

CAPÍTULO 5

CENTRALES HUMIDIFICADORAS INDUSTRIALES

1. INTRODUCCIÓN

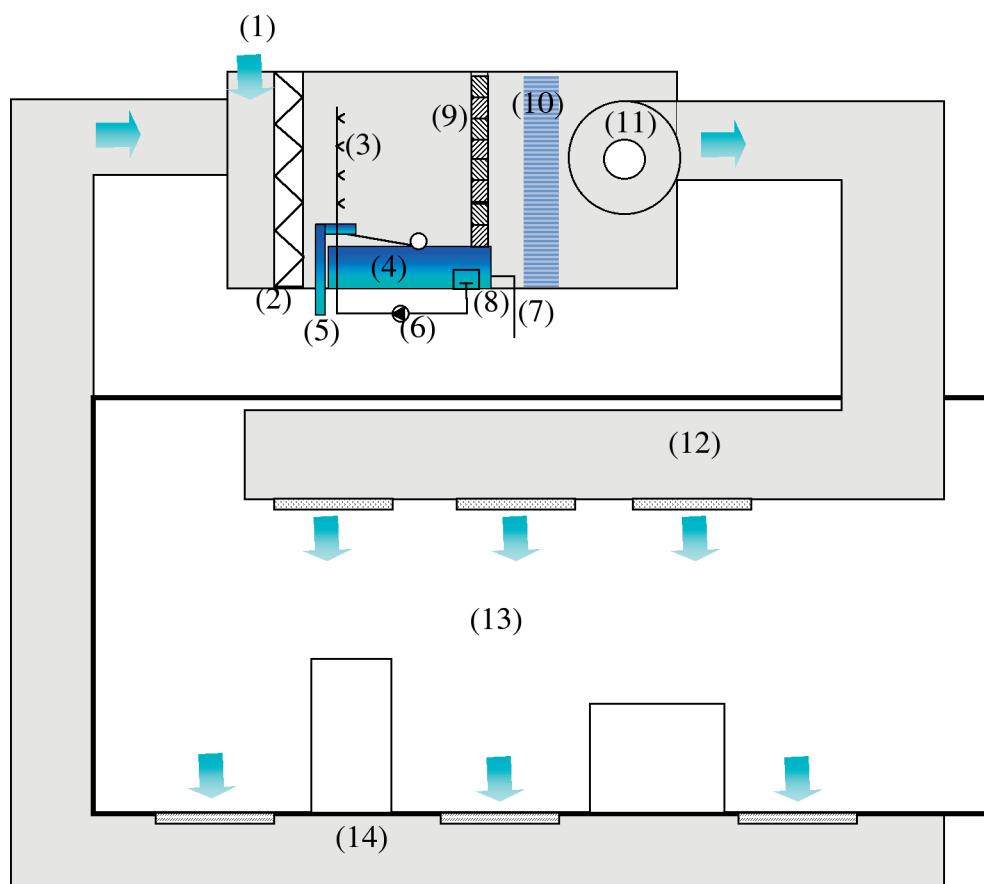
Las centrales humidificadoras industriales, son sistemas de refrigeración adiabática que tienen como campo de aplicación todos aquellos procesos de fabricación que requieran una refrigeración y humidificación para el proceso productivo.

En el Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis, se incluyen a las centrales humidificadoras industriales dentro de las “instalaciones de mayor probabilidad de proliferación y dispersión de Legionella” pero no se desarrollan en ningún artículo ni anexo del mismo. En este tipo de sistemas los posibles aerosoles generados afectan únicamente el aire del interior de instalaciones industriales donde pueden estar trabajando incluso más de 100 trabajadores durante toda su jornada laboral, por tanto debe considerarse como un posible riesgo de salud laboral.

Debido al potencial alto riesgo sanitario, se ha creído conveniente desarrollar técnicamente estas instalaciones que aunque puedan afectar exclusivamente a un grupo específico de población, su posible efecto sobre éste puede ser mayor ya que está expuesto en su lugar de trabajo al aire que se ha refrigerado o humidificado por contacto directo con el agua. Este agua en muchas ocasiones está recirculada y con unas condiciones higiénico-sanitarias precarias.

No existe posibilidad de que el aerosol creado por el equipo sea emitido al ambiente exterior y por tanto no hay riesgo para la población ajena al entorno de trabajo.

En la figura 1 se muestra un esquema de instalación de central humidificadora con recirculación de agua.



(1)	Toma de aire exterior	(8)	Filtro de agua
(2)	Filtros	(9)	Separador de gotas
(3)	Pulverizadores	(10)	Batería de calor
(4)	Piscina/Balsa	(11)	Ventilador de impulsión
(5)	Aporte de agua	(12)	Conducto de impulsión
(6)	Bomba de recirculación	(13)	Área a humidificar
(7)	Purga	(14)	Conducto o plenum de retorno

Figura 1: Esquema de instalación de central humidificadora industrial con recirculación de agua

2. EVOLUCIÓN TÉCNICA

Los sistemas de refrigeración adiabática, fueron desarrollados hace aproximadamente cincuenta años por una firma con sede en Suiza, teniendo como objetivo la climatización en el sector textil, para conseguir una mejora en el proceso productivo al acondicionar la humedad y temperatura en las salas de las hilaturas.

Por este motivo la mayoría de las instalaciones de este tipo que hay en España están ubicadas en Cataluña, Comunidad Valenciana y en general todo el levante español.

Actualmente se utilizan en todo el mundo y en varios sectores industriales, aunque mayoritariamente en el textil y alimentario.

Desde su desarrollo inicial los sistemas han ido evolucionando periódicamente. Los avances técnicos más importantes que se han realizado en este tipo de plantas, se han basado en:

- Aumento en el rendimiento de los elementos de pulverización (reducción de costes energéticos en bombas de pulverización).

- Aumento de la velocidad de paso de aire a través de las aletas separadoras de gotas (reducción de superficies constructivas).
- Sistemas de filtración de aire automáticos (aumento de la eficiencia de filtración y mayor duración de los elementos filtrantes).
- Sistemas de nebulización a alta presión (reducción de costes energéticos y eliminación de agua recirculada y aumento en el rendimiento de absorción de agua por el aire).
- Sistemas de control ambiental.

3. DESCRIPCIÓN

Estas centrales están basadas en la evaporación parcial del agua pulverizada directamente sobre la corriente de aire. Con este fenómeno se consiguen dos efectos, refrigerar el aire y humidificarlo, aunque su principal objetivo es la humidificación.

A nivel de prevención de la legionelosis vale la pena diferenciar las centrales humidificadoras industriales con o sin recirculación de agua.

En los sistemas sin recirculación el agua fluye constantemente, desde la captación o el depósito intermedio a los pulverizadores, sin puntos de acumulación.

En los sistemas con recirculación el agua alimenta la piscina de acumulación y posteriormente se impulsa a las boquillas pulverizadoras. Parte del agua se evaporará junto con el aire y la sobrante caerá de nuevo a la piscina de acumulación.

Como etapas del proceso en recirculación podríamos establecer en general:

- Entrada de agua al sistema desde depósito o red directa.
- Acumulación en balsa de recirculación.
- Impulsión de agua.
- Aerosolización.

En los sistemas sin recirculación se debe controlar la adecuada desinfección del agua que llegará a los pulverizadores, especialmente si previamente a su pulverización el agua se acumula en algún depósito.

Si no existe depósito de acumulación y la fuente de aporte de agua es adecuada (el agua fría de consumo humano en la red generalmente mantiene una concentración de cloro libre residual de entre 0,2 y 1 mg/l), el riesgo de proliferación de *Legionella* será muy bajo en éstos sistemas, ya que el agua fluye de forma constante sin retención en ningún punto y a una temperatura baja.

En los sistemas con recirculación, en primer lugar se debería controlar que el agua de aporte proviniese de una fuente segura o en caso contrario, proceder a su desinfección previamente a su entrada al equipo.

Habitualmente se aporta agua a la piscina de recirculación mediante un control de nivel y se acumula. Durante la acumulación debe asegurarse una adecuada desinfección ya que el tiempo de residencia puede ser largo (dependiendo del volumen de agua, caudal de circulación y caudal de purga) y, a pesar de que la temperatura es baja, pueden darse las condiciones que faciliten el crecimiento bacteriano.

Desde aquí las bombas de recirculación captan el agua y la impulsan a las diferentes boquillas pulverizadoras que deberán ser revisadas periódicamente con el fin de evitar la acumulación de incrustaciones.

El agua no evaporada volverá a caer a la piscina de acumulación y por tanto se producirá una concentración de sales en el sistema.

A continuación se describen varios tipos de centrales humidificadoras, así como la terminología específica de las mismas:

3.1 Sistemas de saturación parcial del aire con bombas centrífugas:

Los sistemas de saturación parcial con bombas centrífugas a baja presión, han sido los usados habitualmente hasta nuestros días. Su base de funcionamiento es la de pulverizar agua en el aire, por medio de una serie de boquillas pulverizadoras, de un diámetro aproximado de 1,1 a 1,3 mm, con la finalidad de saturarlo. Este sistema

pulveriza entre el 60 y el 70% de agua con respecto al volumen de aire a una presión de entre 2 a 3,5 bares. Se caracteriza por la recuperación en una piscina del agua no absorbida por el aire y su recirculación en el circuito de pulverización.

Mientras que la gran ventaja de este tipo de instalaciones con recirculación es el ahorro de agua, a nivel de prevención de la legionelosis, son las de mayor riesgo potencial.

3.2 Sistemas de saturación parcial del aire con bombas a alta presión (bombas de pistones o alternativas)

El sistema a alta presión se basa en el mismo principio que el de baja presión, es decir, en el intercambio aire-agua. La gran diferencia que existe se encuentra en el sistema de pulverización de agua. El agua se pulveriza por medio de bombas del tipo alternativo a una presión de entre 50 y 80 bares, logrando un efecto de nebulización. Con la alta presión se ha podido aumentar la saturación del aire con una menor aportación de agua. Esto se consigue mediante el aumento de presión en las boquillas pulverizadoras, de tamaño aproximadamente cinco veces inferior al sistema anterior, disminuyendo de esta forma el tamaño de las gotas aportadas al aire a consecuencia de lo cual se consigue una mayor absorción del agua en el aire.

El sistema se caracteriza por no utilizar piscinas de recuperación de agua evitando de esta forma, la posible contaminación del agua de aportación al aire, siendo especialmente indicado para la prevención de la legionelosis al no utilizar agua recirculada.

Aproximadamente un 35% del agua pulverizada no se evapora. Por la cantidad de partículas de suciedad que recoge durante el proceso, el agua no suele ser recirculada en el sistema, no obstante, puede ser reutilizada para otros usos.

3.3 Sistemas de sobresaturación del aire con bombas a alta presión (bombas de pistones o alternativas)

Básicamente son iguales al anterior sistema, pero en este caso se basan en la eliminación de los separadores de gotas, para que la humedad contenida en el aire sobresaturado de agua, al contacto con el aire ambiente más cálido se evapore. El sistema se caracteriza en su utilización por conseguir una mayor aportación de humedad en el ambiente con un menor caudal de aire.

3.4 Sistemas de saturación parcial del aire con vapor

Los humidificadores de vapor funcionan mediante la evaporación por calor de la masa de agua a aportar en la corriente de aire. No se realiza pulverización y por tanto no se producen aerosoles, lo cual las excluye del ámbito de aplicación del Real Decreto 865/2003.

Además, el agua alcanza temperaturas superiores a los 100 °C muy por encima de la temperatura de destrucción de *Legionella* (70 °C).

3.5 Sistemas de saturación parcial del aire con ultrasonidos

Habitualmente estos sistemas utilizan agua fría desmineralizada. Mediante osciladores que vibran a frecuencias ultrasónicas se produce una niebla con tamaños de gota de hasta 0,5 µm. Aunque por el tamaño de gota es difícil que se pueda transportar *Legionella*, el Center for Disease Control (CDC-Atlanta, EEUU) ha descrito algún caso de legionelosis asociado a este tipo de equipos.

Respecto a los sistemas humidificadores de vapor, éstos sistemas representan un ahorro de gasto de mantenimiento y energético.

Los sistemas con ultrasonidos pueden incorporar una desinfección automática del agua (por ejemplo mediante U.V.) y deben disponer un sistema de drenaje que garantice el vaciado de la cámara de pulverización si el humidificador no se utiliza.

3.6 Terminología específica

- **Cámara de pulverización o de lavado del aire:** Local donde se realiza la pulverización del agua y por donde pasa el aire para su saturación, los locales están construidos actualmente, con chapas de acero inoxidable selladas herméticamente contra fugas de agua (foto 1).

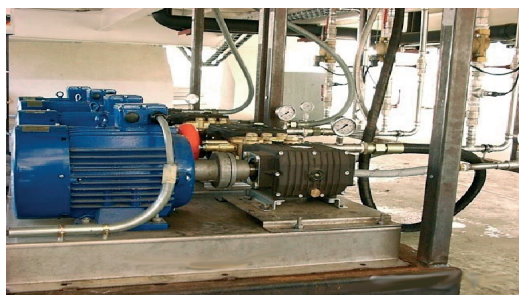
- **Enderezador de flujo de aire:** Son elementos montados a la entrada de la cámara de pulverización y tienen la función de encauzar el aire en toda la superficie de la cámara de lavado para conseguir una total saturación del aire, se trata de una serie de lamas de perfil aerodinámico construidas en material plástico y montadas a una corta distancia una de otra.

Foto 1



- **Bombas de pulverización:** Elemento cuya función es impulsar el agua a los pulverizadores (foto 2), pueden ser de tipo centrifugas ó alternativas.

Foto 2



- **Sistemas de control ambiental:** Equipo destinado a medir la humedad relativa en el ambiente actuando sobre el aporte de agua y/o entrada de aire. La transmisión de la señal puede ser de tipo neumático ó eléctrico.

- **Ventiladores de impulsión de aire:** Equipo destinado a distribuir el aire desde la central humidificadora hasta las áreas de trabajo. Pueden ser de tipo axial ó centrífugo (Foto 3).

- **Ventiladores de retorno de aire:** Equipo destinado a distribuir el aire desde las áreas de trabajo hasta la central humidificadora. Pueden ser de tipo axial ó centrífugo.

Foto 4



- **Ventiladores de retorno de aire:** Equipo destinado a distribuir el aire desde las áreas de trabajo hasta la central humidificadora. Pueden ser de tipo axial ó centrífugo.

Foto 4



- **Filtros para el aire:** Elementos diseñados para retener las partículas del aire.

- **Compuertas de regulación de aire:** Sistema destinado a controlar el caudal de aire circulante (foto 4).

- **Conductos, difusores y rejillas de distribución y retorno de aire.**

- **Conjunto de elementos destinado a transportar el aire desde la central humidificadora hasta las salas de trabajo y viceversa (foto 5).**

Foto 5



- **Tiempo de residencia:** Es el tiempo que cualquier sustancia o elemento que se aporte al agua del sistema, se mantiene en el agua recirculada, se calcula en base a la relación Volumen del sistema/ Purga del sistema.

- **Piscina/Balsa:** Recipiente que acumula el agua no evaporada en el proceso de humidificación y de la que se vuelve a impulsar a la cámara de pulverización. Este término se aplica solo en centrales con recirculación de agua.

- **Pérdidas por evaporación:** Caudal de agua evaporada en el proceso de humidificación.

4. CRITERIOS TÉCNICOS Y PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN

En este apartado se incluyen descripciones de las características técnicas óptimas de una instalación, así como de los protocolos, condiciones de operación, etc., siguiendo las diferentes fases del ciclo de vida útil de la misma.

4.1 Fase de diseño

Las bases del proyecto se determinarán por las necesidades específicas de aplicación dependiendo del tipo de sector industrial (textil, alimentario, etc.), e incluirán los siguientes aspectos:

- Criterios de selección.
- Características técnicas.
 - Materiales
 - Facilidad de desmontaje para la limpieza completa
 - Facilidad de desaguado
 - Calidad del separador de gotas
 - Conductos
- Sistemas de desinfección y control de la calidad del agua.

4.1.1 Criterios de selección

Para la selección de una central humidificadora se deberán tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Grado de humedad relativa del aire en el ambiente que se necesita mantener en el local de trabajo.
- Condiciones climáticas externas.
- Dimensiones del local a climatizar.
- Tipología de muros, suelos y techos.
- Cantidad de calor disipada en el ambiente por las máquinas de producción.
- Calidad del agua de aporte.

Al diseñar un nuevo equipo, tendrán preferencia los sistemas de menor riesgo de proliferación de la bacteria y se intentarán evitar los que acumulen y recirculen agua. Siempre que sea posible se instalarán sistemas de humidificación por inyección de vapor.

4.1.2 Características técnicas

En el diseño o remodelación de sistemas con recirculación de agua se deben considerar los siguientes aspectos:

a) Materiales

Los materiales que se utilicen en la construcción de la instalación no deberían facilitar el crecimiento microbiológico y en lo posible limitar procesos corrosivos.

No es aconsejable el uso de hormigón (debería cubrirse con pintura adecuada para evitar el acantonamiento de bacterias en oquedades) ni derivados celulósicos. En la medida de lo posible y debido a que no existe intercambio térmico con ningún proceso industrial se debería evitar el uso de partes metálicas susceptibles de corrosión. Utilizar preferiblemente materiales plásticos (policloruro de vinilo (PVC), poliéster, polietileno, polipropileno, etc.) para conducciones, depósitos y boquillas pulverizadoras.

En el apartado 4.1.3 “Criterios técnicos y protocolos de Actuación. Criterios de selección” del capítulo 3 de Torres de refrigeración y condensadores evaporativos, pueden revisarse las recomendaciones de selección de materiales que puedan ser aplicables a centrales humidificadoras.

b) Facilidad de desmontaje para la limpieza completa

Todos los elementos deben ser fácilmente accesibles para realizar su revisión, mantenimiento, limpieza y desinfección. Especialmente los siguientes:

- i. Piscina
- ii. Boquillas pulverizadoras. Deben ser desmontables.
- iii. Separadores de gotas
- iv. Conductos, difusores y rejillas
- v. Filtros de aire y agua
- vi. Cámaras de retorno e impulsión de aire

c) Facilidad de desaguado

La piscina deberá tener un punto que asegure el vaciado rápido y total. Las piscinas o bandejas de recogida de agua dispondrán de una pendiente en el fondo adecuada (superior al 1 %) y dirigida hacia el punto de vaciado con el fin de facilitar la retirada de los posibles residuos, sólidos y/o lodos acumulados. El diámetro del tubo de vaciado se dimensionará para permitir el paso de dichos residuos.

d) Calidad del separador de gotas

Estos sistemas deberán disponer de separadores de gotas de alta eficacia. En todo caso el aire se introduce en los locales ocupados generalmente a través de una serie de conductos que minimizan el transporte de las gotas.

e) Conductos

En cuanto al diseño de conductos de aire se deben tener en cuenta las indicaciones de las Normas UNE 100030 y UNE-ENV 12097 ya que debe minimizarse el riesgo de condensaciones en el interior. Además, deberán disponer de registros y trampillas de acceso adecuadas.

4.1.3 Sistemas de desinfección y control de la calidad del agua

Mediante la desinfección se consigue controlar el crecimiento microbiano dentro de niveles que no causen efectos adversos.

Desde la fase de diseño de la central humidificadora se debe contemplar la necesidad de realizar desinfecciones, previendo, por tanto, todos los elementos que deben formar parte del equipamiento necesario para su realización.

Para el mantenimiento de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en una central humidificadora 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 el agua se pulveriza directamente sobre la corriente de aire de aporte a las áreas de trabajo, en general 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.

Para cada uno de estos aspectos, se describe la naturaleza del problema, los efectos y modos de prevención.

a) Control de incrustaciones

Los sistemas que recirculan agua favorecen la concentración de sales en la misma y por tanto la aparición de incrustaciones, especialmente en boquillas pulverizadoras.

Por tanto, deberán adoptarse medidas para evitar la aparición de incrustaciones en las instalaciones, principalmente basadas en la descalcificación del agua de aporte ya que las medidas antiincrustación por adición de productos químicos estarían limitadas por las características del sistema. El agua se pulveriza en la corriente de aire y podría transportar los productos químicos a la zona de trabajo donde pueden ser inhalados por los trabajadores.

b) Control de crecimiento de microorganismos

Tal como se explicó en el punto anterior el aire pasa directamente al ambiente interior de trabajo, y por tanto en estas instalaciones, nunca deben adicionarse productos peligrosos por inhalación ni productos derivados del cloro, para evitar intoxicaciones de los trabajadores.

No todos los productos químicos autorizados por el Ministerio de Sanidad y Consumo para el tratamiento del agua frente a *Legionella* son adecuados para el uso en centrales humidificadoras industriales, ya que deberá figurar este uso específico en la resolución de inscripción en el Registro Oficial de Plaguicidas de la Dirección General de Salud Pública.

Una de las sustancias biocidas de elección, para este tipo de instalaciones, por su capacidad desinfectante y su inocuidad al descomponerse en el aire, es el peróxido de hidrógeno catalizado.

Asimismo, se pueden utilizar métodos físicos o físico-químicos alternativos como la radiación ultravioleta o tratamientos equivalentes de probada eficacia frente a *Legionella*.

c) Control de la corrosión

La corrosión consiste en el desgaste superficial de los metales ya sea por medios físicos, químicos o electroquímicos.

Para evitar este fenómeno, dado que en este tipo de instalaciones no es recomendable dosificar productos químicos, es preferible utilizar materiales no corrosibles, tales como plásticos o similares. También es posible aplicar sistemas de protección de las superficies, tales como pinturas o revestimientos anticorrosión.

d) Control de sólidos disueltos en el agua

En las instalaciones con recirculación la evaporación de parte del agua en circulación aumenta la concentración de los iones presentes en la misma. Este fenómeno de concentración da lugar a un aumento de la salinidad que puede favorecer las incrustaciones y/o la corrosión. La presencia de iones disueltos incrementa el nivel de conductividad del agua, por tanto ésta es una medida indirecta de la calidad de la renovación del agua de la piscina de la central humidificadora.

Para valorar el nivel de conductividad en la piscina de la central humidificadora es necesario referirlo a la conductividad del agua de aporte, ya que ésta es muy variable según la procedencia de la misma. La relación entre la conductividad del agua en la piscina y la del agua de aporte nos permitirá establecer los ciclos de concentración.

Habitualmente, según estos factores, se determina un nivel máximo admisible que nos servirá a efectos de valor de control para definir el nivel de purga adecuado.

El control de la purga del sistema deberá ser automático y en caso contrario se deberá vaciar el aparato y utilizar agua nueva cada día como recomienda la Norma UNE 100030.

e) Control de sólidos en suspensión

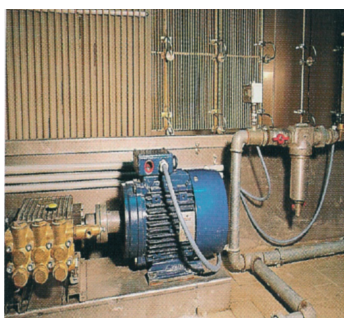
Foto 6



La pulverización del agua sobre una corriente de aire provoca el constante ensuciamiento de la misma con las partículas del ambiente. Estas partículas en suspensión se valoran mediante el grado de turbidez del agua. El control de este fenómeno, se hace de forma indirecta al diluir con agua nueva la piscina de la central, y por otra parte retirando físicamente las partículas en suspensión mediante sistemas de filtración.

Como ejemplo aplicable para la industria textil, se pueden instalar filtros rotatorios de partículas o fibras en suspensión en el agua, tal como se aprecia en la foto 6.

Foto 7



Especialmente, en sistemas sin recirculación si la calidad del agua de aporte lo requiere, se podría instalar un filtro previo a la pulverización para protección de boquillas pulverizadoras (Foto 7).

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 la bacteria.

La instalación del separador de gotas es de gran importancia y debe cuidarse la correcta fijación sobre los marcos de soporte, de forma que no aparezcan puntos que faciliten el escape de cantidades importantes de agua.

4.2 Fase de vida útil: Mantenimiento de la instalación

4.2.1 Criterios de funcionamiento

La finalidad principal de estos equipos es mantener un grado de humedad determinado en el interior de las salas, quedando en un segundo plano la cuestión de la temperatura.

Según los usos industriales a los que va destinado el sistema el grado de humedad necesario varía; a continuación se exponen algunos ejemplos:

- Papel (55%).
- Tabaco (60-70%).
- Algodón (50-60 %).
- Fabricación de prendas (65-75 %).
- Lana (80 %).
- Imprenta (50-65 %).
- Alimentario (Variable).

En el caso de la industria textil, la manipulación de fibras sintéticas aconseja trabajar a temperaturas inferiores a 27-28° C, por tanto el aire húmedo se hace pasar por baterías refrigeradoras; en invierno, con temperaturas externas muy bajas es necesario subir la temperatura del aire, para este fin se utilizan baterías calefactoras. En función de las condiciones de humedad y temperatura exterior y las cargas térmicas interiores se producen grandes variaciones en la cantidad de agua a aportar en el flujo de aire.

La variabilidad en el régimen de funcionamiento (caudales de agua aportados y horas de funcionamiento) por tanto es muy grande, y debe particularizarse en cada caso.

4.2.2 Revisión

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

La revisión de todas las partes de una instalación para comprobar su buen funcionamiento, se realizará con la siguiente periodicidad (tabla 1).

Tabla 1. Periodicidad de las revisiones

Elemento	Periodicidad	
Piscina: Debe comprobarse que no presenta suciedad general, algas, lodos, corrosión, o incrustaciones. El agua debe estar clara y limpia.	MENSUAL	
Pulverizadores: Debe comprobarse mediante inspección visual exterior que no presentan suciedad general, corrosión, o incrustaciones. La pulverización debe ser homogénea.	MENSUAL	
Separador de gotas: No debe presentar restos de suciedad, algas o lodos, debe estar correctamente colocado sobre el marco soporte. Dada su importancia, se asegurará su correcta instalación e integridad después de cada limpieza y desinfección.	ANUAL	
Filtros y otros equipos de tratamiento de agua: Revisar que se encuentran correctamente instalados y en buenas condiciones higiénicas.	Filtro aporte	SEMESTRAL
	Filtro recirculación	MENSUAL
	Otros equipos	MENSUAL
Conductos de aire: Revisar que se encuentran en buenas condiciones higiénicas.	SEMESTRAL	

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, algas 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.

Se revisará también la calidad físico-química y microbiológica del agua del sistema determinando los siguientes parámetros (tabla 2):

Tabla 2. Parámetros de control de calidad del agua

Parámetro	Método de análisis	Periodicidad
EQUIPOS CON RECIRCULACION		
Temperatura	Termómetro de inmersión de lectura directa.	MENSUAL
pH	Medidor de pH de lectura directa o colorimétrico.	
Conductividad	Sonda electroquímica de lectura directa.	
Turbidez	Turbidímetro.	
Hierro total *	Espectrofotométrico o colorimétrico.	
Índice de Ryznar	Cálculo.	Se realizará un estudio previo y posteriormente siempre que se esperen cambios en la calidad del agua.
Recuento total de aerobios	Según norma ISO 6222. Calidad del agua. Enumeración de microorganismos cultivables. Recuento de colonias por siembra en medio de cultivo de agar nutritivo**.	MENSUAL
Legionella sp	Según Norma ISO 11731 Parte 1. Calidad del agua. Detección y enumeración de <i>Legionella</i> .	MENSUAL Aproximadamente 15 días después de la realización de cualquier tipo de limpieza y desinfección.

EQUIPOS SIN RECIRCULACION (excepto agua fría de consumo humano procedente directamente de red, sin acumulación)		
Recuento total de aerobios	Según norma ISO 6222. Calidad del agua. Enumeración de microorganismos cultivables. Recuento de colonias por siembra en medio de cultivo de agar nutritivo.**	MENSUAL
<i>Legionella sp</i>	Según Norma ISO 11731 Parte 1. Calidad del agua. Detección y enumeración de <i>Legionella</i> .	TRIMESTRAL Aproximadamente 15 días después de la realización de cualquier tipo de limpieza y desinfección.

* Solo debe analizarse hierro si existen materiales férricos en el sistema en contacto con el agua.

** La norma ISO 6222 especifica dos niveles de temperatura. A efectos de centrales humidificadoras, en general, será suficiente el análisis a 22° C dado que es la temperatura más cercana al rango de trabajo de la instalación. No obstante se verificará la temperatura del agua en la instalación y se realizará el análisis a 36°C si es la temperatura más cercana.

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 mantenimiento 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.

La periodicidad mensual del análisis de *Legionella sp* en las instalaciones con recirculación es debida al alto riesgo de exposición permanente de los trabajadores al respirar el aire humedecido

La temperatura del agua debería mantenerse lo más baja posible, inferior a 20 °C, si las condiciones climatológicas lo permiten. De esa forma se minimiza el crecimiento de la *Legionella* que depende en gran manera de la temperatura del agua. En general en éstas instalaciones, cuya misión no es extraer calor de ningún proceso sino humidificar el aire, no existen temperaturas de agua muy elevadas y pueden mantenerse generalmente por debajo de ese nivel.

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.

4.2.3 Protocolo de toma de muestras

El punto de toma de muestra en la instalación es un elemento clave para asegurar la representatividad de la muestra, en la tabla 3 se incluyen algunas pautas a tener en consideración para cada uno de los parámetros considerados.

Parámetro	Protocolo de toma de muestras
Nivel de biocida utilizado	<p>La muestra debe ser representativa de la concentración de biocida en el sistema.</p> <p>Si el sistema dispone de piscina, la muestra se recogerá directamente de la misma en un punto alejado de la entrada de agua de aporte. Si ésta no existe, el circuito debe disponer de, al menos, un punto de toma de muestra (pulverizadores, purga, etc.).</p> <p>Se deberá tener en cuenta el régimen de adición de los posibles desinfectantes utilizados apropiados para este tipo de instalaciones.</p> <p>Cuando por el tipo de biocida utilizado sea conveniente mantener una concentración residual mínima, la muestra se tomará, preferentemente, instantes antes de la adición.</p> <p>En el caso de adiciones de choque, en los que no es necesario mantener una concentración residual mínima, la toma de muestras se deberá realizar un tiempo después de su adición en función del volumen del agua de la balsa y del caudal de recirculación de la instalación.</p>
pH	Se medirá en el mismo punto que el utilizado para el análisis de biocida.

Temperatura	Directamente de la balsa en un punto alejado de la entrada de agua de aporte.
Hierro total	Considerar el valor del parámetro más desfavorable para el algoritmo de determinación del riesgo.
Conductividad	
Turbidez	
Legionella sp	
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".	

Tabla 3. Toma 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.

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

4.2.4.1 Limpieza y programa de desinfección de mantenimiento

Se corresponderá con los programas de tratamiento continuado del agua especificado en el artículo 8.1 Real Decreto 865/2003 para las instalaciones de mayor probabilidad de proliferación y dispersión de *Legionella*.

En estos sistemas, tal como se describe en el apartado 4.1.2.b) Control de crecimiento microbiano, hay restricciones importantes en el uso de biocidas.

4.2.4.2 Limpieza y desinfección de choque

El protocolo de limpieza-desinfección expresado en el anexo 4 B) del Real Decreto 865/2003 también puede ser válido para las centrales humidificadoras con recirculación de agua y piscina de acumulación si se utiliza cloro como desinfectante.

En caso de utilizar un desinfectante diferente al cloro, se seguirá el procedimiento indicado por el fabricante. Se debe tener en cuenta que la limpieza de la instalación es necesaria independientemente del biocida empleado.

Es importante tener en cuenta que en este tipo de instalaciones la desinfección de choque exige siempre la parada de la instalación. En cualquier caso deben tomarse las medidas adecuadas para que las limpiezas o desinfecciones no afecten a los trabajadores u ocupantes de la zona de trabajo en general. En los sistemas que no disponen de recirculación, se realizará mediante la limpieza y desinfección de cada una de las partes desmontables.

Todas las partes desmontables de la instalación, tras su limpieza, se sumergirán en una solución clorada con 20 mg/l de cloro residual libre durante al menos 30 minutos u otro desinfectante autorizado según recomendaciones del fabricante, y tras su aclarado se volverán a montar.

Los depósitos de agua existentes previos a la pulverización deberán ser vaciados, limpiados y desinfectados (mediante pulverización con solución clorada a concentración 20 mg/l o con otro desinfectante autorizado) y posteriormente aclarados.

Los elementos en contacto con el agua que no puedan ser fácilmente desmontados (separador de gotas, filtros, etc.), deberán ser impregnados por pulverización con una solución desinfectante en las mismas condiciones que en el párrafo anterior.

Estos tratamientos deben llevarse a cabo con una periodicidad mínima semestral.

4.2.4.3 Limpieza y desinfección en caso de brote

En centrales con recirculación de agua y piscina de acumulación se podrá utilizar el protocolo expresado en el anexo 4 C) del Real Decreto 865/2003 siempre con la indicación de que se use cloro como desinfectante, ya que es el único permitido para estos casos.

En centrales sin recirculación de agua, utilizando cloro como desinfectante, se procederá tal y como se describe a continuación:

a) Con depósito acumulador

- Clorar el depósito de agua con 20 mg/l de cloro residual libre, manteniendo el pH entre 7 y 8 y la temperatura por debajo de 30 °C.
- Hacer llegar a los pulverizadores la solución desinfectante. Se minimizará la generación de aerosoles, desmontando boquillas o utilizando cualquier otro procedimiento adecuado.
- Mantener residuales de cloro como mínimo durante 3 horas verificando al menos 2 mg/l en los puntos finales de la red (pulverizadores).
- Neutralizar el cloro residual libre del sistema y vaciar.
- Limpiar a fondo las paredes del depósito eliminando lodos e incrustaciones.
- Aclarar con agua limpia y restablecer las condiciones habituales en el sistema.
- Los depósitos de agua existentes previos a la pulverización deberán ser vaciados, limpiados y desinfectados (mediante pulverización con solución clorada).

b) Sin depósito acumulador

- Dosificar 20 mg/l de cloro residual libre, manteniendo el pH entre 7 y 8 y la temperatura por debajo de 30 °C en el agua de aporte mediante una bomba dosificadora.

- Hacer llegar a los pulverizadores la solución desinfectante. Se minimizará la generación de aerosoles, desmontando boquillas o utilizando cualquier otro procedimiento adecuado.
- Mantener residuales de cloro como mínimo durante 3 horas verificando al menos 2 mg/l en los puntos finales de la red (pulverizadores).
- Neutralizar el cloro residual libre.
- Aclarar con agua limpia y restablecer las condiciones habituales en el sistema.

c) En ambos casos:

- Todas las partes desmontables de la instalación, tras su limpieza, se sumergirán en una solución clorada con 20 mg/l de cloro residual libre durante al menos 30 minutos, tras su aclarado se volverán a montar.
- Los elementos en contacto con el agua que no puedan ser fácilmente desmontados (separador de gotas, filtros, etc.), deberán ser impregnados por pulverización con una solución clorada en las mismas condiciones que en el párrafo anterior.

4.2.5 Criterios de valoración de resultados

En la tabla 4 se relacionan los distintos parámetros a medir con su valor de referencia y las actuaciones correctoras que pueden adoptarse en caso de desviación de las mismas.

Tabla 4. Acciones correctoras en función del parámetro

Parámetro	Valor de referencia	Actuación correctiva en caso de incumplimiento
Temperatura	Según condiciones de funcionamiento	No aplicable.
pH	6,5-9,0	Se valorará este parámetro a fin de ajustar la dosis de cloro (sólo en desinfecciones de choque o brote) a utilizar (UNE 100030) o de cualquier otro biocida. Se recomienda calcular el índice de Ryznar o de Langelier para verificar la tendencia agresiva o incrustante del agua.
Índice de Langelier	> 0 Agua incrustante 0 Equilibrio < 0 Agua agresiva	Se valorará este parámetro a fin de determinar el programa de tratamiento del agua, de modo que, ésta en ningún momento podrá tener características extremadamente incrustantes ni corrosivas.
Índice de Ryznar	< 6 Agua incrustante 6-7 Equilibrio > 7 Agua agresiva	
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.	La purga se debe realizar en función a la conductividad máxima permitida en el sistema indicado en el programa de tratamientos del agua.
Turbidez	< 15 UNF (6 NTU)	Diluir con agua de aporte la piscina. Retener físicamente las partículas en suspensión mediante sistemas de filtración, de arena u otros medios similares como filtros de tipo ciclón por la recirculación de una parte del agua del sistema (entre un 10 y 20% del caudal recirculado).

Hierro total	< 2 mg/l	Identificar y sustituir el elemento afectado por la corrosión.
Recuento total de aerobios	< 1000 Ufc/ml	Con valores superiores a 1000 Ufc/ml será necesario comprobar el programa de mantenimiento.
<i>Legionella sp</i>	Presencia (*)	Parar el funcionamiento de la instalación, vaciar el sistema en su caso. < 1000 Ufc/L Limpiar y realizar un tratamiento de choque de acuerdo con lo indicado en el apartado 4.2.4.1 Limpieza y desinfección de choque antes de reiniciar el servicio. > 1000 Ufc/L Limpiar y realizar un tratamiento en caso de brote de acuerdo con lo indicado en la sección 4.2.4.2 Limpieza y desinfección de choque antes de reiniciar el servicio. En ambos casos realizar 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.

4.2.6 Resolución de problemas asociados a la instalación

En los sistemas con recirculación de agua, la concentración de sales disueltas debido al fenómeno de la evaporación, puede llegar a superar el producto de solubilidad de algunas de ellas, produciéndose incrustaciones, lodos y fangos, que obturan las boquillas pulverizadoras y favorecen el crecimiento microbiano. Se debe, por tanto, establecer un régimen de purgas en función de la conductividad del agua adecuado para cada instalación en función de las características físico-químicas del agua de aporte.

Con el fin de evitar incrustaciones, en caso necesario, se puede realizar un tratamiento antiincrustante que ayude a mantener las superficies del sistema libres de incrustaciones y lodos. El tratamiento antiincrustación generalmente será externo, para evitar la entrada de iones calcio o magnesio al sistema.

Un tratamiento externo habitual consiste en la instalación de un sistema de descalcificación, dicho sistema esta basado en un lecho de resinas que capta los iones calcio o magnesio, intercambiándolos por iones sodio. Estas resinas tienen una capacidad limitada de intercambio, por lo que periódicamente se regeneran de forma automática mediante cloruro sódico.

En estos sistemas, especialmente los instalados en la industria textil, se recircula el aire del interior del recinto, haciéndolo pasar de nuevo por la pulverización de agua. El aire del interior de las salas puede contener restos del tejido utilizado en el proceso industrial y en ocasiones restos de alguno de los productos usados para mejorar el comportamiento del tejido (suavizantes, etc.). Estos sistemas, deberán disponer de un filtro de aire adecuado, para retener estos restos de tejido antes de que puedan llegar a la cámara de pulverización, para evitar su acumulación en las piscinas donde pueden aumentar el riesgo de proliferación de bacterias y por tanto de *Legionella*.

4.2.7 Descripción de registros asociados a las instalaciones

Se dispondrá en estas instalaciones de un Registro de Mantenimiento donde se deberán indicar:

- Plano señalizado de la instalación con la descripción de flujos de agua.
- Operaciones de mantenimiento realizadas incluyendo las inspecciones de las diferentes partes del sistema.
- Análisis de agua de la piscina realizados, incluyendo registros de biocida diarios (añadido o residual), en aquellas instalaciones que los utilicen.
- Certificados de limpieza-desinfección.
- Resultado de la evaluación del riesgo.

El contenido del registro y de los certificados de tratamiento efectuados deberá ajustarse a lo dispuesto en el Real Decreto 865/03. 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 instalación concreta 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 Orden 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-sanitaria de las instalaciones objeto del Real Decreto 865/2003.

Las tablas 5, 6 y 7 permiten determinar los factores de riesgo asociados a cada instalación.

Describen 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 8). 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 y 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 5. Evaluación del riesgo estructural de la instalación

Factores de riesgo estructural	BAJO	MEDIO		ALTO	
	FACTOR	FACTOR	ACCIONES A CONSIDERAR	FACTOR	ACCIONES A CONSIDERAR
Procedencia del agua	Agua fría de consumo humano.	Captación propia tratada.	Controlar el correcto funcionamiento de los equipos del tratamiento.	Captación propia sin tratar.	Cambiar la captación. Tratar el agua de aporte.
Acumulación previa	Entrada directa de red sin acumulación previa.	Acumulación previa en depósito que se renueva totalmente en menos de 24 horas.	Estudiar la viabilidad de no usar acumulación, o disminuir el tamaño del depósito.	Acumulación previa en depósito que NO se renueva totalmente en menos de 24 horas.	Estudiar la viabilidad de no usar acumulación, o disminuir el tamaño del depósito.
Recirculación	Sistema sin recirculación.	Sistema con recirculación. El agua de recirculación se renueva totalmente en menos de 24 horas.	Estudiar la viabilidad de usar sistemas sin recirculación, o disminuir el volumen del agua almacenada para recirculación.	Sistema con recirculación. El agua de recirculación NO se renueva totalmente en menos de 24 horas.	Estudiar la viabilidad de usar sistemas sin recirculación, o disminuir el volumen de agua almacenada para recirculación.
Materiales	Materiales plásticos y metálicos que resistan la acción agresiva del agua y no favorezcan el desarrollo de microorganismos.	Hormigón y materiales metálicos que favorecen oquedades y productos de la corrosión en el agua circulante.	Sustitución o recubrimiento de materiales.	Celulosa y materiales que favorezcan el crecimiento fúngico y/o bacteriano.	Sustitución de materiales.
Sistema de retención de gotas	Existe un sistema de retención de gotas de alta eficacia.	Existe un sistema de retención de gotas de baja eficacia.	Instalar sistema de retención de gotas de alta eficacia.	No existe sistema de retención de gotas.	Instalar sistema de retención de gotas si es aplicable.
Longitud de los conductos de aire	Conductos de aire de recorrido largo sin acumulación de gotas por decantación.	Conductos de aire de impulsión con recorrido largo con acumulación de gotas por decantación.	Evitar acumulaciones de agua.	Conductos de aire de impulsión con recorrido corto y con acumulación de gotas por decantación.	Evitar acumulaciones de agua.

Tabla 6. 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 físico-químicos	Valores de índice de Ryznar del agua circulante entre 5 y 7.	Valores de índice de Ryznar del agua circulante $\geq 4 < 5$ y $> 7 \leq 8$.	Realizar un tratamiento adecuado del agua. Utilización de agua de aporte diferente. Incremento de régimen de purgas.	Valores de índice de Ryznar del agua circulante < 4 y > 8 .	Realizar un tratamiento adecuado del agua. Utilización de agua de aporte diferente. Incremento de régimen de purgas.
Parámetros microbiológicos <i>Legionella sp</i>	Ausencia.	100 – 1000 Ufc/L.	Según criterio de valoración de resultados.	> 1000 Ufc/L.	Según criterio de valoración de resultados.
Parámetros microbiológicos Aerobios totales	< 1000 Ufc/ml.	1000 – 10000 Ufc/ml.	Según criterio de valoración de resultados.	> 10000 Ufc/ml.	Según criterio de valoración de resultados.
Estado higiénico de la instalación	Instalación limpia.	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 la instalación.
Estado mecánico de la instalación	Buen estado de conservación. Sin restos de corrosión ni incrustación.	Algunos elementos presentan corrosión y/o incrustación.	Realizar un tratamiento adecuado del agua. Sustituir los elementos con corrosión. Realizar desincrustación de las partes afectadas.	Mal estado general de conservación. Corrosión e incrustación generalizadas.	Realizar un tratamiento adecuado del agua. Sustituir elementos con corrosión. Utilizar materiales adecuados. Realizar desincrustación.

Tabla 7. Evaluación del riesgo operacional de la instalación

Factores de riesgo operación	BAJO	MEDIO		ALTO	
	FACTOR	FACTOR	ACCIONES A CONSIDERAR	FACTOR	ACCIONES A CONSIDERAR
Temperatura del agua de aporte	≤ 20 °C.	$> 20 - < 30$ °C.	Aislar correctamente las tuberías y/o aljibes.	≥ 30 °C.	Aislar correctamente las tuberías y/o aljibes.
Temperatura del agua en el sistema	≤ 20 °C.	$> 20 - < 30$ °C.	Aumentar el régimen de purgas.	≥ 30 °C	Aumentar el régimen de purgas.
Tiempo de residencia del agua en el sistema	≤ 24 h.	> 24 h – 48 h.	Aumentar el régimen de purgas / vaciados.	≥ 48 h.	Aumentar el régimen de purgas/vaciados.

Tabla 8. Índice global

RIESGO ESTRUCTURAL	BAJO	MEDIO	ALTO
Procedencia del agua	0	10	20
Existencia de acumulación previa	0	6	12
Existencia de recirculación	0	13	26
Materiales	0	5	10
Sistema de retención de gotas	0	11	22
Conductos de aire	0	5	10
INDICE ESTRUCTURAL (IE)		50	100

RIESGO DE MANTENIMIENTO	BAJO	MEDIO	ALTO
Parámetros físico-químicos	0	7	14
Parámetros microbiológicos <i>Legionella sp</i>	0	20	40
Parámetros microbiológicos Aerobios totales	0	8	16
Estado higiénico de la instalación	0	10	20
Estado mecánico de la instalación	0	5	10
INDICE DE MANTENIMIENTO (IM)		50	100

RIESGO DE OPERACIÓN	BAJO	MEDIO	ALTO
Temperatura del agua de aporte	0	10	20
Temperatura del agua en el sistema	0	20	40
Tiempo de residencia del agua en el sistema (la acumulación previa no se considera parte del sistema)	0	20	40
INDICE OPERACIONAL (IO)		50	100

INDICE GLOBAL: $0,3*IE+0,6*IM+0,1*IO$

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

5.2 ACCIONES CORRECTORAS EN FUNCION DEL INDICE GLOBAL

INDICE GLOBAL < 60

Cumplir requisitos según el apartado 4.2: Fase de vida útil: Mantenimiento de la instalación.

$60 \leq$ INDICE GLOBAL ≤ 80

Se llevarán a cabo las acciones correctoras necesarias para disminuir el índice.

Aumentar la frecuencia de revisión de la instalación: Revisión trimestral.

Un ejemplo de posibles acciones se recoge en las tablas 5, 6 y 7.

INDICE GLOBAL > 80

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

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

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 siguientes tablas (9,10 y 11).

Tabla 9. Ejemplo de evaluación del riesgo estructural

FACTORES DE RIESGO ESTRUCTURAL	SITUACIÓN ACTUAL	FACTOR
Procedencia del agua	Captación propia tratada.	MEDIO
Acumulación previa	Acumulación previa en depósito que no se renueva totalmente en menos de 24 horas ($V= 8\text{m}^3$).	ALTO
Existencia de recirculación	Sistema con recirculación, que se renueva en 48 horas.	ALTO
Materiales	Balsa de recirculación de hormigón conducciones de acero al carbono.	MEDIO
Sistema de retención de gotas	Existe un sistema de retención de gotas de baja eficacia.	MEDIO
Conductos de aire	Los conductos son largos aunque se pueden formar condensaciones en algunos puntos.	MEDIO

Tabla 10. Ejemplo de evaluación del riesgo de mantenimiento

FACTORES DE RIESGO MANTENIMIENTO	SITUACIÓN ACTUAL	FACTOR
Parámetros físico-químicos	Valores de Índice de Ryznar < 5 .	MEDIO
Parámetros microbiológicos: <i>Legionella sp</i>	Último control analítico <i>Legionella sp</i> > 1000 Ufc/L.	ALTO
Parámetros microbiológicos: Aerobios totales	Último control analítico Aerobios totales 5000 Ufc/ml.	MEDIO
Estado higiénico	Aparecen restos de biocapa y lodos abundantes en la balsa de recirculación.	ALTO
Estado mecánico	Algunos elementos (boquillas pulverizadas) presentan incrustaciones.	MEDIO

Tabla 11. Ejemplo de evaluación del riesgo operacional

FACTORES DE RIESGO OPERACIÓN	SITUACIÓN ACTUAL	FACTOR
Temperatura del agua de aporte	23 °C.	MEDIO
Temperatura del agua circulante	28 °C.	MEDIO
Tiempo de residencia del agua en el sistema (la acumulación previa no se considera parte del sistema)	La instalación tiene un volumen de 3 m^3 y el caudal de purga se estima en $2 \text{ m}^3/\text{día}$: renovación en 36 horas.	MEDIO

A partir de estos factores se calcularía el Índice Global tal y como se muestra en las siguientes tablas 12, 13 y 14:

Tabla 12. Índice estructural

Estructural	FACTOR	VALOR
Procedencia del agua	MEDIO	10
Acumulación previa	ALTO	12
Existencia de recirculación	ALTO	26
Materiales	MEDIO	5
Sistema de retención de gotas	MEDIO	11
Conductos de aire	MEDIO	5
TOTAL: Índice Estructural (IE)		69

Tabla 13. Índice de mantenimiento

Mantenimiento	FACTOR	VALOR
Parámetros físico-químicos	MEDIO	7
Parámetros microbiológicos: <i>Legionella sp</i>	ALTO	40
Parámetros microbiológicos: Aerobios totales	MEDIO	8
Estado higiénico	ALTO	20
Estado mecánico	MEDIO	5
TOTAL: Índice Mantenimiento (IM)		80

Tabla 14. Índice operacional

Operación	FACTOR	VALOR
Temperatura del agua de aporte	MEDIO	10
Temperatura del agua circulante	MEDIO	20
Tiempo de residencia del agua en el sistema (la acumulación previa no se considera parte del sistema)	MEDIO	20
TOTAL: Índice Operación (IO)		50

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

INDICE GLOBAL = $0,3*69+0,6*80+0,1*50$	73,7
--	-------------

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 de 80 por lo que sería necesario actuar en este apartado.

Las acciones correctoras deberían estar encaminadas a reducir preferentemente el número de factores “ALTO”, a potenciar el mantenimiento de la instalación. Corrigiendo estos factores obtenemos los resultados que se muestran en las tablas (15, 16 y 17). Hay que tener en cuenta que a veces no es posible actuar contra todos los factores.

Tabla 15. Factores de riesgo estructural con acción correctora

FACTORES DE RIESGO ESTRUCTURAL	SITUACIÓN ACTUAL	ACCIÓN CORRECTORA	FACTOR (con acción correctora)
Acumulación previa	Depósito que no se renueva en menos de 24 horas.	Instalación de un depósito de uso exclusivo para la central de 1m ³ de volumen.	BAJO
Existencia de recirculación	Sistema con recirculación.	La única acción posible sería la sustitución total del sistema. Dado que a corto plazo puede no ser viable técnica y económicamente. Es preciso potenciar el control de los otros factores de riesgo.	ALTO
Sistema de retención de gotas	Sistema de retención de baja eficacia.	Instalación de un sistema de retención de alta eficacia.	BAJO
Conductos de aire	Conductos largos con acumulación de agua de condensación en puntos determinados.	Aislamiento correcto de los conductos y/o instalación de puntos de vaciado para evitar acumulación de agua de condensación.	BAJO

Tabla 16. Factores de riesgo de mantenimiento con acción correctora

FACTORES DE RIESGO MANTENIMIENTO	SITUACIÓN ACTUAL	ACCIÓN CORRECTORA	FACTOR (con acción correctora)
Parámetros físico-químicos	Valores del índice de Ryznar < 5.	Revisar el programa de tratamiento del agua hasta conseguir valores por debajo de los índices de riesgo bajo.	BAJO
Parámetros microbiológicos: aerobios totales	Último control analítico Aerobios totales 5000 Ufc/ml.		BAJO
Parámetros microbiológicos: <i>Legionella sp</i>	<i>Legionella sp</i> > 1000 Ufc/L.	Como resultado de las acciones correctoras <i>Legionella sp</i> < 100.	BAJO
Estado mecánico	Algunos elementos (boquillas pulverizadas) presentan incrustaciones.	Se sustituyen los elementos con corrosión utilizando materiales adecuados.	BAJO

Tabla 17. Factores de riesgo operacional con acción correctora

FACTORES DE RIESGO DE OPERACIÓN	SITUACIÓN ACTUAL	ACCIÓN CORRECTORA	FACTOR (con acción correctora)
Temperatura del agua de aporte	23 °C.	Aislar correctamente las tuberías y aljibes.	BAJO
Temperatura del agua circulante	28 °C.	Aumentar el régimen de purgas de forma significativa, no superior a 24 horas.	BAJO
Tiempo de residencia del agua en el sistema	Tiempo de residencia de 48 h.	Aumentar el régimen de purgas de forma significativa, no superior a 24 horas.	BAJO

Una vez realizadas las correcciones el Índice Global queda como se muestra en las tablas 18, 19 y 20.

Tabla 18. Índice de riesgo estructural corregido

FACTORES ESTRUCTURALES	FACTOR		VALOR	
	ANTERIOR	CON ACCION CORRECTORA	ANTERIOR	CON ACCION CORRECTORA
Procedencia del agua	MEDIO	MEDIO	10	10
Acumulación previa	ALTO	BAJO	12	0
Existencia de recirculación	ALTO	ALTO	26	26
Materiales	MEDIO	MEDIO	5	5
Sistema de retención de gotas	MEDIO	BAJO	11	0
Conductos de aire	MEDIO	BAJO	5	0
Total: Índice Estructural (IE)			69	41

Tabla 19. Índice de riesgo de mantenimiento corregido

FACTORES MANTENIMIENTO	FACTOR		VALOR	
	ANTERIOR	CON ACCION CORRECTORA	ANTERIOR	CON ACCION CORRECTORA
Parámetros físico-químicos	MEDIO	BAJO	7	0
Parámetros microbiológicos: <i>Legionella sp</i>	ALTO	BAJO	40	0
Parámetros microbiológicos: Aerobios totales	MEDIO	BAJO	8	0
Estado higiénico	ALTO	BAJO	20	0
Estado mecánico	MEDIO	BAJO	5	0
Total: Índice Mantenimiento (IM)			80	0

Tabla 20. Índice de riesgo operacional corregido

FACTORES DE OPERACIÓN	FACTOR		VALOR	
	ANTERIOR	CON ACCION CORRECTORA	ANTERIOR	CON ACCION CORRECTORA
Temperatura del agua de aporte	MEDIO	BAJO	10	0
Temperatura del agua circulante	MEDIO	BAJO	20	0
Tiempo de residencia del agua en el sistema	MEDIO	BAJO	20	0
Total: Índice Operación (IO)			50	0

ÍNDICE GLOBAL = $0,3*41 + 0,6*0 + 0,1*0$	72,2	12,3
--	-------------	-------------

Con la aplicación pues de las medidas correctora indicadas se ha conseguido reducir el Índice Global muy por debajo del valor 60 y el Índice de Mantenimiento a cero, lo cual implica un riesgo bajo en todos los factores.

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 la forma de pulverización		Pulverización uniforme	No se precisa
		Pulverización no homogénea	..... (acción realizada)
		Altura / alcance de los chorros reducido	..... (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 las boquillas		Correcto, sin obstrucciones	No se precisa
		Presencia de obstrucciones	..... (acción realizada)
Estado de los filtros si existen		Correcto, sin obstrucciones	No se precisa
		Presencia de abundantes partículas.	..... (acción realizada)
Estado de los equipos de desinfección y tratamiento del agua		Funcionamiento correcto	No se precisa
		Funcionamiento defectuoso	..... (acción realizada)

II – OPERACIONES DE LIMPIEZA

FECHA		
Tipo de operación		Lavado manual de los filtros
		Vaciado y limpieza del depósito previo
		Vaciado y limpieza de la piscina de recirculación
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>		< 100 Ufc/L	No se precisa
		100-1000 Ufc/L	.....
		> 1000 Ufc/L	.....
Otros controles analíticos		