

# Calidades de agua que se requieren en un hospital y cómo obtenerlas





## Sumario

- 1.- Introducción.
- 2.- Circuitos de agua en un hospital.
- 3.- Agua de consumo humano. Calidad requerida y tratamientos aplicables.
  - 3.1.- Filtración de protección.
  - 3.2.- Regulación del nivel de cloro en los depósitos de acumulación.
  - 3.3.- Corrección del carácter incrustante del agua.
  - 3.4.- Prevención de procesos de corrosión.
- 4.- Agua para otras aplicaciones tecnológicas.
  - 4.1.- Descalcificación para lavandería (y otros servicios).
  - 4.2.- Tratamiento de circuitos de climatización.
  - 4.3.- Tratamiento en el circuito contra incendios.
  - 4.4.- Tratamiento de calderas de vapor.
  - 4.5.- Tratamiento de torres de refrigeración.
- 5.- Agua para servicios específicos de un hospital
  - 5.1.- Tratamiento de piscinas terapéuticas.
  - 5.2.- Tratamiento en humectadores.
  - 5.3.- Áreas especialmente sensibles: desinfección mediante radiación ultravioleta y ultrafiltración.
    - 5.3.1.- Radiación ultravioleta.
    - 5.3.2.- Ultrafiltración.
  - 5.4.- Aplicaciones especiales mediante ósmosis inversa.
  - 5.5.- Agua para hemodiálisis
  - 5.6.- Aplicaciones para laboratorios. Agua ultrapura.
- 6.- Mantenimiento de los circuitos.

## 1.- Introducción.

El agua es el compuesto químico más abundante en nuestro planeta. Forma parte de la composición de todos los seres vivos y la utilizamos constantemente tanto a nivel doméstico como en otras aplicaciones industriales y tecnológicas.

El agua que llega a un hospital es un agua totalmente apta para el consumo humano pero normalmente contiene determinadas sales disueltas (cloruros, sulfatos, calcio, etc.) en diversas concentraciones dependiendo de su origen.

El hospital es por una parte responsable de mantener esta calidad hasta su consumo y por otra parte, debe considerar que las sales disueltas pueden representar un inconveniente en determinados procesos e instalaciones (lavandería, laboratorios, hemodiálisis, etc.) que requieren un agua con unas características específicas.

Asimismo, en un hospital, todos los tratamientos deben respetar siempre la legislación vigente, y en particular deben tener en consideración:

- El Real Decreto 140/2003 sobre la calidad del agua de consumo humano.
- El Real Decreto 865/2003 sobre la prevención de la legionelosis.
- La Orden Ministerial SAS/1915/2009 sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano
- La Guía Técnica del Ministerio de Sanidad y Consumo para la prevención de la legionelosis en instalaciones.
- El Código Técnico de la Edificación (CTE).
- El RITE.
- La Norma UNE 112076 sobre la prevención de la corrosión en circuitos de agua (citada en el RITE).
- Otras Normativas exigibles (calderas de vapor, agua para laboratorios, agua para diálisis...).

Por todo ello, en cada hospital, siempre será necesario considerar las diversas calidades de agua requeridas y contemplar los tratamientos que el agua requiere en los circuitos de consumo humano así como en aplicaciones específicas.

## 2.- Circuitos de agua en un hospital.

Los principales circuitos de agua que se pueden encontrar en un hospital serían:

- Agua de consumo humano
- Agua fría de consumo
- Agua caliente sanitaria
- Calderas de vapor
- Torres de refrigeración

- Agua para servicios específicos de un hospital
- Piscinas terapéuticas
- Humectadores
- Áreas especialmente sensibles
- Servicios que requieran agua de baja mineralización
- Hemodiálisis
- Laboratorios

Veamos, a continuación, para cada uno de estos circuitos, la calidad de agua requerida y los tratamientos aplicables para su obtención y, lo que es también muy importante, para su mantenimiento.

### 3.- Agua de consumo humano. Calidad requerida y tratamientos aplicables.

En el agua de consumo humano se deberán considerar principalmente los circuitos de agua fría de consumo y los de agua caliente sanitaria.

La legislación aplicable y los conceptos básicos a considerar son prácticamente idénticos en ambos circuitos:

#### Agua de consumo humano:

##### RD 140/2003

Los propietarios del resto de los inmuebles que no estén recogidos en el apartado 3, son responsables de mantener la instalación interior a efectos de evitar modificaciones de la calidad del agua de consumo humano desde la acometida hasta el grifo.

#### Tratamiento:

Mantenimiento de la desinfección. Prevención de incrustaciones calcáreas y de procesos de corrosión.

#### Agua de consumo humano:

##### RD 865/2003

La instalación debe disponer en el agua de aporte de sistemas de filtración según la norma UNE-EN 13443-1 (Art. 7.1.b)

#### Tratamiento:

Filtración de protección

##### RD 865/2003

Las medidas preventivas se basarán en la aplicación de dos principios fundamentales: primero, la eliminación o reducción de zonas sucias mediante un buen diseño y el mantenimiento de las instalaciones y segundo evitando las condiciones que favorecen la supervivencia y multiplicación de Legionella, mediante el control de la temperatura del agua y la desinfección continua de la misma (Art. 6 - Medidas preventivas).

#### Tratamiento:

Regulación y control automático de cloro residual.

### **RD 865/2003**

Cuando el agua fría de consumo humano proceda de un depósito, se comprobarán los niveles de cloro residual libre o combinado en un número representativo de los puntos terminales, y si no alcanzan los niveles mínimos (0,2 mg/L) se instalará una estación de cloración automática, dosificando sobre una recirculación del mismo, con un caudal del 20 % del volumen del depósito (Anexo 3.A - Agua Fría de consumo humano y ACS).

#### **Tratamiento:**

Regulación y control automático de cloro residual.

### **RD 865/2003**

Es necesario renovar todos aquellos elementos de la red en los que se observe alguna anomalía, en especial aquellos que estén afectados por la corrosión o la incrustación (Anexo 3C - Limpieza y desinfección en caso de brote).

#### **Tratamiento:**

Prevención de incrustaciones calcáreas y de procesos de corrosión

#### Guía técnica

#### Capítulo 2 - Agua fría de consumo humano

### **SAS/1915/2009**

Queda prohibida la utilización, de cualquier sustancia activa que forme parte de un preparado, que no esté contemplada en el anexo I de esta orden y que no cumpla los requisitos establecidos en esta orden y en el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero – (Artículo 4. Prohibiciones de uso).

#### **Tratamiento:**

A considerar en cualquier dosificación de productos químicos.

### **RITE**

Al fin de prevenir los fenómenos de corrosión e incrustación calcárea en las instalaciones son válidos los criterios indicados en las normas prEN 12502, parte 3, y UNE 112076, así como los indicados por los fabricantes de los equipos (IT 1.3.4.2.11 – Tratamiento del agua).

#### **Tratamiento:**

Prevención de incrustaciones calcáreas y de procesos de corrosión según UNE 112076

### **UNE 112076**

La Norma especifica que la filtración del agua es un tratamiento imprescindible y que se debe instalar un filtro conforme con la Norma UNE-EN 13443-1, preferiblemente autolimpiante, ya que realiza el proceso de lavado a contracorriente y sin interrupción del paso de agua (Artículo 6.4.3.3.2 - Agua fría sanitaria)

#### **Tratamiento:**

Filtración de protección

## CTE

El filtro de la instalación general debe retener los residuos del agua que puedan dar lugar a corrosiones en las canalizaciones metálicas. Se instalará a continuación de la llave de corte general. Si se dispone armario o arqueta del contador general, debe alojarse en su interior. El filtro debe ser de tipo Y con un umbral de filtrado comprendido entre 25 y 50  $\mu\text{m}$ , con malla de acero inoxidable y baño de plata, para evitar la formación de bacterias y autolimpiable. La situación del filtro debe ser tal que permita realizar adecuadamente las operaciones de limpieza y mantenimiento sin necesidad de corte de suministro (Art. 3.2.1.2.2 Filtro de la instalación general).

### Tratamiento:

Filtración de protección

### NOTA:

La redacción de este artículo entra en oposición a lo dispuesto por el RD 140/2003 (que exige en su Art. 10 – Ap. 4 que la comercialización de los aparatos de tratamiento en edificios estará sujeta a su homologación previa) y el RD 865/2003 (que exige un filtro de 80 a 150 micras conforme a UNE-EN 13443-1).

El CTE no exige ningún filtro homologado según Norma UNE-EN y por otra parte el grado de filtración no corresponde con el requerido por el RD 865/2003.

En resumen, la legislación actualmente vigente, especifica que en la calidad del agua suministrada para consumo humano debe considerarse:

- Instalar una filtración de protección.
- Mantener su desinfección hasta su consumo regulando el nivel de cloro en los depósitos de acumulación
- Evitar procesos de incrustaciones calcáreas y de corrosión

A continuación se describirán los tratamientos requeridos y los equipos aplicables.

### 3.1.- Filtración de protección.

A pesar de que las compañías suministradoras tratan correctamente el agua filtrándola, el camino recorrido desde la planta potabilizadora hasta el grifo de las habitaciones de un hospital suele ser bastante largo e incluir kilómetros de tuberías en las cuales pueden existir materiales depositados en su superficie interna. Asimismo en reparaciones para sustituir tramos de tuberías viejas o perforadas, realizar conexiones de nuevos usuarios, o ampliar la red de distribución se excava y remueve la tierra que rodea la tubería, pudiéndose producir la entrada accidental en ella de partículas minerales u orgánicas de todo tipo que luego llegan hasta el usuario.

Prácticamente en cualquier grifo es habitual encontrar el atomizador siempre lleno de pequeñas partículas. Estas partículas son causa de numerosas averías mecánicas, facilitan la formación de biocapas y además pueden producir importante procesos de corrosión.



Fig. 1 – Ejemplo de partículas en suspensión

Las partículas en suspensión provocan a menudo importantes averías mecánicas en las instalaciones de un hospital, por ejemplo, goteo de grifos, electroválvulas de distribución de agua a servicios que se obturan o no cierran, maquinaria que no funciona, etc.

Además de los problemas mecánicos indicados y de su influencia en la formación de biocapas, la presencia de partículas en suspensión también favorece, en forma muy importante, los procesos de corrosión por aireación diferencial.

Este tipo de corrosión se produce cuando una partícula se deposita sobre la superficie interna de las tuberías metálicas ya que se origina una aireación diferencial entre la superficie metálica de la tubería (a la cual le llega el oxígeno disuelto en el agua) y la superficie cubierta por la partícula (a la cual no le puede llegar el oxígeno disuelto); este proceso conduce a la formación de una micropila (ver Fig. 2).

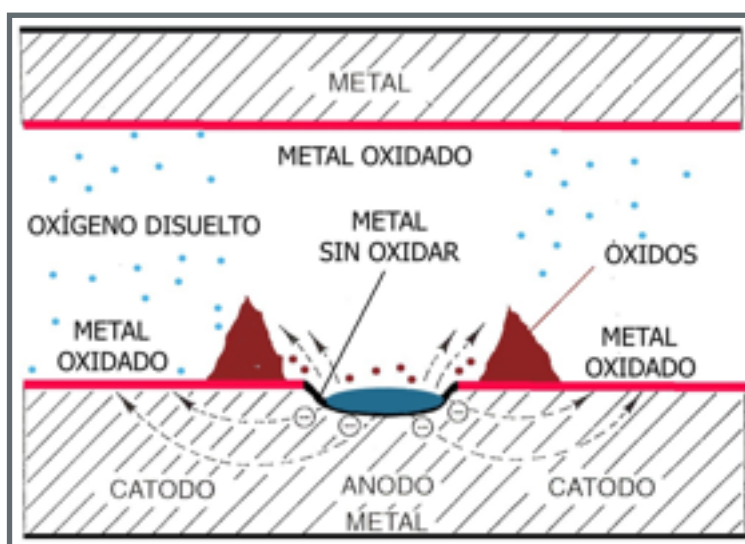


Fig.2 - Corrosión por aireación diferencial



La diferencia de potencial eléctrico generado por la pila así constituida, da lugar a la corrosión y disolución del material metálico en la zona situada bajo la partícula. Los productos generados en la corrosión van rodeando a la partícula, dando lugar a la formación de óxidos que se acumulan en forma de pequeños montículos, que irán creciendo en volumen a medida que la partícula avanza a través de la pared metálica del tubo.

Mientras se mantengan los componentes que constituyen la pila, el proceso de corrosión sigue avanzando hasta dar lugar a la perforación de la tubería.

La corrosión de punto es muy peligrosa ya que:

-Generalmente es asintomática ya que debido a su reducida superficie, los óxidos formados no aportan suficiente coloración al agua para que ésta sea visible en el punto de consumo, por lo cual cuando la descubrimos, es precisamente por la aparición del poro.

-Toda la corrosión se concentra en un área muy reducida; la densidad de flujo de electrones es muy alta y la velocidad de corrosión es muy elevada.

-Al ser debida a las partículas en suspensión, este tipo de corrosión generalmente nunca aparece aislada.



Fig. 3 – Corrosión por aireación diferencial en tubería de cobre

Así pues, considerando todos los problemas que puede ocasionar la presencia de partículas en suspensión en los diversos circuitos de agua de un hospital, se hace imprescindible evitar su entrada en la instalación mediante una filtración de protección.

La filtración del agua es pues un tratamiento necesario para garantizar una correcta higiene de las instalaciones, por ello el filtro normalmente se instala en el aporte de agua (generalmente en la entrada general del agua). El tamaño de poro del elemento filtrante debe ser lo suficientemente pequeño para retener las partículas finas, pero por otra parte no debe ser excesivamente pequeño ya que ello podría ocasionar una retención y acumulación de lodos y fangos dando lugar a un importante riesgo de proliferación bacteriana. El valor óptimo se sitúa alrededor de las 80 - 150 micras (valor establecido en la Norma UNE 13443-1 y reflejado en el RD 865/2003 y la Norma UNE 112076).

Existen diversos tipos de filtros, si bien básicamente se dividen en dos clases principales:

- Filtros de malla sustituible.
- Filtros autolimpiantes

Los filtros de malla sustituible disponen normalmente de un soporte que sostiene la funda o elemento filtrante generalmente tejido con hilo de material sintético.

El elemento filtrante debe ser lavado (o sustituido) periódicamente, en forma manual, y durante el proceso de lavado el filtro no suministra agua.



Fig. 4 – Filtros de malla sustituible  
Filtros CILLIT K, CILLIT 77N y CILLIT EUROFILTRO WF

Los filtros autolimpiantes disponen de un mecanismo mediante el cual realizan el lavado del elemento filtrante simplemente apretando o girando un mando o sin necesidad de manipulación alguna en los modelos totalmente automáticos.

Los filtros autolimpiantes se hallan definidos en la Norma UNE-EN 13443-1 y en concreto deben cumplir (entre otros) con los siguientes requisitos:

- El lavado del elemento filtrante se debe realizar a contracorriente (por lo cual es mucho más efectivo).
- Durante el proceso de lavado no se debe interrumpir el funcionamiento del filtro ni el paso de agua a consumo.

Los modelos totalmente automáticos son los más utilizados en hospitales ya realizan el lavado en forma automática por tiempo o bien por presión diferencial (pérdida de carga) una vez que el elemento filtrante se haya colmatado.



Fig. 5 - Filtros autolimpiantes de accionamiento manual o totalmente automáticos

CILIT MULTIPUR A/AP, MULTIPUR M, MULTIPUR A, RFM y RFA

### 3.2- Regulación del nivel de cloro en los depósito de acumulación

Las aguas de red llegan correctamente desinfectadas y normalmente con un determinado contenido de desinfectante residual; no obstante, en un hospital generalmente siempre existe un depósito de acumulación.

Cuando existe una acumulación de agua, hemos de tener presente que si el desinfectante residual es cloro, al ser un gas, se irá evaporando progresivamente hasta que desaparezca por completo. Este efecto se acentuará en épocas de altas temperaturas.

Además, siempre que se utilice cloro se debe tener presente que la eficacia de la desinfección mediante cloro depende siempre del valor del pH del agua. El cloro disuelto en el agua se encuentra principalmente en forma de ácido hipocloroso e ión hipoclorito según el equilibrio:



(ácido hipocloroso  $\rightleftharpoons$  ión hipoclorito + hidrogenión)

Ambas formas están en equilibrio, pero la capacidad desinfectante del ácido hipocloroso (cloro activo) es muy superior a la del ión hipoclorito (aprox. unas 3000 - 5000 veces). En función del valor del pH del agua este equilibrio se desplaza según puede verse en la siguiente gráfica:

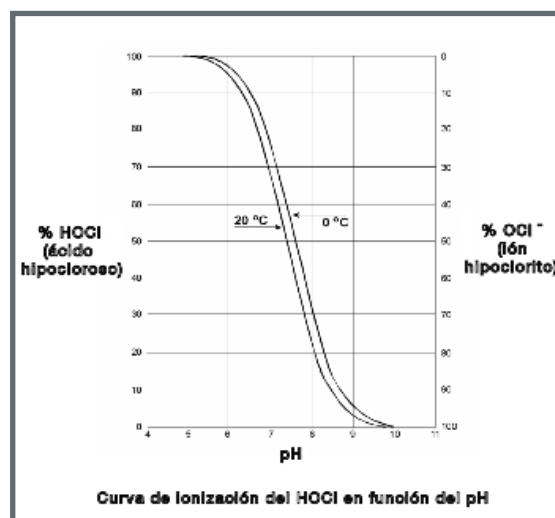


Fig. 6 - Curva de equilibrio del ácido hipocloroso

Teniendo en cuenta que la forma desinfectante es el ácido hipocloroso, podemos ver que a pH = 7,0 aproximadamente el 75 % del cloro libre está en forma de ácido hipocloroso, con un buen efecto de desinfección, mientras que a pH = 8,0 solamente el 20 % del cloro libre está en forma de ácido hipocloroso, con una desinfección muy reducida.

En las aguas de red el valor del pH generalmente depende del contenido en ácido carbónico (CO<sub>2</sub> disuelto en el agua). Cuando el agua se acumula en un depósito el gas carbónico se va perdiendo por evaporación y con ello, el valor del pH tiende a elevarse. Como acabamos de ver, cuando el pH del agua es elevado (por ejemplo, 8,0) la eficacia del cloro es muy reducida y se deben usar mayores dosis de cloro para poder garantizar la desinfección con un importante riesgo de que se produzcan derivados clorados (subproductos restringidos en el agua de consumo humano) y que se favorezcan además los procesos de corrosión.

Así pues siempre que el agua se acumula en un depósito y la desinfección se realiza con cloro, debemos considerar que:

-Se debe disponer de un sistema de control y regulación de la concentración de cloro residual, ya que en caso contrario, ésta se irá reduciendo progresivamente hasta desaparecer por completo.

-Es preferible disponer también de un control y regulación del valor del pH de agua para poder garantizar la eficacia de la desinfección sin necesidad de utilizar elevadas concentraciones de cloro.

La regulación y control del valor de cloro y del pH del agua puede realizarse de varias formas, no obstante, lo más frecuente es utilizar un equipo electrónico que controle dichos valores en el depósito de acumulación y en caso necesario ponga en marcha unas bombas dosificadoras que inyecten hipoclorito sódico y un ácido hasta conseguir los valores deseados. Para una correcta y homogénea distribución de los reactivos en el depósito se acostumbra a utilizar un circuito de recirculación con bomba (con un caudal de recirculación aproximado entre 1/4 y 1/10 del volumen del depósito en una hora), que mantiene periódicamente el agua en movimiento y en donde se instalan las sondas de control (ver Fig. 7).

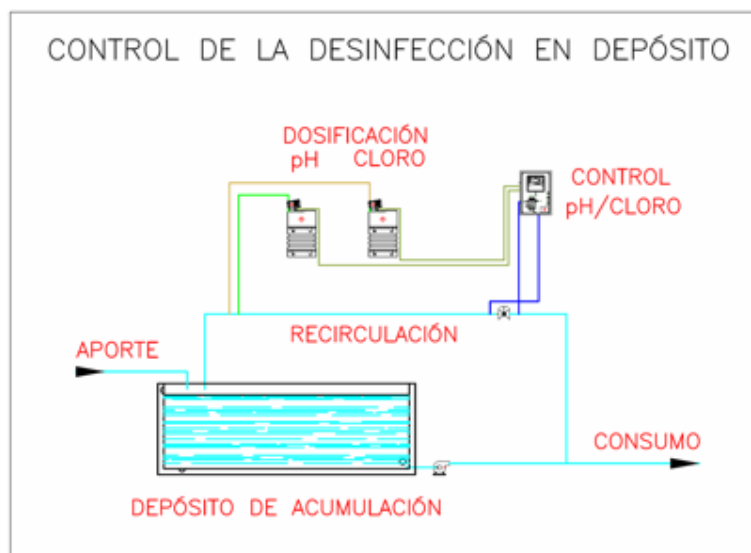


Fig. 7 - Sistema de control de cloro y pH mediante circuito de recirculación

### 3.3- Corrección del carácter incrustante del agua

Los grandes volúmenes de agua necesarios para el suministro general a todas las habitaciones de un hospital, hacen que generalmente no sea económicamente rentable utilizar tratamientos como la descalcificación, ósmosis inversa...etc para todo el agua del hospital.

Por otra parte la descalcificación de un agua dura aumenta la concentración de sodio (Na+) en el agua en razón de 4,6 mg/L por cada 1 °f eliminado. El valor máximo establecido por el Real Decreto 140/2003 para aguas de consumo humano es de 200 mg/L. Un contenido importante en sodio en el agua, se considera asimismo que puede favorecer la hipertensión, por lo cual especialmente en hospitales, debe ser seriamente considerado.

La tecnología actual nos permite disponer de una amplia gama de productos de calidad alimentaria así como de equipos adecuados para dar una total solución a la inmensa mayoría de los problemas que pueda ocasionar el agua en una instalación, evitando en muchos casos la necesidad de aplicar en el agua de aporte técnicas como la descalcificación, la cual queda normalmente destinada al agua de servicios (lavandería, autoclaves, calderas de vapor, torres de refrigeración, etc.).

Para evitar los procesos de incrustaciones se utiliza generalmente la dosificación de productos inhibidores y más recientemente se están utilizando con éxito nuevas tecnologías basadas en procesos físicos, homologados según la norma DVGW W-512 alemana, que consiguen evitar las incrustaciones calcáreas sin utilizar ningún tipo de producto químico.

Veamos a continuación los diversos tratamientos aplicables:

**Dosificación de inhibidores de incrustaciones.**

Una técnica muy utilizada en hospitales y, en general, en grandes instalaciones para la prevención de incrustaciones calcáreas es la dosificación de inhibidores de incrustaciones, generalmente basados en polifosfatos.

Los polifosfatos actúan distorsionando la estructura cristalina de las sales cálcicas y magnésicas e inhibiendo su crecimiento regular. De esta forma la cal se mantiene en suspensión y no incrusta.

La eficacia de la dosificación de polifosfatos depende de la dureza del agua a tratar, así como de su alcalinidad, pH y temperatura. En general en la inmensa mayoría de aguas se puede evitar prácticamente en su totalidad las incrustaciones de calcio/magnesio e incluso eliminar progresivamente las ya existentes.

Normalmente, en un hospital, la dosificación de polifosfatos se realiza directamente en el aporte general de agua en forma proporcional al caudal mediante un contador emisor de impulsos que actúa sobre una bomba dosificadora (Fig. 8).

Algunas unidades incorporan asimismo contenedores para la prevención de posibles fugas o roturas de los depósitos de reactivos y dispositivos de control de la inyección del producto para verificar que la dosificación se haya realmente realizado.

Las aguas, tanto de red municipal, como de captación propia, contienen normalmente iones calcio y magnesio que constituyen su “dureza”; cuando estos iones se hallan presente en concentraciones elevadas, si además existen iones bicarbonato, el agua adquiere un carácter incrustante o muy incrustante que favorece la formación de depósitos calcáreos en las tuberías e instalaciones.



Fig. 8 - Estaciones dosificadoras con contenedor para prevención de fugas y roturas  
Estaciones dosificadoras CILIT KWZ INEX y CILIT DOSAMAT

La dosificación de polifosfatos no elimina la dureza del agua, solamente evita que ésta incruste. En aplicaciones específicas que requieran la reducción total o parcial de la dureza del agua como, por ejemplo, para la alimentación de una caldera de vapor o en una lavandería, esta técnica no es adecuada.

Las dosis que se utilizan son generalmente de 2 - 4 mg/L, suficientes para inhibir los procesos de cristalización en aguas incrustantes. Los polifosfatos son compuestos alimentarios que no presentan toxicidad, no obstante en anteriores legislaciones su dosis de aplicación y uso ha presentado restricciones por ser un excelente nutriente, lo cual podía provocar problemas de desarrollo bacteriano en las depuradoras de aguas residuales así como también el fenómeno de “eutrofización” en los ríos. Este fenómeno consiste en que los fosfatos son utilizados como alimento que favorece el desarrollo de algas y microorganismos que perjudican al resto de la vida acuática.

Por otra parte la dosificación de polifosfatos no modifica en absoluto las características organolépticas de olor, sabor y color, manteniendo la misma calidad sanitaria inicial.

#### Aplicación de equipos físicos.

Hace bastantes años surgieron en el mercado toda una serie de equipos que se podían englobar bajo el nombre de “equipos físicos”, los cuales a través de diversos procedimientos como campos magnéticos o electromagnéticos, ánodos de magnesio, rozamiento de partículas...etc., intentaban conseguir que en lugar de formarse un cristal de carbonato cálcico, se crearan multitud de pequeños microcristales, que se repelieran entre sí y se arrastraran con la corriente de agua.

Los resultados de estos equipos fueron en general muy contradictorios ya que en algunos casos funcionaban en forma correcta, pero en otros no lo hacían. En general tanto la composición química del agua como las características de la instalación influían en forma muy importante en su comportamiento y resultaba prácticamente imposible conocer sus condiciones de funcionamiento así como la estabilidad de los cristales formados.

Por otra parte, bajo el concepto de equipos físicos se englobaban diversas técnicas y procedimientos algunos de los cuales solamente funcionaban en unas determinadas condiciones. Si bien la inmensa mayoría de los equipos físicos presentaban certificados de pruebas que avalaban su correcto funcionamiento, dichos certificados no se basaban en ningún método de ensayo normalizado y en muchos casos no se correspondían con las condiciones normales de funcionamiento de un circuito de agua.

Para normalizar este tipo de pruebas surgió el método de test alemán DVGW W-512 que definía unas condiciones de prueba de estos equipos y los resultados mínimos que debían obtenerse. Posteriormente han salido otros métodos similares de otros organismos europeos de reconocido prestigio que permiten verificar la eficacia de los equipos físicos y obtener cuanto menos resultados comparativos.

El método utilizado en DVGW W-512 se basa en una prueba realizada en paralelo en 2 recipientes idénticos de 10 litros de capacidad calentados por medio de una resistencia eléctrica por espacio de 21 días. El agua de aporte debe ser agua con carácter incrustante. La temperatura del test es de 80 °C.

El flujo de agua a través de los recipientes se gradúa por medio de un programa que simula el funcionamiento normal de un grifo.

La prueba obtiene un factor de eficacia que se define como la diferencia entre los precipitados de los recipientes sin tratar y los tratados dividido por los precipitados de los recipientes sin tratar. Este factor debe indicar una eficacia superior al 80 % para considerar que el equipo sobre el que se realiza el test lo ha superado.



Fig. 9 – Test DVGW W-512

Una de las más modernas tecnologías que ha demostrado ampliamente su eficacia en el tratamiento de incrustaciones calcáreas superando el test DVGW W-512 con una eficacia superior al 99 %, se basa en la aplicación de impulsos eléctricos de baja tensión controlados por microprocesador (ver Fig. 10).



Fig. 10 - Equipos físicos para el tratamiento de incrustaciones calcáreas  
**CILLIT AQA TOTAL**

En este equipo el agua pasa a través de una cámara de reacción en la cual se hallan unos electrodos de gran superficie que cambian secuencialmente de polaridad; estos impulsos eléctricos actúan sobre el proceso de precipitación de la cal creando una gran cantidad de núcleos de cristalización o nanocristales de cal que permanecen en suspensión en el agua, por acción de un potencial zeta creado en este proceso.

Cuando el agua así tratada llega, por ejemplo, a un intercambiador de calor, la cal no incrusta sobre las paredes sino que lo hace sobre estos nanocristales que son arrastrados por la corriente.

Al igual que ocurre con la dosificación de inhibidores, este sistema no elimina la dureza del agua, solamente evita que ésta incruste.

Estos equipos representan una nueva tecnología en el tratamiento de las incrustaciones ya que no sólo las evita sino que es también una solución natural ya que el agua mantiene inalterado el contenido de sales minerales presentes en el agua.

(Nota: Las características aquí descritas han sido tomada del equipo AQA TOTAL que ha superado la norma W-512 con un factor de eficacia del 99 %)

Estos equipos se describen en la Guía Técnica para la prevención de la legionelosis, en donde se indica específicamente la conveniencia de utilizar exclusivamente equipos de eficacia contrastada con algún método de ensayo europeo reconocido, por ejemplo, el test DVGW W-512 (Alemania), ÖVGW W-35 (Austria) u otro test europeo equivalente.



**Agua de consumo humano:**

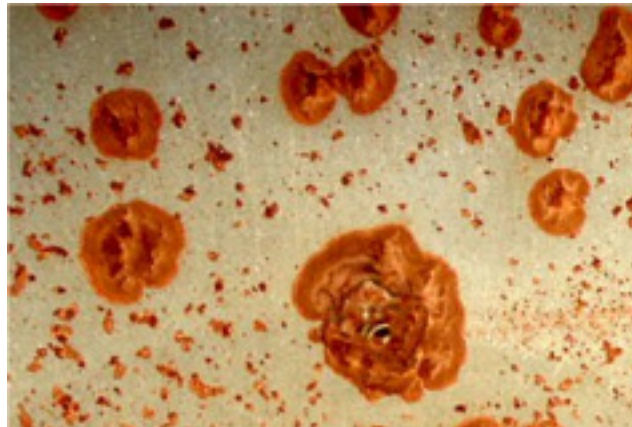
## **GUÍA TÉCNICA**

Los equipos físicos representan una técnica de tratamiento del agua para evitar incrustaciones calcáreas sin adición de productos químicos y sin modificar su composición.

Bajo el concepto de equipos físicos pueden englobarse diversas técnicas y procedimientos algunos de los cuales solamente funcionan en unas determinadas condiciones. Es aconsejable que la eficacia de este tipo de equipos, esté contrastada con algún método de ensayo europeo reconocido, por ejemplo, el test DVGW W-512 (Alemania), ÖVGW W-35 (Austria) u otro test europeo equivalente (Cap. 2, Ap. 4.1.3,c Aplicación de equipos físicos).

### **3.4-Prevención de procesos de corrosión**

La formación de procesos de corrosión es un factor muy importante en un hospital ya que además de los inconveniente que origina en las instalaciones, favorece la formación de biocapas y el desarrollo de Legionella.



**Corrosión en un acumulador de ACS**

Los procesos de corrosión en los diversos circuitos de agua de un edificio están muy ampliamente descritos en la Norma UNE 112076 que, por otra parte, está recogida en el RITE.

Tal y como se describe en la mencionada UNE 112076, existen diversos factores en una instalación que favorecen los procesos de corrosión y que deben siempre considerarse.

Entre ellos los principales son:

**-Composición química del agua.**

Es uno de los principales factores que afectan a los procesos de corrosión. Cualquier estudio para la prevención de la corrosión en un circuito de agua debe partir del análisis de su composición química; en particular debe considerarse principalmente el pH, la salinidad, la concentración de cloruros, sulfatos y nitratos para poder determinar su corrosividad con respecto a los diversos metales de la instalación.

En función de su composición química un agua puede ser corrosiva para determinados metales y no corrosiva para otros.

### -Temperatura.

La temperatura es un factor muy significativo en los procesos de corrosión. Al elevar la temperatura generalmente aumenta la velocidad de los procesos de corrosión aunque en tuberías de cobre también es frecuente que la corrosión se produzca únicamente en las tuberías de agua fría.

Si la instalación de agua caliente sanitaria dispone de tuberías o depósitos de acero galvanizado debe prestarse atención a la temperatura de servicio. Por encima de 60 °C, en función de la composición química del agua, pueden producirse procesos de corrosión por un fenómeno de inversión de polaridad del zinc con respecto al hierro. Si se utiliza este material en las conducciones de agua caliente sanitaria, es importante mantener la temperatura en el depósito de acumulación lo más cercana posible a 60 °C y no superar en ningún caso los 70 °C como temperatura normal de trabajo. Si es necesario es preferible aislar las tuberías para mantener la temperatura lo más cercana posible a 60 °C.

Los procesos de corrosión por elevación de temperatura son de cinética lenta; elevaciones puntuales de temperatura, por ejemplo a 70 °C para desinfección de choque (conforme al RD 865/2003), no afectan en forma significativa.

### -Mezclas de metales.

En un hospital es bastante frecuente encontrar mezclas de metales en las instalaciones de agua y más concretamente mezclas de circuitos en cobre con circuitos en acero galvanizado. Cuando dos metales diversos entran en contacto físico directo, y existe un medio conductor entre ambos tal como el agua, el metal menos noble (en este caso el acero galvanizado) se corroe de forma muy rápida.

Corrosiones de este tipo se producen con facilidad cuando se realizan reparaciones y son sustituidos, por ejemplo, tramos de acero galvanizado por cobre. De los dos metales descritos, el más noble es el cobre, por lo cual en un caso de contacto entre acero galvanizado y cobre se corroerá siempre la parte de acero galvanizado. Para evitar el contacto directo la conexión se realiza normalmente utilizando un manguito electrolítico (generalmente de plástico).

Si bien la utilización de manguitos electrolíticos permite la unión de los dos metales, debe además considerarse que la conexión solamente puede realizarse colocando primero la tubería de acero galvanizado y a continuación la tubería de cobre (en el sentido del flujo del agua). En ningún caso el cobre puede instalarse antes que el acero galvanizado, ya que entonces las partículas de cobre que se puedan desprenderse irían a parar a la superficie del acero galvanizado iniciando un fenómeno de corrosión galvánica.

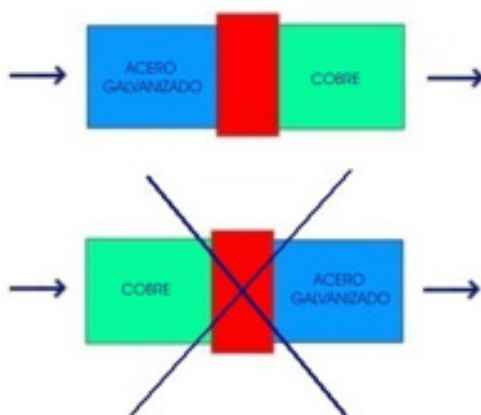


Fig. 11 – Corrosión por mezclas de metales

Utilizando primero acero galvanizado y después cobre, si una partícula de hierro se desprende y va a parar a la tubería de cobre, simplemente se corroería esta partícula dejando el tubo de cobre en buenas condiciones.

En circuitos de agua caliente sanitaria con recirculación y retorno, evidentemente, en ningún caso debe permitirse la mezcla de cobre y acero galvanizado.

### Tratamientos contra la corrosión

El tratamiento contra la corrosión deberá realizarse siempre sobre la base de los conceptos anteriormente indicados considerando además la experiencia en instalaciones similares. Los sistemas que normalmente se utilizan se basan en:

#### a) Selección de materiales.

Se realiza en base a la composición química del agua y a la experiencia en instalaciones con el mismo tipo de agua.

#### b) Modificación de la composición química del agua.

Según su composición química, un agua puede tener un carácter corrosivo con respecto a algunos componentes metálicos de la instalación; por ejemplo, un elevado contenido en cloruros favorece la corrosión en el acero galvanizado y en el acero inoxidable, los iones nitrato y sulfato favorecen la corrosión en el cobre, la acidez carbónica favorece la corrosión en acero galvanizado y en cobre, etc.

Para evitar los procesos de corrosión, en aguas corrosivas se puede realizar un tratamiento para modificar su composición química, por ejemplo, mediante neutralización de la acidez carbónica, desnitratación, desalinización, etc.

La modificación de la composición química del agua debe ser realizada exclusivamente por personal cualificado en el tratamiento del agua de consumo humano.

#### c) Adición de inhibidores de corrosión.

La utilización de inhibidores de corrosión no modifica sensiblemente las características físico-químicas del agua. Actúan a dosis muy débiles formando una capa protectora entre el metal de las instalaciones y el agua, con lo cual éste queda protegido.

Los inhibidores generalmente más empleados son los monofosfatos. Su actuación se basa en su tendencia a formar compuestos insolubles con calcio y zinc / hierro, por lo cual precisan de la existencia de una cierta dureza en el agua para su correcto funcionamiento. Su utilización se halla muy extendida y en muchos casos se asocia con la aplicación de silicatos.

Se pueden adicionar mediante dosificadores hidrodinámicos que funcionan mediante el propio flujo de agua circulante, sin necesidad de alimentación eléctrica (Fig. 12)



Fig. 12 – Dosificadores hidrodinámicos  
 CILIT IMMUNO 152, IMMUNO 180-600 y DUNA -DOS

o bien con dosificadores electrónicos o electromecánicos (Fig. 13) constituidos básicamente por :

- Un medidor del caudal de agua circulante con un sistema generador de impulsos eléctricos.
- Un sistema electrónico codificador de los impulsos recibidos que alimenta un motor o activa un electroimán.
- Un motor o electroimán para el accionamiento de una bomba dosificadora de membrana.
- Un depósito de acumulación de producto líquido preparado.



Fig. 13 – Dosificador electrónico  
 CILIT IMPULSOR

#### d) Protección catódica

Este sistema puede aplicarse para la protección de depósitos metálicos o de hormigón armado. Se utiliza asimismo ampliamente en acumuladores de agua caliente sanitaria.

El metal del depósito se protege mediante corriente continua procedente de unos ánodos que pueden ser de magnesio (ánodos de sacrificio), de aluminio o de titanio activado. En estos dos últimos casos se denomina protección catódica por corriente impresa y para conseguir la intensidad de corriente necesaria se utiliza una fuente adicional de alimentación eléctrica externa cuyo polo negativo se conecta al metal a proteger mientras que el polo positivo se conecta al ánodo.

## 4.- Agua para otras aplicaciones tecnológicas

Aparte del circuito de agua de consumo humano, anteriormente descrito, en un hospital se requiere agua para otras aplicaciones tecnológicas.

Estos circuitos son muy distintos entre sí, por ello el estudio de la legislación aplicable y de los tratamientos requeridos se realizará individualmente para cada circuito.

### Lavandería

En este tipo de aplicación no existe una legislación básica a considerar, no obstante, se debe tener presente que la dureza del agua reacciona con los tensioactivos reduciendo su eficacia.

Por ello, en la calidad del agua suministrada para lavanderías debe contemplarse:

#### -Descalcificación del agua

A continuación se describirá este tratamiento y los equipos aplicables que pueden, lógicamente, ser utilizados para otros servicios que requieran agua descalcificada.

### 4.1.- Descalcificación para lavandería (y otros servicios).

En algunas zonas de España la cantidad de calcio y magnesio contenidos en el agua es reducida, pero en algunas otras pueden encontrarse valores muy elevados que, cuando se encuentran asociados a iones bicarbonato, originan serios problemas de incrustaciones en los equipos y servicios de los Hospitales, como lavandería, lavavajillas, calderas de vapor, torres de refrigeración..etc.

Tal y como se ha indicado previamente, el tratamiento general de los Hospitales suele realizarse mediante dosificación de inhibidores de incrustación / corrosión o mediante las nuevas tecnologías descritas; no obstante, en determinados servicios, este tratamiento se debe complementar con equipos de descalcificación locales para aplicaciones concretas.

## Fundamento de la descalcificación.

La descalcificación se basa en la utilización de resinas de intercambio iónico con grupos que incluyen iones sodio. Cuando el agua atraviesa estas resinas se intercambian los iones calcio y magnesio (que constituyen la dureza del agua) por los iones sodio de tal forma que los primeros quedan retenidos en la resina y estos últimos se incorporan al agua de acuerdo con la reacción:



(resina en forma sódica + ión calcio  $\rightarrow$  resina en forma cálcica + ión sodio)

Este proceso continúa hasta que todos los iones sodio de la resina se han intercambiado en cuyo momento es preciso proceder a su regeneración para volver a iniciar el ciclo.

## Regeneración de las resinas

Una vez agotada la capacidad de intercambio de las resinas debe procederse a su regeneración. Para ello deberá disponerse de una disolución saturada de salmuera que se hará circular a través de la resina. En ese momento y, debido a la elevada concentración de sodio existente, se invertirá el intercambio y la resina se volverá a cargar con iones sodio cediendo el calcio y magnesio retenidos que se conducirán a desagüe.



(resina en forma cálcica + ión sodio  $\rightarrow$  resina en forma sódica + ión calcio)

Durante el proceso de regeneración el descalcificador, o bien cierra el paso del agua, o suministra agua dura mediante un by-pass interno.

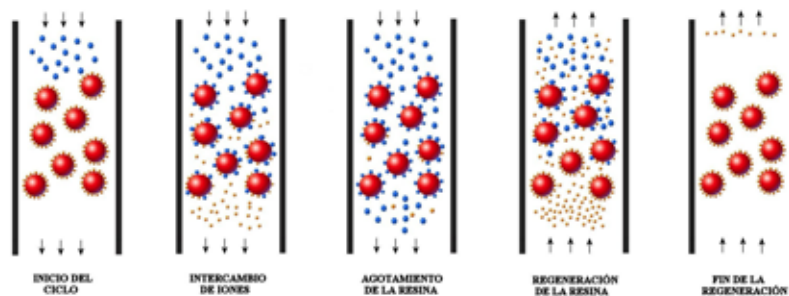


Fig. 14 – Intercambio iónico y regeneración

## Descalcificación cronométrica / volumétrica.

El proceso de regeneración puede realizarse sobre la base de dos factores: por tiempo o por volumen.

### 1.-Por tiempo.

En este caso tiene lugar por tiempo programado sin que el consumo influya. Es un sistema económico y simple que permite fijar la hora exacta de la regeneración; tiene la desventaja de que en caso de puntas o bien cuando no existe consumo el equipo regenera en el momento predeterminado con lo cual puede facilitar agua dura o gastar sal sin ser preciso. No es habitual en un hospital.

### 2.-Por volumen directo.

En este otro caso la regeneración tiene lugar al llegar a un volumen programado. Tiene un coste algo mayor pues requiere la instalación de un contador, no obstante repercute positivamente en el consumo de sal ya si no hay servicio no gasta sal y si el servicio es superior al previsto regenera antes. Este sistema aprovecha al máximo la capacidad de la resina, aunque tiene como desventaja que no se determina la hora de la regeneración la cual puede producirse en un momento de máximo consumo.

Es el sistema más utilizado en Hospitales cuando se dispone de un depósito de acumulación ya que permite aprovechar al máximo la capacidad de las resinas.

### 3.-Por volumen estadístico.

Una variante del sistema volumétrico es por volumen estadístico. Se utiliza cuando se desea dar prioridad a la hora en que tendrá lugar la regeneración.

En este caso se introduce el volumen programado y también la hora en que debe realizarse la regeneración. El microprocesador de control realiza un cálculo estadístico del consumo por día de la semana de tal forma que al llegar la hora prefijada para la regeneración determina si debe proceder a regenerar la resina o bien si puede suministrar agua descalcificada durante un día más.



Fig. 15 – Descalcificador con botella metálica  
CILLIT BA SUPERPILOT

## Conceptos importantes a considerar en la instalación de un descalcificador

Siempre que se instale un descalcificador por intercambio iónico en un hospital se debe tener presente que:

-Si el agua descalcificada pudiera destinarse también a consumo humano, la sal utilizada para la regeneración debe cumplir siempre con la Norma UNE-EN 973.

-La resina intercambia calcio y magnesio por sodio. Por cada grado francés de dureza eliminado el contenido en sodio se eleva 4,6 mg/L. El RD 140/2003 relativo a la calidad del agua de consumo humano, especifica claramente que el contenido máximo de sodio presente en un agua descalcificada no debe ser superior a 200 mg/L. Cuando el agua de aporte tiene una dureza elevada y el agua descalcificada pudiera destinarse también a consumo humano debe considerarse este incremento del ión sodio.

### Descalcificación:

#### RD 140/2003

#### Sodio

Valor paramétrico.....200 mg/L

(Anexo I - Parte C)

-Las resinas de intercambio iónico, como todo lecho inerte, es susceptible de contaminación bacteriana. Para prevenir y evitar esta contaminación, especialmente en aplicaciones donde este concepto sea importante (agua que pudiera ser destinada a consumo humano, instalaciones de riesgo de legionelosis, etc.) se utilizan dos sistemas:

- Se usan equipos que incorporan dispositivos de regeneración automática cada 96 horas en ausencia de consumo. De esta forma se evita cualquier estancamiento prolongado del agua y se minimiza el riesgo de desarrollo de microorganismos en las resinas.

- Se incorpora en los descalcificadores un dispositivo automático de desinfección de las resinas en cada regeneración. Para realizar esta función existen varios procedimientos. El más utilizado consiste en incluir en el equipo una célula electrolítica en la aspiración de la salmuera la cual, en la etapa de aspiración, hace pasar una corriente continua a través de dicha disolución de salmuera con lo cual una pequeña porción de ésta se transforma en cloro que desinfecta la resina.



(ión cloruro ----> cloro + electrones)



-En determinadas aplicaciones el agua debe estar totalmente descalcificada, por ejemplo, en calderas de vapor, autoclaves, lavandería, etc. No obstante debe considerarse que un agua totalmente descalcificada tiene carácter agresivo. Para minimizar el riesgo de corrosión en las partes metálicas es aconsejable, si la aplicación lo permite, que el agua descalcificada tenga una cierta dureza residual (orientativamente de 6 °f a 15 °f). Para ello, teniendo en cuenta que a la salida de un descalcificador el agua tiene una dureza de 0 °f a 0,5 °f, generalmente se incorpora una válvula que la mezcla con el agua sin tratar en la proporción adecuada.

## Circuitos de climatización

La legislación aplicable se basa principalmente en el RITE (UNE 112076) y el CTE.

### Circuitos de climatización:

#### UNE 112076

Se deben colocar desconexiones y dispositivos anti- retorno por seguridad, de acuerdo con la Norma UNE-EN 1717 (también estos elementos se mencionan en el RD 865/2003). (Art. 6.3.3.1 Alimentación de agua).

#### Tratamiento:

Sistemas de desconexión

#### UNE 112076

Se deben instalar purgas, tanto manuales como automáticas, en puntos altos de la instalación. No obstante en un circuito correctamente tratado no debe formarse hidrógeno. El hidrógeno presente en el circuito es un indicador de que existen procesos de corrosión. Su purga debe ir siempre acompañada de un tratamiento contra la corrosión (Art. 6.3.3.4 - Purgas en puntos altos de la instalación).

#### Tratamiento:

Prevención de la corrosión

#### UNE 112076

Es aconsejable la colocación de filtros en las zonas bajas de la instalación para eliminar las partículas sólidas del interior del circuito cerrado (Art. 6.3.3.5 -

Filtros en zonas bajas).

#### Tratamiento:

Filtración

#### UNE 112076

En las instalaciones nuevas se debe prever un correcto diseño del circuito para evitar la entrada de oxígeno, así como un tratamiento de mantenimiento para evitar procesos de corrosión. Cuando el circuito deba soportar bajas temperaturas es necesaria la utilización de aditivos anticongelantes (Art. 6.3.4.1 - Instalaciones nuevas).

#### Tratamiento:

Prevención de la corrosión y protección anti-congelante

## UNE 112076

En instalaciones existentes se debe realizar en primer lugar una limpieza del circuito para eliminar los óxidos y subproductos de corrosión existentes y, a continuación, aplicar los mismos conceptos y tratamientos descritos para instalaciones nuevas (Art. 6.3.4.2 - Instalaciones existentes)

### Tratamiento:

Prevención de la corrosión

## CTE

Las instalaciones se realizarán con un circuito primario y un circuito secundario independientes, con producto químico anticongelante, evitándose cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que pueden operar en la instalación (Art. 3.2.2 - Condiciones generales).

### Tratamiento:

Sistemas de desconexión

## CTE

Si la instalación debe permitir que el agua alcance una temperatura de 60 °C, no se admitirá la presencia de componentes de acero galvanizado (Art. 3.2.2 - Condiciones generales).

### Tratamiento:

Prevención de la corrosión

## CTE

El fluido portador se seleccionará de acuerdo con las especificaciones del fabricante de los captadores. Pueden utilizarse como fluidos en el circuito primario agua de la red, agua desmineralizada o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar de instalación y de la calidad del agua empleada. En caso de utilización de otros fluidos térmicos se incluirán en el proyecto su composición y su calor específico (Art. 3.2.2.1 - Fluido de trabajo).

### Tratamiento:

Prevención de la corrosión

## CTE

El fluido de trabajo tendrá un pH a 20 °C entre 5 y 9, y un contenido en sales que se ajustará a los señalados en los puntos siguientes:

- a) La salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los 650  $\mu$ S/cm;
  - b) El contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l, expresados como contenido en carbonato cálcico;
  - c) El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.
- Fuera de estos valores, el agua deberá ser tratada (Art. 3.2.2.1 - Fluido de trabajo).

### Tratamiento:

Prevención de incrustaciones calcáreas y de la corrosión

## CTE

Cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura pueda caer por debajo de los 0 °C, deberá estar protegido contra las heladas (Art. 3.2.2.2 - Protección contra heladas).

### Tratamiento:

Protección anti-congelante

## CTE

La instalación estará protegida, con un producto químico no tóxico cuyo calor específico no será inferior a 3 kJ/kg K, en 5 °C por debajo de la mínima histórica registrada con objeto de no producir daños en el circuito primario de captadores por heladas (Art. 3.2.2.2 - Protección contra heladas).

### Tratamiento:

Protección anti-congelante

En resumen, la legislación actualmente vigente, especifica que en la calidad del agua suministrada para un circuito de climatización debe considerarse:

- Instalar sistemas de desconexión
- Evitar procesos de incrustaciones calcáreas y principalmente de corrosión
- Proteger el circuito frente a la congelación

A continuación se describirán los tratamientos requeridos y los equipos aplicables.

## 4.2.- Tratamiento de circuitos de climatización.

Una de las aplicaciones del agua que presenta una mayor difusión en un hospital es su utilización como medio de transporte del calor / frío en los circuitos de climatización. En este tipo de aplicaciones, se utiliza habitualmente un esquema de instalación basado en un circuito cerrado con elementos calefactores generalmente de hierro o aluminio. En estos circuitos existe una problemática particular que trataremos a continuación.

En primer lugar se debe considerar que la calidad de agua requerida no es la adecuada para consumo humano, por ello, es totalmente imprescindible instalar un sistema de desconexión automático entre este circuito y el de agua de consumo, conforme a la Norma UNE-EN 1717, que evite cualquier posible retorno de agua.



Fig. 16 – Sistema de desconexión CILLIT MULTIMAT

En un circuito cerrado el problema de las incrustaciones queda en la práctica reducido a una mínima expresión. El calcio y magnesio presentes en el circuito pueden formar precipitados de cal, sin embargo al no existir una renovación ni un aporte constante del agua, las incrustaciones que se forman son generalmente muy reducidas y difícilmente pueden crecer y acumularse.

En algunos casos, especialmente con aguas duras, puede ser conveniente alimentar el circuito con agua descalcificada; no obstante para estas aplicaciones cuyo consumo es muy reducido (prácticamente limitado a la carga inicial y a pequeñas reposiciones), normalmente se utilizan sistemas de descalcificación con cartuchos de resina no regenerables, que una vez agotada se sustituyen por otros.



Fig. 17 – Equipos de descalcificación no regenerables para circuitos cerrados CILLIT BA SOFT

En lo que respecta al circuito, el principal problema que se presenta es el de la corrosión. Los metales no nobles como el hierro y el aluminio se corroen, de forma espontánea, dando lugar a la formación de hidróxidos y al desprendimiento de hidrógeno.

Los hidróxidos de hierro y de aluminio precipitan formando fangos insolubles que enturbian el agua y que pueden causar importantes averías por obstrucción mecánica.



Fig. 18 – Corrosión en un circuito cerrado

El hidrógeno que se forma es un gas que se acumula en los circuitos y produce:

- Ruidos característicos de las instalaciones de calefacción.
- Aumento de la presión del circuito.
- Pérdida de intercambio térmico.

En muchos casos, la única operación de mantenimiento que se realiza en estos circuitos es la purga del hidrógeno, de forma automática mediante purgadores, o bien de forma manual. Esta práctica habitual, si no se acompaña de un tratamiento adecuado, no hace sino agravar la situación ya que en este caso la reacción de corrosión prosigue, generando más hidrógeno.

En un circuito correctamente tratado no debe formarse hidrógeno. El hidrógeno presente en el circuito es un indicador de que existen procesos de corrosión. Su purga debe ir siempre acompañada de un tratamiento contra la corrosión.

### Circuitos específicos

#### -Circuitos de suelo radiante.

En un suelo radiante, la temperatura del agua (inferior a 40 °C) generalmente es muy adecuada para la proliferación de microorganismos y algas que pueden desarrollar biocapas y causar importantes problemas de obstrucciones y de corrosión.

En este tipo de circuitos se deberá considerar siempre la prevención del crecimiento de microorganismos mediante la adición de alguicidas y/o biocidas.

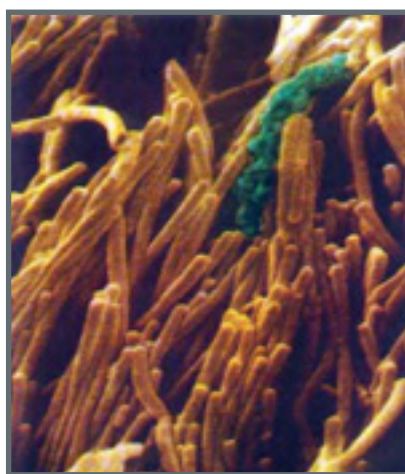


Fig. 19 – Formación de una biocapa en un circuito cerrado

#### -Circuitos con placas solares.

Los circuitos con placas solares se hallan normalmente en el exterior de los edificios, por lo cual, (al igual que puede suceder en otros circuitos) es muy frecuente que la temperatura ambiental puede descender por debajo de 0 °C provocando la congelación del agua del circuito si ésta no está correctamente tratada con un anticongelante.

En algunos equipos, el circuito exterior, queda vacío cuando no se utiliza, por lo cual no requiere que el inhibidor de corrosión tenga también una función anticongelante.

### Tratamientos

El tratamiento a efectuar en los circuitos cerrados de calefacción / climatización deberá tomar en consideración todos los conceptos descritos y se basará en:

#### a) Verificación de que se trata de un circuito cerrado.

Un circuito cerrado de calefacción / climatización debe ser lo más hermético posible ya que cualquier entrada de oxígeno favorecerá los procesos de corrosión. Es pues muy importante comprobar que no existan aportes significativos de agua y que no existan zonas abiertas (significativas) por donde pueda entrar constantemente el oxígeno del aire.

**b) Limpieza del circuito para eliminar los óxidos existentes.**

Para la operación de limpieza se utilizan productos que incorporan principios activos desincrustantes, complejantes y dispersantes que consiguen eliminar todas las impurezas del circuito como incrustaciones y fangos. Estas impurezas causan obstrucciones mecánicas, actúan como aislantes y si no se eliminan, generan un gasto adicional de energía y favorecen los procesos de corrosión. No se debe utilizar en ningún caso un ácido fuerte para esta operación ya que produciría graves procesos adicionales de corrosión.

Para la limpieza de instalaciones en condiciones críticas puede efectuarse un lavado del circuito mediante equipos que introducen una mezcla controlada de pulsos de aire y agua que realiza una enérgica función de limpieza.



Fig. 20 – Equipo de limpieza con pulsos de aire y agua CILLIT BOY

**c) Mantenimiento de la instalación para prevenir procesos de corrosión.**

El mantenimiento de la instalación debe garantizar que ésta se encuentre en perfecto estado de funcionamiento y que no existan procesos de corrosión. Para ello, deben tenerse en consideración los siguientes conceptos:

**-Adición de inhibidores de corrosión**

Una vez realizada la operación de limpieza, o bien en caso de circuitos nuevos donde no es preciso efectuarla, se utilizan inhibidores de corrosión aniónicos, catiónicos, mezcla de ambos así como productos filmantes, que realizan una capa de protección evitando los procesos de corrosión y el desprendimiento de hidrógeno.

Como inhibidores aniónicos pueden utilizarse cromatos (su consumo es muy reducido por su restricción en las aguas residuales), molibdatos, nitritos, silicatos y otros varios. Estos inhibidores actúan sobre el ánodo de la micropila formada reaccionando en él y creando una capa protectora que detiene el proceso.

Como inhibidores catiónicos pueden utilizarse sales de zinc, fosfatos, inhibidores orgánicos y otros varios que realizan la función ya descrita, pero en el cátodo.

Los productos orgánicos filmantes se están utilizando también con buenos resultados y están constituidos por poliaminas alifáticas que se adhieren a los metales (especialmente a los metales de transición como el hierro) formando una capa que impide los procesos de corrosión.

### -Separación de partículas en suspensión

En grandes circuitos, es aconsejable la colocación de filtros multiestrato en las zonas bajas de la instalación para eliminar progresivamente las partículas sólidas que puedan circular en el interior del circuito cerrado.

Normalmente se instalan en bypass para tratar un flujo parcial del caudal recirculante y reducir progresivamente la presencia de partículas en suspensión.



Fig. 21 – Filtro multiestrato, suministrable con aislante, para circuitos cerrados

**CILLIT MAXITERMOCYCLON**

En circuitos medianos o pequeños pueden usarse equipos de separación de partículas por filtración, pero de menor tamaño; se instalan en línea en el circuito y pueden utilizarse además para la adición del inhibidor de corrosión.



Fig. 22 – Separador de partículas en suspensión

**CILLIT THERMOCYCLON 25**

### -Analizadores de hierro para control de la corrosión

Especialmente en grandes circuitos es posible utilizar analizadores automáticos de hierro para detectar rápidamente el inicio de un proceso de corrosión y actuar consecuentemente.

Estos equipos toman una muestra de agua a intervalos regulares programables y determinan analíticamente la concentración de hierro en disolución. Cuando el valor analizado supera el límite máximo establecido se activa un relé de alarma.

Cuando se utiliza un analizador automático debe verificarse previamente que el inhibidor de corrosión (o cualquier otro aditivo) no pueda interferir en el análisis que se efectúa.

### -Purga del hidrógeno.

Merece especial atención el proceso que, en forma automática mediante purgadores, o bien en forma manual durante las operaciones de mantenimiento, se realiza para purgar el hidrógeno de los circuitos.

Esta práctica habitual, en casos de corrosión, no hace sino agravar la situación.

La reacción de corrosión con desprendimiento de hidrógeno descrita anteriormente (Metal + Agua ----> Óxido del metal + Hidrógeno ) se produce, como cualquier reacción química, hasta llegar a su punto de equilibrio.

En todo equilibrio químico debemos recordar que si se introduce una causa modificante, la reacción se desplaza en el sentido necesario para anular dicha causa (principio de Le Chatelier). Por consiguiente, la purga del hidrógeno solamente provocará que la reacción prosiga para formar más hidrógeno (y más óxido) para compensar el que se ha purgado, con lo cual la corrosión aumenta.

Igualmente debe descartarse el criterio de que con el tiempo los ruidos disminuyen y por consiguiente ya no se precisa efectuar ningún tratamiento, ya que si bien en algún caso los óxidos / hidróxidos formados pueden pasivar parte de la superficie del metal y reducir la formación de hidrógeno, en las superficies no recubiertas se dará un proceso de corrosión localizada cuya velocidad será mayor y que conducirá rápidamente a la perforación del metal.

En general, ante un proceso de corrosión la solución nunca debe basarse en la eliminación de los productos formados, sino en el tratamiento del proceso en sí mismo. El hidrógeno existente evidentemente debe purgarse, pero en un circuito correctamente tratado no debe formarse hidrógeno.

El hidrógeno es un indicador de que existen procesos de corrosión. Su purga debe ir siempre acompañada de un tratamiento contra la corrosión.

### d)Adición de anticongelante.

Si el circuito debe soportar temperaturas bajas es necesaria la utilización de aditivos anticongelantes, generalmente basados en glicoles. Los más empleados han sido el etilenglicol y el monopropilenglicol.

El etilenglicol es un producto económico ampliamente utilizado como anticongelante pero que presenta una cierta toxicidad; si bien este problema no es generalmente grave en un circuito



de calefacción, siempre introduce un riesgo en el caso de que accidentalmente se mezclara el agua así tratada con el agua destinada a consumo humano. Por este motivo el Código Técnico de la Edificación especifica que en paneles solares debe usarse un producto no tóxico, concepto que en un hospital puede ser fácilmente ampliable a prácticamente cualquier otro tipo de circuito con anti-congelante.

El monopropilenglicol no presenta problemas de toxicidad (de hecho se utiliza frecuentemente en la industria farmacéutica) por lo cual, en un circuito de un hospital, es el producto anti-congelante que se debería utilizar complementado, evidentemente, con un inhibidor de corrosión.

Los glicoles, con el tiempo tienden a oxidarse a ácido orgánico el cual puede producir importantes procesos de corrosión en el circuito. En estos casos se debe verificar regularmente el valor del pH del agua de circuito y, en caso de que evolucione progresivamente hacia valores ácidos (inferiores a 7.0), es imprescindible vaciar y renovar por completo el circuito.

e)Desinfección en caso de contaminación microbiológica.

Un circuito cerrado, por sus características de temperatura y ausencia de un desinfectante residual, puede contaminarse bacteriológicamente con facilidad, especialmente si la temperatura no es muy elevada. Este es el caso de, por ejemplo, los circuitos de suelo radiante, en los cuales es muy aconsejable utilizar inhibidores de corrosión que incorporen además un biocida para evitar el desarrollo de microorganismos.

Por otra parte, en algunos casos pueden desarrollarse bacterias que generen subproductos como, por ejemplo, el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), que favorece los procesos de corrosión.

Si se produce una corrosión en un circuito y se detecta una contaminación bacteriológica, además de los tratamientos descritos, se debe desinfectar el circuito con un biocida adecuado, por ejemplo, con hipoclorito sódico y proseguir posteriormente con el tratamiento habitual.

f)Otros tratamientos del agua

En caso necesario, para cumplir las especificaciones del fabricante de la caldera, o bien porque así lo exija la legislación vigente, es posible efectuar otros tratamientos adicionales del agua como, por ejemplo, la descalcificación (ya comentada anteriormente) o la desalinización parcial mediante ósmosis inversa.

Asimismo también es posible, en algunos casos, adicionar sustancias sellantes en el circuito para el bloqueo de pequeñas fugas.

Un circuito de climatización bien tratado debe tener el agua tal y como entró: limpia y sin coloración significativa.

### **Circuito contra-incendios**

El circuito contra-incendios está considerado como una instalación de riesgo de proliferación de Legionella. Por ello, la legislación aplicable para la calidad del agua será:

## Circuito contra-incendios

### RD 865/2003

Las medidas preventivas se basarán en la aplicación de dos principios fundamentales: primero, la eliminación o reducción de zonas sucias mediante un buen diseño y el mantenimiento de las instalaciones y segundo evitando las condiciones que favorecen la supervivencia y multiplicación de Legionella, mediante el control de la temperatura del agua y la desinfección continua de la misma (Art. 6 - Medidas preventivas).

#### Tratamiento:

Regulación y control automático de cloro residual

## GUÍA TÉCNICA

La limpieza y desinfección de mantenimiento tiene como objeto garantizar la calidad microbiológica del agua durante el funcionamiento normal de la instalación (Sistemas de agua contra incendios - Capítulo 11).

#### Tratamiento:

Filtración de protección y regulación de cloro residual

De acuerdo con lo anterior, la legislación actualmente vigente, especifica que en la calidad del agua en el depósito contra-incendios debe considerarse:

- Instalar un sistema de filtración para separar progresivamente las partículas en suspensión.
- Mantener un nivel de cloro adecuado en el depósito contra-incendios para garantizar la desinfección del agua.

A continuación se describirán los tratamientos requeridos y los equipos aplicables.

### 4.3.- Tratamiento en el circuito contra incendios.

En todo hospital siempre existe un sistema de protección contra incendios que requiere un almacenamiento de agua y su distribución hasta puntos cercanos a las zonas habitadas para su uso en caso de un posible fuego accidental. Esas instalaciones están incluidas en el ámbito de aplicación del RD 865/2003, consideradas como de “menor probabilidad de proliferación y dispersión de Legionella”.

Este sistema mantiene lógicamente el agua estancada hasta el momento de uso y por ello requiere un tratamiento adecuado para poder garantizar su calidad microbiológica.

Por otra parte los sistemas contra incendios, en algunos casos, comparten circuitos de agua destinados a otros usos lo cual, por el propio estancamiento del agua, podría resultar una fuente de contaminación. Por ello es fundamental asegurar que las conexiones de estos sistemas con otras instalaciones se encuentren perfectamente protegidas mediante una válvula anti-retorno o, si se desea una máxima protección, mediante un desconector.

Al no existir circulación de agua, el tratamiento a realizar en estos sistemas se basa normalmente en la limpieza y desinfección del depósito de acumulación.

Para ello habitualmente se establece un circuito independiente que recircula periódicamente el agua del depósito y en el cual se instala un filtro multiestrato para eliminar las partículas en suspensión y un sistema de regulación y control del valor de cloro y pH del agua, para garantizar su desinfección.

El esquema del tratamiento puede verse en la siguiente figura:

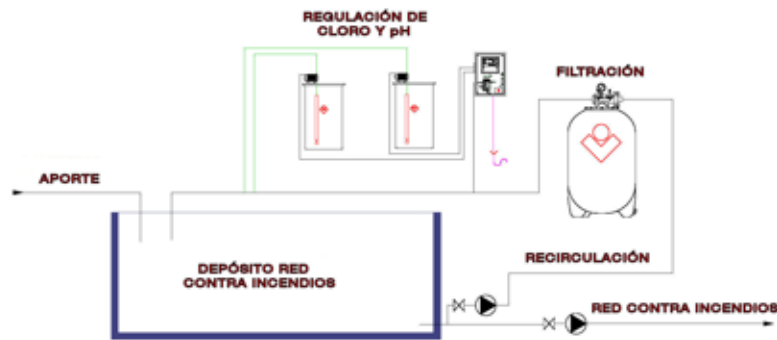


Fig. 23 – Tratamiento en sistema contra incendios

### Calderas de vapor

La legislación aplicable para establecer la calidad de agua requerida se basa principalmente en las Normas UNE-EN:

#### UNE-EN

UNE-EN 12953-10. Calderas pirotubulares. Requisitos para la calidad del agua de alimentación y de agua de la caldera.

UNE-EN 12952-12. Calderas acuotubulares. Requisitos para la calidad del agua de alimentación y de agua de la caldera.

#### Tratamiento:

En función de las características del agua de aporte.

De acuerdo con lo anterior la calidad del agua de aporte en una caldera de vapor se basará en:

-Tratamiento en función de las características del agua de aporte para obtener la calidad requerida tanto en alimentación como en el interior de la caldera .

## 4.4.- Tratamiento de calderas de vapor.

La utilización de calderas de vapor se halla muy extendida en la industria y en grandes instalaciones como en hospitales.

Existen diversos tipos de calderas, y en todas ellas se requiere un correcto tratamiento del agua de aporte para garantizar su correcto y seguro funcionamiento como veremos a continuación.

Las características propias de las calderas de vapor y la existencia de una normativa UNE, hace que sea imprescindible un correcto tratamiento del agua de aporte y del agua de caldera para evitar los problemas básicos de toda instalación:

- Incrustación.
- Corrosión.

### Tipos de calderas de vapor

De acuerdo con su diseño, las calderas de vapor se clasifican en dos grandes grupos:

#### •Pilotubulares.

Son aquellas con fuego (humos) en el interior de los tubos de la caldera y agua en su exterior. Son las más utilizadas para presiones relativamente bajas (hasta aprox. 25 bar).

#### •Acuatubulares.

Son aquellas con agua en el interior de los tubos de la caldera y fuego (humos) en el exterior. Se utilizan principalmente para altas presiones.

### Problemática en el circuito de las calderas de vapor

Toda caldera de vapor puede ser considerada como un circuito semi-cerrado en el cual existen unas pérdidas de agua debido a dos motivos principales:

- 1.-Si bien generalmente existe una recuperación de condensados, parte del vapor se pierde y no se recupera en forma de condensado.
- 2.-Al llegar la línea de condensados al depósito de acumulación, si éste se encuentra a presión atmosférica (habitualmente) una parte del condensado se revaporiza y pasa a la atmósfera.

Estas circunstancias introducen los siguientes factores a considerar en el tratamiento de la caldera:

#### •Caudal de reintegro (aporte).

Al existir una serie de pérdidas en el circuito es imprescindible el aporte continuado de un cierto caudal de reintegro de agua exterior para mantener constante el volumen de agua dentro del circuito de la caldera.

- Aumento constante de la salinidad.

En una caldera de vapor se produce una evaporación constante del agua, pero no de las sales que ella contiene como, por ejemplo, cloruros, sulfatos, calcio, sodio...etc. las cuales quedan en la caldera. Este hecho y el aporte constante de un caudal de reintegro (con sus correspondientes sales) dan como consecuencia un aumento continuado de la salinidad que es preciso compensar mediante un correcto régimen de purgas, ya que en caso contrario el contenido en sales aumentaría hasta provocar la obstrucción total de la caldera y/o su rápida corrosión.

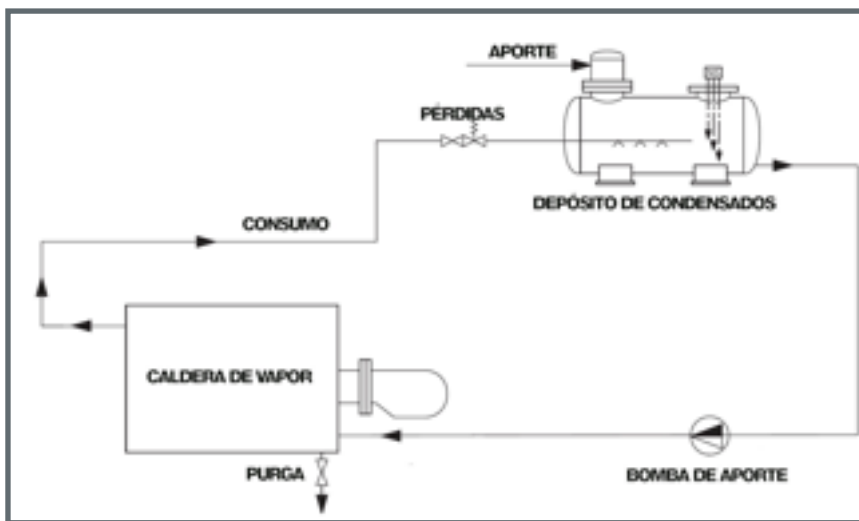


Fig. 24 – Esquema de una caldera de vapor

Como consecuencia de la concentración de sales en el interior de la caldera y de la elevada temperatura de trabajo, el tratamiento del agua deberá considerar siempre la prevención de:

### 1. Incrustaciones en el interior de la caldera

Principalmente son debidas a la presencia de sales cálcicas y magnésicas. En algunos casos también pueden producirse por la presencia de sílice en el agua de aporte. Estas incrustaciones actúan como aislante térmico provocando un aumento del consumo de combustible y elevando la temperatura de los tubos de la caldera lo cual puede conducir a su destrucción. Afectan a la caldera.

### 2. Procesos de corrosión en caldera y en el circuito de vapor y retorno de condensados.

Se ocasionan por la presencia de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> y afectan a todo el circuito, incluida la conducción de vapor y el retorno de condensados.

### Normativa y tratamientos

Para garantizar un correcto funcionamiento de la caldera es imprescindible que tanto el agua de aporte como el agua en su interior cumplan unas especificaciones de calidad que vienen determinadas por las Normas UNE-EN 12953-10 y 12952-12 correspondientes a los requisitos de la calidad del agua de alimentación y del interior de calderas de vapor pirotubulares y acuotubulares respectivamente

## •Calderas pirotubulares

La Norma UNE-EN 12953-10 especifica las características del agua de aporte y del agua en el interior de la caldera.

En las calderas de vapor pirotubulares, (Norma 12953-10) destaca que:

- La dureza del agua de aporte no puede ser superior a 0,1 °f en las calderas de vapor, ni superior a 0,5 °f en las de agua sobrecalentada.
- La concentración de oxígeno en el agua de aporte debe ser < 0,05 mg/L (0,5 – 20 bar) ó < 0,02 mg/L (> 20 bar).
- En el interior de la caldera el pH del agua debe ser > 10 (varía según el agua de alimentación y la presión de la caldera).

Tratamientos para la reducción de la dureza del agua de aporte

### a) Tratamiento mediante descalcificación

Si bien, en general, la dureza del agua se reduce fácilmente con un equipo descalcificador, para poder garantizar durezas inferiores a 0,1 °f deben contemplarse múltiples parámetros, principalmente la dureza del agua, la concentración de sodio, la altura del lecho de resinas, la cantidad de sal utilizada en la regeneración y el tipo de regeneración.

Considerando que la dureza del agua de aporte no puede ser superior a 0,1 °f, debe descartarse utilizar descalcificadores que regeneren a co-corriente. Cuando un equipo regenera a co-corriente consume más sal y además la regeneración no es tan completa como a contra-corriente por lo cual se producen fugas de dureza muy significativas, incluso con bajas durezas de aporte, que impiden la utilización de este tipo de equipos.

Para obtener durezas residuales inferiores a 0,1 °f, solamente pueden aplicarse descalcificadores que regeneren a contra-corriente. Cuando la dureza es baja se puede regenerar con 150 gramos de sal por litro de resina, pero a partir de 35-40 °f deben utilizarse mayores cantidades de sal (200 g/L) para garantizar que la resina esté bien regenerada.

Por encima de 50 – 60 °f la utilización de un descalcificador no será suficiente y requerirá una segunda etapa o un equipo de ósmosis inversa posterior.

### b) Tratamiento mediante ósmosis inversa

Si el tratamiento se realiza mediante ósmosis inversa, se debe tener presente que existen diversos tipos de membranas y en función de la calidad del agua deberá seleccionarse la más adecuada así como verificar que la conversión del equipo permita obtener la dureza residual máxima exigida en la Norma UNE-EN 12953-10. Se debe estudiar cada caso para poder garantizar el cumplimiento de la Norma y solamente podrán utilizarse equipos con membranas de alto rechazo.

Si la dureza es baja se podrá trabajar con una conversión elevada (superior al 50 %) pero a partir de durezas superiores a 35-40 °f deberá determinarse la configuración de membranas y la conversión que se requiere. Por encima de 50 – 60 °f el tratamiento puede requerir un segundo paso de ósmosis inversa o una descalcificación adicional del permeado.

## Tratamiento para la reducción de oxígeno

Para la reducción de la concentración de oxígeno hasta los valores indicados se debe dosificar un producto reductor en el agua de aporte.

## Tratamiento para el control del pH en el interior de la caldera

El tratamiento para obtener el valor del pH adecuado en el interior de la caldera es distinto si el agua se suministra descalcificada u osmotizada.

Si el agua está descalcificada el valor del pH en el interior de la caldera tenderá a subir.

Durante el proceso de descalcificación se intercambian en la resina los iones calcio y magnesio por iones sodio. Estos iones junto con el bicarbonato existente sufren una reacción de descomposición debido a la elevada temperatura en el interior de la caldera:



(bicarbonato sódico  $\rightarrow$  hidróxido sódico + anhídrido carbónico + agua)

Esta reacción provoca la formación de hidróxido sódico y con ello una elevación del pH. En caso de que esta elevación sea excesiva se produce el fenómeno de “fragilidad cáustica” que causa graves desperfectos en la caldera.

La relación entre el % de formación de hidróxido sódico a partir del bicarbonato es función de la presión de servicio. Destaca que para una presión relativamente baja (10 bar), más del 60 % del bicarbonato inicial se ha transformado ya en hidróxido sódico (con la consiguiente elevación del pH) desprendiendo además el CO<sub>2</sub>.

En función del tratamiento del agua de aporte será necesario pues, adicionar productos que eleven o reduzcan su pH para obtener el valor deseado en el interior de la caldera.

## Tratamiento contra la corrosión

El problema de la corrosión se presenta en toda caldera por la existencia de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> (procedente de la descomposición de los bicarbonatos). Este problema afecta no sólo a la caldera sino a todo el circuito de vapor y de retorno de condensados ya que ambos gases circulan por todo el conjunto. El tratamiento contra la corrosión se basa generalmente en la dosificación de poliaminas filmantes volátiles o no volátiles.

Las poliaminas forman una capa protectora sobre la superficie del metal a proteger. Si son volátiles se arrastran con el vapor y forman una capa protectora que impide la corrosión no solamente en la caldera sino en todo el circuito. Al ser volátiles protegen todo el circuito pero, por el mismo motivo, no deben ser utilizada para vapor con fines alimentarios.

Asimismo en muchos casos se adicionan productos dispersantes para la eliminación de lodos a través de la purga.

### •Calderas acuotubulares

La Norma UNE-EN 12952-12 especifica las características del agua de aporte y del agua en el interior de la caldera.

## Tratamientos

Normalmente los requisitos de pureza del agua de aporte obligan en la mayoría de los casos a una desmineralización total del agua de aporte a las calderas acuotubulares.

Para ello se utilizan equipos de desmineralización por intercambio iónico, lechos mixtos de resinas e incluso electrodesionizadores.

### Torres de refrigeración

Las torres de refrigeración están consideradas como una de las instalaciones de mayor riesgo de proliferación de Legionella. Por ello, la legislación aplicable para la calidad del agua será:

#### RD 865/2003

2. Las torres de refrigeración y sistemas análogos:

f) Deberán disponer de sistemas de dosificación en continuo del biocida (Artículo 7 - Medidas preventivas específicas de las instalaciones).

#### Tratamiento:

Desinfección del agua mediante adición de biocida

#### RD 865/2003

Parámetros indicadores de la calidad del agua en torres de refrigeración y condensadores evaporativos (Anexo 4 – Tabla 1)

Fe total ..... < 2 mg/L Turbidez ..... < 15 UNF

La conductividad debe estar comprendida entre los límites que permitan la composición química del agua (dureza, alcalinidad, cloruros, sulfatos, otros) de tal forma que no se produzcan fenómenos de incrustación y/o corrosión. El sistema de purga se debe automatizar en función a la conductividad máxima permitida en el sistema indicado en el programa de tratamientos del agua.

#### Tratamiento:

Filtración de protección

Prevención de incrustaciones calcáreas y corrosión

Purga automática por conductividad

### GUÍA TÉCNICA

En el caso concreto que nos ocupa, torres de refrigeración, dado el riesgo potencial de estas instalaciones, es preciso tener en consideración que con un Índice de Riesgo Estructural mayor de 50 y especialmente si la ubicación o el punto de emisión de aerosoles es de riesgo alto (hospitales y residencias de ancianos), se debe garantizar una desinfección permanente del circuito. Para ello, además de maximizar los cuidados generales de mantenimiento y limpieza, se utilizarán biocidas cuya concentración sea fácilmente controlable en continuo, dispongan de efecto residual y que se dosifiquen automáticamente de tal forma que se disponga permanentemente de una concentración mínima residual efectiva frente a Legionella (Capítulo 4 - Art. 5.2 - Acciones correctoras en función del Índice Global).

#### Tratamiento:

Desinfección del agua mediante adición de biocida



De acuerdo con lo anterior, la legislación actualmente vigente, especifica que en la calidad del agua en una torre de refrigeración debe considerarse:

- Mantener de forma automática un nivel de biocida adecuado en el agua de la torre.
- Instalar un sistema de filtración para separar progresivamente las partículas en suspensión.
- Evitar procesos de incrustaciones calcáreas y de corrosión.
- Instalar un sistema de purga automático por conductividad.

A continuación se describirán los tratamientos requeridos y los equipos aplicables.

#### **4.5.- Tratamiento de torres de refrigeración.**

El tratamiento de las torres de refrigeración es muy importante en un hospital ya que este tipo de instalaciones han sido frecuentemente asociadas a brotes de legionelosis y se hallan, por consiguiente, reguladas en el RD 865/2003 en el cual se contemplan como instalaciones de “mayor probabilidad de proliferación y dispersión de Legionella”. Por ello es imprescindible conocer las características de su funcionamiento y contemplar un tratamiento completo para evitar problemas de contaminación.

El tratamiento completo no solamente debe comprender la adición de un biocida específico contra Legionella, sino también toda una serie de acciones para mantener la torre en perfecto estado de conservación.

En los circuitos con torre de refrigeración, el agua recircula constantemente a través de una torre en la cual se encuentra con una corriente de aire ascendente que produce una evaporación de agua y, como consecuencia, su enfriamiento. El agua fría se utiliza posteriormente en un intercambiador de calor o en otro tipo de circuito como fluido refrigerante. A continuación el agua ya caliente recircula de nuevo a la torre.

Existen varios tipos de instalaciones y torres. Generalmente en el interior de la torre se halla un material de relleno para aumentar el tiempo de contacto del agua con el flujo de aire; no obstante, en otros casos en el interior de la torre se sitúa el intercambiador de calor del circuito con el mismo fin.

La existencia de una torre de evaporación introduce una serie de factores a considerar en el tratamiento del agua del circuito entre los que podemos destacar los siguientes:

a) Necesidad de un caudal de reintegro (aporte).

Al existir una serie de pérdidas en el circuito debido a la evaporación continua del agua, es imprescindible el aporte de un cierto caudal de reintegro exterior para mantener constante el volumen de líquido dentro del circuito.

b) Aumento constante de la salinidad del agua en el interior de la torre.

En la torre de refrigeración se produce una evaporación constante del agua, pero no de las sales que ella contiene como, por ejemplo, cloruros, sulfatos, calcio, sodio...etc. las cuales quedan en el agua que recircula por el circuito. Este hecho y el aporte constante de un caudal de reintegro (con sus correspondientes sales) dan como consecuencia un aumento continuado de la salinidad que es preciso compensar mediante un correcto régimen de purgas, ya que en caso contrario el contenido en sales aumentaría hasta provocar la obstrucción total del circuito y/o su rápida corrosión.

c) Entrada de contaminación procedente del exterior.

Debido al contacto permanente entre la torre de evaporación y el ambiente exterior es inevitable la presencia de una contaminación procedente del exterior y que principalmente se manifiesta en:

- Contaminación por bacterias y algas.
- Contaminación por polvo e impurezas.

d) Desarrollo de bacterias específicas. Legionella.

Las torres de refrigeración son instalaciones que presentan un riesgo muy elevado de desarrollo de Legionella por su constante pulverización del agua, su temperatura generalmente adecuada para su reproducción y la facilidad en encontrar materia transportada por el aire (polvo, microorganismos...etc.) y subproductos de corrosión que facilitan su reproducción.

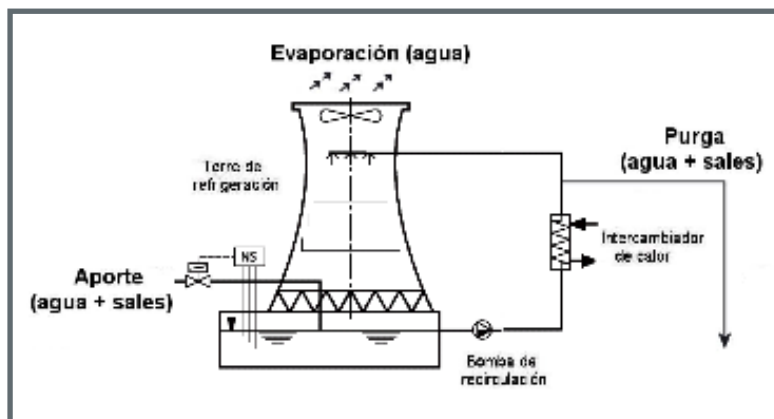


Fig. 25 – Esquema de una torre de refrigeración

De todos los conceptos mencionados, el caudal de purga en una torre de refrigeración es básico para poder garantizar su correcto funcionamiento y la eficacia de cualquier tratamiento utilizado. A continuación se desarrolla el cálculo del caudal de purga en una torre de refrigeración y, mediante un ejemplo, se analizan las repercusiones que se producen en la torre si no se respeta este caudal.

Cálculo del caudal de purga - Ciclos de concentración.

El cálculo del caudal de purga merece una mención especial por su importancia y se puede realizar fácilmente a partir de dos premisas fundamentales:

- Agua que entra = Agua que se pierde (evaporación + purga + pérdidas)
- Sales que entran = Sales que se pierden (purga + pérdidas)

Para facilitar la labor matemática es aconsejable utilizar las fórmulas basadas en el concepto del número de ciclos de concentración (“N”) que se define como:

$$N \text{ (ciclos de concentración)} = \frac{\text{Salinidad en circuito}}{\text{Salinidad en aporte}}$$

pudiéndose utilizar otros parámetros (alcalinidad, contenido en cloruros...etc.) en lugar de la salinidad.

Las recomendaciones establecidas por los fabricantes de torres de refrigeración son muy rigurosas; no obstante es aconsejable no superar los siguientes valores, recomendados por la Norma UNE 112076, para la prevención de la corrosión:

Parámetro	Concentración máxima
Cloruros	500 mg/L
Sulfatos	500 mg/L
Conductividad	2000 $\mu$ S/cm

En función de las características analíticas del agua de aporte pueden utilizarse otros parámetros, como la dureza, alcalinidad, nitratos, sílice...etc. No obstante si el agua de aporte se descalcifica, generalmente el cálculo de los ciclos de concentración se realiza a través de estos parámetros.

Así pues si, por ejemplo, tenemos un agua con un contenido en cloruros de 250 mg/L, en sulfatos 150 mg/L y conductividad 750  $\mu$ S/cm los ciclos de concentración máximos para cada parámetro serían:

Parámetro	Conc. aporte	Conc. máx. torre	Ciclos “N”
Cloruros	250	500	2.0
Sulfatos	150	500	3.3
Conductividad	750	2000	2.6

En este caso escogeríamos el valor mínimo “N” = 2.0 que es el que proporciona una menor concentración de sales en el circuito. Una vez definido este valor se puede calcular el caudal de purga mediante la siguiente operación:

$$\text{Caudal de purga} = \frac{\text{Caudal de evaporación}}{N - 1}$$

El caudal de evaporación es una constante que depende de las características de la torre y se calcula de la siguiente forma:

### Caudal Recirculación x Salto Térmico

$$\text{Caudal Evaporación} = \frac{\text{Caudal Recirculación} \times \text{Salto Térmico}}{585}$$

El Caudal de evaporación y el Caudal de recirculación se expresan en m<sup>3</sup>/h; el Salto térmico en °C y 585 es el Calor latente de vaporización en Kcal/kg.

El caudal de purga es pues inversamente proporcional a los ciclos de concentración. Para aguas con elevadas durezas o importantes contenidos en sales en las cuales el valor “N” no podrá ser muy elevado, el caudal de purga será muy importante.

En forma inversa podemos deducir también que si el caudal de purga es pequeño el valor “N” será muy alto, lo cual en aguas incluso con pocas sales puede dar lugar a importantes concentraciones en el interior del circuito.

Para determinar la importancia del caudal de purga veamos, por ejemplo, las concentraciones que se obtendrían en el interior de una torre de refrigeración en función del caudal de purga establecido para un agua de aporte con las siguientes características:

- Dureza: Descalcificada a 5 °f
- Cloruros: 150 mg/L
- Sulfatos: 100 mg/L
- Caudal de evaporación: 1000 litros/hora

En un agua de esta características estableceríamos unos ciclos de concentración de 500/150 = 3.3 lo cual nos conduciría a un caudal de purga de 1000 / 2.3 = 434 litros/hora.

Veamos la variación de las concentraciones del agua en el interior de la torre en función del caudal de purga que se realice:

Caudal purga	Ciclos concentración	Dureza en torre	Cloruros en torre	Sulfatos en torre
500 L/h	3	15.0 °f	450 mg/L	300 mg/L
400 L/h	3.5	17.5 °f	525 mg/L	350 mg/L
300 L/h	4.3	21.5 °f	645 mg/L	430 mg/L
200 L/h	6	30.0 °f	900 mg/L	600 mg/L
100 L/h	11	55.0 °f	1650 mg/L	1100 mg/L
50 L/h	21	105 °f	3150 mg/L	2200 mg/L

Tal y como puede observarse, mientras el caudal de purga se mantenga alrededor del valor calculado, la concentración de sales en el interior de la torre no representa un grave problema; no obstante si el caudal de purga se va reduciendo y, por ejemplo, fuera de 50 ó 100 litros/hora, significaría que un agua de aporte con 5 °f de dureza, en el circuito de recirculación se alcanzaría una dureza de 55 / 105 °f con las consecuencias que ello conllevaría a nivel de incrustaciones.

Asimismo el elevado contenido en cloruros y sulfatos provocaría la rápida corrosión de los elementos metálicos de la torre.

En toda torre de refrigeración, es imprescindible una regulación y control del caudal de purga ya que en caso contrario se provocará la destrucción de la torre.

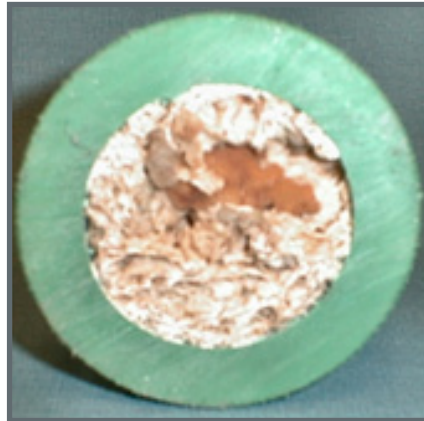


Fig. 26 – Incrustación por purga incorrecta en una torre de refrigeración

#### Tratamientos a realizar

A la vista de todos los factores considerados el tratamiento de este tipo de sistemas deberá basarse en los siguientes conceptos:

##### a) Tratamiento del agua de reintegro (aporte).

Este tratamiento debe garantizar que el agua de aporte al circuito esté correctamente desinfectada y, considerando la concentración de sales que se producirá en el interior de la torre, no pueda causar problemas de incrustaciones ni corrosión.

En un hospital, la filtración y el control del desinfectante residual (y del pH) del agua de aporte se realizan ya generalmente en la entrada general del agua y, por consiguiente, no requieren un tratamiento adicional en la torre.

Para la prevención de incrustaciones calcáreas en una torre de refrigeración se pueden utilizar los siguientes tratamientos:

##### -Descalcificación.

Es el tratamiento más extendido en esta clase de circuitos ya que incluso en aguas relativamente blandas la concentración de la dureza y de la alcalinidad que se producirá en el interior del circuito provoca graves incrustaciones que disminuyen la capacidad de intercambio de calor de la torre.

#### **-Dosificación de productos anti-incrustantes.**

Es el tratamiento más adecuado en caso de aguas blandas o bien para grandes caudales. Se utilizan generalmente fosfonatos cuya ventaja comparativa con los polifosfatos es su mayor resistencia a la hidrólisis y el hecho de no favorecer la proliferación de microorganismos. Tiene como inconveniente el no permitir normalmente valores altos del número de ciclos de concentración lo cual obliga a un importante régimen de purgas.

En muchas ocasiones se combina la dosificación de inhibidores de incrustaciones con una regulación del valor del pH para evitar valores elevados que favorecen la formación de incrustaciones calcáreas.

#### **-Desmineralización - Ósmosis inversa.**

Cuando el agua de aporte tiene un importante contenido en sales, el elevado régimen de purgas que se precisa obliga a un consumo continuo de grandes cantidades de agua con el coste económico que ello conlleva. En estos casos la utilización de equipos para desalinizar el agua como son los desmineralizadores y los equipos de ósmosis inversa, permiten una muy importante reducción del caudal de purga con lo cual su amortización es bastante rápida.

Para la prevención de procesos de corrosión se dosifican normalmente productos inhibidores con propiedades filmógenas que crean una capa de protección sobre las partes metálicas del circuito. La dosificación generalmente se realiza en forma proporcional al agua de aporte mediante un contador emisor de impulsos.

El Real Decreto 865/2003 indica claramente la necesidad de evitar procesos de corrosión ya que los óxidos formados favorecen la formación de biocapas y, por otra parte, el hierro actúa como nutriente de Legionella.

#### **b) Tratamiento del agua de recirculación.**

Este tratamiento debe garantizar que el agua que recircula no contenga cantidades significativas de algas ni de materiales en suspensión que puedan favorecer la formación de biocapas.

Para evitar el desarrollo de algas se adicionan productos alguicidas generalmente basados en sales de amonio cuaternario. También es frecuente la utilización de aminas terciarias con un poder alguicida algo inferior, pero con unas buenas propiedades filmógenas que las hace muy útiles como inhibidores de corrosión.

La dosificación de alguicida generalmente se realiza temporizada con dosis de choque para evitar que se creen colonias resistentes al alguicida.

Para la eliminación de las impurezas que entran constantemente en la torre de evaporación y que quedan en suspensión en el agua, se realiza normalmente una filtración mediante un filtro multietapa adecuado para la retención de partículas finas; esta filtración puede ser de toda el agua de recirculación o, lo que es más frecuente, una filtración parcial mediante by-pass (o en un circuito externo) del 5 al 20 % del caudal recirculante.

#### **c) Purga del circuito**

Como se ha indicado anteriormente, un correcto régimen de purgas es indispensable para el control de la salinidad del circuito. Para poder garantizar una concentración de sales constante entre unos márgenes preestablecidos se debe instalar, de acuerdo con el RD 865/2003, una purga automática por conductividad.

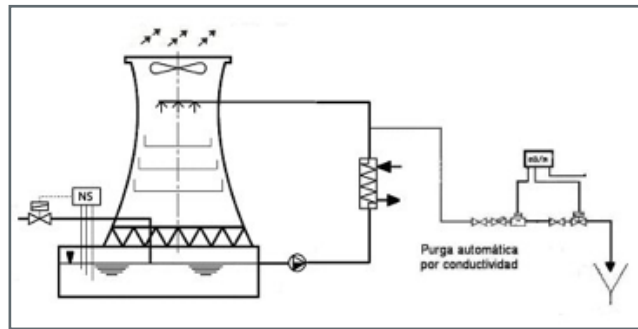


Fig. 27 – Purga automática por conductividad

d) Adición de un biocida para evitar el desarrollo de Legionella.

Para evitar la proliferación de Legionella, de acuerdo con el RD 865/2003 se debe adicionar un biocida autorizado.

En muchas instalaciones se utiliza cloro como biocida ya que tiene la ventaja de ser un desinfectante ampliamente conocido, que puede dosificarse y controlarse con mucha facilidad.

Si utilizamos cloro debemos tener presente que:

- El cloro es un gas que tiende a evaporarse del agua disminuyendo su concentración. En torres evaporativas su concentración disminuye muy rápidamente y deben usarse dosis elevadas.
- La eficacia de la desinfección mediante cloro depende del valor del pH del agua (ver apartado 3.2). En torres evaporativas, el pH del agua tiende a subir espontáneamente por eliminación del anhídrido carbónico del agua con lo cual el valor del pH se sitúa por encima de 8.5. Si no se regula el valor del pH mediante la adición de ácido, la acción del cloro es muy reducida.
- La utilización de cloro se debe complementar con biodispersantes para eliminar la biocapa existente, en cuyo interior se reproducen fácilmente las bacterias.
- La aplicación de cloro en cantidades importantes favorece enormemente los procesos de corrosión con el riesgo de proliferación de bacterias específicas (ferrobacterias) así como de desarrollo de la propia Legionella. Si se utiliza cloro se debe comprobar regularmente el estado de las instalaciones.

Tratamiento con biocidas alternativos.

Debido a todos los problemas que normalmente presenta la utilización de cloro para la desinfección, cada vez con mayor frecuencia, se usan productos alternativos activos frente a Legionella pero sin ninguno de los inconvenientes de la aplicación del cloro.

Un producto que está obteniendo un gran difusión en general en el ámbito de la desinfección y en particular en la eliminación de Legionella, es el basado en una mezcla sinérgica de peróxido de hidrógeno y amonio cuaternario .

Su utilización presenta una serie de ventajas con respecto a los tratamientos de desinfección con cloro, entre los que podríamos destacar:

- Es un producto líquido y, por consiguiente, no se evapora ni pierde sus características en las torres evaporativas.
  - La eficacia de la desinfección no depende del valor del pH del agua a tratar.
  - No precisa de biodispersantes adicionales ya que el amonio cuaternario presenta una importante actividad para la destrucción de biocapas.
  - La utilización de peróxido de hidrógeno no genera subproductos. El único subproducto que obtiene es oxígeno.
  - El peróxido de hidrógeno es fácilmente neutralizable mediante cualquier producto reductor.
  - No produce ningún problema en las aguas residuales.
  - No genera en ningún caso procesos de corrosión.
  - Al tratarse de un producto basado en peróxido de hidrógeno, su concentración en el agua es fácilmente medible tanto mediante kits analíticos como en continuo con equipos electrónicos.
- Producto Cillit Atosan-



Fig. 28 – Equipo para control y regulación automática de la concentración de biocidas basados en peróxido de hidrógeno

#### Otros conceptos

En las torres de refrigeración, además de las especificaciones indicadas en el RD 865/2003 y de los conceptos generales descritos, debe considerarse que:

-Las torres de refrigeración deben ubicarse evitando la proximidad a cualquier punto de toma de aire exterior, ventanas, zonas de paso de personas, etc.



-El biocida utilizado debe ser activo frente a Legionella de acuerdo con el método de ensayo indicado por el Ministerio de Sanidad. Asimismo debe tener efecto residual, ser fácilmente neutralizable y su concentración en el agua se debe poder determinar fácilmente.

## 5.-Agua para servicios específicos de un hospital

Además de los circuitos de agua anteriormente descritos, en un hospital se requiere asimismo agua para otros servicios específicos cada uno de los cuales exige calidades muy diversas.

Al igual que en el apartado anterior, el estudio de la legislación aplicable y de los tratamientos requeridos se realizará individualmente para cada circuito.

### Piscinas terapéuticas

Las piscinas terapéuticas están consideradas como una instalación de riesgo de proliferación de Legionella. Por ello, la legislación aplicable para la calidad del agua será:

#### RD 865/2003

Bañeras sin recirculación de uso individual.

Son bañeras de llenado y vaciado. El agua debe cambiarse para cada usuario, de forma que se llene el vaso antes del baño y se vacía al finalizar éste (Anexo – 5,A).

#### Tratamiento:

Limpieza y desinfección

#### RD 865/2003

Piscinas con recirculación de uso colectivo.

Todas las piscinas de hidromasaje con recirculación

deberán contar con un sistema de depuración del agua recirculada que, como mínimo, constará de filtración y desinfección automática en continuo (Anexo – 5,B).

#### Tratamiento:

Filtración de partículas

Desinfección automática.

### GUÍA TÉCNICA

Sistemas de agua climatizada con agitación constante y recirculación a través de chorros de alta velocidad o la inyección de aire (Capítulo – 6)

#### Tratamiento:

Filtración de partículas

Desinfección automática.

De acuerdo con lo anterior, la legislación actualmente vigente, especifica que en la calidad del agua en una piscina terapéutica con recirculación, debe considerarse:

- Instalar un sistema de filtración para separar progresivamente las partículas en suspensión.
- Mantener un nivel de biocida adecuado para garantizar la desinfección del agua.

A continuación se describirán los tratamientos requeridos y los equipos aplicables.

## 5.1.- Tratamiento de piscinas terapéuticas.

Las bañeras y, en menor grado, las piscinas de hidromasajes son instalaciones que frecuentemente pueden encontrarse en hospitales. Están consideradas en el RD 865/2003 como de “mayor probabilidad de proliferación y dispersión de Legionella” y, por consiguiente, deben ser consideradas.

Estas instalaciones de uso terapéutico, están diseñadas para dirigir hacia el cuerpo humano agua mezclada con aire o agua a presión. El agua se mantiene normalmente a una temperatura de entre 28 y 42 °C, ideal para la multiplicación de Legionella y otros microorganismos.

Las bañeras de hidromasaje normalmente son instalaciones individuales que trabajan sin reutilización del agua, cambiándola para cada usuario, por lo que no disponen de sistemas de desinfección en continuo y presentan un riesgo reducido de proliferación de Legionella.

En estas instalaciones se deben considerar principalmente las especificaciones del RD 865/2003:

- Diariamente se debe limpiar el revestimiento del vaso.
- Dos veces al año se debe vaciar, desinfectar y limpiar el vaso.

Las piscinas de hidromasaje son instalaciones de mayor capacidad, para varias personas en las cuales generalmente el agua no se sustituye a la salida de los usuarios sino que se filtra y se desinfecta, normalmente mediante cloro o bromo, para conseguir el control microbiológico del agua.

Estas instalaciones presentan un riesgo importante de proliferación de Legionella, por lo cual deben disponer de un sistema de tratamiento del agua mediante filtración y desinfección automática en continuo.

Para la filtración del agua se utilizan generalmente filtros de sílex, multiestrato o de diatomeas.

Para la desinfección es frecuente usar bromo ya que éste, es menos volátil y agresivo que el cloro, presenta una mayor estabilidad en estos sistemas y causa menos molestias en los usuarios. En cualquier caso es muy importante mantener constantemente los valores adecuados de desinfectante residual ya que la elevada temperatura del sistema y la alta densidad de ocupación de las piscinas hacen que su concentración se reduzca rápidamente.

En las piscinas de hidromasaje, además de las especificaciones indicadas en el RD 865/2003, debe considerarse que:

-Si la piscina está destinada exclusivamente a hidromasaje, la bomba de recirculación y los filtros deben de estar dimensionados para garantizar un tiempo de recirculación máximo de 30 minutos.

-Un problema importante en este tipo de instalaciones, especialmente si la desinfección se realiza con bromo, es la contaminación de las masas filtrantes en los filtros. Si se detecta la presencia constante de contaminación bacteriológica, es aconsejable proceder al cambio de las masas filtrantes.

## Humectadores

Los humectadores, al igual que otros equipos descritos anteriormente, están considerados como una instalación de riesgo de proliferación de Legionella. El RD 865/2003 no establece los tratamientos concretos a aplicar en este tipo de instalaciones ello, por ello la principal legislación a considerar será la Guía Técnica:

### GUÍA TÉCNICA

Para el mantenimiento de la calidad fisico-química y microbiológica del agua en un humectador se deberán contemplar los siguientes aspectos:

- Control de incrustaciones.
- Control de crecimiento de microorganismos.
- Control de la corrosión.
- Control de sólidos disueltos en el agua.
- Control de sólidos en suspensión.

Dado que los usuarios van a inhalar el aire tratado por el humectador, se deberá tener en consideración que no se pueden adicionar productos químicos al agua del sistema que resulten peligrosos por inhalación para las personas expuestas (Capítulo – 8).

#### Tratamiento:

Prevención de incrustaciones calcáreas y corrosión

Desinfección automática.

Filtración de protección

Purga automática por conductividad

De acuerdo con lo anterior en la calidad del agua en un humectador, debe considerarse:

- Instalar, si procede, un sistema de filtración para separar progresivamente las partículas en suspensión.
- Instalar un sistema de desinfección adecuado.
- Evitar procesos de incrustaciones calcáreas y de corrosión.
- Instalar, si procede, un sistema de purga automático por conductividad.

A continuación se describirán los tratamientos requeridos y los equipos aplicables.

## 5.2.- Tratamiento en humectadores.

El control de la humedad ambiental es un factor muy importante en la calidad del aire interior. Los humectadores son los sistemas utilizados para incrementar la humedad del aire en un entorno cerrado.

En un hospital, el control de la humedad relativa es un requisito muy importante en salas de componentes electrónicos y salas blancas como los quirófanos.

Tipos de humectadores según el principio de funcionamiento

Según su funcionamiento, los humectadores pueden clasificarse en:

- Humectadores de evaporación.
- Humectadores de atomización.
- Humectadores de vapor.

Veamos, a continuación, cada uno de ellos y los tratamientos adecuados.

### •Humectadores de evaporación

El agua en fase líquida toma la energía necesaria para vaporizarse del propio aire que se humidifica (y consiguientemente se enfría).

Este tipo de instalación en algunos casos incorpora una bomba que recupera el agua no vaporizada para volver a enviarla a las boquillas pulverizadoras, por lo cual, cuando existe recirculación, es el circuito que mayor similitud presenta con el funcionamiento de una torre de evaporación.

El tratamiento del circuito es similar al de una torre de refrigeración, con los conceptos ya anteriormente tratados:

- Filtración de seguridad
- Prevención de incrustaciones calcáreas
- Prevención de corrosión
- Purga automática por conductividad
- Prevención de Legionella

En este último caso, no obstante, hay que destacar el Ministerio de Sanidad y Consumo no está autorizando hasta esta fecha, biocidas para humectadores.

Por ello, un sistema de desinfección especialmente adecuado para humectadores es el que combina una desinfección del agua mediante radiación ultravioleta con una desinfección adicional mediante ozono generado por la propia lámpara.

El ozono se produce haciendo pasar una corriente de aire a través de una lámpara ultravioleta con una longitud de onda de 185 nanómetros; en estas condiciones una pequeña parte del oxígeno del aire se transforma en ozono de acuerdo con la reacción:

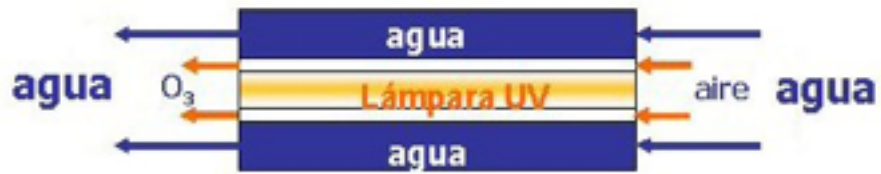


Fig. 29 – Generación de ozono por radiación ultravioleta

Este tipo de generadores produce cantidades muy pequeñas de ozono (normalmente entre 1- 3 gramos de ozono por m<sup>3</sup> de aire) por lo cual son especialmente adecuados en humectadores donde el agua se respira directamente.

Algunos modelos incorporan asimismo un sistema de purga automática por conductividad para la regulación de la concentración de sales en el circuito, cuando existe una recirculación del agua.



Fig. 30 – Equipo con generación de ozono y purga automática por conductividad  
CILLIT PAIROX

#### •Humectadores de atomización

En estos humectadores, el agua se pulveriza en partículas tan pequeñas como sea posible, es decir se generan aerosoles, mediante boquillas alimentadas a presión, discos giratorios a gran velocidad, o la vibración a muy alta frecuencia de un cristal piezoeléctrico (humectadores de ultrasonidos).

El agua se pulveriza sobre la conducción de aire o bien directamente sobre el local, por lo cual todas las sales contenidas en ella pasan directamente al aire.

En este caso, considerando que normalmente no existe acumulación de agua, el tratamiento más adecuado generalmente consistirá en una desalinización del agua mediante ósmosis inversa y un sistema de desinfección adicional mediante radiación ultravioleta.

#### •Humectadores de vapor

En este método, la energía necesaria para vaporizar el agua líquida se cede directamente a ella, de forma que se produce vapor que será posteriormente emitido al aire. El humectador dispone de un depósito de agua y mediante resistencias calefactoras o electrodos, calienta el agua generando vapor.

El tratamiento a realizar en el agua será el correspondiente a una calderas de vapor teniendo en cuenta que dicho vapor no deberá contener productos volátiles ni ningún elemento tóxico.

El propio sistema de funcionamiento, garantiza la desinfección del agua, por lo cual no se precisa ningún tratamiento adicional frente a Legionella.

#### Áreas especialmente sensibles

Determinadas instalaciones en un hospital (quirófanos, salas de inmunodeprimidos, etc.) pueden requerir una seguridad adicional frente a microorganismos. Para estas aplicaciones es posible utilizar sistemas de desinfección mediante radiación ultravioleta o bien con elementos de ultrafiltración.

Al ser tratamiento básicamente distintos , la legislación a considerar es independiente para cada aplicación.

## 5.3.-Áreas especialmente sensibles: desinfección mediante radiación ultravioleta y ultrafiltración.

### 5.3.1.- Radiación ultravioleta.

Los principales conceptos a considerar se hallan definidos en la Norma UNE-EN 14897:

#### UNE-EN 14897

El tratamiento del agua con el dispositivo UV debe producir una fluencia de reducción equivalente de, al menos,  $400 \text{ J/m}^2$  ( $40 \text{ mJ/cm}^2$ ), a una longitud de onda de 254 nm en el intervalo de funcionamiento definido (Art. 4.1 – Generalidades)

#### Tratamiento:

Concepto a verificar siempre en el diseño e instalación de un equipo de desinfección mediante radiación UV.

#### UNE-EN 14897

Para medir la irradiación debe disponerse de un sensor que asegure la desinfección bajo la consideración de posibles cambios en la transmitancia UV del agua y en el comportamiento de la lámpara (Art. 4.4.2.2 - Sensor)

#### Tratamiento:

Concepto a verificar siempre en el diseño e instalación de un equipo de desinfección mediante radiación UV.

La eficacia germicida y virucida de las radiaciones ultravioletas es conocida desde hace tiempo por lo cual esta técnica de desinfección se encuentra actualmente difundida en muchos campos. En particular la desinfección mediante lámparas ultravioletas se está utilizando en hospitales en la esterilización del instrumental quirúrgico, en la desinfección del aire y muy ampliamente en la desinfección del agua.

#### Componentes de un equipo de desinfección mediante radiación ultravioleta

Los equipos de desinfección mediante radiación ultravioleta están generalmente constituidos por una cámara de irradiación, normalmente construida en acero inoxidable, que contiene en su interior las lámparas UV protegidas del contacto directo con el agua mediante tubos de cuarzo y de un cuadro de control para supervisar el funcionamiento del sistema.

Tal y como exige la Norma UNE-EN 14897 cuando se desea garantizar constantemente la eficacia de la desinfección, como ocurre en un hospital, los equipos deben disponer siempre de un sensor de radiación (Fig. 31).



Fig. 31 – Componentes de un equipo de radiación UV  
CILLIT UV BEWADES HI

### Principio de la desinfección con radiación ultravioleta.

Los generadores UV crean una radiación ultravioleta muy efectiva para la desinfección, con una longitud de onda de 254 nm (nanómetros).

El ADN que encontramos en las células de todos los seres vivos presenta un máximo de absorción cercano a esta longitud de onda. Si se irradia el ADN con radiaciones de 254 nm, se provoca una reacción fotoquímica que lo desactiva. De esta forma queda paralizado el metabolismo de los gérmenes impidiendo la posibilidad de reproducción, con lo cual el germen se neutraliza.

### Desinfección y transmitancia del agua

Uno de los factores más importantes para poder garantizar la desinfección del agua, es determinar su transparencia a la radiación ultravioleta. En un agua opaca la luz UV no puede pasar y la desinfección no se realiza.

La radiación UV no es visible para las personas y un agua con sustancias opacas a la luz UV puede ser totalmente transparente para el ojo humano. Por este motivo siempre se debe analizar un parámetro denominado “transmitancia” en la longitud de onda utilizada para la desinfección (normalmente 254 nm). El valor de este parámetro nos indicará la transparencia del agua a la radiación ultravioleta utilizada y nos permitirá determinar el caudal máximo que puede pasar por el equipo para obtener una dosis mínima de radiación que garantice la desinfección.

La transmitancia del agua se mide normalmente en cubeta de cuarzo de 10 cm de espesor; no obstante, cuando la transmitancia del agua es muy reducida se utilizan cubetas de cuarzo de 1 cm de espesor. Es importante por ello, siempre que se indique un valor de transmitancia indicar asimismo el tipo de cubeta utilizado.

Las aguas procedentes de una instalación de ósmosis inversa tienen una transmitancia normalmente superior a 90 %; sin embargo, la transmitancia normal de aguas de red se sitúa alrededor del 70 % medida en cubeta de cuarzo de 10 cm de espesor. Las aguas residuales tratadas tienen una transmitancia alrededor del 60 % medida en cubeta de cuarzo de 1 cm de espesor lo cual equivale a menos del 1 % en cubeta de 10 cm.



La transmitancia del agua afecta en forma muy significativa a la dosis de radiación que recibe el agua en el interior del equipo y determina, por consiguiente, el caudal máximo que puede pasar a través del equipo para garantizar su desinfección. La siguiente figura (Fig. 32) muestra un ejemplo del caudal máximo que puede tratar un equipo en función de la transmitancia del agua medida en cubeta de cuarzo de 10 cm de espesor:

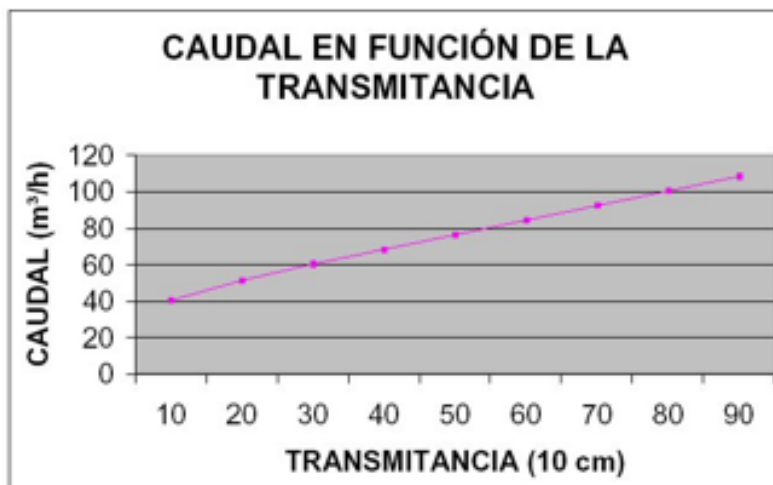


Fig. 32 – Ejemplo de transmitancia y caudal

#### Dosis de radiación mínima para la desinfección

La energía de radiación UV que se requiere para la inactivación de los microorganismos se expresa como la dosis de radiación. Esta dosis es el producto de la intensidad de la radiación UV que produce la lámpara y el tiempo de contacto en el cual el microorganismo permanece expuesto a la luz UV.

La dosis de radiación se expresa normalmente en  $J/m^2$  (o también en  $mJ/cm^2$ ).

Cada tipo de microorganismo requiere una dosis determinada para su inactivación; en general, para asegurar la desinfección del agua la Norma UNE-EN 14897 estima que se requiere una dosis mínima de radiación UV que se sitúa en los  $400 J/m^2$  suficientes para la inactivación de la mayoría de bacterias y virus.

La siguiente tabla muestra, como ejemplo, la dosis de radiación necesaria para la inactivación de 2 logaritmos (99 %) de diversos microorganismos:

## DOSIS NECESARIA PARA LA INACTIVACIÓN DEL 99 % DE LOS MICROORGANISMOS

<u>BACTERIAS</u>	<u>DOSIS UV (J/m<sup>2</sup>)</u>
E. Coli	66
Estafilococcus A.	66
Legionella Pneumophila	28
Pseudomona A.	105
Estreptococcus	88
Salmonella	100
Estafilococcus aureus	66
Coliformes fecales	68
Bacillus subtilis	220
Clostridium tetani	220

<u>VIRUS</u>	<u>DOSIS UV (J/m<sup>2</sup>)</u>
Poliovirus	140
Rotavirus	150-400

La radiación UV es muy eficaz para la inactivación de Legionella. La siguiente tabla muestra las dosis de radiación necesarias para en reducir 3 (99,9 %), 4 (99,99 %) y 5 (99,999 %) logaritmos la concentración de Legionella Pneumophila.

### DOSIS DE RADIACIÓN PARA INACTIVACIÓN DE LEGIONELLA PNEUMOPHILA

	3 Logaritmos(99,9 %)	4 Logaritmos(99,99 %)	5 Logaritmos(99,999 %)
Dosis J/m <sup>2</sup>	38	51	63

#### Dosis de radiación y temperatura

Es importante destacar que la potencia de radiación de las lámparas UV depende de la temperatura. En general los equipos standard son adecuados para agua hasta una temperatura máxima de 35 40 °C, pero la dosis de radiación suministrada disminuye progresivamente al aumentar la temperatura. Siempre que se desee realizar una desinfección en un circuito de agua caliente sanitaria se deberá utilizar un equipo diseñado para proporcionar una dosis útil de radiación a la temperatura de trabajo (Fig. 33).

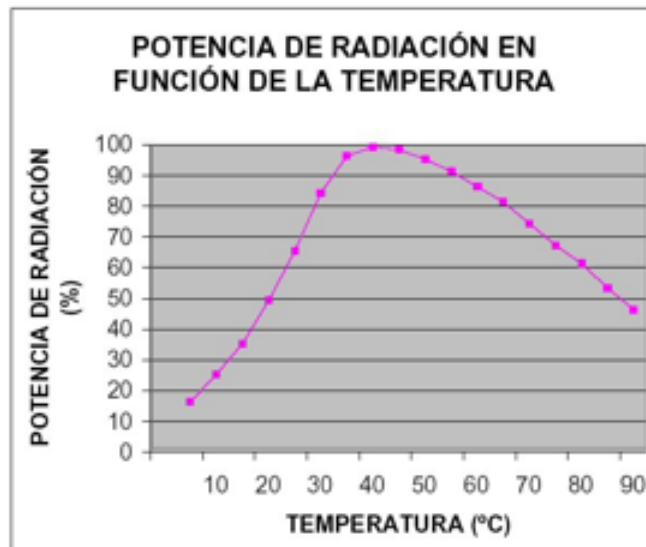


Fig. 33 – Dosis de radiación y temperatura en la lámpara

#### Sensor de radiación.

La dosis de radiación que suministra una equipo UV se va reduciendo progresivamente durante la vida útil de la lámpara (aproximadamente unas 8.000 - 10.000 horas). Por otra parte la transmitancia del agua a tratar puede sufrir variaciones y la lámpara (y el tubo de cuarzo que normalmente la protege) pueden ensuciarse. Por todo ello, siempre que se desea garantizar la desinfección continua del agua, la Norma UNE-EN 14897 exige que los equipos de radiación ultravioleta deben disponer de un sensor de radiación que controle dicho valor y que pueda activar una alarma o incluso cerrar el paso de agua cuando se produzca un descenso de la irradiación por los motivos anteriormente descritos.

#### Formación de subproductos.

El tratamiento de desinfección mediante radiación ultravioleta, en las condiciones de aplicación, prácticamente no produce ningún subproducto residual.

#### Desinfección y efecto residual.

Es importante destacar que la desinfección mediante radiación ultravioleta no posee ningún tipo de efecto residual. El agua a la salida del equipo no está protegida frente a una posterior recontaminación.

Por este motivo generalmente la desinfección mediante radiación ultravioleta se utiliza como apoyo a otros sistema de desinfección o bien se aplica en el punto final de consumo.

#### Ventajas en la utilización de equipos de radiación UV.

La utilización de un sistema de desinfección mediante radiación ultravioleta presenta toda una serie de ventajas entre las que podríamos destacar:

- El tratamiento tiene una muy elevada eficacia en la eliminación de gérmenes incluyendo Legionella.
- La radiación ultravioleta es activa frente a bacterias y frente a virus.
- Se trata de un tratamiento que no introduce ningún producto químico en el agua.
- No se forman ningún tipo de subproductos potencialmente cancerígenos.

- No favorece en ningún caso los procesos de corrosión.
- Fácil mantenimiento.
- Muy bajo coste de explotación.

#### Aplicaciones específicas en un hospital

- Apoyo a la desinfección de los circuitos de agua caliente.

En un hospital, en muchos casos, se desea disponer de una mayor seguridad en la garantía sanitaria de los circuitos de ACS. La aplicación de dosis adicionales de hipoclorito en estos circuitos no es generalmente útil ya que:

- El cloro es un gas que tiende a evaporarse del agua disminuyendo su concentración, por lo cual en circuitos de ACS ésta se reduce rápidamente y se deben añadir grandes cantidades para mantener un valor residual de cloro efectivo.
- La utilización de cloro produce, con la materia orgánica existente, la formación de compuestos organohalogenados y trihalometanos los cuales están considerados como potencialmente cancerígenos y están restringidos por el RD 140/2003.
- La aplicación de cloro en cantidades importantes favorece enormemente los procesos de corrosión con el riesgo de proliferación de bacterias específicas (ferrobacterias) así como de desarrollo de Legionella.

Por estos motivos, en estos circuitos es frecuente aplicar equipos adicionales y alternativos de desinfección mediante radiación ultravioleta; este tratamiento no evitará las operaciones de desinfección mediante productos químicos que exige el RD 865/2003, pero supondrá siempre una mayor garantía sanitaria y alargar lo máximo posible las operaciones de desinfección.

Para esta aplicación deben utilizarse siempre equipos de radiación ultravioleta diseñados para agua caliente.

- Desinfección del agua de quirófanos.

En quirófanos se precisa garantizar la esterilidad del agua. A pesar de que el agua de red se suministra correctamente desinfectada y de que en el depósito de acumulación inicial se debe realizar un control y regulación del valor de cloro residual, el agua puede contener bacterias/virus ya que la desinfección del agua no es sinónimo de esterilidad total.

Para minimizar los posibles gérmenes existentes es frecuente instalar un equipo de radiación ultravioleta en cada grifo en quirófanos.

### 5.3.2.- Ultrafiltración.

La utilización de elementos de ultrafiltración como sistema de seguridad adicional se describe en la Guía Técnica:

#### UNE-EN 14897

Para medir la irradiación debe disponerse de un sensor que asegure la desinfección bajo la consideración de posibles cambios en la transmitancia UV del agua y en el comportamiento de la lámpara (Art. 4.4.2.2 - Sensor)

#### Tratamiento:

Concepto a verificar siempre en el diseño e instalación de un equipo de desinfección mediante radiación UV.

### 5.3.2.- Ultrafiltración.

La utilización de elementos de ultrafiltración como sistema de seguridad adicional se describe en la Guía Técnica:

#### Áreas especialmente sensibles. Ultrafiltración

##### GUÍA TÉCNICA

Existen dispositivos de filtración con un tamaño de poro adecuado para la retención de bacterias que pueden ser instalados en los puntos terminales de la red. Estos pueden ser especialmente recomendables en instalaciones de muy alto riesgo, tales como salas de hospitalización, trasplantes, inmunodeprimidos, oncología, u otras (Capítulo 3 - Apartado 4.1.1 Selección del equipo).

##### Tratamiento:

##### Ultrafiltración

Los sistemas que realizan una desinfección adicional como los equipos de radiación ultravioleta anteriormente indicados pueden ser un complemento al tratamiento general del agua; no obstante en determinadas instalaciones en un hospital se puede requerir un mayor grado de seguridad en la calidad microbiológica del agua.

Para esta aplicación es posible instalar filtros absolutos con un tamaño de poro inferior a  $0,22 \mu\text{m}$  que evitan el paso de microorganismos, no obstante recientemente se están aplicando con mucha frecuencia elementos individuales de ultrafiltración. Estos equipos además de tener un tamaño de poro alrededor de  $0,02$  micras plenamente adecuado para la retención de bacterias, incluyendo Legionella, permiten un caudal adecuado para su utilización en duchas (alrededor de  $800 \text{ L/h}$ ). El filtro, como todos los medios filtrantes, debe, evidentemente, sustituirse regularmente.



Fig. 34 – Ultrafiltración para puntos de consumo significativos mediante elemento independiente de ultrafiltración o combinado en ducha

CILLIT B-SAFE , CILLIT B-SAFE SPECIAL

## Servicios que requieren agua de baja mineralización

En los hospitales, algunos servicios y equipos especiales como, por ejemplo, para maquinaria, túneles de lavado, esterilizadores...etc. requieren un agua de baja mineralización. En estas aplicaciones normalmente se utilizan tratamientos mediante equipos de ósmosis inversa.

Al ser un tratamiento que generalmente no se utiliza para la producción de agua de consumo humano, no se describe ninguna legislación específica a considerar.

### 5.4.- Aplicaciones especiales mediante ósmosis inversa.

Concepto de ósmosis. Ósmosis inversa.

Se define el fenómeno de “ósmosis natural” como el paso de líquido a través de una membrana desde una solución diluida a una solución concentrada con el propósito de intentar igualar ambas concentraciones. Este paso de agua continúa hasta que ésta se eleva a una determinada altura. La presión ejercida por esta columna de agua corresponde al valor de la “presión osmótica” de la solución concentrada.

La presión osmótica de un agua depende de la concentración de sales en ella. A mayor concentración de sales, mayor será la presión osmótica.

Este fenómeno se manifiesta en forma natural en las membranas de las células, fundamentalmente en el mundo vegetal y se utiliza básicamente para la absorción de agua.

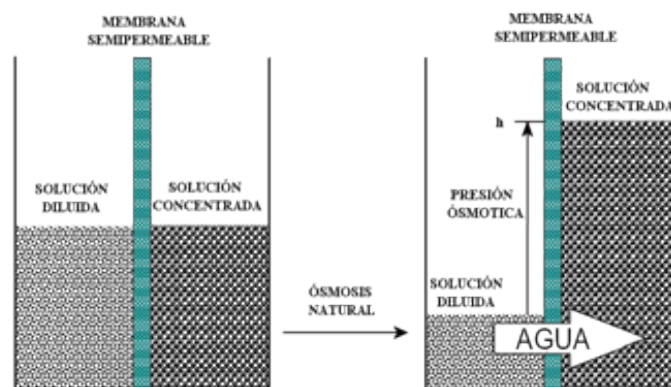


Fig. 35 – Ósmosis natural

El proceso de “ósmosis inversa” consiste fundamentalmente en invertir por medios artificiales el fenómeno de “ósmosis natural” con lo cual, a partir de una solución concentrada en sales, aplicando una presión determinada se consigue el paso de agua a través de una membrana desde esta solución a otra más diluida con lo que se obtiene una solución muy diluida a la que llamaremos “permeado” y otra solución muy concentrada que se denomina “rechazo” y que normalmente se desprecia.

Este proceso se utiliza principalmente para la obtención de agua de baja salinidad a partir de agua con una concentración elevada de sales.

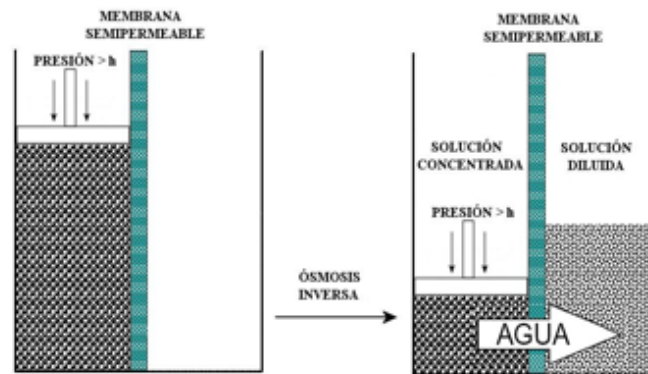


Fig. 35 – Ósmosis inversa

### Membranas de ósmosis inversa.

La ósmosis inversa funciona gracias a una membrana semipermeable, con un tamaño de poro inferior a 0,0001 micras, que permite el paso de líquido, pero no de las sales que éste lleva disueltas.

La membrana está generalmente situada sobre un soporte polisulfónico microporoso el cual a su vez se apoya en un material de distribución del permeado.

Básicamente existen dos tipos de membranas:

- Membranas de acetato de celulosa (en este grupo incluiremos las de acetato / triacetato).
- Membranas de poliamida.

Ambos tipos de membranas pueden utilizarse si bien cada una de ellas dispone de unas características propias que a continuación detallamos:

- La poliamida es químicamente más resistente que el acetato de celulosa.
- El acetato de celulosa es degradable por bacterias y la poliamida no.
- La poliamida no resiste el cloro. El acetato de celulosa sí lo resiste hasta una concentración de 1 mg/L, incluso es conveniente que trabaje con algo de cloro para garantizar que no hay presencia de bacterias.

- La poliamida puede trabajar en un intervalo de pH más amplio que el acetato de celulosa.
- La poliamida puede funcionar a presiones inferiores al acetato de celulosa.
- El costo económico de las membranas de poliamida es superior al de las membranas de acetato de celulosa.

Generalmente, en la práctica, se utilizan prácticamente siempre membranas de poliamida.

**Módulos.**

Se define el “módulo” en la ósmosis inversa como aquel elemento en el que se dispone la membrana para su utilización industrial. Normalmente se utilizan módulos con arrollamiento en espiral.

Estos módulos están formados por dos membranas unidas entre sí formando una larga bolsa enrollada alrededor de un tubo que recoge en su interior el agua permeada y que dispone de un espaciador para evitar el contacto entre las membranas y para permitir la circulación del agua a tratar.

El agua a tratar entra por un extremo del módulo circulando por el espaciador. El agua atraviesa las paredes de la membrana y circula por toda la espiral hasta recogerse en el tubo central. El agua de rechazo saldrá por el otro extremo del módulo.

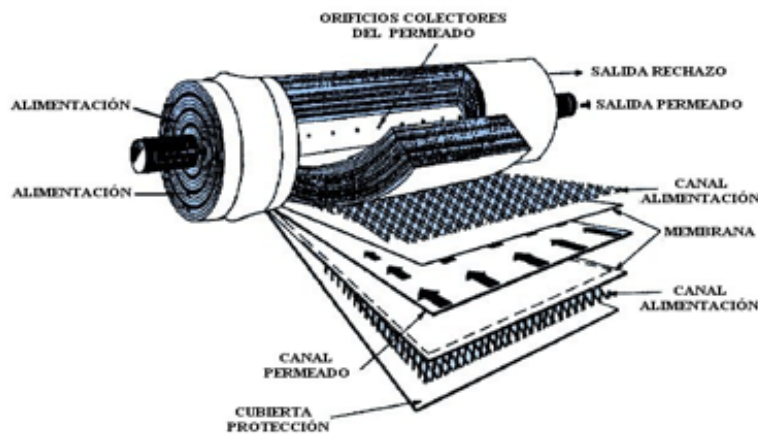


Fig. 37 – Módulo con arrollamiento en espiral

### Conversión y concentración de sales

En los equipos de ósmosis inversa el agua atraviesa la membrana, pero las sales quedan retenidas. La relación entre el caudal de agua que atraviesa la membrana (permeado) y el caudal de alimentación se denomina “conversión” y se expresa en %.

$$\text{Conversión (\%)} = \frac{\text{Permeado}}{\text{Alimentación}} \times 100$$

Los equipos de baja producción disponen normalmente de una o dos membranas y trabajan generalmente con una conversión reducida (15 – 30 %); no obstante los equipos industriales en hospitales casi siempre incluyen varias membranas en serie así como la posibilidad de recircular el concentrado y de esta forma pueden trabajar a la conversión que se desee.



Es muy importante considerar que cuanto mayor es la conversión de una membrana más se concentra el agua en su interior y, por ello, mayor presión se requiere para que agua atraviese la membrana y más problemas de precipitaciones se pueden producir en ella.

En la siguiente tabla podemos ver el factor de concentración de sales en función de la conversión, considerando hipotéticamente para facilitar los cálculos, que la membrana no dejara pasar ninguna sal (las membranas de ósmosis inversa en la realidad tienen un rechazo de sales entre el 95 – 99 % e incluso algo superiores en algunos modelos):

CONVERSIÓN	FACTOR DE CONCENTRACIÓN
10 %	1,11
20 %	1,25
30 %	1,43
40 %	1,67
50 %	2,00
60 %	2,50
70 %	3,33
80 %	5,00
90 %	10,00

En general:

100

Factor de concentración =  $\frac{100}{100 - \text{Conversión (en \%)}}$

Si consideramos, por ejemplo, un agua con 500 mg/L de sales, 20 °f de dureza y una conversión del 75 %, el factor de concentración será  $100 / (100-75) = 4,0$  y en el rechazo tendremos una salinidad de  $500 \times 4,0 = 2.000$  mg/L y una dureza de  $20 \times 4,0 = 80$  °f.

Como puede verse cuando se trabaja con conversiones elevadas, se produce un importante incremento de la concentración de las sales presentes en el agua lo cual puede producir importantes precipitados que obstruyan las membranas impidiendo su funcionamiento.

#### Sustancias que pueden precipitar en las membranas

Las principales sustancias que normalmente pueden obstruir las membranas son las siguientes:

-Carbonato cálcico e hidróxido de magnesio.

Constituyen la dureza del agua; generalmente se hallan siempre presentes en el agua y si no se realiza un pre-tratamiento adecuado, fácilmente precipitan como incrustaciones calcáreas en la membrana. El pre-tratamiento generalmente se realiza mediante adición de ácido, dosificación de un inhibidor de incrustaciones o bien mediante descalcificación.

-Otras sales: Sulfato de calcio, sulfato de estroncio, sulfato de bario, fluoruro cálcico y fosfato cálcico.

Estas sales se hallan a veces disueltas en el agua en pequeñas concentraciones y pueden precipitar, generalmente en las últimas membranas, si como consecuencia de la elevada conversión, se supera su producto de solubilidad. El pre-tratamiento se realiza generalmente mediante la adición de un inhibidor de incrustaciones.

-Sílice.

La sílice solamente está presente en determinadas zonas, no obstante es muy importante controlar su concentración ya que si se supera su solubilidad forma precipitados muy duros y de muy difícil eliminación. Si la concentración de sílice es significativa se debe realizar un pre-tratamiento mediante la adición de un inhibidor de incrustaciones específico para sílice.

-Materia orgánica.

La materia orgánica (ácidos húmicos, taninos, etc.) es uno de los principales problemas que frecuentemente pueden encontrarse en los equipos de nanofiltración y de ósmosis inversa. La materia orgánica se deposita en las membranas y puede ser muy difícil de eliminar.

La determinación del valor SDI (según se indica a continuación) puede facilitar la detección de este problema en la fase de diseño de la planta para adoptar un pre-tratamiento adecuado. Generalmente las etapas previas de filtración pueden retener una parte importante de ella, pero en algunos casos es imprescindible establecer un pre-tratamiento mediante membranas de micro o ultrafiltración para poder garantizar el correcto funcionamiento de las membranas de ósmosis inversa.

**Cálculo del SDI del agua de aporte**

Las membranas de ósmosis inversa no permiten el paso de materia orgánica ni de partículas finas en suspensión, no obstante en ambos casos estas sustancias pueden acumularse en la membrana e interferir en su correcto funcionamiento.

Para determinar el riesgo de ensuciamiento de las membranas es muy importante conocer el SDI (Silt Density Index) del agua a tratar.

Para la determinación del SDI se utiliza un equipo como el indicado en la figura que incorpora un filtro de aproximadamente 0,45 micras.

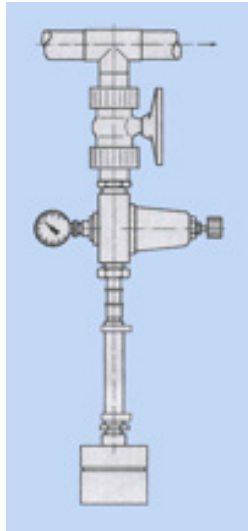


Fig. 38 – Equipo para la determinación del S.D.I.

Para el cálculo del SDI se determina, a una presión constante, el tiempo (T0) que se necesita para que pase un volumen de agua de 500 mL; a continuación se deja pasar el agua durante 15 minutos y se vuelve a determinar el tiempo (T15) necesario para que vuelva a pasar un volumen de 500 mL.

El SDI se calcula entonces con la siguiente fórmula:

$$\text{SDI (15 minutos)} = \frac{T15 - T0}{T15} \times \frac{100}{15}$$

El valor máximo que puede obtenerse de SDI (15 minutos) sería de 6,67.

En función del SDI se puede determinar el flujo máximo de agua que atraviesa la membrana.

Si se obtienen valores de SDI superiores a 3 se debe considerar este valor en el diseño del pre-tratamiento ya que puede provocar importantes obstrucciones en las membranas. Valores superiores a 5 pueden hacer necesario la utilización de una etapa previa de micro o ultrafiltración para la protección de las membranas de nanofiltración u ósmosis inversa.

#### Efecto de la temperatura en la producción de las membranas de ósmosis inversa

La temperatura es un factor a tener muy en cuenta ya que afecta en forma muy significativa al rendimiento de las membranas. Un aumento de la temperatura produce un aumento del caudal de permeado mientras que una disminución de temperatura provocará un descenso de este caudal. Este fenómeno se produce por la variación de la viscosidad del agua en función de la temperatura.

Si se obtienen valores de SDI superiores a 3 se debe considerar este valor en el diseño del pre-tratamiento ya que puede provocar importantes obstrucciones en las membranas. Valores superiores a 5 pueden hacer necesario la utilización de una etapa previa de micro o ultrafiltración para la protección de las membranas de nanofiltración u ósmosis inversa.

### Efecto de la temperatura en la producción de las membranas de ósmosis inversa

La temperatura es un factor a tener muy en cuenta ya que afecta en forma muy significativa al rendimiento de las membranas. Un aumento de la temperatura produce un aumento del caudal de permeado mientras que una disminución de temperatura provocará un descenso de este caudal. Este fenómeno se produce por la variación de la viscosidad del agua en función de la temperatura.

No obstante lo anteriormente expuesto, a mayor temperatura, más rápidamente envejecen las membranas con lo cual se reduce su rendimiento. En particular las membranas de acetato de celulosa pueden sufrir un proceso de hidrólisis que reduce de forma importante su vida media. En todos los casos se aconseja no superar valores de 40 - 45 °C.

Siempre que se seleccione o se diseñe un equipo de ósmosis inversa se debe prestar especial atención a que la temperatura de diseño se corresponda con la temperatura real de funcionamiento de la planta.

La siguiente tabla muestra la producción de una membrana en función de la temperatura del agua de aporte, trabajando con un agua de 1000 mg/L de sales totales y con una conversión del 15 %:

TEMPERATURA(°C)	PRODUCCIÓN(m <sup>3</sup> /día)	INCREM. PROD.(%)	SALES PERM.(mg/L)
10	30,7	0,0	12,7
11	31,6	2,9	12,8
12	32,6	6,2	12,8
13	33,7	9,8	12,8
14	34,8	13,4	12,8
15	36,0	17,3	12,8
16	37,2	21,2	12,8
17	38,4	25,1	12,8
18	39,6	29,0	12,8
19	40,8	32,9	12,8
20	42,0	36,8	12,9
21	43,2	40,7	12,9
22	44,4	44,6	12,9
23	45,8	49,2	12,9
24	47,2	53,7	12,9
25	48,6	58,3	13,0

En esta tabla podemos ver la importancia de la temperatura en la producción de una membrana. A 25 °C, en el ejemplo, produce un 58,3 % más que a 10 °C.

Por ello, si se diseña, por ejemplo, una planta para producir aproximadamente 200 m<sup>3</sup>/día a 25 °C, en las condiciones anteriormente indicadas bastaría con utilizar 4 membranas (48,6 x 4 = 194,4 m<sup>3</sup>/día), pero si esa misma planta se hace trabajar a 15 °C, solamente produciría 36 x 4 = 144 m<sup>3</sup>/día.

Es muy importante en un equipo comprobar en qué condiciones de temperatura está indicada la producción y verificar que esa sea la temperatura real de trabajo.

#### Efecto de la salinidad del agua de aporte

Un aumento de la concentración de sales provocará una disminución de la cantidad de agua permeada y además una pérdida de calidad de dicha agua que se obtendrá con mayor concentración de sales. Del mismo modo a mayor concentración de sales mayor presión se necesita para obtener un caudal determinado de permeado.

La salinidad del agua de aporte solamente afecta a la presión de trabajo del equipo y a la salinidad del permeado que se obtiene. El funcionamiento de la planta y la conversión máxima que se podrá obtener, no depende de la salinidad en sí misma, sino del tipo de sales que lleva disueltas y de su concentración. Un agua, por ejemplo, de 10.000 µS/cm que solamente tuviera cloruro sódico, podría trabajar a una conversión mayor que un agua de, por ejemplo, 200 µS/cm que tuviera una concentración elevada de sílice (ver el apartado de conversión).

La siguiente tabla y gráfica muestra la presión necesaria y la calidad del permeado obtenido en una membrana en función de la salinidad del agua de aporte para una producción de 36 m<sup>3</sup>/día trabajando a 15 °C y con una conversión del 15 %:

SALINIDAD mg/L	PRESIÓN (bar)	SALES PERMEADO (mg/L)
1000	10,6	12,8
2000	11,5	25,6
3000	12,5	38,4
4000	13,4	51,2
5000	14,3	107,2
6000	15,2	133,7
7000	16,2	156,0
8000	17,1	178,3
9000	18,0	200,6
10000	19,0	222,8
11000	19,9	245,2
12000	20,9	267,5
13000	21,8	289,8
14000	22,8	312,1
15000	23,7	334,3

Del mismo modo debe considerarse que en un equipo con varias membranas y una recirculación del rechazo la salinidad aumentará progresivamente en cada membrana

La salinidad del agua de aporte es muy importante ya que es el parámetro que determina la presión de trabajo. La conversión máxima de funcionamiento no es tanto función de la salinidad sino del tipo de sales disueltas (ver el apartado de conversión)

### Selección de una planta de ósmosis inversa

Para el diseño y selección de una planta de ósmosis inversa deben establecerse los siguientes conceptos:

- Determinación de la conversión de la planta
- Cálculo del número de membranas y de su disposición
- Diseño del pre-tratamiento
- Diseño del post-tratamiento

Veamos a continuación cada uno de estos conceptos.

#### -Determinación de la conversión de la planta

La conversión de trabajo de un equipo es uno de los primeros parámetros que se debe establecer en la fase de diseño de la planta. Para ello, se debe disponer de un análisis lo más completo posible del agua a tratar para determinar la máxima conversión que puede obtenerse sin que se produzcan incrustaciones en las membranas.

La adición de inhibidores de incrustaciones permite aumentar la conversión de trabajo de la planta pero siempre respetando sus límites de funcionamiento.

Veamos un ejemplo de cómo se calcula la conversión máxima a que puede trabajar un equipo. Consideremos un agua con las características reflejadas a continuación:

#### PARÁMETROS

pH	7,80	Nitratos	10 mg/l
Temperatura	15 °C	Bario	0,2 mg/l
Calcio	150 mg/l	Fluoruros	0,2 mg/l
Bicarbonatos	350 mg/l	Estroncio	0,1 mg/l
Magnesio	120 mg/l	Sílice	80 mg/l
Sulfatos	400 mg/l	Hierro	0,1 mg/l
Sodio	172 mg/l	Potasio	20 mg/l
Conductividad	2650 µS/cm	Cloruros	300 mg/l

Inicialmente, si no efectuáramos ningún tratamiento y deseáramos trabajar a una conversión del 75 %, nos precipitarían muchas sustancias insolubles en las membranas tal y como se puede ver en la siguiente figura:

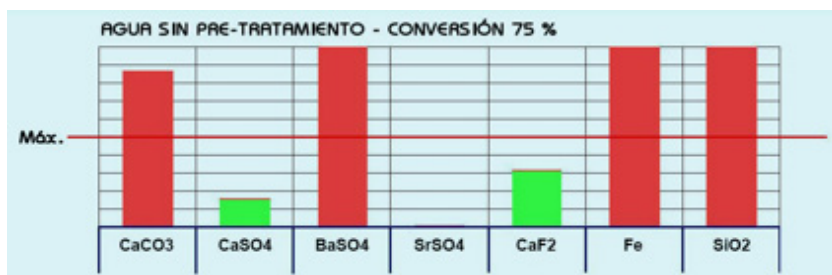


Fig. 39 – Ejemplo de precipitación de sales sin pre-tratamiento

Considerando pues la gran cantidad de sales que producirían incrustaciones en las membranas, si deseásemos seguir manteniendo una conversión elevada (75 %) se debería dosificar un inhibidor de incrustaciones.

Los fabricantes de inhibidores facilitan información y programas de cálculo para determinar las concentraciones máximas a las que se puede trabajar cada producto que precipite. De acuerdo con esta información, puede observarse que, en el ejemplo actual, incluso dosificando un inhibidor, no se puede mantener la conversión del 75 %, ya que algunas sustancias (sulfato de bario y sílice) superan los límites de actuación del inhibidor como puede verse en la siguiente figura:



Fig. 40 – Ejemplo de precipitación de sales dosificando un inhibidor

A la vista de los resultados anteriores, la conversión del equipo se debería reducir hasta el valor que permita garantizar la ausencia de incrustaciones en las membranas, en este caso concreto la conversión no debe nunca ser superior al 65 %, como se observa en la figura:



Fig. 41 – Ejemplo de precipitación de sales ajustando la conversión

La máxima conversión de un equipo de ósmosis inversa no depende de las características de la planta sino de la composición química del agua a tratar.

### -Cálculo del número de membranas y de su disposición

Una vez determinada la conversión de la planta, se puede proceder al cálculo de la configuración de las membranas (nº de membranas necesarias y forma de conexión) y de la presión que se requiere en el aporte.

En este paso debe considerarse la temperatura del diseño y el SDI del agua de aporte.

Para facilitar el cálculo de la configuración normalmente se usan programas informáticos facilitados por los fabricantes de las membranas.

The screenshot shows the 'Programa de Hydranautics - [Diseño 01]' interface. It includes input fields for project name, pH (7.60), temperature (15.0 C), and various flow and recovery rates. The 'Resultados Cálculo' section displays a table for membrane stages (1-1 to 1-4) with columns for pressure, flow, and concentration. Below this, it lists ion concentrations (Ca, Mg, Na) and calculated parameters like ionic strength (0.05 pH) and osmotic pressure (2.5 bar).

Anejo	Tubos	Alm.	Conc.	Alm.	Conc.	Flujo	Beta
1-1	2	9.5	0.0	1.7	0.7	31.7	1.27
1-2	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
1-3	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
1-4	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00

Concentración Pres. (ppm): Ca 1.05, Mg 0.32, Na 10.56, Cl 0.00, SO4 0.00, NO3 5.71, CO2 1.10, NH4 0.00, HCO3 20.85, SiO2 0.00, SDI total 41.5 ppm

Parámetros Conc.: CaSO4 sat. % 31, SiO4 sat. % 0, Fuerza iónica 0.05 pH 8.1, SiO4 sat. % 0, SiO2 sat. % 0, Presión osmótica 2.5 bar

Índice Saturación Langelier 1.0, SMI & Davis 1.57, SDI total 4339.0 ppm

Fig. 42 – Ejemplo de programa de cálculo de la configuración de las membranas

### -Diseño del pre-tratamiento

Uno de los factores más importantes para conseguir el perfecto funcionamiento de una instalación de ósmosis inversa, y para garantizar una larga vida de las membranas, es un adecuado pre-tratamiento del agua antes de su entrada al equipo.

En equipos de ósmosis inversa el pre-tratamiento se establece considerando siempre las características y los valores analíticos del agua a tratar y la conversión determinada.



El pre-tratamiento deberá considerar las principales causas que dan lugar a problemas en las membranas:

- Coloides, materia orgánica, bacterias, algas y partículas en suspensión
- Hierro y manganeso. Fluoruro cálcico.
- Sulfatos de estroncio, bario y calcio.
- Sílice
- Bicarbonatos de calcio y magnesio
- Cloro u otros oxidantes

### Filtración

Es imprescindible establecer una filtración inicial del agua de aporte, generalmente mediante un filtro multiestrato, para eliminar la mayor parte de las partículas en suspensión. También es importante establecer como último paso previo a la entrada al equipo de ósmosis inversa una filtración de 1 a 5 micras para la retención de partículas finas en suspensión que dañarían las membranas.

### Tratamiento contra incrustaciones en las membranas

Cuando el agua se concentra en las membranas, varias de las sales presentes pueden superar su solubilidad y precipitar obstruyéndolas. Para solucionar estos problemas se utiliza:

- Descalcificación con resinas de intercambio iónico.
- Acidificación mediante dosificación de ácido.
- Adición de inhibidores para evitar la precipitación de sustancias insolubles.

### Eliminación de cloro

La presencia de cloro perjudica la estabilidad de las membranas, especialmente las de poliamida.

Para solucionar este problema se incorpora un filtro de carbón activo que garantiza la decoloración del agua a tratar o bien se dosifica un producto reductor como un sulfito sódico o un bisulfito sódico (se utiliza frecuentemente este último ya que también reduce el valor del pH del agua).

### -Diseño del post-tratamiento

Los post-tratamientos necesarios para el agua osmotizada dependen en gran parte de su utilización. El agua permeada es un agua de muy baja mineralización, con carácter agresivo y con un pH relativamente bajo alrededor de 5,0 – 6,5 producido por la presencia de anhídrido carbónico disuelto que atraviesa las membranas. Este pH puede ser incluso más bajo en caso de haberse utilizado un pre-tratamiento basado en la acidificación del agua. En estos casos pueden encontrarse valores de pH entre 5 - 6.

En aplicaciones industriales en muchos casos no es necesario realizar ningún post-tratamiento pudiéndose utilizar directamente el agua permeada.

En caso de que el agua se destine a consumo humano generalmente se efectúan los siguientes post-tratamientos:

- Cloración para evitar la contaminación del agua tratada.
- Neutralización de la acidez carbónica y ajuste de la dureza residual mediante adición de sales de calcio.

Para este último concepto se están utilizando cada vez con mayor frecuencia los filtros con carga de carbonato cálcico. En ellos el ácido carbónico reacciona con el carbonato cálcico y forma bicarbonato cálcico.

De esta forma se neutraliza la acidez carbónica del agua a la vez que se le aporta una cierta dureza. La carga de carbonato cálcico se va lógicamente agotando progresivamente y debe reponerse periódicamente.



Fig. 43 – Plantas de ósmosis inversa PERMAQ ECO, PERMAQ PRO Y EXA RO

## **Hemodiálisis**

### **ISO 13959**

“Water for haemodialysis and related therapies”

#### **Tratamiento:**

La Norma describe las características del agua para hemodiálisis. Establece criterios microbiológicos y químicos.

### **ISO 26722**

“Water treatment equipment for haemodialysis applications and related therapies”

#### **Tratamiento:**

Descripción de las características de los equipos del tratamiento (filtración, descalcificación, decoloración, biósmosis, acumulación y distribución).

### **RD 414/1996**

Real Decreto 414/1996, de 1 de marzo, por el que se regulan los productos sanitarios.

#### **Tratamiento:**

Certificación como “medical device” (equipamiento médico) de acuerdo con la Directiva Europea 93/42 CEE relativa a dispositivos médicos.

De acuerdo con lo anterior en la calidad del agua destinada a hemodiálisis, debe considerarse:

- Instalar un sistema de desalinización y descontaminación del agua mediante doble ósmosis inversa, con su correspondiente pre-tratamiento.
- Disponer de los sistemas de seguridad adecuados y duplicar los equipos para minimizar el riesgo de averías.
- Instalar un sistema de distribución adecuado para mantener la calidad química y microbiológica requerida.

A continuación se describirán los tratamientos requeridos y los equipos aplicables.

## **5.5.- Agua para hemodiálisis**

Los equipos de hemodiálisis requieren un agua de muy elevada calidad para poder garantizar su correcto funcionamiento. Esta calidad del agua obliga a realizar un correcto tratamiento para eliminar todas aquellas sustancias que puedan representar un riesgo para la salud de la persona sometida a diálisis.

Para el proceso de diálisis se utiliza un líquido de diálisis que es una solución preparada a partir de un agua purificada y de unos concentrados electrolíticos. Su composición es parecida al plasma. Este líquido se pone en contacto con la sangre a través de la membrana semipermeable del dializador durante la sesión de hemodiálisis para el intercambio de sustancias, fundamentalmente solutos, con la sangre de forma bidireccional.

La calidad y pureza del líquido de diálisis es uno de los principales requisitos de la técnica de hemodiálisis. La presencia de contaminantes expondría al paciente a un riesgo de acumular sustancias tóxicas que pueden interaccionar con células o proteínas, desencadenando fenómenos de bioincompatibilidad y de toxicidad. La pureza y calidad del líquido de diálisis es el resultado de una compleja cadena de procesos en la que cualquier error tiene un gran impacto en el producto final. Es por consiguiente necesario cuidar todos los elementos y pasos necesarios para su producción y, en especial, la calidad del agua. Las condiciones de preparación, distribución y almacenamiento deben estar asimismo diseñadas para minimizar el riesgo de contaminación química y microbiológica.

### Calidad del agua para hemodiálisis

El agua para hemodiálisis debe cumplir como mínimo las especificaciones de los niveles químicos y bacteriológicos exigidos por las normativas aplicables: las indicaciones de la Guía de gestión de Calidad del Líquido de Diálisis (LD) de la Sociedad Española de Nefrología, las de la Real Farmacopea Española, las Norma ISO 13959 (agua para hemodiálisis y terapias similares) y 26722 (equipos de tratamiento del agua para aplicaciones de hemodiálisis y terapias similares) así como el Real Decreto 414/1996 por el que se regula los productos sanitario; asimismo se deben adoptar las medidas necesarias para mantener estas especificaciones en el tiempo.

#### •Contaminantes químicos

Los valores máximos que generalmente se admiten en los contaminantes químicos son los siguientes:

Parámetro	Unid.	Valor máximo
<b>Elementos tóxicos</b>		
Aluminio	mg/L	0,01
Cloro total	mg/L	0,1
Cobre	mg/L	0,1
Fluoruro	mg/L	0,2
Plomo	mg/L	0,005
Nitrato	mg/L	2
Sulfato	mg/L	100
Zinc	mg/L	0,1

Parámetro	Unid.	Valor máximo
<b>Electrolitos incluidos en el líquido de diálisis</b>		
Calcio	mg/L	2
Magnesio	mg/L	4
Potasio	mg/L	8
Sodio	mg/L	70

Parámetro	Unid.	Valor máximo
<b>Trazas</b>		
Antimonio	mg/L	0,006
Arsénico	mg/L	0,005
Bario	mg/L	0,1
Berilio	mg/L	0,0004
Cadmio	mg/L	0,001
Cromo	mg/L	0,014
Mercurio	mg/L	0,0002
Selenio	mg/L	0,09
Plata	mg/L	0,005
Talio	mg/L	0,002

#### •Contaminantes microbiológicos

En relación con los contaminantes microbiológicos, las diversas Farmacopeas existentes, así como la Norma ISO 13959, en general coinciden en que el agua que se emplea para diluir el concentrado de diálisis, desde el punto de vista de los requisitos bacteriológicos (recuento de aerobios), debe contener menos de 100 UFC/mL.

#### •Endotoxinas

Las endotoxinas son productos biológicamente activos que forman parte de la membrana externa de los gérmenes Gram negativos. Las endotoxinas son capaces de pasar, a través del dializador, desde el líquido de diálisis a la sangre y provocar una situación inflamatoria crónica en el paciente, por lo cual deben controlarse.

El contenido de endotoxinas en el agua para hemodiálisis no debe exceder las 0,25 UE/mL, según especifican prácticamente todas las Normativas y Farmacopeas.

#### •Conductividad

Según la Farmacopea y las Guías Europeas, el agua para la fabricación del líquido de diálisis deberá tener una conductividad máxima de 4,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 20° C. Otras legislaciones pueden exigir conductividades máximas de 1,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En lugares donde el agua de aporte sea muy dura, de forma transitoria, se puede admitir conductividades hasta 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Farmacopea Europea).

#### •Agua purificada y altamente purificada

En algunos países, para establecer las características del agua para la fabricación del líquido de diálisis se hace referencia a calidades standard de agua utilizada en la industria farmacéutica:

-Agua purificada

-Agua altamente purificada (esta última solamente se contempla en la Farmacopea Europea)

#### Diseño del circuito de agua

El diseño del circuito de agua para hemodiálisis debe contemplar siempre los siguientes conceptos básicos:

-El tratamiento del agua para alcanzar los niveles de calidad requeridos.

-La posible acumulación del agua tratada

-La circulación del agua tratada hasta los puntos de consumo

No será posible definir un único tratamiento de agua igual para todas las unidades de diálisis, pues depende de la calidad química y bacteriológica del agua de aporte. No obstante, en líneas generales, el tratamiento deberá ser capaz de suministrar la calidad de agua requerida y deberá disponer de los sistemas de seguridad necesarios para evitar que en caso de avería de algún componente, la planta quede por completo fuera de servicio.

Para obtener la calidad de agua requerida y la eliminación de sales y contaminantes, uno de los sistemas más adecuados es mediante ósmosis inversa. La membrana de ósmosis inversa retiene iones, bacterias, virus y endotoxinas y, por consiguiente, es un tratamiento ideal para el agua para la fabricación del líquido de diálisis. En la mayoría de los casos después de este primer tratamiento mediante ósmosis inversa, para alcanzar los niveles de eliminación de sales requeridos, así como para garantizar la seguridad de la instalación se precisará un tratamiento complementario adicional como una segunda etapa de ósmosis inversa, una electrodesionización, una desinfección por radiación ultravioleta, una ultrafiltración, etc.

El agua una vez tratada puede acumularse para satisfacer posteriormente los consumos requeridos. El almacenamiento de agua es un concepto importante a considerar ya que introduce la necesidad de garantizar su calidad y desinfección.

Cuando existan depósitos de agua tratada deberán estar herméticamente cerrados, ser opacos, preferiblemente de acero inoxidable, con base cónica y salida de agua por la parte inferior y con un filtro absoluto de aireación antibacteriano de 0,2  $\mu\text{m}$ . El agua acumulada es muy susceptible de contaminación microbiológica, por ello la tendencia actual es a suprimir los depósitos de acumulación. En este caso el tratamiento del agua debe ser capaz de proporcionar el caudal requerido para la hemodiálisis.

Una vez tratada, el agua se debe distribuir directamente a los puestos de consumo retornando la sobrante a la entrada del tratamiento. El sistema de tuberías y fontanería debe diseñarse para prevenir la contaminación bacteriana y debe poder ser fácilmente desinfectado.

El agua desmineralizada es muy corrosiva. La red de distribución debe estar realizada con materiales resistentes a la corrosión y que no modifiquen las características del agua. Generalmente se usa tubo continuo sin empalmes, con la menor longitud posible. EL material normalmente empleado es acero inoxidable AISI 316 L o el PVDF. El agua debe circular a una velocidad suficiente ( $> 1 \text{ m/seg}$ ) para minimizar los riesgos de contaminación y formación de biocapas.

### Tratamiento del agua

Tal y como se ha indicado anteriormente, la primera etapa del tratamiento del agua consiste prácticamente siempre en una desalinización mediante ósmosis inversa.

Los equipos de ósmosis inversa requieren un pre-tratamiento adecuado para evitar que la concentración de sales que se produce en el módulo de ósmosis inversa forme depósitos sobre la membrana que impidan su correcto funcionamiento.

El diseño del pre-tratamiento depende de las características físico-químicas y microbiológicas del agua de aporte; no obstante generalmente comprende:

- Una filtración de protección para evitar el paso de partículas en suspensión.
- Una protección frente a incrustaciones calcáreas.
- Una decoloración para evitar que el cloro u otros oxidantes accedan a las membranas de ósmosis inversa
- Diversos sistemas de seguridad y control.

#### a)Filtración de protección

La primera etapa del pre-tratamiento consiste en una filtración de protección que evite el paso de partículas en suspensión al resto del circuito y a la membrana de ósmosis inversa. Esta filtración puede realizarse mediante un filtro de malla autolimpiante (por higiene, no son tan recomendables, los filtros cuya malla debe ser periódicamente sustituida), no obstante, generalmente se utilizan filtros multiestrato.

Los filtros multiestrato permiten una mayor y mejor retención de impurezas (hasta aproximadamente 5  $\mu\text{m}$ ) y son adecuados incluso si el agua de red se suministra puntualmente con mayor abundancia de partículas en suspensión.

Para una mejor protección del circuito y para garantizar el funcionamiento de la planta es aconsejable instalar dos filtros en paralelo, cada uno de los cuales sea capaz de tratar todo el caudal de aporte a la planta.

De esta forma en funcionamiento normal cada filtro filtrará a mitad de velocidad (con un rendimiento superior) y en caso de avería de uno de ellos el otro proporcionaría temporalmente todo el caudal requerido (a mayor velocidad).

#### b)Protección frente a incrustaciones calcáreas

Para la prevención de incrustaciones calcáreas en las membranas de ósmosis inversa, se utilizan normalmente equipos de descalcificación mediante resinas de intercambio iónico, los cuales han sido ya anteriormente descritos.

Considerando que durante el proceso de regeneración el descalcificador no puede suministrar agua descalcificada (lo cual en una unidad de hemodiálisis puede representar un importante problema), para una mejor protección continua del circuito y para garantizar el funcionamiento de la planta se acostumbra a utilizar descalcificadores de doble columna trabajando en alternancia. Cuando una columna está agotada, entra en fase de regeneración y la otra entra en fase de servicio. Cuando la columna que se está regenerando finaliza este proceso se queda en espera y así sucesivamente.

Este sistema tiene la ventaja de que en caso de avería de una columna siempre es posible trabajar temporalmente sólo con la otra.

Es aconsejable que cada descalcificador incorpore un dispositivo que permite efectuar una desinfección automática de las resinas en cada regeneración de acuerdo con la Norma ISO 26722, apartado 4.2.1.3.

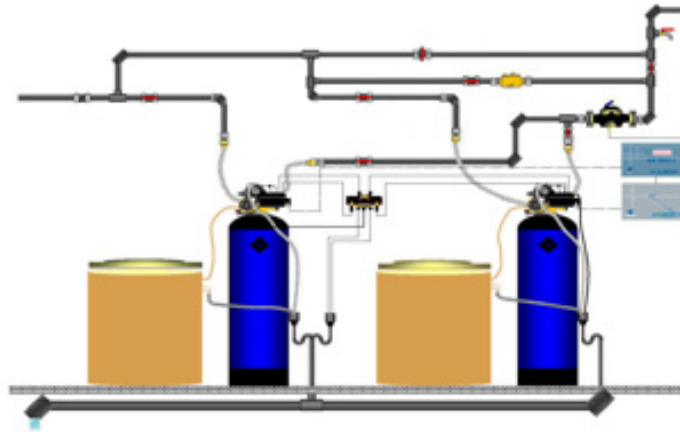


Fig. 44 – Equipos de descalcificación con doble columna en alternancia  
CILLIT BA PILOT Y CILLIT BA DUO

### c)Decloración

Las membranas de ósmosis inversa normalmente son de poliamida y no resisten concentraciones significativas de cloro u otros oxidantes. Por ello, para su protección se hace inevitable eliminar el cloro libre o combinado que contiene el agua de la red.

La eliminación del cloro puede efectuarse por diversos procedimientos, como por ejemplo, la adición de un producto reductor, no obstante en el tratamiento del agua para hemodiálisis, normalmente se realiza mediante carbón activo.

El carbón activo realiza las siguientes funciones de protección:

- Elimina la materia orgánica por adsorción sobre su superficie.
- Elimina el cloro libre por reacción química de reducción
- Elimina en forma muy importante el cloro combinado (generalmente la eliminación no es completa, pero es suficiente para el proceso)

El carbón activo utilizado debe ser de alta calidad, con un índice de yodo superior a 900 mg/g, conforme a lo prescrito en la Norma ISO 26722, apartado 4.2.8.



A la salida del tratamiento se debe instalar un dispositivo de control del valor de cloro residual (por ejemplo, mediante potencial redox) capaz de activar una alarma en caso de que, por cualquier anomalía, se detectara cloro posteriormente a los decloradores (conforme a lo prescrito en la Norma ISO 26722, apartado 4.2.8).

Para optimar el funcionamiento de esta etapa y, como en los pasos anteriores, para garantizar el funcionamiento de la planta es aconsejable instalar dos decloradores. En esta aplicación, generalmente los dos decloradores se instalan normalmente en serie.



Fig. 45 – Equipo de decloración con doble columna en serie  
CILLIT FILTROMAT PLUS CA

El funcionamiento de los dos equipos en serie ofrece las siguientes ventajas:

- Mayor capacidad de decloración especialmente cuando el agua de aporte puede contener elevadas concentraciones de cloro como consecuencia de desinfecciones de choque.
- Mayor eliminación de cloraminas.
- Seguridad en el tratamiento. Si la capacidad de decloración del carbón activo del primer filtro se agota el segundo actuará como elemento de seguridad.
- Seguridad frente a averías. Si un declorador no funciona el sistema puede continuar trabajando con el otro.

#### d) Ósmosis inversa

Una vez el agua ha sido correctamente preparada en el pre-tratamiento, se efectúa una etapa de reducción de sales mediante ósmosis inversa. La membrana de ósmosis inversa retiene un elevado porcentaje (como promedio, superior al 97 %) de los contaminantes presentes en el agua; además evita el paso de bacterias, virus y endotoxinas.

En función de la calidad del agua de aporte, con una única etapa de ósmosis inversa en muchos casos sería posible obtener la calidad de agua requerida para su uso en hemodiálisis, no obstante la seguridad de la instalación aconseja la introducción de una segunda etapa de purificación que actúe como afino y como sistema de seguridad ante cualquier incidencia.

Esta segunda etapa se realiza normalmente con una segunda ósmosis inversa o, preferiblemente, con una ósmosis inversa de doble etapa.



Fig. 46 – Equipo de bi-ósmosis para hemodiálisis  
CILLIT GIGA BIÓSMOSIS

Los equipos de bi-ósmosis realizan la desalinización del agua mediante una doble etapa de ósmosis inversa que, cuando se diseñan para su uso en hemodiálisis, está siempre preparada para poder funcionar, a discreción del operador, en paralelo con la primera etapa, en alternancia temporizada o bien en serie, para producir un agua de baja salinidad y alta calidad microbiológica.

Pueden funcionar con salida a depósito de acumulación o bien sin depósito en un bucle continuo; en este último caso el permeado fluye continuamente a través del circuito de agua para hemodiálisis y recircula a la entrada del equipo.



Fig. 47 – Esquema de funcionamiento de una bi-ósmosis inversa

Las ventajas de utilizar un sistema de ósmosis inversa de doble etapa son:

- El rendimiento de la segunda etapa es del 100 % ya que el concentrado se recircula a la alimentación de la primera.
- Se consigue una reducción de contaminantes muy elevada.
- La retención de bacterias y endotoxinas es prácticamente total.
- La seguridad del sistema es mucho más elevada. Cualquier bacteria que, por algún motivo, atravesase la primera etapa, quedará retenida en la segunda.
- En caso de avería de un componente, el equipo puede quedar en funcionamiento temporal con una única etapa de ósmosis inversa.

### Certificación

Los equipos de ósmosis inversa para hemodiálisis están generalmente considerados como “equipo médico” y por consiguiente, deben disponer del certificado como “Medical device” de acuerdo con la Directiva Europea 93/42/CEE.

### Acumulación y post-tratamientos

Tal y como se ha indicado anteriormente, es preferible no acumular el agua para hemodiálisis; no obstante en algunos casos puede ser necesario.

Cuando el agua se acumula o bien si se desea incorporar una seguridad adicional, es posible instalar un sistema de desinfección mediante radiación ultravioleta seguido de un filtro absoluto de 0,2 micras.

La desinfección por radiación ultravioleta se realiza en el bucle de distribución mediante una lámpara UV, teniendo en consideración que para garantizar la desinfección es preciso disponer de:

- Una dosis de radiación mínima de 400 J/m<sup>2</sup> para garantizar la desinfección del agua de acuerdo con la Norma ISO 26722, apartado 4.2.13.3 y la Norma UNE-EN 14897, apartado 4.1
- Un sensor de radiación que garantice la intensidad de radiación emitida por la lámpara (de acuerdo con la Norma ISO 26722, apartado 4.2.13.3 y la Norma UNE-EN 14897, apartado 4.2).
- Una construcción en calidad “Farma” (AISI 316 L, conexiones Tri-clamp, electropulido, etc.)



**Fig. 48 – Equipo de desinfección por radiación UV para hemodiálisis**

Cuando se realiza una desinfección por radiación ultravioleta es preciso considerar siempre que si bien la radiación UV desactiva las bacterias presentes, actúa asimismo sobre la membrana celular y aumenta el nivel de endotoxinas. Por ello, la utilización de un equipo de desinfección por radiación ultravioleta debe ir siempre acompañada de un filtro posterior de 0,2 micras (o de un sistema de ultrafiltración) que garantice la retención de endotoxinas (de acuerdo con la Norma ISO 26722, apartado 4.2.13.3 y 4.2.12). El equipo debe estar construido en materiales (generalmente acero inoxidable AISI 316 L electropulido) y con conexiones (tipo clamp) adecuadas para minimizar el riesgo de contaminación microbológica.

### **Sanitización**

El bucle de agua para las unidades de diálisis debe sanitizarse periódicamente.

Esta posibilidad está normalmente contemplada en el sistema de control de los equipos de ósmosis inversa para hemodiálisis, los cuales disponen generalmente de un programa de sanitización.

Durante el programa de sanitización, el sistema de control regula la adición de un biocida durante el tiempo necesario para efectuar la sanitización y realiza un enjuague posterior.

Asimismo supervisa el potencial redox del agua de retorno del bucle para verificar que el enjuague sea completo y que no puedan existir restos de desinfectante que se envíen a consumo.

### **Laboratorios**

En los laboratorios en los hospitales, se precisa generalmente una calidad de agua de elevada pureza, tanto química como microbiológica, en función de su aplicación. La principal normativa utilizada es:

## Agua para laboratorios

### ISO 3696

Agua para uso en análisis de laboratorio. Especificación y métodos de ensayo.

#### Tratamiento:

El tratamiento se realiza en función de la calidad del agua de aporte.

De acuerdo con lo anterior en la calidad del agua para laboratorios, debe considerarse:

-Instalar un sistema de desalinización y descontaminación del agua generalmente mediante electrodesionización, con su correspondiente pre-tratamiento.

## 5.6.- Aplicaciones para laboratorios. Agua ultrapura.

En algunos casos, principalmente en los laboratorios en los hospitales, se precisa una calidad de agua superior a la que proporciona un equipo de ósmosis inversa.

Para este tipo de aplicaciones se encuentran definidos determinados tipos de aguas:

#### -Tipo 1

Es un agua muy libre de contaminantes disueltos coloidales y orgánicos. Es adecuada para los requisitos analíticos más exigentes, incluyendo los de la cromatografía líquida de alto rendimiento.

#### -Tipo 2

Es un agua con un bajo nivel de contaminantes inorgánicos, orgánicos o coloidales, adecuada para fines analíticos sensibles.

#### -Tipo 3

Agua adecuada para la mayoría de trabajos de química de laboratorio y para la preparación de soluciones de reactivos.

Las especificaciones de cada tipo pueden variar en función de la Norma que se aplique: ISO, ASTM, etc. Se reproducen a continuación las especificaciones más aplicadas:

	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Valor de pH a 25 °C	N/A	N/A	5,0-7,5
Conductividad eléctrica máx. a 25 °C ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).	0,1	1,0	5,0
Materia oxidable. Contenido máx. de oxígeno (mg/L).	N/A	0,08	0,4
Absorbancia máx. a 254 nm en cubeta de 1 cm de espesor	0,001	0,01	N/A
Residuos máx. tras la evaporación al calentar a 110 °C (mg/kg)	N/A	1	2
Contenido máx. de sílice $\text{SiO}_2$ (mg/L).	0,01	0,02	N/A

Cuando se controlar la contaminación microbiológica, generalmente se aplican los siguientes valores

Recuento total de aerobios (ufc/100 mL)	1	10	1000
Endotoxinas máx. (IU/mL)	0,03	0,25	N/A

El agua de Tipo 3 es la de menor exigencias y se puede producir normalmente mediante equipos de ósmosis inversa o desmineralización.

El agua de tipo 2 requiere generalmente equipos de electrodesionización los cuales partiendo de un agua osmotizada son capaces de proporcionar un agua ultrapura que cumple con las especificaciones requeridas, e incluso, en algunos casos cumple con las del tipo 1.

Estos equipos hacen pasar el agua previamente osmotizada a través de un campo eléctrico, el cual conjuntamente con unas membranas selectivas, separa los iones positivos y negativos del agua tratada, obteniéndose una agua ultrapura.

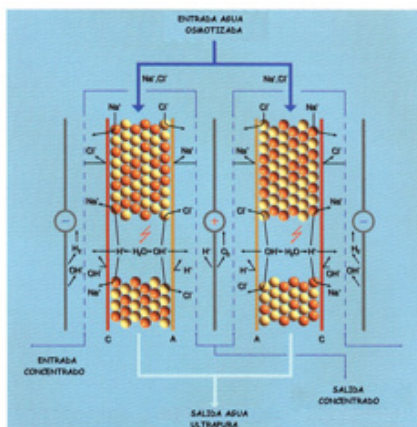


Fig. 49 – Principio de funcionamiento del módulo de electrodesionización

Los módulos están constituidos por membranas en espiral sobre un electrodo y separadas entre sí por un lecho de resinas intercambiadoras de iones. El contra-electrodo cierra externamente el arrollamiento de la membrana. Las cámaras están selladas por resina inerte sintética que asegura la estanqueidad.



Fig. 50– Equipos de electrodesionización para producción de agua de tipo 2 SEPTRON LINE

La aplicación de este sistema de electrodesionización proporciona las siguientes ventajas:

- Combinación de las ventajas de la electrodiálisis y los lechos mixtos de resina en un único módulo.
- Suministro continuo de agua ultrapura sin ningún consumo de reactivo.
- Elevado grado de desionización con una reducida superficie de membrana.
- Eliminación óptima de CO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub> y TOC sin reactivos auxiliares.
- Elevada eficiencia bactericida.
- Construcción modular compacta.
- Bajo consumo eléctrico.
- Rendimiento del módulo de electrodesionización del 100 %.

El agua de tipo 1 se requiere normalmente en pequeñas cantidades y se produce generalmente mediante un tratamiento adicional del agua de tipo 2 para ajustar su conductividad y una ultrafiltración para microorganismos y endotoxinas (si se requiere).



Fig. 51 – Equipo para producción de agua de tipo 1  
CILLIT ARIUM

## 6.- Mantenimiento de los circuitos.

En los apartados anteriores se han descrito las diversas calidades de agua que se requieren en un hospital y los tratamientos necesarios para obtenerlas. No obstante además de lo indicado, debe considerarse que el mantenimiento de los equipos es un concepto esencial para garantizar su buen funcionamiento y la higiene sanitaria que debe exigirse en las instalaciones de un hospital.

En los circuitos de riesgo de legionelosis, con la periodicidad indicada en el RD 865/2003 y en la Guía Técnica, se deberá efectuar una limpieza y una revisión general del funcionamiento de la instalación, incluyendo todos los elementos y sistemas utilizados para el tratamiento de agua. Se debe revisar siempre el estado de conservación y limpieza de la instalación, con el fin de detectar la presencia de sedimentos, incrustaciones, procesos de corrosión y cualquier otro elemento que pueda alterar su buen funcionamiento.

Si se detecta algún componente deteriorado se debe proceder a su reparación o sustitución. Asimismo si existen procesos de incrustaciones calcáreas y/o de corrosión se sustituirá el elemento afectado y, conjuntamente, se debe realizar, si es preciso, un tratamiento preventivo adecuado para evitar que estos procesos vuelvan a reproducirse.

La Orden Ministerial SCO/317/2003 establece la formación mínima de que debe disponer todo el personal que realice operaciones de mantenimiento en instalaciones de riesgo de legionelosis:

### **Mantenimiento SCO/317/2003**

Todo el personal que trabaje en operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario, pertenezca a una entidad o servicio externo contratado o bien sea personal propio de la empresa titular de la instalación, debe disponer de un nivel de conocimientos suficientes para realizar esta función. Además deberán superar los correspondientes cursos de formación, que contengan como mínimo las materias contempladas en el anexo de la presente Orden (Ap. segundo – Ámbito de aplicación).

En el resto de instalaciones no contempladas en el RD 865/2003 se deben aplicar los conceptos descritos en la Norma UNE-EN 15161.

### **Mantenimiento UNE-EN 15161**

Equipo de acondicionamiento del agua en el interior de los edificios Instalación, funcionamiento, mantenimiento y reparación

En un hospital, es imprescindible conocer las características de cada tipo de circuito, la calidad del agua requerida, los tratamientos a efectuar, y también el mantenimiento exigible para mantenerlo en perfecto estado de funcionamiento y para garantizar una calidad adecuada conforme a la legislación vigente.





**Cilit, S.A.**

Silici, 71-73. Pol. Ind. de l'Est.  
08940 Cornellà de Llobregat  
Barcelona  
T. + 34 93 474 04 94 F. + 34 93 474 47 30  
info@cilil.com

[www.cilil.com](http://www.cilil.com)

