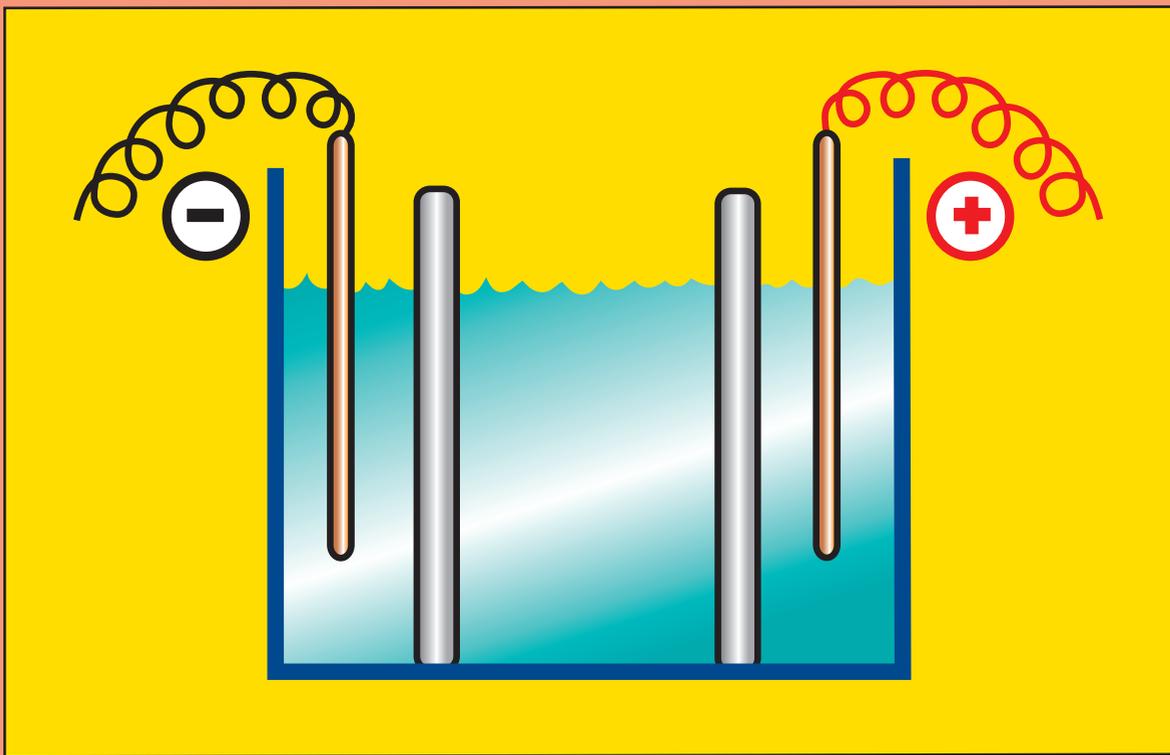


ACHS

Agua de Alimentación de Calderas



Por un trabajo sano y seguro

Aguas de Alimentación de Calderas

Preparado por:
Pedro Abarca Bahamondes

Revisado por:
Walter Dümmer Oswald

AGUAS DE ALIMENTACION DE CALDERAS

1.	DEFINICION	3
2.	PROCEDENCIA	3
3.	CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR	3
4.	IMPUREZAS DEL AGUA Y SUS EFECTOS	3
4.1.	CLASIFICACION DE LAS IMPUREZAS	3
4.2.	EFECTOS GENERALES DE LAS IMPUREZAS	4
5.	DUREZA DEL AGUA	5
6.	ALCALINIDAD-ACIDEZ DEL AGUA	6
7.	CONCENTRACION DE SOLIDOS TOTALES DISUELTOS Y EN SUSPENSION (TDS)	7
8.	PROBLEMAS CAUSADOS POR LAS IMPUREZAS DEL AGUA	8
9.	TRATAMIENTOS PARA PURIFICAR EL AGUA DE ALIMENTACION	9
10.	INFLUENCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA	14

1. DEFINICION

Son aquellas aguas de cualquier procedencia que pueden utilizarse con ventaja y seguridad para alimentar calderas.

2. PROCEDENCIA

El agua en general procede de los ríos, lagos, pozos y agua de lluvia. Para los efectos de alimentación de generadores de vapor y fines industriales en general tienen primordial importancia los ríos y pozos. Por la misma índole de su procedencia no se puede evitar que ella arrastre y disuelva impurezas que la hacen inapta para el consumo humano y también industrial.

3. CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR

- a) Debe ser clara, con la turbidez inferior a 10 ppm. Cuando esta turbidez es superior, debe ser sometida a filtración.
- b) Debe estar totalmente exenta de dureza no carbónica.
- c) La dureza total no debe exceder de 35 ppm.
- d) Debe estar prácticamente exenta de aceites.
- e) Debe estar prácticamente exenta de oxígeno.
- f) Debe tener un bajo contenido de sílice.

4. IMPUREZAS DEL AGUA Y SUS EFECTOS

4.1. CLASIFICACION DE LAS IMPUREZAS

Las impurezas que suele traer consigo el agua sin tratamiento proveniente de las fuentes descritas se pueden clasificar en la siguiente forma:

- a) **Sólidos en suspensión:**
 - Barro (arcilla).
 - Materias orgánicas (madera y bacterias).
 - Arena (sílice).

- b) **Sales disueltas:**
 - Sales de calcio y magnesio.
 - Cloruros de sulfatos alcalinos.

- c) **Gases disueltos:**
 - Aire (oxígeno-nitrógeno).
 - Anhídrido carbónico.

4.2.

EFFECTOS GENERALES DE LAS IMPUREZAS

- a) El barro y otros sólidos se depositan en el fondo de la caldera, formando un depósito fangoso que facilita el sobrecalentamiento de las planchas inferiores. Estos sobrecalentamientos provocan deformaciones que pueden ser altamente peligrosas. Se eliminan estos depósitos a través de las extracciones de fondo (purgas de fondo) que deben hacerse al final de cada turno, hasta eliminar toda el agua turbia. Lo ideal es eliminar estas impurezas antes que el agua ingrese a la caldera, ya sea a través de una filtración o decantación. Para el caso de las materias orgánicas se procede a agregar pequeñas cantidades de hipoclorito de sodio. En general, el agua potable que suministran las empresas de agua potable ya ha sido sometida a este tratamiento.

- b) Las sales de calcio y magnesio, disueltas en el agua con que se alimenta la caldera, se descomponen y se adhieren a las superficies más calientes de la caldera, especialmente en los tubos en forma de costras duras llamadas **incrustaciones**, lo que entorpece la transmisión del calor, permitiendo el sobrecalentamiento de estas superficies metálicas y posibles explosiones.

5.

DUREZA DEL AGUA

La dureza del agua está determinada por la cantidad de sales de calcio y magnesio que contenga. Mientras más sales de calcio y magnesio tenga, mayor será su dureza. La dureza es una característica perjudicial para las calderas.

Existen dos tipos de durezas, según sea la forma en que se comporte el agua al hervir.

- a) **DUREZA TEMPORAL:** Es la formada por sales de calcio y magnesio. Cuando el agua hierve se precipitan a fondo.

- b) **DUREZA PERMANENTE:** Es la formada por sales solubles en el agua. Durante la ebullición no sufren cambios, pero a medida que esta se evapora sufre el grado de concentración decantando y formando incrustaciones.

La suma de la dureza temporal y la permanente se llama **dureza total**.

Generalmente las industrias controlan la cantidad del agua de sus calderas por análisis de muestras que realizan en sus propios laboratorios y/o a través de la asesoría externa de alguna firma especializada.

Sin embargo, algunas empresas, además de estos métodos, poseen un equipo portátil que maneja el propio operador de la caldera para controlar diariamente tanto la dureza (salinidad) como el pH (alcalinidad y acidez) del agua.

Los envases en que se toman las muestras de agua deben estar totalmente limpios y enjuagarse con la misma agua que se analizará.

La muestra de agua debe tomarse del interior de la caldera (del tubo de nivel o del fondo), teniendo la precaución de purgar bien, hasta que salga el agua que represente realmente la que contiene la caldera.

6.

ALCALINIDAD-ACIDEZ DEL AGUA

Con el fin de evitar la corrosión de las partes metálicas de la caldera debido a la presencia de oxígeno y anhídrido carbónico en el agua, se recurre a la medición del grado de alcalinidad o acidez. Para esto, existen dos métodos distintos:

a) DETERMINACION DEL pH

Para ello se ha ideado una escala de valores pH (concentración de iones de hidrógeno) entre 0 y 14.

pH entre 0 y 6 indica agua ácida.

pH igual a 7 indica agua neutra.

pH igual 8 y 14 indica agua alcalina.

En la determinación práctica del pH se pueden emplear papeles impregnados (papeles ph) con colorantes especiales que indican su valor al adquirir determinados valores.

Se recomienda que el **pH del agua de caldera sea superior a 7** (agua neutra o alcalina) y, en lo posible, superior a 10,5 y menor a 12.

b) TITULACION DE LA ALCALINIDAD

Se utilizan dos indicadores: fenolftaleína (alcalinidad F) y anaranjado de metilo (alcalinidad M).

ALCALINIDAD F: Se agregan algunas gotas de fenolftaleína a una muestra de agua a analizar. Si no hay cambio de color, significa que la alcalinidad F es cero. Si la solución toma color rosado, debe agregarse una solución de ácido sulfúrico hasta que desaparezca el color rosado.

La cantidad de solución de ácido agregado indica, utilizando una tabla, el valor de la alcalinidad medida en ppm de carbono de calcio.

ALCALINIDAD M: Se utiliza la misma muestra tal como quedó al terminar la prueba anterior. Se le agrega algunas gotas de anaranjado de metilo que tornará amarillenta la solución. Se continúa agregando ácido sulfúrico y agitando hasta que el agua cambie de color. La cantidad total de ácido sulfúrico agregado (tanto en la alcalinidad F como en ésta) representa el valor de la alcalinidad M o total medida en ppm de carbonato de calcio.

Los valores de alcalinidad F deberían estar entre 300 a 600 ppm de carbonato de calcio y los de alcalinidad M o total no deben superar los 800 ppm de carbonato de calcio.

7.

CONCENTRACION DE SOLIDOS TOTALES DISUELTOS Y EN SUSPENSION (TDS)

Para su medición se puede emplear un densímetro o un medidor de conductancia eléctrica.

La concentración permisible de sólidos en suspensión no debe sobrepasar el 20% del total de sólidos (disueltos y en suspensión).

En general, la concentración máxima tolerable de TDS no debe ser superior a 3.500 ppm.

CLORUROS: Es una indicación muy aproximada de la concentración relativa de todos los minerales disueltos en el agua. Los valores permisibles dependen de la presión de trabajo, estimándose como adecuado para calderas de baja presión un máximo de 300 ppm de cloruros. Este control se utiliza para determinar los **ciclos de concentración** de la caldera que a su vez determina la cantidad de purgas o extracciones.

SULFITOS: Es una indicación de la protección contra las oxidaciones. Se recomienda 15 a 40 ppm de sulfitos.

FOSFATOS: Es necesario mantenerlos permanentemente entre 20 a 40 ppm para asegurar la eliminación de dureza.

8.

PROBLEMAS CAUSADOS POR LAS IMPUREZAS DEL AGUA

a) **EMBANCAMIENTO:** El barro y la sílice ayudados por algunas sales disueltas producen embancamientos sumamente rápidos, es decir, se depositan en el fondo de la caldera, dificultando o impidiendo la libre circulación y salida del agua.

Estas impurezas deben ser retiradas casi en su totalidad antes del ingreso a la caldera, sometiéndolas a un proceso de filtración.

b) **INCRUSTACIONES:** Son depósitos en forma de costra dura **producidos por las sales de calcio y magnesio** que se adhieren en las superficies metálicas de la caldera.

Por su carácter de aislante, afectan la transferencia de calor al agua reduciendo la capacidad de la caldera, provocan recalentamiento de los tubos con el consiguiente peligro de deformaciones o roturas y restringen el paso del agua (calderas acuotubulares).

Los depósitos también pueden originarse en la **precipitación de sólidos** en suspensión, recibiendo el nombre de lodos adheridos.

c) **CORROSIONES:** Es el deterioro progresivo de las superficies metálicas en contacto con el agua, debido a la acción del oxígeno, anhídrido carbónico y algunas sales como el cloruro de sodio.

También pueden ser causadas por compuestos químicos derivados de tratamientos de agua mal aplicados (desincrustantes).

- d) **ARRASTRE:** Ocurre cuando el vapor que sale de la caldera lleva partículas de agua en suspensión.

Los sólidos disueltos en esas partículas se depositan en los elementos y equipos donde circula y se utiliza el vapor, provocando problemas de funcionamiento de los sistemas de vapor. Este fenómeno está muy asociado a la formación de espuma en la superficie del agua. Entre sus causas se tiene **la presencia excesiva de sólidos totales disueltos**, alta alcalinidad, materiales oleosos, sustancias orgánicas y detergentes.

- e) **FRAGILIDAD CAUSTICA:** Es el agrietamiento (pequeñas fisuras) del metal de los tubos y elementos sometidos a esfuerzos mecánicos. Se produce cuando el agua contiene **hidróxido de sodio en exceso**.

9.

TRATAMIENTOS PARA PURIFICAR EL AGUA DE ALIMENTACION

El agua de alimentación de las calderas debe ser tratada, con el objeto de prevenir los problemas causados por las impurezas, utilizándose alguno de los siguientes procedimientos:

- Físicos
- Químicos
- Térmicos
- Mixtos
- Eléctricos

a) TRATAMIENTOS FISICOS:

FILTRACION: Su objeto es **extraer partículas grandes en suspensión**. Se realiza antes que el agua llegue a la caldera (externo).

Los filtros pueden ser de mallas (pequeñas instalaciones) o de grava y arena.

DESAIREACION: También llamada desgasificación. Consiste en **EXTRAER LOS GASES DISUELTOS** (oxígeno, anhídrido carbónico). Se consigue calentando el agua de alimentación, proporcionando una gran área de contacto agua-aire (ducha o agitación).

EXTRACCIONES O PURGAS: Consiste en evacuar cierta cantidad de agua desde el fondo de la caldera o del domo, con objeto de **disminuir o mantener la cantidad total de sólidos disueltos y extraer lodos** (en el caso de purga de fondo).

La extracción puede ser continua o intermitente.

La magnitud de la extracción depende de la concentración de sólidos disueltos a mantener en la caldera y la del agua de alimentación.

b) TRATAMIENTOS QUIMICOS:

Consiste en suministrar internamente sustancias químicas que reaccionan con las impurezas del agua, precipitando sólidos insolubles o en suspensión, eliminables mediante purgas. Según el objetivo que persiguen, las sustancias se clasifican en:

REDUCTORAS DE DUREZA O ABLANDADORAS:

- **Hidróxido de sodio o soda cáustica (NaOH):** Precipita las sales de magnesio: aumenta la alcalinidad.
- **Carbonato de sodio o soda comercial (Na₂CO₃):** Precipita las sales de calcio; bajo costo; produce acidez.
- **Hidróxido de calcio o cal (Ca(OH)₂):** Precipita las sales de calcio y magnesio.
- **Fosfatos de Sodio (Na₂ HPO₄):** Precipita sales de calcio. Debe mantenerse en exceso.
- **Intercambio de Iones:** Se utilizan ablandadores naturales o sintéticos (zeolitas o permutitas).

INHIBIDORES DE CORROSION:

- **Sulfito de Sodio (NaSO_3):** Reacciona con el oxígeno produciendo sulfatos de sodio. Se utiliza para calderas de presiones menores a 30 Kg/cm².
- **Hidracina (N_2H_4):** Reacciona con el oxígeno produciendo nitrógeno y agua sin producir sólidos disueltos. Apta para calderas de alta presión.
- **Aminas:** Utilizadas para el control de la corrosión en tuberías de retorno de condensado (corrosión por anhídrido carbónico).

INHIBIDORES DE FRAGILIDAD CAUSTICA:

- **Nitratos y nitritos de sodio (NaNO_3 - NaNO_2):** Debe usarse donde el agua tiene características de fragilidad.

INHIBIDORES DE ADHERENCIAS POR LODOS:

- **Agentes orgánicos:** Taninos, almidones, derivados de aguas marinas. Evita la formación de lodos adherentes y minimizan el arrastre.

ABLANDADOR

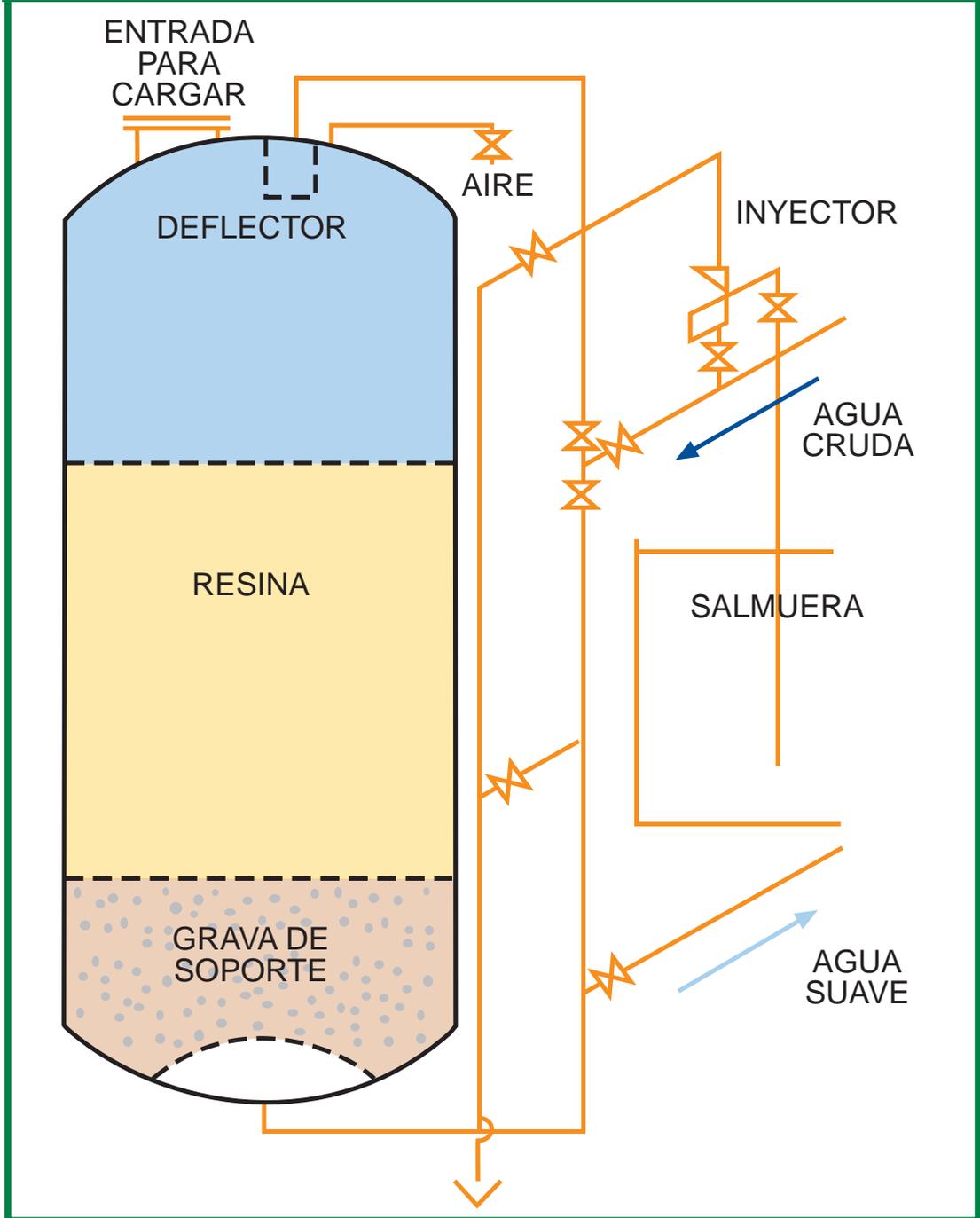


FIGURA 1

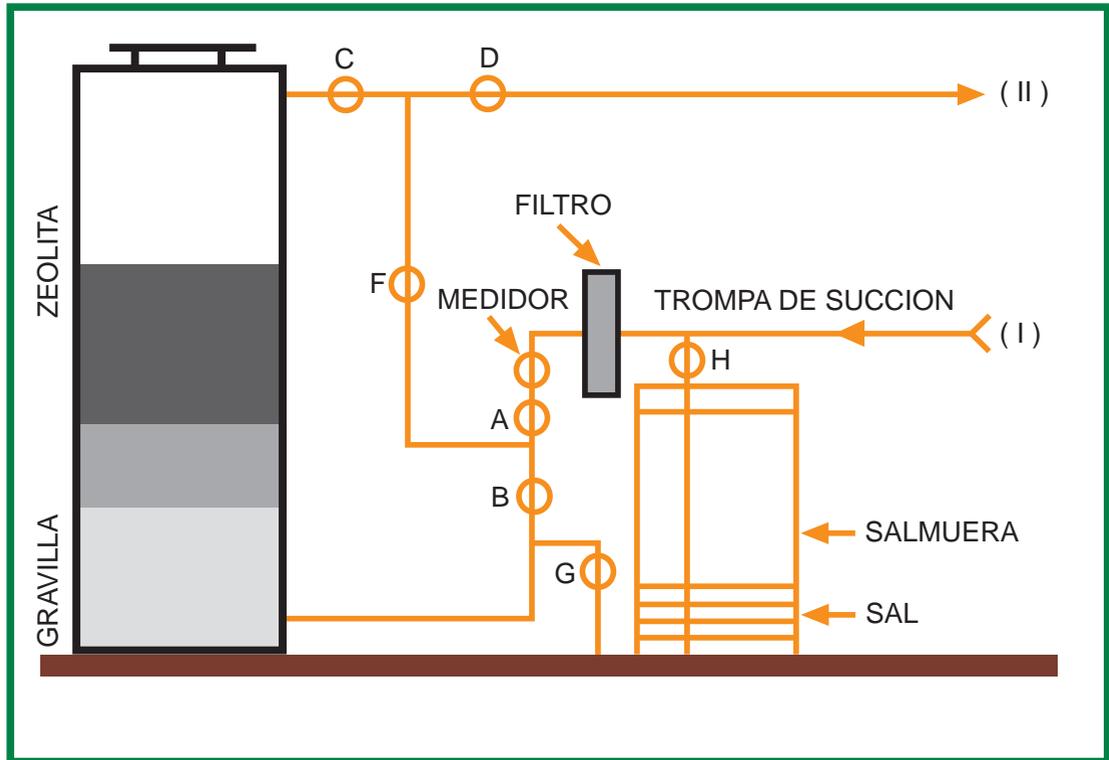


FIGURA 2

c) TRATAMIENTOS TERMICOS:

Mediante el calentamiento del agua hasta su temperatura de ebullición, se precipitan todos los bicarbonatos en forma de carbonatos insolubles que decantan y se extraen del fondo del economizador, eliminando de esta manera la dureza temporal y los gases disueltos. Este procedimiento no separa la dureza permanente.

d) TRATAMIENTOS MIXTOS:

Consiste en emplear algunos desincrustantes químicos y a su vez calentar el agua eliminando ambas durezas.

e) TRATAMIENTOS ELECTRICOS:

Por este sistema basado en la electrólisis del agua, el zinc en planchas que se apenan a tubos de chapas, defiende las planchas de hierro de la acción de las sales incrustantes.

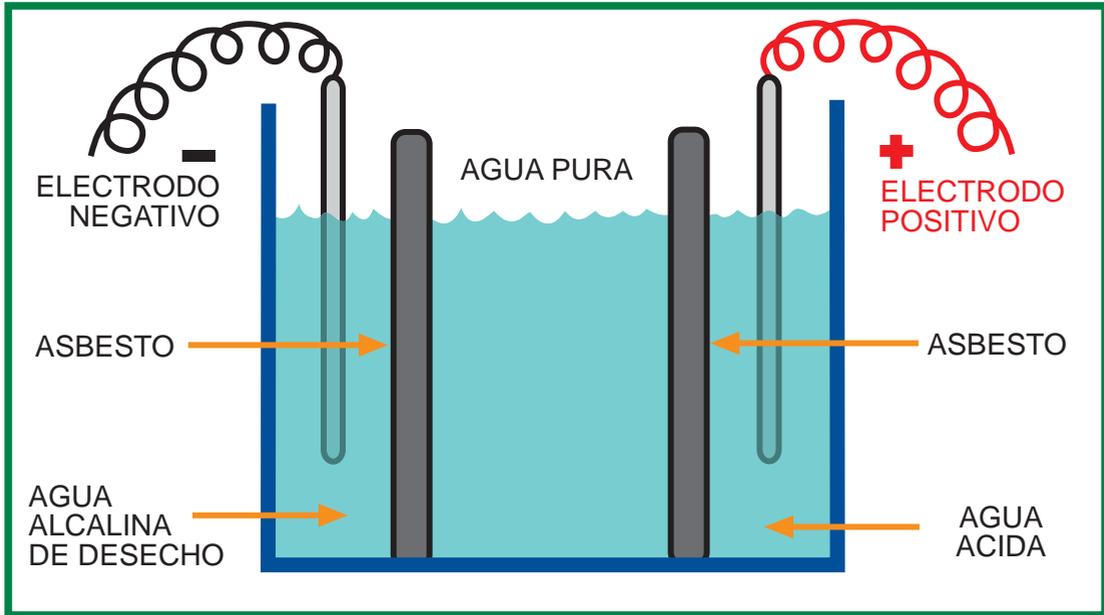


FIGURA 3

10. INFLUENCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA

a) EN EL RENDIMIENTO DE LA CALDERA:

El rendimiento de la caldera es la relación que existe entre el calor total entregado por el combustible al quemarse y el calor contenido en el vapor.

Las incrustaciones producen una capa aislante que se adhiere a las superficies de calefacción de la caldera y que dificultan la transmisión del calor entregado por el combustible. Por esta razón los gases no transmiten todo su calor al agua, perdiéndose combustible y disminuyendo el rendimiento.

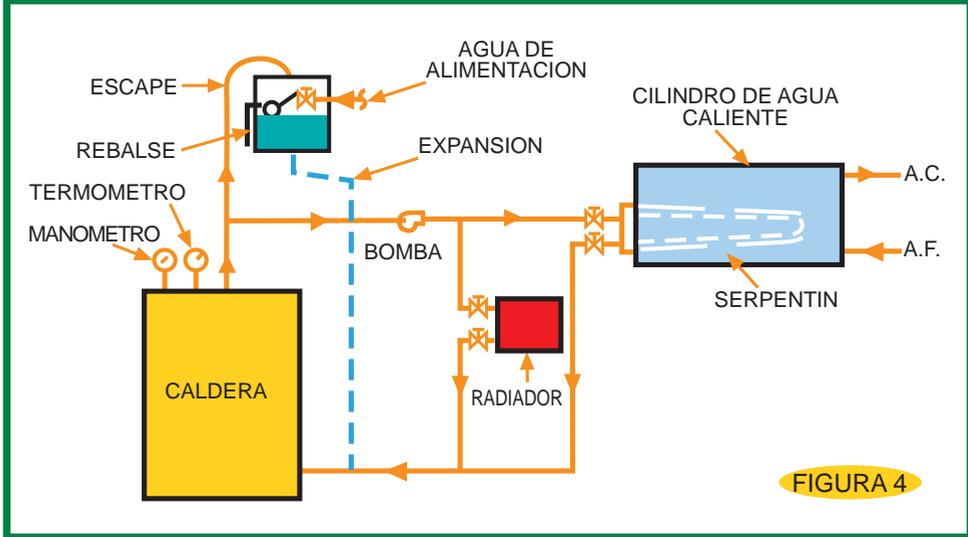
b) EN LA SEGURIDAD:

Las incrustaciones aíslan las superficies de calefacción del agua, provocando un calentamiento excesivo de éstas, las que pueden llegar a perder gran parte de su resistencia sufriendo deformaciones permanentes, roturas y explosiones.

Por otra parte, cuando a causa del trabajo propio de la caldera, la incrustación se rompe parcial o totalmente, pone en contacto repentino el agua a presión con la plancha recalentada y por lo tanto debilitada, produciendo un aumento de presión interna tal, que provoca la explosión.

SISTEMAS DE CALEFACCION POR AGUA CALIENTE

SISTEMA ABIERTO



SISTEMA CERRADO

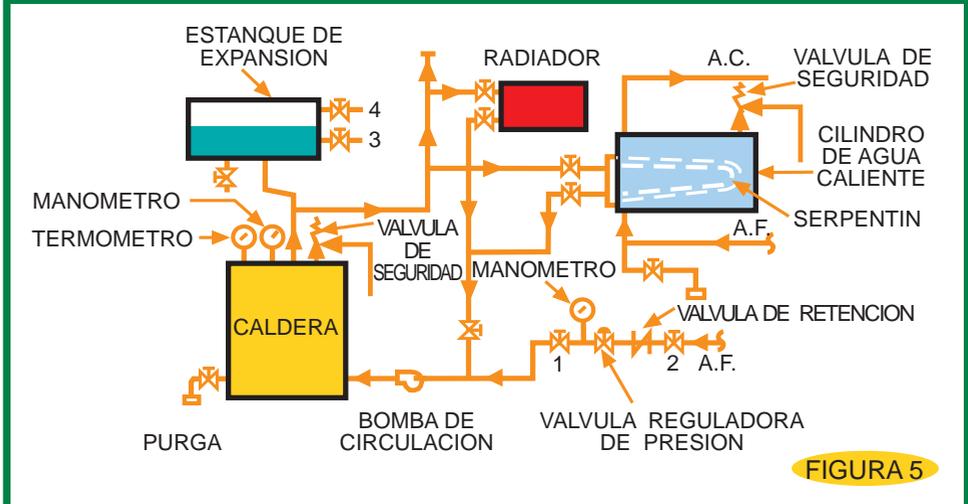


FIGURA 4 y 5

