

CALIDAD Y TRATAMIENTO DEL AGUA

Tratamiento del agua

En el presente documento veremos algunos de los problemas que puede presentar el agua, cara a su consumo y conducción, y las soluciones que se pueden adoptar para evitarlos.

Las distintas calidades del agua pueden clasificarse como sigue:

Agua dura (calcio y magnesio disueltos).

Agua ácida (anhídrico sulfuroso y anhídrido carbónico disueltos).

Agua con elementos de hierro

Agua con Manganeseo

Agua fertilizada (nitrato disuelto).

Agua con sulfuro de hidrógeno

Agua turbia (sedimentos y materias orgánicas disueltos, minerales en altas concentraciones).

Normalmente, el tratamiento del agua doméstica requiere sólo uno o dos procesos para solucionar el problema.

Agua dura

Síntomas:

- Lavadoras que necesitan mucho detergente para lavar adecuadamente.
- Se forma espuma viscosa al utilizar el jabón -la espuma no es clara.
- Después de lavar objetos de cristal y ventanas aparecen huellas.
- Capas duras por debajo del nivel del agua en los aparatos sanitarios.
- Instalaciones de agua caliente que producen sedimentos duros en las paredes de las tuberías.

Causas:

- Calcio y magnesio en el agua.
- Bicarbonatos, sulfatos o cloruros en el agua.
- Hierro disuelto en pequeñas cantidades.
- Aluminio disuelto.

La dureza del agua se debe principalmente a su contenido de calcio, pero muchos otros materiales son absorbidos cuando el agua penetra por el estrato subterráneo.

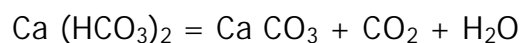
El agua es normalmente dura donde el estrato subterráneo consta de formaciones de arcilla, roca o caliza. Podemos dividir la dureza del agua en 5 niveles:

- agua blanda: 50 ppm
- moderadamente dura: 50-100 ppm
- dura: 100-200 ppm
- muy dura: 200-300 ppm
- extremadamente dura: más de 300 ppm

Normalmente son solamente los niveles "muy dura" y "extremadamente dura" los que causan problemas directos. En el nivel "dura" resulta económico ablandar el agua que se utiliza para lavadoras y lavavajillas. Para este fin hay gran cantidad de productos químicos y aparatos de dosificación.

el problema de incrustaciones por agua dura se agudiza en las instalaciones de A.C.S., ya que el proceso se ve favorecido por el incremento de la temperatura. Puede llegar a obstruir por completo la conducción e incluso a romper el material.

El proceso se explica mediante el equilibrio cal-ácido carbónico. Es decir, el agua contiene ácido carbónico, que es el responsable de que el bicarbonato cálcico permanezca solubilizado en el agua. Al calentarla, se elimina parte de este ácido carbónico, con lo que, según la ecuación siguiente, precipita una parte del bicarbonato en forma de carbonato cálcico:



Con ello se restablece el equilibrio cal-ácido carbónico, y el carbonato se deposita en las conducciones, calderas, acumuladores, etc.

El agua muy dura es ablandada mediante ósmosis inversa o intercambio de iones. La ósmosis inversa está detalladamente descrita en el apartado 2.5.5. "agua fertilizada", por ser un método universal de tratamiento de agua para eliminar del agua potable cualquier cosa no deseable.

Aquí se describe solamente el intercambio de iones. Hay que tener en cuenta que el intercambio de iones de agua potable no está permitido en todos los sitios. Por tanto hay que tomar contacto con las autoridades locales antes de instalar tal sistema.

El reblandecimiento del agua por intercambio de iones es un proceso en el cual algunas partículas cargadas eléctricamente (iones) que no contribuyen a la

dureza del agua, por ejemplo iones de sodio (Na^+), son añadidos a un material poroso (lo llamaremos resina para intercambio de iones).

Cuando el cloruro sódico (NaCl) se disuelve en el agua, los átomos de sodio (Na) se separan de la sal y se transforman en iones de (Na^+) y los átomos de cloruro (Cl) se transforman en iones de cloruro (Cl^-).

Los iones de sodio (Na^+) que se añaden a la resina e intercambio de iones tienen menor carga eléctrica que las moléculas causantes de la dureza, tales como iones de calcio (Ca^{++}) e iones de magnesio (Mg^{++}) en el agua suministrada.

Cuando el agua atraviesa el aparato de intercambio de iones, la mayoría de los iones de calcio y magnesio disueltos son cambiados por iones de sodio (Na^+). Esto significa que por cada ión calcio y magnesio intercambiados habrá dos (Na^+), que no influye en la dureza del agua, de modo que se obtendrá agua más blanda.

Cuando la mayoría de los iones (Na^+) son cambiados por iones (Ca^{++}) y (Mg^{++}) habrá que recargar el aparato para que el proceso de reblandecimiento pueda continuar.

Agua ácida

Síntomas:

- Corrosión en pilas de acero y soldaduras de cobre.
- Las juntas de mortero desaparecen.
- La corrosión de acero deja manchas rojas en los aparatos sanitarios.
- La corrosión de cobre y latón deja manchas verdes.
- El sistema de eliminación de hierro no funciona a plena satisfacción.
- Los dientes se vuelven ásperos.

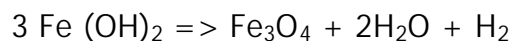
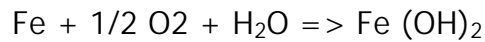
Causas:

- El agua contiene ácidos sulfúricos, carbónicos y nítricos que nunca han sido eliminados.
- El ácido puede también provenir de materias orgánicas en putrefacción, por ejemplo hongos.

La contaminación atmosférica es el primer causante del agua ácida. El agua de lluvia contaminada penetra por la tierra sin pasar por sustancias neutralizados. Esto significa que hay agua ligeramente ácida, $\text{pH} > 5.5$, en sitios con tierra arenosa que tengan poco limo, donde la capa superior de la tierra es fina y muchas veces en lugares donde el nivel del agua freática está cerca de la superficie de la tierra. El agua extremadamente ácida, $\text{pH} < 5.5$, se encuentra en lagos, prados y pantanos, donde el afluente es mucho mayor que la filtración.

En consecuencia, cuando se produce la evaporación, los ácidos añadidos y residuales son concentrados (lo que llamamos agua salobre).

El agua freática fría y ácida es relativamente inocua, sin embargo al calentarla, su agresividad aumenta. Se duplica cada vez que la temperatura del agua es aumentada 15 °C. La corrosión puede ser superficial, que disminuye poco a poco el espesor de las paredes de las conducciones de hierro, y profunda, que debilita las paredes de las superficies metálicas en contacto con el agua. Las reacciones que tienen lugar se indican a continuación:



Se provoca así la aparición del hidrógeno, que es un indicativo de que la corrosión está teniendo lugar.

Existen, al menos, tres maneras de tratar la acidez del agua:

- Depósito neutralizador (el agua pasa por caliza o mármol).
- Adición de carbonato sódico anhidro.
- Adición de sosa cáustica.

El depósito neutralizador tiene que ser elegido para agua con unos valores de pH por encima de 5.5 (agua ligeramente ácida).

El depósito neutralizador es llenado con trozos de caliza o mármol. El ácido del agua reacciona con la caliza, lo que significa que la caliza tiene que ser renovada frecuentemente.

La adición de carbonato sódico anhidro se hace mezclándolo con cloro, utilizando de esta forma el clorador.

El carbonato sódico anhidro añade bicarbonato al agua. Otra opción es utilizar sosa cáustica en su lugar, pero requiere un manejo más cuidadoso que el carbonato sódico anhidro.

Agua con elementos de hierro

Esto puede deberse a dos fenómenos: presencia de hierro disuelto en el agua o de bacterias de hierro.

a) Hierro disuelto:

Síntomas:

- Las ropas blancas se vuelven rojizas o amarillas al lavarlas.
- Aparecen manchas rojas en el sitio de los grifos de las bañeras y lavabos.

- La parte interior de las cacerolas se vuelve roja.
- Después de un largo período sin consumo de agua, el primer agua sale roja.
- En casos extremos, el agua sabe a metal.

Causas:

- Corrosión de las tuberías y depósitos de acero.
- Acción disolvente del agua al pasar por depósitos de hierro enterados.
- Iones ácidos en el agua, incluso a valores normales del pH.

El agua de lluvia utiliza normalmente su contenido de oxígeno para procesos biológicos y químicos al atravesar el estrato subterráneo. Por esta razón el agua freática tiene deficiencia de oxígeno, y los iones de hierro absorbidos no serán visibles hasta que se hayan oxidado en óxido férrico. Los iones de hierro tienen acceso al oxígeno en pozos donde el aire por encima de la superficie del agua libera oxígeno al agua en el mismo.

Los iones de hierro tienen también acceso al oxígeno en el depósito, donde hay una bolsa de aire en el extremo superior que hace presión sobre la superficie del agua.

Cuando el contenido de hierro en el agua freática es moderado, 0'3-1'5 ppm, la calidad del agua puede ser mejorada de las siguientes formas:

Sellando la tapa del pozo, de manera que el agua consumirá rápidamente el oxígeno por encima de su nivel, donde solamente quedan el nitrógeno y el vapor del agua, que no oxidan los iones de hierro.

Utilizando un depósito de membrana en lugar de un depósito. Cuando hay una membrana hermética entre el agua en el depósito de presión y el aire por encima de éste, se elimina la posibilidad de oxidación.

Al aplicar los métodos arriba mencionados, los iones de hierro no se oxidarán hasta que el oxígeno del aire se mezcle con los iones cuando el agua se consume. La oxidación de los iones de hierro lleva tiempo, por lo que la mayoría de los iones no se oxidarán hasta que hayan salido en el sistema de alcantarillado, donde el óxido no molesta.

Para completar los métodos mencionados arriba, se puede incorporar un dosificador de fosfato entre la bomba y el depósito de presión. El fosfato puede añadirse en forma de pastillas, o bien puede ser un dosificador líquido, tal como se menciona en el apartado de cloración. El fosfato vuelve los iones de hierro pasivos, de modo que no se oxidan.

En vez de un dosificador de fosfato, se puede elegir un aparato de intercambio de iones, que funciona tal como se menciona en el apartado de "agua dura".

Un aparato de intercambio de iones para eliminar el hierro del agua tiene otro tipo de resina que la mencionada en dicho punto.

Si el contenido de hierro de su agua es superior a 1'5 ppm, debe ser tratada mediante aireación y filtración como sigue:

- Oxidar los iones de hierro.
- Dejar que los iones oxidados floculen.
- Eliminar mediante filtración el material floculado del agua potable.

b) Bacterias de hierro:

Síntomas:

- Se desarrolla babaza roja en los sifones de saneamiento.
- Los tamices de los grifos se obstruyen a veces por óxido legamoso.
- Se desarrolla babaza roja en los depósitos de los inodoros.
- Manómetros y similares fuera de funcionamiento, debido a entradas obstruidas por óxido legamoso.

Causa:

- El agua está infectada por bacterias de hierro, y éstas están esparcidas en el sistema de agua.

La manera más sencilla de controlar la existencia de bacterias de hierro en el agua es retirar la tapa del depósito del inodoro. Si el fondo y los lados del depósito están cubiertos por una capa legamosa, es posible que existan bacterias de hierro en el agua.

Las bacterias de hierro permanecen en el hierro del agua, que probablemente será ácido. Si el agua es ácida, se producirá corrosión en las tuberías cuyo resultado serán manchas de óxido en el lavabo, bañera y otros sitios con goteo.

El agua no puede ser liberada de iones de hierro si contiene bacterias de hierro, sin antes matar a éstas mediante cloración. Hay que clorar directamente, porque de lo contrario seguirán produciéndose bacterias y corrosión en el entubado, filtros y tuberías verticales.

Si el agua es ácida, hay que añadir carbonato sódico anhidro o sosa cáustica junto con cloro para neutralizar el agua antes de filtrarla.

Al clorar el agua no es necesario oxidarla, ya que el cloro oxida los iones de hierro presente. La oxidación ayuda además a mejorar la floculación de los iones de hierro oxidados.

Agua con Manganeseo

Síntomas:

- Las ropas blancas cogen un color marrón claro.
- En las bañeras, pilas y lavabos aparecen manchas marrones donde el agua gotea.
- La parte interior de las cacerolas se tiñe de color negro/marrón.
- Después de un largo período sin consumo de agua, el primer agua que se saca es negra.
- El sabor del café y té es amargo.

Causas:

- Acción disolvente del agua al pasar por las capas subterráneas que contienen manganeso.
- Iones ácidos en el agua, incluso a valores pH normales.

El agua negruzca es bastante rara, pero existe. Se encuentra con más frecuencia el agua marrón que contiene manganeso y hierro. Incluso cuando el contenido de manganeso de su agua es sólo 0'1 ppm, habrá manchas negras en la pila, lavabo y bañera.

El manganeso se elimina del agua de la misma manera que el hierro. Las bacterias de manganeso aparecen como bacterias de hierro y permanecen en los iones de manganeso. Hay que eliminar estas bacterias mediante cloración.

Después de la cloración, el agua que contiene las bacterias muertas tiene que ser bombeada hacia fuera y dispersada del filtro e hidróforo hasta que el contenido de cloro haya bajado a aproximadamente 0'5 ppm. A continuación se puede ajustar la cloración continua.

Agua fertilizada

Síntomas:

- No se puede detectar inmediatamente el nitrato disuelto en el agua, hay que analizarla.

Causas:

- Contaminación de pozos negros y silaje.
- Contaminación procedente de la agricultura debido a una fertilización inadecuadamente adaptada a la lluvia, tipo de cosecha y método de cultivo.
- Tratamiento deficiente de aguas residuales.
- Nitrógeno de la combustión de máquinas y chimeneas.

La presencia de nitrato en el agua freática se debe por lo menos a cuatro factores:

- El agua de lluvia añade 12 kg. de nitrógeno por hectárea a la tierra cada año.
- Agua residual de casas e industrias.
- Estiércol y fertilizantes esparcidos en campos de donde proviene el agua freática.
- Conversión bacteriana del amoníaco pasando de nitrito a nitrato por oxidación.

El agua potable se considera peligrosa si contiene 25-50 ppm de nitrato.

Hay investigaciones que indican que un contenido de nitrato de más de 200 ppm aumenta el riesgo de cáncer de estómago, desarrollando la enfermedad a largo plazo. También disminuye la absorción de oxígeno por la sangre.

Sin embargo, el problema inmediato más grave debido a presencia de nitrato en el agua potable, es que es una sustancia fertilizante idónea para las bacterias peligrosas.

Si hay cantidades de nitrato considerables en el agua, hay que eliminarlas, lo cual se puede realizar mediante intercambio de iones, pero, ya que éste es un método que implica un riesgo bacteriano, la depuración se puede hacer de una forma más segura y muchas veces más barata, mediante el proceso llamado ósmosis inversa. Este proceso se viene utilizando desde hace muchos años para transformar el agua de mar en agua potable.

Para realizar la ósmosis se monta una membrana semipermeable (una membrana con poros tan pequeños que solamente las moléculas del agua pueden pasar) entre dos cámaras de un recipiente y se vierte agua potable en una de ellas y agua salada en la otra, hasta el mismo nivel. con esto se ha iniciado el siguiente proceso:

El nivel en la cámara con agua salada aumenta gradualmente mientras que el de la cámara con agua potable baja al atravesar ésta la membrana hasta el lado del agua salada. Este proceso, que iguala el número de moléculas potables en ambos contenedores se llama ósmosis. En la cámara de agua salada el número de moléculas de agua potable es el mismo que en la otra, pero el agua salada contiene también moléculas de sal. Esto produce una diferencia de nivel entre los dos lados de la membrana. Esto se llama presión osmótica.

En agua que contiene 20.000 ppm de cloruro, la presión osmótica es de aproximadamente 300 m.C.A., que equivale a 30 bares. Si el agua sólo contiene 200 ppm de cloruro, la presión osmótica es de unos 3 m.C.A., que equivale a 0'3 bares. Esto demuestra que la presión osmótica depende únicamente de la concentración de la sal. Si la cámara con agua salada es sometida a una presión mayor que la osmótica, tendrá lugar la acción inversa. El agua potable

pasa por la membrana en dirección opuesta, o sea del lado de agua salada al lado de agua fresca hasta que la concentración de sal es tan alta que la presión osmótica iguala la presión bombeada. Esto se llama ósmosis inversa.

Para seguir el proceso, se bombea agua salada nueva al recipiente mientras las impurezas concentradas en la cámara de presión son eliminadas con chorros de agua por una salida de desperdicios en el fondo.

Para seguir el proceso, se bombea agua salada nueva al recipiente mientras las impurezas concentradas en la cámara de presión son eliminadas con chorros de agua por una salida de desperdicios en el fondo.

Al tratar agua ligeramente salada, se obtendrán volúmenes del 25% de desperdicio, y del 75% de agua potable, por cada 100% de agua de alimentación bombeada a una presión de 15 bares, dependiendo de la concentración de sal. No toda la sal es retenida en la cámara de agua salada. Según la calidad de la membrana, pequeñas cantidades de sal pasan por la misma.

La ósmosis inversa es el método idóneo para eliminar una variedad de partículas no deseables del agua potable, como podemos observar en el siguiente cuadro:

Tipo de partícula	Eliminación
Bacterias y virus	100%
Sulfato	99%
Calcio	98%
Magnesio	98%
Cloruro	96%
Nitrato	90%

Los datos arriba mencionados son aplicables a un cierto tipo de membrana, pero hay otros tipos con calidades de depuración mejores o peores. La elección del tipo de membrana tiene que estar basada en los requerimientos de la calidad del agua y la posibilidad de depuración.

Agua con sulfuro de hidrógeno

Síntomas:

- Al cocinar la comida toma sabor a huevos podridos.
- La superficie de objetos de plata se pone negra.
- Corrosión en tuberías de acero y cobre.

Causas:

- Gas de sulfuro de hidrógeno en el agua.

En el agua hay bacterias reductoras del sulfato.

- Bacterias de azufre en el agua.

El agua que contiene sulfuro de hidrógeno probablemente ha pasado por materias orgánicas o algas en descomposición en su camino a la fuente de agua. Puede resultar difícil encontrar el origen, pero de todas formas el mejor método para mejorar la calidad del agua es:

1. Clorar el agua.
2. Airear el agua.
3. Flocular las impurezas.
4. Filtrar por un filtro de arena fina.

Agua turbia

Síntomas:

- El agua tiene aspecto opaco e incluso barroso.
- El agua tiene sabor a sal.
- El agua tiene sabor amargo.
- El agua sabe a aceite.

Causas:

- El tamiz de la tubería no tiene relleno de grava.
- La tubería o el tamiz está picado por la corrosión.
- Se bombea agua de mar.
- La fuente de agua ha pasado por zonas con desperdicios químicos o de aceite.

Cuando el agua es turbida o de sabor extraño, es bastante seguro que también hay bacterias en ella. Para eliminarlas, hay que clorar el agua. El siguiente paso es la aireación del agua para conseguir la óptima floculación y oxidación del agua. Es posible pasar el agua por un filtro de arena fina, pero si las partículas turbidas constan de sedimentos muy finos, e incluso partículas muy pequeñas, puede ser necesario utilizar un filtro de diatomita o de carbón activado.

Los filtros de diatomita, también llamados filtros de tierra diatomácea, constan de conchas de una alga marina denominada diatoma. Las conchas son trituradas a un tamaño microscópico con una superficie grande y ofrecen una excelente filtración. Hay filtros prefabricados, donde el mantenimiento consiste en reponer una bolsa cuando se haya gastado.

Los filtros con carbón activado por carbón están hechos de carbón bituminoso, lignita, coque de petróleo y turba. Estos materiales son calentados y puestos a reaccionar con vapor para desarrollar la amplia estructura de poros internos necesaria para la absorción. Esto se llama "activación".

Los filtros con carbón activado son utilizados para:

- Decolorar el agua.
- Eliminar compuestos orgánicos.
- Eliminar pesticidas.
- Micropartículas sólidas.

Los filtros prefabricados son de tipo bolsa sustituible (sustitución de elemento).

Los filtros combinados de carbón activado son una combinación de un filtro de arena de acción rápida con una capa de filtración final que consta de gránulos de carbón activado.