

CAPÍTULO 2

AGUA FRÍA DE CONSUMO HUMANO

1. INTRODUCCIÓN

Las instalaciones de agua fría de consumo humano son esenciales en la vida actual. Están constituidas por diversos elementos como depósitos, tuberías, accesorios, etc. que deben estar en perfectas condiciones para garantizar que en su interior no se produzca un desarrollo microbiano. Estas instalaciones están contempladas en el Real Decreto 865/2003 para la prevención y control de la legionelosis y concretamente están catalogadas como una instalación de “menor probabilidad de proliferación y dispersión de *Legionella*”.

Las instalaciones de agua fría de consumo humano que no dispongan de elementos que produzcan aerosoles se puede considerar que están fuera del ámbito de aplicación del Real Decreto, incluso esta exclusión se podría aplicar si únicamente disponen de grifos; pero por ser una instalación susceptible de crear hábitats adecuados para el desarrollo de *Legionella*, es recomendable, al menos, realizar una analítica de *Legionella* anual y en caso de detectar presencia, realizar una limpieza y desinfección según protocolos del Anexo 3 del Real Decreto 865/2003.

2. EVOLUCIÓN TÉCNICA

Los circuitos de agua fría de consumo humano se remontan a épocas muy antiguas y han ido evolucionando con el transcurso de los años. Los materiales empleados también han presentado una importante evolución hasta la época actual desde las antiguas tuberías en acero y plomo hasta las más modernas en diversos materiales plásticos.

3. DESCRIPCIÓN

Los circuitos de agua fría de consumo humano pueden ser muy variables, no obstante, en líneas generales, están constituidos por un sistema de aporte de agua, un posible depósito de acumulación y una red de distribución. En esta red generalmente se encuentran elementos como grifos y, especialmente, duchas que pueden producir una pulverización del agua y la formación de aerosoles.

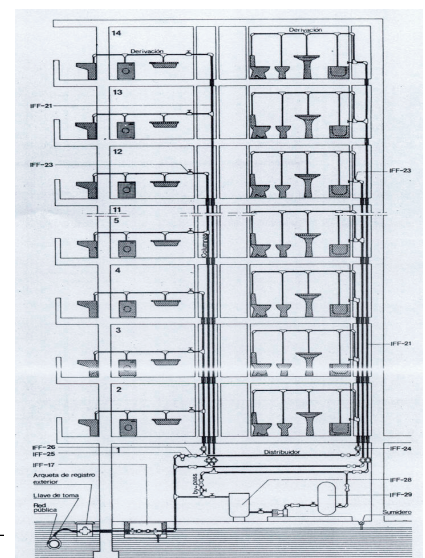
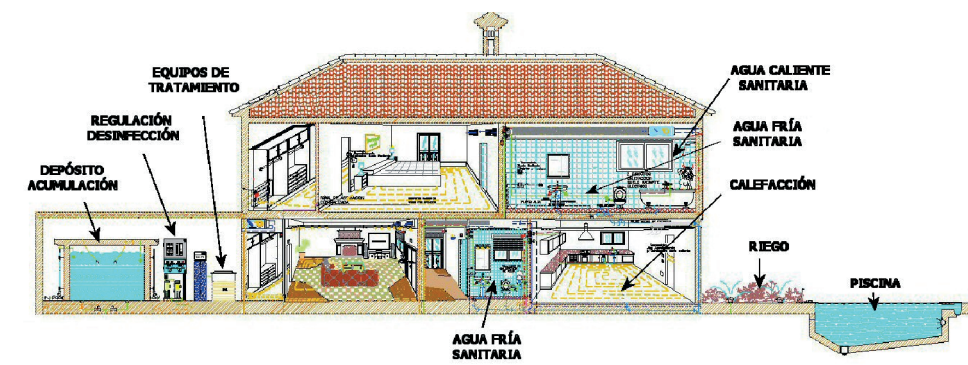


Figura 1. Diversos esquemas de circuitos de agua

En la figura 1 pueden verse esquemas de los principales circuitos de agua en un edificio que puede ser destinado a diferentes usos: hotel, vivienda, residencia de ancianos, hospital.

4. CRITERIOS TÉCNICOS Y PROTOCOLOS DE ACTUACION

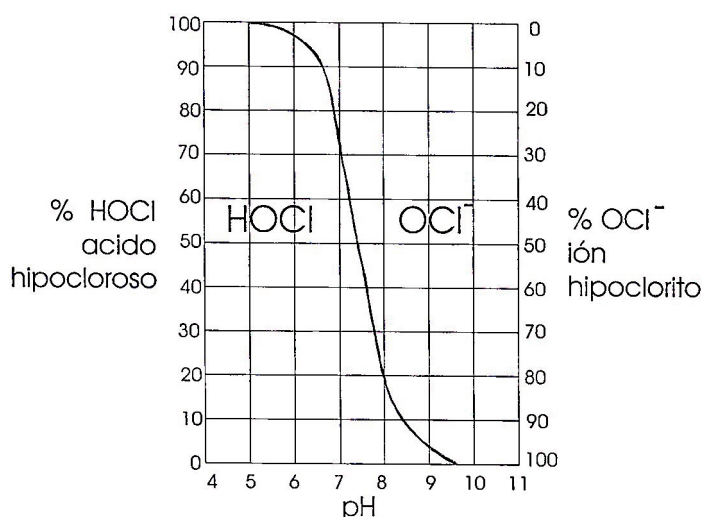
En los circuitos de agua fría de consumo humano, los criterios de actuación se deben basar, por una parte, en controlar y garantizar la calidad microbiológica en el agua de consumo cuando existan depósitos de acumulación y, por otra parte, en conservar en perfecto estado la red de distribución evitando procesos de incrustaciones calcáreas y/o corrosión.

El agua de la red de abastecimiento público cumple con la legislación vigente y posee generalmente un desinfectante residual que la protege de la contaminación microbiológica; no obstante, se debe tener presente que cuando existe un depósito de acumulación, los gases disueltos en el agua (cloro y dióxido de carbono) se irán evaporando progresivamente hasta que desaparezcan por completo. Este efecto se acentuará en épocas de altas temperaturas.

En todas aquellas instalaciones donde el agua se desinfecte con cloro y en las que exista un depósito de acumulación se debe tener presente este concepto ya que, a pesar de que el agua de aporte se suministre clorada, es imprescindible realizar un control y una regulación del valor de cloro residual y ajustar dicho valor en caso necesario, para poder garantizar la desinfección del agua.

Asimismo, en un depósito de acumulación, el agua también pierde progresivamente el gas carbónico que lleva disuelto con lo cual el valor del pH se eleva. Si se utiliza cloro/hipoclorito para la desinfección; este dato debe tenerse igualmente en cuenta ya que la eficacia de la desinfección mediante cloro depende del valor del pH del agua.

El cloro disuelto en el agua se encuentra principalmente en forma de ácido hipocloroso e ión hipoclorito. Ambas formas están en equilibrio, pero la capacidad desinfectante del ácido hipocloroso (también llamado cloro activo) es bastante mayor que la del ión hipoclorito. En función del valor del pH del agua este equilibrio se desplaza según puede verse en la figura 2:



Curva de ionización del HClO en función del pH (a 20 °C)

Figura 2. Curva de ionización del ácido hipocloroso en función del pH (a 20 °C)

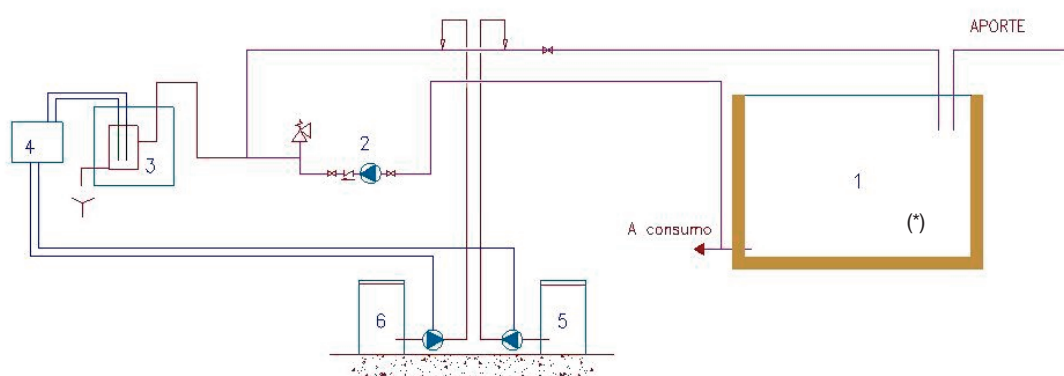
Teniendo en cuenta que la forma desinfectante es el ácido hipocloroso, a pH = 7,0 aproximadamente el 75 % del cloro libre está en forma de ácido hipocloroso, con un buen efecto de desinfección, mientras que a pH = 8,0 solamente el 20% del cloro libre está en forma de ácido hipocloroso, con una desinfección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

Si el pH del agua es elevado (por ejemplo, 8,0) se deben usar elevadas dosis de cloro con un importante riesgo de que se produzcan procesos de corrosión y de que se formen cantidades importantes de derivados clorados.

Así pues, en todo sistema de desinfección basado en cloro/hipoclorito es preferible disponer además de un control y de una regulación del valor del pH del 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 una bomba dosificadora que inyecte hipoclorito sódico y, cuando sea preciso, un ácido hasta conseguir el valor deseado. Para conseguir 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 como puede observarse en el ejemplo de la figura 3.

En algunos casos el sistema de control se establece únicamente para la regulación del cloro residual y el pH del agua se analiza periódicamente.



- 1 DEPÓSITO DE ACUMULACION DE AGUA
- 2 GRUPO DE BOMBEO PARA RECIRCULACION DE AGUA DEL DEPÓSITO
- 3 PANEL DE MEDIDA DEL VALOR DE pH Y CLORO RESIDUAL
- 4 UNIDAD DE CONTROL
- 5 ESTACION DOSIFICADORA DE HIPOCLORITO SÓDICO
- 6 ESTACION DOSIFICADORA DE CORRECTOR DE pH

(*) La ubicación más adecuada del punto de retorno de recirculación respecto al depósito debe ser estudiada para cada caso particular.

Figura 3. Ejemplo de sistemas de control de cloro y pH en un circuito con recirculación

Además de garantizar la correcta desinfección del agua, en todos los circuitos debe comprobarse regularmente que no existan procesos de corrosión ni de formación de incrustaciones calcáreas.

Los óxidos formados en los procesos de corrosión actúan como nutrientes y favorecen la formación de una biocapa donde puede proliferar *Legionella*. Del mismo modo las incrustaciones calcáreas ofrecen un lugar adecuado para el desarrollo de microorganismos. La elevación de la temperatura y/o la dosificación de biocidas pueden reducir su efectividad en presencia de lodos y/o de incrustaciones.

La presencia de partículas en suspensión en el agua de aporte favorece los procesos de corrosión por aireación diferencial, por lo cual se debe evitar su entrada al circuito mediante un sistema de filtración.

Es muy importante además mantener la temperatura del agua fría siempre que las condiciones climáticas lo permitan, por debajo de 20 °C. *Legionella* se encuentra en estado latente a temperaturas inferiores a 20 °C; de 20 °C a 45 °C se multiplica activamente, a partir de 50 °C no se multiplica y por encima de 70 °C muere, tal y como se muestra en la figura 1 del capítulo 1, sobre ecología y biología de *Legionella*.

Los productos y equipos de tratamiento del agua deberán cumplir las condiciones establecidas por el Real Decreto 140/2003.

4.1. Fase de diseño

En la fase de diseño deben considerarse siempre los siguientes conceptos:

- Se debe garantizar la total estanqueidad y la correcta circulación del agua, evitando su estancamiento, así como disponer de suficientes puntos de purga para vaciar completamente la instalación, que estarán dimensionados para permitir la eliminación completa de los sedimentos.
- Si existe depósito de acumulación de agua, se debe garantizar que ésta mantenga un valor mínimo de desinfectante residual. Si es preciso se debe establecer un circuito de recirculación con un control automático de la concentración de cloro o cloro/pH según se ha indicado en el apartado anterior.
- Los equipos deben ser fácilmente accesibles para su inspección, limpieza, desinfección y toma de muestras.
- Según la norma UNE 100030 sobre prevención de la legionelosis, cuando exista necesidad de acumulación de agua fría se deberían instalar dos depósitos en paralelo, por lo menos, para permitir la limpieza de uno mientras el otro, o los demás, están en servicio.
- Si la instalación interior de agua fría de consumo humano dispone de depósitos, éstos estarán tapados con una cubierta impermeable que ajuste perfectamente y que permita el acceso al interior. Si se encuentran situados al aire libre estarán térmicamente aislados. Los depósitos deberán instalarse por encima del nivel del alcantarillado y dispondrán de desagüe que permita su total vaciado. Si por necesidades de proyecto los depósitos se ubican por debajo de nivel de la red de alcantarillado, deberán disponer de sistemas de bombeo que permitan vaciar totalmente la instalación. La descarga del agua potable a la red de alcantarillado se realizara de forma que no exista conexión física entre ambas redes, ver el esquema de la figura 4.

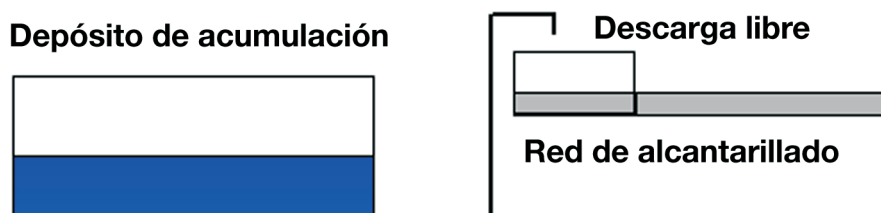


Figura 4. Esquema de descarga de agua a la red de alcantarillado

Esta fase incluirá:

- Selección de materiales.
- Filtración de protección.
- Prevención de incrustaciones calcáreas:
 - Descalcificación por intercambio iónico.
 - Dosificación de inhibidores de incrustaciones.
 - Aplicación de equipos físicos.
- Prevención de procesos de la corrosión:
 - Materiales.
 - Modificación de la composición química del agua.
 - Adición de inhibidores de corrosión.
 - Protección catódica.

4.1.1 Selección de materiales

Se deben utilizar materiales en contacto con el agua de consumo humano, capaces de resistir una desinfección mediante elevadas concentraciones de cloro o de otros desinfectantes o por elevación de temperatura, evitando aquellos que favorezcan el crecimiento microbiano y la formación de biocapa en el

interior de las tuberías. Además, estos materiales deberán cumplir con lo establecido en el artículo 14 del Real Decreto 140/2003.

En la tabla 1, se ofrece un resumen no exhaustivo comparativo de los principales materiales utilizados.

Tabla 1. Criterios de selección de materiales

	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Acero galvanizado	Instalación sencilla. Disponibilidad de grandes diámetros.	Pérdidas de carga muy importantes en la red cuando se produce corrosión o calcáreos en el depósitos interior. La presencia de iones cobre en el agua favorece la corrosión galvánica. La desinfección química es poco eficaz en canalizaciones corroídas. Los productos de corrosión favorecen el crecimiento microbiano.
Cobre	Instalación sencilla. Admite desinfección térmica, por cloro y peróxidos. Limita la formación de biocapa por la acción bactericida de contacto.	Es difícil encontrar materiales normalizados para dimensiones grandes. Posibilidad de corrosión por “erosión/cavitación” en tubos recalentados mucho tiempo.
Acero inoxidable AISI 304/304L	Adaptado a aguas corrosivas y agresivas. Soporta la desinfección química (mejor con peróxidos).	Coste elevado. Instalación difícil, solo personal cualificado. La instalación se debe pasivar. La presencia de cantidades significativas de cloruros (> 200 mg/l) favorece los procesos de corrosión. Los productos de corrosión favorecen el crecimiento microbiano.
Acero inoxidable AISI 316/316L	Adaptado a aguas corrosivas y agresivas. Soporta la desinfección química (mejor con peróxidos).	Coste muy elevado. Instalación difícil, solo personal cualificado. La instalación se debe pasivar. Los productos de corrosión favorecen el crecimiento microbiano.
Polivinil-cloruro (PVC)	Admite bien las aguas corrosivas. Material muy resistente. Material autoextinguible. Soporta la desinfección química (cloro y peróxidos).	Coste medio. Puede ser poco resistente al calor (> 60 °C) pero esto no es un inconveniente en los circuitos de agua fría de consumo humano. Produce gases tóxicos si se quema. Su eliminación inadecuada puede perjudicar el medioambiente.
Polietileno (PE) y Polietileno de alta densidad (PEHD)	Admiten bien las aguas corrosivas. Soporta la desinfección química (cloro y peróxidos) especialmente el de alta densidad. Muy fácil instalación.	Coste medio. Puede ser poco resistente al calor pero esto no es un inconveniente en los circuitos de agua fría de consumo humano.
Polibutileno (PB) y polipropileno (PP)	Admiten bien las aguas corrosivas. Soporta la desinfección térmica y química (cloro y peróxidos). No se fragiliza, permite su limpieza.	Coste elevado. No produce llama pero si humos. No es autoextinguible.

4.1.2 Filtración de protección

Un primer paso para la protección de cualquier circuito de agua es evitar la entrada de partículas en suspensión.

Si bien las compañías suministradoras filtran correctamente el agua en cabecera, el camino recorrido por el agua desde la planta potabilizadora hasta el punto de consumo generalmente es largo e incluye kilómetros de tubería, en los cuales frecuentemente se realizan reparaciones para sustituir tramos de tuberías viejas o perforadas, realizar conexiones de nuevos usuarios, o ampliar la red de distribución. En todos estos trabajos se excava y remueve la tierra que rodea la tubería produciéndose, en mayor o en menor grado, la entrada accidental en ella de partículas minerales u orgánicas de todo tipo que posteriormente llegan hasta el usuario.

Las redes de distribución pueden acumular además materiales depositados en la superficie interna de la tubería, formando capas conjuntamente con incrustaciones calcáreas o de óxidos generados por los procesos de corrosión. De estas capas se irán desprendiendo partículas, por la acción de los cambios de temperatura, dilatación de la tubería, por las bruscas oscilaciones de la presión hidráulica de la red de distribución, golpes de ariete, etc. las cuales finalmente llegarán hasta la instalación del usuario.

Estas partículas pueden ser causa de obstrucciones en grifería, además facilitan la formación de biocapa y lo que es más importante, pueden producir importantes procesos de corrosión por aireación diferencial.

Este tipo de corrosión por aireación diferencial se produce cuando una partícula extraña normalmente arrastrada por el agua se deposita sobre la superficie interna de una tubería metálica. Cuando esto sucede se origina un proceso de aireación diferencial entre la superficie cubierta por la partícula, y el resto de superficie metálica de la tubería que conduce a un proceso de corrosión.

El agua contiene una pequeña cantidad de oxígeno disuelto en ella. Este oxígeno provoca la oxidación de la superficie interna del tubo; este proceso se observa muy fácilmente, por ejemplo, en los tubos de cobre donde el color de la capa oxidada (más oscura) contrasta con el color del metal sin oxidar (más brillante). A pesar de este proceso, si esta capa de óxido es homogénea, es beneficiosa ya que forma una capa protectora que pasiva al metal impidiendo su corrosión; no obstante si existe una partícula depositada en la tubería, el oxígeno disuelto no puede llegar debajo de esa partícula con lo cual una parte del tubo queda sin oxidar.

Cuando dos metales distintos están en contacto directo, se produce una diferencia de potencial (micropila). Este fenómeno se utiliza ampliamente, en la fabricación de termopares, de termómetros de contacto, etc. No obstante, cuando además del contacto directo, existe agua entre los dos metales se produce una reacción electroquímica que conduce a la corrosión del metal más débil, el cual siempre será el metal no oxidado (ver Figura 6).

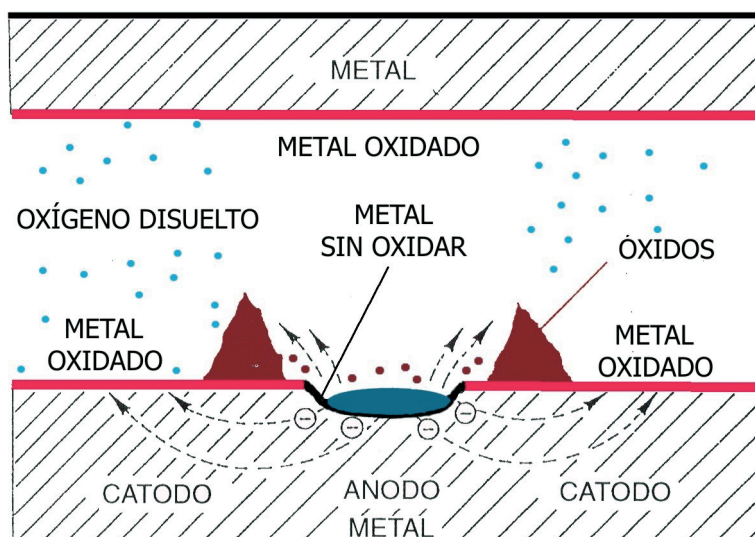


Figura 6. Corrosión por aireación diferencial

La diferencia de potencial generado por la pila así constituida conduce al desgaste del material metálico en la zona situada bajo la partícula, lo cual produce la perforación de la tubería.

La corrosión de punto es muy peligrosa ya que:

- Generalmente es asintomática ya que debido a su reducida superficie no aporta suficiente cantidad de metal al agua para que éste sea visible en el punto de consumo, por lo cual normalmente no da tiempo a tomar medidas ya que cuando la descubrimos, es precisamente por la aparición del poro.
- En esta reacción toda la corrosión se concentra en un punto por lo cual su velocidad será muy elevada.

Para evitar este tipo de procesos se debe instalar un sistema de filtración que evite el paso de partículas en suspensión.

El Real Decreto 865/2003 indica que en los circuitos de agua fría se debe instalar en el agua de aporte un sistema de filtración según la norma UNE-EN 13443-1.

Asimismo el informe UNE 112076 “Prevención de la corrosión en circuitos de agua” también indica que “la filtración del agua es un tratamiento imprescindible para evitar que puedan pasar partículas e impurezas sólidas a las tuberías. Se debe instalar un filtro con un tamaño de poro de 80 μm - 150 μm 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”.

4.1.3 Prevención de incrustaciones calcáreas

El agua que recibimos es siempre plenamente adecuada para su consumo, pero, en algunos casos puede tener un carácter incrustante o muy incrustante que favorece la formación de depósitos calcáreos en las tuberías e instalaciones (foto 1).



Foto 1. Tubería de agua fría con incrustaciones calcáreas

Estos depósitos favorecen la formación de biocapas y, por otra parte, actúan como un aislante produciendo un consumo excesivo de energía y reducen o incluso anulan la eficacia de los sistemas de desinfección tanto por adición de biocidas como por choque térmico.

Las incrustaciones están formadas por carbonatos de calcio e hidróxidos de magnesio en la mayoría de los casos, aunque ocasionalmente también incluyen productos de corrosión como óxidos e hidróxidos de hierro.

La capacidad incrustante de un agua depende principalmente de la concentración de iones calcio y magnesio. Para referirse a la cantidad de estos iones disueltos en el agua se ha desarrollado el término de dureza del agua.

Otros factores fisicoquímicos como la presencia de ión bicarbonato, la temperatura del agua y el pH determinan la posibilidad de formación de incrustaciones al influir en el equilibrio químico de los iones disueltos.

Para evaluar el carácter incrustante de un agua se han desarrollado varios índices que engloban los efectos combinados de todos estos parámetros.

Los índices de Langelier y Ryznar son indicadores del grado de saturación del carbonato de calcio en el agua, su cálculo se basa principalmente en el pH, alcalinidad y dureza. Si el índice de Langelier es positivo, el carbonato

de calcio puede precipitar y formar incrustaciones. En cuanto al índice de Ryznar, cuando presenta un valor de 6,0 o menor, el agua tiene tendencia incrustante, mientras que cuando el valor aumenta a valores superiores de 7,5 a 8,5, el agua tiene tendencia agresiva.

El agua se clasifica en función de su dureza, tal y como se especifica en la tabla 2. Esta clasificación esta basada en las diferentes unidades de medida más habituales.

Tabla 2. Grados de dureza del agua

	Grados franceses (TH o °f)	Grados alemanes (dGH o DH)	Grados ingleses (°e)	Grados americanos	mg/l carbonato cálcico	mmol/l
Muy blanda	0 a 9	0 a 5	0 a 6	0 a 5	0 a 89	0 a 0,9
Blanda	9 a 18	5 a 10	6 a 12,5	5 a 10,4	89 a 178	0,9 a 1,8
Semidura	18 a 36	10 a 20	12,5 a 25	10,4 a 21	178 a 356	1,8 a 3,6
Dura	36 a 54	20 a 30	25 a 37,5	21 a 31	356 a 534	3,6 a 5,4
Muy dura	más de 54	más de 30	más de 37,5	más de 31	más de 534	más de 5,4

En España se suelen usar los grados franceses, aunque actualmente se tiende a usar cada vez más los mg/l carbonato cálcico. En las normativas se suele expresar en mmol/l.

Siempre que nos encontremos ante un agua muy incrustante, es necesario realizar un tratamiento para evitar la formación de incrustaciones en el circuito. Los principales tratamientos utilizados son:

a) Descalcificación del agua por intercambio iónico

Es una técnica muy utilizada para consumos reducidos. La descalcificación utiliza 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.

Una vez agotada la capacidad de intercambio de la resina, ésta se regenera con una solución de cloruro sódico (sal común). Esta técnica permite eliminar la dureza del agua pero modifica su composición química incorporando iones sodio.

b) Dosificación de inhibidores de incrustaciones

En grandes instalaciones para la prevención de incrustaciones calcáreas es frecuente dosificar inhibidores de incrustaciones, generalmente basados en polifosfatos. Estos productos 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 dosificación de inhibidores de incrustaciones no elimina la dureza del agua, solamente evita que ésta incruste. Si el circuito dispone de aplicaciones específicas que requieran la reducción total o parcial de la dureza del agua como, por ejemplo, una caldera de vapor o una lavandería, esta técnica no es adecuada. En estos casos se podría realizar una dosificación general en el agua de aporte y una descalcificación en determinados servicios.

c) Aplicación de equipos físicos

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.

Su principio de funcionamiento puede ser muy variable, pero en general, se basa en la creación de una gran cantidad de núcleos de cristalización que permanecen en suspensión en el agua y que se repelen entre sí. Cuando el agua así tratada llega, por ejemplo, a un calentador en el cual la elevación de la temperatura produciría

la formación de incrustaciones, la cal que precipita no incrusta sobre las paredes sino que lo hace sobre estos núcleos los cuales se arrastran 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, si bien en este caso la composición química del agua permanece inalterada por completo.

4.1.4 Prevención de procesos de corrosión

La formación de procesos de corrosión (foto 2) es un factor muy importante que favorece el desarrollo de *Legionella*. Aparte de ser un elemento importante en el desarrollo de biocapas, el hierro actúa como un nutriente de *Legionella* favoreciendo su multiplicación.



Foto 2. Corrosión en una tubería

Existen diversos factores en una instalación que favorecen los procesos de corrosión, principalmente:

- La composición química del agua.
- La temperatura.
- Las características de la instalación.

Cuando se proyecte o realice una instalación de conducción de agua, se debe efectuar una correcta selección del material de las tuberías y, en general, de los circuitos, puesto que hay aguas cuya composición puede ser corrosiva para diferentes materiales.

Para determinar el mejor material el proyectista debe tomar en consideración siempre las siguientes premisas:

- Características del agua y determinación de su grado de agresividad frente a los diversos materiales existentes.
- Experiencia de las instalaciones ya realizadas en la misma zona y con el mismo tipo de agua.

Asimismo, se debe tener en consideración la Norma UNE 112076 “Prevención de la corrosión en circuitos de agua”. El tratamiento contra la corrosión deberá realizarse siempre en base a los conceptos anteriormente indicados. 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, 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 (desnitrificación), desalinización, etc.

c) Adición de inhibidores de corrosión

La utilización de inhibidores de corrosión tiene como objeto la formación de una capa protectora entre el metal de las instalaciones y el agua, con lo cual éste queda protegido. Normalmente actúan a dosis muy débiles y no modifican sensiblemente las características físico-químicas del agua. Se utilizan generalmente para la protección del acero galvanizado y del acero inoxidable.

Los inhibidores más empleados en el agua de consumo humano son los monofosfatos, los silicatos y los silicofosfatos. Estos productos forman compuestos insolubles, en algunos casos en combinación con el calcio presente en el agua, que se depositan sobre los metales aislándolos del agua y protegiéndolos frente a la corrosión.

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), o bien 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.

4.2 Fase de instalación y montaje

Durante la fase de montaje se evitará la entrada de materiales extraños. En cualquier caso el circuito de agua deberá someterse a una limpieza y desinfección previa a su puesta en marcha.

Hay que prevenir la formación de zonas con estancamiento de agua que pueden favorecer el desarrollo de *Legionella*.

Las tuberías de agua fría deben estar suficientemente alejadas de las de agua caliente o, en su defecto, aisladas térmicamente para poder mantener la temperatura del agua en el circuito de agua fría lo más baja posible, procurando, donde las condiciones climatológicas lo permitan, una temperatura inferior a 20 °C.

Se debe instalar un sistema de válvulas de retención, según la norma UNE-EN 1717, que evite retornos de agua por pérdida de presión o disminución del caudal suministrado y en especial, cuando sea necesario para evitar mezclas de agua de diferentes circuitos, calidades o usos.

4.3 Fase de vida útil: Mantenimiento de la instalación

4.3.1 Criterios de funcionamiento

Se debe evitar el estancamiento del agua ya que favorece la proliferación de microorganismos, especialmente en tuberías de desviación, equipos y aparatos en reserva, tramos de tuberías con fondo ciego, etc.

4.3.2 Revisión

En la revisión de una instalación se comprobará su correcto funcionamiento y su buen estado de conservación y limpieza.

La revisión general de funcionamiento de la instalación, incluyendo todos los elementos, así como los sistemas utilizados para el tratamiento de agua se realizará con la siguiente periodicidad (tabla 3):

Tabla 3: Periodicidad de las revisiones

Elemento	Periodicidad
Funcionamiento de la instalación: Realizar una revisión general del funcionamiento de la instalación, incluyendo todos los elementos, reparando o sustituyendo aquellos elementos defectuosos.	ANUAL
Estado de conservación y limpieza de los depósitos: Debe comprobarse mediante inspección visual que no presentan suciedad general, corrosión, o incrustaciones.	TRIMESTRAL
Estado de conservación y limpieza de los puntos terminales (grifos y duchas): Debe comprobarse mediante inspección visual que no presentan suciedad general, corrosión, o incrustaciones. Se realizará en un número representativo, rotatorio a lo largo del año de forma que al final del año se hayan revisado todos los puntos terminales de la instalación.	MENSUAL
Filtros y otros equipos de tratamiento del agua: Comprobar su correcto funcionamiento.	MENSUAL
Purgar las válvulas de drenaje de las tuberías.	MENSUAL
Abrir los grifos y duchas de instalaciones no utilizadas, dejando correr el agua unos minutos.	SEMANAL
Equipos de desinfección del agua: Comprobar su correcto funcionamiento.	DIARIO

En general, se revisará el estado de conservación y limpieza, con el fin de detectar la presencia de sedimentos, incrustaciones, productos de la corrosión, lodos, y cualquier otra circunstancia que altere o pueda alterar el buen funcionamiento de la instalación.

Si se detecta algún componente deteriorado se procederá a su reparación o sustitución.

Si se detectan procesos de corrosión se sustituirá el elemento afectado y, conjuntamente, se realizará, si es preciso, un tratamiento preventivo adecuado para evitar que estos procesos vuelvan a reproducirse.

Durante las operaciones de revisión y mantenimiento se tendrá siempre presente que el agua que se envíe a consumo humano deberá cumplir en todo momento con los parámetros y criterios establecidos en la legislación de aguas de consumo humano. (Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano).

Se revisará también la calidad físico-química y microbiológica del agua del sistema determinando los siguientes parámetros (tabla 4):

Tabla 4: Parámetros de control de calidad del agua

Parámetro	Método de análisis	Periodicidad
Temperatura En el depósito y en puntos significativos de la red de distribución.	Termómetro de inmersión de lectura directa.	MENSUAL
Nivel de cloro residual libre En un número representativo de los puntos terminales (*).	Medidor de cloro libre o combinado de lectura directa o colorimétrico (DPD).	DIARIO
pH (*)	Medidor de pH de lectura directa o colorimétrico.	DIARIO
Legionella sp En puntos significativos del circuito y del depósito si existe.	Según Norma ISO 11731 Parte 1. Calidad del agua. Detección y enumeración de <i>Legionella</i> .	MÍNIMA ANUAL (Especificar la periodicidad según el apartado 5. Evaluación de Riesgo). En instalaciones especialmente sensibles tales como hospitales, residencias de ancianos, balnearios, etc. la periodicidad mínima recomendada es semestral) Aproximadamente 15 días después de la realización de cualquier tipo de limpieza y desinfección

(*) Parámetros a determinar cuando el agua proceda de un depósito de acumulación.

Se incluirán, si fueran necesarios, otros parámetros que se consideren útiles en la determinación de la calidad del agua o de la efectividad del programa de tratamiento del agua.

Todas las determinaciones deben ser llevadas a cabo por personal experto y con sistemas e instrumentos sujetos a control de calidad, con calibraciones adecuadas y con conocimiento exacto para su manejo y alcance de medida.

Los ensayos de laboratorio se realizarán en laboratorios acreditados o que tengan implantados un sistema de control de calidad. En cada ensayo se indicará el límite de detección o cuantificación del método utilizado.

4.3.3 Protocolo de toma de muestras

El punto de toma de muestras en la instalación es un elemento clave para asegurar la representatividad de la muestra, en la tabla 5 se incluyen algunas pautas a tener en consideración para cada uno de los parámetros considerados.

Tabla 5: Toma de muestras

Parámetro	Protocolo de toma de muestras
Temperatura. En el depósito y en puntos significativos de la red de distribución.	En los depósitos, el punto de la toma de muestras estará alejado de la entrada de agua, así como de cualquier adición de reactivos. Medir temperatura del agua y pH. En la red de distribución se tomarán muestras de agua de los puntos terminales de la red (duchas, grifos, lavamanos). Abrir el grifo y dejar correr el agua aproximadamente 30 segundos. Medir temperatura del agua y concentración de cloro libre.
Nivel de cloro residual libre. En un número representativo de los puntos terminales.	Considerar siempre los valores más desfavorables para el algoritmo de determinación del riesgo.
pH	

Legionella sp En puntos significativos del circuito.	<p>Las muestras deberán recogerse en envases estériles, a los que se añadirá el neutralizante adecuado al biocida utilizado.</p> <p>En los depósitos se tomará un litro de agua de cada uno, preferiblemente de la parte baja del depósito, recogiendo, si existieran, materiales sedimentados. El punto de la toma de muestras estará alejado de la entrada de agua así como de cualquier adición de reactivos. Medir la temperatura del agua y cantidad de cloro libre y anotar en los datos de toma de muestra.</p> <p>En la red de distribución se tomarán muestras de agua de los puntos terminales de la red (duchas, grifos, lavamanos).</p> <p>Si se trata de un estudio tras la aparición de un brote o caso aislado de legionelosis, se tomará la muestra preferiblemente de habitaciones relacionadas con los enfermos, así como de algún servicio común, intentando elegir habitaciones no utilizadas en los días previos a la toma.</p> <p>Se tomará un litro de agua, recogiendo primero una pequeña cantidad (unos 100 ml) para después rascar el grifo o ducha con una torunda que se incorporará en el mismo envase y recoger el resto de agua (hasta aproximadamente un litro) arrastrando los restos del rascado. Medir la temperatura del agua y la cantidad de cloro libre y anotar en los datos de toma de muestra.</p> <p>Normas de transporte:</p> <p>Para las muestras de fluidos serológicos: muestras clínicas y diagnósticas será de aplicación el Acuerdo Europeo de Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR), o el Reglamento sobre Mercancías Peligrosas de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA-DGR). Se acondicionará para el transporte de forma que se contemplen los tres niveles de contención recomendados por la ONU y se especificará en el paquete externo «Especimen diagnóstico embalado con las instrucciones 650». Los recipientes serán los adecuados para evitar su rotura y serán estancos, deberán estar contenidos en un embalaje secundario a prueba de filtraciones y un paquete externo que proteja al secundario y su contenido de agresiones externas. Según la norma UN 3373.</p> <p>Para las muestras ambientales (agua), tal y como especifica el punto 2.2.62.1.5 del Acuerdo Europeo de Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR), las materias que no es probable causen enfermedades en seres humanos o animales no están sujetas a estas disposiciones. Si bien es cierto que <i>Legionella pneumophila</i> puede causar patología en el ser humano por inhalación de aerosoles, es prácticamente imposible que estos se produzcan durante el transporte. No obstante, los recipientes serán los adecuados para evitar su rotura y serán estancos, deberán estar contenidos en un paquete externo que los proteja de agresiones externas.</p>
Para todos los parámetros, las muestras deberán llegar al laboratorio lo antes posible, manteniéndose a temperatura ambiente y evitando temperaturas extremas. Se tendrá en cuenta la norma UNE-EN-ISO 5667-3 de octubre de 1996. “Guía para la conservación y la manipulación de muestras”.	

Hay que tener en cuenta que estas recomendaciones son generales y que el punto de toma de muestras dependerá en muchos casos del diseño, de las características de la instalación y otros factores que se determinarán en función de la evaluación del riesgo, por lo que este aspecto deberá tenerse en cuenta a la hora de realizar dicha evaluación.

4.3.4 Limpieza y desinfección

Durante la realización de los tratamientos de desinfección se han de extremar las precauciones para evitar que se produzcan situaciones de riesgo tanto entre el personal que realice los tratamientos como todos aquellos ocupantes de las instalaciones a tratar. En general para los trabajadores se cumplirán las disposiciones de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y su normativa de desarrollo. El personal deberá haber realizado los cursos autorizados para la realización de operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario para la prevención y control de la legionelosis, Orden SCO 317/2003, de 7 de febrero.

Se pueden distinguir tres tipos de actuaciones en la instalación:

1. Limpieza y programa de mantenimiento
2. Limpieza y desinfección de choque
3. Limpieza y desinfección en caso de brote

4.3.4.1 Limpieza y programa de mantenimiento

La limpieza y el programa de mantenimiento tienen como objeto garantizar que la instalación se encuentre en un correcto estado de higiene durante su funcionamiento habitual.

Se corresponderá con los programas de tratamiento especificados en el artículo 8.2 del Real Decreto 865/2003 para las instalaciones de menor probabilidad de proliferación y dispersión de *Legionella*.

La desinfección de mantenimiento es obligatoria cuando el agua proviene de una captación propia. Cuando el agua procede de la red de suministro público, en cualquier caso, pero especialmente cuando existan depósitos de almacenamiento intermedio se deberá asegurar en puntos terminales una concentración de cloro residual libre mínima de 0,2 mg/l y máxima de 1,0 mg/l (se recomienda mantener niveles cercanos a 0,6 mg/l). En caso contrario será necesario disponer un sistema de dosificación automático de cloro.

4.3.4.2 Limpieza y desinfección de choque

Se corresponderá con las limpiezas preventivas anuales especificadas en el Anexo 3B.b) del Real Decreto 865/2003.

Las instalaciones de agua fría de consumo humano se limpiarán y desinfectarán cuando se ponga en marcha la instalación por primera vez, tras una parada superior a un mes, tras una reparación o modificación estructural, y cuando una revisión general así lo aconseje.

Los depósitos de acumulación deberán lavarse y desinfectarse como mínimo una vez al año. El resto de la instalación de agua fría se limpiará y, si procede, en función de los resultados analíticos o del estado de la instalación, se desinfectará. En los depósitos de gran volumen o en aquellas instalaciones que no puedan cesar en su actividad y en las cuales, por consiguiente, no se puede proceder al vaciado del depósito, es posible sustituir el vaciado y la limpieza anual por otro procedimiento que garantice la eliminación de los lodos y fangos que puedan acumularse en el depósito.

El titular de la instalación deberá justificar y certificar las razones por las que el sistema no puede parar o vaciarse a requerimiento de la Autoridad Sanitaria. En estos casos, se puede instalar un sistema de filtración multietrato en continuo, o con un funcionamiento a intervalos regulares, que tome el agua de la parte inferior del depósito y la devuelva a través del filtro a la parte superior de tal forma que se realice una filtración y separación continua de las partículas en suspensión presentes en el depósito.

Los productos que se utilicen para la limpieza de las superficies en contacto con agua de consumo humano deberán ser fabricados por empresas registradas en el Registro General Sanitario de Alimentos con la Clave 37. Posteriormente a la limpieza se deberá aclarar suficientemente con agua limpia. Asimismo, se tendrá en cuenta lo dispuesto en la Orden SCO/3719/2005, de 21 de noviembre, sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano.

El procedimiento para la limpieza y desinfección química de los depósitos cuando se utilice cloro será el siguiente:

- Clorar el depósito con 20-30 mg/l de cloro residual libre, a una temperatura no superior a 30 °C y un pH de 7-8 y mantener durante 3 ó 2 horas respectivamente. Como alternativa, se puede utilizar 4-5 mg/l en el depósito durante 12 horas.
- Neutralizar la cantidad de cloro residual libre y vaciar.
- Limpiar a fondo las paredes de los depósitos, eliminando incrustaciones y realizando las reparaciones necesarias y aclarando con agua limpia.
- Finalmente, se procederá a la normalización de las condiciones de calidad del agua, llenando nuevamente la instalación, y si se utiliza cloro como desinfectante, se añadirá para su funcionamiento habitual (0,2-1,0 mg/l de cloro residual libre).

Si es necesaria la recloración, ésta se hará por medio de dosificadores automáticos.

4.3.4.3 Limpieza y desinfección en caso de brote

En caso de brote de legionelosis, se realizará una desinfección de toda la red, incluyendo el sistema de distribución de agua, siguiendo el siguiente procedimiento, teniendo en cuenta que en este caso solo está permitido el uso de cloro.

Clorar con 15 mg/l de cloro residual libre, manteniendo el agua por debajo de 30 °C y a un pH de 7-8, y mantener durante 4 horas (alternativamente se podrán utilizar cantidades de 20 ó 30 mg/l de cloro residual libre, durante 3 ó 2 horas, respectivamente).

Neutralizar, vaciar, limpiar a fondo los depósitos, reparar las partes dañadas, aclarar y llenar con agua limpia.

Reclarar con 4-5 mg/l de cloro residual libre y mantener durante 12 horas. Esta cloración debería hacerse secuencialmente, es decir, distribuyendo el desinfectante de manera ordenada desde el principio hasta el final de la red. Abrir por sectores todos los grifos y duchas, durante 5 minutos, de forma secuencial, comprobar en los puntos terminales de la red 1-2 mg/l de cloro libre residual.

Los elementos desmontables, como grifos y duchas, se limpiarán a fondo con los medios adecuados que permitan la eliminación de incrustaciones y adherencias y se sumergirán en una solución que contenga 20 mg/l de cloro residual libre, durante 30 minutos, aclarando posteriormente con abundante agua fría.

Los elementos difíciles de desmontar o sumergir se cubrirán con un paño limpio impregnado en la misma solución durante el mismo tiempo. 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. Proceder posteriormente al tratamiento continuado del agua durante tres meses de forma que, en los puntos terminales de la red, se detecte de 1-2 mg/l de cloro residual libre para el agua fría.

Estas actividades quedarán reflejadas en el registro de mantenimiento. Posteriormente se continuará con las medidas de mantenimiento habituales.

4.3.5 Criterios de valoración de resultados

En la tabla 6 se relacionan los distintos parámetros a medir con su valor de referencia y las actuaciones correctoras que pueden adoptarse en caso de desviaciones de los mismos.

Tabla 6. Acciones correctoras en función del parámetro

Parámetro	Valor de referencia	Actuación correctora en caso de incumplimiento	
Temperatura	< 20 °C.	Alejar suficientemente las tuberías de agua fría de las de agua caliente o en su defecto aislarlas térmicamente para poder mantener la temperatura del agua en el circuito de agua fría lo más baja posible procurando, donde las condiciones climatológicas lo permitan, una temperatura inferior a 20 °C. Evitar la radiación solar directa.	
Nivel de cloro residual libre	Mínimo 0,2 mg/l Máximo 1 mg/l	Si no alcanzan los niveles mínimos en los puntos terminales se instalará una estación de cloración automática, dosificando sobre una recirculación del mismo, con un caudal del 20% del volumen del depósito.	
pH	6,5 – 9.	Se valorará el valor del pH del agua a fin de ajustar la dosis de cloro a utilizar (según UNE 100030). Se controlara asimismo para valorar los procesos de incrustaciones calcáreas y de corrosión.	
<i>Legionella sp</i>	Presencia (*).	< 1000 Ufc/L	Realizar limpieza y desinfección de choque y una nueva toma de muestras aproximadamente a los 15 días.
		≥ 1000 Ufc/L	Realizar limpieza y desinfección según protocolo en caso de brote y una nueva toma de muestras aproximadamente a los 15 días.

(*) El límite inferior de detección del método de análisis debe ser igual o menor a 100 Ufc/L

4.3.6 Resolución de problemas asociados a la instalación

Los principales problemas asociados a una instalación de agua fría de consumo humano son la regulación del nivel de desinfectante residual en los depósitos de acumulación y la prevención de procesos de incrustación y corrosión. En los depósitos de acumulación es imprescindible evitar el estancamiento del agua y realizar un tratamiento de desinfección basado en el control del nivel de desinfectante del agua que se envía a consumo.

Los procesos de incrustaciones y/o corrosión pueden prevenirse determinando previamente el carácter incrustante, agresivo o corrosivo del agua frente a los componentes de la instalación (consultar el apartado 4.1 Fase de Diseño).

4.3.7 Descripción de registros asociados a las instalaciones

Se dispondrá en éstas instalaciones de un Registro de Mantenimiento donde se deberá indicar:

- Esquema del funcionamiento hidráulico de la instalación.
- Operaciones de revisión, limpieza, desinfección y mantenimiento realizadas incluyendo las inspecciones de las diferentes partes del sistema.
- Análisis realizados y resultados obtenidos.
- Certificados de limpieza y desinfección.
- Resultado de la evaluación del riesgo.

El contenido del registro y de los certificados del tratamiento efectuado deberá ajustarse al Real Decreto 865/2003. No obstante en este capítulo se recoge un modelo de registro de mantenimiento (anexo 1).

5. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LA INSTALACIÓN

El riesgo asociado a cada sistema concreto es variable y depende de múltiples factores específicos relacionados con la ubicación, tipo de uso, estado, etc.

5.1 Criterios para la evaluación del riesgo

La evaluación del riesgo de la instalación se realizará como mínimo una vez al año, cuando se ponga en marcha la instalación por primera vez, tras una reparación o modificación estructural, cuando una revisión general así lo aconseje y cuando así lo determine la Autoridad Sanitaria.

La evaluación del riesgo de la instalación debe ser realizada por personal técnico debidamente cualificado y con experiencia, preferiblemente con titulación universitaria de grado medio o superior y habiendo superado el curso homologado, tal como se establece en la SCO/317/2003, de 7 de febrero, por el que se regula el procedimiento para la homologación de los cursos de formación del personal que realiza las operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario de las instalaciones objeto del Real Decreto 865/2003.

Las tablas 7, 8 y 9 que figuran a continuación permiten determinar los factores de riesgo asociados a cada sistema.

Las tablas comprenden factores estructurales, asociados a las características propias de la instalación; factores de mantenimiento, asociados al tratamiento y al mantenimiento que se realiza en la instalación y factores de operación, asociados al funcionamiento de la instalación

En cada tabla se indican los criterios para establecer un factor de riesgo “BAJO”, “MEDIO” o “ALTO”, así como posibles acciones correctoras a considerar.

La valoración global de todos estos factores se determina con el “Índice Global” que figura a continuación (tabla 10). Este Índice se calcula para cada grupo de factores (estructural, mantenimiento y operación) a partir de las tablas anteriores y se establece un valor global ponderado.

El Índice global permite la visión conjunta de todos los factores y facilita la decisión sobre la necesidad y la eficacia de aplicar acciones correctoras adicionales en función de las características propias y específicas de cada instalación.

Este algoritmo es un indicador del riesgo, que en cualquier caso siempre debe utilizarse como una guía que permite minimizar la subjetividad del evaluador pero que no sustituye el análisis personalizado de cada situación concreta.

Independientemente de los resultados de la evaluación de riesgo, los requisitos legales de cualquier índole (Real Decreto 865/2003 u otros que le afecten) relativos a estas instalaciones, deben cumplirse.

La evaluación del riesgo incluirá la identificación de los puntos idóneos para la toma de muestras. Asimismo, se valorará la necesidad de tomar muestras del agua de aporte.

Tabla 7. Evaluación del riesgo estructural de la instalación

FACTORES DE RIESGO ESTRUCTURAL	BAJO	MEDIO		ALTO	
	FACTOR	FACTOR	ACCIONES A CONSIDERAR	FACTOR	ACCIONES A CONSIDERAR
Depósito de acumulación	No existe depósito de acumulación.	Existe depósito de acumulación con control y regulación del nivel de desinfectante residual.	Controlar con la frecuencia indicada en el apartado 4.3.2. Revisión del correcto funcionamiento de los equipos de tratamiento.	Existe depósito de acumulación sin control del nivel de desinfectante residual.	Instalar sistemas de regulación automáticos o eliminar los depósitos si no son necesarios.
Materiales • Composición • Rugosidad • Corrosividad	Materiales metálicos y plásticos que resistan la acción agresiva del agua y biocidas.	Hormigón. Materiales metálicos y plásticos no resistentes a las condiciones del agua de la instalación.	Sustitución de materiales o protecciones adecuadas. Adición de inhibidores de corrosión.	Otros materiales en contacto con el agua que favorezcan el desarrollo de bacterias.	Sustitución de materiales.
Tipo de aerosolización • Duchas • Otros sistemas	Nivel bajo de aerosolización.	Nivel importante de aerosolización con gotas grandes que caen por gravedad.	Sustituir el sistema de aerosolización.	Nivel muy importante de aerosolización con gotas finas que son transportadas por el aire.	Sustituir el sistema de aerosolización.
Puntos de emisión de aerosoles	Puntos individuales aislados (< 5 puntos).	Instalación con varios puntos de emisión (5-25 puntos).	Controlar con la frecuencia indicada en el apartado 4.3.2. Revisión.	Instalación con un gran número de puntos de emisión (> 25 puntos).	Controlar con la frecuencia indicada en el apartado 4.3.2. Revisión.
Ubicación del depósito	Interior.	Exterior pero protegido de luz solar.	Reubicar a una localización interior.	Exterior sin protección.	Proteger o reubicar a una localización interior.
Zonas o áreas donde el agua puede quedar estancada (incluyendo tramos de reserva)	Zonas de estancamiento mínimas (< 1 metro tubería).	Existen zonas donde el agua queda estancada (1-5 metros).	Purgar periódicamente las zonas dejando correr el agua algunos minutos.	Existen zonas donde el agua queda estancada y tramos que no se utilizan (> 5 metros).	Purgar periódicamente las zonas dejando correr el agua algunos minutos. Anular los tramos no utilizados.
Frecuencia de renovación del depósito de acumulación	No existen depósitos o se alcanza una renovación diaria (consumo diario corresponde al menos al volumen almacenado).	Renovación cada 3 días (el consumo diario corresponde a 1/3 del volumen almacenado).	Disminuir el volumen de almacenamiento.	Renovación superior a 3 días.	Disminuir volumen de almacenamiento.

Tabla 8. Evaluación del riesgo de mantenimiento de la instalación

FACTORES DE RIESGO MANTENIMIENTO	BAJO	MEDIO		ALTO	
	FACTOR	FACTOR	ACCIONES A CONSIDERAR	FACTOR	ACCIONES A CONSIDERAR
Parámetros fisicoquímicos - Nivel de cloro residual libre	En los controles analíticos aparece cloro libre en puntos terminales > 0,2 mg/l. (ajustar el valor de la concentración mínima de cloro residual en función del pH del agua según norma UNE 100030).	En los controles analíticos aparece cloro libre en puntos terminales < 0,2 mg/l. No existe depósito de acumulación. (ajustar el valor de la concentración mínima de cloro residual en función del pH del agua según UNE 100030).	Instalar un depósito con un sistema automático de reclaración, que asegure un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos.	En los controles analíticos aparece cloro libre en puntos terminales < 0,2 mg/l, Existe depósito de acumulación (ajustar el valor de la concentración mínima de cloro residual en función del pH del agua según UNE 100030).	Instalar una estación de cloración automática, dosificando sobre una recirculación del depósito, con un caudal del 20% del volumen del depósito.
Contaminación microbiológica	En los controles analíticos no aparece <i>Legionella sp.</i>	En los controles analíticos aparece: - <i>Legionella sp</i> < 1000 Ufc/L.	Limpieza y desinfección de choque apartado 4.3.4.2.	En los controles analíticos aparece: - <i>Legionella sp</i> ≥ 1.000 Ufc/L.	Limpieza y desinfección según protocolo en caso de brote apartado 4.3.4.3.
Estado higiénico de la instalación	La instalación se encuentra limpia, sin biocapa.	La instalación presenta áreas de biocapa y suciedad no generalizada.	Realizar una limpieza de la instalación.	La instalación presenta biocapa y suciedad visible generalizada.	Realizar una limpieza y desinfección de choque de la instalación.
Estado mecánico de la instalación	Buen estado de conservación. No se detecta presencia de corrosión ni incrustaciones.	Algunos elementos de la instalación presentan corrosión y/o incrustaciones.	Sustituir o tratar los elementos con corrosión y/o incrustaciones. Verificar sistema de tratamiento.	Mal estado general de conservación: Corrosión y/o incrustaciones generalizadas.	Sustituir o tratar los elementos con corrosión y/o incrustaciones. Verificar sistema de tratamiento. Añadir inhibidores de corrosión o utilizar materiales más resistentes a la corrosión.
Estado del sistema de tratamiento del agua. Filtros • Tratamientos anti-incrustación o anti-corrosión. • Sistemas de desinfección	La instalación dispone de un sistema de tratamiento adecuado funcionando correctamente o no requiere dicho sistema.	La instalación dispone de un sistema de tratamiento adecuado pero no funciona correctamente.	Revisar, reparar o sustituir el actual sistema de tratamiento.	La instalación requiere un sistema de tratamiento pero no dispone de él.	Instalar el sistema de tratamiento y desinfección.

Tabla 9. Evaluación del riesgo operacional de la instalación

FACTORES DE RIESGO OPERACIÓN	BAJO	MEDIO		ALTO	
	FACTOR	FACTOR	ACCIONES A CONSIDERAR	FACTOR	ACCIONES A CONSIDERAR
Temperatura media del agua de aporte	< 20 °C.	20-25 °C.	Mejorar las medidas de aislamiento de las tuberías.	> 25 °C.	Mejorar las medidas de aislamiento de las tuberías.
Temperatura media del agua en el sistema	< 20 °C.	20-25 °C.	Mejorar las medidas de aislamiento de las tuberías.	> 25 °C.	Mejorar las medidas de aislamiento de las tuberías.
Frecuencia de uso de los puntos finales de consumo	Los puntos finales de consumo se usan diariamente.	Los puntos finales de consumo se usan como mínimo semanalmente.	Aumentar frecuencia de uso. Dejar correr periódicamente el agua durante algunos minutos.	Los puntos finales de consumo se usan esporádicamente, con una frecuencia superior a una semana.	Aumentar frecuencia de uso. Dejar correr periódicamente el agua durante algunos minutos.

Tabla 10. Índice global

Riesgo estructural	Bajo	Medio	Alto
Depósito de acumulación	0	8	16
Materiales	0	3	6
Tipo de pulverización	0	9	18
Puntos de emisión de aerosoles	0	7	14
Ubicación del depósito	0	6	12
Zonas de estancamiento	0	11	22
Frecuencia de renovación depósito acumulación	0	6	12
TOTAL: Índice Estructural (IE)		50	100

Riesgo de Mantenimiento	Bajo	Medio	Alto
Parámetros fisicoquímicos - Nivel de cloro residual	0	9	18
Contaminación microbiológica	0	12	24
Estado higiénico de la instalación	0	12	24
Estado mecánico de la instalación	0	8	16
Estado del sistema de tratamiento del agua	0	9	18
TOTAL: Índice Mantenimiento (IM)		50	100

Riesgo de Operación	Bajo	Medio	Alto
Temperatura media del agua de aporte	0	10	20
Temperatura media del agua en el sistema	0	20	40
Frecuencia de uso de los puntos finales de consumo	0	20	40
TOTAL: Índice Operación (IO)		50	100

Teniendo en consideración los diferentes pesos de cada uno de los índices de riesgo, el valor medio se pondera de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{INDICE GLOBAL} = 0,3 \cdot \text{IE} + 0,6 \cdot \text{IM} + 0,1 \cdot \text{IO}$$

5.2 Acciones correctoras en función del índice global

INDICE GLOBAL < 60

Cumplir los requisitos del Real Decreto 865/2003, así como los especificados en el apartado 4.3 Fase de vida útil: Mantenimiento de la instalación.

INDICE GLOBAL ≥ 60 ≤ 80

Se llevarán a cabo las acciones correctoras necesarias para disminuir el índice por debajo de 60.

Aumentar la frecuencia de revisión del sistema: Revisión trimestral.

Un ejemplo de posibles acciones se recoge en las tablas 7, 8 y 9.

INDICE GLOBAL > 80

Se tomarán medidas correctoras de forma inmediata que incluirán en caso de ser necesaria la parada de la instalación hasta conseguir rebajar el índice.

Aumentar la frecuencia de limpieza y desinfección del sistema a periodicidad trimestral hasta rebajar el índice por debajo de 60.

Un ejemplo de posibles acciones se recoge en las tablas 7, 8 y 9.

El mantenimiento y la limpieza es una parte esencial para la prevención de la legionelosis en toda instalación. Por este motivo el índice de mantenimiento considerado por separado debe ser siempre ≤ 50.

5.3 Ejemplo de evaluación del riesgo de una instalación

Consideremos una instalación con las características que se describen en las tablas 11,12 y 13:

Tabla 11. Ejemplo de evaluación del riesgo estructural

FACTORES DE RIESGO ESTRUCTURAL	SITUACIÓN ACTUAL	FACTOR
Depósito de acumulación	Existe depósito de acumulación sin control del nivel de desinfectante residual.	ALTO
Materiales	Los materiales resisten la acción agresiva del agua y biocidas y no favorecen el desarrollo de bacterias.	BAJO
Tipo de pulverización	Nivel muy importante de aerosolización con gotas finas que son transportadas por el aire.	ALTO
Punto de emisión de aerosoles	Instalación con un gran número de puntos de emisión.	ALTO
Ubicación del deposito	Exterior pero protegido de luz solar.	MEDIO
Zonas o áreas donde el agua puede quedar estancada	Existen zonas donde el agua queda estancada.	MEDIO
Frecuencia de renovación del deposito de acumulación	Se renueva diariamente.	BAJO

Tabla 12. Ejemplo de evaluación riesgo de mantenimiento

FACTORES DE RIESGO MANTENIMIENTO	SITUACIÓN ACTUAL	FACTOR
Parámetros fisicoquímicos - Nivel de cloro residual	En los controles analíticos aparece: - cloro libre en puntos terminales < 0,2 mg/l. Existe depósito de acumulación.	ALTO
Contaminación microbiológica	En los controles analíticos aparece: - <i>Legionella sp</i> < 1.000 Ufc/L.	MEDIO
Estado higiénico de la instalación	La instalación presenta áreas de biocapa y suciedad no generalizada.	MEDIO
Estado mecánico de la instalación	Algunos elementos de la instalación presentan corrosión y/o incrustaciones.	MEDIO
Estado del sistema de tratamiento del agua	La instalación dispone de un sistema de tratamiento adecuado, con un filtro en el aporte, pero no funciona correctamente.	MEDIO

Tabla 13. Ejemplo evaluación riesgo operacional

FACTORES DE RIESGO OPERACIÓN	SITUACIÓN ACTUAL	FACTOR
Temperatura media del agua de aporte	17 °C.	BAJO
Temperatura media del agua en el sistema	26 °C.	ALTO
Frecuencia de uso de los puntos finales de consumo	Las instalaciones se usan como mínimo semanalmente.	MEDIO

A partir de estos factores se calcularía el índice global tal y como se muestra en las tablas 14, 15 y 16, aplicado a cada factor el valor asignado a su nivel de riesgo.

Tabla 14. Índice estructural

Estructural	FACTOR	VALOR
Depósito de acumulación	ALTO	16
Materiales	BAJO	0
Tipo de pulverización	ALTO	18
Punto de emisión de aerosoles	ALTO	14
Ubicación del depósito	MEDIO	6
Zonas o áreas donde el agua puede quedar estancada	MEDIO	11
Frecuencia de renovación del depósito de acumulación	BAJO	0
TOTAL: Índice Estructural (IE)		65

Tabla 15. Índice de mantenimiento

Mantenimiento	FACTOR	VALOR
Parámetros fisicoquímicos - Nivel de cloro residual	ALTO	18
Contaminación microbiológica	MEDIO	12
Estado higiénico de la instalación	MEDIO	12
Estado mecánico de la instalación	MEDIO	8
Estado del sistema de tratamiento del agua	MEDIO	9
TOTAL: Índice Mantenimiento (IM)		59

Tabla 16. Índice operacional

Operación	FACTOR	VALOR
Temperatura media del agua de aporte	BAJO	0
Temperatura media del agua en el sistema	ALTO	40
Frecuencia de uso de los puntos finales de consumo	MEDIO	20
TOTAL: Índice Operación (IO)		60

Aplicando los factores de ponderación a cada índice se obtiene el resultado siguiente:

ÍNDICE GLOBAL = 0,3*65 + 0,6*59 + 0,1*60	60,9
---	-------------

A la vista de este valor se deben considerar acciones correctoras para disminuir el Índice por debajo de 60. Asimismo, tal como se expuso anteriormente el Índice de mantenimiento considerado por separado debe ser siempre < 50. En este caso el Índice es 59 por lo que sería necesario actuar fundamentalmente en este apartado.

Las acciones correctoras deberían estar encaminadas a reducir preferentemente el número de factores “ALTO” que suponen un claro incumplimiento de las especificaciones del Real Decreto 865/2003.

Corrigiendo estos factores obtenemos los resultados que se muestran en las tablas 17, 18 y 19, hay que tener en cuenta que a veces no es posible actuar contra todos los factores.

Tabla 17. Factores de riesgo estructural con acción correctora

FACTORES DE RIESGO ESTRUCTURAL	SITUACIÓN ACTUAL	ACCIÓN CORRECTORA	FACTOR (con acción correctora)
Depósito de acumulación	Existe depósito de acumulación sin control del nivel de desinfectante residual.	De acuerdo con el Real Decreto 865/2003, se instala una estación de cloración automática, dosificando sobre una recirculación del depósito, con un caudal del 20% del volumen del depósito. Esta acción tiene efecto también sobre el nivel de cloro residual en los Factores de riesgo de mantenimiento.	MEDIO

Tabla 18. Factores de riesgo de mantenimiento con acción correctora

FACTORES DE RIESGO MANTENIMIENTO	SITUACIÓN ACTUAL	ACCIÓN CORRECTORA	FACTOR (con acción correctora)
Parámetros fisicoquímicos - Nivel de cloro residual	En los controles analíticos aparece cloro libre en puntos terminales < 0,2 mg/l, Existe depósito de acumulación.	La instalación de una estación de cloración automática, dosificando sobre una recirculación del depósito, con un caudal del 20% del volumen del depósito, permite asimismo la corrección de este factor.	BAJO
Contaminación microbiológica	En los controles analíticos aparece: - <i>Legionella sp</i> > 100 Ufc/L ≤ 1000 Ufc/L	Como consecuencia del resto de acciones correctoras este valor da ausencia.	BAJO
Estado higiénico de la instalación	La instalación presenta áreas de biocapa y suciedad no generalizada.	Se realiza una limpieza y desinfección preventiva de la instalación y se aumenta la frecuencia de limpieza.	BAJO
Estado mecánico de la instalación	Algunos elementos de la instalación presentan corrosión y/o incrustaciones.	Se sustituyen los elementos con corrosión y se eliminan las incrustaciones existentes.	BAJO
Estado del sistema de tratamiento del agua	La instalación dispone de un sistema de tratamiento adecuado, con un filtro en el aporte, pero no funciona correctamente.	Se repara el sistema de tratamiento y se aumenta su frecuencia de revisión.	BAJO

Tabla 19. Factores de riesgo operacional con acción correctora

FACTORES DE RIESGO OPERACIÓN	SITUACIÓN ACTUAL	ACCIÓN CORRECTORA	FACTOR (con acción correctora)
Temperatura media del agua en el sistema	26 °C.	De acuerdo con el Real Decreto 865/2003 se aíslan las tuberías de agua fría de las del agua caliente obteniendo una temperatura de 19 °C en la instalación.	BAJO

Una vez realizadas estas acciones el índice global queda como se muestra en las tablas 20, 21 y 22:

Tabla 20. Índice de riesgo estructural corregido

Estructural	FACTOR		VALOR	
	Anterior	Con acciones correctoras	Anterior	Con acciones correctoras
Depósito de acumulación	ALTO	MEDIO	16	8
Materiales	BAJO	BAJO	0	0
Tipo de pulverización	ALTO	ALTO	18	18
Puntos de emisión de aerosoles	ALTO	ALTO	14	14
Ubicación del depósito	MEDIO	MEDIO	6	6
Zonas o áreas donde el agua puede quedar estancada	MEDIO	MEDIO	11	11
Frecuencia de renovación del depósito de acumulación	BAJO	BAJO	0	0
TOTAL: Índice Estructural (IE)			65	57

Tabla 21. Índice de riesgo de mantenimiento corregido

Mantenimiento	FACTOR		VALOR	
	Anterior	Con acciones correctoras	Anterior	Con acciones correctoras
Parámetros fisicoquímicos - Nivel de cloro residual	ALTO	BAJO	18	0
Contaminación microbiológica	MEDIO	BAJO	12	0
Estado higiénico de la instalación	MEDIO	BAJO	12	0
Estado mecánico de la instalación	MEDIO	BAJO	8	0
Estado del sistema de tratamiento del agua	MEDIO	BAJO	9	0
TOTAL: Índice Mantenimiento (IM)			59	0

Tabla 22. Índice de riesgo operacional corregido

Operación	FACTOR		VALOR	
	Anterior	Con acciones correctoras	Anterior	Con acciones correctoras
Temperatura media del agua de aporte	BAJO	BAJO	0	0
Temperatura media del agua en el sistema	ALTO	BAJO	40	0
Frecuencia de uso de las instalaciones	MEDIO	MEDIO	20	20
TOTAL: Índice Operación (IO)			60	20

ÍNDICE GLOBAL = $0,3*57 + 0,6*0 + 0,1*20$	60,9	19,1
---	------	-------------

Con la aplicación pues de las medidas correctoras indicadas se ha conseguido reducir el Índice Global por debajo del valor 60 y el Índice de Mantenimiento se ha reducido a 0, lo cual implicaría un riesgo bajo en todos los factores por debajo de 50.

Aunque la disminución del índice estructural no ha sido tan drástica (65 a 57) controlando los factores de riesgo de mantenimiento se reduce el índice global de forma considerable.

ANEXO 1: REGISTROS

Se debe identificar la instalación y el responsable de la misma.

En principio el certificado de limpieza y desinfección de la empresa autorizada sirve como registro de estas actividades, no obstante recomendamos que se pueda registrar para mayor control en forma de tabla formando parte del libro de registro al que se añadirá el certificado. A continuación se detalla un posible ejemplo:

I - OPERACIONES DE REVISIÓN

CONCEPTO	FECHA	ESTADO		ACCIÓN REALIZADA
Revisión general del funcionamiento			No se observan anomalías	No se precisa
			Se observan elementos defectuosos	..... (acción realizada)
Revisión de incrustaciones			Ausencia de incrustaciones	No se precisa
			Presencia de incrustaciones	..... (acción realizada)
Revisión de corrosión			Ausencia de procesos de corrosión	No se precisa
			Presencia de elementos con corrosión	..... (acción realizada)
Revisión de suciedad			Ausencia	No se precisa
			Presencia de sedimentos	..... (acción realizada)
Estado de los filtros			Correcto, sin obstrucciones	No se precisa
			Presencia de abundantes partículas	..... (acción realizada)
Estado de los equipos de desinfección y del tratamiento del agua			Funcionamiento correcto	No se precisa
			Funcionamiento defectuoso	..... (acción realizada)

II – OPERACIONES DE LIMPIEZA

FECHA		
Tipo de operación		Limpieza del depósito
		Limpieza de la instalación
Producto utilizado	Nombre:	
	Número de registro:	
Protocolo seguido		

III - OPERACIONES DE DESINFECCIÓN

FECHA		
Tipo de operación		Desinfección de choque
		Desinfección en caso de brote
Producto utilizado	Nombre:	
	Nº de registro:	
Dosis aplicada		
Tiempo de actuación		
Protocolo seguido		

IV - OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

CONCEPTO	FECHA	OPERACIÓN	ACCIÓN REALIZADA
Mantenimiento de equipos e instalaciones		Limpiezas parciales	.....
		Reparaciones	.....
		Verificaciones	.....
		Otras incidencias	.....
Mantenimiento del sistema de tratamiento del agua		Calibraciones y verificaciones	.....
		Reparaciones	.....
		Otras incidencias	.....

V - RESULTADOS ANALÍTICOS

CONTROL	FECHA	RESULTADO	ACCIÓN REALIZADA
Determinación de <i>Legionella</i>		Ausencia	No se precisa
		< 1000 Ufc/L	.....
		≥ 1000 Ufc/L	.....
Cloro libre residual		
pH		
Temperatura		
Otros controles analíticos		