
TRATAMIENTO DEL AGUA PARA CALDERAS

INTRODUCCION AGUA: Es el compuesto más abundante y más ampliamente extendido.

En estado sólido, en forma de hielo o nieve, cubre las regiones más frías de la tierra; en estado líquido, lagos, ríos, y océanos, cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre. Está presente en el aire en forma de vapor de agua. Hay agua en toda materia viva, constituyendo el 65% del cuerpo humano. Todos los alimentos contienen agua. Debido a su gran abundancia y a que su ebullición se efectúa a temperaturas convenientes, puede ser convertida en vapor, resulta un medio ideal para la generación de la fuerza.

CONSTITUYENTES DEL AGUA

El agua es el fluido de trabajo de los sistemas de vapor y una de las sustancias naturales más abundantes; sin embargo, nunca se encuentra en estado puro, adecuado para la alimentación directa de una caldera. Por lo común en estado natural, el agua se encuentra turbia, con materias sólidas en suspensión fina.

Incluso cuando está clara, el agua natural contiene soluciones de sales y ácidos que dañan con rapidez el acero y los metales a base de cobre de los sistemas de vapor.

Según los elementos que la acompañan, podríamos considerar las mismas en dos grandes grupos: "Elementos Disueltos" y "Elementos en Suspensión", esto lo constituyen los minerales finamente divididos, como las arcillas y los restos de organismos vegetales o animales; y la cantidad de sustancias suspendidas, que son mayor en aguas turbulentas que en aguas quietas y de poco movimiento.

Es importante destacar que es necesario añadir a las descritas, los residuos que las industrias lanzan a los recursos fluviales procedentes de distintos procesos de producción.

Constituyen los elementos disueltos en el agua, las sustancias orgánicas, los gases disueltos, las sales minerales y la sílice, aunque ésta también suele aparecer como elemento en suspensión en forma de finísimas partículas o coloides.

Las aguas pueden considerarse según la composición de sales minerales presentes, en:

Aguas duras: Importante presencia de compuestos de calcio y magnesio, poco solubles, principales responsables de la formación de depósitos e incrustaciones.

Aguas Blandas: Su composición principal está dada por sales minerales de gran solubilidad.

Aguas Neutras: Componen su formación una alta concentración de sulfatos y cloruros que no aportan al agua tendencias ácidas o alcalinas, o sea que no alteran sensiblemente el valor de pH.

Aguas Alcalinas: Las forman las que tienen importantes cantidades de carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio y sodio, las que proporcionan al agua reacción alcalina elevando en consecuencia el valor del pH presente.

Los gases disueltos en el agua, provienen de la atmósfera, de desprendimientos gaseosos de determinados subsuelos, y en algunas aguas superficiales de la respiración de organismos animales y vegetales. Los gases disueltos que suelen encontrarse son el oxígeno, nitrógeno, anhídrido carbónico presente procede de la atmósfera arrastrado y lavado por la lluvia, de la respiración de los organismos vivientes, de la descomposición anaeróbica de los hidratos de carbono y de la disolución de los carbonatos del suelo por acción de los ácidos, también puede aparecer como descomposición de los bicarbonatos cuando se modifica el equilibrio del agua que las contenga.

El gas carbónico se disuelve en el agua, en parte en forma de gas y en parte reaccionando con el agua para dar ácido carbónico de naturaleza débil que se disocia como ión bicarbonato y ión hidrógeno, el que confiere al agua carácter ácido.

Problemas derivados de la utilización del agua en calderas Los problemas mas frecuentes presentados en calderas pueden dividirse en dos grandes grupos:

Problemas de corrosión
Problemas de incrustación

Aunque menos frecuente, suelen presentarse ocasionalmente:
Problemas de ensuciamiento y/o contaminación.

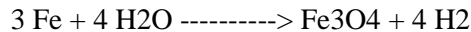
PROBLEMAS DE CORROSIÓN: Para que esta aparezca, es necesario que exista presencia de agua en forma líquida, el vapor seco con presencia de oxígeno, no es corrosivo, pero los condensados formados en un sistema de esta naturaleza son muy corrosivos.

En las líneas de vapor y condensado, se produce el ataque corrosivo más intenso en las zonas donde se acumula agua condensada. La corrosión que produce el oxígeno, suele ser severa, debido a la entrada de aire al sistema, a bajo valor de pH, el bióxido de carbono abarca por si mismo los metales del sistema y acelera la velocidad de la corrosión del oxígeno disuelto cuando se encuentra presente en el oxígeno.

El oxígeno disuelto ataca las tuberías de acero al carbono formando

montículos o tubérculos, bajo los cuales se encuentra una cavidad o celda de corrosión activa: esto suele tener una coloración negra, formada por un óxido ferrosférico hidratado.

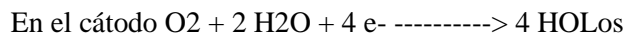
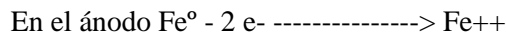
Una forma de corrosión que suele presentarse con cierta frecuencia en calderas, corresponde a una reacción de este tipo:



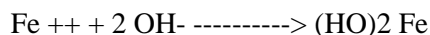
Esta reacción se debe a la acción del metal sobre calentado con el vapor.

Otra forma frecuente de corrosión, suele ser por una reacción electroquímica, en la que una corriente circula debido a una diferencia de potencial existente en la superficie metálica.

Los metales se disuelven en el área de más bajo potencial, para dar iones y liberar electrones de acuerdo a la siguiente ecuación:

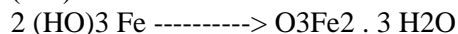
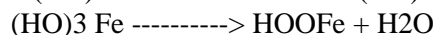
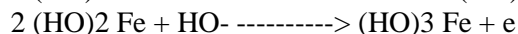
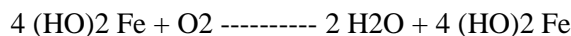


iones HO⁻ (oxidrilos) formados en el cátodo migran hacia el ánodo donde completan la reacción con la formación de hidróxido ferroso que precipita de la siguiente forma:



Si la concentración de hidróxido ferroso es elevada, precipitará como flóculos blancos.

El hidróxido ferroso reacciona con el oxígeno adicional contenido en el agua según las siguientes reacciones:



PROBLEMAS DE INCRUSTACIÓN

La formación de incrustaciones en el interior de las calderas suelen verse con mayor frecuencia que lo estimado conveniente.

El origen de las mismas está dado por las sales presentes en las aguas de aporte a los generadores de vapor, las incrustaciones formadas son inconvenientes debido a que poseen una conductividad térmica muy baja y se forman con mucha rapidez en los puntos de mayor transferencia de temperatura.

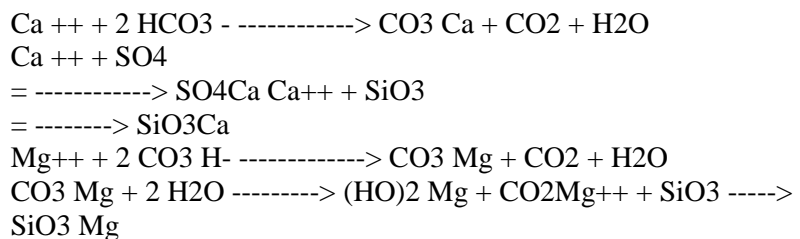
Por esto, las calderas incrustadas requieren un mayor gradiente térmico entre el agua y la pared metálica que las calderas con las paredes limpias.

Otro tema importante que debe ser considerado, es la falla de los tubos ocasionados por sobrecalentamientos debido a la presencia de depósitos, lo que dada su naturaleza, aíslan el metal del agua que los rodea pudiendo así sobrevenir desgarros o rupturas en los tubos de la unidad con los perjuicios que ello ocasiona.

Las sustancias formadoras de incrustaciones son principalmente el carbonato de calcio, hidróxido de magnesio, sulfato de calcio y sílice, esto se debe a la baja solubilidad que presentan estas sales y algunas de ellas como es el caso del sulfato de calcio, decrece con el aumento de la temperatura. Estas incrustaciones forman depósitos duros muy adherentes, difíciles de remover, algunas de las causas más frecuentes de este fenómeno son las siguientes:

- Excesiva concentración de sales en el interior de la unidad.
- El vapor o condensado tienen algún tipo de contaminación
- Transporte de productos de corrosión a zonas favorables para su precipitación.
- Aplicación inapropiada de productos químicos.

Las reacciones químicas principales que se producen en el agua de calderas con las sales presentes por el agua de aporte son las siguientes:



ENSUCIAMIENTO POR CONTAMINACIÓN

Se consideran en este rubro como contaminante, distintas grasas, aceites y algunos hidrocarburos, ya que este tipo de contaminación son las más frecuentes vistas en la industria.

Dependiendo de la cantidad y característica de los contaminantes existentes en el agua de aporte a caldera, la misma generará en su interior depósitos, formación de espuma con su consecuente arrastre de agua concentrada de caldera a la línea de vapor y condensado, siendo la misma causante de la formación de incrustaciones y depósitos en la sección post-caldera.

La formación de espuma, suele ocurrir por dos mecanismos, uno de ellos es el aumento del tenor de sólidos disueltos en el interior de la unidad, los que sobrepasan los límites aceptados de trabajo, la presencia de algunos tipos de grasas y/o aceites (como ácidos orgánicos) producen una saponificación de las mismas dada la alcalinidad, temperatura y presión existentes en el interior de la caldera. La contaminación por hidrocarburos agrega a lo visto la formación de

un film aislante dificultando la transferencia térmica entre los tubos y el agua del interior de la unidad, agravándose esto con las características adherentes de este film que facilita y promueve la formación de incrustaciones y la formación de corrosión bajo depósito, proceso que generalmente sigue al de formación de depósitos sobre las partes metálicas de una caldera.

Luego de un tiempo, las características físicas del film formado cambian debido a la acción de la temperatura que reciben a través de las paredes metálicas del sistema, lo que hace que el mismo sufra un endurecimiento y "coquificación", siendo este difícil de remover por procedimientos químicos simples.

Por todas estas consideraciones, se ve como método más económico y lógico de mantenimiento de calderas, efectuar sobre el agua de aporte a las mismas los procedimientos preventivos que la misma requiera, evitando así costos de mantenimiento innecesarios y paradas imprevistas en plena etapa de producción con los costos de lucro cesantes que agravan la misma, **LIMITES RECOMENDADOS PARA LOS CONSTITUYENTES DEL AGUA QUE SE USAN EN CALDERAS**

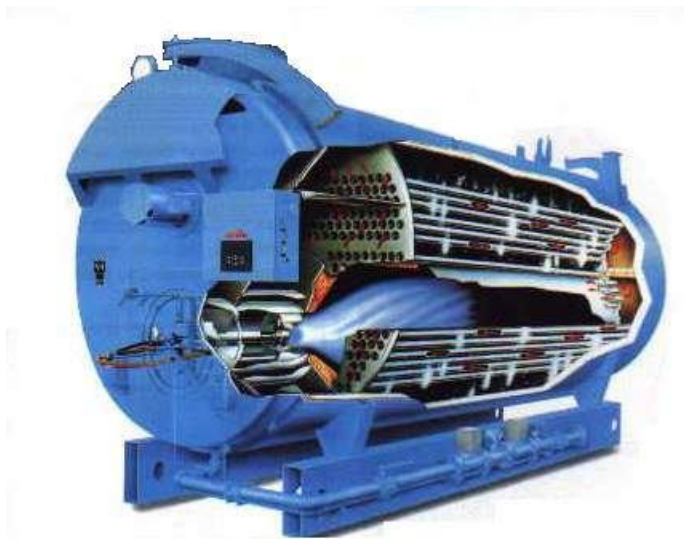
		PARTES POR MILLON (PPM)					
Presión lb/in ²	Total sólidos disueltos	Alcalinidad	Dureza	Silice	Turbidez	Acete	Fosfatos residuales
0-300	3500	700	0	100-60	175	7	140
301-450	3000	600	0	60-45	150	7	120
451-600	2500	500	0	45-35	125	7	100
601-750	2000	400	0	35-25	100	7	80
751-900	1500	300	0	25-15	75	7	

OBJETIVOS DEL ACONDICIONAMIENTO DEL AGUA

1. Evitar la acumulación de incrustación y depósitos en la caldera.
2. Eliminar los gases disueltos en el agua.
3. Proteger la caldera contra la corrosión.
4. Eliminar el acarreo y retardo (vapor).
5. Mantener la eficiencia más alta posible de la caldera.
6. Disminuir la cantidad de tiempo de paralización de la caldera para limpieza.

TRATAMIENTO PARA AGUA DE CALDERAS

Con relación al tratamiento de agua para calderas, se ha estudiado ampliamente en el desarrollo de compuestos inorgánicos tales como: fosfatos, sulfitos, aminos, etc., sin embargo todos estos compuestos se comportan exclusivamente como preventivos, esto significa que cuando una caldera ya se encuentra incrustada, estos productos evitarán que dicha incrustación continúe creciendo, pero la incrustación formada no sufrirá disminución alguna (al contrario, tiende a aumentar cuando existen errores en la dosificación) por tanto la desincrustación se deberá realizar manualmente o por medio de recirculación de ácidos teniendo este último los riesgos correspondientes y en ambas opciones se tendrá que parar el funcionamiento del equipo.



La forma más frecuente de expresar la concentración de impurezas es la que relaciona las partes en peso del elemento por millón de partes de agua (ppm) un grano por galón es igual a 17.1 ppm.

Los sólidos productores de espuma en grandes concentraciones dentro del agua de la caldera contribuyen a que esta sea portadora de partículas contaminantes y por ende contaminan el vapor.

Debido a que el agua de la naturaleza no es apropiada para las calderas, es necesario realizar los siguientes tratamientos:

1. Separación de los elementos nocivos del agua.
2. Conversión de las impurezas residuales en formas inocuas.
3. Remoción sistemática por medio de purgas de los concentrados del agua de la caldera.

La razón fundamental del tratamiento de las aguas de alimentación y de la caldera es evitar los depósitos de lodos e incrustaciones, que dan lugar a la corrosión de las superficies internas.

La presencia de condiciones ácidas o gases disueltos dan lugar a la corrosión.

La corrosión y los depósitos sólidos están estrechamente relacionados.

Esto es debido a que las grandes concentraciones de sólidos a altas temperaturas, crean depósitos y a su vez la corrosión.

Algunas reacciones químicas presentan un ataque ínter granular en el metal, que se vuelve quebradizo hasta que sobreviene la fractura.

El tratamiento más apropiado económicamente justificado, para una

planta determinada, depende de las características del agua disponible, en la cantidad de reposición y el diseño de su generador de vapor y sus accesorios.

AGUA CRUDA Los tratamientos que se le dan al agua cruda para convertirla en agua de alimentación comprenden uno o más de los siguientes procedimientos:

1. SEPARACIÓN DE SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN:

Consiste en separar partículas grandes (*tamices, telas o capas de material granular*) y pequeñas (*productos químicos*).

2. TRATAMIENTO QUÍMICO PARA ELIMINAR LA DUREZA:

Las principales impurezas que dan lugar a la formación de incrustaciones en la caldera son calcio, magnesio y sílice. La *cal-sosa* y la *soda ash* mediante una reacción química forman un precipitado que puede separarse junto con los lodos. En ambos procesos se obtiene sulfato de sodio.

3. ELIMINACIÓN DE LA DUREZA POR INTERCAMBIO DE CATIONES:

Ciertos minerales como el silicato de aluminio y sodio y algunas resinas sintéticas, como los poliestirenos o materiales de tipo fenólico, poseen la capacidad de intercambiar los iones de sodio por iones de calcio y magnesio, cuando éstos se encuentran en solución acuosa. Luego se hace pasar el agua cruda o filtrada a través de lechos de partículas granuladas de zeolita.

Para restaurar los iones de sodio de la zeolita, se hace pasar el agua por una salmuera con alta concentración de cloruro de sodio.

En la actualidad el sistema mas popular de ablandamiento de aguas combina los tratamientos químicos con los intercambios de cationes, utilizando cal caliente (*con magnesio o sin él, para separar los silicatos*), seguida del intercambio de cationes de sodio en caliente.

4. DESMINERALIZACIÓN POR MEDIO DE LA SEPARACIÓN TOTAL DE SÓLIDOS DISUELTOS:

Algunos tipos de resinas orgánicas sintéticas tienen la capacidad de seleccionar y separar los cationes o aniones indeseables en una solución acuosa, por intercambio de iones hidrógeno y oxidrilo. Los iones de hidrógeno y oxidrilo son liberados por la resina durante el proceso combinado, calentándose para formar agua pura

5. EVAPORACIÓN:

El agua pura puede obtenerse colectando el destilado de la evaporación, al hervir el agua cruda, esto debido a que los constituyentes solubles permanecen en el agua, entonces se separan por purgas sucesivas o medios mecánicos. La contaminación del destilado se da por el arrastre de partículas de agua en el vapor o reabsorción de gases no condensables.

El reciclaje del condensado de vapor procedente del calentamiento de procesos es conveniente para aprovechar el condensado relativamente puro. Debido a la disipación atmosférica y a la contaminación por los equipos de procesamiento, se requiere casi siempre una cantidad adicional de materia prima.

AGUA DE ALIMENTACION

El agua de alimentación se forma con el condensado o con agua después de un tratamiento y algunas veces con una mezcla de ambos. El factor primordial en la corrosión de superficies de acero en contacto con agua es el oxígeno disuelto.

Este gas puede eliminarse en forma parcial calentando el agua a temperatura de ebullición en calentadores de agua de tipo abierto.

Para complementar se agrega hidracina o sulfito de sodio para remover completamente el oxígeno. Otros gases que producen corrosión son el dióxido de carbono, dióxido de azufre y ácido sulfhídrico que se encuentran en el tubo de condensados y en el sistema de precalentador. Estos gases pueden haber tenido su origen en la atmósfera o se forman a partir de los constituyentes del agua dentro de la caldera.

La presencia de gases en el condensado, da una reacción ácida causando así la corrosión.

- Si se agrega amoníaco a algunas aminas volátiles como la morfolina o la ciclohexilamina se logra aumentar el pH del agua de alimentación.
- Cuando se agregan aminas formadoras de películas (que no elevan el pH), estas protegen las tuberías por medio de capas monomoleculares que se adhieren a la superficie metálica.
- El tratamiento interno del agua de la caldera tiene por objeto evitar la corrosión, las impurezas en las superficies conductoras de calor, contaminación del vapor y las condiciones ideales del agua.
- La prevención de la corrosión en las calderas se realiza manteniendo un estado alcalino o pH en el agua. La presencia de los iones hidrógeno (H^+) u oxidrilo (OH^-) en las soluciones acuosas dan una reacción ácida o alcalina.
- Cuando en una solución acuosa se encuentran presentes iones de muchos compuestos, como sucede en las aguas de la caldera, se tiene una elevada actividad de interacción entre ellos. Estos fenómenos se conocen como efecto amortiguador o "Buffer" y afecta la concentración de los iones específicos resultantes; entonces la solución tiende a acercarse al punto de equilibrio según los principios químicos de acción de masas.

- El pH de una muestra de agua puede determinarse por la medida de

su potencial eléctrico, o bien en forma aproximada por indicadores que cambian de color dentro de determinados valores de pH debido a su relación con la solución.

- El pH del agua de una caldera que trabaje con una presión aproximada de 1800 psi, mantiene un pH 10.2 a 11.5; si la presión es mayor a esta se emplean lechos desmineralizadores que disminuyen el pH entre 9 y 10.
- Es necesario eliminar la dureza del agua de la caldera para evitar las incrustaciones lo cual se consigue agregando fosfato de sodio o de potasio al agua de la caldera y mezclando perfectamente.
- El pH lo bajamos normalmente con oxido clorhídrico (H+).
- El pH lo subimos con sodas (OH-).
- Un pH alto (> 10) me da formaciones de lodos insolubles y no adherentes, mientras que un pH bajo forma lodos adherentes.
- La sílice como impureza puede entrar en el sistema en forma de compuestos solubles, como partículas finamente divididas que no son retenidas en el proceso de filtración, una vez dentro se disuelve en el agua alcalina de la caldera o se combina con ella y entra en solución y produce incrustaciones adherentes, y en otras ocasiones produce silicatos que forman incrustaciones con el oxido de hierro o alúmina.
- Los limites de las concentraciones varían en función de la presión de operación, en un intervalo que va de 10 ppm con 1000 psi a 0.3 ppm con 2500 psi.
- El método *Chelant* para tratamiento de agua es utilizado en la industria por muchos operadores de caldera. El *Chelant* reacciona con los residuos divalentes de los iones metálicos de calcio, hierro y magnesio .



DESAIREADORES:



- Se conocen como desaireadores (degasificadores) aquellos dispositivos mecánicos empleados para liberar los gases contenidos en el agua de alimentación (aire, oxígeno, anhídrido carbónico y otros gases).
- Su funcionamiento consiste en dividir el agua de alimentación en finas gotitas, calentándolas a continuación para transformarlas en vapor dentro del desaireador, y separar el aire, anhídrido carbónico y otros gases del vapor a medida que este se va condensando. En los desaireadores el fluido calorífico acostumbra a ser el vapor, a presiones comprendidas entre valores altos hasta otros inferiores a la presión atmosférica.
- Un calentador de agua de alimentación del tipo abierto o de contacto directo puede desempeñar la función de desaireador con tal que el agua se caliente a una temperatura suficientemente alta para que se desprendan los gases contenidos en ella, los cuales se hacen salir por el purgador del calentador.

CONCLUSIONES

- El agua a pesar de encontrarse en grandes cantidades, no siempre se encuentra en las mejores condiciones, por tal razón es necesario realizar un tratamiento previo antes de ser usada.
- Es de suma importancia conocer las sustancias que se pueden encontrar en el agua, ya que a partir de estas podremos determinar el tratamiento adecuado a realizarse.
- Realizando un correcto tratamiento de las aguas usadas en las calderas, podremos evitar gran cantidad de daños como corrosión,



Biblioteca Calderas del Norte SA Steam

Boiler

P.O. Box 66478

Mexico, Df

Tel: 01800-849-8459

Inspection and Insurance Co.

Nex: 0181-83218290

Internet: <http://www.calderasdelnorte.com>

incrustaciones o taponamientos. Elevaremos la eficacia de la máquina y ahorraremos tiempo y dinero en mantenimiento (algunas veces innecesario).

Se puede disponer de una gran cantidad de métodos y sustancias para el tratamiento del agua usada en las calderas, cada uno de estos se aplican dependiendo la necesidad.