

08-012

EFFECT OF THE CHANGE OF THE WATER SUPPLY PIPES OF THE JUAN RAMÓN JIMÉNEZ HOSPITAL IN THE PROLIFERATION OF LEGIONELLA

Macías Macías, José ⁽¹⁾; *Cruz Broche, Alberto* ⁽²⁾; *Bahamonde García, Manuel Ignacio* ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidad de Huelva, ⁽²⁾ Hospital Universitario Juan Ramón Jiménez de Huelva

The impact of the modernization of the water systems was assessed through microbiological screening of the flowing water for Legionella Neumophila at Juan Ramón Jiménez Hospital in Huelva. As a consequence of the high number of this microorganism detected in previous periodic screenings, despite quite frequent chlorine-based and thermal disinfections, the decision was taken to substitute the original hot and cold water distribution pipes of galvanized steel for others with a higher spectrum of resistance to chemicals. Thus, 316L stainless steel and cross-linked polythene became the obvious choice, also considering the fact that they are less prone to biofilm formation. Similarly, water filters were placed at the hospital's general water intake point and at the hot water inlet facilities. New hot water storage devices were assembled. In this paper, information is provided on their layout and the building materials used. Considerations are presented on the most appropriate kind of materials to minimize the risks of bacterial proliferation. The implementation of the measures described in this paper has resulted in a drastic decrease of Legionella Neumophila population in flowing water.

Keywords: Legionella; hot water storage devices; water filters; stainless steel; galvanized steel; cross-linked polythene

EFEECTO DEL CAMBIO DE LAS TUBERÍAS DE SUMINISTRO DE AGUA DEL HOSPITAL JUAN RAMÓN JIMÉNEZ EN LA PROLIFERACIÓN DE LEGIONELLA

Se ha evaluado el impacto que han tenido las modernizaciones de las instalaciones de riesgo en el Hospital Juan Ramón Jiménez de Huelva mediante la evolución del recuento microbiológico de Legionella spp en el agua circulante. Dado los altos valores que presentaban las analíticas y a pesar de efectuar choques térmicos e hipercloraciones con frecuencia, a partir de 2003 se optó por sustituir las redes de tuberías de agua fría y caliente originales de acero galvanizado por otras de materiales más resistentes desde el punto de vista químico como son el acero inoxidable 316 L y el polietileno reticulado, que además presentan menor tendencia a formar biocapas por sus propias características. Asimismo, se colocó un filtro en la entrada general de agua y otro en el punto de aporte a la instalación de agua caliente sanitaria. Se montaron nuevos depósitos de almacenamiento de agua caliente sanitaria y se comenta su disposición y materiales constructivos. Finalmente se sugiere que tipo de materiales pensamos que son más adecuados para minimizar el riesgo de proliferación de la bacteria. Tras la puesta en marcha de las medidas descritas, se ha observado una drástica disminución de la población de Legionella spp en el agua circulante.

Palabras clave: Legionella; depósitos para agua caliente; filtros de agua; acero inoxidable; acero galvanizado; polietileno

Correspondencia: Manuel Ignacio Bahamonde García bahamonde@uhu.es



©2020 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

La presencia de *Legionella spp.* en las instalaciones de los hospitales, especialmente en las redes de distribución de agua fría y caliente y en las torres de enfriamiento, puede dar origen a infecciones nosocomiales (Darelid, Löfgren & Malmvall, 2002). Según ciertos autores, parece que existen evidencias que correlacionan directamente el número de puntos positivos con la probabilidad de ocurrencia de la infección, frente a otras que inciden más en los niveles cuantitativos obtenidos en análisis puntuales (Peiró et al., 2005).

Para controlar las poblaciones de *Legionella spp.* en el agua circulante y en la biocapa que se forma en la pared interna de las tuberías y en otros lugares de las instalaciones de riesgo, existen varios métodos de desinfección. Actualmente se emplea ozono, cloro y derivados, bromo, ionización cobre-plata, biocidas orgánicos de diverso tipo y luz ultravioleta sola o combinada con catalizadores como el óxido de titanio que generan iones hidroxilo. Sin embargo, ninguno de estos métodos ha demostrado ser completamente efectivo a largo plazo (Blanc et al., 2005), (Cooper & Hanlon, 2010), (Darelid, Löfgren & Malmvall, 2002), (Oliveira et al., 2007).

Se acepta que la eliminación definitiva de *Legionella spp.*, una vez que ha colonizado las redes de agua fría y caliente de los centros sanitarios, es muy complicada, entre otros motivos porque en el agua de aporte vienen bacterias en cantidades suficientes como para recolonizar las instalaciones (Kool, Carpenter & Fields, 1999). Por este motivo y para garantizar la ausencia de la bacteria en las instalaciones de riesgo de los hospitales, deben combinarse varias actuaciones: utilización de materiales adecuados que minimicen los fenómenos de corrosión e incrustaciones, uso de biocidas que controlen las poblaciones de *Legionella spp.* tanto en el agua circulante como en las biocapas que indefectiblemente se forman, diseño de instalaciones que eviten el estancamiento (Wagenvoort et al., 2010) y la estratificación del agua y por último un programa de vigilancia y mantenimiento que permita corregir cualquier problema que pueda presentarse.

En el presente artículo se relata el impacto que ha tenido la modernización de las instalaciones de riesgo del Hospital Juan Ramón Jiménez de Huelva en la evolución del recuento microbiológico de *Legionella Neumophila* a lo largo de los últimos años.

2. Antecedentes

El hospital Juan Ramón Jiménez es el centro sanitario más importante del Área Hospitalaria de la que forma parte y ofrece asistencia especializada a 264.353 habitantes, que es la población de las comarcas centro – oeste de la provincia de Huelva. Es también referencia para las otras dos Áreas Sanitarias de Huelva, el área Sureste – Suroeste que cubre el hospital Infanta Elena y el área Norte que cubre el hospital de Riotinto, extendiendo su zona de influencia a toda la provincia, con una población total de 501.862 habitantes (datos de 2009). El hospital tiene una dotación de 595 camas y la ocupación media fue de 505 camas en 2014.

Hasta el año 2003 el hospital disponía de dos redes de tuberías de acero galvanizado para transporte y distribución de agua fría y caliente sanitaria.

La instalación de agua fría comprende dos aljibes: uno de agua bruta tal como viene de la red pública de 200 m³ y otro de agua tratada de 1.000 m³ dividido en dos partes iguales de 500 m³ que se pueden independizar.

Las características físico-químicas del agua de entrada son las siguientes: pH: entre 7,3 y 7,8; conductividad: entre 234 y 404 $\mu\text{S}/\text{cm}$; dureza total: entre 24 y 91 mg/l de CO_3Ca ; turbidez: entre 0,5 y 0,9 NTU; hierro total: siempre $< 0,1$ ppm.; cloro libre: entre 0,6 y 0,8 ppm (rango de valores encontrados desde noviembre 2008 hasta octubre 2010).

El día 18/11/2010 se realizó un análisis con los siguientes resultados: pH: entre 7,7; conductividad: 270 $\mu\text{S}/\text{cm}$; dureza total: 90 mg/l de CO_3Ca ; turbidez: 0,7 NTU; cloro libre: 0,67 ppm; temperatura 18° C Se emplearon dos medidores multiparamétricos, un HANNA HI 9811-5 para pH, conductividad y temperatura y un HANNA C-102 para cloro libre y turbidez.

Dicho agua sufre un proceso de filtrado y descalcificación que produce cambios en su composición química de tal manera que la que se envía a los consumidores del hospital tiene los siguiente parámetros: pH: 7,5; conductividad: 234 $\mu\text{S}/\text{cm}$; dureza total: 24 mg/l de CO_3Ca ; turbidez: 0,1 NTU; hierro total: $< 0,1$ ppm.; cloro libre: 0,65 ppm (análisis hecho el 30/08/2010 en la cocina del hospital por la empresa mantenedora de las instalaciones).

La instalación de agua caliente estaba formada por una red de tuberías de ida y retorno, 5 depósitos verticales de acero galvanizado de 6.000 litros cada uno conectados en paralelo y dos circuitos de recirculación del agua: uno que permite remover la que está en el interior de los tanques de almacenamiento y el otro el bucle clásico con tubería de retorno de las instalaciones centralizadas de edificios colectivos, según la norma vigente en España (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios).

En 2001 y de acuerdo con la norma española vigente para prevenir la proliferación de *Legionella spp.*, (RD 909/2001) en la instalación de agua caliente se elevó la temperatura en el interior de los tanques ligeramente por encima de 60° C. A pesar de esta medida, sistemáticamente aparecían recuentos altos de Legionella y se combatían con choques térmicos e hipercloraciones realizadas de acuerdo con los procedimientos descritos en el RD 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

3. Actuaciones

Ante la problemática expuesta, en el año 2003 se inició un programa de modernización de las instalaciones de agua de consumo humano para garantizar la calidad de la misma y tratar de eliminar el riesgo de infecciones nosocomiales originadas por Legionella Neumophila.

En primer lugar se sustituyó la red de agua caliente sanitaria incluyendo todas las tuberías y los 5 depósitos de almacenamiento, ante el grave deterioro que había sufrido esta instalación debido a los efectos de la corrosión y de las incrustaciones, como se puede apreciar en la figura 1, (imagen izquierda tubería de agua fría; imagen central tubos de agua caliente). En la imagen derecha de figura 1 se ve un colector de reparto a las nuevas líneas (fotos tomadas por los autores).

Figura 1: Interior de las tuberías viejas (izquierda y centro) y nuevo colector (derecha)



El material elegido fue el acero inoxidable 316 L por los siguientes motivos:

- Superior resistencia frente a la corrosión comparada con el acero galvanizado y el acero inoxidable 304. Se eligió además con bajo contenido en carbono para evitar fenómenos de corrosión intergranular derivados de la aparición de Carburo de Cromo tras la soldadura.
- Menor rugosidad interior, parecida a la del cobre y los plásticos, para minimizar la aparición de incrustaciones. También se disminuyen las pérdidas de carga.
- Facilidad de montaje con el sistema Mannesmann de accesorios a presión que disminuye el coste de la mano de obra y evita someter a las tuberías y resto de componentes de la instalación a altas temperaturas propias de los procesos de soldadura.

Los depósitos también se montaron de acero inoxidable 316 L, conectados en paralelo y en posición vertical con bombas de recirculación que extraen el agua de la parte superior y la introducen en la parte inferior por los siguientes motivos:

- Los recipientes verticales ocupan menos superficie horizontal en las salas de maquinas y no suelen necesitar estructuras de soporte, lo que facilita su instalación.
- El hecho de elegir el sentido de circulación del agua indicado implica que no introducimos agua relativamente fría en la parte superior del depósito. De esta forma evitamos el riesgo de enviar a través de la tubería de salida, que habitualmente está en la zona superior de los tanques, agua a temperatura inferior a la de trabajo. Piénsese que en determinados momentos del día pueden producirse demandas puntuales elevadas. Si metemos agua fría arriba, dicha agua a baja temperatura puede incorporarse al flujo de salida y corremos el riesgo de introducir bacterias en la red.
- El sentido descrito no presenta ningún tramo retrógrado. Por efecto de la convección combinada, el agua en el interior del depósito va de abajo arriba:(componente natural por diferencia de temperaturas entre el agua fría y caliente y componente forzada por efecto de la bomba) y de arriba abajo por acción de la bomba en el semicircuito exterior, dado que se aspira por arriba y se mete por la parte inferior del tanque.
- Desde el punto de vista de homogeneización térmica, el efecto de difusión turbulenta (Ley de Fick) permite que se produzca mayor transferencia de calor en la unidad de tiempo, dispersando una corriente de agua caliente en una masa fría que lo contrario: el agua caliente tiene menor viscosidad y mayor conductividad térmica que el agua fría en el intervalo de temperaturas que estamos estudiando (entre 20° y 60° C)

De esta forma conseguimos dos cosas positivas: mantener una temperatura superior a 55° C homogénea en toda la masa del agua, evitando volúmenes a las temperaturas de máximo desarrollo de la bacteria (entre 20 y 45° C) y evitar el estancamiento del agua que también es un factor que favorece la proliferación de las poblaciones de *Legionella spp.*

En el mes de enero de 2007 comenzaron los trabajos de instalación de la red de tuberías de agua fría y duraron casi dos años. Según lo dispuesto en el RD 865/2003, artículo 7.1.b se instalaron dos equipos de filtración de agua, uno en la entrada general del edificio con una capacidad de retener partículas superiores a 90 micras (figura 2 imagen izquierda) y otro en el aporte del sistema de producción de agua caliente sanitaria con dos cartuchos en serie de 20 y 10 micras (figura 2 imagen central). También se montó un sistema de cloración automática tal

como dispone el referido RD 865/2003 Anexo 3 parte A, referida a la rectoración del agua fría de consumo humano (figura 2 imagen derecha)

Figura 2: Filtros de agua fría, agua caliente y equipo de cloración en aljibes



Todas las tuberías fueron sustituidas por otras nuevas también de acero inoxidable 316 L, excepto los tramos terminales en los que se colocó polietileno reticulado. Se optó por esta solución para evitar interrupciones en el servicio y no molestar ni al personal sanitario en sus tareas habituales ni a los enfermos ingresados en las habitaciones.

Además se han colocado filtros de la marca PALL de 0,2 micras en puntos terminales: modelo AQ14F1S en grifos y AQF3 en duchas: de forma permanente en zonas con pacientes inmunodeprimidos, y con indicación protocolizada en enfermos con aislamiento inverso.

Como complemento de todo lo anterior, se rediseñó el plan de tareas de revisión, limpieza y desinfección de las instalaciones de agua fría y caliente, para evitar el estancamiento del agua y limitar la influencia de otros factores favorecedores de la proliferación de la bacteria.

4. Método de muestreo

El RD 865/2003 establece que los controles bacteriológicos de la red de abasto de agua en instalaciones de riesgo para la transmisión de Legionella, deben hacerse cada tres meses en ausencia de notificación de casos de transmisión local (nosocomial) en los que deben realizarse cada mes. No obstante, en nuestro hospital realizamos controles que contemplan 14 puntos diferentes de la red con periodicidad mensual, bimensual o trimestral. Las muestras tomadas se envían al Laboratorio de referencia del Instituto Nacional de Microbiología Carlos III de Madrid, para estudio (cultivo) de Legionella en agua.

Las muestras se toman tanto en grifos como en duchas de las redes de agua fría y caliente, enviando al laboratorio 1 litro de agua en frasco estéril, además del hisopado de los puntos de salida.

Aunque el RD establece como punto positivo el que registre un recuento >1000 ufc de Legionella, internamente y de modo progresivo hemos venido reduciendo esa cifra en la medida que han mejorado las condiciones de la red, llegando hasta las 300 ufc, cifra que consideramos como límite para desencadenar acciones preventivas o de intervención.

La notificación de algún caso de Legionelosis hospitalaria, confirmado o probable, es considerada como un brote (según establece el RD/865/2003) y desde ese momento se realiza un control bacteriológico mensual, al igual que ante resultados de un control con varios puntos con recuentos superiores a 300 ufc, aun sin tener sospecha de transmisión local y aunque las muestras detectadas como positivas provengan de zonas de bajo riesgo para los pacientes.

En ausencia de casos de Legionelosis y ante controles bacteriológicos con resultados positivos <300ufc, se programa el nuevo control a los dos meses y ante controles con resultados totalmente negativos se extiende a tres meses el control bacteriológico de la red.

Para las tomas de muestra se respeta el diseño geográfico de toda la red, priorizando los puntos más alejados de los aljibes y se sigue el orden que establecen las tuberías principales, controlando puntos de habitaciones servidas por estos ramales principales en orden descendente (desde la 4ª planta hasta la planta sótano)

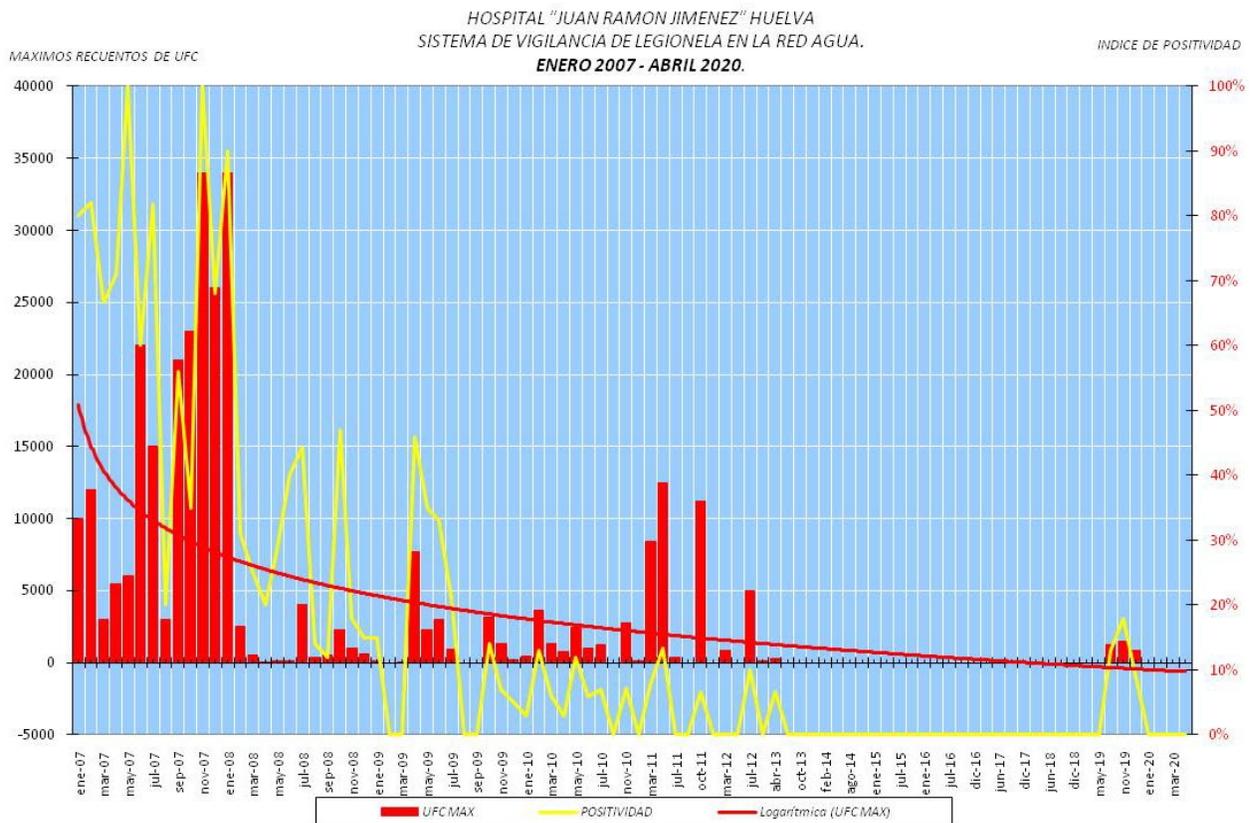
Los puntos vigilados se van rotando hasta examinar el 100% en un periodo de un año, según prescribe el RD/685/2003. Los lugares con resultados positivos son verificados nuevamente en el próximo control.

Además de este orden geográfico, se consideran las zonas de mayor riesgo, donde se encuentran los pacientes más vulnerables (Hematología, Oncología, UCI) en las cuales periódicamente se controla la calidad bacteriológica del agua, previa retirada del filtro.

5. Resultados

Los resultados de los controles desde enero del 2007 hasta enero de 2020 se reflejan en la figura 3 representándose los máximos recuentos de unidades formadoras de colonia de Legionella Neumophila y el porcentaje de puntos positivos de cada control.

Figura 3: Máximos recuentos de Legionella en ufc y positividad de los resultados de los controles del agua de las redes de agua fría y caliente en el Hospital Juan Ramón Jiménez



Los resultados obtenidos con nuestro sistema de vigilancia bacteriológico tienen correspondencia en el tiempo con la implantación de las reformas de modernización y mejora de la red de abasto y de las instalaciones de prefiltración, por lo que, en ausencia de otros elementos, inferimos que estas medidas, fruto de la colaboración entre medicina preventiva y mantenimiento, son las responsables de estas drásticas reducciones en la proliferación de *Legionella Neumophila* en nuestras instalaciones de agua fría y caliente (O'Neill & Humphreys, 2005).

El ligero repunte que se observa a finales de 2019, coincidió con unas obras de reforma en la zona de urgencias, pero afortunadamente se descubrió el origen y rápidamente se corrigió.

Se ha dado el caso de encontrar resultados negativos en las habitaciones de hospitalización y recuentos positivos en lugares donde se usan poco los grifos (mortuorio, salón de actos, aseos de las plantas mas altas) debido al estancamiento del agua (Wagenvoort et al., 2010).

6. Conclusiones

A pesar de que algunos estudios indican que no existe relación o ésta es muy ligera entre el tipo de material constituyente de las tuberías y el crecimiento de *Legionella Neumophila* en las redes de agua de consumo humano (Van der Kooij, Veenendaal & Scheffer, 2005), nosotros sí hemos observado que el material base de las cañerías ejerce una gran influencia en el crecimiento de la bacteria. Desde que el hospital entró en servicio en 1994 hemos empleado todos los tipos de materiales que se describen a continuación en las redes de tuberías de agua para consumo humano.

En el caso de las tuberías de acero galvanizado, por su propia naturaleza presentan una mayor tendencia a formar incrustaciones y sufrir los efectos de la corrosión provocada por el agua circulante especialmente a altas temperaturas. Ambos efectos son indeseables para el control de las poblaciones de la bacteria. En el caso de las incrustaciones porque en ellas asientan con facilidad las biocapas y en lo tocante a la corrosión, la destrucción de la capa protectora de zinc al efectuar las operaciones de roscado, deja desnudo el metal base que es menos resistente a la agresión química y provoca la incorporación de iones de hierro al agua circulante. Los dos fenómenos, juntos o por separado, aumentan los factores que propician el crecimiento de las poblaciones de *Legionella spp.* en el interior de las instalaciones.

En el caso del cobre, los iones que siempre se incorporan al agua tienen un limitado efecto bactericida (por eso se emplea la ionización cobre-plata) (Miuetzner et al., 1997), lo cual es un beneficio añadido a los métodos biocidas empleados.

En el caso de los aceros inoxidables, no es igual de resistente el 304 que el 316 y en ambos casos no se comportan igual los que tienen bajo contenido en carbono que los que poseen en su estructura más porcentaje de dicho elemento. El acero inoxidable 304 tiene menos resistencia a la corrosión que el 316 cuando el agua contiene iones cloruro; los de bajo contenido en carbono son más resistentes porque sufren menos el efecto de la corrosión intercrystalina.

Los plásticos no se corroen y presentan menos incrustaciones por su lisura interior, pero tienen un comportamiento más deficiente a temperaturas elevadas.

La colocación de los filtros limita la entrada de materia extraña en las instalaciones y disminuye la cantidad de posibles nutrientes de la fauna y flora microscópica (Girolamo et al., 2005).

El control de los flujos del agua caliente en la central de producción evita el estancamiento y la estratificación y posibilita que toda la masa de agua se mantenga a temperaturas incompatibles con la vida de la bacteria (Mouchtouri, Velonakis & Hadjichristodoulou, 2007).

El empleo del acero inoxidable 316 L permite minimizar los fenómenos de corrosión e incrustaciones. Asimismo el método de unión de accesorios empleado ha disminuido el número de puntos que pudieran sensibilizarse al efectuar operaciones de soldadura tras someterlos a temperaturas elevadas. Por estos motivos ahora podemos realizar hipercloraciones con menor riesgo para la integridad de la instalación.

El control automático de los niveles de cloro libre garantiza en todo momento que no se sobrepasan los límites inferior y superior reglamentarios.

Finalmente, el cumplimiento estricto de un programa de mantenimiento según el RD 865/2003 se manifiesta como un factor coadyuvante a las medidas estructurales adoptadas.

Agradecimientos

A la Dirección del Hospital Universitario Juan Ramón Jiménez de Huelva, España, las facilidades prestadas para escribir la comunicación.

7. Referencias

- Blanc, D.S., Carrara, P.H., Zanetti, G. & Francioli, P. (2005). Water disinfection with ozone, copper and silver ions, and temperature increase to control Legionella: seven years of experience in a university teaching hospital. *Journal of Hospital Infection*, 60, 69-72.
- Cooper, I.R. & Hanlon, G.W. (2010). Resistance of Legionella pneumophila serotype 1 biofilms to chlorine-based disinfection. *Journal of Hospital Infection*, 74, 152-159.
- Darelid, J., Löfgren, S. & Malmvall, B. (2002). Control of nosocomial Legionnaires disease by keeping the circulating hot water temperature above 55° C: experience from a 10-year surveillance programme in a district general hospital. *Journal of Hospital Infection*, 50, 213-219.
- Girolamo, A. et al. (2005). Hospital water point-of-use filtration: A complementary strategy to reduce the risk of nosocomial infection. *AJIC*, vol. 33, nº. 5, supl. 1. S1-S19.
- Kool, J.L., Carpenter, J.C. & Fields B.S. (1999). Effect of monochloramine disinfection of municipal drinking water on risk of nosocomial Legionnaires´disease. *The Lancet*, vol. 353, 272-277.
- Miuetzner, S. et al. (1997). Efficacy of thermal treatment and copper-silver ionization for controlling Legionella pneumophila in high-volume hot water plumbing systems in hospitals. *AJIC*, vol. 25, nº 6, 452-457.
- Mouchtouri, V., Velonakis, E. & Hadjichristodoulou P. (2007). Thermal disinfection of hotels, hospitals, and athletic venues hot water distribution systems contaminated by Legionella spp. *AJIC*. vol. 35, nº 9, 623-627.
- Oliveira, M.S., Maximino, F.R., Lobo R.D. et al. (2007). Disconnecting central hot water and using electric showers to avoid colonization of the water system by Legionella Pneumophila: an 11-year study. *Journal of Hospital Infection*, 66, 327-331.

- O'Neill, E. & Humphreys, H. (2005). Surveillance of hospital water and primary prevention of nosocomial legionellosis: what is the evidence?. *Journal of Hospital Infection*, 59, 273-279.
- Peiro, E.F. et al. (2005). Evaluation of the effectiveness of the Pastormaster method for disinfection of legionella in a hospital water distribution system. *Journal of Hospital Infection*, 60, 150-158.
- Van der Kooij, D., Veenendaal, H.R. & Scheffer, W.J.H. (2005). Biofilm formation and multiplication of Legionella in a model warm water system with pipes of copper, stainless steel and cross-linked polyethylene. *Water Research*, 39, 2789-2798.
- Wagenvoort, J.H., Brauwer, E., Sijstermans, M. & Horst, B. (2010). Preventing Legionella spp outgrowth by architectural redesign with modification of de cold water supply from one-way outflow to a recirculation system. *Journal of Hospital Infection*, 76, 188-189.

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

