a nivel industrial y antes de deposito, así mientras se regenera se usa el agua del deposito.

b) Retardados

También funcionan por volumen de agua. La diferencia con los volumétricos puros es que dejan una reserva de agua y se programan para que limpien a una hora determinada. Ejemplo: se programa a $5m^3$. El descalcificador empezara a contar a $4m^3$ y $1 m^3$ lo dejara de reserva. El descalcificador empezara a descontar 4,3,2 etc. y cuando llegue a 0 tendrá $1 m^3$ de reserva hasta llegar a la hora de lavado.

Los problemas que puedes tener es que si no tienes tiempo de consumir ese m^3 hasta la hora de la regeneración estarás limpiando parte de las resinas que todavía estaban limpias.

Por el contrario si el consumo durante el día es mayor a m^3 estará dando agua con cal hasta la hora de la descalcificación.

3.2.3 Volumétrico-estadísticos.

Trabajan haciendo algoritmos con la media de consumo del día anterior, el consumo del mismo día de la semana anterior y una media del consumo de los últimos 7 días.

Con estos datos hace un cálculo para ver si las resinas que no están saturadas son suficientes para trabajar dando agua sin cal durante todo el día. Si tiene suficientes resinas no limpia, si ve que no tendrá bastantes resinas, se limpiara. Si la resina esta saturada al 60% utilizara el 60% de sal.

3.3 Características de los de bajo consumo

Tenemos que destacar que entre los de bajo consumo y los descalcificadores estándar existen una serie de diferencias, en forma de trabajo, y componentes utilizados, que hacen que tengamos aproximadamente entre un 60% menos de consumo de sal y de agua utilizada en una regeneración respecto a un estándar, que hacen del descalcificador de bajo consumo el mejor del mercado.

3.3.1 Las fases

Las fases de un equipo de bajo consumo son por orden los siguientes:

- **Servicio (s):** el agua de red va entrando de forma pasiva y se va descalcificando al pasar a través de las resinas.
- **Formación salmuera (f):** entra agua descalcificada en el deposito y se forma la salmuera

- **Aspiración de salmuera y aclarado (br):** se hace pasar la salmuera por las resinas para que se dé el intercambio iónico. Esta aspiración de sal se da de abajo a arriba. A continuación empieza un lavado lento de las resinas que va empujando el agua intercambiada hacia el desagüe.
- **Contra lavado (bw):** es un lavado mucho más rápido que el anterior cuya función es eliminar cualquier resto de salmuera que quede en las resinas, además de esponjar todas las resinas y que no se apelmacen en el fondo.
- **Aclarado rápido (r):** su función es poner las resinas de nuevo en su sitio

Una de las diferencias más destacadas es la formación de salmuera:

En los descalcificadores de bajo consumo podemos ver que la formación de

Salmuera, es decir, el ciclo de llenado, es el primer ciclo de la regeneración, en cambio en los descalcificadores estándar el ciclo de llenado tiene lugar en la última fase de la regeneración, por lo que la salmuera empieza a formarse y está en el depósito con agua hasta la siguiente regeneración, con lo que la concentración de la salmuera es excesiva, máxima concentración, lo que conlleva un mayor consumo de sal.

3.3.2 Aspiración de sal a contracorriente

En cualquier descalcificador el agua dura pasa a través de las resinas y el agua blanda sale por el tubo central. Esto supone que la parte superior de las resinas sea la primera en saturarse de cal y tenga grandes cantidades de cal.

En los descalcificadores estándar la aspiración de sal se da en el mismo sentido que lleva el agua con cal cuando entra en el descalcificador.

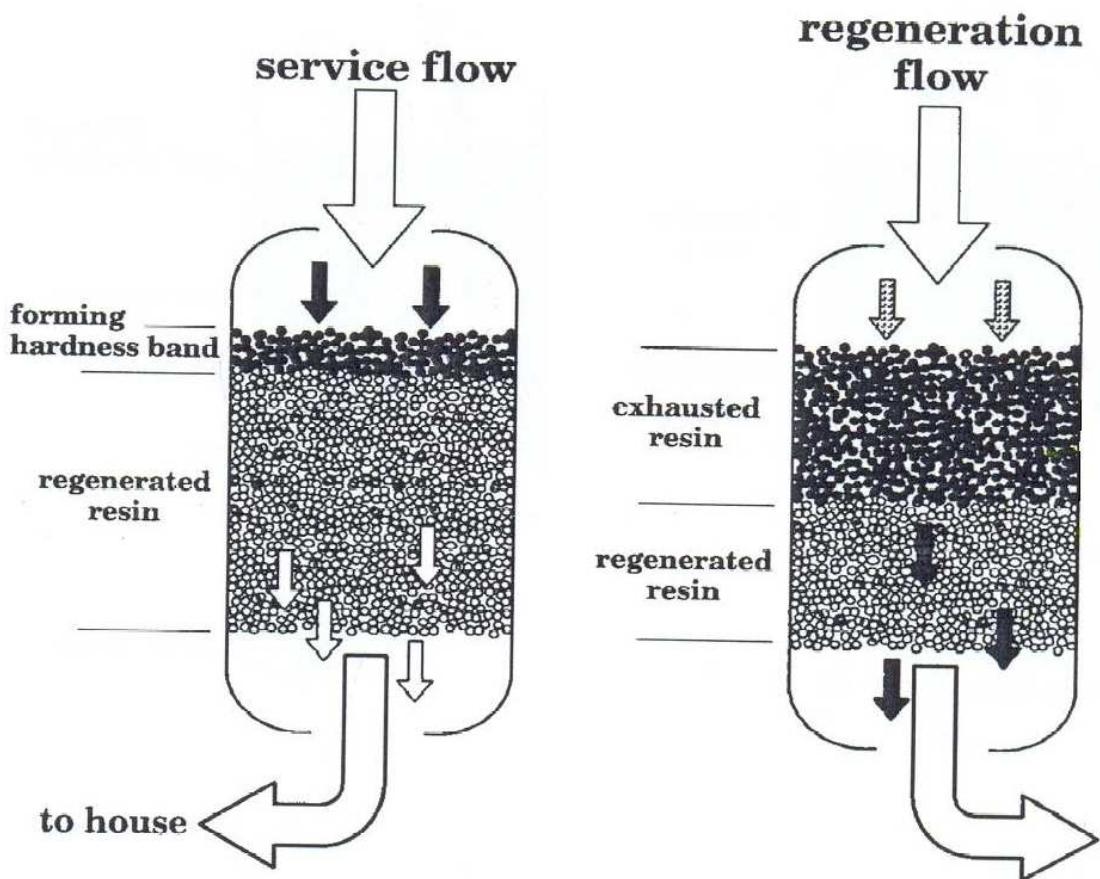


Figura 3.1 Aspiración de sal en descalcificador estándar

La salmuera fluye hacia abajo por la resina y sube por el tubo central hacia el desagüe.

Como la parte superior esta más saturada de cal que la inferior. Al introducir la salmuera a través de las resinas. La cal que despeguemos se ira pegando en las partes inferiores de la resina que estaban menos saturadas. Así para eliminar la cal necesitaremos mucha mas sal.

El descalcificador de bajo consumo lo que hace es introducir la salmuera de abajo arriba. Es decir a través del tubo y se reparte del distribuidor inferior al superior. De esta forma como va de la zona menos saturada a la mas saturada. La cal que despeguemos no se ira pegando y con menos sal limpiaremos mas resinas.

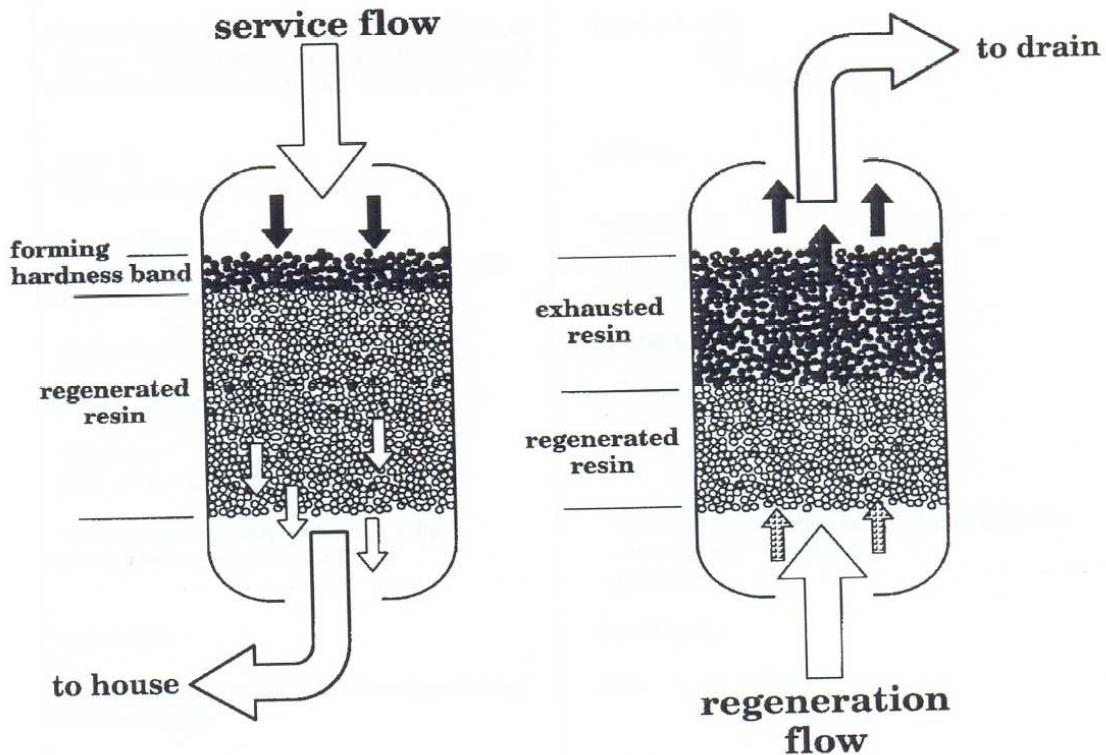


Figura 3.2 Aspiración de sal en un descalcificador de bajo consumo

3.3.3 Resinas monoesféricas

Tienen 2 ventajas principalmente:

1. Mayor poder de intercambio iónico ya que tiene mayor superficie de contacto
2. No se crean caminos preferentes.

Con resinas monoesféricas , como todas las resinas son iguales al agua le da lo mismo tomar un camino que otro.

Con resinas desiguales el agua tenderá a buscar el camino más fácil y por ello creará caminos preferentes, dejando así resinas sin utilizar.

3.4 Cálculo de equipo

Datos necesarios:

1. Determinar la dureza en °F (1º Americano = 1,72 ° franceses)
2. Consumo diario
3. Caudal de trabajo
4. Diámetro de la tubería.
5. ¿Depósito?

En primer lugar necesitamos la capacidad de intercambio del cliente.

THC o capacidad del cliente = TH (dureza °F) x Consumo (m^3/dia)

Ejemplo: Dureza del cliente = 50°F

Consumo de agua del cliente = 2 m^3

Diámetro = 1"

Depósito = no

THC del cliente: $50°F \times 2 m^3/día = 100°F \times m^3/d$

Los descalcificadores de Bajo Consumo tienen varias capacidades, cuanto más baja sea la capacidad elegida menos sal consumiremos. (Ver ficha técnica).

Tenemos que utilizar un equipo con una capacidad (THC) igual o superior a la capacidad del cliente.

Para calcular el consumo de sal haremos la siguiente operación:

Capacidad del cliente (THC) x Kg de sal (THC equipo)

El resultado será los Kg de sal por día con la capacidad del cliente.

Ejemplo:

$$100 \text{ (THC cliente)} \times 2,04 \text{ Kg} / 125,97 \text{ (THC equipo)} = 1,62 \text{ Kg de sal/día}$$

3.5 Cálculos necesarios en descalcificadores estándar

Para calcular la capacidad de agua descalcificada de un descalcificador estándar se realiza la siguiente operación:

$$6.6 \times \text{litros de resina} / \text{TH } ^\circ\text{F} = \text{m}^3$$

El resultado de esta operación nos dará los m^3 totales de agua descalcificada pero el 100% de la resina, con lo que no sería del todo real, ya que en una regeneración de un estándar el 100% de la resina no se regenera.

Para calcular los Kilogramos de sal que consumiremos por regeneración en un descalcificador estándar deberemos hacer la siguiente operación:

(Necesario saber para equipos Fleck)

$$\text{Litros de resina} \times 0.250 \text{ Kg}$$

Para calcular los litros de agua que necesita un descalcificador estándar realizaremos la siguiente operación:

(Necesario saber para equipos Fleck)

$$\text{Litros de resina} \times 0.7 = \text{litros de agua}$$

3.6 Instalación

Instalación estándar:

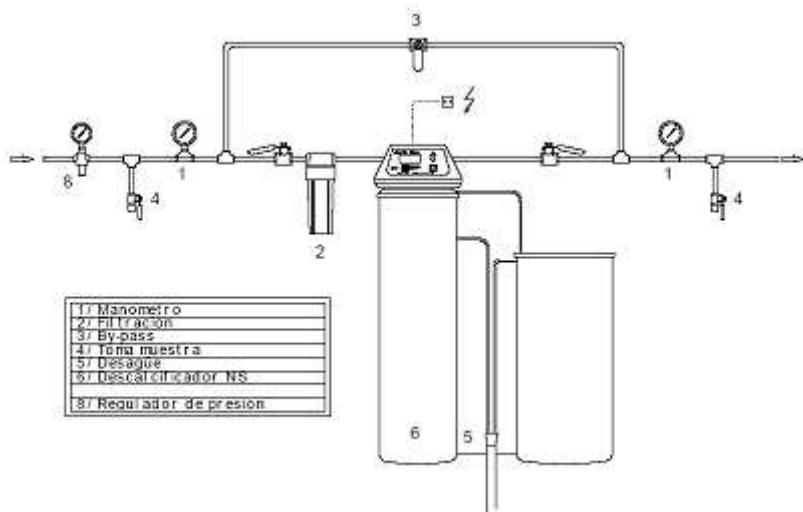


Figura 3.3 Instalación estándar

Instalación antes de depósito:

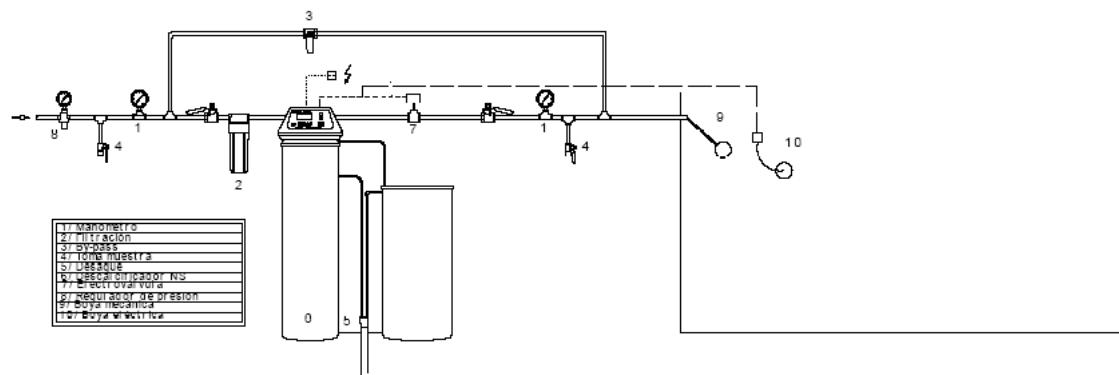


Figura 3.4 Instalación antes de depósito

4 Ósmosis inversa

4.1 Introducción

Con el crecimiento de la población mundial la demanda de agua dulce a aumentado, si sumamos ha esto el crecimiento industrial, el tratamiento de aguas y efluentes se ha transformado en algo importantísimo para el desarrollo de esta sociedad. Es por esta razón que se ha declarado al agua como un recurso escaso, de acuerdo a la ubicación y recursos económicos de los distintos países, estos adoptan distintas técnicas de tratamientos de efluentes y aguas. Por ejemplo, en países donde la energía es barata, se opta por tratamientos como la evaporación de aguas salobres, en otros países ricos en aguas subterráneas se opta por el tratamiento de intercambio iónico. Con el desarrollo de la tecnología actual, se han creado nuevas alternativas para el tratamiento de aguas y efluentes, esta alternativa es la osmosis inversa la cual a tenido un desarrollo masivo en el campo de la desalación de aguas salobres, sobre todo en el campo industrial, reemplazando o complementando a los métodos anteriores, ya que es un método no excluyente de los otros. Y en algunos países se ha transformado en la única opción factible.

4.2 Principio de la Osmosis Inversa

La Ósmosis Inversa consiste en separar un componente de otro en una solución, mediante las fuerzas ejercidas sobre una membrana semi-permeable. Su nombre proviene de "ósmosis", el fenómeno natural por el cual se proveen de agua las células vegetales y animales para mantener la vida.

En el caso de la Ósmosis, el solvente (no el soluto) pasa espontáneamente de una solución menos concentrada a otra más concentrada, a través de una membrana semi-permeable. Entre ambas soluciones existe una diferencia de energía, originada en la diferencia de concentraciones. El solvente pasará en el sentido indicado hasta alcanzar el equilibrio. Si se agrega a la solución más concentrada,

energía en forma de presión, el flujo de solvente se detendrá cuando la presión aplicada sea igual a la presión Osmótica Aparente entre las 2 soluciones. Esta presión Osmótica Aparente es una medida de la diferencia de energía potencial entre ambas soluciones. Si se aplica una presión mayor a la solución más concentrada, el solvente comenzará a fluir en el sentido inverso. Se trata de la Ósmosis Inversa. El flujo de solvente es una función de la presión aplicada, de la presión osmótica aparente y del área de la membrana presurizada.

Los componentes básicos de una instalación típica de osmosis inversa consisten en un tubo de presión contenido la membrana, aunque normalmente se utilizan varios de estos tubos, ordenados en serie o paralelo. Una bomba suministra en forma continua el fluido a tratar a los tubos de presión, y, además, es la encargada en la práctica de suministrar la presión necesaria para producir el proceso. Una válvula reguladora en la corriente de concentrado, es la encargada de controlar la misma dentro de los elementos (se denominan así a las membranas convenientemente dispuestas).

Hoy en día, hay 3 configuraciones posibles de la membrana: el elemento tubular, el elemento espiral y el elemento de fibras huecas. Más del 60% de los sistemas instalados en el mundo trabajan con elementos en espiral debido a 2 ventajas apreciables:

- Buena relación área de membrana/volumen del elemento.
- Diseño que le permite ser usado sin dificultades de operación en la mayoría de las aplicaciones, ya que admite un fluido con una turbiedad más de 3 veces mayor que los elementos de fibra hueca.

Este elemento fue desarrollado a mediados de la década del 60, bajo contrato de la oficina de aguas salinas. En la actualidad estos elementos se fabrican con membranas de acetato de celulosa o poliamidas y con distintos grados de rechazo y producción.

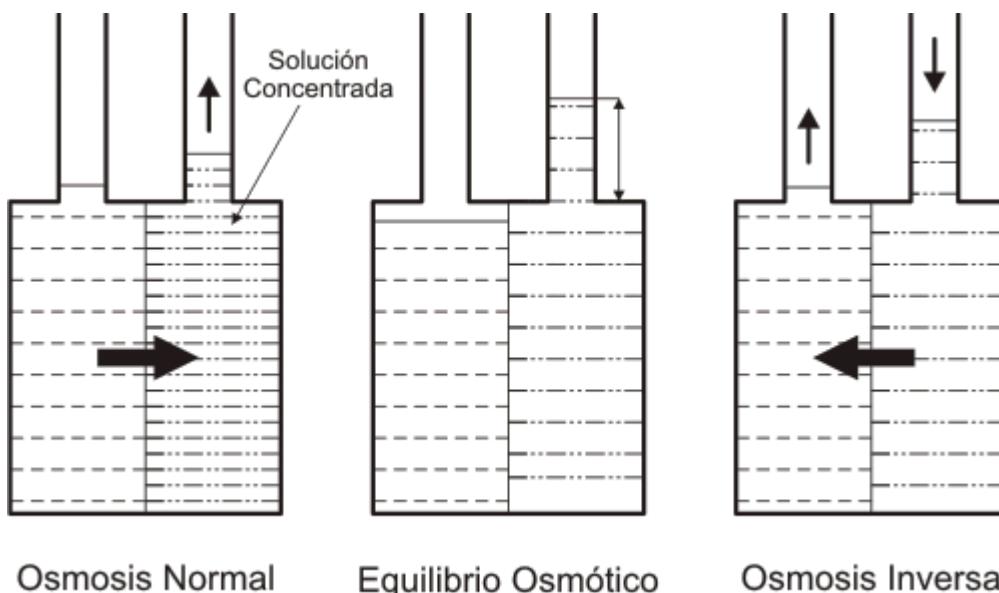


Figura 4.1 Principios de las Osmosis Normal e Inversa.

4.3 Aplicaciones de la Osmosis Inversa

Entre 1950 y 1970, se llevaron a cabo innumerables trabajos a fin de implementar el uso de la osmosis inversa en la desalación de aguas salobres y agua de mar.

A partir de 1970, esta técnica comenzó a ser competitiva, y en muchos casos superior a algunos de los procesos y operaciones unitarios usados en concentración, separación y purificación de fluidos. Hay razones para justificar esta creciente supremacía, ya que la osmosis inversa reúne características de excepción, como:

- Permite remover la mayoría de los sólidos (inorgánicos u orgánicos) disueltos en el agua (hasta el 99%).
- Remueve los materiales suspendidos y microorganismos.
- Realiza el proceso de purificación en una sola etapa y en forma continua.

- Es una tecnología extremadamente simple, que no requiere de mucho mantenimiento y puede operarse con personal no especializado.
- El proceso se realiza sin cambio de fase, con el consiguiente ahorro de energía.
- Es modular y necesita poco espacio, lo que le confiere una versatilidad excepcional en cuanto al tamaño de las plantas: desde 1 m³/día, a 1.000.000 m³/día.

La osmosis inversa puede aplicarse en un campo muy vasto y entre sus diversos usos podemos mencionar:

- Abastecimiento de aguas para usos industriales y consumo de poblaciones.
- Tratamiento de efluentes municipales e industriales para el control de la contaminación y/o recuperación de compuestos valiosos reutilizables.
- En la industria de la alimentación, para la concentración de alimentos (jugo de frutas, tomate, leche, etc.).
- En la industria farmacéutica, para la separación de proteínas, eliminación de virus, etc.

Se han efectuado numerosas experiencias para concentrar y purificar líquidos y gases. No obstante, las aplicaciones más difundidas son las que trataremos a continuación.

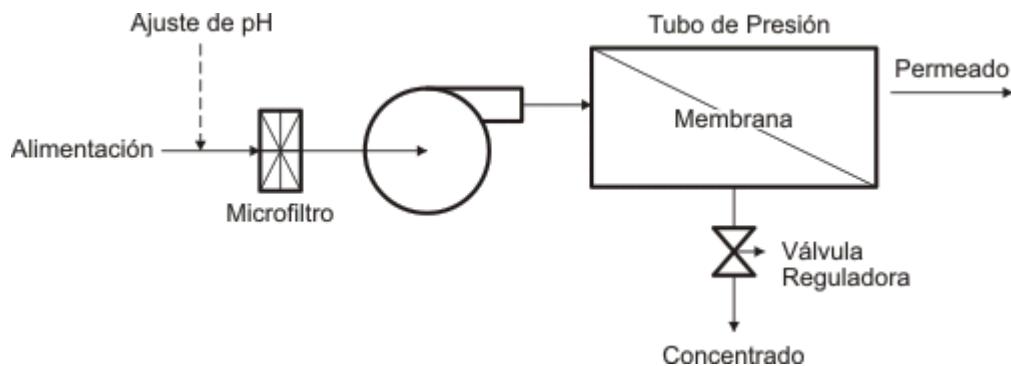


Figura 4.2 Esquema básico de un sistema de ósmosis inversa.

4.4 Rechazo de Membranas

4.4.1 Inorgánicos

Tabla 4.1 Rechazo de la membrana en compuestos inorgánicos

Cationes			Aniones		
Nombre	Símbolo	%Rechazo	Nombre	Símbolo	%Rechazo
Sodio	Na ⁺	94-96	Cloruro	Cl ⁻	94-95
Calcio	Ca ⁺⁺	96-98	Bicarbonato	HCO ₃ ⁻	95-96
Magnesio	Mg ⁺⁺	96-98	Sulfato	SO ₄ ²⁻	99 ⁺
Potasio	K ⁺	94-96	Nitrato	NO ₃ ⁻	93-96

Hierro	Fe^{++}	98-99	Fluoruro	F^-	94-96
Manganese	Mn^{++}	98-99	Silicato	SiO_2^-	95-97
Aluminio	Al^{+++}	99 ⁺	Fosfato	PO_4^-	99 ⁺
Amonio	NH_4^+	88-95	Bromuro	Br^-	94-96
Cobre	Cu^{++}	96-99	Borato	B_4O_7^-	35-70**
Níquel	Ni^{++}	97-99	Cromato	CrO_4^-	90-98
Estroncio	Sr^{++}	96-99	Cianuro	CN^-	90-95**
Cadmio	Cd^{++}	95-98	Sulfito	SO_3^-	98-99
Plata	Ag^+	94-96	Tiosulfato	S_2O_3^-	99 ⁺
Arsénico	As^{+++}	90-95	Ferrocianuro	$\text{Fe}(\text{CN})_6^-$	99 ⁺

4.4.2 Orgánicos

Tabla 4.2 Rechazo de la membrana en compuestos orgánicos

Nombre	Peso Molecular	%Rechazo
Sucrosa	342	100
Lactosa	360	100
Proteínas	Mayor 10.000	100
Glucosa	198	99,9
Fenol	94	93-99**
Acido Acético	60	65-70
Tinturas	400 a 900	100
Demandra bioquímica de oxígeno (DBO)	-----	90-99
Demandra química de oxígeno (COD)	-----	80-95
Urea	60	40-60
Bacterias y Virus	5.000-100.000	100

Pirógenos	1.000 - 5.000	100
-----------	---------------	-----

*** Depende del pH.*

5 Ejemplo de estudio de caldera para definir el tratamiento

Se va a proponer un tratamiento para la caldera de vapor de una empresa textil situada en un polígono de Zaragoza. En dicha caldera se observa problemas de corrosión en las líneas de condensados. El tratamiento propuesto se diseñará para evitar que esos problemas de corrosión se incrementen. La instalación cuenta con los dispositivos adecuados (descalcificador, bombas dosificadoras, etc.) para el correcto funcionamiento de la caldera, pero el mal uso de estos hace que surjan problemas como los ya mencionados de corrosión en las líneas de condensados y problemas de incrustación en la caldera ya que se está introduciendo agua con cierto grado de dureza en la caldera.

5.1 **Objetivos del tratamiento**

El objetivo del tratamiento se centra en evitar problemas ocasionados por:

- Incrustación.
- Corrosión.
- Espumas y arrastres.

Incrustación: Este fenómeno es consecuencia de fugas de dureza, lo cual da lugar en el interior de la caldera a incrustaciones, generalmente localizables y poco deseables en zona de agua-vapor. Estas zonas son haz tubular y fondo o tripa de caldera. La incrustación genera perdidas de intercambio considerables además del deterioro de los metales en contacto, así mismo supone un gasto excesivo de combustible.

Corrosión: Son debidas a la presencia de oxígeno en el agua de aporte a la caldera, debe de existir residual de un reductor de oxígeno, se recomienda residual de sulfitos en torno a 30 ppm. Un pH inadecuado también es síntoma de corrosión.

Arrastres: Un excesivo contenido de sales en el interior de la caldera puede originar espumas, de producirse este fenómeno la calidad del vapor generado se resiente considerablemente.

5.2 Ficha técnica de la caldera

Caldera marca Cerney (2 unidades gemelas)

- Caldera pirotubular, tipo CEY 98
- Producción de vapor: 2000 kgv/h
- Producción media: 90%
- Presión de trabajo: 9 kg/cm²
- Régimen de trabajo: 24 horas/día, 5 días/semana
- Retorno de condensados: Sí
- Combustible: Gas Natural
- Temperatura agua alimentación: aprox. 70º C
- Pretratamiento: Descalcificador bibotella, 9100 electrónica, 1"
- Antigüedad: 1998 – 2009
- Superficie de calefacción: 43.1 m²
- Volumen: 4.16 m³
- Potencia térmica: 1406 kw
- Temperatura de servicio: 174.6º C

5.3 Agua de aporte

El agua de aporte procede de la red municipal de Zaragoza, en general presenta valores medio-altos de dureza y conductividad. Estos valores junto con otros parámetros confieren a esta agua un carácter ligeramente incrustante.

Tabla 5.1 Comparativa entre el agua de red y el agua que entra en la caldera

Parámetros	Unidades	Agua red Zaragoza	Agua alimentación caldera
Dureza	º Hf	31	5.03
Conductividad	µS/cm	883	240
pH		8.3	9.01
Cloruros	mg/l	90	44
TDS	mg/l	543	168

5.4 Requisitos de agua de la caldera

La calidad del agua de aporte mejora sensiblemente tras ser sometida a un proceso de descalcificación, estos parámetros y sus valores son los tomados como base para la realización del presente estudio, basado en la calidad de agua de alimentación a caldera.

Los parámetros que debe cumplir el agua de alimentación según la norma UNE – 12953 son:

Tabla 5.2 Agua de alimentación para calderas de vapor

Parámetros	Unidades	Agua de alimentación para calderas de vapor	
Presión de servicio	bar	0.5 a 20	>20

Apariencia	-----	Clara, libre de sólidos en suspensión	
Conductividad directa a 25°C	mS/cm	No especificada	
pH a 25°C	-----	>9.2 ^b	>9.2 ^b
Dureza total	mmol/l	<0.01 ^c	<0.01
Hierro	mg/l	<0.3	<0.1
Cobre	mg/l	<0.05	<0.03
Sílice	mg/l	No especificada	
Oxígeno	mg/l	<0.05 ^d	<0.02
Aceites/grasas	mg/l	<1	<1
Sustancias orgánicas	-----	Nota ^e a pie de tabla	

^a Si existe cobre en el sistema, el valor de pH debe mantenerse entre 8,7 y 9,2.

^b Con agua descalcificada de pH > 7 debe considerarse el pH del agua de caldera.

^c A presión de servicio < 1 bar, debe ser aceptable una Dureza total máxima de 0,05 mmol .

^d En instalaciones de funcionamiento intermitente o sin desgasificador térmico deben utilizarse aditivos filmantes o reductores de oxígeno .

^e Las sustancias orgánicas pueden descomponerse, formando ácido carbónico u otros compuestos ácidos que pueden generar corrosión y depósitos en el sistema, favorecen además la formación de espumas y arrastres de agua en el vapor.

Los parámetros que debe cumplir el agua del interior de la caldera según la norma UNE 12953 son:

Tabla 5.3 Agua de la caldera

Parámetro	Unidad	Aqua de caldera
Presión de servicio	bar	0.5 a 20
Apariencia		Clara, sin espuma estable
Conductividad directa a 25°C	µS/cm	< 6000
pH a 25°C		10.5 a 12
Alcalinidad compuesta	mmol/l	1 a 15
Fosfato	mg/l	10 a 30

5.5 Comparativa entre el agua de alimentación de la caldera y la requerida según la norma UNE 12953

Tabla 5.4 Comparativa del agua de alimentación

Parámetro	Unidades	UNE 12953	Alimentación
pH a 25°C	-----	>9.2	9.01
Dureza	mmol/l	< 0.01	0.5
Hierro	mg/l	<0.3	0.2
Cobre	mg/l	<0.05	<0.05

5.6 Tratamiento

El tratamiento químico deberá cumplir con las recomendaciones que a tal efecto desglosa la norma UNE-EN 12953-10.

De acuerdo a las características del circuito, calderas pirotubulares de baja presión, así como en los resultados de las analíticas del agua de aporte, se aconseja un tratamiento que **determine el contenido de fosfatos**, siendo su residual recomendado dentro de caldera de 10-30 ppm según norma UNE.

5.6.1 Descripción de los ensayos realizados

Se comprueba la cantidad de producto introducido por la bomba dosificadora en cada impulso, así como los tipos y la cantidad de frecuencias que se pueden programar. Lo recomendable es colocar una bomba que introduzca producto de manera proporcional al agua que entra en el depósito de alimentación. En este caso se dispone de ese tipo de bombas (FCO) así como de un contador situado en la tubería de entrada al depósito de alimentación.

5.6.2 Tratamiento propuesto

5.6.2.1 Tratamiento antiincrustante/anticorrosivo

Dadas las características del agua de aporte, del interior del circuito y del propio circuito, se propone un tratamiento químico basado en productos no volátiles, y con todas las materias activas autorizadas por la FDA (Food and Drug Administration) sin limitación.

Productos PROAQUA 3100 y PROAQUA 3400

5.6.2.2 Ciclos de concentración

Con este cálculo se expresa la cantidad de veces que el agua de aporte se puede reconcentrar en el interior de la caldera, y en consecuencia limitar los parámetros necesarios. De esta forma se cumple la norma UNE 12953, en calderas pirotubulares de este tipo la conductividad máxima se fija en 6 ms/cm.

5.6.2.3 Dosis en agua de alimentación

Para conocer la dosis que se tiene que introducir de PROAQUA 3100 se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{ppm PROAQUA 3100 en alimentación} = 2.5(10 \times \text{ppm O}_2 + \text{ppm SO}_3 \text{ caldera/F.C.})$$

Siendo F.C. = Factor de concentración del agua de caldera respecto a la alimentación

Para conocer la dosis de PROAQUA 3400 se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{ppm PROAQUA 3400 alimentación} = 7(\text{ppm dureza cárquica} + \text{ppm PO}_4^{3-}/\text{F.C.})$$

Tabla 5.5 Descripción de los productos utilizados en el tratamiento

Producto	Descripción	Dosis
PROAQUA 3400	Anti-incrustante, acondicionador de fangos y pasivante. Formulado a base de polifosfatos, acondicionadores de fangos, polímeros dispersantes y alcalinizante.	25 ppm
PROAQUA 3100	Secuestrante de oxígeno. Está formulado a base de sulfato sódico catalizado.	101 ppm

Recomendaciones de uso

PROAQUA 3100 se dosifica mediante bomba dosificadora, de forma continua y proporcional a la alimentación de agua. La inyección de producto debe de realizarse idealmente en la tubería de alimentación a la caldera.

PROAQUA 3400 se dosifica mediante bomba dosificadora, de forma continua y proporcional a la alimentación de agua. La inyección de producto debe de realizarse idealmente en el tanque de alimentación, pudiéndose dosificar también en la tubería de alimentación a la caldera.

En ambos casos se recomienda utilizar equipo de dosificación con cabezal de propileno o PVC y juntas de vitón.

Es recomendable dosificar los 2 productos de forma independiente, con el fin de garantizar los correctos residuales de ambos productos.

5.6.2.4 Servicios incluidos en el tratamiento

Control físico - químico

Se recogen las muestras de agua del interior del circuito y se realizan los análisis reflejados en contrato. Además se realizan análisis in situ, de tal forma que se corrijen las deficiencias detectadas durante el muestreo de forma inmediata.

Las mismas muestras serán contrastadas con procedimientos más exactos (IT) en laboratorio, contrastando cualquier desviación del análisis in situ.

Se proporcionará un Libro de Registro de mantenimiento, con el objetivo de cumplir las medidas preventivas sobre el control de los requisitos, para la calidad del agua de alimentación y del agua de la caldera.

5.6.2.5 Asesoramiento y puesta en marcha del programa de tratamiento

Se realizará un asesoramiento permanente de la evolución del tratamiento propuesto.

Asimismo, se responsabilizará de la correcta puesta en marcha del programa del tratamiento.

5.6.2.6 Informes y controles

1. Al iniciarse el tratamiento del circuito se hará entrega del correspondiente libro de registro y mantenimiento.
2. De cada análisis se emitirá un informe-boletín, que será entregado al cliente para archivarse junto al mencionado libro de mantenimiento, además del correspondiente informe técnico de control efectuado durante nuestra visita.
3. Otros informes, certificados, auditorías, etc., que también serán entregados para archivar en el Libro de Registro.
4. Reunión con la persona encargada de la instalación de forma periódica con el fin de informar de la evolución del tratamiento, así como de las posibles medidas correctoras oportunas.
5. Toma de muestras de agua, así como revisión del estado de los equipos: bombas dosificadoras, purgas de conductividad, etc., y realización de correcciones in situ.

5.6.2.7

Frecuencia de toma de muestras y determinaciones

Se realizará un muestreo mensual del agua de caldera, así como del agua de alimentación. En este análisis irán incluidos los siguientes parámetros:

- Alcalinidad (p.m.)
- Hidróxidos
- Carbonatos
- Bicarbonatos
- Dureza total
- pH
- Fe total
- Cloruros
- Sulfatos
- Conductividad
- Residual de productos químicos

5.7 Control del funcionamiento de la caldera con el tratamiento propuesto

Una vez aceptada la oferta por parte del cliente se inicia el tratamiento de la caldera. En la primera toma de muestras, tanto del agua de alimentación como de la propia caldera se detectan ciertas anomalías que quedan reflejadas en el informe técnico de control que se elabora "in situ".

Febrero

Estos son los parámetros que se pueden medir durante la visita para la recogida de muestras

Tabla 5.6 Análisis físico-químico del agua de caldera (in situ)

ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE AGUA (IN SITU)								
MUESTRAS DE AGUA	T ^a (°C)	pH	Conductividad (μs/cm)	Dureza (°Hf)	TDS (ppm)	Residual P. 3100 (ppm)	Residual P. 3400 (ppm)	Alcalinidad compuesta (mg/l)
Alimentación		7,64	377	1	242			
Caldera Attsu		7,79	2.920	-	1.871	400	29,9	-

Los límites que recomienda la norma UNE 12953

Tabla 5.7 Límites recomendados

LIMITES RECOMENDADOS								
	T ^a (°C)	pH	Conductividad (μs/cm)	Dureza (°Hf)	TDS (gr/l)	Residual P. 3100 (ppm)	Residual P. 3400 (ppm)	Alcalinidad compuesta (mg/l)
Alimentación		>9,2	-	< 0,1	-			-
Caldera		10,5-12	< 6.000		< 3,6	10-30	10-30	<750

Los productos utilizados y el tipo de bomba para poder controlar su funcionamiento y la dosis que suministran a la caldera. También se hace un seguimiento del consumo de agua, para poder detectar si en algún momento se produce un consumo excesivo de agua, que problemas puede causar.

Tabla 5.8 Equipos de regulación y dosificación

DOSIFICACION Y CONTROL					
BOMBAS DOSIFICADORAS	Producto	Posición actual	Modificación	Tipo de bomba	Funciona OK
Caldera Perello	P. 3100	10%	NO	FCO	SI
Caldera Perello	P. 3400	10%	NO	FCO	SI
OTROS EQUIPOS DE REGULACION					
CONTADOR	Modelo	Diámetro	Lectura m ³	Lectura anterior m ³	Consumo m ³
ALIMENTACION	Iberconta	¾"	7.383		

Se vigila la cantidad de producto que posee el cliente y se compara con los anteriores informes para controlar el suministro así como el consumo.

Tabla 5.9 Stock y consumo

STOCK Y CONSUMO							
PRODUCTO QUIMICO	Dosis teórica	Inventario			Consumo	Stock	Pedido
		Anterior	Envíos	Actual			
		Kg	Kg	Kg			
PROAQUA 3100	10-30	4	50	47	7	47	NO
PROAQUA 3400	10-30	0	44	40	4	40	NO
VAPEN 220		4	40	38	6	38	NO

Tabla 5.10 Revisiones realizada

REVISIONES REALIZADAS/OBSERVACIONES	Resultado
REVISION DE EQUIPOS, BOMBAS DOSIFICADORAS, PERIFERICOS DE CALDERA, DESCALCIFICADOR...	
PH INFERIOR AL RECOMENDADO EN AGUA DE ALIMENTACION Y DE INTERIOR DE CALDERA.	
LIGERA DUREZA RESIDUAL EN AGUA DE ALIMENTACION.	
DUREZA ÓPTIMA A LA SALIDA DEL DESCALCIFICADOR.	

Tabla 5.11 Acciones correctoras recomendadas

ACCIONES CORRECTORAS RECOMENDADAS	Responsable
VIGILAR DUREZA A LA SALIDA DEL DESCALCIFICADOR	

Tabla 5.12 Trabajos realizados

DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS
MUESTREO PARA SEGUIMIENTO.

Como se observa en el informe técnico de control (ITC), la dureza del agua de alimentación es superior al mínimo exigible. Se comprueba el equipo descalcificador, observándose que no queda sal en el depósito. Tras hablar con el responsable de mantenimiento se le comunica que tiene que añadir más sal al depósito.

Se tiene un residual elevado de sulfitos (Proqua 3100) en el agua de interior de caldera así que se regula un poco la dosis.

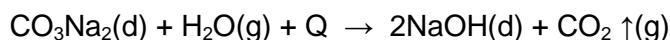
El pH que aparece tanto en el agua de alimentación como en el agua del interior de las calderas es bajo. Esto es debido a que, al ser una instalación con retorno de condensados, el vapor de agua que condensa y se vuelve a introducir en el depósito de alimentación contiene una gran cantidad de CO₂ que al reaccionar con el agua forma H₂CO₃. Este ácido provoca la disminución del pH.

Hasta que aparecieron las calderas con fuerte grado de vaporización, los generadores de circulación forzada y los generadores nucleares, se admitía, salvo en algunos casos particulares, que las impurezas aportadas al agua de alimentación por los condensados eran despreciables, y que sólo era necesario depurar correctamente el agua de aportación.

Esto no es cierto cuando las exigencias de purezas son tales que se corre el riesgo de que los productos de corrosión (óxidos de hierro o de cobre), las sales disueltas procedentes de fugas en los condensadores, o ciertas contaminaciones accidentales del vapor utilizado en circuitos de calefacción (hidrocarburos) sobrepasen las tolerancias admisibles en el agua de alimentación.

Por otra parte, los condensados pueden provocar corrosiones en los circuitos que lo transportan, debido a la presencia de ácido carbónico o de productos motivados por el arrastre.

En las calderas de baja presión donde se utiliza generalmente agua descalcificada, solamente se produce corrosión en las líneas por presencia de CO₂, producto de descomposición de los bicarbonatos por efecto del calor:



Este CO₂ acidifica los condensados que junto con la presencia del oxígeno que entra en las instalaciones con los paros de las mismas, produce importantes corrosiones. Así pues, se necesita un tratamiento alcalinizante basado en aminas neutralizantes o filtrantes y un reductor de oxígeno. Cuando existe una desgasificación térmica o química puede emplearse una solución de amoníaco puesto que sin la presencia de oxígeno no corroe el bronce de las válvulas.

Debido a esto, es por lo que se tiene una disminución del pH. Para resolver este problema se propone realizar un tratamiento a base de aminas (Vapen 220) para poder eliminar ese CO₂. Como se puede observar en los siguientes ITC, conseguimos elevar el pH hasta los niveles que marca la norma UNE 12592.

Marzo

Tabla 5.13 Análisis físico-químico del agua de caldera (in situ)

ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE AGUA (IN SITU)								
MUESTRAS DE AGUA	T^a (°C)	pH	Conductividad (μs/cm)	Dureza (°Hf)	TDS (ppm)	Residual P. 3100 (ppm)	Residual P. 3400 (ppm)	Alcalinidad compuesta (mg/l)
Alimentación		8.6	223	< 0.1	297			
Caldera Attsu		9.58	3452	-	1964	35	29,9	-

Tabla 5.14 Límites recomendados

LIMITES RECOMENDADOS								
	T^a (°C)	pH	Conductividad (μs/cm)	Dureza (°Hf)	TDS (gr/l)	Residual P. 3100 (ppm)	Residual P. 3400 (ppm)	Alcalinidad compuesta (mg/l)
Alimentación		>9,2	-	< 0,1	-			-
Caldera		10,5-12	< 6.000		< 3,6	10-30	10-30	<750

Tabla 5.15 Equipos de regulación y dosificación

DOSIFICACION Y CONTROL					
BOMBAS DOSIFICADORA S	Producto	Posición actual	Modificación	Tipo de bomba	Funciona OK
Caldera Perello	P. 3100	10%	NO	FCO	SI
Caldera Perello	P. 3400	10%	NO	FCO	SI
Caldera Perello	Vapen 220	10%	NO	FCO	SI

Se observa con respecto al mes anterior que el descalcificador ahora si que funciona correctamente. El residual de sulfitos continua un poco elevado por lo que se modifica la dosis para que introduzca menos cantidad. El pH sigue siendo mas bajo que el recomendado pero se observa un incremento con respecto al mes anterior por lo que aumentamos la dosis de aminas

Abril

Tabla 5.16 Análisis físico-químico del agua de caldera (in situ)

ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE AGUA (IN SITU)								
MUESTRAS DE AGUA	T^a (°C)	pH	Conductividad (μs/cm)	Dureza (°Hf)	TDS (ppm)	Residual P. 3100 (ppm)	Residual P. 3400 (ppm)	Alcalinidad compuesta (mg/l)
Alimentación		9.23	348	< 0.1	359			
Caldera Attsu		11.02	4526	-	2036	25	29,9	-

Tabla 5.17 Límites recomendados

LIMITES RECOMENDADOS								
	T^a (°C)	pH	Conductividad (μs/cm)	Dureza (°Hf)	TDS (gr/l)	Residual P. 3100 (ppm)	Residual P. 3400 (ppm)	Alcalinidad compuesta (mg/l)
Alimentación		>9,2	-	< 0,1	-			-
Caldera		10,5-12	< 6.000		< 3,6	10-30	10-30	<750

Tabla 5.18 Equipos de regulación y dosificación

DOSIFICACION Y CONTROL					
BOMBAS DOSIFICADORAS	Producto	Posición actual	Modificación	Tipo de bomba	Funciona OK
Caldera Perello	P. 3100	10%	NO	FCO	SI
Caldera Perello	P. 3400	10%	NO	FCO	SI
Caldera Perello	Vapen 220	10%	NO	FCO	SI

Se observa que los problemas se han corregido por lo que se continúa con el tratamiento.

5.8 Conclusión

Este estudio refleja el procedimiento que se ha de seguir para determinar el tratamiento del agua de una caldera de vapor.

A partir del agua de aporte de la instalación (red municipal de Zaragoza) y del agua de alimentación de la caldera se plantea un tratamiento que principalmente se basa en añadir un antiincrustante (Proqua 3400) y un reductor de Oxígeno (Proqua 3100).

También se observa una dureza elevada en el agua de alimentación así como en el agua del interior de la caldera por lo que se comprueba el correcto funcionamiento del descalcificador y se soluciona el problema.

El principal problema viene dado por un pH demasiado bajo en el agua. La instalación posee retorno de condensados. Estos condensados están cargados con una gran cantidad de CO₂ que al reaccionar con el agua forman H₂CO₃ que nos acidifica el agua.

Para solucionar el problema se utiliza un secuestrante de CO₂ formulado a base a aminas volátiles (Vapen220).

Se observa que en pocos meses el agua de la caldera tiene un pH dentro de los límites que marca la norma UNE 12953

6 Bibliografía

"Corrosión y control de corrosión". H.H. Uhlig. Ed. Urmo, Bilbao 1979

"Técnica de aguas: problemática y tratamiento". Aznar Carrasco, Ed. Alción, Madrid, 2000

"Manual para operadores industriales de calderas". Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 6^a Edición, Madrid 2006

"Manual del agua: su naturaleza, tratamiento y aplicaciones". Nalco Chemical Company. F. N. Kemmer, J. McCallion editores. Ed. McGraw Hill, Madrid 1993

"Manual técnico del agua". Degremont, 4^a Edición, Bilbao, 1979

"Manual de anticorrosión". A. J. Maurin . Ed. Urno. Bilbao, 1966

"Stenco. Tratamiento de aguas" 3^a Edición, Barcelona, 2004

www.aguapur.es Aguapur 25/07/2010

www.quiminet.com Quiminet 25/07/2010

ANEXOS

Anexo I
Norma UNE 12953-10

NORMA EUROPEA
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 12953-10

Septiembre 2003

ICS 13.060.25; 27.060.30; 27.100

Versión en español

Calderas pirotubulares
Parte 10: Requisitos para la calidad del agua de alimentación
y del agua de la caldera

Shell boilers. Part 10: Requirements for
feedwater and boiler water quality.

Chaudières à tubes à fumée - Partie 10 :
Exigences relatives à la qualité de l'eau
d'alimentation et de l'eau en chaudière.

Großwasserraumkessel. Teil 10:
Anforderungen an die Speisewasser- und
Kesselwasserqualität.

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2003-08-04. Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional.

Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales, pueden obtenerse en la Secretaría Central de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada a la Secretaría Central, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Eslovaquia, España, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

CEN
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN

European Committee for Standardization

Comité Européen de Normalisation

Europäisches Komitee für Normung

SECRETARÍA CENTRAL: Rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

ÍNDICE

	Página
ANTECEDENTES	5
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	6
2 NORMAS PARA CONSULTA	6
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	7
4 ACONDICIONAMIENTO.....	7
5 REQUISITOS.....	8
6 ENSAYO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA	12
6.1 Generalidades.....	12
6.2 Muestreo	13
6.3 Puntos de muestreo	13
7 ANÁLISIS.....	13
7.1 Generalidades.....	13
7.2 Criterios visuales	13
7.3 Métodos de análisis	13
BIBLIOGRAFÍA.....	15

ANTECEDENTES

Esta Norma Europea EN 12953-10:2003 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 269 *Calderas pirotubulares y acuotubulares*, cuya Secretaría desempeña DIN.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a la misma o mediante ratificación antes de finales de marzo de 2004, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de marzo de 2004.

La serie de Normas Europeas EN 12953 relativas a calderas pirotubulares consta de las partes siguientes:

Parte 1: Generalidades.

Parte 2: Materiales para las partes a presión de las calderas y accesorios.

Parte 3: Diseño y cálculo de las partes a presión.

Parte 4: Ejecución y construcción de las partes a presión de la caldera.

Parte 5: Inspección durante la construcción, documentación y marcado de las partes a presión de la caldera.

Parte 6: Requisitos para el equipo de la caldera.

Parte 7: Requisitos para los sistemas de encendido de combustibles líquidos y gaseosos para la caldera.

Parte 8: Requisitos de seguridad contra la presión excesiva.

Parte 9: Requisitos para los dispositivos de limitadores y los circuitos de seguridad de la caldera y sus accesorios.

Parte 10: Requisitos para la calidad del agua de alimentación y del agua de la caldera.

Parte 11: Ensayos de recepción.

Parte 12: Requisitos para los equipos de combustión con parrilla para combustibles sólidos de la caldera.

Parte 13: Instrucciones de funcionamiento.

CR 12953 Parte 14: Directrices para la intervención de un organismo de inspección independiente del fabricante (TR).

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Eslovaquia, España, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta parte de esta norma europea se aplica a todas las calderas pirotubulares definidas en la Norma EN 12953-1, que se calientan por la combustión de uno o más combustibles o por gases calientes, para la generación de vapor y/o de agua caliente.

Esta parte de esta norma europea es aplicable a aquellos componentes situados entre la entrada del agua de alimentación y la salida del vapor del generador de vapor. La calidad del vapor producido está fuera del objeto y campo de aplicación de esta norma.

Esta parte de esta norma europea tiene por objeto asegurar que la caldera puede operarse para minimizar el riesgo para el personal, para la propia caldera y para los componentes de la instalación asociados y situados cerca de la misma.

NOTA 1 – Esta parte de esta norma europea no tiene por objeto lograr un funcionamiento económico óptimo. Para ciertos fines, será más apropiado optimizar las características químicas para:

- aumentar el rendimiento térmico;
- aumentar la disponibilidad y la fiabilidad de la instalación;
- aumentar la pureza del vapor;
- reducir los costes o gastos de mantenimiento - reparaciones, limpieza química, etc.

Esta parte de esta norma europea establece unos requisitos mínimos para los tipos específicos de agua, para reducir el riesgo de corrosión, de precipitación de lodos o de formación de depósitos que puedan desembocar en cualquier daño o en otros problemas de funcionamiento.

NOTA 2 – Esta parte de esta norma europea se ha preparado sobre la hipótesis de que el usuario de esta norma europea posee un conocimiento suficiente de la construcción y del funcionamiento de la caldera, así como una estimación adecuada de la química del agua y del vapor.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Esta norma europea incorpora disposiciones de otras publicaciones por su referencia, con o sin fecha. Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación. Para las referencias con fecha, no son aplicables las revisiones o modificaciones posteriores de ninguna de las publicaciones. Para las referencias sin fecha, se aplica la edición en vigor del documento normativo al que se haga referencia (incluyendo sus modificaciones).

EN 12953-1:2001 – *Calderas pirotubulares. Parte 1: Generalidades.*

EN ISO 9963-1 – *Calidad del agua. Determinación de la alcalinidad. Parte 1: Determinación de la alcalinidad total y compuesta (ISO 9963-1:1994).*

ISO 5667-1 – *Calidad del agua. Muestreo. Parte 1: Guía para el diseño de los programas de muestreo.*

ISO 5667-3 – *Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Guía para la conservación y la manipulación de muestras.*

ISO 5814 – *Calidad del agua. Determinación del oxígeno disuelto. Método electroquímico.*

ISO 6059 – *Calidad del agua. Determinación de la suma de calcio y magnesio. Método titrimétrico EDTA.*

ISO 6332 – *Calidad del agua. Determinación del hierro. Método espectrométrico utilizando 1,10-fenantrolina.*

ISO 6878 – *Calidad del agua. Determinación espectrométrica del fósforo utilizando molibdato amónico.*

ISO 7888 – *Calidad del agua. Determinación de la conductividad eléctrica.*

ISO 8245 – *Calidad del agua. Directrices para la determinación del carbono orgánico total (COT) y del carbono orgánico disuelto (COD)*.

ISO 8288 – *Calidad del agua. Determinación del cobalto, níquel, cobre, zinc, cadmio y plomo. Métodos espectrométricos de absorción atómica de llama.*

ISO 9964-1 – *Calidad del agua. Determinación de sodio y de potasio. Parte 1: Determinación del sodio por espectrometría de absorción atómica.*

ISO 9964-2 – *Calidad del agua. Determinación de sodio y de potasio. Parte 2: Determinación del potasio por espectrometría de absorción atómica.*

ISO 10523 – *Calidad del agua. Determinación del pH.*

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de esa norma europea, se aplican los términos y las definiciones dados en la Norma EN 12952-1:2001 junto con los siguientes:

3.1 conductividad directa: Conductividad del agua medida directamente.

3.2 conductividad ácida: Conductividad del agua, medida en forma de concentración de iones de hidrógeno, que fluye continuamente aguas abajo de un intercambiador catiónico fuertemente ácido.

3.3 agua de relleno: Agua que compensa las pérdidas de agua y de vapor del sistema.

3.4 agua de alimentación: Mezcla de condensados retornados y/o de agua de relleno alimentada en la entrada de la caldera.

3.5 agua de alimentación desmineralizada: Agua con un contenido de electrolito acorde con una conductividad ácida $< 0,2 \mu\text{S} / \text{cm}$ y un contenido de sílice (SiO_2) $< 0,02 \text{ mg/l}$.

3.6 agua de caldera: Agua dentro de una caldera de circulación natural o asistida.

3.7 agua de pulverización del desrecalentador: Agua que se inyecta para controlar la temperatura del vapor.

4 ACONDICIONAMIENTO

Ciertas características de calidad del agua de alimentación y del agua de caldera deben mejorarse mediante el tratamiento con productos químicos.

Este acondicionamiento puede contribuir:

- a apoyar la formación de capas de magnetita y/o de otras capas de óxido protectoras;
- a minimizar la corrosión mediante la optimización del valor del pH;
- a estabilizar la dureza y a evitar y minimizar la formación de incrustaciones;
- a efectuar una reducción del oxígeno químico;
- a desarrollar recubrimientos especiales con efecto de protección mediante la formación de películas sobre las superficies metálicas.

Los agentes de acondicionamiento inorgánicos convencionales incluyen, por ejemplo, los hidróxidos sódico y potásico, el fosfato sódico, el sulfito sódico, el amoniaco y la hidracina.

NOTA 1 – El empleo de alguno de estos productos químicos puede estar restringido o limitado en algunos países.

Sin embargo, los agentes de acondicionamiento de base orgánica se han estado utilizando muchos años hasta ahora. Si se utilizan agentes de acondicionamiento de base orgánica, las cantidades y los métodos utilizables así como el método de análisis deben estar especificados por el suministrador de los productos químicos.

NOTA 2 – La geometría de las calderas pirotubulares puede dar lugar a tensiones y/o a grietas, por ejemplo, en las uniones de tubos de humos laminados o soldados a chapas tubulares. Debido a la evaporación, tendrá lugar una concentración de ingredientes no volátiles del agua de caldera disueltos (sales, agentes de acondicionamiento sólidos). En tales condiciones, puede tener lugar una concentración local de álcalis que provocaría una corrosión por tensión. Por tanto, con agua de alimentación casi no regulada, de conductividad < 30 µS/cm, la alcalinización con hidróxido sódico es admisible si el intervalo de pH recomendado no puede obtenerse únicamente con fosfato sódico. En este caso, el valor del pH tendrá variaciones rápidas con el nivel bajo de hidróxido sódico.

5 REQUISITOS

5.1 Los valores de las concentraciones más altas admisibles de un cierto número de impurezas y de las concentraciones máxima y mínima de agentes químicos que se añaden con el fin de minimizar la corrosión, la formación de lodos y los depósitos, deben estar de acuerdo con las tablas 5-1 y 5-2 y con las figuras 5-1 y 5-2.

Tablas 5-1
**Agua de alimentación para calderas de vapor (excepto el agua de pulverización
 del desrecalentador) y calderas de agua caliente**

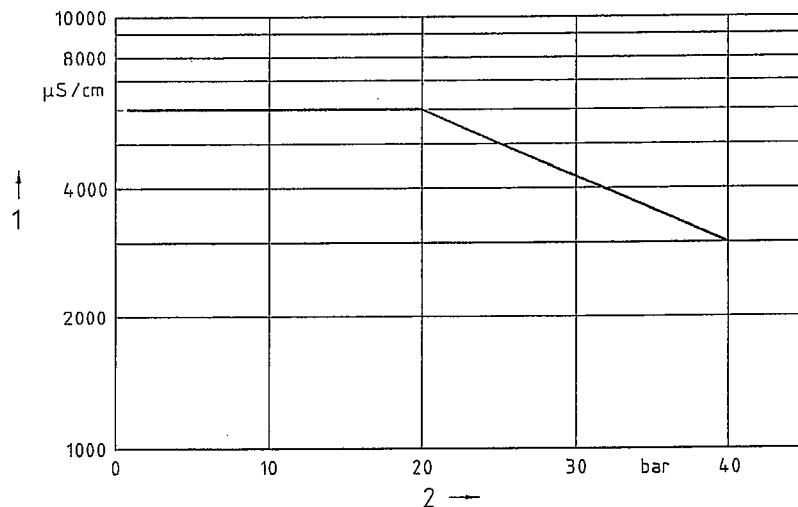
Parámetro	Unidades	Agua de alimentación para calderas de vapor		Agua de relleno para calderas de agua caliente
Presión de servicio	bar (= 0,1 MPa)	> 0,5 a 20	> 20	intervalo total
Apariencia	—	clara, libre de sólidos en suspensión		
Conductividad directa a 25 °C	µS/cm	no especificada, sólo hay valores guía correspondientes al agua de caldera, véase la tabla 5.2		
Valor del pH a 25 °C ^a	—	> 9,2 ^b	> 9,2 ^b	> 7,0
Dureza total (Ca + Mg)	mmol/l	< 0,01 ^c	< 0,01	< 0,05
Concentración de hierro (Fe)	mg/l	< 0,3	< 0,1	< 0,2
Concentración de cobre (Cu)	mg/l	< 0,05	< 0,03	< 0,1
Concentración de sílice (SiO ₂)	mg/l	no especificada, sólo hay valores guía correspondientes al agua de caldera, véase la tabla 5.2		—
Concentración de oxígeno (O ₂)	mg/l	< 0,05 ^d	< 0,02	—
Concentración de aceite/grasa (véase la Norma EN 12953-6)	mg/l	< 1	< 1	< 1
Concentración de sustancias orgánicas (como COT)	—	véase nota ^e al pie de tabla		

^a Con aleaciones de cobre en el sistema, el valor del pH debe mantenerse en el intervalo 8,7 a 9,2.
^b Con agua ablandada de valor de pH > 7,0 debería considerarse el valor del pH del agua de caldera de acuerdo con la tabla 5-2.
^c A presión de servicio < 1 bar debe ser aceptable una dureza total máxima de 0,05 mmol/l.
^d En lugar de observar este valor, en funcionamiento intermitente o en funcionamiento sin desaireador, deben utilizarse agentes que forman película y/o un exceso de reductor de oxígeno.
^e Las sustancias orgánicas son generalmente una mezcla de varios compuestos diferentes. La composición de tales mezclas y el comportamiento de sus componentes individuales en las condiciones de funcionamiento de la caldera son difíciles de predecir. Las sustancias orgánicas pueden descomponerse para formar ácido carbónico u otros productos de descomposición ácida que aumentarán la conductividad ácida y causarán corrosión o depósitos. Esto puede llevar también a la formación de espuma y/o de arrastres de agua con el vapor que deben mantenerse tan bajos como sea posible.

Tabla 5-2
Agua de la caldera para calderas de vapor y calderas de agua caliente

Parámetro	Unidad	Agua de la caldera para calderas de vapor que utilizan			Agua de la caldera para calderas de agua caliente
		Agua de alimentación de conductividad directa >30 µS/cm	Agua de alimentación de conductividad directa ≤ 30 µS/cm		
Presión de servicio	bar (= 0,1 MPa)	> 0,5 a 20	> 20	> 0,5	intervalo total
Apariencia	—	clara, sin espuma estable			
Conductividad directa a 25 °C	µS/cm	< 6 000 ^a	véase la figura 5-1 ^a	< 1 500	< 1 500
Valor del pH a 25 °C	—	10,5 a 12,0	10,5 a 11,8	10,0 a 11,0 ^{b, c}	9,0 a 11,5 ^d
Alcalinidad compuesta	mmol/l	1 a 15 ^a	1 a 10 ^a	0,1 a 1,0 ^c	< 5
Concentración de sílice (SiO ₂)	mg/l	dependiente de la presión, de acuerdo con la figura 5-2			—
Fosfato (PO ₄) ^e	mg/l	10 a 30	10 a 30	6 a 15	—
Sustancias orgánicas	—	véase la nota ^f al pie de tabla			—

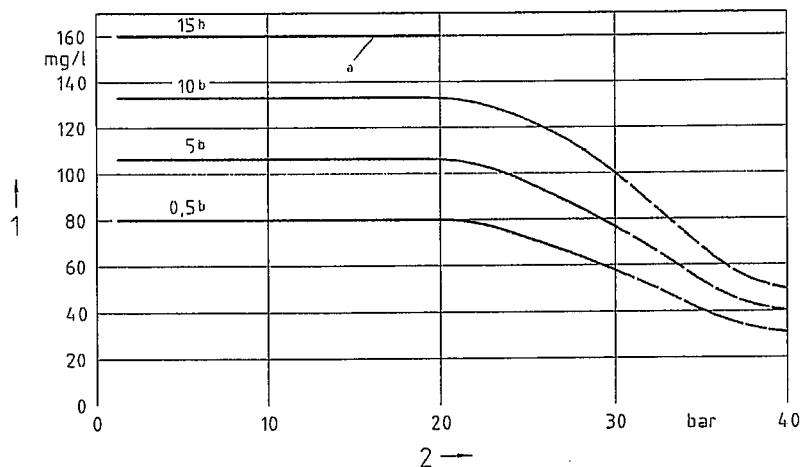
^a Con recalentador se considera como valor máximo el 50% del valor más alto indicado.
^b El ajuste del pH básico se hace por inyección de Na₂PO₄, y una inyección adicional de Na OH sólo si es el valor del pH < 10.
^c Si la conductividad ácida del agua de alimentación de la caldera es < 0,2 µS/cm, y si su concentración de Na + K es < 0,010 mg/l, no es necesaria la inyección de fosfato. Alternativamente puede aplicarse AVT (tratamiento totalmente volátil, agua de alimentación con pH ≥ 9,2 y agua de la caldera con pH ≥ 8,0) cuando la conductividad ácida del agua de la caldera es < 5 µS/cm.
^d Si en el sistema hay presentes materiales no ferrosos, por ejemplo, aluminio, puede requerir un valor inferior del pH y de la conductividad directa; sin embargo, la protección de la caldera tiene prioridad.
^e Si se utiliza un tratamiento de fosfato coordinado; considerando todos los demás valores, son aceptables concentraciones de PO₄ más altas (véase también el capítulo 4).
^f Véase ^e en la tabla 5-1.



Leyenda

- 1 Conductividad directa
- 2 Presión de servicio

Fig. 5-1 – Conductividad directa máxima admisible del agua de la caldera en función de la presión; conductividad directa del agua de alimentación > 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$



Leyenda

- 1 Contenido máximo de sílice
- 2 Presión de servicio

a) Este nivel de alcalinidad no es admisible a presión > 20 bar
 b) Alcalinidad en mmol/l

Fig. 5-2 – Contenido de sílice máximo admisible (SiO_2) del agua de la caldera en función de la presión

5.2 Las condiciones de funcionamiento de una caldera y/o la elección de ciertos materiales o un diseño especial pueden originar una limitación adicional para algunos de los parámetros especificados en las tablas o requerir consejo de un especialista para ajustar los nuevos parámetros de control.

Tales consideraciones especiales incluyen:

- grietas y/o límites de separación de fase sometidos a flujo térmico;
- funcionamiento a presiones muy inferiores a la presión de diseño;
- materiales distintos de los aceros al carbono, por ejemplo, acero inoxidable.

El agua de pulverización del desrecalentador para el control de la temperatura del vapor debe ser agua desmineralizada y/o condensados sin contaminar dosificados únicamente con agentes químicos volátiles. La calidad requerida para el vapor no debe verse afectada negativamente.

El uso al que se destinará el agua calentada o el vapor debe necesitar limitaciones de calidad adicionales. Si se aplica, por ejemplo, en la industria alimentaria o farmacéutica o para alimentar turbinas de vapor, pueden ser necesarios requisitos especiales para la calidad el vapor. Deben cumplirse los requisitos más estrictos de la aplicación individual.

5.3 Los valores fijados deben aplicarse para el funcionamiento continuo. Durante el arranque, la parada o los cambios importantes de funcionamiento, algunos valores pueden desviarse del valor normal durante un breve periodo de tiempo y hasta un alcance limitado dependiendo de los parámetros de funcionamiento y del tipo de caldera. El fabricante debe especificar el alcance o magnitud de cualquier desviación posible.

Los valores deben llevarse dentro de los límites de funcionamiento continuo tan pronto como sea posible.

Cuando los valores especificados se desvían durante el funcionamiento continuo, esto puede deberse a:

- un tratamiento defectuoso del agua de relleno;
- un acondicionamiento insuficiente del agua de alimentación;
- contaminación del agua originada por la entrada de fugas de impurezas procedentes de otros sistemas, por ejemplo, condensadores, intercambiadores de calor;
- corrosión de ciertas partes de la instalación.

Para garantizar un funcionamiento correcto deben hacerse inmediatamente las modificaciones apropiadas. Por ejemplo, los condensados reciclados para la alimentación no deben afectar negativamente la calidad del agua de alimentación y deben ser purificados, si es necesario.

La composición química del agua de caldera en las calderas de tambor (calderín) puede controlarse dosificando los productos químicos de acondicionamiento así como por la purga continua o intermitente de una proporción del volumen de agua, que debe hacerse de tal manera que puedan eliminarse ambas impurezas: las disueltas y las que están en suspensión.

6 ENSAYO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA

6.1 Generalidades

Para garantizar que prevalecen las condiciones químicas apropiadas, los parámetros de la calidad deben comprobarse periódica y/o continuamente.

El agua de pulverización del desrecalentador, el agua de alimentación y el agua de caldera en las calderas de vapor y el agua de caldera en las calderas de agua caliente deben comprobarse en lo que respecta a los parámetros correspondientes, tales como pH, conductividad directa, conductividad ácida, dureza y oxígeno o reducción de oxígeno.

El fabricante de la caldera debe especificar la frecuencia de tales ensayos en las instrucciones de funcionamiento.

NOTA – Si se utilizan analizadores fiables de registro continuo puede reducirse la frecuencia de las comprobaciones manuales de la calidad del agua.

6.2 Muestreo

El muestreo del agua y del vapor del sistema de caldera debe realizarse de acuerdo con la Norma ISO 5667-1 y la preparación y manipulación de las muestras de acuerdo con la Norma ISO 5667-3.

6.3 Puntos de muestreo

Los puntos de toma de muestras deben situarse en emplazamientos representativos del sistema.

Emplazamientos típicos de puntos de muestreo son:

- agua de alimentación de la válvula de entrada;
- agua de caldera de un tubo de descenso o de una línea de purga continua;
- agua de llenado aguas debajo de la instalación de tratamiento del agua de llenado o de los tanques de almacenamiento;
- condensados de la salida del condensador, si lo hay; en caso contrario, el condensado debe muestrearse en un punto lo más próximo que sea posible al tanque de alimentación.

7 ANÁLISIS

7.1 Generalidades

La prueba de que se cumplen los valores que se dan en las tablas 5.1 a 5.2 debe proporcionarse de acuerdo con procedimientos escritos que aplican los métodos de análisis descritos en el apartado 7.3, cuando sea posible.

Si los análisis se realizan de acuerdo con otras normas o por métodos indirectos, deben hacerse las calibraciones para dichos métodos.

NOTA 1 – En algunos tipos de agua, la cantidad de materia disuelta puede estimarse a partir de la conductividad. Para el agua totalmente desmineralizada, es posible obtener un valor del pH a partir de la correlación entre las conductividades directa y ácida.

NOTA 2 – Preferentemente, deberían instalarse monitores de funcionamiento continuo para los parámetros principales. Las comprobaciones periódicas de laboratorio son esenciales y, en ocasiones, constituyen el único ensayo posible.

7.2 Criterios visuales

Los cambios en la apariencia o aspecto del agua en relación con los sólidos en suspensión, color o espuma pueden indicar que se han producido cambios incontrolados o que están a punto de ocurrir en la instalación.

7.3 Métodos de análisis

La comprobación de los parámetros debe hacerse de acuerdo con las normas siguientes, cuando sea aplicable:

Conductividad	ISO 7888
Cobre	ISO 8288
Hierro	ISO 6332
Oxígeno	ISO 5814
pH	ISO 10523
Fosfato	ISO 6878-1
Potasio	ISO 9964-2
Sílice	¹⁾
Sodio	ISO 9964-1
COT ²⁾	ISO 8245
Dureza total como Ca + Mg	ISO 6059

La conductividad ácida debe medirse en forma de concentración de iones hidrógeno de forma continua, de la misma manera que la conductividad después de que la muestra haya pasado a través de un intercambiador catiónico fuertemente ácido con un volumen de, al menos, 1,5 l. El intercambiador debe estar situado en un cilindro con una relación diámetro-altura de 1:3 o inferior y con el medio intercambiador ocupando, al menos, tres cuartos de cilindro. El intercambiador de iones debe regenerarse cuando se ha vaciado en sus dos terceras partes; esto puede verse utilizando un intercambiador con un indicador de color y un cilindro transparente.

1) Hasta ahora no se dispone de norma europea o internacional correspondiente; véase por ejemplo la Norma DIN 38405-21 Métodos normalizados alemanes para el examen del agua, agua residual y lodos; aniones (grupo D); determinación del sílicato disuelto por espectrometría. (D 21)
2) Alternativamente, la determinación del índice de permanganato de acuerdo con la Norma ISO 8467 puede medirse si se han especificado los valores.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Directiva 97/23/CEE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de Mayo de 1997, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre equipos a presión OJEC, L181.

EN 12953-6 – *Calderas pirotubulares. Parte 6: Requisitos para el equipo de la caldera.*

Anexo II
Norma UNE 12952-12

NORMA EUROPEA
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 12952-12

Septiembre 2003

ICS 13.060.25; 27.040

Versión en español

**Calderas acuotubulares e instalaciones auxiliares
Parte 12: Requisitos para la calidad del agua de alimentación
y del agua de la caldera**

Water-tube boilers and auxiliary installations. Part 12: Requirements for boiler feedwater and boiler water quality.

Chaudières à tubes d'eau et installations auxiliaires. Partie 12: Exigences relatives à la qualité de l'eau d'alimentation et de l'eau en chaudière.

Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten. Teil 12: Anforderungen an die Speisewasser- und Kesselwasserqualität.

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2003-07-24. Los miembros de CEN están sujetos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional.

Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales, pueden obtenerse en la Secretaría Central de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada a la Secretaría Central, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Eslovaquia, España, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

CEN
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung

SECRETARÍA CENTRAL: Rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

ÍNDICE

	Página
ANTECEDENTES	5
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	6
2 NORMAS PARA CONSULTA	6
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	7
4 ACONDICIONAMIENTO.....	7
5 REQUISITOS.....	8
6 ENSAYO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA	17
6.1 Generalidades	17
6.2 Muestreo	17
6.3 Puntos de muestreo	17
7 ANÁLISIS.....	18
7.1 Generalidades	18
7.2 Criterios visuales	18
7.3 Métodos de análisis	18
BIBLIOGRAFÍA.....	20

ANTECEDENTES

Esta Norma Europea EN 12952-12:2003 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 269 *Calderas pirotubulares y acuotubulares*, cuya Secretaría desempeña DIN.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a la misma o mediante ratificación antes de finales de marzo de 2004, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de marzo de 2004.

La Norma Europea EN 12952, relativa a calderas acuotubulares e instalaciones auxiliares, consta de las partes siguientes:

- *Parte 1: Generalidades.*
- *Parte 2: Materiales para las partes sometidas a presión de la caldera y accesorios.*
- *Parte 3: Diseño y cálculo de las partes a presión.*
- *Parte 4: Cálculo de la esperanza de vida prevista de las calderas en servicio.*
- *Parte 5: Fabricación y construcción de las partes a presión de las calderas.*
- *Parte 6: Inspección durante la construcción: documentación y marcado de las partes sometidas a presión de la caldera.*
- *Parte 7: Requisitos para los equipos de la caldera.*
- *Parte 8: Requisitos para los sistemas de combustión de los combustibles líquidos y gaseosos de la caldera.*
- *Parte 9: Requisitos para los sistemas de combustión de los combustibles sólidos pulverizados para la caldera.*
- *Parte 10: Requisitos para la protección contra la presión excesiva.*
- *Parte 11: Requisitos para los dispositivos de limitación y los circuitos de seguridad de la caldera y sus accesorios.*
- *Parte 12: Requisitos para la calidad del agua de alimentación y del agua de la caldera.*
- *Parte 13: Requisitos para los sistemas de limpieza de los humos.*
- *Parte 14: Requisitos para los sistemas de desnitrificación (DENOX) de los humos.*
- *Parte 15: Ensayos de recepción.*
- *Parte 16: Requisitos para los sistemas de combustión en lecho fluidizado y la parrilla para combustibles sólidos de la caldera.*

CR 12952 Parte 17 – *Guía para la implicación de un organismo de certificación independiente del fabricante.*

Aunque estas partes pueden obtenerse por separado, debería reconocerse que las mismas son interdependientes. Así, el diseño y la fabricación de calderas acuotubulares requieren la aplicación de más de una de las partes con el fin de cumplir satisfactoriamente los requisitos de esta norma.

NOTA – Las partes 4 y 15 no son aplicables durante las fases de diseño, construcción e instalación.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Eslovaquia, España, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta parte de esta norma europea es aplicable a las calderas acuotubulares definidas en la Norma EN 12952-1, que se calientan por combustión de uno o más combustibles o por medio de gases calientes, para la generación de vapor y/o de agua caliente.

Esta parte de esta norma europea es aplicable a aquellos componentes situados entre la entrada del agua de alimentación y la salida del vapor del generador de vapor. La calidad del vapor producido está fuera del objeto y campo de aplicación de esta norma.

Esta parte de esta norma europea tiene por objeto asegurar que la caldera puede operarse para minimizar el riesgo para el personal, para la propia caldera y para los componentes de la instalación asociados y situados cerca de la misma.

NOTA 1 – Esta parte de esta norma europea no tiene por objeto lograr un funcionamiento económico óptimo. Para ciertos fines, será más apropiado optimizar las características químicas para:

- aumentar el rendimiento térmico;
- aumentar la disponibilidad y la fiabilidad de la instalación;
- aumentar la pureza del vapor;
- reducir los costes o gastos de mantenimiento - reparaciones, limpieza química, etc.

Esta parte de esta norma europea establece unos requisitos mínimos para los tipos específicos de agua, para reducir el riesgo de corrosión, de precipitación de lodos o de formación de depósitos que puedan desembocar en cualquier daño o en otros problemas de funcionamiento.

NOTA 2 – Esta parte de esta norma europea se ha preparado sobre la hipótesis de que el usuario de esta norma europea posee un conocimiento suficiente de la construcción y del funcionamiento de la caldera, así como una estimación adecuada de la química del agua y del vapor.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Esta norma europea incorpora disposiciones de otras publicaciones por su referencia, con o sin fecha. Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación. Para las referencias con fecha, no son aplicables las revisiones o modificaciones posteriores de ninguna de las publicaciones. Para las referencias sin fecha, se aplica la edición en vigor del documento normativo al que se haga referencia (incluyendo sus modificaciones).

EN 12952-1:2001 – *Calderas acuotubulares e instalaciones auxiliares. Parte 1: Generalidades.*

EN ISO 9963-1 – *Calidad del agua. Determinación de la alcalinidad. Parte 1: Determinación de la alcalinidad total y compuesta (ISO 9963-1:1994).*

ISO 5667-1 – *Calidad del agua. Muestreo. Parte 1: Guía para el diseño de los programas de muestreo.*

ISO 5667-3 – *Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Guía para la conservación y la manipulación de muestras.*

ISO 5814 – *Calidad del agua. Determinación del oxígeno disuelto. Método electroquímico.*

ISO 6059 – *Calidad del agua. Determinación de la suma de calcio y magnesio. Método titrimétrico EDTA.*

ISO 6332 – *Calidad del agua. Determinación del hierro. Método espectrométrico utilizando 1,10-fenantrolina.*

ISO 6878 – *Calidad del agua. Determinación espectrométrica del fósforo utilizando molibdato amónico.*

ISO 7888 – *Calidad del agua. Determinación de la conductividad eléctrica.*

ISO 8245 – *Calidad del agua. Directrices para la determinación del carbono orgánico total (COT) y del carbono orgánico disuelto (COD).*

ISO 8288 – *Calidad del agua. Determinación del cobalto, níquel, cobre, zinc, cadmio y plomo. Métodos espectrométricos de absorción atómica de llama.*

ISO 9964-1 – *Calidad del agua. Determinación de sodio y de potasio. Parte 1: Determinación del sodio por espectrometría de absorción atómica.*

ISO 9964-2 – *Calidad del agua. Determinación de sodio y de potasio. Parte 2: Determinación del potasio por espectrometría de absorción atómica.*

ISO 10523 – *Calidad del agua. Determinación del pH.*

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de esa norma europea, se aplican los términos y las definiciones dados en la Norma EN 12952-1:2001 junto con los siguientes:

3.1 conductividad directa: Conductividad del agua medida directamente.

3.2 conductividad ácida: Conductividad del agua medida en forma de concentración de iones de hidrógeno, que fluye continuamente aguas abajo de un intercambiador catiónico fuertemente ácido.

3.3 agua de relleno: Agua que compensa las pérdidas de agua y de vapor del sistema.

3.4 agua de alimentación: Mezcla de condensados retornados y/o de agua de relleno alimentada en la entrada de la caldera.

3.5 agua de alimentación desmineralizada: Agua con un contenido de electrolito acorde con una conductividad ácida $< 0,2 \mu\text{S} / \text{cm}$ y un contenido de sílice (SiO_2) $< 0,02 \text{ mg/l}$.

3.6 agua de caldera: Agua dentro de una caldera de circulación natural o asistida.

3.7 agua de pulverización del desrecalentador: Agua que se inyecta para controlar la temperatura del vapor.

4 ACONDICIONAMIENTO

Ciertas características de calidad del agua de alimentación y del agua de caldera deben mejorarse mediante el tratamiento con productos químicos.

Este acondicionamiento puede contribuir:

- a apoyar la formación de capas de magnetita y/o de otras capas de óxido protectoras;
- a minimizar la corrosión mediante la optimización del valor del pH;
- a estabilizar la dureza y a evitar y minimizar la formación de incrustaciones;
- a efectuar una reducción del oxígeno químico;
- a desarrollar recubrimientos especiales con efecto de protección mediante la formación de películas sobre las superficies metálicas.

Los agentes de acondicionamiento inorgánicos convencionales incluyen, por ejemplo, los hidróxidos sódico y potásico, el fosfato sódico, el sulfito sódico, el amoniaco y la hidracina.

El tratamiento con fosfato coordinado puede ser beneficioso también para controlar el pH en el agua de caldera.

NOTA 1 – La utilización de alguno de estos productos químicos puede estar restringida o limitada en ciertos países.

No obstante, los agentes de acondicionamiento orgánicos se han estado utilizando durante muchos años y hasta ahora. Si se emplean agentes de acondicionamiento orgánicos, las cantidades y los métodos aplicables así como el método de análisis deben estar especificados por el suministrador de los productos químicos correspondientes.

NOTA 2 – Es importante destacar que la solubilidad del fosfato sódico disminuye al aumentar la temperatura. Esto puede llevar a la precipitación de los fosfatos de una solución sobresaturada (fenómeno de secuestro). Si una caldera muestra tendencia al "secuestro" (la concentración de PO₄ en el agua de caldera es inferior a la prevista por cálculo a partir de la cantidad inyectada y del factor de concentración) sólo debería utilizarse hidróxido sódico como agente alcalinizante, o debería cambiarse el modo de funcionamiento a "tratamiento totalmente volátil (AVT)".

5 REQUISITOS

5.1 Los valores para las concentraciones más altas admisibles de un cierto número de impurezas y para las concentraciones máxima y mínima de agentes químicos que se añaden con el fin de minimizar la corrosión, la formación de lodos y los depósitos, deben estar de acuerdo con las tablas 5.1 a 5.3 y con las figuras 5.1 a 5.5.

NOTA – En ciertos casos, cuando se emplea agua desmineralizada, puede aplicarse oxígeno como agente acondicionador para reducir la corrosión principalmente para las calderas de un paso. Esto limita, además, la cantidad de impurezas en funcionamiento normal así como durante los ciclos de carga.

Tabla 5.1
Agua de alimentación para calderas de vapor y generadores de agua caliente con circulación natural o asistida.

Parámetro	Unidades	Agua de alimentación que contiene sólidos disueltos			Agua de alimentación y agua desmineralizada de pulverización del desrecalentador	Agua de relleno para los generadores de agua caliente
Presión de servicio	bar (= 0,1 MPa)	> 0,5 a 20	> 20 a 40	> 40 a 100	intervalo total	intervalo total
Apariencia	—	clara, libre de sólidos en suspensión			no se especifica, sólo valores guía para el agua de caldera correspondiente, véase la tabla 5.2	
Conductividad directa a 25 °C ^a	µS/cm	—	—	—	< 0,2	—
Conductividad ácida a 25 °C ^a	µS/cm	—	—	—	> 9,2 ^d	> 9,2 ^d
Valor del pH a 25 °C ^b	—	> 9,2 ^c	> 9,2	< 0,005	—	> 7,0
Dureza total (Ca + Mg)	mmol/l	< 0,02 ^e	< 0,01	—	—	< 0,05
Concentración de sodio y de potasio (Na + K)	mg/l	—	—	—	< 0,010	—
Concentración de hierro (Fe)	mg/l	< 0,050	< 0,030	< 0,020	< 0,020	< 0,2
Concentración de cobre (Cu)	mg/l	< 0,020	< 0,010	< 0,003	< 0,003	< 0,1
Concentración de silice (SiO ₂)	mg/l	no se especifica, sólo valores guía para el agua de caldera correspondiente, véase la tabla 5.2			< 0,020	—
Concentración de oxígeno O ₂	mg/l	< 0,020 ^f	< 0,020	< 0,020	< 0,1	—
Concentración de aceite/grasa (véase la Norma EN 12952-7)	mg/l	< 1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1
Concentración de sustancias orgánicas (como COT)	mg/l	véase nota ^h al pie de tabla			< 0,5 ^g	< 0,2
Alternativamente índice de permanganato	mg/l	5	5	3	5	—

^a La influencia de agentes orgánicos de acondicionamiento debería considerarse adicionalmente.

^b Con aleaciones de cobre en el sistema, el valor del pH debe mantenerse en el intervalo 8,7 a 9,2.

^c Con agua ablandada, con valor del pH > 7,0, debería considerarse el valor del pH del agua de caldera de acuerdo con la tabla 5.2.

^d Para el agua de inyección sólo deben estar permitidos los agentes alcalinizantes volátiles.

^e A la presión de servicio < 1 bar, debe ser aceptable la dureza total máx. de 0,05 m mol/l.

^f El lugar de observar este valor para funcionamiento intermitente o en funcionamiento sin desaireador, deben observarse los agentes que forman película y/o el exceso de reductor de oxígeno.

^g A la presión de servicio > 60 bar, se recomienda COT < 0,2 mg/l.

^h Las sustancias orgánicas son generalmente una mezcla de varios compuestos diferentes. La composición de tales mezclas y el comportamiento de sus componentes individuales en las condiciones de funcionamiento de la caldera son difíciles de predecir. Las sustancias orgánicas pueden descomponerse para formar ácido carbónico u otros productos ácidos de descomposición que aumenten la conductividad ácida y provocar corrosión o depósitos. También, pueden llevar a la formación de espumas y/o de arrastres de agua con el vapor que deben mantenerse tan bajos como sea posible.

Tabla 5.2
Agua de caldera para calderas de vapor y generadores de agua caliente con circulación natural o asistida

Parámetro	Unidades	Agua de alimentación que contiene sólidos disueltos		Agua de alimentación desmineralizada		Agua de caldera para generadores de agua caliente
		Conductividad directa > 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$	conductividad directa $\leq 30 \mu\text{S}/\text{cm}$	Alcalinización del agua de caldera con agentes alcalinizantes sólidos	Tratamiento totalmente volátil (AVT)	
Presión de servicio	bar	> 0,5 a 20	> 20 a 40	> 40 a 60	> 60 a 100	≤ 100
Apariencia	—	—	—	clara, sin espuma estable	intervalo total	intervalo total
Conductividad directa a 25 °C	$\mu\text{S}/\text{cm}$	véase la figura 5.1 ^b	valor recomendado en la figura 5.2	< 100	< 30	—
Conductividad ácida a 25 °C	$\mu\text{S}/\text{cm}$	—	—	< 50	< 30	< 1 500
— con dosificación de fosfatos	—	—	—	< 50	< 30	—
— sin dosificación de fosfatos	—	—	—	< 40	< 5 ^c	—
Valor del pH a 25 °C	—	10,5 a 12,0	10,5 a 11,8	10,3 a 11,5	10,0 a 11,0	9,8 a 10,5
Alcalinidad	mmol/l	1 a 15 ^b	1 a 10 ^b	0,5 a 5 ^b	0,1 a 1,0	0,1 a 0,3
Concentración de sílice (SiO_2)	mg/l	—	—	dependiente de la presión, de acuerdo con la figura 5.3 o la figura 5.4	—	—
Fosfato (PO_4) ^f	mg/l	10 a 20	8 a 15	8 a 15	5 a 10	< 6
Sustancias orgánicas	—	—	—	véase nota ^g al pie de tabla	—	—

^a Sin agentes de acondicionamiento^b Con recalentador, se considera el 50% del valor superior indicado como valor máximo.^c La conductividad ácida es < 3 si el flujo térmico > 250 kW/m².^d El valor del pH debe ajustarse en el sistema, por ejemplo aluminio, pueden requerir un valor más bajo de pH y conductividad directa. No obstante, la protección de la caldera tiene prioridad.^e Si hay materiales no ferrosos presentes en el sistema, por ejemplo aluminio, véase nota^g al pie de tabla^g Véase^h en la tabla 5.1.^h Si se utiliza el tratamiento de fosfatos coordinado, son aceptables concentraciones de PO_4 más altas (véase también el capítulo 4).

Tabla 5.3
Agua de alimentación y agua de pulverización del desrecalentador para calderas de un solo paso^a

Parámetro	Unidad	Agua libre de sal
Presión de servicio	bar	intervalo total
Apariencia	—	clara, libre de sólidos en suspensión
Conductividad directa a 25 °C	µS/cm	sin especificar ^b
Conductividad ácida a 25 °C	µS/cm	< 0,2
Valores del pH a 25 °C	—	7 a 10 ^c véase la figura 5.5
Concentración de sodio + potasio (Na + K)	mg/l	< 0,010
Concentración de hierro (Fe)	mg/l	< 0,010 ^d
Concentración de cobre (Cu)	mg/l	< 0,003
Concentración de sílice (SiO ₂)	mg/l	< 0,020
Concentración de oxígeno (O ₂)	mg/l	≤ 0,250 ^c véase la figura 5.5
Concentración de sustancias orgánicas (como COT)	mg/l	< 0,2

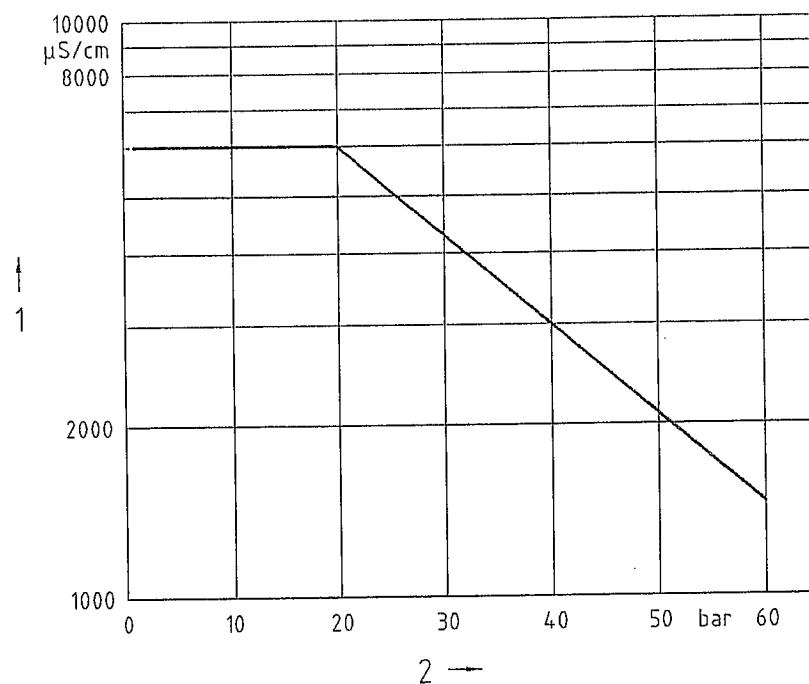
^a Para las calderas de un solo paso que producen vapor húmedo, puede utilizarse agua de alimentación que contenga sólidos disueltos de acuerdo con la tabla 5.1.

^b La conductividad directa puede utilizarse como una variable auxiliar para ajustar el pH, y se recomienda en lugar de la medición del pH y/o del amoniaco.

^c Cuando se examina la correlación entre el pH y la concentración de oxígeno, debe considerarse lo siguiente:

- El límite superior admisible del pH viene dado por materiales distintos del acero, por ejemplo, aleaciones de cobre o de aluminio, en el sistema.
- El oxígeno es necesario para el acondicionamiento a valores de pH bajos, pero también es aceptable para valores de pH altos, además del agente alcalinizante. Para un pH > 9, también son posibles las concentraciones de oxígeno próximas a 0. Existe una correlación entre el valor del pH y la concentración de oxígeno, en general, cuanto más próximo esté el valor del pH al valor inferior de 7 más alta debe ser la concentración de oxígeno:
- Dentro de los límites especificados, el valor del pH y la concentración de oxígeno deben ajustarse de manera que se minimicen las concentraciones de hierro y de cobre en el agua de alimentación aguas arriba de la entrada del agua de alimentación en la caldera.

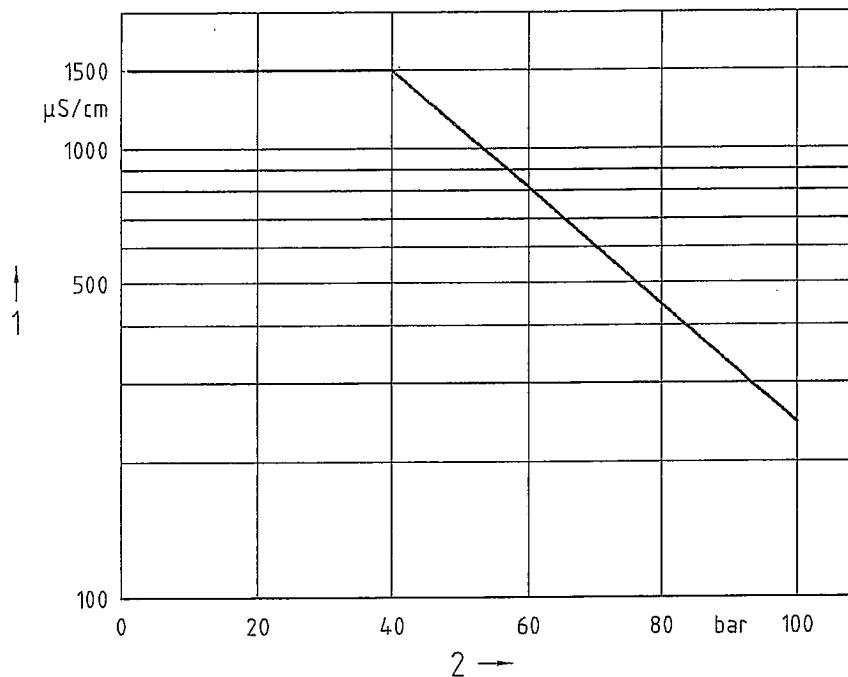
^d Para las presiones de servicio de hasta 60 bar, es aceptable una concentración de hierro (Fe) < 0,020 mg/l.



Leyenda

- 1 Conductividad directa
- 2 Presión de servicio

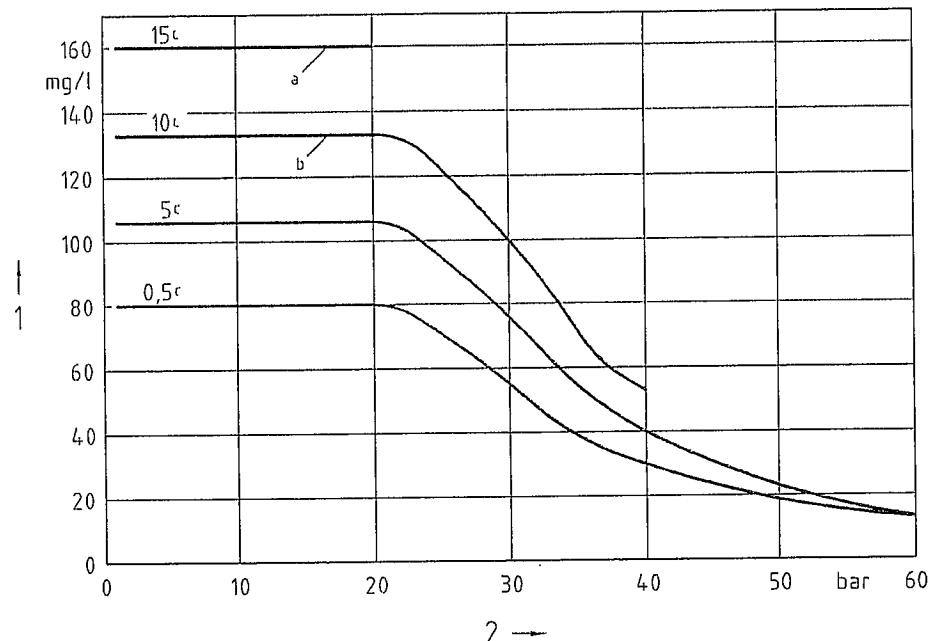
Fig. 5.1 – Conductividad directa máxima admisible del agua de la caldera en función de la presión;
conductividad directa del agua de alimentación > 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$



Leyenda

- 1 Conductividad directa
- 2 Presión de servicio

Fig. 5.2 – Conductividad directa máxima admisible del agua de caldera en función de la presión;
conductividad directa del agua de alimentación $\leq 30 \mu\text{S/cm}$

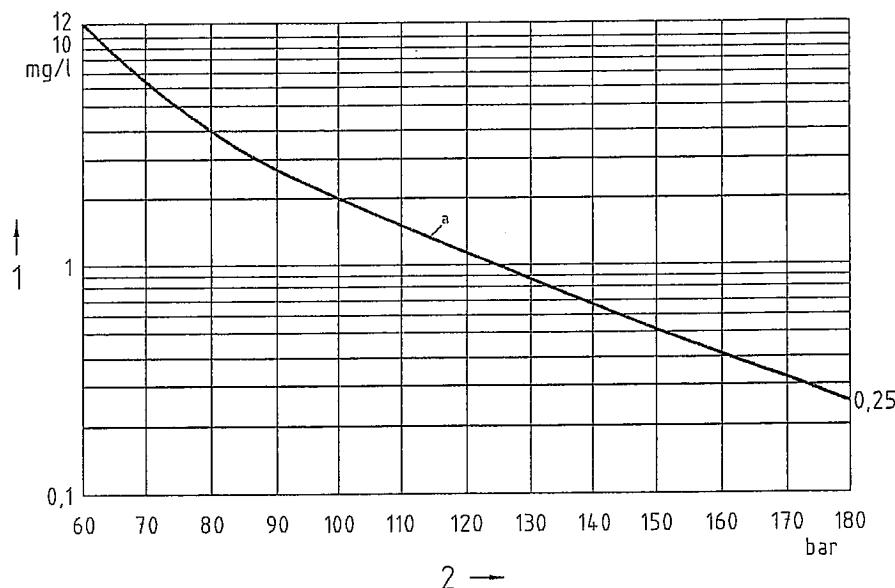


Leyenda

- 1 Contenido de sílice
2 Presión de servicio

- a Este nivel de alcalinidad no es admisible > 20 bar
b Este nivel de alcalinidad no es admisible > 40 bar
c Alcalinidad en m mol/l

Fig. 5.3 – Contenido de sílice máximo admisible (SiO_2) del agua de caldera en función de la presión;
intervalo > 5 bar hasta 60 bar

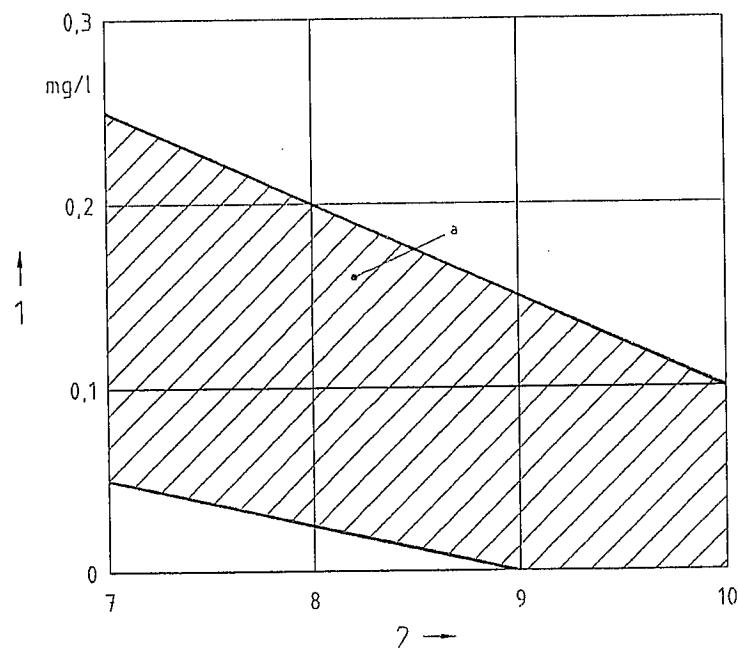


Leyenda

- 1 Contenido de sílice
2 Presión de servicio

a basada en < 0,02 mg/l de SiO_2 en el vapor

Fig. 5.4 – Contenido de sílice máximo admisible (SiO_2) del agua de caldera en función de la presión;
intervalo > 60 bar hasta 180 bar



Leyenda

- 1 Contenido de oxígeno
- 2 Valor del pH
- a Intervalo de funcionamiento o servicio

Figura 5.5 – Correlación entre el valor del pH y el contenido de oxígeno del agua de alimentación para las calderas de un solo paso

5.2 Las condiciones de funcionamiento de una caldera y/o la elección de ciertos materiales o un diseño especial pueden originar una limitación adicional para algunos de los parámetros especificados en las tablas o requerir consejo de un especialista para ajustar los nuevos parámetros de control.

Tales consideraciones especiales incluyen:

- grietas y/o límites de separación de fase sometidos a flujo térmico;
- funcionamiento a presiones muy inferiores a la presión de diseño;
- materiales distintos de los aceros al carbono, por ejemplo, acero inoxidable.

El agua de pulverización del desrecalentador para el control de la temperatura del vapor debe ser agua desmineralizada y/o condensados sin contaminar dosificados únicamente con agentes químicos volátiles. La calidad requerida para el vapor no debe verse afectada negativamente.

El uso al que se destinará el agua calentada o el vapor debe necesitar limitaciones de calidad adicionales. Si se aplica, por ejemplo, en la industria alimentaria o farmacéutica o para alimentar turbinas de vapor, pueden ser necesarios requisitos especiales para la calidad el vapor. Deben cumplirse los requisitos más estrictos de la aplicación individual.

5.3 Los valores fijados deben aplicarse para el funcionamiento continuo. Durante el arranque, la parada o los cambios importantes de funcionamiento, algunos valores pueden desviarse del valor normal durante un breve periodo de tiempo y hasta un alcance limitado dependiendo de los parámetros de funcionamiento y del tipo de caldera. El fabricante debe especificar el alcance o magnitud de cualquier desviación posible.

Los valores deben llevarse dentro de los límites de funcionamiento continuo tan pronto como sea posible.

Cuando los valores especificados se desvían durante el funcionamiento continuo, esto puede deberse a:

- un tratamiento defectuoso del agua de llenado;
- un acondicionamiento insuficiente del agua de alimentación;
- contaminación del agua originada por la entrada de fugas de impurezas procedentes de otros sistemas, por ejemplo, condensadores, intercambiadores de calor;
- corrosión de ciertas partes de la instalación.

Para garantizar un funcionamiento correcto deben hacerse inmediatamente las modificaciones apropiadas. Por ejemplo, los condensados reciclados para la alimentación no deben afectar negativamente la calidad del agua de alimentación y deben ser purificados, si es necesario.

La composición química del agua de caldera en las calderas de tambor (calderín) puede controlarse dosificando los productos químicos de acondicionamiento así como por la purga continua o intermitente de una proporción del volumen de agua, que debe hacerse de tal manera que puedan eliminarse ambas impurezas: las disueltas y las que están en suspensión.

6 ENSAYO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA

6.1 Generalidades

Para garantizar que prevalecen las condiciones químicas apropiadas, los parámetros de la calidad deben comprobarse periódica y/o continuamente.

El agua de pulverización del desrecalentador, el agua de alimentación y el agua de caldera en las calderas de vapor y el agua de caldera en las calderas de agua caliente deben comprobarse en lo que respecta a los parámetros correspondientes, tales como pH, conductividad directa, conductividad ácida, dureza y oxígeno o reducción de oxígeno.

El fabricante de la caldera debe especificar la frecuencia de tales ensayos en las instrucciones de funcionamiento.

NOTA – Si se utilizan analizadores fiables de registro continuo puede reducirse la frecuencia de las comprobaciones manuales de la calidad del agua.

6.2 Muestreo

El muestreo del agua y del vapor del sistema de caldera debe realizarse de acuerdo con la Norma ISO 5667-1 y la preparación y manipulación de las muestras de acuerdo con la Norma ISO 5667-3.

6.3 Puntos de muestreo

Los puntos de toma de muestras deben situarse en emplazamientos representativos del sistema.

Emplazamientos típicos de puntos de muestreo son:

- agua de alimentación de la válvula de entrada;
- agua de caldera de un tubo de descenso o de una línea de purga continua;
- agua de relleno aguas debajo de la instalación de tratamiento del agua de relleno o de los tanques de almacenamiento;
- condensados de la salida del condensador, si lo hay; en caso contrario, el condensado debe muestrearse en un punto lo más próximo que sea posible al tanque de alimentación.

7 ANÁLISIS

7.1 Generalidades

La prueba de que se cumplen los valores que se dan en las tablas 5.1 a 5.3 debe proporcionarse de acuerdo con procedimientos escritos que aplican los métodos de análisis descritos en el apartado 7.3, cuando sea posible.

Si los análisis se realizan de acuerdo con otras normas o por métodos indirectos, deben hacerse las calibraciones para dichos métodos.

NOTA 1 – En algunos tipos de agua, la cantidad de materia disuelta puede estimarse a partir de la conductividad. Para el agua totalmente desmineralizada, es posible obtener un valor del pH a partir de la correlación entre las conductividades directa y ácida.

NOTA 2 – Preferentemente, deberían instalarse monitores de funcionamiento continuo para los parámetros principales. Las comprobaciones periódicas de laboratorio son esenciales y, en ocasiones, constituyen el único ensayo posible.

7.2 Criterios visuales

Los cambios en la apariencia o aspecto del agua en relación con los sólidos en suspensión, color o espuma pueden indicar que se han producido cambios incontrolados o que están a punto de ocurrir en la instalación.

7.3 Métodos de análisis

La comprobación de los parámetros debe hacerse de acuerdo con las normas siguientes, cuando sea aplicable:

Capacidad ácida	EN ISO 9963-1
Conductividad	ISO 7888
Cobre	ISO 8288
Hierro	ISO 6332
Oxígeno	ISO 5814
pH	ISO 10523
Fosfato	ISO 6878
Potasio	ISO 9964-2
Sílice	¹⁾

1) Hasta ahora no se dispone de norma europea o internacional correspondiente; véase por ejemplo la Norma DIN 38405-21 Métodos normalizados alemanes para el examen del agua, agua residual y lodos: aniones (grupo D): determinación del silicato disuelto por espectrometría, (D 21).

Sodio ISO 9964-1

COT 2)

Dureza total como Ca + Mg ISO 6059

La conductividad ácida debe medirse en forma de concentración de iones hidrógeno de forma continua, de la misma manera que la conductividad después de que la muestra haya pasado a través de un intercambiador catiónico fuertemente ácido con un volumen de, al menos, 1,5 l. El intercambiador debe estar situado en un cilindro con una relación diámetro-altura de 1:3 o inferior y con el medio intercambiador ocupando, al menos, tres cuartos de cilindro. El intercambiador de iones debe regenerarse cuando se ha vaciado en sus dos terceras partes; esto puede verse utilizando un intercambiador con un indicador de color y un cilindro transparente.

2) Alternativamente, la determinación del índice de permanganato de acuerdo con la Norma ISO 8467 puede medirse si se han especificado los valores.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] EN 12952-7 – *Calderas acuotubulares e instalaciones auxiliares. Parte 7: Requisitos para los equipos de la caldera.*
- [2] ISO 8467 – *Calidad del agua. Determinación del índice de permanganato.*
- [3] DIN 38405-21 – *German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; anions (group D); determination of dissolved silicate by spectrometry (D 21).*
- [4] Directiva 97/23/CEE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de Mayo de 1997, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre equipos a presión.

ANEXO NACIONAL (Informativo)

Las normas europeas o internacionales que se relacionan a continuación, citadas en esta norma, han sido incorporadas al cuerpo normativo UNE con los códigos siguientes:

Norma Europea/Norma Internacional	Norma UNE
EN 12952-1:2002	UNE-EN 12952-1:2003
EN 12952-7	UNE-EN 12952-7
EN ISO 9963-1	UNE-EN ISO 9963-1
ISO 5667-1:1980	UNE-EN 25667-1:1995
ISO 5667-3:1994	UNE-EN ISO 5667-3:1996
ISO 5814:1990	UNE-EN 25814:1994
ISO 7888:1985	UNE-EN 27888:1994
ISO 8467:1993	UNE-EN ISO 8467:1995

ANEXO NACIONAL (Informativo)

Las normas europeas o internacionales que se relacionan a continuación, citadas en esta norma, han sido incorporadas al cuerpo normativo UNE con los códigos siguientes:

Norma Europea/Norma Internacional	Norma UNE
EN 12952-1:2002	UNE-EN 12952-1:2003
EN 12952-7	UNE-EN 12952-7
EN ISO 9963-1	UNE-EN ISO 9963-1
ISO 5667-1:1980	UNE-EN 25667-1:1995
ISO 5667-3:1994	UNE-EN ISO 5667-3:1996
ISO 5814:1990	UNE-EN 25814:1994
ISO 7888:1985	UNE-EN 27888:1994
ISO 8467:1993	UNE-EN ISO 8467:1995

Anexo III
Ficha Técnica PROAQUA 3100

APLICACIÓN:

PROAQUA 3100 es un secuestrante de oxígeno especialmente desarrollado para evitar la corrosión en todo tipo de calderas de vapor de vapor de baja y media presión (<60 bar) y circuitos cerrados de agua caliente.

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS:

Aspecto: Líquido transparente ligeramente amarillo.
Densidad a 20 °C: 1,31 ± 0,01 g/cm³
pH al 1%: 5,0 ± 0,5.

CARACTERÍSTICAS:

PROAQUA 3100 está formulado a base de sulfito sódico catalizado.
Especialmente indicado para aguas de alimentación de baja temperatura y descalcificadas.
Elevada reactividad con el oxígeno.
Protección contra la corrosión en el interior de la caldera y en alimentación.
Fácil aplicación y control.
Formulado líquido para evitar preparaciones.
Ingredientes aprobados por FDA y UDSA para plantas que tengan contacto directo del vapor con alimentos.

MODO DE EMPLEO:

Se debe aplicar el producto de forma continua y proporcional a la alimentación de agua utilizando una bomba dosificadora. Para instalaciones con frecuentes paradas y arranques, en situaciones de stand-by o paradas prolongadas se deberán realizar choques adicionales.

Se recomienda utilizar equipo de dosificación con cabezal en PVC o polipropileno y juntas de vitón así como línea de dosificación en PVC o teflón. Evitar contacto con aluminio y nylon. El producto se puede dosificar puro o diluido empleando condensado, agua pretratada o de alimentación de buena calidad. No mezclar con otros productos de tratamiento como dispersantes, alcalinizantes o acondicionadores de lodos.

La inyección de producto debe realizarse idealmente en el tanque de alimentación o la sección de entrada del desgasificador pudiéndose dosificar también en el tanque de almacenamiento del desgasificador o en la línea de alimentación de la caldera. La selección debe tener en cuenta los elementos a proteger y el tiempo de reacción necesario para conseguir eliminar el oxígeno del agua antes de entrar en caldera.

La dosificación del producto debe realizarse siempre por separado del resto de productos de tratamiento.



La información aquí contenida se ha preparado a nivel informativo. Se basa en nuestros actuales conocimientos y puede ser modificada sin aviso previo. PROQUIMIA, S.A. no se hace responsable de una incorrecta utilización del producto.





PROAQUA 3100

Boletín Técnico

05/07

El adecuado nivel de dosificación depende de varios factores del sistema incluyendo nivel de oxígeno en alimentación, condiciones de operación y la Normativa vigente aplicable. Como guía utilizar el siguiente cálculo aproximado:

$$\text{ppm PROAQUA 3.100 en alimentación} = 2,5 \left(10 \times \text{ppm O}_2 + \text{ppm SO}_3 \text{ caldera/ F.C.} \right)$$

donde F.C = Factor de Concentración del agua de caldera respecto Alimentación.

La dosis se deberá ajustar mediante el control del residual de sulfito en agua del interior de caldera. El residual a mantener depende de las condiciones de operación del sistema. Como primera aproximación se recomienda mantener entre 10-30 ppm SO₃ en funcionamiento y 100-300 en paradas prolongadas .

Se recomienda consultar el servicio técnico de PROQUIMIA,S.A. para determinar en cada instalación el programa de dosificación y control más adecuado.

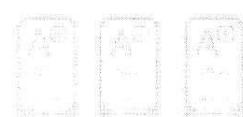
NORMAS DE MANIPULACIÓN:

Consultar ficha de seguridad.

No mezclar productos químicos puros.



La información aquí contenida se ha preparado a nivel informativo. Se basa en nuestros actuales conocimientos y puede ser modificada sin aviso previo. PROQUIMIA, S.A. no se hace responsable de una incorrecta utilización del producto.



Anexo IV
Ficha Técnica PROAQUA 3400



PROQUIMIA

PROAQUA 3400

Boletín Técnico

07/07

APLICACIÓN:

PROAQUA 3400 es un producto especial contra la formación de incrustaciones en todo tipo de calderas de vapor de baja y media presión (< 60 bar).

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS:

- Aspecto: Líquido transparente incoloro.
- Densidad a 20°C: $1,12 \pm 0,01 \text{ g/cm}^3$.
- pH a 1%: $7,7 \pm 0,5$.

CARACTERÍSTICAS:

- Tratamiento interno precipitante de ciclo fosfato convencional especialmente adecuado y coste efectivo para acondicionar fugas del tratamiento externo y contaminantes del condensado.
- Formulado a base de polifosfatos, acondicionadores de fangos, polímeros dispersantes y alcalinizante.
- Diseñado para trabajar especialmente con una calidad de agua de alimentación descalcificada o de baja dureza total (< 60ppm como CaCO_3)
- Los polifosfatos especiales utilizados actúan inhibiendo la formación de cristales en alimentación y reaccionando con la dureza y alcalinidad del agua formando precipitados insolubles acondicionables para evitar la formación de incrustaciones adherentes las calderas.
- Los acondicionadores de fangos mantienen los precipitados en suspensión evitando que se depositen y facilitando su eliminación a través de la purga.
- Excelentes propiedades dispersantes proporcionadas por polímeros sintéticos de última generación, que ayudan a un transporte y dispersión más efectiva del calcio, magnesio, hierro y sílice protegiendo del ensuciamiento e incrustación de las superficies de intercambio térmico y reduciendo el consumo energético.
- Ayuda a impedir la volatilización de la sílice en el vapor a turbina.
- Ingredientes aprobados por FDA y UDSA para plantas que tengan contacto directo del vapor con alimentos.

MODO DE EMPLEO:

Se debe aplicar el producto de forma continua y proporcional a la alimentación de agua utilizando una bomba dosificadora.

Se recomienda utilizar equipo de dosificación con cabezal en polipropileno y juntas en vitón así como línea de dosificación en inoxidable o polietileno semirígido. Evitar contacto con aluminio y nylon.

La inyección de producto debe realizarse idealmente en el tanque de alimentación o línea de alimentación. En caso de utilizar el agua para atemperación inyectar directamente en caldera. La dosificación de productos desoxigenantes complementarios debe realizarse siempre por separado. El producto se puede dosificar puro o diluido empleando condensado, agua pretratada o de alimentación de buena calidad.



La información aquí contenida se ha preparado a nivel informativo. Se basa en nuestros actuales conocimientos y puede ser modificada sin aviso previo. PROQUIMIA, S.A. no se hace responsable de una incorrecta utilización del producto.





PROAQUA 3400

Boletín Técnico

El adecuado nivel de dosificación depende de varios factores del sistema incluyendo características químicas del aporte, condiciones de operación, porcentaje de retorno de condensados, etc. Como guía utilizar el siguiente cálculo aproximado:

$$\text{ppm PROAQUA alimentación} = (\text{ppm Dureza Cálcica} + \text{ppm PO}_4 \text{ caldera/ F.C.}) \times 7$$

donde F.C = Factor de Concentración del agua de caldera respecto Alimentación.

La dosis se deberá ajustar mediante el control del residual de ortofosfato en agua de caldera. El intervalo de ortofosfato a mantener depende de las condiciones de operación del sistema y la Normativa vigente aplicable. Como primera aproximación se recomienda mantener entre 10-30 ppm PO₄.

La concentración en caldera debe estar entre 500 a 1000 ppm de PROAQUA 3400 para obtener una concentración óptima de polímero dispersante.

Se recomienda consultar el servicio técnico de PROQUIMIA, S.A. para determinar en cada instalación el programa de dosificación y control más adecuado.

NORMAS DE MANIPULACIÓN:

Consultar ficha de seguridad.

No mezclar productos químicos puros.



La información aquí contenida se ha preparado a nivel informativo. Se basa en nuestros actuales conocimientos y puede ser modificada sin aviso previo. PROQUIMIA, S.A. no se hace responsable de una incorrecta utilización del producto.



Anexo V
Ficha Técnica VAPEN 220



PROQUIMIA

VAPEN 220

Boletín Técnico

05/07

APLICACIÓN:

VAPEN 220 es un producto neutralizante que evita la corrosión causada por el ácido carbónico en líneas de conducción de vapor y retorno de condensados.

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS:

- Aspecto: Líquido transparente incoloro.
- Densidad a 20 °C: 1,00 ± 0,01 g/cm³.
- pH a 1%: 11,6 ± 0,5.

CARACTERÍSTICAS:

- VAPEN 220 está formulado a base de aminas volátiles.
- Las aminas evitan los problemas de acidez producidos cuando el dióxido de carbono se disuelve en los condensados formando ácido carbónico, que ataca las tuberías y las oxida. Dichas aminas se condensan junto al vapor y neutralizan el ácido carbónico protegiendo al metal.
- Registro Sanitario R.G.S 37.00068/B y RSIPAC 37.4023/CAT.

MODO DE EMPLEO:

Se debe aplicar el producto de forma continua utilizando una bomba dosificadora,

manteniendo el pH del condensado entre 7,5 y 8,5.

El servicio técnico de PROQUIMIA,S.A. determinará para cada instalación la dosis óptima de aplicación.

NORMAS DE MANIPULACIÓN:

Consultar ficha de seguridad.

No mezclar productos químicos puros.



La información aquí contenida se ha preparado a nivel informativo. Se basa en nuestros actuales conocimientos y puede ser modificada sin aviso previo. PROQUIMIA, S.A. no se hace responsable de una incorrecta utilización del producto.

