

ALGORITMO DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE TRANSMISIÓN DE 'LEGIONELLA' EN INSTALACIONES DE TRANSPORTE Y TRATAMIENTO DE MASA DE AGUA

LEGIONELLA RISK ASSESSMENT IN WATER INSTALLATIONS

Paulino Pastor Pérez

SGS Tecnos SA

RESUMEN

La legionelosis es una enfermedad producida por la inhalación de bacterias de la especie *Legionella*, que ocasionalmente pueden colonizar algunas instalaciones de la edificación que utilizan agua para su funcionamiento.

El presente artículo describe un algoritmo de evaluación del riesgo de transmisión de legionelosis particularizado para cada tipo de instalación de riesgo a fin de cubrir las características específicas de cada equipo, pero con una estructura común similar, para asegurar la sencillez de uso y la homogeneidad de resultados. Este algoritmo ha sido desarrollado en el seno de la Comisión de Expertos de *Legionella* del Ministerio de Sanidad

La principal utilidad de una herramienta de estas características es la de minimizar tanto como sea posible la subjetividad de los inspectores en la identificación y evaluación de los riesgos asociados a las instalaciones. Este tipo de algoritmos son posibles en situaciones de riesgo dependientes de un número reducido de parámetros y relativamente sencillas de controlar, como es el caso de las instalaciones de agua en la edificación.

Se ha optado por el desarrollo de un índice global de riesgo, valorado de 0 a 100, (0 mínimo riesgo, 100 máximo riesgo) y distribuido, a su vez, en tres subíndices, que definen los principales aspectos del riesgo a tener en consideración:

Índice estructural: diseño.

Índice de mantenimiento: calidad del mantenimiento.

Índice operacional: modo de funcionamiento del equipo.

Cubriendo las diferentes etapas de vida de la instalación.

PALABRAS CLAVE: *Legionella*. *Pneumophila*. Riesgo. Evaluación. Índice.

ABSTRACT

Legionelose is an illness produced as a consequence of the inhalation of bacteria of the species *Legionella*, which occasionally may colonize some of the water installations of the buildings.

This article describes a *Legionella* risk assessment algorithm particularized for every type of installation covering all the specific characteristics of every piece of equipment, but keeping a common similar structure that allows easiness of use and homogeneous results. This algorithm has been developed by the Experts Commission of the Ministry of Health.

The main use of these kind of tools is to minimize as much as possible the subjectivity of the inspectors in the identification and assessment of risks associated to the installations. These types of algorithms are applicable in risks depending on a relative low number of parameters that are somehow easy to control, as it happens in the water installations in the buildings.

It has been chosen to develop a global index rated from 0 to 100 (meaning 0 minimum risk and 100 maximum risk) distributed in terms in three sub indexes, which define the main risk aspects to be taken into account.

Structural Index: design

Maintenance Index: maintenance quality

Operational Index: performance of the equipment.

Covering all the different aspects of the life of the installations.

KEY WORDS: *Legionella*. *Pneumophila*. Risk. Assessment. Index.

INTRODUCCIÓN

El artículo 4 del Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis establece lo siguiente:

“Artículo 4. Responsabilidad de los titulares de las instalaciones.

Los titulares de las instalaciones descritas en el artículo 2 serán responsables del cumplimiento de lo dispuesto en este real decreto y de que se lleven a cabo los programas de mantenimiento periódico, las mejoras estructurales y funcionales de las instalaciones, así como del control de la calidad microbiológica y físico-química del agua, **con el fin de que no representen un riesgo para la salud pública.**”

Asimismo, en el artículo 8 se cita:

“Artículo 8. Programas de mantenimiento en las instalaciones.

[...] La autoridad sanitaria competente, **en caso de riesgo para la salud pública** podrá decidir la ampliación de estas medidas.”

Por otra parte en el artículo 10, que determina las competencias de la inspección sanitaria, se dice lo siguiente:

“Artículo 10. Inspección sanitaria.

[...] En caso necesario se dictarán las medidas para prevenir o minimizar el riesgo detectado, que incluirá la aplicación de las medidas preventivas recogidas en los artículos 6, 7 y 8 de este real decreto, así como la corrección de defectos estructurales, de mal funcionamiento o de mantenimiento defectuoso de las instalaciones por parte del responsable de éstas.

Si del resultado de estas inspecciones se concluye que existe riesgo para la salud pública, la autoridad sanitaria competente podrá decidir la clausura temporal o definitiva de la instalación.”

Es decir, el concepto del riesgo asociado a las instalaciones y su control es uno de los puntos clave del Real Decreto 865/2003 de Prevención de Legionelosis, con estas premisas cuando se inició la redacción de las guías técnicas que servirán como complemento para la interpretación del citado real decreto, se planteó el debate de si debería profundizarse en el concepto del riesgo asociado a las instalaciones, y aun más importante, si debería desarrollarse un algoritmo que sirviese de apoyo, tanto para los profesionales que deben llevar a cabo el control de las instalaciones como para los inspectores sanitarios que deben valorar su nivel de riesgo, con importantes posibles repercusiones para los titulares de las instalaciones, si el nivel de riesgo se considera elevado.

Era obvio, que el concepto de riesgo era un punto clave y por tanto debía tratarse; sin embargo, el desarrollo de un algoritmo que incluyese, como es el caso, valoraciones numéricas, generó dudas, ya que podía

ser cuestionado. No obstante, se valoraron las ventajas que podía aportar una herramienta de estas características y se consideró que era una buena opción.

En cualquier caso, el algoritmo se acompaña de la siguiente nota:

“Este algoritmo es un indicador del riesgo, que en cualquier caso siempre debe utilizarse como una guía que permite minimizar la subjetividad del inspector 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.”

MATERIAL Y MÉTODOS

La evaluación de un riesgo no es más que la revisión cuidadosa de los factores que podrían causar las condiciones para que se genere un daño.

En nuestro caso, el daño sería la infección por *Legionella* de una o varias personas.

La metodología para la evaluación del riesgo ha sido, realizar listados exhaustivos de los diversos factores que podrían generar las condiciones que favorezcan la cadena de eventos que deben suceder para que se produzca una infección por legionelosis, introducción de la bacteria en la instalación, condiciones idóneas de desarrollo, transmisión y permanencia de gotas en el ambiente e inhalación por parte de una persona susceptible de desarrollar la enfermedad.

Dado que se buscaba que el algoritmo fuese una herramienta que sirviera no sólo para evaluar sino incluso como guía de actuación para disminuir el riesgo, se consideraron los factores desde el punto de vista de la instalación, partiendo de las características estructurales de las instalaciones, pasando después a la calidad del mantenimiento y, por último, al modo de operación de las mismas.

Otro aspecto muy importante que se ha tenido en consideración es la particularización de los diversos factores de riesgo para cada tipo de instalación. Esto es especialmente importante y útil, ya que, evidentemente, los factores que afecten a una torre de refrigeración son diferentes de los que afecten a un sistema contra incendios, por ejemplo. Sin embargo, es cierto que, si bien el enunciado de los factores y sobre todo las acciones correctoras que los pueden minimizar se han particularizado, hay unas líneas generales comunes. A continuación se detallan los diversos factores de una forma genérica y su relación con la cadena de eventos que pueden generar infecciones.

En la particularización de los factores de riesgo para cada instalación, algunos de los factores se han eliminado al considerarse de menor relevancia, tal como se aprecia en la sección de ejemplos de aplicación del algoritmo.

Tabla I. Lista completa de factores de riesgo (todas las instalaciones).

FACTORES DE RIESGO ESTRUCTURAL	EVENTOS
Procedencia del agua	Introducción de la bacteria en la instalación
Conexión entre instalaciones	
Accesibilidad para mantenimiento	Condiciones idóneas de desarrollo de la bacteria
Agua estancada, facilidades de vaciado o presencia de tramos muertos	
Materiales (composición, rugosidad, corrosividad)	
Tipo de pulverización y tamaño de gotas	Transmisión y permanencia de gotas en el ambiente
Existencia de obstáculos, conductos de aire, o similares	
Condiciones atmosféricas (vientos, humedad relativa, temperaturas ambientales)	
Punto de emisión de aerosoles. Entorno cercano a la torre	Inhalación por parte de una persona susceptible de desarrollar la enfermedad
Ubicación de la instalación	
Grado de ocupación del entorno	
FACTORES DE RIESGO MANTENIMIENTO	EVENTOS
Parámetros fisicoquímicos	Condiciones idóneas de desarrollo de la bacteria
Contaminación microbiológica	
Estado higiénico de la instalación	
Estado del sistema de tratamiento y desinfección, filtración, etc.	Condiciones idóneas de desarrollo de la bacteria y transmisión y permanencia de gotas en el ambiente
Estado mecánico de la instalación	
FACTORES DE RIESGO OPERACIÓN	EVENTOS
Temperatura del agua de aporte y en el equipo o instalación	Condiciones idóneas de desarrollo de la bacteria
Frecuencia de renovación del agua	
Frecuencia de uso	Inhalación por parte de una persona susceptible de desarrollar la enfermedad

Para mayor utilidad y claridad de la herramienta, para cada factor se han redactado unas posibles situaciones que, sin ánimo de cubrir todas las posibilidades, sirven para determinar el nivel de riesgo asociado a cada factor concreto (ver ejemplos de aplicación del algoritmo).

Cada factor tiene una importancia relativa diferente, no es igual de importante que una torre de refrigeración se encuentre ubicada junto a una residencia de ancianos, a que se encuentre en una área climatológica húmeda. Por ello, la contribución al riesgo final de cada factor tuvo que ser ponderada de alguna forma, se optó por definir pesos diferentes en su contribución a la suma total del riesgo (ver ejemplos de aplicación del algoritmo). Cada factor puede ser calificado como “riesgo bajo”, “medio” o “alto”, dando lugar a una diferente contribución al riesgo total.

Por último, también se decidió dar diferente peso a los diversos tipos de factores: estructural, manteni-

miento y operación. El objetivo es que una instalación con un riesgo estructural elevado (por supuesto siempre que no incumpla el real decreto), pueda ser controlada con un riesgo de mantenimiento o de operación minimizado. Es decir, se trata de otorgar flexibilidad al control de la legionelosis, permitiendo que las medidas de carácter estructural que pueden resultar más costosas puedan ser pospuestas al menos temporalmente a costa de rebajar el riesgo con otros tipos de medidas de más sencilla aplicación como es la mejora del mantenimiento o cambios operacionales.

EJEMPLO DE APLICACIÓN DEL ALGORITMO

A continuación se muestra el ejemplo de aplicación del algoritmo a una torre de refrigeración tal como se publicará en las guías técnicas del Ministerio de Sanidad. En primer lugar se muestran las tablas de evaluación del riesgo estructural, de mantenimiento

Tabla II. 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 con la frecuencia indicada en la sección. Revisión del correcto funcionamiento de los equipos de tratamiento	Captación propia no tratada. Procedentes de plantas de tratamiento de aguas residuales	Controlar con la frecuencia indicada la contaminación microbiológica e introducir equipos de tratamiento, como mínimo filtración y desinfección
Agua estancada	El agua se mueve en tuberías y balsas constante o periódicamente de tal forma que el biocida accede a todos los puntos de la instalación	Existen elementos que por características técnicas mantienen ocasionalmente el agua estancada (bombas de reserva, by-pass, etc)	Establecer un programa de movimiento periódico del agua en dichos elementos. Se ha de garantizar el acceso del biocida a todos los puntos de la instalación	Existen tramos muertos, depósitos o equipos en desuso, by-pass, etc. sin justificación técnica	Eliminar dichos tramos
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 recubrimiento con materiales adecuados. Adición de inhibidores de corrosión	Cuero Madera Celulosa Otros materiales que favorezcan el desarrollo de bacterias	Sustitución de materiales
Tipo de pulverización y tamaño de gotas	Nivel bajo de aerosolización	Nivel importante de aerosolización con gotas grandes que caen por gravedad	Disponer de separador de gotas asegurando que cumple los requisitos del RD 865/2003. Artículo 7 2.e)	Nivel muy importante de aerosolización con gotas finas que son transportadas por el aire	Disponer de separador de gotas asegurando que cumple los requisitos del RD 865/2003
Punto de emisión de aerosoles. Entorno cercano a la torre	Instalación totalmente aislada de elementos a proteger	Existen elementos a proteger pero alejados del punto de emisión, o se dispone de barreras de protección	Ajustar distancia según norma UNE 100-030 (Anexo informativo) cuando sea aplicable	Próximo a elementos a proteger (tomas de aire exterior, ventanas, etc.)	Ajustar distancia según norma UNE 100-030 (Anexo informativo) cuando sea aplicable
Condiciones atmosféricas • Vientos • Humedad relativa • Temperaturas ambientales	El efecto de las condiciones atmosféricas no es significativo. Se han tomado medidas paliativas (apantallamiento, minimización de emisión, etc.)	Existen elementos a proteger pero se hallan alejados del punto de emisión, o se dispone de barreras de protección	Ajustar distancia según norma UNE 100-030 (Anexo informativo) cuando sea aplicable	Próximo a elementos a proteger (tomas de aire exterior, ventanas, etc.)	Ajustar distancia según norma UNE 100-030 (Anexo informativo) cuando sea aplicable
Ubicación de la instalación	Zona alejada de áreas habitadas: rurales, industriales, etc.	Zona urbana de baja o media densidad de población	No aplica. Este factor es una condición impuesta, su impacto se paliará con medidas adicionales de prevención	Zona urbana de alta densidad. Zona con puntos de especial riesgo: hospitales, etc	No aplica. Este factor es una condición impuesta, su impacto se paliará con medidas adicionales de prevención

Tabla III. 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	Cumple las especificaciones del RD 865/2003 Tabla 1 Anexo 4.	No cumple algunas de las especificaciones del RD 865/2003 Tabla 1 Anexo 4, o el incumplimiento es puntual	Repetir el ensayo Adoptar acciones correctoras específicas según el parámetro	No cumple las especificaciones del RD 865/2003 Tabla 1 Anexo 4.	Revisar el programa de tratamiento del agua y adoptar acciones correctoras específicas para cada parámetro
Contaminación microbiológica	En los controles analíticos aparece: • Aerobios totales < 10.000 ufc/ml y • <i>Legionella</i> sp < 100 ufc/l	En los controles analíticos aparece: • Aerobios totales 10.000-100.000 ufc/ml o • <i>Legionella</i> sp 100-1000 ufc/l	Según RD 865/2003 Anexo 4 Tablas 2 y 3	En los controles analíticos aparece: • Aerobios totales > 100.000 ufc/ml o • <i>Legionella</i> sp > 1000 ufc/l	Según RD 865/2003 Anexo 4 Tablas 2 y 3
Presencia de algas	No hay presencia de algas	Presencia ligera de algas	Eliminar las algas Aplicar algicidas Proteger el agua de la radiación solar	Presencia elevada de algas	Eliminar las algas Aplicar algicidas Proteger el agua de la radiación solar
Estado higiénico de la instalación	La instalación no presenta lodos, biocapa, turbidez, etc.	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 preventiva de la instalación. Según RD 865/2003 anexo 4B
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 y desinfección	La instalación dispone de un sistema de tratamiento y desinfección adecuado funcionando correctamente.	La instalación dispone de un sistema de tratamiento y desinfección adecuado pero no funciona correctamente	Revisar, reparar o sustituir el actual sistema de tratamiento	La instalación no dispone de sistema de tratamiento y desinfección	Instalar el sistema de tratamiento y desinfección

Tabla IV. Evaluación del riesgo estructural de la instalación.

FACTORES DE RIESGO ESTRUCTURAL	BAJO	MEDIO		ALTO	
	FACTOR	FACTOR	ACCIONES A CONSIDERAR	FACTOR	ACCIONES A CONSIDERAR
Temperatura del agua en balsa	<20 °C >50 °C	20-<35 °C >37-50 °C	No aplica. Este factor es una condición impuesta, su impacto se paliara con medidas adicionales de prevención	35-37 °C	No aplica. Este factor es una condición impuesta, su impacto se paliara con medidas adicionales de prevención
Frecuencia de funcionamiento	La torre funciona en continuo o realiza recirculaciones de agua con biocida diarias	La torre permanece parada por periodos superiores a un mes	Poner diariamente en marcha las bombas de recirculación junto con el sistema de dosificación de biocida, para asegurar la correcta distribución del biocida (recircular al menos 2 volúmenes de sistema)	La torre permanece parada por periodos superiores a un mes	Limpiar y desinfectar antes de volver a poner en marcha. Si se desea rebajar el nivel de riesgo poner diariamente en marcha las bombas de recirculación junto con el sistema de dosificación de biocida, para asegurar la correcta distribución del biocida (recircular al menos 2 volúmenes de sistema)

y de operación, con la guía de posibles acciones correctoras que permitiría disminuir el nivel de riesgo en caso necesario.

A continuación se presenta el algoritmo numérico de evaluación del riesgo asociado a la instalación:

Tabla V. Algoritmo de evaluación del índice global para torres de refrigeración.

Riesgo estructural	Bajo	Medio	Alto
Procedencia del agua	0	8	16
Agua estancada	0	5	10
Materiales	0	4	8
Tipo de pulverización y tamaño de gotas	0	11	22
Punto de emisión de aerosoles. Entorno cercano a la torre	0	10	20
Condiciones atmosféricas	0	4	8
Ubicación de la instalación	0	8	16
ÍNDICE ESTRUCTURAL (IE)	0	50	100
Riesgo estructural	Bajo	Medio	Alto
Parámetros fisicoquímicos	0	8	16
Contaminación microbiológica	0	11	22
Presencia de algas	0	5	10
Estado higiénico de la instalación	0	11	22
Estado mecánico de la instalación	0	7	14
Estado del sistema de tratamiento y desinfección	0	8	16
ÍNDICE MANTENIMIENTO (IM)	0	50	100
Riesgo de operación	Bajo	Medio	Alto
Temperatura del agua en balsa	0	20	40
Frecuencia de funcionamiento	0	30	60
ÍNDICE OPERACIONAL (IO)	0	50	100

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

ÍNDICE GLOBAL: 30% Índice estructural + 60% Índice mantenimiento + 10% Índice operacional

EJEMPLO DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE UNA INSTALACIÓN

Consideremos una instalación con las características que se describen en las siguientes tablas:

Tabla VI. Ejemplo de evaluación del riesgo de una instalación.

FACTORES DE RIESGO ESTRUCTURAL	SITUACIÓN ACTUAL	FACTOR
Procedencia del agua	Agua de la red de distribución pública	Bajo
Agua estancada	Existen elementos que mantienen ocasionalmente el agua estancada: 1 bomba de reserva y 4 metros de tubería <i>by-pass</i>	Medio
Materiales	Las tuberías de impulsión y retorno del condensador son de acero galvanizado	Medio
Tipo de pulverización y tamaño de gotas	Se observa visualmente la emisión de gotas grandes de agua que caen por gravedad	Medio
Punto de emisión de aerosoles Entorno cercano a la torre	La torre se encuentra próxima (5 metros) a las tomas de aire exterior del sistema de climatización del edificio	Alto
Condiciones atmosféricas	Los vientos dominantes dirigen el aerosol hacia unas zonas ajardinadas no muy utilizadas	Medio
Ubicación de la instalación	En la zona se encuentra ubicada una residencia de ancianos	Alto

Tabla VII. Ejemplo de evaluación del riesgo de mantenimiento.

FACTORES DE RIESGO MANTENIMIENTO	SITUACIÓN ACTUAL	FACTOR
Parámetros fisicoquímicos	Los controles analíticos ofrecen el siguiente resultado: Turbidez: 50 NTU Fe total: 5 mg/l	Alto
Contaminación microbiológica	Los controles analíticos ofrecen el siguiente resultado: - Aerobios totales: 100.000 ufc/ml - <i>Legionella</i> sp: 100 ufc/l	Medio
Presencia de algas	Se observa una ligera presencia de algas	Medio
Estado higiénico de la instalación	La instalación presenta suciedad en el relleno, la balsa y el resto de los componentes	Alto
Estado mecánico de la instalación	El agua presenta una coloración marrón y se observan piezas metálicas (soportes) con corrosión visible	Medio
Estado del sistema de tratamiento y desinfección	La instalación no dispone de sistema de tratamiento y desinfección	Alto

Tabla VIII. Ejemplo de evaluación del riesgo de operacional.

FACTORES DE RIESGO OPERACIÓN	SITUACIÓN ACTUAL	FACTOR
Temperatura del agua en balsa	La temperatura en el agua de la balsa es de 29 °C	Medio
Frecuencia de funcionamiento	Las instalaciones se usan continuamente	Bajo

Tabla IX. Índice estructural.

Estructural	Factor	Valor
Procedencia del agua	Bajo	0
Agua estancada	Medio	5
Materiales	Medio	4
Tipo de pulverización y tamaño de gotas	Medio	11
Punto de emisión de aerosoles. Entorno cercano a la torre	Alto	20
Condiciones atmosféricas	Medio	4
Ubicación de la instalación	Alto	16
TOTAL: ÍNDICE ESTRUCTURAL (IE)		60

Tabla X. Índice de mantenimiento.

Mantenimiento	Factor	Valor
Parametros fisicoquímicos	Alto	16
Contaminación microbiológica	Medio	11
Presencia de algas	Medio	5
Estado higiénico de la instalación	Alto	22
Estado mecánico de la instalación	Medio	7
Estado del sistema de tratamiento y desinfección	Alto	16
TOTAL: ÍNDICE MANTENIMIENTO (IM)		77

Tabla XI. Índice operacional.

Operación	Factor	Valor
Temperatura del agua en balsa	Medio	30
Frecuencia de funcionamiento	Bajo	0
TOTAL: ÍNDICE OPERACIÓN (IO)		30

A partir de estos factores se calcularía el Índice Global tal y como se muestra en las tablas, aplicando a cada factor el valor asignado a su nivel de riesgo. Aplicando los factores de ponderación a cada índice se obtiene el resultado siguiente:

$$\text{ÍNDICE GLOBAL} = 0,3 \cdot \text{IE} + 0,6 \cdot \text{IM} + 0,1 \cdot \text{IO} \Rightarrow 67,2$$

El índice global se encuentra por encima de 60, el índice de mantenimiento supera 50, lo cual nos obliga a tomar medidas, y además se deben corregir los incumplimientos al Real Decreto 865/2003

En este caso se han detectado una distancia insuficiente con respecto a las tomas de aire exterior, de

Tabla XII. Factores de riesgo estructural con acción correctora.

FACTORES DE RIESGO ESTRUCTURAL	SITUACIÓN ACTUAL	ACCIÓN CORRECTORA	FACTOR
Agua estancada	Existen elementos que mantienen ocasionalmente el agua estancada: 1 bomba de reserva y 4 metros de tubería by-pass	Se establece un plan de apertura periódica de los elementos que mantienen el agua estanca, y de rotación de las bombas	Bajo
Tipo de pulverización y tamaño de gotas	Se aprecia y se observa visualmente la emisión de gotas de agua grandes que caen por gravedad	Se cambia el separador de gotas por otro más eficiente	Bajo
Punto de emisión de aerosoles Entorno cercano a la torre	La torre se encuentra próxima (5 metros) a las tomas de aire exterior del sistema de climatización del edificio	Se colocan pantallas que aseguran una separación superior a 2 metros en altura	Medio

Tabla XIII. Factores de riesgo de mantenimiento con acción correctora.

FACTORES DE RIESGO MANTENIMIENTO	SITUACIÓN ACTUAL	ACCIÓN CORRECTORA	FACTOR
Parámetros fisicoquímicos	Los controles analíticos ofrecen el siguiente resultado: Turbidez: 50 NTU Fe total: 5 mg/l	Se instala un sistema de filtración de agua y un sistema de dosificación de anticorrosivo. Tras las reformas los niveles se corrigen	Bajo
Contaminación microbiológica	Los controles analíticos ofrecen el siguiente resultado: -Aerobios totales: 100.000 ufc/ml - <i>Legionella</i> sp: 100 ufc/l	Los niveles se corrigen tras la instalación de un sistema automatizado de dosificación de biocida	Bajo
Presencia de algas	Se observa una ligera presencia ligera de algas	Se realiza una limpieza de la torre y las algas desaparecen. La dosificación en continuo de biocida-algicida ayudará a evitar la reaparición	Bajo
Estado higiénico de la instalación	La instalación presenta suciedad en el relleno, la balsa y el resto de los componentes	Se desmonta y se limpia el relleno cambiando las piezas rotas	Bajo
Estado mecánico de la instalación	Se observan piezas metálicas (soportes) con corrosión visible	Se reparan las piezas y instala un sistema de dosificación de anticorrosivo	Bajo
Estado del sistema de tratamiento y desinfección	La instalación no dispone de sistema de tratamiento y desinfección	Se instala un sistema automatizado de dosificación de biocida	Bajo

Tabla XIV. Factores de riesgo de mantenimiento con acción correctora.

FACTORES DE RIESGO MANTENIMIENTO	SITUACIÓN ACTUAL	ACCIÓN CORRECTORA	FACTOR
No se consideran cambios			

acuerdo a la norma UNE 100030, por tanto el valor de ubicación es alto. Asimismo, se han detectado otros incumplimientos tanto estructurales como de mantenimiento y de operación, en los que prácticamente todos los parámetros debe de ser corregidos.

Corrigiendo estos factores obtenemos los resultados que se muestran en las siguientes tablas. Hay

que tener en cuenta que a veces no es posible actuar contra todos los factores.

Una vez realizadas las correcciones el Índice Global queda como se muestra en la siguiente tabla.

Con la aplicación de las medidas correctoras indicadas se ha conseguido reducir el índice Global desde

Tabla XV. Índice de riesgo estructural, de mantenimiento y de operación corregidos.

Estructural	Factor		Valor	
	Anterior	Con acciones correctoras	Anterior	Con acciones correctoras
Procedencia del agua	Bajo	Bajo	0	0
Agua estancada	Medio	Bajo	5	0
Materiales	Medio	Medio	4	4
Tipo de pulverización y tamaño de gotas	Medio	Bajo	11	0
Punto de emisión de aerosoles.				
Entorno cercano a la torre	Alto	Medio	20	10
Condiciones atmosféricas	Medio	Medio	4	4
Ubicación de la instalación	Alto	Alto	16	16
TOTAL: ÍNDICE ESTRUCTURAL (IE)			60	34

Tabla XVI. Índice de riesgo estructural, de mantenimiento y de operación corregidos.

Mantenimiento	Factor		Valor	
	Anterior	Con acciones correctivas	Anterior	Con acciones correctivas
Parámetros fisicoquímicos	Alto	Bajo	16	0
Contaminación microbiológica	Medio	Bajo	11	0
Presencia de algas	Medio	Bajo	5	0
Estado higiénico de la instalación	Alto	Bajo	22	0
Estado mecánico de la instalación	Medio	Bajo	7	0
Estado del sistema de tratamiento y desinfección	Alto	Bajo	16	0
TOTAL: ÍNDICE MANTENIMIENTO (IM)			77	0

Tabla XVII. Índice de riesgo estructural, de mantenimiento y de operación corregidos.

Operación	Factor		Valor	
	Anterior	Con acciones correctivas	Anterior	Con acciones correctivas
Temperatura del agua en balsa	Medio	Medio	30	30
Frecuencia de funcionamiento	Bajo	Bajo	0	0
TOTAL: ÍNDICE OPERACIÓN (IO)			30	30

67,2 hasta un valor de 13,2 y el Índice de Mantenimiento se ha disminuido hasta un valor de 0, lo cual implica un riesgo bajo en todos los factores.

Aunque la disminución del índice Estructural no ha sido tan drástica (60 a 34) controlando los factores riesgo de mantenimiento se reduce el índice global de forma considerable.

DISCUSIÓN.

Si bien, el algoritmo no pretende, ni debe, sustituir el análisis de riesgo particularizado de cada situación concreta, sirve para definir unos criterios de evaluación comunes, contrastados, que supondrán una

ayuda para que los inspectores dispongan de procedimientos de evaluación del riesgo comparables entre sí.

AGRADECIMIENTOS.

- A todos los participantes o promotores del desarrollo de las Guías Técnicas de Prevención de Legionelosis del Ministerio de Sanidad y Consumo.
- Ministerio de Sanidad y Consumo. Departamento de Salud Ambiental. Olivia Castillo, Covadonga Caballo, Fernando Carreras, Francisco Vargas.
- Federación Española de Empresas de Calidad Ambiental en Interiores (FEDECAL).
- Aqua España. Sergi Martí y Jorge Marcó.
- José Antonio Rodríguez Tarodo.