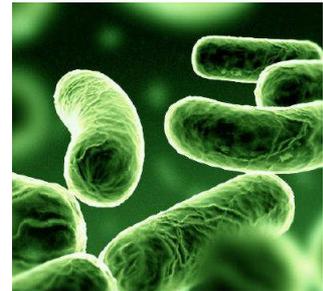


UTILIZACIÓN DE SISTEMAS ALTERNATIVOS AL USO DE BIOCIDAS PARA EL CONTROL DE LEGIONELOSIS



Colabora:



Trabajo realizado por:

ANECPLA en colaboración con la Universidad Autónoma de Madrid.

P.I. Vallecas
Ctra. Villaverde-Vallecas, Km. 1,800
Edif. Hormigueras, 3º izda.
28031 Madrid
Teléfono: 91.380.76.70
Fax: 91.777.99.45
www.anecpla.com

Entidad: ANECPLA

Título: UTILIZACIÓN DE SISTEMAS ALTERNATIVOS AL USO DE BIOCIDAS PARA EL CONTROL DE LEGIONELOSIS

Versión: V.1.

Fecha Edición:

Herramientas de Edición: Microsoft Word

Autores: ANECPLA

Queda rigurosamente prohibida, sin la autorización escrita de los titulares del *Copyright*, bajo las sanciones establecidas en las leyes de reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático y su distribución.

©®ANECPLA

INDICE

0. PRÓLOGO	4
1.- OBJETIVO.....	5
2.- METODOLOGIA	6
3.- SISTEMAS FISICO Y FISICO-QUIMICOS PARA EL CONTROL DE LEGIONELOSIS.	6
A. Filtración	6
B. Ozonización	7
C. Ionización cobre-plata	8
D. Radiación UVA.....	9
E. Procesos desinfectantes por cavitación: Ultrasonidos y Cavitación Hidrodinámica	10
F. Campos electromagnéticos.....	12
G. Electrodesinfección.....	12
H. Desinfección térmica. Choque térmico y Pasteurización continua.....	13
I. Fotocatálisis heterogénea AOP.....	14
4.- UTILIZACIÓN DE SISTEMAS ALTERNATIVOS AL USO DE BIOCIDAS PARA EL CONTROL DE LEGIONELOSIS. RESULTADOS DE LA ENCUESTA.....	15
5.- CONCLUSIONES	18
6.- BIBLIOGRAFÍA.....	20
7.- ANEXO: CUESTIONARIO	21

0. PRÓLOGO

Desde 1996, fecha en la que se produce uno de los brotes de legionelosis más importantes en nuestro país, el mantenimiento higiénico-sanitario de las instalaciones de riesgo de diseminación y proliferación de la bacteria *Legionella* ha pasado a ser una de las prioridades en el ámbito de la salud pública.

Aun siendo numerosos los avances técnicos-científicos que se han realizado en los últimos años para conocer mejor este microorganismo y optimizar su control, siguen produciéndose casos y brotes de legionelosis que desconciertan a los agentes implicados (autoridades sanitarias, titulares de las instalaciones y empresas mantenedoras).

La *Legionella* y su control es una de las cuestiones que desde hace tiempo más preocupan a ANECPLA y a los que, desde hace tiempo, esta asociación destina más recursos (grupos de trabajos, cursos de especialización, etc.). Es en este contexto en el que se decide que dentro de la serie de estudios que nuestra asociación está llevando a cabo, se incluya un nuevo estudio para conocer el grado de utilización de los sistemas físicos y físico-químicos como alternativa al uso de biocidas en el control de legionelosis.

Para este estudio, ANECPLA, dentro del Convenio de Colaboración que tiene establecido con la Universidad Autónoma de Madrid, ha contado con la participación de Daniel Leralta García (estudiante de 5º curso de Ciencias Biológicas).

Asimismo, queremos agradecer la colaboración de las empresas, expertos y profesionales que han colaborado facilitándonos información y cumplimentando los cuestionarios utilizados en el estudio.

1.- OBJETIVO

Legionelosis es una enfermedad bacteriana causada por el género *Legionella*, principalmente la especie *Legionella pneumophila*. La bacteria puede afectar a casos aislados o dar lugar a brotes, desencadenando patologías respiratorias de carácter leve (Fiebre de Pontiac), o neumonías graves (Enfermedad del Legionario o legionelosis).

Fue en 1976 en Filadelfia, durante una convención de veteranos de la Legión Americana en un hotel, cuando se detectó un fuerte brote de neumonía que produjo varias víctimas mortales. Un año después, las investigaciones identificaron como causante de aquellas neumonías a la bacteria que hoy conocemos como *Legionella pneumophila*.

En España, el detonante fue el brote de 1996 en Alcalá de Henares donde 224 personas se vieron afectadas y 9 resultaron fallecidas. Tras el suceso, se tomó conciencia del problema y comenzaron las investigaciones y medidas para lograr un mayor control de la bacteria.

Desde entonces, entre las medidas adoptadas para luchar contra dicha patología, destacan aquellas que inciden en las instalaciones con riesgo de ser colonizadas por la bacteria. Lugares tales como torres de refrigeración, condensadores evaporativos, sistemas de agua caliente sanitaria (ACS), y en general, todas aquellas que contienen agua y son capaces de expulsarla al ambiente en forma de pequeñas gotas donde la bacteria puede hallarse y ser inhalada.

Los métodos de tratamiento para desinfectar el agua de las instalaciones y mantener la presencia de *Legionella* bajo los niveles aceptables, se establecen en el artículo 13 del Real Decreto 865/2003 (modificado en la Disposición final tercera del RD 830/2010) que señala:

“En las operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario se podrá utilizar cualquiera de los desinfectantes que para tal fin haya autorizado la Dirección General de Salud Pública y Sanidad Exterior. Los sistemas físicos y físico-químicos deben ser de probada eficacia frente a *Legionella* y no deberán suponer riesgos para la instalación ni para la salud y seguridad de los operarios ni otras personas que no puedan estar expuestas, debiéndose verificar su correcto funcionamiento periódicamente. Su uso se ajustará, en todo momento, a las especificaciones técnicas y régimen de dosificación establecidos por el fabricante.

Se entiende por sistema físico el procedimiento de desinfección basado en la aplicación de equipos de filtración adecuados para la retención de bacterias, aplicación de radiación ultravioleta, aumento de la temperatura o cualquier otro sistema utilizado con el fin de retener o destruir la carga bacteriológica del agua sin introducir productos químicos ni aplicar procedimientos electroquímicos.

Sistema físico-químico es aquel que se utiliza con el fin de destruir la carga bacteriológica del agua mediante la aplicación de procedimientos electroquímicos. Los sistemas físico-químicos deberán registrarse cuando así se establezca en la normativa reguladora de biocidas”.

A pesar de las tres alternativas disponibles, la realidad es que son los desinfectantes químicos el referente utilizado tanto por las Administraciones sanitarias como por las empresas mantenedoras. El objeto de este estudio es identificar los métodos físicos y físico-químicos disponibles en el mercado y conocer su utilización por parte de las empresas de servicios biocidas.

2.- METODOLOGIA

Se realizaron consultas y entrevistas a expertos (distribuidores de sistemas, consultores, empresas de servicios biocidas, técnicos de la administración, etc.) que nos permitieron identificar los principales sistemas físicos y físico-químicos y sus características. Esta información se completó mediante la búsqueda a través de la red.

Por otra parte, se elaboró un cuestionario (Adjunto) que fue enviado a todas las empresas de servicios biocidas de España (asociadas y no asociadas), recibiendo un total de 59 respuestas.

3.- SISTEMAS FISICO Y FISICO-QUIMICOS PARA EL CONTROL DE LEGIONELOSIS.

A partir de los datos aportados por los expertos consultados, así como de la información publicada se han identificado los siguientes sistemas:

A. Filtración

La filtración de aguas es un proceso antiguo en el tratamiento de aguas. Se trata de separar sustancias, objetos, u organismos de las aguas, haciendo pasar a esta por un material con una porosidad de tamaño determinado que evita el paso de las sustancias a eliminar. La porosidad será el factor principal, ya que a partir de su tamaño sabremos que materia conseguiremos aislar del agua y cuál no.

Existen 2 tipos de filtración: filtración bacteriana (de salida) y filtración de entrada

- a) La **filtración bacteriana** es un proceso relativamente escaso en las estrategias de sanidad pública. Se trata de filtros con una porosidad muy pequeña, capaces de filtrar la bacteria *Brevundimonas diminuta* (tamaño, 0,3 μm), por lo que logra retener la mayoría de las bacterias, algas, y hongos. Se colocan siempre en el punto final de la instalación, por ejemplo, en grifos, duchas, y otras bocas de agua.



Filtro bacteriano para ducha o grifo.
Fuente: Pall Corporation.

Entre sus principales ventajas, destacar que son una solución rápida y segura en caso de brote. Nos aporta el tiempo necesario para buscar y desinfectar el foco de emisión de Legionella. Sin embargo, el filtro bacteriano no suele ser utilizado como medida preventiva debido a su coste y baja durabilidad.

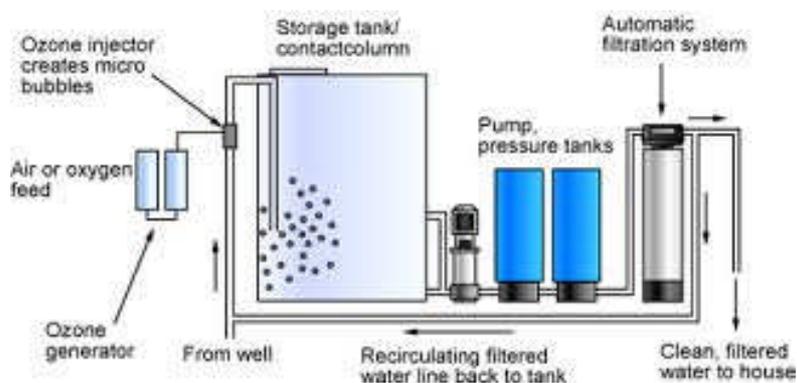
- b) Los **filtros de entrada** sirven para filtrar el agua que viene de la red general y están enfocados a eliminar materia orgánica e inorgánica en nuestra instalación. Se encuentran tomando una alta relevancia debido a que se comprueba como la eliminación de esta materia evita que pase a formar parte del alimento de los microorganismos, y lo que es más importante, desfavorece la formación de la biocapa: lugar donde la mayor parte de los patógenos se aíslan de los tratamientos, creciendo y liberándose al flujo de agua. Además, como recoge el RD 865/2003, las instalaciones interiores de aguas de consumo humano han de disponer de sistemas de filtración según la norma UNE-EN 13443-1.

B. Ozonización

El ozono (O_3) está considerado uno de los oxidantes más potentes de la naturaleza. Este gas, concentrado principalmente en las capas altas de la atmósfera, nos protege de las radiaciones peligrosas provenientes del sol.

Puede ser producido artificialmente por el hombre. Si bien resulta tóxico para nosotros caso de respirarlo, su gran poder oxidante es utilizado contra los microorganismos patógenos del agua y otros fluidos. Su durabilidad es corta, se reconvierte rápidamente a oxígeno (O_2), por lo que su producción ha de realizarse en el mismo lugar donde va a emplearse.

Un generador de ozono, u ozonizador, funciona mediante la generación de una tensión eléctrica (llamada "Efecto Corona") que produce iones negativos y ozono. El gas elimina los malos olores, sabores y colores del agua sin alterar sus propiedades organolépticas. El ozono no se ve afectado por el pH del agua, y su sobredosificación no produce efectos perjudiciales. Sus propiedades antisépticas son usadas tanto a nivel doméstico como industrial.



Esquema del funcionamiento de un ozonizador en una planta depuradora.

Fuente: www.excelwater.com

Los generadores más comunes son los que trabajan a efecto corona. Con frecuencias que van desde los 600 Hz hasta los 2 kHz, y con voltajes que oscilan entre los 4 kV y 20 kV. El factor dominante que influye la generación de ozono es la temperatura del gas vector (el gas a partir del cual producimos el ozono, ya sea aire u oxígeno) la cual es controlada por el agua de enfriamiento; más frío es el gas vector, mejor es la síntesis del ozono.

Sus principales desventajas son: coste del mantenimiento, consumo de energía, compatibilidad solo con unos pocos materiales capaces de resistir su capacidad oxidante, como el acero inoxidable 316L, el vidrio, PVDF, EVDM, y PVC (materiales que recubren el tanque donde se lleva a cabo la purificación del agua por ozono), no tiene capacidad de desinfección residual, es decir, la desinfección del agua solo afecta al agua que sale del tanque ozonizado, no pudiendo asegurarse la misma calidad una vez que pasa por la red de distribución (ya que esta puede tener biofilms, óxidos... que puedan contaminar de nuevo el agua).

C. Ionización cobre-plata

Algunos metales pesados son conocidos por sus propiedades bactericidas. Es el caso del cobre (Cu) y la plata (Ag). Ya los vikingos usaban barras de cobre para prevenir el crecimiento de algas en los aljibes, y otras civilizaciones antiguas, guardaban el agua en cuencos de plata donde se limpiaba y conservaba.

Los iones de estos metales pueden ser generados a partir de un ionizador, y destruir a los microorganismos presentes en el agua. No se requiere la producción de grandes cantidades de estos iones, ya que su capacidad bactericida es muy potente. Posee un efecto residual longevo, activo durante varios meses, y destruye también a los patógenos resistentes al cloro, como protozoos. También consigue dañar el biofilm de las tuberías, acabando así con los focos de dispersión de los patógenos.

La producción de estos iones se produce electrolíticamente, introducidos en la red de agua que llega al flujo de células que contiene los electrodos de cobre y plata. La concentración de iones ha de ser regulada y mantenida automáticamente para asegurar que los niveles sean correctos. Las recomendaciones son mantener una cantidad de 0.2-0.4 ppm de cobre y 0.02-0.04 ppm de plata (ambas concentraciones están por debajo de los niveles máximos permitidos para el agua de consumo).

El daño del cobre y plata a los microorganismos se explica de la siguiente manera: los iones cargados positivamente en el agua (Cu^{2+} y Ag^+) buscan partículas de polaridad opuesta, como bacterias, virus y hongos. Esto produce daño e introducción en la permeabilidad de la membrana celular y por lo tanto evita la entrada de nutrientes. Por otro lado, la entrada de iones de cobre en la célula, permite la entrada de los iones de plata, los cuales penetran en el núcleo y se unen a proteínas, ADN, ARN y enzimas respiratorias, dificultando el funcionamiento del microorganismo, y provocando su muerte.

Se han descrito numerosos trabajos sobre la efectividad de este sistema físico-químico, especialmente en EEUU donde se ha implantado en numerosos hospitales. El sistema también se utiliza en España y ya hay estudios nacionales que confirman su impacto positivo.



Sistema cobre-plata instalado en una red ACS.

Fuente: www.alcora.es

Como ventajas principales señalar su alto poder desinfectante a bajas concentraciones de producto, fácil uso y manipulación, efecto residual extenso en toda la red hídrica y duradero (6-12 meses tras inactivar el sistema, el agua continúa limpia), no afecta al sabor ni al olor, la acción de los iones no se ve alterada por altas temperaturas del agua como sucede con el cloro, y comparándolo con otros sistemas, el coste es relativamente bajo.

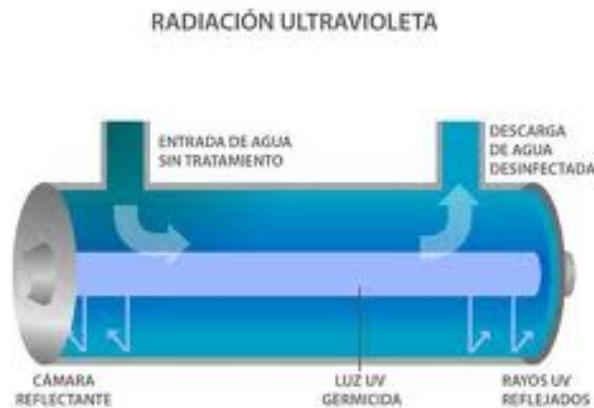
Fijándonos ahora en los inconvenientes, encontramos que: niveles excesivos de iones pueden decolorar el agua, tornándola oscura; pueden acumularse costras en los electrodos, debiendo limpiarse regularmente para obtener un funcionamiento correcto del sistema; altos niveles de pH en el agua reducen la acción de los iones al igual que sucede con el cloro, siendo un parámetro a controlar por el técnico (reduciendo el pH del agua cuando este sea mayor de 8,5 mediante el vertido de ácido).

No se ha logrado demostrar tolerancia por parte de los patógenos a este sistema. Por último, destacar como el uso de iones Cu-Ag además de reducir la cantidad necesaria de derivados de biocida, se complementa con este en la desinfección de la red, obteniéndose resultados mucho más positivos en su acción conjunta, que en su uso independiente.

D. Radiación UVA

La radiación ultravioleta (UVA) mata a las células al dañar su ADN e interrumpir su síntesis. Su eficacia contra *Legionella* y otros microorganismos ha sido demostrada tanto *in vitro* como *in vivo*.

Las unidades emisoras de luz UVA se instalan lo más cerca posible del punto de salida del agua, es decir, cerca de grifos, alcahofas de las duchas... Como la ozonización, se intenta evitar de este modo que el agua pierda calidad en el momento de uso, ya que estos sistemas de radiación tampoco confieren efecto desinfectante residual.



Desinfección mediante radiación UVA.

Fuente: www.aquafly.com

Es un sistema fácil de instalar y se coloca en los puntos de salida del agua. Sus desventajas más conocidas son el volumen limitado de agua que puede desinfectar las unidades esterilizadoras, de 3.8 litros/minuto a 1893 litros/minuto; el coste de energía y del equipo; la falta de efecto residual; y por último, la materia soluble, que impide la acción de la radiación contra los microorganismos. Es por ello, que se requiera de la combinación con procesos de filtración y/o ultrasonidos, para eliminar esta materia en suspensión.

E. Procesos desinfectantes por cavitación: Ultrasonidos y Cavitación Hidrodinámica

La cavitación es un fenómeno que aparece en líquidos cuando la presión disminuye por debajo de la presión del vapor del líquido a la temperatura existente. Es un proceso casi igual a la ebullición. La diferencia estriba en cómo se efectúa el cambio de fase: la ebullición eleva la presión de vapor del líquido por encima de la presión ambiente local para producir el cambio a fase gaseosa, mientras que la cavitación es causada por una caída de la presión local por debajo de la presión de vapor.

El factor determinante en la cavitación es la temperatura del líquido. Al variar la temperatura del líquido varía también la presión de vapor de forma importante, haciendo más fácil o difícil que para una presión local ambiente dada la presión de vapor caiga a un valor que provoque cavitación.

Es un proceso físico que puede producirse por: **cavitación hidrodinámica** o **transductores de ultrasonidos**.

Cavitación hidrodinámica, el efecto se genera dentro de un reactor. La cámara es equipada con un conjunto de boquillas pareadas y opuestas, que inducen una colisión cinética entre chorros de agua de alta velocidad, generando la cavitación.

Transductor de ultrasonidos, produce ondas ultrasónicas en el agua mediante una señal eléctrica oscilante a la frecuencia de ultrasonidos. Esto crea ondas de compresión en el líquido de la cisterna que "rompen" el líquido, dejando tras de sí millones de microscópicos "huecos" o "vacío parcial de burbujas", produciéndose cavitación.

Las consecuencias principales de este fenómeno es la formación y crecimiento de burbujas que viajan a zonas de mayor presión e implotan (el vapor regresa al estado líquido de manera súbita, «aplastándose» bruscamente las burbujas). La implosión causa ondas de presión que viajan en el líquido. Estas pueden disiparse en la corriente o pueden chocar con una superficie (superficie de la cámara, biofilm/biocapa...). Si la zona donde chocan las ondas de presión es la misma, se inicia un proceso de erosión y desgaste en esa superficie, disminuyendo la presión, y favoreciendo la formación de burbujas en esa misma zona.

Además, se producen elementos altamente reactivos como átomos de hidrógeno y radicales hidroxilos (-OH), estos últimos, conocidos por tener el mayor potencial oxidativo de la naturaleza. A continuación, durante el enfriamiento rápido, los átomos de hidrógeno y radicales hidroxilo se recombinan a peróxido de hidrogeno (H_2O_2), también de gran poder oxidativo.



Limpieza de un vaso con diferentes sustancias que causan turbidez mediante ultrasonidos.

Fuente: www.hielscher.com

El resultado general es un ataque a los patógenos (*Legionella*) y materia en suspensión, no solo por el colapso de las burbujas generadas, que producen temperaturas extremas de hasta $5000^{\circ}C$ y presiones de $500Mpa$ en puntos localizados, sino también mediante la acción oxidativa de los diferentes agentes producidos por la descomposición del agua. Adicionalmente, es una manera eficaz de eliminar el biofilm que se forma en los depósitos, y de complementarse con técnicas como la radiación UVA al disminuir o destruir la materia en suspensión.

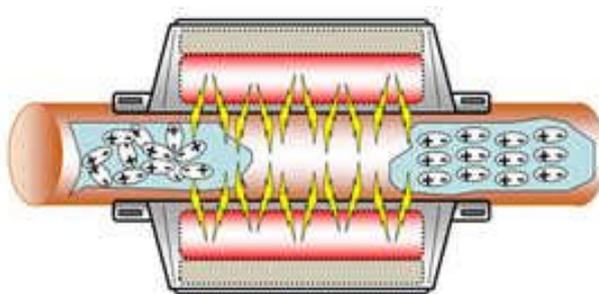
Son técnicas que se han venido utilizando en el control de algas en instalaciones recreativas (ya que no perjudican a peces, personas u otros seres vivos), tratamiento de aguas residuales, y poco a poco adquieren mayor hueco en el campo del agua sanitaria. Principalmente enfocada a situaciones donde la desinfección se lleva a cabo en depósitos propios, tipo aljibes.

Como inconveniente, una vez más observamos la falta de poder desinfectante residual. Característica propia de los métodos físicos de desinfección. Lo que significa que no se puede asegurar la desinfección del agua una vez sale del depósito donde se lleva a cabo el tratamiento.

F. Campos electromagnéticos

Aunque no se ha demostrado de una manera directa, que el uso de esta técnica mate a *Legionella* u otros patógenos, sí es un método eficaz para luchar contra el biofilm y otros compuestos que se adhieren a las paredes de tuberías, depósitos y estructuras similares. Resuelve los problemas que derivan de incrustaciones y corrosiones, reduciendo el uso de más productos químicos (antiincrustantes y anticorrosivos).

La técnica consiste en aplicar pulsos de alta frecuencia de energía electromagnética en el interior del flujo de agua. La inducción de estos pulsos crea un ciclo que se repite alrededor de 240 veces por segundo. Durante el ciclo, el campo de fuerza que se induce, varía entre 0 y 100000 Hz, volviendo a finalizar el ciclo de nuevo a 0.



Esquema general del dispositivo.

Fuente: www.sanymax.com

Durante la propagación de la onda, el campo eléctrico oscila en un eje perpendicular a la dirección de la propagación. El campo magnético oscila en dirección perpendicular al campo eléctrico. Las oscilaciones generan un medio tremendamente variable que produce cambios bruscos en las fuerzas de repulsión. En este período, la variación del campo magnético induce a un rápido cambio del campo eléctrico en el agua en varias direcciones alrededor de la circunferencia de la tubería. Así, cambia la estructura cristalina del carbonato cálcico y otros compuestos, evitando que se queden adheridos, reorientando los iones de los productos de corrosión formados y favoreciendo la eliminación de ambos por los puntos de purgado o consumo.

El principal inconveniente es que su acción es limitada a una parte de la red, próxima a donde está situado el dispositivo.

G. Electrodesinfección

El sistema se basa en un proceso electroquímico, que reduce significativamente la precipitación de sedimentos e incrustaciones, evitando corrosión y la formación de biofilms, en las redes de agua caliente sanitaria (ACS), torres de refrigeración, condensadores evaporativos... A su vez, produce elementos con gran poder oxidante, que destruyen los microorganismos del agua como *Legionella*.

El proceso se lleva a cabo dentro de un tanque de reacción donde se hace pasar el flujo de agua por unos electrodos. Al aplicar corriente eléctrica, los materiales susceptibles de incrustarse en las paredes de la instalación, se precipitan al fondo del tanque (posteriormente son expulsados por una bomba). A su vez se produce Cl_2 , H_2O_2 , y radicales $-OH$, moléculas de alto poder oxidante que eliminan los patógenos y reducen la DQO (Demanda Química de Oxígeno, parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas; por ejemplo, los nutrientes de los microorganismos).

Su eficacia depende de la calidad del agua entrante, sin embargo, no ha supuesto un problema para ser empleado en tratamientos de aguas residuales, o aguas procedentes de fabricas agroalimentarias, con peores índices de calidad que los presentes en redes de ACS, condensadores evaporativos, torres, etc.

Dependiendo de la instalación donde vaya a ser enfocado este sistema (ACS, torres de refrigeración, baños de lavado, etc.) las empresas fabricantes y/o distribuidoras pueden hacer pequeñas modificaciones, o combinaciones con otros métodos. Por ejemplo, algunas empresas distribuidoras de este sistema para su uso en ACS, transmiten el agua tratada en el tanque de desinfección a un calentador que eleva su temperatura a $70^{\circ}C$ para terminar de eliminar microorganismos restantes antes de entrar a la red que suministra al consumidor.

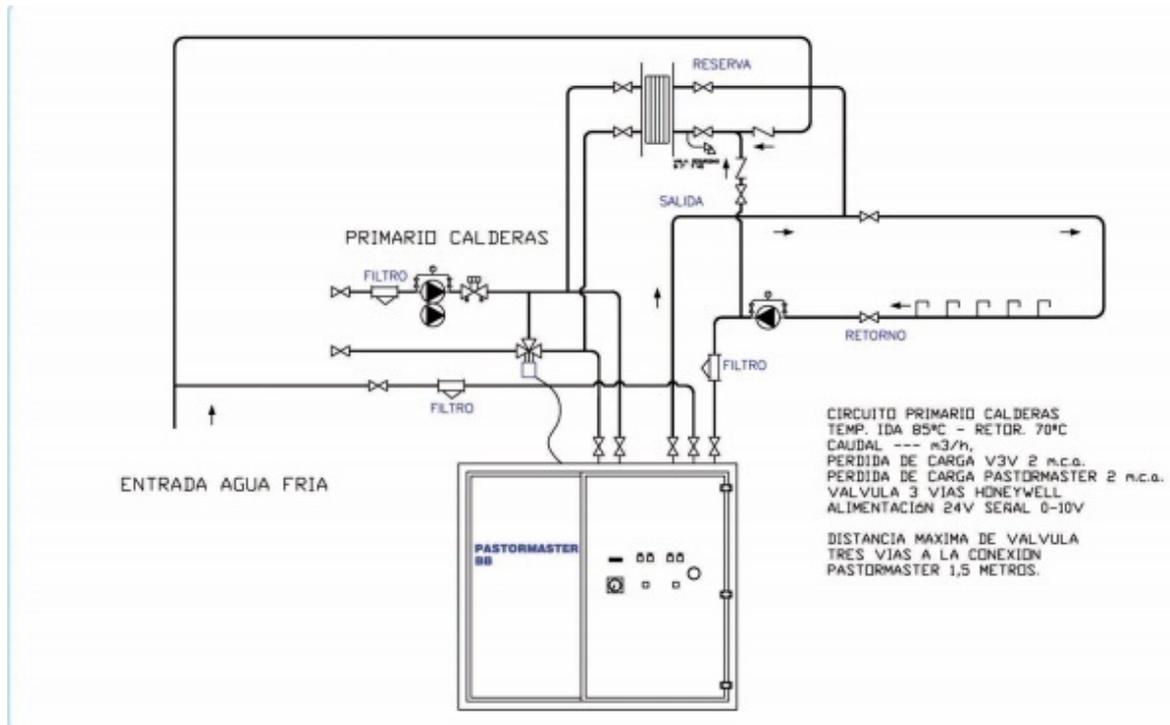
H. Desinfección térmica. Choque térmico y Pasteurización continua

La desinfección térmica consiste en eliminar los microorganismos patógenos del agua mediante el aumento de la temperatura, hasta un valor que causa la muerte de los mismos.

Junto con la hipercloración, el **choque térmico** es uno de los métodos reflejados en la legislación española (RD 865/2003) como método de desinfección de los sistemas en riesgo de Legionella. Ambos consiguen reducir significativamente las concentraciones de microorganismos en el agua, pero la durabilidad de su efecto es mínima. Volviéndose a los niveles originales al cabo de unos pocos meses, e incluso semanas. Otra contrapartida es el posible daño que puede causar en infraestructuras con materiales no preparados para soportar tales temperaturas.

El segundo método relacionado con la acción térmica, enfocado a las redes de agua caliente sanitaria, es la **pasteurización continua**. Como indica su nombre, se basa en mantener una temperatura constante en todo el circuito hidráulico que garantice la inhibición de Legionella. Este método implica, no solo la instalación de la infraestructura que llevará a cabo el calentamiento del agua, sino un estudio en el que se diagnóstica los puntos de riesgo de la red hídrica, para asegurar que el flujo de la red está en continuo movimiento, y la temperatura se alcanza en todas las zonas.

Siguiendo las instrucciones aportadas por Pastormaster by Physis, vemos su funcionamiento en una red con intercambiador de placas de reserva:



Esquema de Pastormaster by Physis en una red con intercambiador de reserva.

Fuente. www.adisa.es

Este sistema consigue producir agua caliente, erradicar *Legionella* en pocos días de funcionamiento, mantener sana la red a cualquier hora y en cualquier zona (incluso cuando no hay consumo de agua por parte de los usuarios), y no aumenta el consumo de energía en comparación a una instalación estándar productora de agua caliente sanitaria.

I. Fotocatálisis heterogénea AOP

La fotocatálisis heterogénea es una reacción fotoquímica que involucra la absorción de luz ultravioleta y un catalizador como material semiconductor (generalmente el TiO₂). Para llevar a cabo la fotocatálisis es necesaria la activación del catalizador (TiO₂) mediante radiación ultravioleta a unas longitudes de onda adecuadas. Mediante esta tecnología se generan iones hidroxilo (-OH) que, en medio acuoso, reaccionan con los contaminantes orgánicos degradándolos a dióxido de carbono, agua y otras sales. Así se origina un gran proceso de desinfección superior al 99,9% de efectividad en eliminación de bacterias, virus y todo tipo de organismos patógenos.

Se encuentra dentro de los denominados Procesos de Oxidación Avanzada (AOP, Advanced Oxidation Process) puesto que implica la formación de radicales hidroxilo (-OH), con un potencial de oxidación mucho mayor que el de otros oxidantes tradicionales como el ozono, peróxido de hidrógeno (agua oxigenada, H₂O₂), cloro, o dióxido de cloro.

De esta forma, el agua a tratar es introducida en un tanque de desinfección recubierto de TiO₂, al que se emite luz por unas lámparas ultravioleta. Generándose así los agentes oxidantes que desinfectarán el agua.

Es un proceso, que si bien eleva los costes a corto plazo debido al uso de radiación UVA (limpieza de las lámparas, reposición de las mismas, energía consumida), ha demostrado su eficacia en todas las instalaciones que lo utilizan, no modifica las propiedades del agua, respeta el medioambiente, prolonga la vida de la instalación, y no requiere mantenimiento especial.



Ilustración 9: Sistema de fotocatalisis oxidativa por Ambientcare.

Fuente: www.higieneambiental.com

Como desventaja, señalar un estudio (Sökmen et al, 2008) donde se demostró la ineficacia de la desinfección fotocatalítica contra *Acanthamoeba castellanii*, una de las amebas hospedadoras de *Legionella spp.*

4.- UTILIZACIÓN DE SISTEMAS ALTERNATIVOS AL USO DE BIOCIDAS PARA EL CONTROL DE LEGIONELOSIS. RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Del total de las empresas de servicios biocidas a las que se envió el cuestionario, se recibieron 59 respuestas de empresas que realizaban servicios de mantenimiento higiénico-sanitario para el control de Legionella. La media de experiencia de estas empresas era de 10 años.

En el cuestionario se preguntaba de manera directa, en qué instalaciones llevaban a cabo su actividad, qué método/s usaban para el control de Legionella, y en caso de utilizar únicamente biocidas, el por qué de su decisión. Se preguntó también a aquellas empresas que sí usaban métodos alternativos, cuáles eran estos, y en qué instalaciones los aplicaban. Por último, se preguntó, indistintamente, cuál era su opinión respecto a los métodos alternativos, y cuál creían sería su tendencia futura en el mercado.

Aunque no era objeto de este estudio, quisimos aprovechar el envío y finalizamos preguntando cual era la proporción de las empresas que, utilizando desinfectantes químicos, instalaban equipos de medición y dosificación automáticos en torres de refrigeración, además de preguntar las ventajas y desventajas de estos sistemas.

A continuación, presentamos los gráficos con los resultados de la encuesta:

1) Instalaciones donde prestan servicios

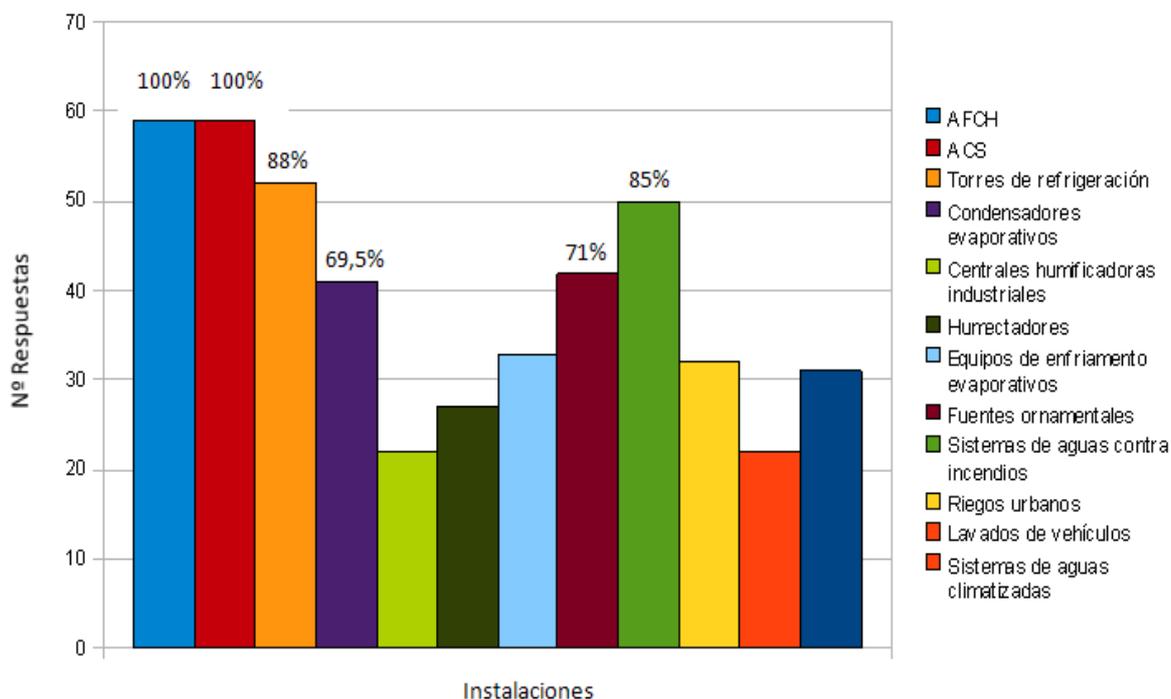


Gráfico 1. Instalaciones donde las empresas ejercen su labor de control de *Legionella*.

Los sistemas de agua caliente sanitaria (100%), agua fría de consumo (100%), las torres de refrigeración (88%), los condensadores evaporativos (69,5%), las fuentes ornamentales (71%) y sistemas de aguas contra incendios (85%), son las instalaciones donde las empresas de mantenimiento higiénico-sanitario prestan su servicio.

2) Métodos de tratamiento

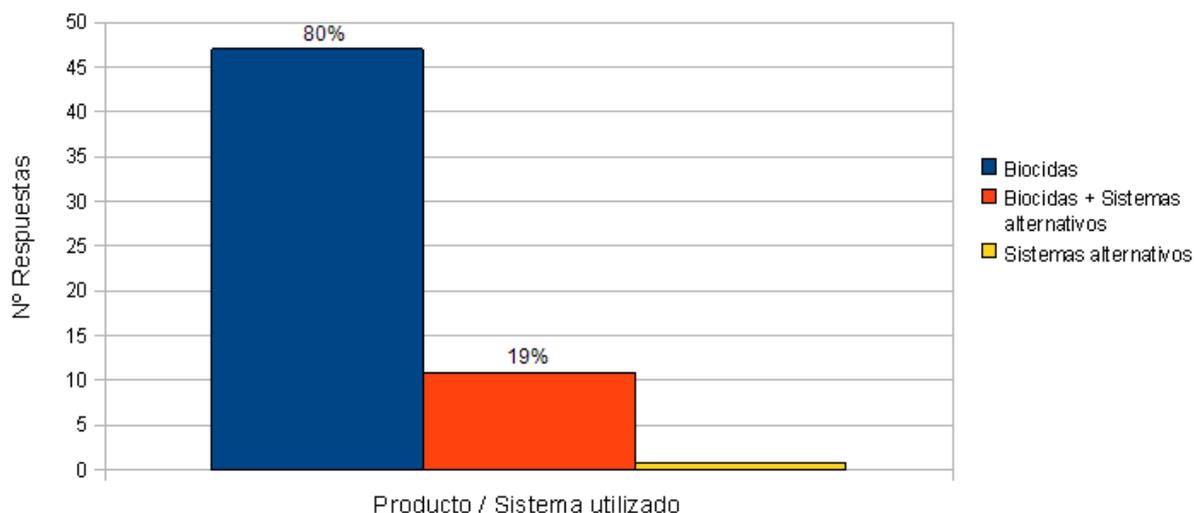


Gráfico 2. Proporción de empresas que usan biocidas, biocidas y sistemas alternativos, o solo sistemas alternativos.

Entre los cuestionarios recibidos, el porcentaje de empresas que únicamente utiliza biocida, es del 80%; un 19% de las empresas emplea ambos métodos, biocidas y sistemas físicos o físico-químicos y, por último, sólo una empresa aplica únicamente sistemas físicos (en este caso, se trataba de una compañía fabricante y distribuidora del método que utilizaba).

De las empresas que optan por usar métodos físicos y/o físico-químicos conjuntamente o independientemente de los biocidas tradicionales, algunos incluyen también el choque térmico, siendo un método obligatorio para los tratamientos de los sistemas ACS. Teniendo en cuenta, opiniones sobre la implantación de estos sistemas en instalaciones, podemos pensar que aunque la mayoría de las empresas utilizan biocidas puede suceder que o bien muchas de las empresas que sí aplican sistemas alternativos en la actualidad quedaron fuera del estudio, o bien que estos sistemas sólo son instalados y mantenidos por las empresas fabricantes y/o distribuidoras.

3) Argumentos sobre su utilización

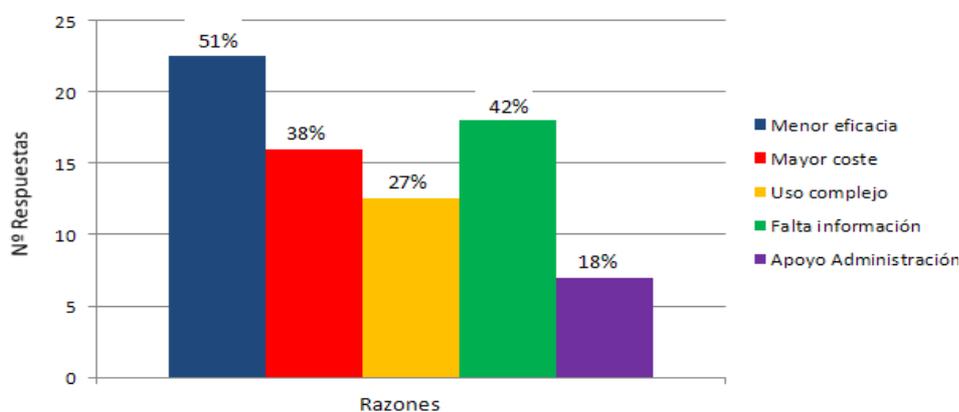


Gráfico 3. Razones por las que no se utilizan los sistemas alternativos.

En cuanto a las razones aportadas por las empresas sobre la reticencia a utilizar métodos físicos y/o físico-químicos para luchar contra Legionella, encontramos principalmente: la menor eficacia comparada con los biocidas (51%), los mayores costes que acarrear (38%), su complejidad de uso (27%), y por último, la falta de información (42%). Además, un dato destacado es que el 18% de las empresas nombró, de manera espontánea, la falta de apoyo por parte de la Administración, la confusión que genera la legislación sobre estos métodos, e incluso el miedo a ser sancionados por utilizarlos en sustitución de los biocidas, son motivos por los que no usaban técnicas alternativas.

4) Futuro

Respecto a la tendencia que piensan van a seguir estos métodos alternativos en las tareas de control de Legionella, la mayor parte de las empresas encuestadas optaron por no contestar o desconfiar de tales sistemas. El argumento principal es que "hasta que no sean más competitivos a nivel de precios, y no exista un órgano oficial que registre los métodos, o verifique su eficacia, no cambiará mi escepticismo frente a ellos". Según algunos técnicos de mantenimiento, en nuestro país es más importante mantener un nivel de biocida residual de acuerdo a los límites fijados por la Administración y que puede ser medido por un inspector de Sanidad, que implantar una técnica física o físico-química efectiva pero sin reconocimiento oficial por parte de la Administración.

5) Sistemas de dosificación y medición automáticos en torres de refrigeración

Finalmente, realizamos una última cuestión a todas las empresas mantenedoras, para conocer si aquellas que utilizaban biocidas en sus instalaciones llevaban a cabo una tarea de medición y dosificación automática del producto.

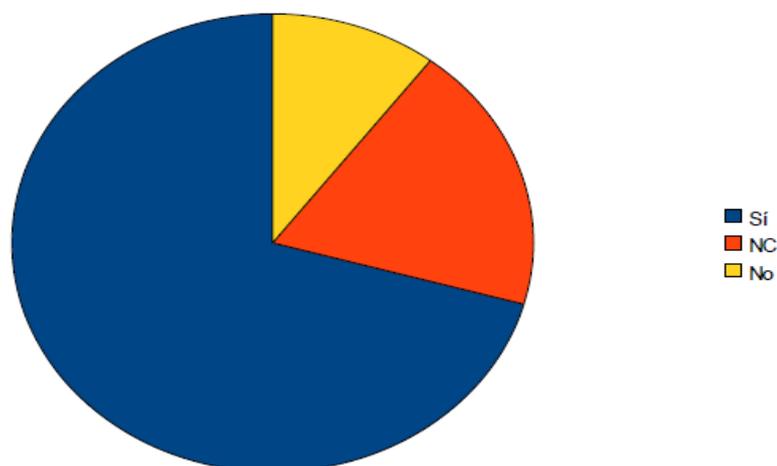


Grafico 4. Uso de sistemas de dosificación y medición automáticas por las empresas manipuladoras de biocidas (58 empresas).

Como podemos observar, la inmensa mayoría de las empresas que deciden usar biocida para luchar contra Legionella en las instalaciones de las que son responsables, responden que utilizan sistemas de dosificación y medición automáticos. Sin embargo, por las respuestas siguientes, se deduce que, en su mayoría, estas empresas utilizan sistemas de dosificación automáticos, pero no sistemas de medición automáticos, debido a que: 1) algunos biocidas no pueden ser medidos automáticamente; 2) los medidores no son eficaces; 3) su coste es elevado. Podemos afirmar por tanto, que se ha de trabajar para mejorar estos sistemas de medición automáticos.

5.- CONCLUSIONES

A pesar de los avances tecnológicos en técnicas de desinfección y tratamiento de aguas e instalaciones relacionadas, nuestro estudio muestra como los métodos alternativos a los tradicionales biocidas siguen siendo olvidados por el sector profesional. Existe una clara desconfianza y temor por parte de las empresas de mantenimiento higiénico-sanitario a aplicar los sistemas físicos y/o físico-químicos, debido a:

- 1) Falta de información: en general existe un desconocimiento sobre la existencia de la mayor parte de estos sistemas por parte de las empresas de servicios biocidas y de sus clientes. En algunos casos, esto es debido a que ciertos distribuidores son a la vez instaladores y mantenedores de los sistemas y por lo tanto monopolizan la implantación de los mismos en el mercado.

En cualquier caso, entienden que estos sistemas pueden ser complementarios al uso de los biocidas, pero no como único método de control para utilizar en una instalación.

- 2) Datos sobre su eficacia: Uno de los miedos que nos hicieron llegar las empresas mantenedoras, y clientes de las mismas, sobre estos nuevos métodos, es la dificultad de encontrar información contrastada e independiente. Nosotros mismos reconocemos no haber encontrado información independiente de muchos de los sistemas físicos y físico-químicos a la hora de redactar el estudio, motivo por el que únicamente podemos remitir la información ofrecida por el fabricante o distribuidor. Lógicamente, al no disponer de información independiente, los técnicos y clientes desconfían de tales métodos.

Por otra parte, el RD 865/2003, dice que *“los sistemas físicos y físico-químicos deben ser de probada eficacia frente a Legionella y no deberán suponer riesgos para la instalación ni para la salud y seguridad de los operarios ni otras personas que no puedan estar expuestas”* y, sin embargo, a diferencia de los desinfectantes no hay un organismo que homologue estos sistemas, ni un Registro Oficial.

- 3) Reconocimiento por parte de las autoridades sanitarias: Las empresas y sus clientes manifiestan que como no están incluidos en los programas de mantenimiento, como no se puede demostrar de manera oficial la eficacia del método y como la legislación no es clara cuando se refiere a la aplicación de estos sistemas, sienten miedo a ser sancionados por utilizarlos en sustitución de los biocidas.
- 4) Costes y complejidad de instalación/manipulación/mantenimiento: Aunque algunos de estos sistemas consiguen ahorrar costes en el uso de productos químicos, gasto de energía y agua, y pueden ser manejados con absoluta sencillez, las empresas de servicios biocidas manifiestan, por el escaso conocimiento que tienen de los mismos, que no los utilizan por que son más caros y complejos.

Los frecuentes brotes y casos de legionelosis en nuestro país ponen de manifiesto la necesidad de utilizar todas las medidas disponibles y es en este contexto en el que los sistemas físicos y físico-químicos pueden adquirir una especial relevancia. No obstante, mientras no exista un organismo oficial que se encargue de registrar los sistemas físicos y físico-químicos presentes en el mercado, o al menos de relatar cuál es el criterio para designar un método de "probada eficacia", creemos que continuarán siendo pocas las empresas mantenedoras, y clientes, que se arriesgarán a su uso (sólo o en combinación con los biocidas) a pesar de las ventajas que pueden acarrear, en términos de salud pública, salud medioambiental, ahorro de energía y agua.

6.- BIBLIOGRAFÍA

- Victor L. Yu and Janet E. Stout.” Experiences of the first 16 hospitals using copper-silver ionization for *Legionella* control: Implication for the evaluation of other disinfection modalities”.
- Generador Ultrasonidos. LG Sonic. www.lgsonic.com Edición digital
- Laboratorio de ultrasonidos y dispositivos industriales. Hielscher.com, www.hielscher.com
- Cavitación. VRTxtech. www.vrtxtech.com
- Tratamientos Legionella. Desinfecciones Alcora. www.alcora.es
- Solución contra legionella. (Pastormaster by Physis). ADISA ANTILEGIONELLA. www.adisa.es
- Tratamientos de Agua. Elgressy Engineering Services Ltd. www.elgressy.com

7.- ANEXO: CUESTIONARIO

ESTUDIO DE TÉCNICAS/SISTEMAS ALTERNATIVOS AL USO DE BIOCIDAS EN LA LUCHA CONTRA LA LEGIONELLA

Empresa:
CCAA:
Teléfono: Email:.....
Contacto: Cargo:

1. ¿REALIZA SERVICIOS DE CONTROL DE LEGIONELLA?

Si

No

2. ¿CUÁNTO TIEMPO LLEVA SU EMPRESA PRESTANDO ESTOS SERVICIOS?.....

3. ¿EN QUÉ TIPO DE INSTALACIONES?

- Agua fría de consumo
- Sistemas de agua caliente sanitaria
- Torres de refrigeración
- Condensadores evaporativos
- Centrales humidificadoras industriales
- Humectadores
- Equipos de enfriamiento evaporativos
- Fuentes ornamentales
- Sistemas de aguas contra incendios
- Riegos urbanos por aspersión
- Instalaciones de lavado de vehículos
- Sistemas de agua climatizada con agitación constante y recirculación a través de chorros de alta velocidad o inyección de aire

- Otras:

4. ¿QUÉ TIPO DE PRODUCTO USA PARA EL CONTROL DE LA LEGIONELLA?

- Biocidas
- Sistemas físico-químicos
- Ambos

4.1 EN EL CASO DE UTILIZAR ÚNICAMENTE BIOCIDAS, ¿CUAL ES EL MOTIVO?

- Falta de información sobre otras alternativas
- Mayor eficiencia que otros métodos/sistemas
- Menor coste
- Menor peligrosidad
- Fácil manipulación
- Otros motivos:

4.2 EN EL CASO DE UTILIZAR ALGÚN SISTEMA ALTERNATIVO A LOS BIOCIDAS (FÍSICO O FÍSICO-QUÍMICO), INDIQUE EN EL SIGUIENTE CUADRO INSTALACIONES DONDE LO APLICA, SUS PROVEEDORES, VENTAJAS FRENTE A BIOCIDAS, E INCONVENIENTES QUE PUEDA ACARREAR SU USO:

SISTEMA	INSTALACIÓN	PROVEEDORES	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Radiación UVA				
Ultrasonidos				
Ozonificación				
Filtración				
Fotocatálisis oxidativa				
Campos electromagnéticos				
Iones de cobre y plata				
Otros:				

4.3 EN EL CASO DE UTILIZAR AMBOS, BIOCIDAS Y OTROS MÉTODOS/SISTEMAS, ¿DE QUE MANERA LOS USA?

A. Independientemente

A. ¿En qué situaciones?

.....

B. Complementariamente

B. ¿En qué situaciones?

.....
.....
.....

5. EN SU OPINION, ¿CUAL ES LA TENDENCIA EN EL USO DE TECNICAS ALTERNATIVAS A LOS BIOCIDAS?

.....
.....
.....
.....

SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN Y MEDICIÓN AUTOMÁTICOS EN TORRES DE REFRIGERACIÓN RELACIONADOS CON EL USO DE BIOCIDAS

1. ¿TIENES ALGÚN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN Y/O MEDICIÓN AUTOMÁTICO EN LAS TORRES DE REFRIGERACIÓN QUE MANTIENE?

Si Marca utilizada:.....

Del total de torres de refrigeración que controla, ¿cuál es el porcentaje de las mismas donde tiene sistemas de dosificación y/o medición automática de biocida?

.....

No ¿Por qué?

.....

2. EN CASO DE UTILIZAR ESTOS SISTEMAS, POR FAVOR INDIQUE LOS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MISMOS:

Ventajas:

.....
.....
.....

Desventajas:

.....
.....
.....