



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

REDISEÑO Y GESTIÓN DE LAS REDES DE AGUA DE
CONSUMO HUMANO EN LAS INSTALACIONES DE UN
HOSPITAL DE MÁS DE 100.000 m² PARA LA
PREVENCIÓN DE LEGIONELLA

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Química

AUTOR/A: Sancho Pastor, Jose Luis

Tutor/a: Montañés Sanjuan, María Teresa

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



REDISEÑO Y GESTIÓN DE LAS REDES DE AGUA DE CONSUMO HUMANO EN LAS INSTALACIONES DE UN HOSPITAL DE MÁS DE 100.000 m² PARA LA PREVENCIÓN DE *LEGIONELLA*

Resumen

Este Trabajo Fin de Grado pretende dar un paso más en el estudio y tratamiento de la *Legionella* en las instalaciones de distribución de Agua Sanitaria para Consumo Humano, profundizando en la parte de operatividad y herramientas para la gestión de las instalaciones de agua desde la fase de captación-producción hasta la entrega en punto terminal. El presente documento pretende ser la ampliación y aplicación funcional de mi anterior TFM “Dispositivo para la prevención de *Legionella* en instalaciones de agua sanitaria”. en un hospital de más de 100.000 m², buscando así la verificación técnico-económica del proyecto.

La motivación de este trabajo viene originada por una bacteria llamada *Legionella* y todas las acciones que se desencadenan para su prevención, mantenimiento de instalaciones y eliminación de ésta, adicionalmente a la repercusión y consecuencias clínicas que tiene en las personas.

Durante los diferentes capítulos del documento se analizará la situación actual utilizando un punto de vista diferente para encontrar una solución alternativa a las ya existentes en el mercado. No se pretende mejorar las actuales, sino que el objetivo es promover un cambio de modelo: asegurar el resultado en el punto donde se toman y analizan las muestras de agua, el punto terminal.

Por supuesto, esto no puede solucionarse cambiando sólo un eslabón de la cadena. El proyecto recorre todas las fases necesarias para una inmersión en el tema. Va desde la captación-producción del agua e introducción a las características de la *Legionella*, sigue con una propuesta para su control en el punto terminal junto con unas propuestas y diseños que ofrezcan mejores resultados y desarrolla una propuesta de diseño funcional del sistema de control basado en la normativa actual. Todo este conjunto aporta un valor añadido al mantenedor y gestor de las instalaciones facilitando el control, su gestión, así como la optimización y ahorro de múltiples recursos junto con la mejora en calidad percibida, seguridad y eliminación de molestias a los usuarios.

En la parte final del trabajo se recoge mediante un estudio económico el impacto que tiene la automatización y uso de tecnología aplicada en este sistema para el medio ambiente, el propio edificio, su cronograma de implantación y el periodo previsto de amortización.

El conjunto de acciones expuestas en este proyecto ahonda en un nicho existente y evidente, por lo que, si en algún aspecto no se consiguen alcanzar todas las expectativas deseadas, al menos se pretende exponer una manera de pensar no comercial, que motive a cambiar la forma de hacer las cosas, así como exponer las ventajas que un sistema cerrado y automatizado puede dotar a la instalación de distribución, no existentes en la actualidad.

#PALABRAS CLAVE:

Legionella, hospital, ACS, AFCH, LEGIMATIC



REDESIGN AND MANAGEMENT OF DRINKING WATER SYSTEMS FACILITIES IN AN OVER 100,000 m² HOSPITAL FOR *LEGIONELLA* PREVENTION

Abstract

This Final Degree Project aims to go a step further in the study and treatment of Legionella in the distribution facilities of Sanitary Water for Human Consumption, deepening in the part of operability and tools for the management of water facilities from the catchment-production phase to the delivery at the terminal point. The present document intends to be the extension and functional application of my previous TFM "Device for the prevention of Legionella in sanitary water installations" in a hospital of more than 100,000 m², looking for the technical-economic verification of the project.

The motivation of this work is originated by a bacterium called Legionella and all the actions that are triggered for its prevention, maintenance of facilities and its elimination, in addition to the repercussion and clinical consequences that it has on people.

During the different chapters of the document, the current situation will be analyzed using a different point of view to find an alternative solution to those already existing in the market. The aim is not to improve the current ones, but to promote a change of model: to ensure the result at the point where the water samples are taken and analyzed, the terminal point.

Of course, this cannot be solved by changing just one link in the chain. The project goes through all the phases necessary for an immersion in the subject. It goes from water collection-production and introduction to the characteristics of Legionella, continues with a proposal for its control at the terminal point together with proposals and designs that offer better results and develops a proposal for the functional design of the control system based on current regulations. All this provides an added value to the maintainer and manager of the facilities, facilitating the control and management, as well as the optimization and saving of multiple resources together with the improvement in perceived quality, safety and elimination of inconveniences to the users

The final part of the work includes an economic study of the impact of automation and the use of technology applied in this system on the environment, the building itself, its implementation schedule and the expected payback period.

The set of actions presented in this project delves into an existing and evident niche, so that, if in some aspect it is not possible to achieve all the desired expectations, at least it is intended to expose a non-commercial way of thinking, which motivates to change the way of doing things, as well as to expose the advantages that a closed and automated system can provide to the distribution installation, not existing at present.

#KEYWORDS:

Legionella, hospital, DHW, CDW, LEGIMATIC



ÍNDICE GENERAL

Abreviaturas	v
Listado de tablas	vi
Listado de figuras	vii
1. Introducción y objetivos	1
2. Escenario actual	3
2.1. Descripción básica de las instalaciones principales de distribución de AFCH y ACS en el hospital	3
2.2. Distribución del agua en cada tipo de suministro (AFCH y ACS).....	5
2.2.1. Distribución de AFCH	5
2.2.2. Distribución de ACS	7
2.3. Requisitos normativos	9
3. Legionella en las instalaciones de distribución de AFCH y ACS	11
3.1. Descripción de la <i>Legionella</i> : orígenes, características y ecología	12
3.1.1. Etiología y biología de la bacteria	13
3.2. Clínica que presenta en humanos.....	15
3.3. Sistemas actuales para su prevención	18
4. Prevención de Legionella en punto terminal	19
4.1. Análisis y detección de necesidades	19
4.1.1. Instalaciones de riesgo en hospitales en puntos terminales.....	19
4.2. Origen y descripción del sistema propuesto.....	21
4.2.1. Descripción y funcionamiento del dispositivo	23
4.2.2. Operatividad del sistema	25
4.2.3. Ensayos realizados en laboratorio y valoración de resultados.....	28
5. Aplicación del sistema en instalaciones generales	32
5.1. Rediseño de instalaciones de distribución.....	32
5.1.1. Distribución de afch en tramo final	32
Modelo 1: suministro de agua en punto terminal con montante muy próxima (<1 m)	33
Modelo 2: suministro de agua en punto terminal con montante cercana (<5 m).....	33
Modelo 3: suministro de agua en punto terminal con montante lejana (<15 m)	34
5.1.2. Distribución de ACS	35
5.2. Actividades valoradas	35
5.2.1. Costes directos e indirectos de la <i>Legionella</i> en hospitales.....	36



6. Gestión de las instalaciones con el sistema propuesto	39
6.1. Funcionalidades del sistema para el usuario habitual	39
6.2. Funcionalidades del sistema para el gestor y usuario técnico.....	39
6.3. Composición del dispositivo electrónico	40
6.4. Composición del sistema informático.....	41
6.4.1. Instalaciones	42
6.4.2. Acciones.....	46
6.4.3. Registros	48
6.4.4. Información	50
6.4.5. Seguimiento.....	51
7. Estudio económico de implantación.....	52
7.1. Economía, circularidad del agua y confort del usuario.....	52
7.2. Análisis de costes del sistema actual	53
7.3. Análisis de costes con LEGIMATIC.....	57
7.4. Indicadores.....	61
7.5. Balance general.....	62
7.5.1. Evaluación económica	62
7.5.2. Amortización.....	64
7.5.3. Análisis de riesgos.....	65
7.6. Viabilidad del proyecto	67
7.6.1. Análisis del mercado.....	67
Conceptualmente:	67
Tecnológicamente:.....	68
Económicamente:	68
7.6.2. Análisis técnico operativo.....	68
7.6.3. Análisis económico financiero	69
8. Conclusiones	72
Valoración personal	73
9. Bibliografía.....	74
Normativa	75
Enlaces Web.....	76
Anexos.....	77
Anexo I.....	78
Anexo II.....	83
Anexo III.....	88



ABREVIATURAS

Abrv.	Denominación
°C	grado centígrado (medición T)
°F	grados franceses (medición dureza)
ACS	agua caliente sanitaria
AEAT	Agencia Estatal de Administración Tributaria
AFCH	agua fría de consumo humano
BMS	<i>Building Management Systems</i> (sw de gestión de instalaciones a distancia)
BOE	boletín oficial del estado
CNE	centro nacional de epidemiología
CTE	código técnico de la edificación
ECDC	<i>European Centre for Disease Prevention and Control</i>
EDO	enfermedad de declaración obligatoria
HxH	horas por hombre
LyD	limpieza y desinfección
mg/L	miligramos por litro
mL	metro lineal
NTP	normas técnicas de prevención
ODS	objetivos de desarrollo sostenible
PCR	reacción en cadena de polimerasa
pH	acidez o alcalinidad de disolución
ppm/L	partes por millón por litro
RD	real decreto
RITE	reglamento de instalaciones térmicas en edificios
ROESB	registro oficial de establecimientos y servicios biocidas
SaaS	<i>Service as a Software</i>
SCADA	<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i> (sw de gestión instalaciones a distancia)
SW	<i>software</i>
T	temperatura
TFG	trabajo fin de Grado
ufc/L	unidades formadoras de colonias por litro
UE	Unión Europea
UHT	ultrapasteurización del agua
UV	radiación ultravioleta en agua



LISTADO DE TABLAS

Tabla	Denominación	Página
Tabla 1	Pautas de la OMS sobre la cantidad de agua utilizada en las instalaciones sanitarias	4
Tabla 2	Descripción del funcionamiento del circuito de AFCH	7
Tabla 3	Descripción del funcionamiento del circuito de ACS	7
Tabla 4	Condiciones favorables para la proliferación de <i>Legionella</i> .	14
Tabla 5	Principales características de Neumonía por <i>Legionella</i> y Fiebre de Pontiac	16
Tabla 6	Medidas preventivas en instalaciones de agua según RD 865/2003	19
Tabla 7	Ventajas adicionales que aporta el dispositivo	26
Tabla 8	Simulación 17 h. Resultados de analíticas en laboratorio	29
Tabla 9	Simulación 65 h. Resultados de analíticas en laboratorio	29
Tabla 10	Medidas correctivas para instalaciones de AFCH según RD 865/2003	35
Tabla 11	Medidas correctivas para instalaciones de ACS según RD 865/2003	35
Tabla 12	Estimación coste hipercloración AFCH RD 865/2003 anexo 3b	53
Tabla 13	Estimación coste hipercalentamiento ACS RD 865/2003 anexo 3b	54
Tabla 14	Gastos anuales mantenimiento instalaciones agua	54
Tabla 15	Estimación coste anual adicional por hipercloración AFCH	55
Tabla 16	Estimación coste anual adicional por hipercalentamiento ACS	55
Tabla 17	Estimación coste sistema tradicional	56
Tabla 18	Estimación coste sistema LEGIMATIC	56
Tabla 19	Estimación de coste dispositivo electrónico en grifo AFCH	57
Tabla 20	Estimación de coste dispositivo electrónico en grifo AFCH + ACS	58
Tabla 21	Estimación de coste dispositivo electrónico en ducha AFCH + ACS	58
Tabla 22	Detalle de la cantidad y tipología de puntos terminales del hospital	58
Tabla 23	Resumen precio dispositivos electrónicos e instalación	59
Tabla 24	Estimación coste total instalación de dispositivos en el hospital	59
Tabla 25	Estimación coste total de colectores generales AFCH	59
Tabla 26	Estimación coste <i>software</i> (1er año y sucesivos)	60
Tabla 27	Total inversión para el conjunto del sistema y <i>software</i> LEGIMATIC	60
Tabla 28	Amortización lineal según tablas AEAT	60
Tabla 29	Indicadores para el buen gobierno del contrato en caso de ligar pagos a KPIs	61
Tabla 30	Estimación coste sistema tradicional anual con 1 + 1 LyD extraordinarias (AFCH + ACS)	62
Tabla 31	Estimación coste sistema LEGIMATIC anual	63
Tabla 32	Cálculo del retorno sobre inversión a 12 años. ROI - LEGIMATIC	63
Tabla 33	Amortización lineal según criterio justificado para 12 años con valor residual final	64
Tabla 34	Acciones de prevención y protección de riesgos	65

LISTADO DE FIGURAS

Figura	Denominación	Página
Figura 1	Mapa de casos reportados en Europa por legionelosis. 2019	1
Figura 2	Dureza del agua en España en grados franceses.	4
Figura 3	Eficiencia desinfectante del cloro vs pH	5
Figura 4	Imagen del hospital y del emplazamiento de sus aljibes de agua	6
Figura 5	Detalle de la zona de aljibes de AFCH para su almacenamiento y tratamiento	6
Figura 6	Sala de Central Térmica para ACS hospital	8
Figura 7	Legionelosis. Tasas por 100.000 habitantes Vs. año inicio síntomas y el sexo. 2012-2020	11
Figura 8	Etapas del movimiento de la <i>Legionella</i> dentro de una célula eucariota.	13
Figura 9	Viabilidad de la <i>Legionella</i> según T de equipamientos	14
Figura 10	Letalidad (%) de la <i>Legionella</i> según edad y sexo. 2019 - 2020	16
Figura 11	Casos de legionelosis en 2017 declarados en España según CC.AA. Vs. mediana 2012-2016. EDO CNE Carlos III	17
Figura 12	Diferentes sistemas actuales para prevención de <i>Legionella</i> en instalaciones	18
Figura 13	Tramada de tubería sin movimiento cuando no hay consumo (de A a B).	20
Figura 14	Gráfico de la tendencia representativa de la T del agua a T ambiente (20 °C).	21
Figura 15	Triángulo de la vida de la <i>Legionella</i>	22
Figura 16	Modelo de instalación de agua sanitaria propuesto como mejora	23
Figura 17	Esquema del dispositivo y partes. Prototipo – Diseño patente	24
Figura 18	Diseño de prototipo e instalación para simulación en real en laboratorio.	25
Figura 19	Dispositivo. Esquema y descripción gráfica de su funcionamiento.	27
Figura 20	Borrador original del dispositivo en punto terminal.	27
Figura 21	Cultivo de <i>Legionella</i> en Laboratorio. 11 días desde siembra en izquierda hasta derecha	28
Figura 22	Representación de ufc/L antes y después del uso del dispositivo. Ensayo tipo A.	30
Figura 23	Representación de ufc/L antes y después del uso del dispositivo. Ensayo tipo B.	30
Figura 24	Suministro de agua en punto terminal <1m	33
Figura 25	Suministro de agua en punto terminal <5m	34
Figura 26	Suministro de agua en punto terminal <15m	34
Figura 27	Representación del dispositivo electrónico en punto terminal (8 grifo-9 ducha).	41



Figura	Denominación	Página
Figura 28	Pantalla de Software LEGIMATIC con pestañas de acción e información	42
Figura 29	Pantalla de "Instalaciones/Listado de puntos terminales AFCH". LEGIMATIC	43
Figura 30	Pantalla de "Instalaciones/Fase producción ACS". LEGIMATIC	44
Figura 31	Limpieza de aljibe, izquierda. Limpieza de acumulador, derecha. Fuente: PLAGUIPLAN y PLAGUISUR	47
Figura 32	Pantalla "Acciones/Limpieza y Desinfección/Hipercloración/RD 865/2003 Anexo 3C". LEGIMATIC.	47
Figura 33	Matriz de riesgos	66
Figura 34	Objetivos de Desarrollo Sostenible, Agenda 2030. ONU 2015	70



**REDISEÑO Y GESTIÓN DE LAS REDES DE AGUA
DE CONSUMO HUMANO EN LAS INSTALACIONES
DE UN HOSPITAL DE MÁS DE 100.000 m²
PARA LA PREVENCIÓN DE *LEGIONELLA***

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En la actualidad existen en el mercado muchos sistemas para la prevención de *Legionella* en las instalaciones de agua sanitaria. Del mismo modo, los casos positivos en analíticas reglamentarias y las infecciones en humanos por esta bacteria siguen apareciendo en los controles de seguimiento. Por ello, esta materia hace muy interesante el tema, en constante evolución con muchas cosas todavía por descubrir, aprender y avanzar.

Los principales métodos para su prevención tienen por lo general un denominador común que se encuentra en el punto de aplicación de los métodos actuales para su prevención y corrección. Avanzando el tema a tratar, esta aplicación se suele realizar en la fase de inicio; por ejemplo, en el Agua Fría de Consumo Humano (AFCH) se aplica en el vaso de captación y almacenaje del agua y en el Agua Caliente Sanitaria (ACS) en su producción. Son tratamientos siempre previos a su distribución.

A nivel macro, como muestra la Figura 1, no se aprecian signos de eliminación de la *Legionella* en nuestros vecinos europeos. A nivel científico, el Ministerio de Sanidad suele presentar datos de casos informados de legionelosis en pacientes de forma periódica a través del Instituto de Salud Carlos III, mostrados más adelante en la Figura 7.

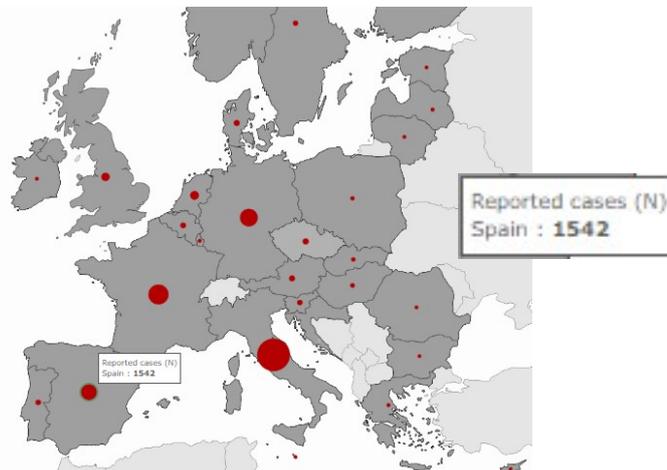


Figura 1. Mapa de casos reportados en Europa por legionelosis. 2019. ECDC.



Con todo esto se puede hacer una idea de las posibilidades de mejora que todavía quedan para aportarle al mercado el elemento, producto o tratamiento que permita prevenir, de una manera más eficaz, la legionelosis en las personas.

En este trabajo los esfuerzos están enfocados a ese *gap* actual con el objetivo de aportar una investigación que va desde el cambio de mentalidad en cómo mirar las instalaciones, una serie de propuestas de dispositivo destinado a los puntos terminales donde el usuario interactúa directamente con la *Legionella* y a una remodelación de las instalaciones generales en AFCH junto con la explotación de dicha tecnología para dotarle de un valor añadido a la instalación que motive a todos los participantes en este proceso a su implantación para conseguir mayor seguridad, funcionalidad y rentabilidad.

Utilizando como base un dispositivo siguiendo la idea definida en “Dispositivo para la prevención de *Legionella* en instalaciones de agua sanitaria”, se va a realizar el estudio funcional y económico de su aplicación en una instalación de agua sanitaria para un hospital de más de 100.000 m² aplicando los criterios anteriores.

Por todo ello, para valorar en conjunto cómo resultaría la aplicación del sistema en esta instalación y su posterior valoración y comparativa en el Capítulo 7 se han definido los siguientes objetivos:

- Evaluar los métodos principales ya existentes que se usan contra la *Legionella*.
- Avanzar en un nuevo dispositivo y concepto de funcionamiento de las instalaciones.
- Realizar ensayos y validaciones mediante analíticas del punto terminal en laboratorio
- Diseñar una línea de trabajo para que el *software* de gestión del funcionamiento de este dispositivo en las instalaciones pueda aportar, además de seguridad y control, un valor añadido en cuanto a su gestión, manipulaciones y registros necesarios.
- Estudio general de implantación en un hospital de más de 100.000 m².

2. ESCENARIO ACTUAL

El diseño de las instalaciones generales por las que se realiza la distribución de agua sanitaria sigue unos criterios muy parecidos en gran parte de grandes edificios y complejos de elevada concurrencia como son los hospitales, los hoteles, las residencias, las cárceles, etc.

En todos estos centros, existe una normativa que afecta a la responsabilidad y calidad en el mantenimiento y suministro del agua que almacena y distribuye. Entre otras, se tiene:

- RD 140/2003 para la calidad del agua de consumo humano.
- RD 865/2003 para la prevención de la legionelosis.
- Orden SSI/304/2013 sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano.
- Guía Técnica del Ministerio de Sanidad y Consumo para la prevención de la legionelosis en instalaciones.
- Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).
- UNE 112076 para la prevención de la corrosión en circuitos de agua.
- UNE 100030 para la Prevención y control de la proliferación y diseminación de *Legionella* en instalaciones.

2.1. DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LAS INSTALACIONES PRINCIPALES DE DISTRIBUCIÓN DE AFCH Y ACS EN EL HOSPITAL

En este apartado se va a concretar la información relativa al hospital objeto de este TFG. Las instalaciones generales de grandes edificios suelen mantener los mismos principios, por lo que a partir de ahora se describirá cómo es un hospital de más de 100.000 m².

Mediante la red de abastecimiento público del municipio se recibe el suministro primario de agua potable al hospital. Ésta cumple con la legislación vigente y generalmente ya contiene un porcentaje de desinfectante residual que la protege de la contaminación microbiológica para el consumo humano durante su distribución por la red municipal.

El agua siempre llega al hospital en formato de agua fría. Ésta se almacena en aljibes dimensionados según una serie de parámetros que permiten garantizar el abastecimiento a las instalaciones ante situaciones de emergencia durante un plazo de tiempo determinado en función del número de camas, quirófanos, cocinas, lavanderías, etc.

Para su dimensionamiento se toman como referencia las cantidades mínimas de agua utilizada que recomienda la OMS según el tipo de actividad, las cuales se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Pautas de la OMS sobre cantidad de agua utilizada en las instalaciones sanitarias (2006). OMS

Área	Cantidad
Pacientes ambulatorios	5 litros/consulta
Pacientes hospitalizados	40-60 litros/paciente por día
Quirófano o unidad obstétrica (UO)	100 litros/intervención
Centro de alimentación complementaria en seco	0.5-5 litros/consulta
Centro de alimentación complementaria húmeda	15 litros/consulta
Centro de alimentación para pacientes hospitalizados	30 litros/paciente/día
Centro de tratamiento para el cólera	60 litros/paciente/día
Síndrome agudo respiratorio severo (SARS)	100 litros/paciente/día
Centro de aislamiento de fiebre hemorrágica viral (FHV)	300-400 litros/paciente/día

Una vez el agua está en propiedad del hospital, es éste el responsable de mantener y garantizar la calidad en el suministro y consumo de ésta por los usuarios. Para conseguirlo, se disponen de una serie de elementos de medición, control y dosificación principalmente de hipoclorito sódico (cloro) que garantice su poder desinfectante. Esto se realiza mediante medición continua del cloro en los aljibes de captación y almacenamiento. Cada hora se analiza entre el 10%-25% del volumen de cada depósito, dosificando cloro en función de los límites establecidos entre la concentración leída y la necesaria.

Dada la complejidad de las instalaciones que el hospital tiene aguas abajo de su almacenamiento primario de agua, además de tratar el agua preventivamente contra la *Legionella*, también se trata con productos ablandadores para disminuir grados de dureza; la cual, como muestra la Figura 2, dependerá mucho de la zona en la que se esté tratando esa agua.

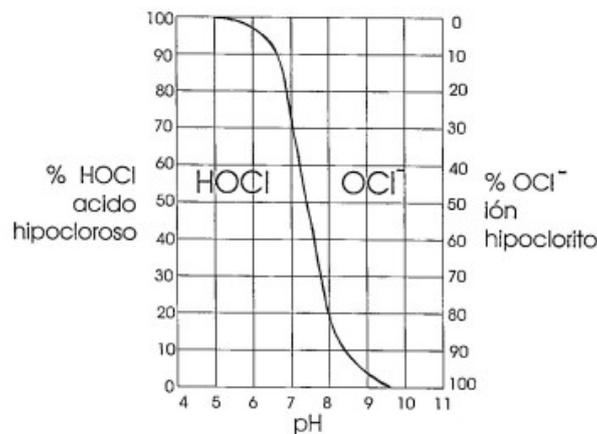


Figura 2. Dureza del agua en España en grados franceses. WaterCryst Wassertechnik GmbH

En Zaragoza se tiene una dureza de agua de 24 °F, estando muy próxima al rango de agua dura. La alta concentración de ppm CaCO₃ en ésta genera una serie de daños considerables en las instalaciones de distribución que obligan a cambios de tramadas completas con todo lo que eso supone.

También es un factor crítico el agua usada para equipamientos de alta precisión como se dispone en laboratorios, hemodiálisis, etc. o en instalaciones de producción de alto impacto como cocina, calderas de vapor, lavandería, etc. donde la calcificación de los interiores de éstas puede generar daños y costes muy elevados. Por todo ello, en el hospital se realiza una descalcificación del 95% del agua captada.

Y, por último, según se reciba el agua, si sus cualidades físico-químicas lo requieren, se puede precisar la regulación del pH entre 7-8 buscando, como se refleja en la Figura 3, aquellos valores de pH más óptimos para la acción bactericida del cloro.



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

Figura 3. Eficiencia desinfectante del cloro Vs pH. *Aguasresiduales.info*

2.2. DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN CADA TIPO DE SUMINISTRO (AFCH Y ACS)

La sistemática que se emplea en edificios con instalaciones generales de producción y distribución de agua, tanto AFCH como ACS, es la mostrada a continuación.

2.2.1. Distribución de AFCH

Al sistema de AFCH actual se le abastece a través de la red de tuberías municipales del Ayuntamiento. El agua recibida pasa por un aljibe denominado "aljibe de agua bruta" con una capacidad aproximada de 75 m³. Posteriormente, pasa por un sistema de tratamiento de agua con filtros de resinas, descalcificadora, adición de hipoclorito en continuo, etc. Esta agua ya tratada, se suministra hacia los aljibes de acopio con una capacidad total de 1.800 m³ repartidos en:

- Aljibe nº 1: 350 m³
- Aljibe nº 2: 350 m³ (*incendios)
- Aljibe nº 3: 400 m³
- Aljibe nº 4: 300 m³
- Aljibe nº 5: 400 m³

Los aljibes generalmente suelen estar en zonas subterráneas o al menos cerradas para minimizar la incidencia directa de la luz solar y la contaminación exterior. En el hospital objeto de este estudio, como se ha delimitado en la Figura 4, éstos se encuentran en edificios anexos al núcleo principal de asistencia sanitaria. Son espacios exclusivamente técnicos y sin riesgos de afectarse mutuamente con la funcionalidad del hospital.

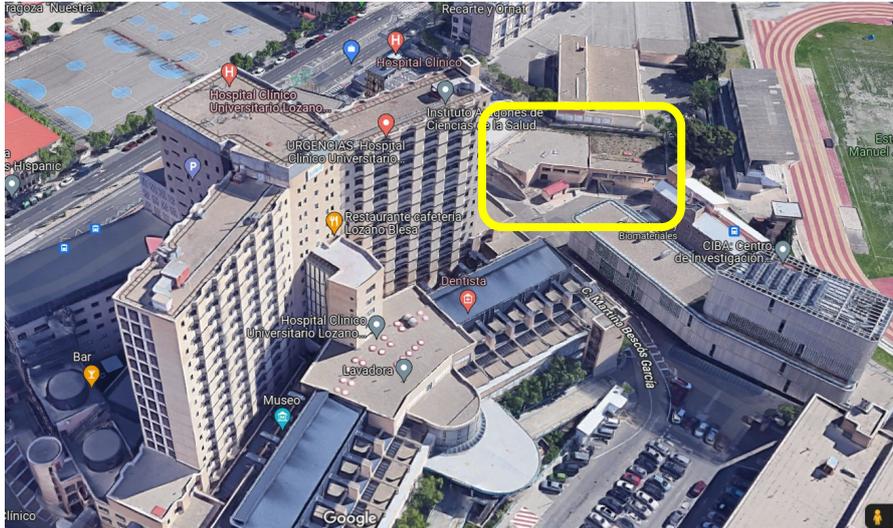


Figura 4. Imagen del hospital y del emplazamiento de sus aljibes de agua. Google Maps.

En la Figura 5 se puede observar cómo en el interior de este edificio, los aljibes se distribuyen constructivamente definiendo diferentes espacios separados de forma que se puedan realizar labores de mantenimiento, tratamiento, etc. sin comprometer el suministro del edificio.

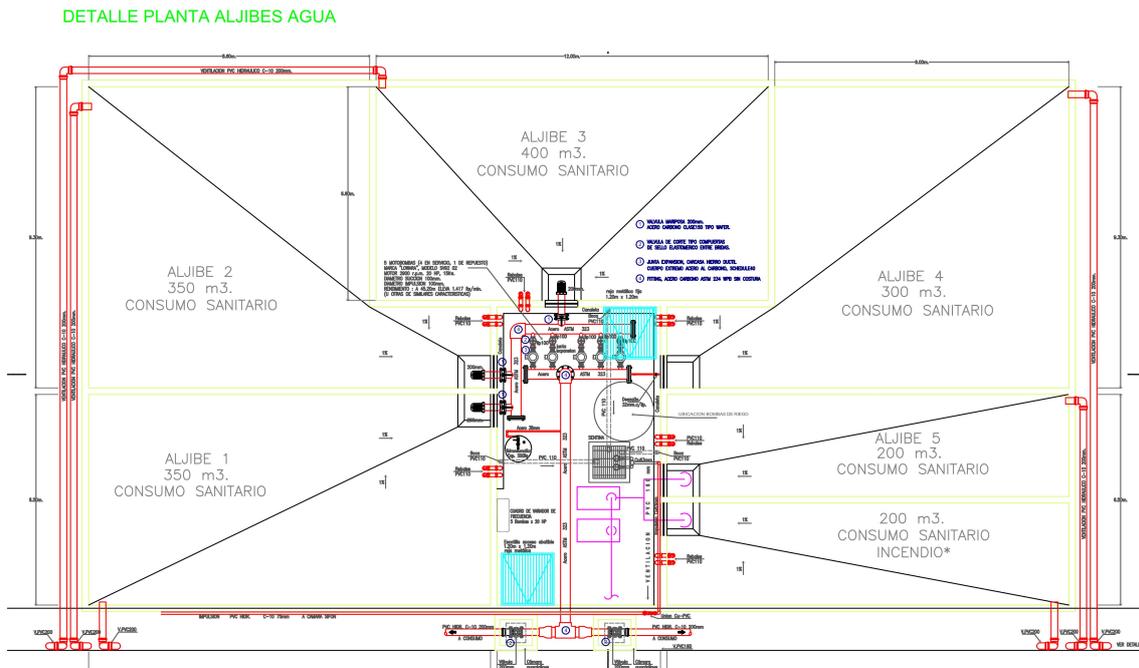


Figura 5. Detalle de la zona de aljibes de AFCH para su almacenamiento y tratamiento. Elaboración propia

En estos aljibes se recibe en primera instancia todo el agua suministrada por la red municipal de la localidad, donde se almacena y trata hasta su consumo. En la Tabla 2 se detallan las diferentes fases en que estará el agua tras entrar a dicha instalación.

Tabla 2. Descripción del funcionamiento del circuito de AFCH. Elaboración propia

Tipo de agua	Funcionamiento general de estas instalaciones
Circuito AFCH	<ul style="list-style-type: none">- Recepción de agua red pública.- Tratamiento por filtrado: filtro de gravas, descalcificación, reducción del pH con H₂SO₄ y posterior cloración con NaClO.- Almacenamiento en aljibe hasta necesidad.- Control en continuo de concentración de cloro libre en aljibe para garantizar su potabilidad y poder desinfectante.- Suministro de agua al centro, directamente del aljibe.- Renovación por llenado del agua del aljibe según consumo.- No dispone de recirculación en tuberías del edificio.- Estancamiento del agua en cañerías si no hay consumo.

Una vez ya acopiada el agua en los aljibes, se irá distribuyendo en función de la demanda, por medio de grupos de bombeo, a cada uno de los circuitos de agua fría del hospital, a la central térmica y a la preparación de ACS.

2.2.2. Distribución de ACS

En el caso de las instalaciones de ACS, cabe indicar que el hospital dispone 2 circuitos completamente independientes dada la elevada extensión de tuberías que tiene. De esta forma, se garantiza que en la zona de segunda acumulación se mantienen los mismos requisitos térmicos requeridos a suministrar en los puntos terminales más distantes. En la Tabla 3 se detallan las diferentes fases en que estará el agua tras entrar a dicha instalación.

Tabla 3. Descripción del funcionamiento del circuito de ACS. Elaboración propia

Tipo de agua	Funcionamiento general de estas instalaciones
Circuito ACS	<ul style="list-style-type: none">- Aporte desde aljibe AFCH ya tratada al circuito de ACS.- Mezcla con ACS actual al entrar en circuito de ACS.- Adición de producto pasivante que evita daño a tuberías por disociación del cloro por altas T.- Recircular ACS por instalación principal constantemente a una T determinada. (>50°C).- Almacenamiento en serie en acumuladores dispuestos en serie en circuito de ACS.- Permite disponer grandes cantidades de ACS a T elevada en caso de gran demanda.- Si no hay consumo funciona como circuito cerrado, manteniendo agua de tuberías principales en movimiento a una elevada T para que la <i>Legionella</i> no se reproduzca.

En este tipo de instalación, los elementos de producción y acumulación de agua principales que la componen son:

- 3 calderas de 2.500.000 kcal/h.
- Circuito ALTO: 4 acumuladores de 500 litros.
- Circuito BAJO: 10 acumuladores de 500 litros.
- Edificio Consultas: 4 acumuladores de 500 litros.

Para el caso concreto del ACS se dispone en las instalaciones actuales de un circuito paralelo de retorno que aporta continuidad al ACS impulsada que no tiene consumo. Con este circuito de retorno se consigue el movimiento del agua necesario que mantiene su temperatura (T) dentro de los parámetros marcados por la normativa. Dicha T se mantiene porque retorna a los acumuladores de origen, volviéndose a calentar hasta la T de consigna (52 °C), asegurando que el agua de la instalación no se quede estancada y su T descienda lo suficiente como para proliferar dicha bacteria en periodos sin demanda de ACS (ej. horario nocturno). A su vez, este diseño en la instalación con recirculación continua mejora los niveles de confort de los usuarios puesto que, al abrir los elementos terminales, rápidamente tienen agua caliente.

La T mantenida del ACS requiere de una producción térmica centralizada con circuito primario (ACS-1) y circuito secundario (ACS-2). Un intercambiador de placas permite el intercambio de energía térmica sin que el agua de zona sucia del ACS-1 (circuito cerrado entre calderas-tubería de acero negro-intercambiador de placas) entre en contacto directo con el agua limpia del ACS-2 que distribuye el agua caliente por toda la red de puntos terminales. En la Figura 6 se observan las calderas y a la derecha los acumuladores, grupos de bombas gemelas e intercambiadores del circuito bajo.

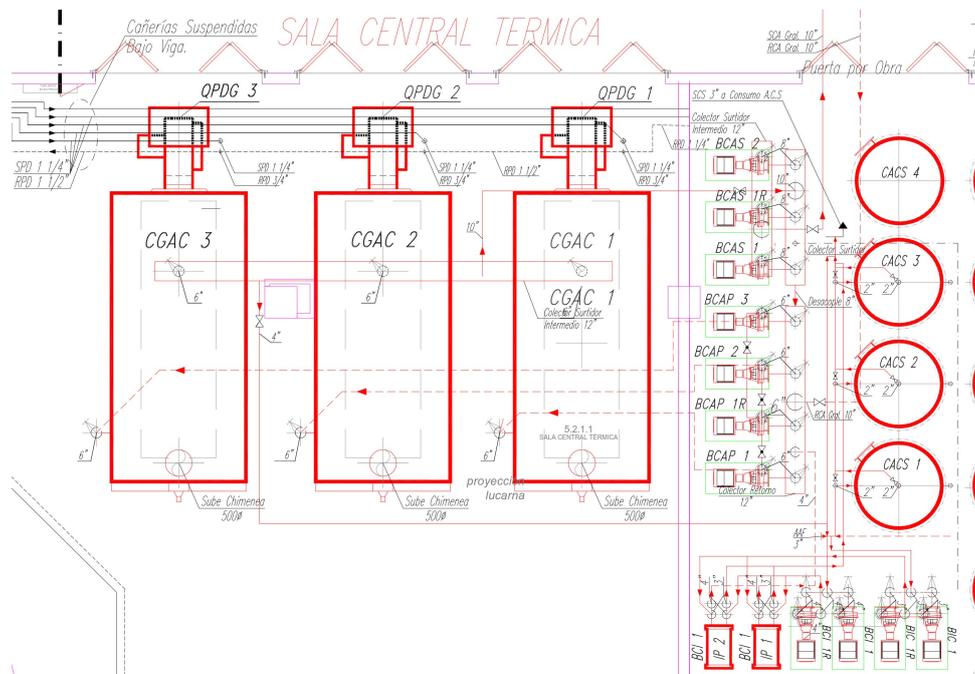


Figura 6. Sala de Central Térmica para ACS hospital. Elaboración propia.



En los intercambiadores de placas existirá como T máxima de intercambio la T del ACS-1 producida. También afectará la demanda de consumo en cada instante, puesto que cuando se consume mucha ACS, la T de ACS-2 disminuirá ante el aporte al circuito de nueva AFCH. Este efecto se amortigua con depósitos acumuladores de agua caliente correctamente dimensionados para que tengan un reservorio suficiente que compense estas situaciones en el día a día.

Según la normativa, en estas instalaciones se deben seguir estrictos análisis de *Legionella* con una periodicidad mensual. Éstos son llevados a cabo por Medicina Preventiva o, en inspecciones regladas, directamente por la Autoridad Sanitaria analizándolos en un laboratorio autorizado en el ROESB.

Con los métodos para eliminar la *Legionella* (hipertermia e hipercloración), que se disponen en las instalaciones generales, existen factores limitantes que impiden su uso de una forma generalizada y reiterada. De cara a los pacientes y usuarios, cada vez que se realiza una actividad de este tipo supone riesgos de quemaduras en el uso de agua caliente y en el caso de concentraciones muy elevadas de cloro y combinaciones de éste con otros desinfectantes, se generan problemas de efectos en la salud de los usuarios ante consumos elevados, afecta al funcionamiento en los equipos de alta sensibilidad para analíticas de laboratorios, revelado de placas radiológicas, hemodiálisis en pacientes, uso de agua para preparación de comidas en cocina, máquinas de café, etc. Del mismo modo, cada una de estas limpiezas y desinfecciones que se deben realizar, suponen una serie de problemas adicionales desde el punto técnico y de instalaciones como son el aumento de precipitación de sales, generación de fugas de agua y aceleración por corrosión en el deterioro de tuberías y acumuladores por las elevadas concentraciones de cloro y los rápidos cambios de temperatura que generan los correspondientes cambios de dilatación durante estos procesos, el acortamiento en la vida útil de calderas, intercambiadores y acumuladores por los periodos de trabajo a temperaturas superiores a su rango de diseño de funcionamiento.

2.3. REQUISITOS NORMATIVOS

La *Legionella* está considerada desde 1996 como enfermedad de declaración obligatoria (EDO). Esto supone que, ante la confirmación de un caso en un paciente por la importancia y riesgo que tiene dicha enfermedad para la comunidad, el facultativo tiene la obligación de informar formalmente a Salud Pública.

Como indica el Anexo I de la Orden SSI/445/2015, de 9 de marzo, por la que se modifican los anexos I, II y III del Real Decreto 2210/1995, de 28 de diciembre, por el que se crea la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica, relativos a la lista de enfermedades de declaración obligatoria, modalidades de declaración y enfermedades endémicas de ámbito regional. En esta lista de enfermedades, la *Legionella* figura en el puesto 33 de un total de 60 enfermedades catalogadas como de declaración obligatoria y ordenadas alfabéticamente y no en función de mayor o menor incidencia en el ser humano.



Desde entonces se vienen incrementando los esfuerzos por aumentar el control y seguimiento de esta enfermedad en aras de detectar los posibles focos generadores de ésta. Tras la inclusión como EDO, unos años más tarde se recogían en el RD 909/2001 los primeros criterios de carácter higiénico-sanitario para prevenir y controlar la legionelosis en las instalaciones.

Como en el resto de enfermedades, la evolución de la ciencia en el tiempo permite mejorar los resultados, su capacidad de análisis y el abaratamiento de la tecnología que la hace posible. Por ello, progresivamente se han ido aumentando las exigencias y control del agua en las instalaciones; incorporando en 2003 varias normativas, tanto para fijar los criterios sanitarios en la calidad del agua de consumo humano mediante el RD 140/2003, como con la publicación del RD 865/2003 para establecer los criterios higiénico-sanitarios en la prevención y control de la Legionelosis.

Progresivamente se han ido alineando las publicaciones de nuevos documentos normativos relacionados directa o indirectamente con estos RD, de forma que los cumplimientos de unos faciliten lo exigido en el resto. Con este objetivo ya se incorporan criterios comunes en el RD 1027/2007 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

A su vez, se fueron elaborando determinadas acciones normativas para complementar a las leyes vigentes a través de documentos como las UNE 100030-2005. y UNE-EN ISO 11731-2017. También desde el Ministerio de Sanidad y Consumo redactaron diferentes guías para aclarar, puntualizar y aumentar el detalle de determinados puntos en cuanto a *Legionella*.

Todo este desarrollo de nuevos criterios, más actualizados en base al conocimiento y tecnología desarrollados en el tiempo, se ha recogido en normativas recomendaciones y guías que en la actualidad generan situaciones de incoherencias y discrepancias con el RD 865/2003 todavía en vigor.

Es por ello por lo que el Ministerio de Sanidad ha elaborado sobre la base de la norma UNE-EN ISO 11731-2017 un nuevo documento normativo para actualizar y derogar el vigente RD 865/2003. Todavía no tiene validez legal pero sí se ha finalizado el periodo de consulta pública, por lo que se espera su próxima publicación para aunar de forma coherente todos los conocimientos que se tienen actualmente (clínicos, científicos, técnicos y analíticos), extrayendo medidas actualizadas para la gestión del riesgo y control de las instalaciones, definiendo criterios unificados para aplicar la metodología de análisis y contemplando las necesidades formativas que precisa disponer el personal que interactúa con las instalaciones para su mantenimiento.

3. LEGIONELLA EN LAS INSTALACIONES DE DISTRIBUCIÓN DE AFCH Y ACS

La enfermedad conocida como legionelosis es relativamente nueva, no haciendo ni dos décadas desde que se le da la importancia y atención actuales. Este aumento de seguimiento y control de la bacteria en las instalaciones se debe tanto a los riesgos que genera como a la evolución de los sistemas de prevención, corrección y detección.

Los casos positivos detectados a día de hoy siguen manteniéndose en niveles a vigilar, pues derivan en patologías que van desde una ligera fiebre, hasta en ocasiones, la muerte.

Sin contar con ese dato, se está en una tendencia alcista de casos informados comparado con años anteriores, ayudados por un mayor número de pruebas y accesibilidad a laboratorios certificados. Según las publicaciones que a través de la Red Nacional de Vigilancia de Enfermedades (RENAVE) se realizan en cuanto a las diferentes EDO, se constata en la Figura 7 cómo el número de personas con síntomas ha aumentado en un periodo de 8 años. En parte puede estar justificado por el aumento en métodos de detección, su fiabilidad y su disponibilidad.

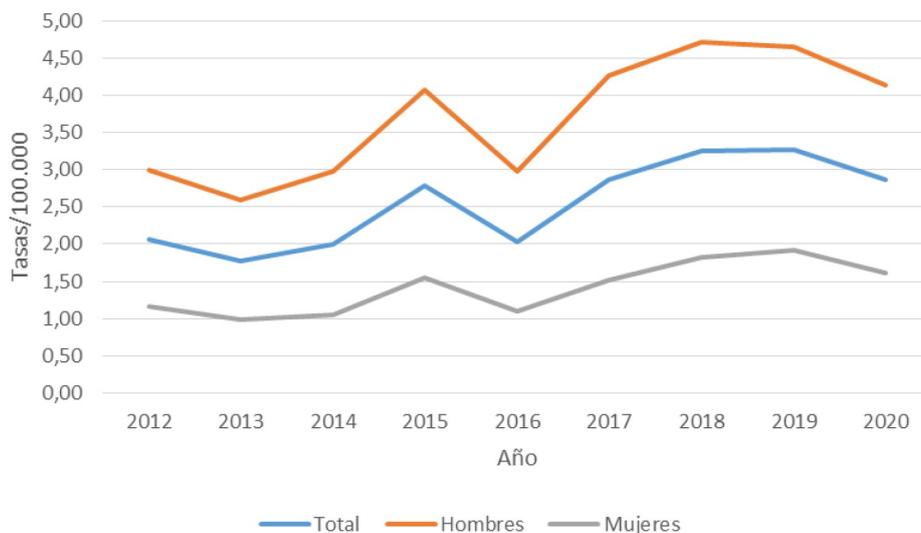


Figura 7. Legionelosis. Tasas por 100.000 habitantes Vs. año inicio síntomas y el sexo. 2012-2020. ISCIII

Aunque estos métodos y su efectividad en la prevención frente a la *Legionella* van mejorando progresivamente, la consideración de que ésta sea protagonista directa en brotes comunitarios generalmente ligados a torres de refrigeración, e instalaciones de agua sanitaria principalmente; además de los riesgos de patologías leves, graves e incluso muertes que la *Legionella* produce, le dota de interés a todos los niveles.



Ante situaciones de brotes comunitarios, su vigilancia, su tratamiento y, especialmente en épocas estivales, su repercusión mediática propicia una gran alarma social.

Para hacernos una idea de cómo puede moverse y reproducirse este tipo de bacteria por las instalaciones del hospital, se hará una pequeña introducción de qué tipo de bacteria es la *Legionella*.

“Las fuentes de infección que con mayor frecuencia se han relacionado con brotes de legionelosis han sido los sistemas de refrigeración hídrica, los circuitos de agua caliente sanitaria y las bañeras de agua agitada por aire.” (Jimenez, A. et al., 2013)

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA *LEGIONELLA*: ORIGENES, CARACTERÍSTICAS Y ECOLOGÍA

El origen de la *Legionella* es relativamente reciente, en concreto del año 1976. Se denomina *Legionella pneumophila* porque el primer caso documentado de un brote de esta bacteria hace 46 años se dio en un encuentro de veteranos excombatientes norteamericanos de la *American Legion Convention*.

Este brote en el sistema de refrigeración del Hotel Bellevue-Srtatford de Filadelfia (USA) originó un contagio por neumonía severa de etiología desconocida en 221 legionarios, de los cuales se recuperaron 187; los 34 restantes fallecieron sólo 4 días después del contagio. (Fraser et al., 1977).

Este primer caso y el conocimiento de sus características se usaron para catalogar a la nueva enfermedad descubierta, así como permitió diagnosticar brotes ocurridos con anterioridad que etiológicamente no se sabía cómo clasificar. La denominación de *Legionella pneumophila*, dada por los investigadores del Center for Disease Control (CDC) de Atlanta, se parte en *Legionella* en honor a los legionarios fallecidos que permitió estudiarla al completo junto con los vocablos griegos “*pneumophila*” de *pneumo* (pulmón) y *philos* (amante), que llevado al mundo de las enfermedades respiratorias se podría considerar como <<bacteria “amante del pulmón”>>. (Garcia-Nunez et al., 2007).

De entre sus características biológicas principales, destaca el medio natural de vida de esta bacteria, capaz de sobrevivir en agua y barro (Krech et al., 1980), estando muy presente en los ecosistemas acuáticos de aguas superficiales de lagos, estanques, ríos, etc. como parte de su flora bacteriana.

A través de estos reservorios naturales, esta bacteria ambiental puede colonizar los sistemas de abastecimiento de agua de las ciudades, y mediante la red de distribución de tuberías puede llegar a introducirse en los sistemas de agua sanitaria (fría o caliente) o de climatización propios de las diferentes instalaciones individuales aumentando así las fuentes de contagio. (Ausina et al., 2006)

3.1.1. Etiología y biología de la bacteria

La bacteria *Legionella* se definió y caracterizó por el Center for Disease Control (CDC) de Atlanta como agente infeccioso formado por una bacteria Gram negativa aeróbica (Feeley et al., 1979). Microbiológicamente está entre las no esporuladas, con forma de bacilo de 1,5 a 5 μm de longitud y de 0,3 a 0,9 μm de ancho (Wong et al., 1979). Está compuesta de un único género bacteriano, *Legionella*, de la que se conocen 53 especies y 70 serogrupos (Jamilloux et al., 2012), todas pertenecientes a la familia "*Legionellaceae*". De todas ellas, las que principalmente generan infecciones respiratorias en los seres humanos son la *L pneumophila* con 15 serogrupos, *L mirdadei*, *L bozemanii* con 2 serogrupos, *L dumoffii* y *L longbeachae* también con 2 serogrupos; siendo la *L pneumophila* la de mayor amplitud. La *L pneumophila* está presente en el 90% de los casos detectados y, siendo los serogrupos más activos, principalmente el 1, 4 y 6, seguida de lejos por la *L mirdadei*.

Biológicamente presenta una importante característica en cuanto a su capacidad de crecimiento intracelular en protozoos y macrófagos humanos sin que sea reconocida como agente extraño. El modo de conseguirlo es mediante el uso de los propios orgánulos de la célula de los que se rodea, pudiendo así multiplicarse en su interior sin ser atacada por la propia célula. En la Figura 8 se detallan los diferentes movimientos que realiza en su colonización y multiplicación. Con este mecanismo consigue alcanzar una buena protección contra la acción de antibióticos y desinfectantes salvo aquellos que son capaces de penetrar en dichas células y atacarle (Allen S., 2008:528). Todo esto hace que pueda reproducirse de forma fácil y masiva, colonizando la red para aumentar su persistencia en ella y en su biocapa, la cual le nutre, facilita la propagación y aumenta su riesgo de infección. Todo ello le confiere una gran resistencia en su hábitat natural.

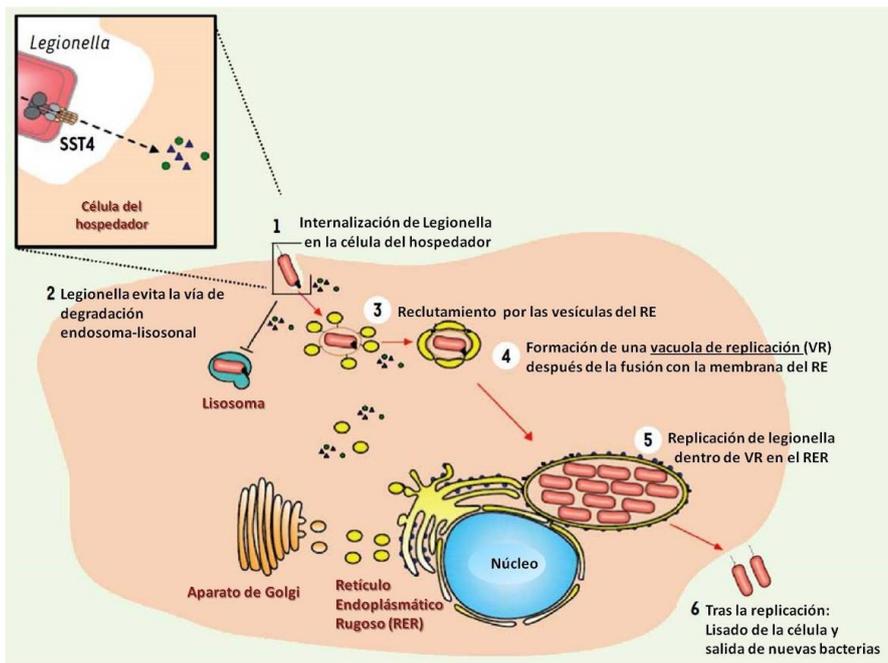


Figura 8. Etapas del movimiento de la Legionella dentro de una célula eucariota. Hubbert et al, 2010

En su medio natural, la bacteria *Legionella* se encuentra habitualmente en bajas concentraciones, pero en cantidad suficiente para contaminar las redes de circuitos de agua que se reúnan las condiciones adecuadas de reproducción masiva y diseminación. Entre ellas, al ser un microorganismo aeróbico estricto, necesita oxígeno para su supervivencia (concentración mayor a 2,2 mg/L) y, en general, es poco activo. En la Tabla 4 se indican las condiciones físico-químicas y rangos entre los cuales la bacteria es capaz de reproducirse con mayor facilidad y en cuales, de sobrevivir.

Tabla 4. Condiciones favorables para la proliferación de *Legionella*. Elaboración propia

Temperatura	Su rango está 20-50 °C Rango de mayor reproducción está 35-46 °C (Seguí et al., 2010) A partir de 50 °C sobrevive sin reproducirse A partir de 70 °C se elimina
Estancamiento de agua	Existencia zonas muertas, baja velocidad de circulación
Calidad del agua	Presencia de nutrientes, turbidez, depósito de sólidos en suspensión, conductividad, etc.
Tipo de superficie en contacto con agua	Tipo de material (celulosa, madera, etc.), rugosidad, depósitos cálcicos, corrosión.
Depósitos biológicos (biocapa)	Protozoos, algas, bacterias

En la Figura 9 se muestra el mapa de viabilidad de la *Legionella* en las diferentes instalaciones de agua con posibilidad de aerosolización que afecta generalmente a las personas. En dicho mapa se puede ver cómo existen zonas donde hay más facilidad de reproducción para la bacteria que en otras, así como aquellas donde los rangos de T la mantienen latente o la eliminan por completo.

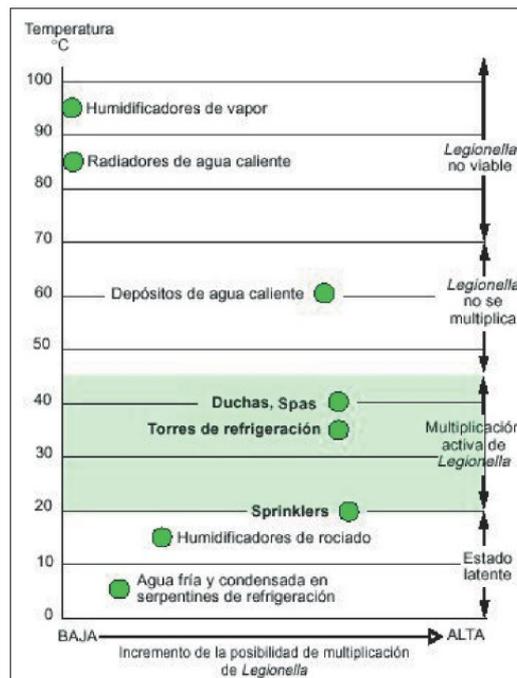


Figura 9. Viabilidad de la *Legionella* según T de equipamientos. NTP 538

A día de hoy, aunque se conoce la etiología que produce, todavía no está totalmente documentada la patogenia de esta bacteria ni la forma en que la genera; de ahí que su erradicación es todavía muy difícil a pesar de las medidas de prevención y control normalizadas. (Lus et al., 2013)

3.2. CLÍNICA QUE PRESENTA EN HUMANOS

En cuanto a la etiología que produce la infección por *Legionella* en los seres humanos, se sabe que es a través de inhalación de aerosoles o gotitas respirables (<5 µm) que contengan *Legionella*, así como por microaspiración de agua contaminada. En ambos casos la bacteria se introduce en el organismo a través de las vías respiratorias. No se transmite con la ingesta de agua, de alimentos, de contactos persona a persona, etc. (Benito et al., 2003).

Dentro de los factores para que la legionelosis se desarrolle, hay algunos como la virulencia de la cepa, la cantidad de bacilos inoculados o microaspirados y las características del hospedador que determinarán el desarrollo o no de ésta en el organismo. En los huéspedes con un sistema inmune correcto, si el inóculo cumple las condiciones anteriores, pero es muy bajo, no tendrá mayores efectos.

Por lo tanto, la infección sintomática en seres humanos requiere de:

- Presencia de cepas de *Legionella* virulentas en fuente ambiental.
- Entrada del microorganismo en una instalación generadora de aerosoles.
- Multiplicación del microorganismo en agua hasta alcanzar un número suficiente para considerarse riesgo.
- Mecanismo eficiente para diseminación de bacterias desde el medio acuoso (generalmente dispersión al aire en forma de aerosol desde el sistema infectado).
- Exposición de individuos con mecanismos de defensa débiles contra este microorganismo, siendo susceptibles de verse afectados por aerosoles con cepas de *Legionella*.
- Una vez en el interior del organismo, reproducción de ésta al no ser destruida por los macrófagos (su reproducción se realiza en el interior de vacuolas fagocíticas hasta alcanzar un tamaño que le hace romper el macrófago hospedador y liberarse al exterior de éste para repetir el ciclo) (Figura 8).

La legionelosis puede darse a cualquier edad según concentraciones, virulencia, etc. de la cepa. Principalmente las personas que padecen legionelosis tienen edades medias de 55 años o más, acortándose en aquellas con algún punto de su salud comprometido (incidencia 1-5%).

Dentro de los riesgos de mortalidad en pacientes inmunodeprimidos, es una de las causas importantes (Bennett et al., 2014:368). También resulta de relevancia en pacientes trasplantados por el tipo de terapias anti-rechazo que llevan dichos pacientes, principalmente de riñón, corazón, hígado o pulmón (Gudiol et al., 2009). En los casos de diabetes, quimioterapia, neoplasias o insuficiencia renal terminal es también bastante influyente (Dominguez et al., 2009; Berrington and Hawn, 2013). En estos pacientes la *Legionella* suele debutar con sintomatología de una Neumonía, detallados en la Tabla 5.

Aunque dentro de las afecciones que genera, las más comunes son dos, Fiebre de Pontiac y Neumonía por *Legionella*, la variabilidad de cuadros clínicos que origina pueden ir desde un proceso asintomático, pasando por dolores en riñón, hígado, tracto gastrointestinal y sistema nervioso hasta una neumonía grave, e incluso la muerte por fallo multiorgánico. La letalidad en el total de casos en España fue de 5,8%, inferior a la citada por el ECDC para la UE, que fue un 8,75% de los casos. En pacientes con malas condiciones de salud, la letalidad representa un 40-80%. (Bartram 2007). En la Figura 10 se observa cómo la letalidad en personas de +85 años ha aumentado notablemente tanto en hombres como mujeres, al contrario que en personas hasta 44 años, donde no hubo fallecidos en el 2020.

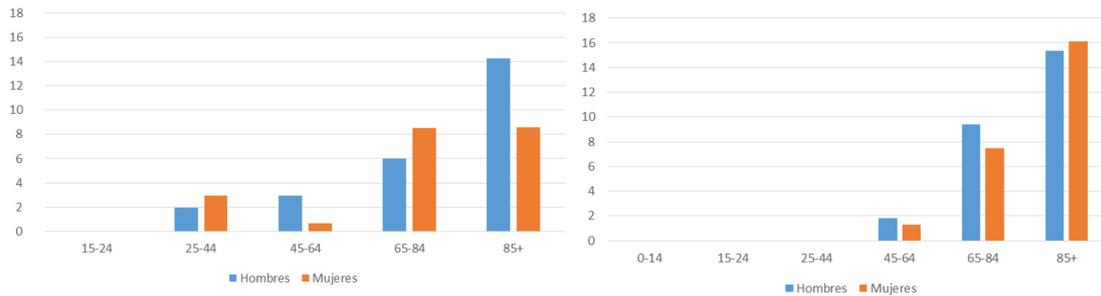


Figura 10. Letalidad (%) de la Legionella según edad y sexo. 2019 – 2020. RENAVE. ISCIII

Tal y como se muestra en la Tabla 5, su periodo de incubación antes de manifestarse es de 2 a 15 días. En el organismo manifiesta su sintomatología mediante fiebre elevada, tos, dolor muscular, escalofríos, cefaleas, dolor torácico, esputos, diarrea y alteración del estado de conciencia.

Tabla 5. Principales características de Neumonía por Legionella y Fiebre de Pontiac. Scielo.cl

Características	Neumonía por Legionella	Fiebre de Pontiac
Periodo de incubación	2-10 días, nunca más de 20 días	5h-3 días (24-48h normalmente)
Duración	Varias semanas	2-5 días
Mortalidad	Variable según estado de salud. En pacientes de hospital puede alcanzar hasta 40-80%	No genera mortalidad
Ratio de afecciones	0,1% – 5% población general 0,4% - 14% en hospitales	Superior al 95%
Síntomas	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de fuerza - Astenia - Tos seca - Fiebre alta - Escalofríos - Expectoraciones con sangre - Dolor muscular - Dolor pectoral - Dificultad para respirar - Diarrea (25-50% casos) - Náuseas y vómitos (10-30%) - Fallo renal - Delirio y alteraciones en sistema nervioso 	<ul style="list-style-type: none"> - Afección gripal (moderada a severa) - Pérdida de fuerza - Cansancio - Astenia - Fiebre alta - Escalofríos - Dolor de cabeza - Dolor muscular - Dolor en articulaciones - Diarrea - Náuseas y vómitos - Dificultad para respirar - Tos seca

En general, en la mayoría de personas con un estado de salud normal, la *Legionella* suele mostrar en los pacientes síntomas de una Fiebre de Pontiac.

Una vez se sospecha que un paciente con este tipo de síntomas puede tener la enfermedad, se activan los procedimientos de muestreo y, en caso de positividad, las investigaciones al círculo del paciente que permiten conocer la fuente generadora de ésta.

En la Figura 11 se observa la distribución geográfica de los casos de legionelosis en las distintas comunidades autónomas de España durante el 2017. A su vez se compara este resultado con la mediana de sus últimos cinco años previos.

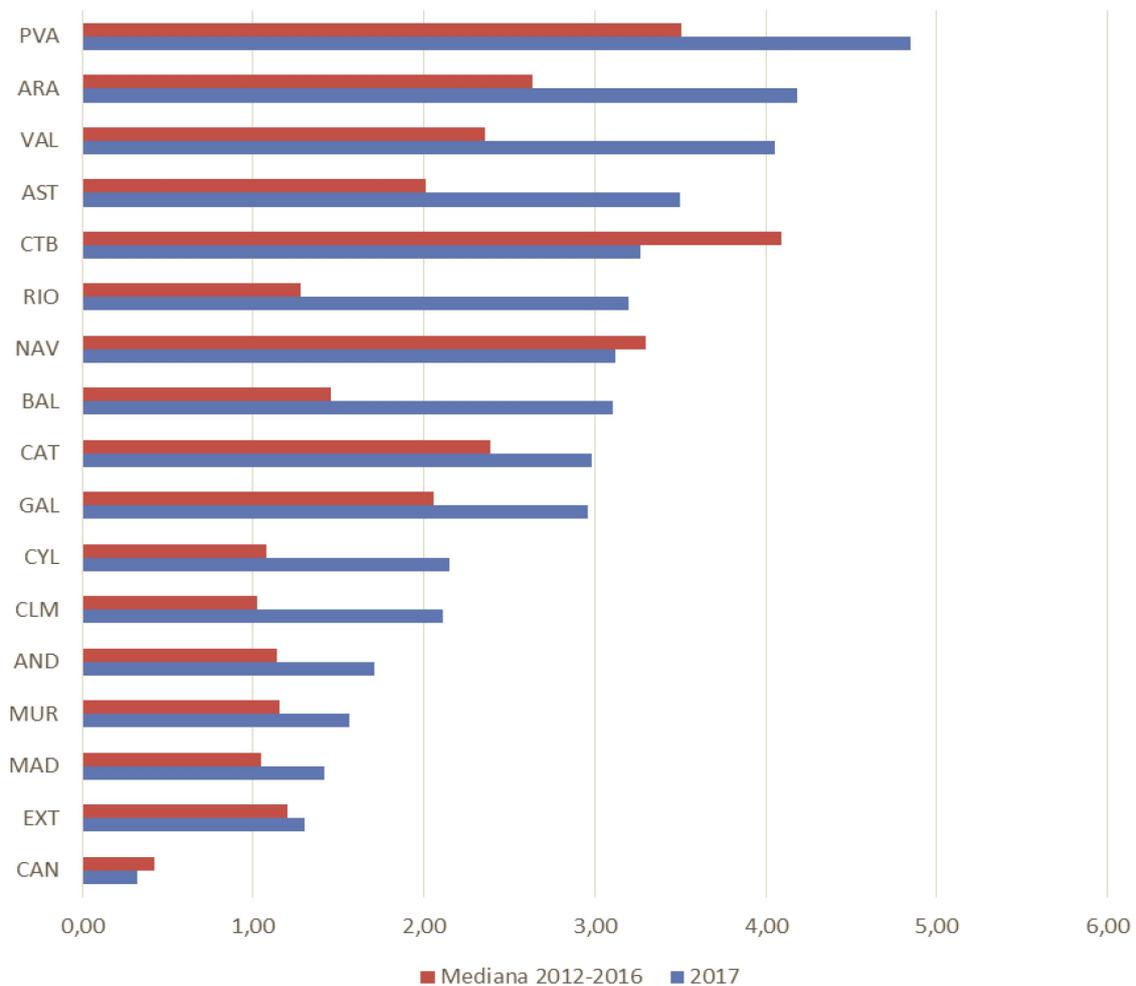


Figura 11. Casos de legionelosis en 2017 declarados en España según CC.AA. Vs. mediana 2012-2016.
EDO CNE Carlos III

Como se ha indicado, cualquier instalación de agua es una fuente de nutrientes para la *Legionella*. En aquellos casos en que la instalación sea colonizada por ésta, en función de los factores y nutrientes que encuentre, su reproducción en la instalación puede ser muy rápida. Principalmente se alojan en las zonas que presentan algún tipo de estancamiento dentro de la instalación ya que existe más sedimentación por lo que pueden disponer de una biocapa constituida por lodos, materia orgánica, material de corrosión y amebas (Forbes, 2009).

Esta biocapa, junto con una temperatura propicia, explica la multiplicación de *Legionella* hasta concentraciones infecciosas para el ser humano.

3.3. SISTEMAS ACTUALES PARA SU PREVENCIÓN

Desde 1976 que se descubrió la *Legionella* hasta el día de hoy ha pasado relativamente poco tiempo, pero suficiente para una explosión en la evolución y desarrollo que han sufrido los grandes edificios con muchas instalaciones de distribución generales y un aumento enorme de requisitos de climatización en ellos.

Durante estas décadas también ha aumentado y mejorado el conocimiento de la clínica, los sistemas de detección de *Legionella*, el desarrollo de normativa regulatoria, han evolucionado los sistemas de prevención y corrección más eficaces, así como sistemas alternativos que permiten eliminar el riesgo de instalaciones mediante el cambio de tecnologías.

En las instalaciones generales de distribución de AFCH y ACS se consideran estandarizados y aceptados los siguientes sistemas para el mantenimiento y prevención contra la *Legionella*:

- Cloración en continuo.
- Ozonización.
- Radiación ultravioleta (UV).
- Iones cobre-plata.
- Ultrapasteurización (UHT).
- Peróxido de hidrógeno.
- Puntos terminales de zonas críticas con filtros HEPA (muy justificados, caros).

En la Figura 12 se muestran los diferentes métodos citados. Destacar que a excepción del filtro en punto terminal, el resto son tratamientos y sistemas que por su importe, requisitos de instalación, mantenimiento, etc. se instalan en la fase de captación y producción.



Sistema de cloración en continuo



Sistema de ozonización del agua



Sistema de iones cobre o plata



Sistema ultrapasteurización



Sistema de radiaciones ultravioleta



Sistema filtro en puntos terminales

Figura 12. Diferentes sistemas actuales para prevención de *Legionella* en instalaciones.

4. PREVENCIÓN DE *LEGIONELLA* EN PUNTO TERMINAL

Tras evaluar el escenario actual de las instalaciones, las normativas, la bacteria y sus sintomatologías, los métodos actuales de prevención, etc. se va a plantear, a través de un nuevo ángulo de visión, una nueva filosofía de pensamiento de cómo se puede mejorar la distribución, la gestión del sistema y la prevención de *Legionella* en el punto terminal.

4.1. ANÁLISIS Y DETECCIÓN DE NECESIDADES

En una instalación general para un edificio de tipo residencial como lo es un hospital, existen varios focos principales de riesgo a tener en cuenta:

- Torres de refrigeración.
- Puntos terminales de agua (ACS-AFCH).

Como para el tema de torres de refrigeración se tiene bastante asumido su progresiva desaparición en zonas urbanas y el mercado ya dispone de soluciones muy testadas como condensadores evaporativos o refrigeración geotérmica, este trabajo centrará su objetivo en los puntos terminales de agua de consumo.

4.1.1. Instalaciones de riesgo en hospitales en puntos terminales.

“La fuente habitual de Legionella en los pacientes hospitalizados es el agua (principalmente el sistema de agua caliente), sobre todo en duchas o baños.” (Allen S.,2008:529)

La distribución de agua en los hospitales se realiza a través de montantes principales que se van ramificando, manteniendo el mismo principio de circulación hasta los últimos tramos a punto terminal, aceptando una distancia máxima sin movimiento de 15 metros. (CTE, HS4, 2.3, 2). Concretamente, en la “Sección HS 4 Suministro de agua. 2.3 Ahorro de agua” se especifica lo siguiente:

“en las redes de ACS debe disponerse una red de retorno cuando la longitud de la tubería de ida al punto de consumo más alejado sea igual o mayor que 15 m.”

La Tabla 6 resume las medidas preventivas que propone el RD 865/2003 para evitar la proliferación de la *Legionella*. Para ello, las instalaciones de agua sanitaria deben cumplir una serie de características principales, parámetros y procedimientos.

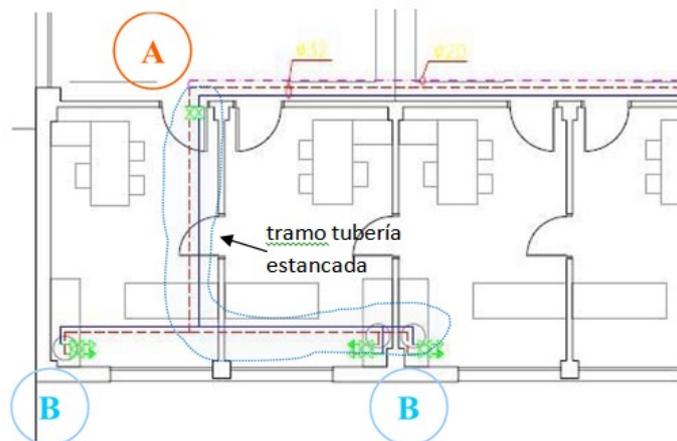
Tabla 6. Medidas preventivas en instalaciones de agua según RD 865/2003

Medidas preventivas
- Evitar estancamiento agua y garantizar su circulación
- Diseñar instalación con válvulas que permitan realizar su vaciado completo
- Instalar elementos filtrantes para 80µm-150µm según UNE-EN 13443-1
- Trabajar con T del AFCH <20 °C.
- Trabajar con T del ACS >50 °C en punto más lejano.
- En ACS la instalación debe permitir elevar T>70 °C.
- Los acumuladores de ACS mantendrán de forma homogénea la T.

Tabla 6 (continuación). Medidas preventivas instalaciones de agua RD 865/2003**Medidas preventivas**

- Montarán válvulas antirretorno aquellos tramos de posibles mezclas o para evitar retornos en el sentido del agua según UNE-EN 1717
- Existirá un Programa de mantenimiento higiénico-sanitario personalizado a las instalaciones con: planos, componentes, registro modificaciones, puntos críticos, etc.
- Disponer de sistemas de tratamiento, medición y control de parámetros físico-químicos del agua.
- Limpiezas y Desinfecciones anuales según indica el RD 865/2003
- Se abrirá un libro de vida de la instalación y sus componentes para registro de todas sus incidencias, acciones y resultados.

Es reseñable la situación que se da en los tramos finales de tubería de ACS a punto terminal. El agua en ese tramo permanece estancada cuando no tiene consumo. El resto de tubería general de ACS cuenta con un circuito de retorno que evita esto moviéndola y haciéndola pasar por la fuente primaria de calor, de forma que se mantenga siempre por encima de 50 °C. Volviendo al tramo estancado cuando no hay consumo. Si acababa de suministrar agua a 50 °C, tras finalizar el consumo esa cantidad de agua estancada queda inmóvil, enfriándose poco a poco ese tramo de agua hasta alcanzar la temperatura ambiente (20-28 °C, según épocas); lo cual facilita que durante un período de tiempo el agua se encuentre dentro del rango de T de máxima reproducción de la bacteria (20-45 °C). Como se ha señalado en la Figura 13, desde la conexión con la tubería general que dispone de retorno (A) hasta los puntos terminales (B) existe toda una tramada de tubería que se quedará cada final de consumo, con agua estancada que evolucionará térmicamente pasando desde su T de suministro a la T ambiente.

**Figura 13. Tramada de tubería sin movimiento cuando no hay consumo (de A a B). Elaboración propia**

Para la justificación de esta consecuencia se ha utilizado la Figura 14 donde se representa gráficamente cómo una masa de agua estancada realiza un intercambio de energía con el entorno próximo, tendiendo a igualarse a la T ambiente tras un tiempo determinado.

De acuerdo con la ley de enfriamiento de Newton, cuando la diferencia de temperaturas entre un cuerpo y su medio ambiente no es demasiado grande, el calor transferido, por unidad de tiempo, hacia el cuerpo o desde el cuerpo por conducción, convección y radiación es aproximadamente proporcional a la diferencia de temperatura entre el cuerpo y el medio externo. (Panatoyova,1987)

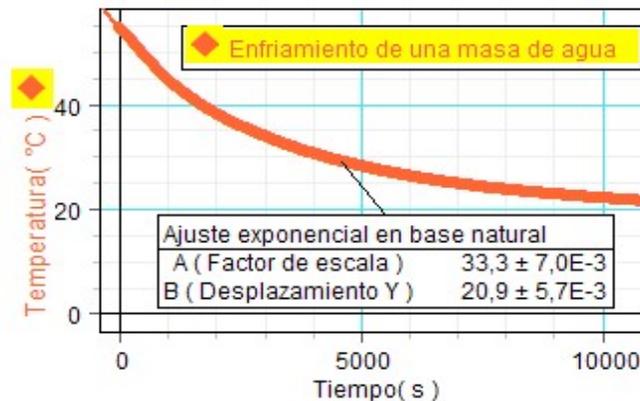


Figura 14. Gráfico de la tendencia representativa de la T del agua a T ambiente (20 °C). Rsefalicante.umh

Para esta representación se considera que el calor específico (c) no varía con la temperatura entre estos valores de T.

Según el modelo cinético-corpúscular de la materia, se indica que un cuerpo tiene una temperatura proporcional a la energía cinética media de sus partículas; por lo que dicha T evolucionará en un cuerpo hacia un equilibrio térmico con el resto de cuerpos que le rodean. Esto genera procesos de enfriamiento o calentamiento a través de un intercambio de energía del cuerpo con el ambiente. Esta variación en la T no es lineal, su velocidad dependerá en cada instante de la diferencia entre la temperatura del objeto en ese instante y la final en el equilibrio. (Panatoyova,1987)

Llevado al ejemplo de la Figura 13, el agua estancada para alcanzar su temperatura de equilibrio, se enfriará o calentará según la T ambiente y la del agua de aporte. Por lo que cada punto terminal que no tenga consumo, no se utilice habitualmente, etc. es un tramo de agua donde se puede considerar de aplicación la teoría anterior.

4.2. ORIGEN Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO

Ahora, con una visión amplia y completa de la situación de la *Legionella*, su etiología y las instalaciones generales donde encontrarla, se continuarán describiendo las propuestas que pretenden mejorar el funcionamiento y gestión de las instalaciones; así como aumentar el control, prevención y erradicación de la bacteria en éstas.

Nuestras preguntas para decantarnos por las propuestas de este TFG parten de reflexionar que “si actualmente los métodos preventivos de *Legionella* se aplican en la parte inicial de los tratamientos del agua y siguen apareciendo positivos de esta enfermedad, ¿estamos actuando en el eslabón de la cadena adecuado o nos hemos quedado mirando el eslabón equivocado?”

Por eso, la idea de buscar la solución donde realmente consumimos el agua tiene una lógica aplastante. <<Si el plan no funciona, cambia de plan pero no cambies de objetivo>> (Hayvard Freddy, 2017)

Por lo tanto, se ha decidido mirar con más detalle el eslabón donde se tienen la mayoría de positivos que afectan a las personas, el punto terminal. También se realiza una modificación de la instalación de distribución del AFCH para hacerla más eficiente en esta lucha. Como resultado final, se propone la eliminación del agua en el tramo final de tuberías sin recirculación y así, quitándole a la *Legionella* su medio de vida y reproducción, se busca que no pueda seguir reproduciéndose pues no tiene agua donde multiplicarse. Los sistemas actuales del mercado no llegan hasta aquí, pues realizan el tratamiento en su fase primaria y punto de almacenaje previo a su salida a la instalación de distribución, pudiendo contaminarse posteriormente, perdiendo el control del agua una vez sale de aquí.

Una de las claves recogida en la NTP 538, capítulo “Acciones en el diseño y montaje de las instalaciones”, y cumpliendo siempre las normativas vigentes aplicables a este campo (RITE, RD865/03 y CTE), es la siguiente:

“Con carácter general, las medidas preventivas irán encaminadas a impedir el desarrollo de la bacteria, modificando las condiciones de vida que le son favorables (nutrientes, agua, temperatura, etc.), y a reducir la exposición minimizando la generación de aerosoles” (NTP 538)

Por ello, si se desea modificar las condiciones de vida de la *Legionella* se puede actuar sobre:

- Nutrientes.
- Temperatura.
- Agua.

Si se representan las condiciones para la vida de la *Legionella* en un triángulo y colocan en cada uno de sus vértices los tres elementos básicos para la vida de esta bacteria y su reproducción, se obtiene la Figura 15:

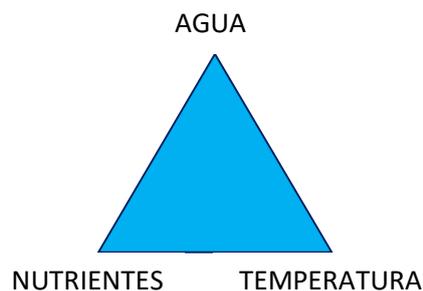


Figura 15. Triángulo de la vida de la *Legionella*. Elaboración propia.

En un hospital se considera muy difícil/imposible erradicar dichas condiciones de la instalación de agua de consumo humano en cuanto a:

- Eliminar los nutrientes del agua.
- Mantener constante la T del agua llegando a los puntos terminales por extrema dificultad-coste.

Por lo tanto, basándose en el triángulo de la vida de la *Legionella*, quedaría una oportunidad de actuar contra uno de los factores necesarios para la vida de ésta, el vértice AGUA. Una vez diseñado el dispositivo que permitirá actuar sobre dicho vértice, en este trabajo se especificarán las principales funcionalidades que se podrán llevar a cabo con su gestión, así como, se efectuará el estudio económico y operativo que este sistema completo permitirá realizar.

Se empezará describiendo el funcionamiento del dispositivo que se colocará en los puntos terminales, actuando sobre el agua que quedaría en el punto terminal en una instalación actual.

4.2.1. Descripción y funcionamiento del dispositivo

Como ya se ha indicado, el objetivo prioritario es quitarle el agua a la instalación en el tramo final de tubería del punto terminal, manteniéndolo con agua en circulación lo más próximo siempre a las tuberías principales con recirculación constante.

El funcionamiento del dispositivo lo predijo en el 2006 D. Iñaki Morcillo (ex presidente de la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración, ATECYR; posteriormente Director de Industria del Gobierno de Navarra) en un artículo del Diario de Navarra donde ya indicaba “..que si no hay agua no hay Legionella”.

Con esta premisa se ha diseñado un dispositivo de prevención de *Legionella* que realiza el control de apertura del punto terminal el cual, una vez finalizado el consumo de agua, facilita el vaciado del agua de su tubería mediante un sistema de purgado y pendientes negativas que facilitan su vaciado. Estos dispositivos se colocarán en zonas aptas por su proximidad al punto terminal a gestionar contando a su vez con el diseño propicio de las instalaciones generales de distribución en movimiento continuo próximas a estos dispositivos.

En la anterior Figura 13 se ha representado una instalación de agua diseñada con el criterio que se viene aplicando en la actualidad. La variante de dicha propuesta mostrada en la Figura 16 representa una mejora de la configuración arquitectónica del ejemplo, con las mismas funcionalidades en la instalación de agua pero que, al contar con dispositivos de vaciado del tramo final, así como un rediseño de las instalaciones de agua para aproximar su tramo de movimiento continuo del agua justo en la conexión del dispositivo, conseguimos eliminar el riesgo indicado en la Figura 13.

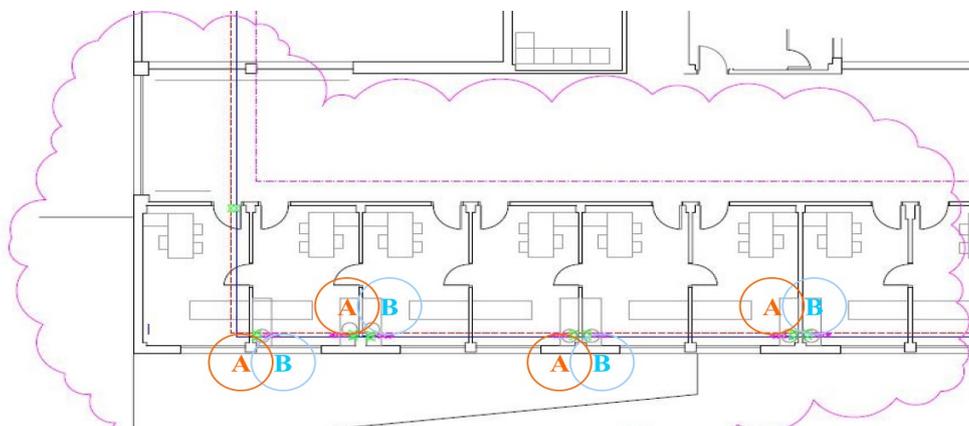


Figura 16. Modelo de instalación de agua sanitaria propuesto como mejora. Elaboración propia.

El dispositivo cuenta con un diseño como el de la Figura 17, en la que se representan mecánicamente sus funcionalidades. Estos dispositivos estarán instalados en los puntos denominados en la Figura 16 como A para la conexión del dispositivo a la red general, y B como la salida del agua en el punto terminal. El dispositivo, además de mejorar la prevención de *Legionella* aporta operaciones adicionales de valor añadido en cuanto a control y gestión de estos puntos que se verá más adelante. La función principal de éste es vaciar de agua el tramo de tubería que queda entre el dispositivo y el punto terminal, anulando así uno de los vértices del triángulo de la vida de la *Legionella*.

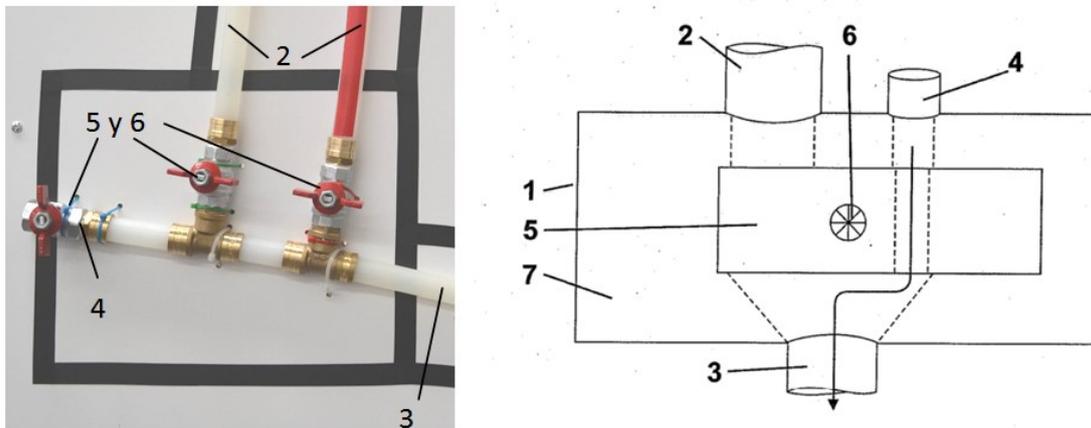


Figura 17. Esquema del dispositivo y partes. Prototipo – Diseño patente. Elaboración propia.

El prototipo del dispositivo realizado para la validación de nuestro principio en el laboratorio contaba con accionamiento exclusivamente mecánico, manteniendo igualmente las funciones principales buscadas de vaciado de la tubería en el tramo final desde ésta hasta el punto terminal que interactúa con el usuario.

En la Figura 18 se aporta una visión más amplia de lo que suponía este prototipo en el diseño de una instalación y su funcionamiento principal aplicado en el punto terminal. El modelo de dicha figura representa con los depósitos superiores de agua a 2,8 metros como el aporte y presión del circuito principal (1 para recirculación de agua sin *Legionella* y 2 para recirculación de agua con *Legionella*). del dispositivo testeado en el laboratorio. Estos depósitos o mejor dicho la tubería general (3) de la instalación con movimiento permanente tenían la conexión muy próxima al dispositivo (4), el cual realizaba mecánicamente las funciones descritas en su operatividad. La tubería desde éste hasta el caño del punto terminal se montó de forma que fuese lo más larga posible buscando aumentar la superficie para que el test fuera más difícil de superar; siguiendo siempre la filosofía de facilitar el desalojo completo de agua por gravedad cuando el dispositivo realice la purga de la instalación (5). El caño sería el punto terminal, montado también con la pendiente negativa en favor de la salida del agua (6). De la misma manera, también se tuvo en cuenta los materiales empleados en su construcción, siendo los mismos que se colocan en obras de este tipo para estas instalaciones.

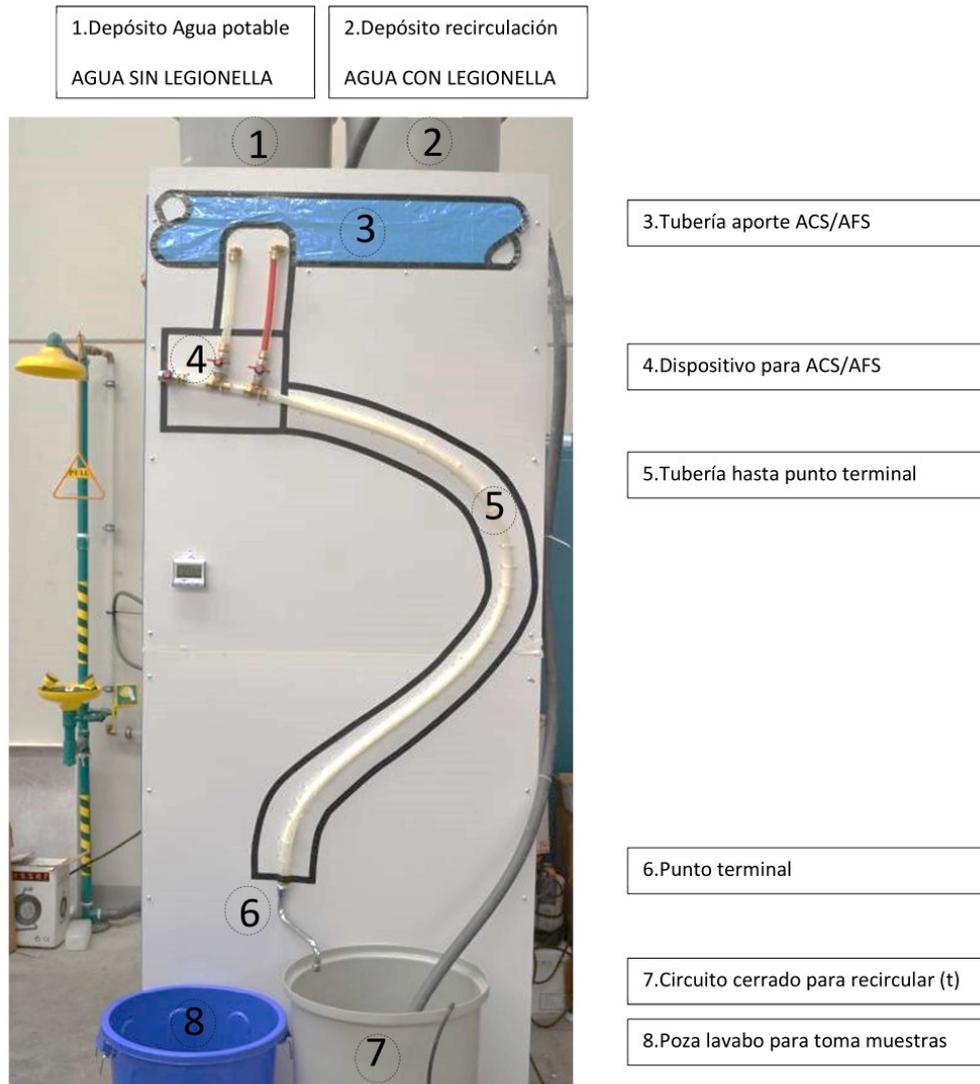


Figura 18. Diseño de prototipo e instalación para simulación en real en laboratorio. Elaboración propia.

4.2.2. Operatividad del sistema

Toda esta investigación pretende ampliar un campo del que, como se ha visto, existe numerosa literatura, investigación y productos-métodos de tratamiento siempre basados en aplicarlos y medirlos en los mismos puntos, pero no cambian su punto de vista. Este trabajo pretende abrir una nueva línea de pensamiento y trabajo: la *Legionella* fuera de su medio de vida y reproducción.

Este sistema, además de eliminar el agua estancada en el último tramo de la tubería, aporta una serie de ventajas adicionales como se detallan en la Tabla 7, siendo complementarias y de valor añadido al objetivo principal buscado en la eliminación de la *Legionella* de las instalaciones.

Tabla 7. Ventajas adicionales que aporta el dispositivo.

Ventajas que aporta este dispositivo en la prevención de <i>Legionella</i>
<ul style="list-style-type: none">- Ahorra tramos finales de tuberías, sólo hay una desde el dispositivo al punto terminal.- Consigue dejar sin agua el tramo de tubería que no tiene recirculación. Evita el agua estancada en ese tramo.- Facilita la circulación de agua no consumida, permitiendo que recircule de nuevo por la instalación.
<ul style="list-style-type: none">- Con un <i>software</i> específico realiza el registro, control y automatización de las aperturas y bloqueos que se programen en los puntos terminales con estos dispositivos electrónicos.- Aumenta la eficacia y seguridad de los tratamientos de limpieza y desinfección.- Aporta mayor control en las acciones preventivas necesarias a realizar en la instalación.- La reducción de costes va implícita en todas las mejoras que aporta, evitando realizar acciones correctivas innecesarias.- Se necesitan menos HxH tanto por el número de tratamientos de limpieza y desinfección que hay que realizar como en las HxH que se necesitan en las aperturas de puntos terminales.
<ul style="list-style-type: none">- El bloqueo de los puntos terminales de forma programada evitará quemaduras ante LyD por hipertermia ante aperturas solicitadas del punto terminal por los usuarios.- Este bloqueo también dará más seguridad a la instalación, evitando que usuarios finales puedan sufrir molestias o pequeñas intoxicaciones ante LyD por hipercloración.- Toda esta seguridad extra a través de una gestión completa de los dispositivos electrónicos y su control y registro de las acciones realizadas se realizará desde un <i>software</i> específico.

Este dispositivo, sus colectores de AFCH y su sistema de *software* proponen modificar la disposición constructiva de estas instalaciones en edificios con estructuras organizativas repetitivas como hoteles, hospitales, etc. así como la filosofía de tratamiento en este tipo de agua. Todo esto ofrece una serie de mejoras como:

- Mejora en la calidad del agua suministrada (cloración regulada en continuo).
- Reducción de la probabilidad de proliferación de *Legionella*.
- Ahorro en las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Mayor confort del usuario

El dispositivo tiene dos configuraciones principales según la funcionalidad que requiera el punto terminal, pudiendo tener una entrada de AFCH o una de AFCH y una de ACS junto con una toma de aire unidireccional para purga del tramo final hasta punto terminal. Este regulador de caudal será el que realice la apertura-cierre-purga para cada elemento.

Éste tiene la opción de funcionar de forma autónoma en cada uno de los puntos terminales donde se instale; pero su gran valor añadido lo aporta al poder ser usado junto con su electrónica integrada conectada en red de forma que todos los dispositivos estén comunicados con un servidor al cual le transmitan los diferentes estados, transmitiendo los diferentes datos para análisis, alarmas, informaciones de rutina o nuevas programaciones de estos equipos (T, tiempo apertura, tiempo cierre, etc.) recogidas todas en un *software* de gestión.

En la Figura 19 se ofrece un ejemplo gráfico del concepto funcional del dispositivo, así como su equiparación en el prototipo realizado.

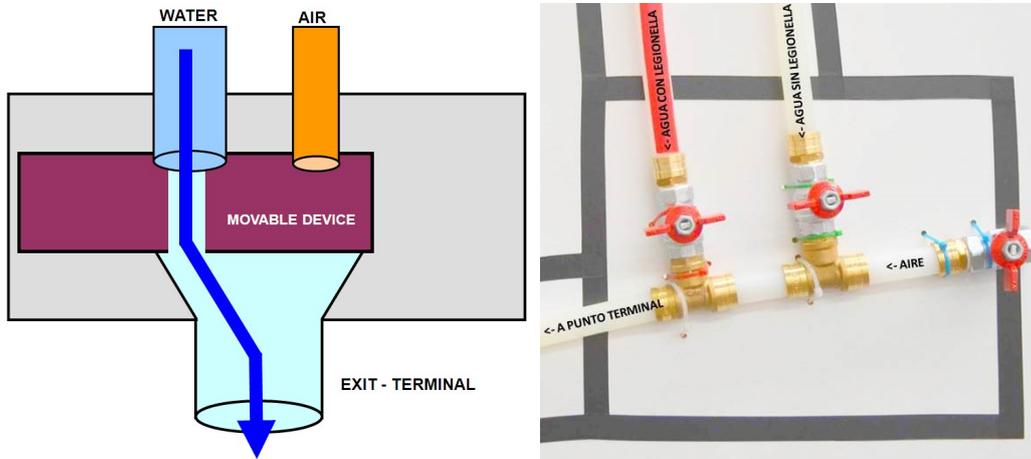


Figura 19. Dispositivo. Esquema y descripción gráfica de su funcionamiento. Elaboración propia.

Este dispositivo basa su lógica en que el aporte de agua se da únicamente cuando se solicita consumo y no la mantiene retenida ni estacada mientras no se utiliza porque cuando acaba la necesidad de suministro, el dispositivo cierra el aporte de agua a la tubería del punto terminal y da paso a que entre aire vaciando por gravedad la tubería gracias a las pendientes diseñadas para favorecer la evacuación del agua por gravedad, como recoge la Figura 20.

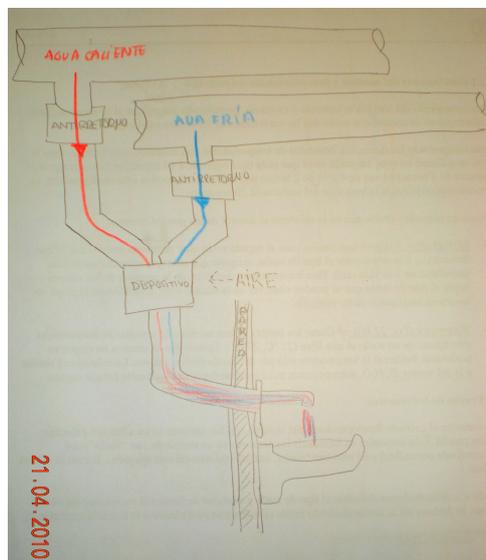


Figura 20. Borrador original del dispositivo en punto terminal. Elaboración propia.

Destacar como puntos principales que el dispositivo facilita la dosificación del agua en el punto terminal a demanda del usuario y eliminando el tramo de agua estancada al finalizarse su utilización.

Como el dispositivo está próximo a la tubería principal que siempre lleva agua en movimiento (AFCH y ACS) permite disponer de estas aguas tratadas (con cloro o con T elevada y estable respectivamente) hasta justo el tramo final antes del dispositivo con agua. Después del dispositivo no existe agua cuando no tenga consumo el punto terminal. Al no tener agua para reproducirse, la *Legionella* no tiene medio para multiplicarse reduciéndose y eliminándose conforme el agua sale por el punto terminal.

Esta propuesta necesitaba confirmarse para poder proponerse como solución, lo cual se llevó a cabo en un laboratorio realizando las simulaciones de situaciones reales en estas instalaciones (en este caso la de un punto terminal en una consulta médica).

4.2.3. Ensayos realizados en laboratorio y valoración de resultados

En el caso de los ensayos ya realizados en las instalaciones de Laboratorios Nilsson se estudiaron dos situaciones habituales en puntos terminales que no tienen uso en gran parte de la jornada para ver su efectividad, obteniendo buenos resultados en ambas simulaciones. En la Figura 21 se puede observar la placa Petri en la cual se realizó la siembra de la muestra tomada y el crecimiento de colonias tras un periodo de tiempo de 11 días, marcando ya positivo en *Legionella*.

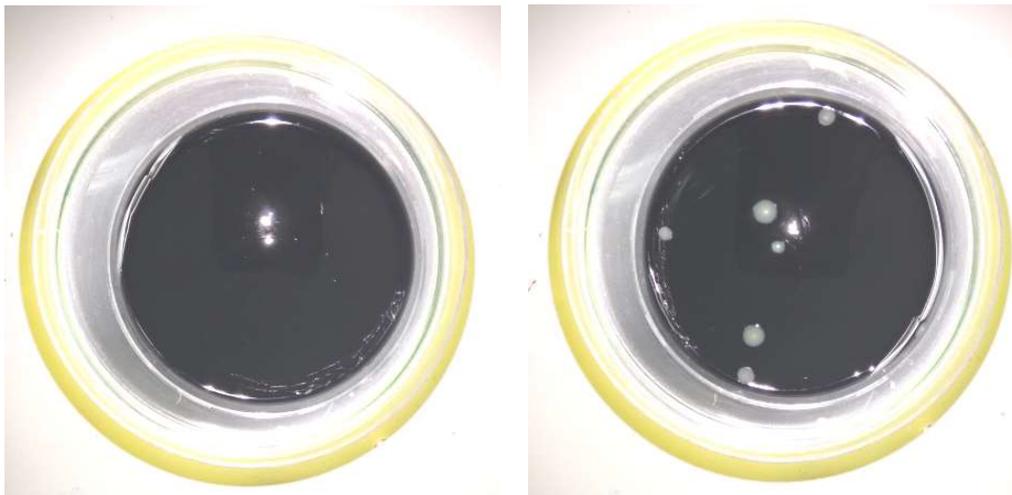


Figura 21. Cultivo de *Legionella*. 11 días desde siembra en izquierda hasta derecha. Lab. Nilsson

En las analíticas que se llevaron a cabo, la primera simulación contemplaba una recirculación de agua a través del circuito. En el agua se disolvió una pastilla patrón con un número determinado de bacterias de *Legionella* (19.000 ufc/L/pastilla).

De esta forma se buscaba generar la contaminación de la instalación. Posteriormente, finalizadas las horas de recirculación, se cerraba el dispositivo y purgaba la tubería final a punto terminal. Tras dejar la instalación el tiempo simulado de una consulta médica en el formato diario (finalizan consulta a las 15pm y empiezan a las 8am del día siguiente), se realizaban aperturas del punto terminal con aporte de agua limpia, sin *Legionella*.

En la Tabla 8 se muestran los resultados de esta primera simulación analizada. En el caso de existir colonización en la tubería, de esas 19.000 ufc/L aparecerán en el recuento de colonias dando positivo en la analítica.

Tabla 8. Simulación 17 h. Resultados de analíticas en laboratorio

17 h	Analítica Nº	Fecha Muestra	Hora Muestra	Punto muestra	Resultado	Observaciones	Estado
A1	Muestra reconstituida	14/03/13	15:45	agua recirculada	19.000 ufc/L	agua muestra	OK
	20130737			grifo	No detectada	agua tras 17 h	
A2	Muestra reconstituida	09/04/13	17:45	agua recirculada	19.000 ufc/L	agua muestra	NOK
	20131005			grifo	4,4x10 ufc/L	agua tras 17 h	
A3	Muestra reconstituida	10/04/13	10:50	agua recirculada	19.000 ufc/L	agua muestra	OK
	20131011			grifo	No detectada	agua tras 17 h	
A4	Muestra reconstituida	30/10/14	15:30	agua recirculada	19.000 ufc/L	agua muestra	NOK
	20144412			grifo	1,0x10 ² ufc/L	agua tras 17 h	
A5	Muestra reconstituida	19/01/15	14:00	agua recirculada	19.000 ufc/L	agua muestra	OK
	20150195			grifo	No detectada	agua tras 17 h	

De la misma forma, en la Tabla 9 se registran las muestras analizadas siguiendo el procedimiento descrito de contaminación de la instalación antes de cada una de las tomas de muestra, en este caso después de tener la instalación vacía durante 65 h (finalizan consulta el viernes a las 15pm y empiezan el lunes a las 8am de la semana siguiente).

Tabla 9. Simulación 65 h. Resultados de analíticas en laboratorio

65 h	Analítica Nº	Fecha Muestra	Hora Muestra	Punto muestra	Resultado	Observaciones	Estado
B1	Muestra reconstituida	03/11/14	11:30	agua recirculada	19.000 ufc/L	agua muestra	OK
	20144413			grifo	No detectada	agua tras 65 h	
B2	Muestra reconstituida	24/11/14	10:30	agua recirculada	19.000 ufc/L	agua muestra	OK
	20144757			grifo	No detectada	agua tras 65 h	
B3	Muestra reconstituida	15/01/15	13:00	agua recirculada	19.000 ufc/L	agua muestra	OK
	20150155			grifo	No detectada	agua tras 65 h	
B4	Muestra reconstituida	19/01/15	9:00	agua recirculada	19.000 ufc/L	agua muestra	OK
	20150196			grifo	No detectada	agua tras 65 h	
B5	Muestra reconstituida	23/01/15	14:00	agua recirculada	19.000 ufc/L	agua muestra	OK
	20150362			grifo	No detectada	agua tras 65 h	

Una vez realizados los diferentes ensayos, se muestran gráficamente los resultados en las Figuras 22 y 23 donde se observa claramente que en todas las pruebas realizadas se obtuvo una disminución y/o eliminación de la *Legionella* tras la analítica de comprobación, finalizado el tiempo de purga del dispositivo. De los 5 ensayos tipo A de 17 h, dos de ellos (números 2 y 4) no han mostrado eliminación completa, pero su disminución está casi en los niveles mínimos detectables (<20 ufc/L).

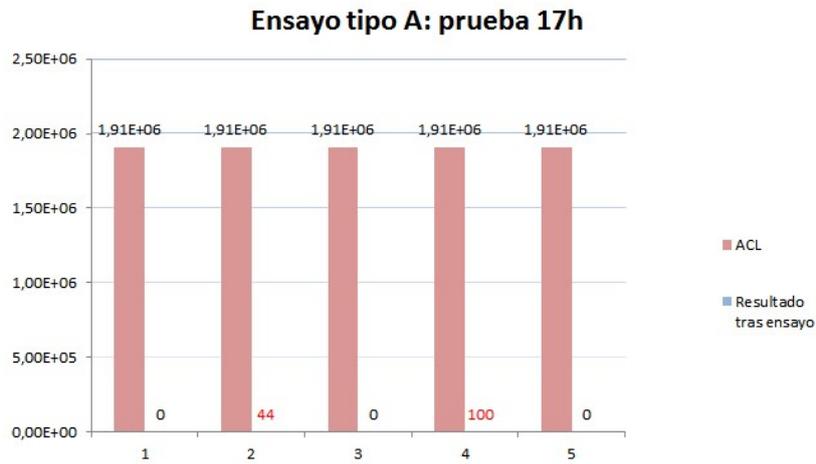


Figura 22. Representación de ufc/L antes y después del uso del dispositivo. Ensayo tipo A. Elaboración propia

Respecto a los ensayos realizados tipo B de 65 h se muestra en la Figura 23 que los resultados fueron 100% negativos, no detectando la bacteria en ninguno de ellos y considerando una efectividad completa para este ensayo.

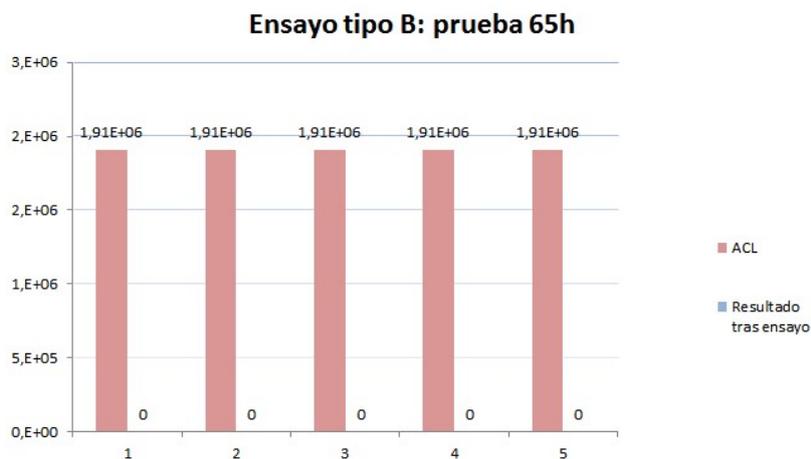


Figura 23. Representación de ufc/L antes y después del uso del dispositivo. Ensayo tipo B. Elaboración propia



Las conclusiones principales de estos ensayos es que el dispositivo diseñado puede mejorar el contenido en *Legionella* que se suministra en el agua a través del punto terminal reduciendo y/o eliminando dicha bacteria contenida en el agua de aporte, la cual seguirá siendo tratada mediante los tratamientos preventivos en su fase primaria de almacenamiento (cloración) y/o calentamiento (T).

Como síntesis, viendo los resultados obtenidos tras el purgado de la tubería en el tramo final, concluimos este punto diciendo que:

<<el primer paso para eliminar hasta la última gota de Legionella en el agua...lo tenemos en el aire.>>

5. APLICACIÓN DEL SISTEMA EN INSTALACIONES GENERALES

Continuando con el estudio de la implantación funcional del dispositivo en un hospital de más de 100.000 m² donde se cuenta con montantes verticales tanto para AFCH y ACS, se pueden distinguir principalmente varias configuraciones principales, que, aunque varían según las zonas y usos que tenga el espacio, suelen ser modelos repetitivos planta a planta.

Para una mejor explicación, se definirán varios modelos sobre los que aplicar el dispositivo, automatizarlo y valorar funcional y económicamente el sistema.

5.1. REDISEÑO DE INSTALACIONES DE DISTRIBUCIÓN

Para una valoración diferencial de lo que supondría el cambio de formato propuesto en este TFG, se van a describir las instalaciones sobre las que se trabajará.

5.1.1. Distribución de AFCH en tramo final

Toda la entrada de abastecimiento, almacenamiento y distribución principal que se realiza en la recepción del suministro de agua ha quedado reflejada en el punto 2.2.1. La distribución de ésta a todos los puntos terminales del edificio se hace mediante montantes principales repartidas estratégicamente por todo el edificio con el objetivo de minimizar los tramos de tubería sin movimiento desde la montante principal a la entrega de agua en dicho punto.

Uno de los factores importantes y que no se tiene en cuenta en los diseños actuales de este tipo de instalaciones es la recirculación de montantes principales de AFCH. Este TFG apuesta por una recirculación de éstas a sus aljibes de almacenamiento. Se hará a través de unos colectores en los que conectarán las montantes en sus tramos finales para su retorno a los aljibes. De esta forma se consigue que el agua esté en constante recirculación y tratamiento, evitando estancamientos y posibles tramos con deficiente cloración por evaporación, etc.

Para estos casos la instalación propuesta no encarece mucho el proyecto de distribución de AFCH pues sería similar al de ACS. Se compone básicamente de varias bombas gemelas de retorno y varios colectores adicionales instalados al final de la tramada principal de montantes, de forma que conectarán dichas terminaciones de montantes conduciéndola de nuevo a los aljibes de tratamiento.

Las ventajas de esta instalación son similares a las de recirculación que se hace de ACS, en unas evitando la pérdida de T y en AFCH el mantenimiento de la concentración de cloro, además del movimiento constante de ésta.

El otro factor diferenciador respecto a las instalaciones actuales está en el diseño de éstas en los puntos terminales. Éstos no tienen por qué ser únicamente los modelos a instalar en todo el hospital, pero sí en la gran cantidad de espacios replicados constantemente como son habitaciones, consultas, boxes, etc. Cabe indicar que otros espacios puntuales en el hospital se mantendrán con instalaciones tradicionales en función de características arquitectónicas, técnicas, usos específicos, etc.

El estudio para dimensionar y valorar esta propuesta propone realizar una estandarización de espacios basada en los modelos que se describen a continuación.

Modelo 1: Suministro de agua en punto terminal con montante muy próxima (<1 m)

Como se muestra en la Figura 24, existe un modelo de instalación de células repetitivas en la instalación donde el punto terminal está muy próximo a la montante de agua, considerando menos de 1 metro al dispositivo de purgado. Este esquema es válido tanto para AFCH como ACS.



Figura 24. Suministro de agua en punto terminal <1m. Elaboración propia

Modelo 2: Suministro de agua en punto terminal con montante cercana (<5 m)

El modelo 2 representa aquellos espacios donde las montantes están más alejadas del punto de suministro. En la Figura 25 se observa como en estos casos se requiere una modificación del circuito para tratar de mantener la recirculación hasta la zona más próxima al punto terminal, colocando el dispositivo en el tramo de destete de la prolongación de este retorno, siguiendo el planteamiento de la Figura 16, acercando ese tramo al punto terminal repetitivo o reorganizando en su caso el diseño de los espacios para que los puntos terminales puedan estar lo más próximos posibles a estas tuberías principales.



Figura 25. Suministro de agua en punto terminal <5m. Elaboración propia

Modelo 3: Suministro de agua en punto terminal con montante lejana (<15 m)

Estas situaciones son las más proclives a considerar como modificación de la trama general de tubería de aporte para acercarlas lo más posible al punto terminal, o en el diseño de los espacios contar con que esos puntos terminales estén ubicados lo más cerca posible de las tuberías de distribución. Actualmente, el arquitecto coloca los sanitarios y el proyectista de ingeniería va trazando las tuberías necesarias para conectarlos, pero no se tiene en cuenta como criterio común el acortar estos tramos de tubería en lo posible. La Figura 26 muestra estos casos, de similar situación a la Figura 13 donde se explica la problemática del agua en su tramo final.



Figura 26. Suministro de agua en punto terminal <15m. Elaboración propia

5.1.2. Distribución de ACS

En este caso la distribución será idéntica a la planteada en el punto anterior, pues el objetivo a conseguir con el dispositivo es buscar un tramo único de tubería de entrega de agua desde él hasta el exterior del punto terminal.

El dispositivo, además de la función de vaciado completo del último tramo de tubería, aprovechando la tecnología para dotarlo de las aperturas, cierres programados, aperturas y cierres progresivos, contará con modelos de regulación de T programable desde PC o mandos (en caso de mecanismos de confort como duchas o grifos de habitaciones) Los sensores de T monitorizarán las entregas a punto terminal y avisarán ante rangos prolongados de T por debajo o por encima de consignas.

5.2. ACTIVIDADES VALORADAS

En el RD 865/2003 se recogen los procedimientos a realizar ante detección de *Legionella* en instalaciones. Dependiendo del número de unidades formadoras de colonias (ufc/L) que se obtengan, se aplicarán diferentes procesos con el fin de corregir y eliminar esta presencia. Suelen elegirse los dos métodos para la desinfección indicados en las Tablas 10 y 11, dependiendo de si es agua fría o caliente, respectivamente.

Tabla 10. Medidas correctivas para instalaciones de AFCH según RD 865/2003

Medidas correctivas – HIPERCLORACIÓN DEL CIRCUITO DE AFCH
Ante brote de legionelosis en AFCH con tratamiento por hipercloración, realizar limpieza y desinfección en instalación según anexo 3.C.a:
- Desinfectar red con cloro: concentraciones de 15 mg/L de cloro libre.
- T <30 °C y pH entre 7-8.
- Realizar desinfección por 4 horas en aljibe y puntos terminales.
- Finalizada desinfección neutralizar, vaciar, limpiar aljibes, aclarar y llenar con agua limpia.
- Reclorar con 4-5 mg/L de cloro residual libre y mantener 12h.
- Pasadas 12h, extraer agua por todos los grifos y duchas durante 5 minutos.
- Comprobar que sale en ellos 1-2 mg/L cloro. Mantener durante 3 meses.
- Libro de vida de instalación AS con incidencias, acciones y resultados.

Tabla 11. Medidas correctivas para instalaciones de ACS según RD 865/2003

Medidas correctivas – HIPERTERMIA DEL CIRCUITO DE ACS
Ante brote de legionelosis en ACS con tratamiento por hipertermia, realizar limpieza y desinfección en instalación según anexo 3.C.b:
- Vaciar acumuladores de ACS.
- Limpiar a fondo paredes de acumuladores y zonas críticas de la instalación.
- Llenar y elevar T agua del acumulador a 70 °C o más durante 4h.
- Pasadas 4h, extraer agua por todos los grifos y duchas durante 10 minutos, secuencialmente.
- Comprobar que sale por ellos agua a T mínima de 60 °C.
- Mantener durante 3 meses T en grifos de 55-60 °C

Todos estos procesos y materiales tienen un elevado coste que, según se comporte la instalación, pueden suponer enormes importes y molestias. A continuación, se detallan dichos costes.

5.2.1. Costes directos e indirectos de la *Legionella* en hospitales

Diariamente las instalaciones de agua requieren una serie de procedimientos para mantener la calidad del agua suministrada, los cuales implican tratamientos de filtrado, descalcificado, clorado, regulación de pH, adición de pasivantes, etc.

Las cantidades diarias de sal, cloro, ácido sulfúrico, aditivos, etc. que son necesarias para los tratamientos del agua, así como la utilización de recursos energéticos (gas, gasoil, electricidad...) y de mano de obra cualificada para todas las tareas implicadas, suponen un elevado gasto económico dentro del mantenimiento de las instalaciones.

Además de los costes periódicos en el mantenimiento normal de la instalación para poder suministrar un agua con los requisitos de calidad necesarios, y aunque se esté haciendo todo correctamente, puede ocurrir que se detecte un brote de *Legionella* en la instalación, en un punto terminal, etc.

Es ahí donde, siguiendo la normativa vigente, se requieren una serie de acciones que implican aumentar el consumo de agua cerca de un 200% del gasto diario del centro en cuestión, un aumento considerable en la demanda energética en caso de realizarse sanitización por hipertermia, un aumento de la dosis de cloración en el aljibe tanto para hipercloración del circuito como para el mantenimiento de la concentración de cloro con un máximo de 1,20 mg/L durante 3 meses.

Además de estos procesos, con cualquiera de los procedimientos realizados para la desinfección, el RD 865/2003 requiere la apertura de todos los puntos terminales de la instalación garantizando que sale por ellos el agua tratada y en la concentración/T indicada durante el tiempo previsto.

Esta cantidad de recursos materiales va de la mano de una cantidad considerable de horas de mano de obra del personal que requiere hacer todas esas tareas diarias, de contratos con laboratorios para realizar muestreos de la instalación y empresas que realizan las limpiezas y sanitizaciones en la instalación.

Si se tiene en cuenta que todo esto se realiza en un centro hospitalario con actividades clínicas, usuarios y pacientes que requieren del uso de las instalaciones durante las 24 h del año, se puede comenzar a vislumbrar la problemática añadida a sufrir un brote de *Legionella* (aunque no afecte directamente a personas).

Con la aplicación de la normativa en vigor respecto a la prevención y control de la *Legionella*, ya se han comentado las actividades principales que requieren las instalaciones en caso de producirse un brote de esta bacteria. Además de esto, aunque no exista ningún problema en la instalación, anualmente es obligatorio realizar tratamientos de desinfección. Dicho proceso debe realizarse en el 100% de puntos terminales de la instalación, afectando a zonas con actividad clínica 24 h y otros servicios; lo cual genera grandes inconvenientes y altera el ritmo normal de un hospital.

Los costes asociados a todas estas actividades son:

- Fijos: destinados a vigilancia, control, y tratamiento del agua e instalaciones para prevenir la *Legionella*:
 - H₂SO₄.
 - NaClO.
 - Pasivantes.
 - Electricidad (bombas, sondas, etc.).
 - Gasoil (calderas).
 - Analíticas de cloro en puntos terminales (diario).
 - Agua.
 - Mano de obra.
 - Limpieza y sanitización completa de instalación (anual).

- Variables: según resultados de analíticas por recuento de unidades formadoras de colonias (ufc/L) de *Legionella*. En caso de que este dato, basándonos en la normativa, supere los valores máximos indicados, se requerirá realizar la limpieza y desinfección de la instalación en cada una de las ocasiones que ocurra.

- Personales: los trabajos de limpieza y desinfección de las instalaciones de agua requieren de mucha coordinación con los servicios médicos, puesto que tanto las T de trabajo de la instalación como las concentraciones de cloro en el agua pueden alterar e incluso producir daños técnicos y personales.
 - Altas concentraciones de cloro en red afectarán a:
 - Radiología, en revelado de placas.
 - Laboratorios, en muestreos y producción de sueros técnicos.
 - Central de cocina, máquinas de café, etc.
 - Quirófanos, en lavado médico.
 - Esterilización de material clínico.
 - Lavabos y duchas de pacientes y baños públicos.
 - Lavandería.
 - Elevadas T de ACS afectarán, principalmente por quemaduras, a:
 - Quirófanos, en lavado médico.
 - Lavabos y duchas de pacientes y baños públicos.

- Mediático: además de las molestias y problemáticas que una limpieza y desinfección por brote de *Legionella* genera a los diferentes servicios médicos, usuarios, etc. se le añade la repercusión mediática de esta noticia tanto en lo social como en lo político, especialmente en la época de verano.

Por todas las razones explicadas, los tratamientos de agua actuales deben seguirse haciendo, aunque su efectividad no sea 100% segura, ya que todavía existen muchas dudas sobre el comportamiento real de la bacteria y, además, la mortalidad sólo está controlada pero no erradicada.

El autor de este TFG, después de 17 años de experiencia en hospitales con positivos de *Legionella*, con brotes detectados, con productos y tratamientos de las instalaciones de todo tipo, y con muchas desinfecciones realizadas, pretende evaluar el tema con una observación de la *Legionella* desde otro punto de vista: abrir una nueva línea de trabajo buscando una posible solución en otra dirección a lo existente en la actualidad.



El propósito de este trabajo es encontrar un nuevo dispositivo incorporado dentro de un sistema de gobierno de las instalaciones que disminuya el número de casos positivos de *Legionella*, reduzca las molestias a los usuarios y, además, facilite el control y la gestión de protocolos en el plan de mantenimiento higiénico-sanitario de las instalaciones. Su buen funcionamiento también permitirá, además de reducir los brotes de *Legionella*, disminuir los costes de trabajos, productos, energía y mano de obra en limpiezas y desinfecciones, minimizando el desgaste y daño que sufren las instalaciones por el uso de elevadas concentraciones de cloro o por un exceso de calor.

El dispositivo y automatización de este TFG está enfocado a prevenir la proliferación de *Legionella* en puntos terminales y, por lo tanto, a disminuir todo lo indicado anteriormente, a agilizar los tratamientos de desinfección en caso de que sea necesario y a reducir molestias y sobrecostes de personal junto un mayor control de todas las acciones realizadas.

6. GESTIÓN DE LAS INSTALACIONES CON EL SISTEMA PROPUESTO

En este apartado se van a exponer las diferentes funcionalidades que ofrece el sistema en comparación con el sistema actual que se dispone en la mayoría de instalaciones. Para una mejor clarificación, se describen las situaciones que afectan al usuario habitual, al usuario técnico y gestor de la instalación, así como las que afectan a la Autoridad Sanitaria responsable de vigilar las instalaciones de agua en los hospitales.

6.1. FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA PARA EL USUARIO HABITUAL

El sistema proporciona a los usuarios una mayor prevención ante la colonización por bacteria *Legionella* del punto terminal que utiliza.

Del mismo modo, como el sistema está comandado de forma automatizada ante la acción del usuario, aporta un confort adicional en la facilidad de uso (pudiendo activarse por infrarrojos o pulsaciones, y aumentando la higiene de éstos al no requerir manipulación excesiva) y una seguridad ante posibles quemaduras involuntarias (al ser configurable en horarios y T máxima que puede suministrar cada dispositivo).

Esta gestión electrónica aporta versatilidad al funcionamiento de estos dispositivos protegiendo al usuario en momentos punta de desinfecciones térmicas o hipercloración. Se pueden programar bloqueos que eviten usos ordinarios cuando la T del ACS está muy alta o la concentración de cloro se ha incrementado para hacer la limpieza. A su vez, proporciona mayor intimidad al usuario en caso de habitaciones, pues para las limpiezas y desinfecciones se precisa entrar en cada habitación y realizar aperturas durante 5 minutos tanto para AFCH como ACS; con el nuevo dispositivo propuesto, se podría comandar en remoto e incluso en horarios que no se precise su uso (ej. noche), disponiendo del sistema operativo y ya con los parámetros estabilizados en momentos cotidianos.

6.2. FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA PARA EL GESTOR Y USUARIO TÉCNICO

Siguiendo con las bonanzas funcionales que aporta este sistema, se puede comparar con el paso de un sistema antiguo y analógico a periféricos y control digital tanto de la funcionalidad como de la gestión y recopilación de información.

Es este apartado es donde se revaloriza todavía más, dadas las posibilidades que aporta a la operatividad en la instalación de agua sanitaria del edificio. Son beneficios a nivel operativo y funcional que facilitan varios niveles de complejidad, tanto los trabajos administrativos como los trabajos operativos a base de horas de personal que no aporta mayor valor que ser la única alternativa disponible para realizar esa actividad.

Como la parte de ACS ya está diseñada con el formato de recirculación, la diferencia adicional estará también en que en la instalación de AFCH se mantendrá la concentración de cloro de una manera mucho más estabilizada y controlada.

De esta forma se garantiza que el agua se mantiene dentro de los parámetros siempre, aumentando su protección en toda la instalación frente a *Legionella*, reportando menos resultados de analíticas positivas y por lo tanto menos limpiezas y desinfecciones; y lo más importante, menos riesgo de contraer la legionelosis por los pacientes.

Este punto es vital y muy valioso para el usuario técnico, el gestor y el responsable de la instalación:

- Facilita toda la gestión de la información requerida por la diferente normativa, con datos objetivos obtenidos directamente por el propio sistema al realizar las diferentes operaciones programadas.
 - Ejemplo: apertura diaria de puntos terminales AFCH-ACS. Aquí mostrará los puntos abiertos de la montante, o por punto terminal todas las fechas-horas que ha realizado el sistema la apertura programada de 5min, etc.
- La Autoridad Sanitaria puede acceder a esta información y preparar las reuniones de las visitas obligatorias.
 - Ejemplo: reduciendo enormemente el tiempo de visita y acompañamiento por el hospital, acortando la atención y el tiempo invertido de nuestro personal en la atención (quitándosela a otras cuestiones con necesidades de ese tiempo operativo)

El dispositivo, al llevar añadida una parte de tecnología, permite al sistema conocer el estado de apertura-cierre de la válvula en todo momento. Esta monitorización proporciona una información adicional que, recogida a través de un *software*, explotará todos los datos posibles sacándoles su máximo valor añadido y eliminando las tareas actuales manuales de generación de registros.

Además, optimizará muchos procesos que hasta ahora se vienen haciendo mediante registros manuales y aperturas-cierres de los puntos terminales a base de horas y horas del personal de mantenimiento de las instalaciones. En el hospital existen aproximadamente 2.800 puntos terminales controlados.

6.3. COMPOSICIÓN DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO

El dispositivo explicado en los puntos anteriores, ahora en formato electrónico con conexión a red, representado en la Figura 27, se compone principalmente de:

- Electroválvula gestora de caudal y vaciado para ACS y para AFCH.
- Sensor de T en el modelo para ACS.
- Conducto según necesidades garantizando pendiente negativa.
- Pulsador/sensor en zona de punto terminal para su uso.
- Electrónica de comunicación y accionamientos

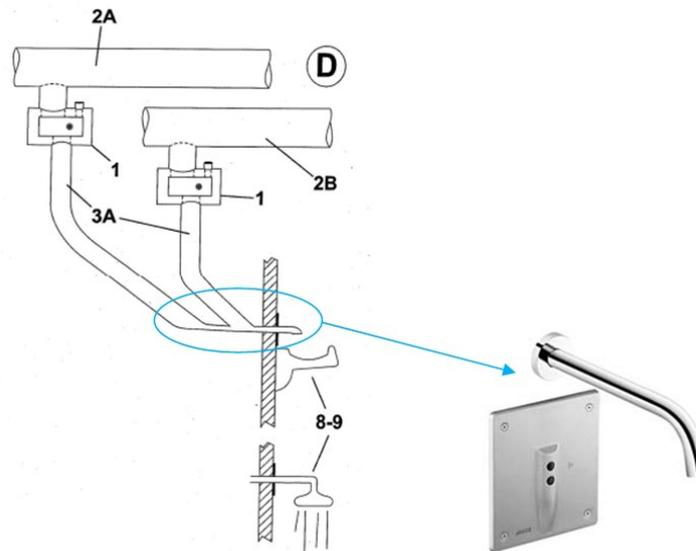


Figura 27. Representación del dispositivo electrónico en punto terminal (8 grifo-9 ducha). Elaboración propia

6.4. COMPOSICIÓN DEL SISTEMA INFORMÁTICO

El sistema se compone del *hardware* y *software* necesario para unificar todas las conexiones existentes de cada uno de los dispositivos repartidos por la instalación. Mediante la integración de estos en el aplicativo informático, se recopilarán aquellos datos de cada dispositivo. En la aplicación se muestra toda la información usando modelos interactivos tipo BMS que facilitan la navegación y actuación en los distintos dispositivos, zonas, grupos, etc.

A modo de representar lo que sería un funcionamiento con aplicación directa a una instalación general, se representa a continuación cómo se ha diseñado la visualización del contenido y las aplicaciones que tendría el *software* de gestión de los dispositivos electrónicos para aportar ese valor añadido a la gestión de la instalación además de prevenir la *Legionella*.

En la Figura 28 se mostrarán las posibilidades de gestión previstas y simulaciones tanto en simulaciones de pantallas tipo SCADA-BMS como diagramas de flujo de las acciones previstas a realizar el sistema-instalación-dispositivo electrónico ante diferentes acciones demandadas por el *software* para facilitar el trabajo de los responsables de la instalación.

A la aplicación se la ha denominado LEGIMATIC buscando un juego de palabras entre MATIC representando la parte de la automatización en las instalaciones de agua y LEGI como la parte de prevención de la Legionella. Ésta dispone de varias pestañas de navegación de usuario, accesos según perfiles de autorización junto con la gestión en base a las diferentes posibilidades de programación que ofrezcan nuestras instalaciones.

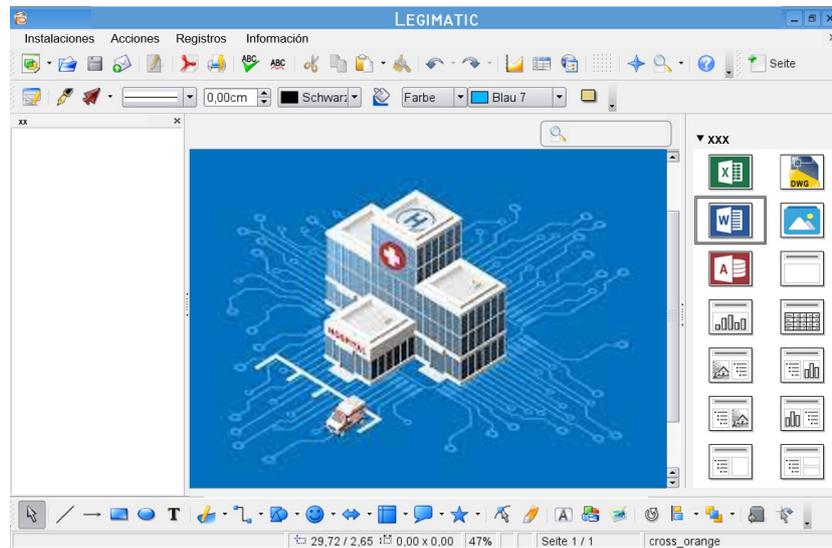


Figura 28. Pantalla de Software LEGIMATIC con pestañas de acción e información. Elaboración propia

Esto sería la presentación del programa, donde ya se puede empezar a prever que será un *software* técnico, personalizado y especializado en las instalaciones propias a controlar y gestionar. A continuación, se desarrollan las diferentes pestañas que se han previsto que contenga de inicio en nuestra instalación.

6.4.1. Instalaciones

En esta pestaña se dispone de la información precisa en cuanto a los diferentes puntos terminales clasificados según características, riesgos, personalización, etc. De esta forma permite llegar hasta el punto terminal en cuestión de una forma más rápida, intuitiva y directa.

En la Figura 29 se muestra cómo la pestaña “instalaciones” despliega un listado relacionado con todo lo que engloba esta denominación para que, siguiendo la filosofía de los programas ofimáticos, sea accesible la información y facilidad de uso desde un operario cualquiera previamente formado hasta un gestor especializado en la instalación o un inspector de la administración en su caso.

Aunque la pantalla mostrada a continuación es una representación simulada, se desarrolla en este punto el contenido que tendrán los diferentes apartados mostrados en el listado desplegable de la pestaña para hacernos una visión más completa de lo que permite conseguir este *software* específico.

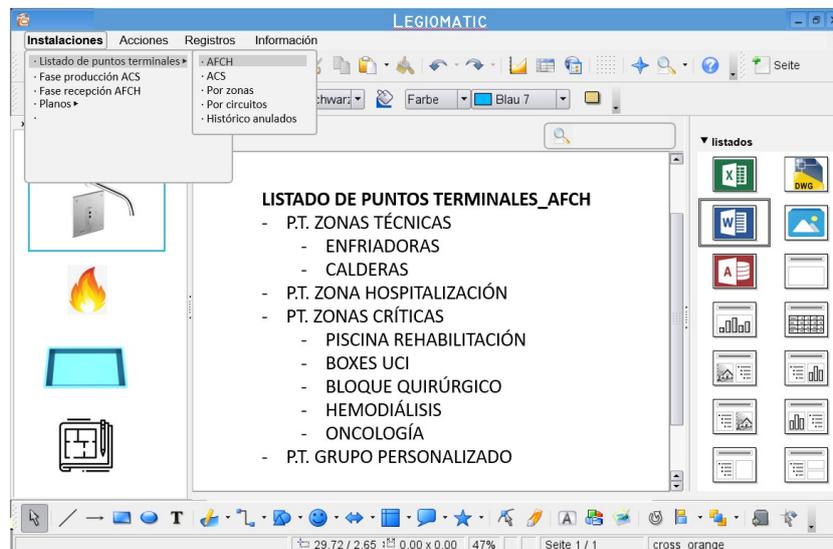


Figura 29. Pantalla de “Instalaciones/Listado de puntos terminales AFCH”. LEGIMATIC. Elaboración propia

Desde esta pantalla, Figura 30, si se conoce la denominación única en el sistema del punto terminal, se tiene la opción de búsqueda directa para una mayor agilidad, incluso puede utilizar palabras clave asignadas al punto terminal (ej. “#Diálisis, #Peritoneal, #Consulta1, #Lavabo” = nº 2.347)

Entre las opciones del apartado “Instalaciones” se encuentran las siguientes:

- Listado de puntos terminales:
 - AFCH: tendrá todos los puntos terminales con agua fría.
 - ACS: tendrá todos los puntos terminales con agua caliente.
 - Por zonas: tendrá clasificados los puntos terminales dentro de las zonas del hospital en que se encuentran, siguiendo el criterio de planta/área de especialidad/unidad propia. Estos datos se introducirán en el momento del registro del punto terminal, siendo utilizados para realizar filtrados y clasificaciones.
 - Por circuitos: se diferenciará entre circuito alto y circuito bajo. Es práctico cuando existe una no conformidad, ya que permite analizar exclusivamente el circuito afectado.
 - Histórico de anulados: todos los puntos terminales que se van anulando en el transcurso del ciclo de vida de la instalación por cambio de las necesidades de ese espacio pasan a este listado junto con sus datos de lecturas, no conformidades, actuaciones, etc. Esto permitirá tener una visión total del sistema ya que, si existen problemas en la instalación, podrían usarse para saber si se anuló alguno y ver si quedó alguna tubería sin anular correctamente, etc.

- Fase producción de ACS:

- Muestra los datos principales necesarios en la monitorización de acumuladores y estados de acción de las calderas, el estado de las alarmas de nivel, la T de cada acumulador, el estado de los ánodos de sacrificio, el consumo instantáneo del hospital al monitorizar los volúmenes del contador de salida del colector de los depósitos y el del colector de retorno, etc.
- Dispondrá de un histórico de consumo para realizar comparativos, elegir los mejores momentos de hipertermia, etc.
- Se podrá modificar la consigna de T de acumulación en los depósitos manualmente.
- Se modificará automáticamente en caso de estar programada una hipertermia. Los valores se restablecerán una vez finalizada.

Es importante la monitorización de los acumuladores y la producción de ACS para ajustar automáticamente las aperturas de puntos terminales minimizando el impacto de pérdidas de T en los depósitos.

Esto reduce el impacto térmico en ellos de pasar de una T muy elevada (>70 °C) a un salto térmico brusco por entrar al circuito agua fría tras muchas aperturas simultáneas, generándose daños en el vitrificado o en el epoxi que los recubre, y por consiguiente reduciendo la vida útil de estos, generando burbujas de agua-aire entre el cuerpo de hierro negro del acumulador, etc. que acaban con un reemplazo a futuro próximo si no se puede sanear éste. En caso contrario, genera fugas de agua entre la pintura y el hierro negro del depósito liberando sustancias nutrientes para la bacteria *Legionella* que aumenta por su distribución desde estos a través de todo el circuito de un mayor riesgo de proliferación en la instalación y, por ello, aumenta la necesidad de hipertermias, entrando en un círculo de más tratamientos de choque, más daños en la instalación y así todo cada vez más frecuente.

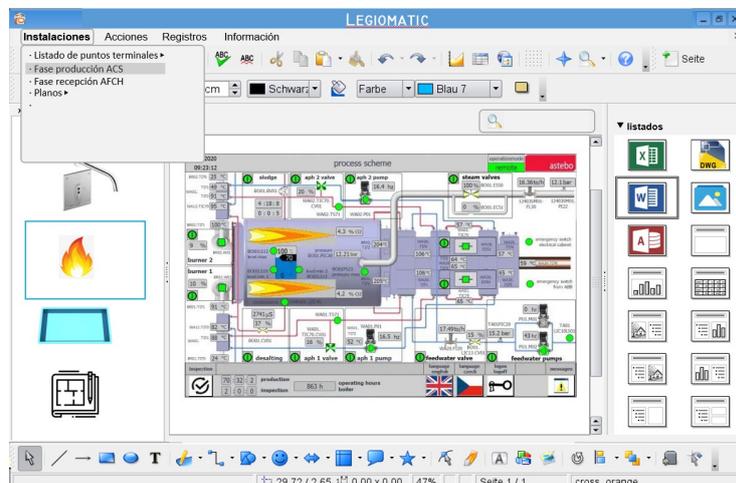


Figura 30. Pantalla de "Instalaciones/Fase producción ACS". LEGIMATIC. Elaboración propia

En la anterior Figura 30 se muestra cómo el *software* acepta la integración del actual SCADA-BMS de gestión de las instalaciones de producción de calor, de forma que se pueda trabajar desde un único programa para realizar las programaciones necesarias, cambios de consigna, consultas, registros e históricos, etc.

De la misma forma, la pantalla de gestión de los aljibes de recepción permite hacer las labores paralelas a las de ACS, pero con las instalaciones y características que requiere la gestión y tratamientos del AFCH, de las cuales se desarrollarán los puntos más importantes que aporta para su uso y gestión.

- Fase recepción AFCH:

- Muestra el estado de los aljibes, su volumen, el estado de las boyas de alarmas de nivel, su T, su concentración de cloro, el consumo instantáneo del hospital al monitorizar los volúmenes del contador del colector de salida de aljibes y el del colector de retorno, etc.
- Dispondrá de un histórico de consumo para realizar comparativos, y elegir los mejores momentos de hipercloración.
- Permite la modificación de forma manual de la concentración de cloro a mantener en continuo en los aljibes.
- Permite la modificación automática en caso de tener programada una hipercloración. Los valores se restablecerán una vez finalizada o se podrán dejar en un nivel más elevado durante un plazo determinado dependiendo de si es una hipercloración anual o una por brote, según indicaciones de la normativa.

- Planos:

- En instalaciones nuevas con planos en *.BIM permite acceder al punto terminal directamente desde el plano. Esto requiere la carga de los planos y vinculación de los puntos terminales previamente.
- En instalaciones sin planos en *.BIM, estarán disponibles en formato *.CAD o *.PDF para realizar consultas ante dudas de montantes, circuitos, recorridos, etc.

En ambos casos, los planos se subirán añadiéndoles METADATOS para mayor agilidad en la búsqueda.

6.4.2. Acciones

Como otra pestaña importante destacar el apartado “*Acciones*” desde el cual se realizarán los trabajos más específicos de la gestión de estas instalaciones. Con todos los puntos interconectados con el *software* y la programación personalizada de la instalación y cargadas las acciones estándares que requiere la normativa, será todo más fácil, organizado y con todo trazado y registrado sin suponer trabajo adicional a los gestores responsables de la instalación. Las principales acciones previstas que son necesarias son:

- Apertura de mantenimiento en puntos terminales:
 - Diaria: permite la programación sobre calendario de los grupos de puntos terminales según zonas, circuitos, etc. Se puede ajustar el tiempo de apertura, apertura secuenciada o simultánea dentro del grupo programado, el tiempo de *standby* entre aperturas de grupos, marcar excepciones dentro de un grupo para que no se realice su apertura programada, etc.
 - Puntual: permite realizar la apertura instantánea o programada de un punto terminal o un grupo creado para esta acción con las mismas opciones que la acción diaria.

- Limpieza y desinfección:
 - Hipertermia: dependiendo de cuál sea el motivo que lleve a su realización (limpieza y desinfección anual programada o limpieza y desinfección puntual por brote de *Legionella*), se tendrá la opción de elegir el modo ya preprogramado según la normativa vigente. Presentará los parámetros clave tanto en la zona de calderas como de acumuladores según el anexo elegido, aunque podrán ser modificados atendiendo a características técnicas, obligando en ese caso a realizar anotación en comentarios del motivo de la modificación, dado que tiene que estar legalmente cubierto ante una inspección de Salud Pública. En el Anexo I se ha incluido el diagrama de flujo del algoritmo que aplicará el *software* durante este proceso de hipertermia. En la Figura 31 se muestra la limpieza interior que se hace de los acumuladores dentro del proceso de esta LyD.
 - Hipercloración: en este caso se presentarán los parámetros clave tanto de aljibes como de concentración de cloro necesaria. Conocidos los datos aproximados de consumo de los puntos terminales se podrá tener una estimación de volumen de hipoclorito sódico requerido para llevar a cabo la hipercloración, de forma que no existan situaciones de crisis ni compras en exceso. En el Anexo II se ha incluido el diagrama de flujo del algoritmo que aplicará el *software* durante este proceso de hipercloración. En la Figura 31 se muestran las etapas en la limpieza de un aljibe dentro del proceso de esta LyD.



Figura 31. Limpieza de aljibe, izquierda. Limpieza de acumulador, derecha. Plaguiplan.es y Plaguissur.es

Como ejemplo, en la Figura 32 se muestra la pantalla de una programación de una LyD por hipercloración tendría una serie de parámetros medidos online como volumen actual, T del agua, concentración de cloro instantánea, consigna de cloro programada, etc.

A su vez, la pantalla iniciaría la posibilidad de introducción de datos con la fecha-hora prevista de hipercloración de los aljibes, su concentración requerida según RD 865/2003, la hora a la que estaría en condiciones el sistema de iniciarla, la cantidad de NaClO estimada como necesaria en base al histórico y datos de cálculo introducidos, etc.

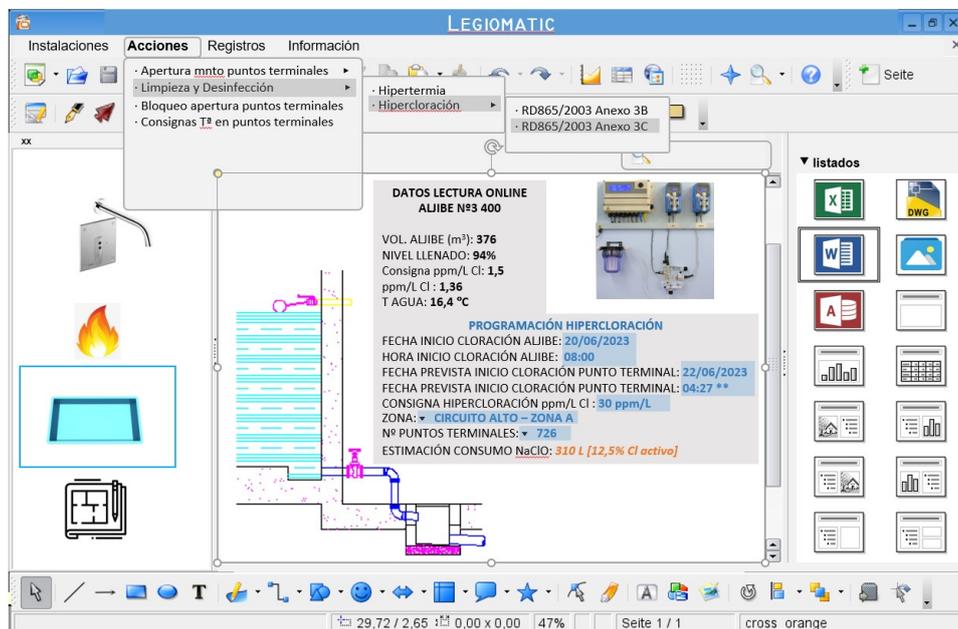


Figura 32. Pantalla "Acciones/Limpieza y Desinfección/Hipercloración/RD 865/2003 Anexo 3C".
LEGIMATIC. Elaboración propia

- Bloqueo apertura puntos terminales:

- Usando el buscador a través de la codificación del punto terminal (mediante el uso de palabras clave, a través del árbol de planos o cualquiera de las opciones del programa), podrán seleccionarse puntos terminales puntuales o grupos, zonas, circuitos, etc. que se bloquearán y sacarán de las acciones del sistema en ellos.

Esta acción resulta muy útil para puntos con pacientes específicos, ante obras en áreas determinadas, averías de dispositivos, etc.

- Consignas de T en puntos terminales:

La T de ACS que recircula en la instalación del hospital es elevada dado que está condicionada a la T que debe retornar el excedente de ésta. Con las instalaciones actuales, monomandos, pueden ocurrir quemaduras en usuarios al realizar aperturas en todo caliente. Para solucionarlo, el programa:

- Permite adecuar la T en el punto terminal en un rango de confort indicando la T máxima de suministro.
- La consigna se puede automatizar en función de la T ambiente, de forma que se evite un consumo innecesario de ACS, tendiendo siempre a un atemperamiento mínimo.
- En puntos terminales como duchas, cada pulsación tendrá programada una T de consigna manteniendo siempre limitada la T máxima, garantizando la seguridad del usuario ante posibles quemaduras.
- Estas consignas se anularán temporalmente ante aperturas técnicas puntuales o programadas por el usuario técnico. Volverán a sus rangos al finalizar ésta.

6.4.3. Registros

De la misma forma, el sistema a la vez que comanda acciones programadas o instantáneas, registra todo lo acontecido a través suyo, así como las lecturas que tiene de todos los sensores de parámetros físico-químicos que recoge de la instalación. Ésto permite disponer de una base de datos cada vez más completa para facilitar las decisiones a tomar, extraer la información a utilizar y hacer comparaciones de diferentes zonas de la instalación, analizar costes y propuestas de mejora, etc.

Entre los registros que son de gran utilidad en el día a día del mantenimiento y gestión de la instalación, destacar:

- Aperturas de puntos terminales:
 - Diarias: existirá un registro automático de todas las aperturas realizadas indicando los datos precisos de cada uno de los puntos terminales, la fecha, la hora de apertura, la hora de cierre, el tiempo de apertura y, en caso de agua caliente, su T máxima. En las observaciones se indicará si ese punto terminal ha tenido alguna incidencia, reparación, etc.
 - Periodo: al disponer de una base de datos con todo el histórico de aperturas, se podrá seleccionar el periodo a listar en base a cualquiera de los parámetros y subparámetros anteriormente citados: fechas, circuitos, zonas, AFCH, ACS, incidencias, bloqueados, etc.
- Automatización:
 - Permite la programación del envío periódico de informes de forma automática a direcciones de correo con todas las opciones anteriores en el formato que se necesite (*.XLS; *.PDF, *.ACCDB ó *.MDB). Se puede personalizar cada informe con las opciones ya indicadas en este apartado.
- Históricos y gráficas:
 - Permite visualizar en diferentes formatos los datos disponibles en los periodos testados. Se pueden extraer consumos medios diarios o por tramos horarios y compararlos con otro periodo tanto en AFCH como ACS, tiempos usados por el sistema en la realización de limpiezas y desinfecciones permitiendo valorar si es más apropiado aperturas secuenciales de los puntos terminales o en bloques de puntos terminales. También analiza el consumo de hipoclorito dosificado por m³ al tener los datos de consumos y volumen de agua consumida en ese periodo.
- Analíticas:
 - Permite cargar el documento de la analítica correspondiente. Se ordena en base a los puntos terminales a los que hace referencia, a la fecha y a palabras clave incorporadas. También incorpora la opción de marcar incidencias ante un positivo de un punto terminal y un cuadro de observaciones donde indicar las acciones realizadas en éste.
- No conformidades:
 - Mantiene actualizado el estado de puntos terminales que disponen de una no conformidad. Ésta puede derivarse de un positivo en *Legionella*, de una avería, de falta de T máxima, etc.

- En el campo de observaciones registrará la fecha, hora y el usuario de la persona que escribe para mantener actualizado en todo momento su último cambio de estado. También en caso de seguir operativo el punto terminal, mantendrá los datos de aperturas, bloqueos, etc.

6.4.4. Información

En las instituciones con muchas personas responsables de diferentes áreas es de vital importancia el sistema de transmisión de la información. Éste siempre se da por hecho que se hará, pero la realidad de toda empresa es que siempre quedan personas responsables a los que no les llega. Más que el fallo técnico, suele darse el fallo humano que se retrasa en la comunicación, pone mal un carácter del correo, se olvida de alguna persona, etc. De ahí que este *software* busque cubrir ese vacío de una forma programable, previsor y que realiza las tareas de forma automática en base a los datos y planificaciones realizadas.

- Avisos de próximos eventos:

- Se muestra el calendario anual y recoge en colores previstos los diferentes eventos calendarizados como:
 - Próximas limpiezas y desinfecciones ordinarias de hipertermia.
 - Próximas limpiezas y desinfecciones ordinarias de hipercloración.
 - Próximas inspecciones por Salud Pública.
 - Próximas analíticas.
 - Próximos mantenimientos de sondas de dispositivos.
 - etc.
- También permite registrar cualquier otro evento que se haya realizado puntualmente como brotes por positivo, limpiezas y desinfecciones adicionales por brotes, etc.

- Normativa aplicable a las instalaciones:

- Incorpora la normativa que aplica a la instalación de agua gestionada por el *software* LEGIMATIC para cualquier tipo de consulta. El buscador permite la consulta de palabras clave en los documentos, así como subrayar y poner marcadores en apartados considerados importantes.
 - RD 865/2003
 - RD 140/2003

- Fichas técnicas y de seguridad:

- Permite la carga de la ficha técnica y de seguridad de los productos utilizados para el tratamiento del agua.
 - Hipoclorito AFCH.
 - Pasivante ACS.



- Datos de contacto:

Los datos registrados en este apartado serán los utilizados para las determinadas demandas de información del *software* ante envíos de correos electrónicos para avisos, comunicaciones, reportes e informes desde:

- Laboratorios.
- Proveedores productos
- Proveedores mantenimientos externos
- Responsables salud pública
- Responsables del hospital para avisos

6.4.5. Seguimiento

Este apartado reúne los datos económicos frente a la funcionalidad de la instalación. Los registros abarcan las lecturas de los contadores principales de entrada de AFCH, el seguimiento de las facturaciones, los contadores de gas y la parte correspondiente a ACS, los costes de productos de tratamiento de agua, los importes de los mantenimientos de las instalaciones de tratamiento de AFCH, de producción y almacenamiento de ACS, de mantenimiento de los dispositivos de prevención, horas del personal de mantenimiento en actividades propias de la instalación, etc.

Facilita informes por periodos seleccionables de cada una de las partes o del total de éstas y permite comparativas entre periodos.

- Ejemplo. COMPARATIVA GAS. Realiza comparativas de consumos entre periodos. Útil para dimensionar el gasto extra que supone cada hipertermia, incluso para comparar estos consumos según la modalidad por la que se opte (secuencial, bloques, Anexo 3B, Anexo 3C, etc.).

7. ESTUDIO ECONÓMICO DE IMPLANTACIÓN

La sustentación de esta propuesta no sólo debe ser científica y técnica, sino que además debe ir acompañada de un componente económico que refrende la necesidad de actuar en pro de una mejora en todos estos aspectos.

7.1. ECONOMÍA, CIRCULARIDAD DEL AGUA Y CONFORT DEL USUARIO

Este proyecto busca aumentar y mejorar el aprovechamiento de los recursos naturales y, por lo tanto, generar un ahorro económico. Para ello, se han propuesto modificaciones en la red de distribución de AFCH junto con el uso de estos dispositivos electrónicos en los puntos terminales y la gestión automatizada de ellos a través del *software* LEGIMATIC, con lo que se pretende dotar de una mayor eficiencia al conjunto de la instalación y de los recursos naturales, materiales y humanos utilizados para su fácil gestión y buen mantenimiento.

En el caso de la AFCH, como se ha contemplado la realización de unos nuevos retornos para que el agua no consumida retorne al aljibe, se consigue darle a ésta una nueva oportunidad en su control de concentración de cloro. Esto permite asegurar que el circuito principal de agua fría esté continuamente en movimiento junto con una dosificación monitorizada y controlada de forma constante, adecuando la concentración de cloro necesarios para el aseguramiento de la calidad del agua que se añade continuamente en la red.

Para la ACS, todas las instalaciones actuales ya se diseñan con el concepto propuesto como novedoso para el AFCH, por lo que ya se tiene solucionado el tema de la T mantenida.

Con el uso del dispositivo electrónico en cada uno de los puntos terminales se consigue que en el tramo final de tubería hasta el usuario final no se quede agua almacenada ni estancada. El agua que le llegue tendrá siempre una renovación constante y una concentración de cloro controlada o, en el otro caso, la T de consigna mantenida según se trate de una u otra tipología de agua. Esto evitará que el agua de la instalación pueda establecerse en aquellos parámetros donde la *Legionella* tiene sus máximos puntos de reproducción y colonización.

Además de la parte económica, un factor clave de este sistema es minimizar las limpiezas y desinfecciones evitables (de forma que se contenga el consumo de recursos naturales y energéticos que se precisan en cada una de éstas. También hay que considerar el deterioro que sufre la instalación tras cada LyD térmica o química, pues los materiales sufren dilataciones, descomposiciones químicas y pérdida de las propiedades de éstos, etc. generando reventones, goteras, cortes parciales y totales de suministro, cambios de tramadas de tuberías, etc. al reducir positivos de *Legionella* en las instalaciones).

Hay un factor que no se suele considerar porque aparentemente es “gratis”. La opinión y confort de los pacientes puede parecer que no tiene implicaciones, pero si no pueden usar los puntos terminales porque el agua quema, huele a lejía, etc. genera un estado anímico peor que influye incluso en resultados de recuperación, aumentando estancias de cama, etc.

También cada LyD trastoca los procesos auxiliares del hospital, como son los horarios de elaboración de menús (por picos de cloro), paradas en laboratorios, revelado de placas de radiología, cafetería, etc. Todo esto como mínimo produce retrasos en procesos, por lo que a la vez derivan en aumento de listas de espera, retrasos en diagnósticos, etc. que tiene un coste no instantáneo, pero sí en sumar más casos al acumulado y cuando se requiere actuar, implica costes en jornadas adicionales, contratación de refuerzos, externalización de procesos a clínicas, etc.

En este proyecto no se profundizará más en este último apartado pero es inevitable informarlo pues todo tiene un coste directo e indirecto que contra más medido y registrado se tenga, más se puede dimensionar.

7.2. ANÁLISIS DE COSTES DEL SISTEMA ACTUAL

Llegados a este punto, se procederá a detallar y enumerar los diferentes costes que requiere el funcionamiento, uso y mantenimiento de las instalaciones actuales de almacenamiento, producción y distribución de AFCH y ACS.

En cuanto a los costes aparte del tratamiento ordinario del agua, existen costes adicionales previstos por Ley. Anualmente en el circuito de AFCH se tiene que realizar x1 limpieza y desinfección mediante la aplicación de una concentración de choque de cloro. Ésta, tanto con el sistema tradicional de puntos terminales de grifo como con la propuesta de dispositivo electrónico, sería igualmente de aplicación según la norma actual.

Tabla 12. Estimación coste hipercloración AFCH RD 865/2003 anexo 3b. Elaboración propia

Tipo	Precio	Cantidad	Total
Hipoclorito sódico (NaClO) (€/Kg) a 30 mg/L	1,11 €	400	442,24 €
Metabisulfito sódico (€/Kg)	1,80 €	280	504,00 €
Agua (€/m ³)	1,63 €	1.800	2.931,43 €
Descalcificación agua (€/m ³)	0,76 €	1.800	1.368,00 €
Empresa certificada limpieza aljibes	4.700,00 €	1	4.700,00 €
Recursos humanos (media €/Hora)	24,00 €	140	3.360,00 €
Adicional concentración NaClO (3 meses) (1,5 mg/L)	1,11 €	160	176,90 €
			13.482,56 €

En la Tabla 12 se enumeran los distintos consumibles, recursos tanto humanos como naturales y de energía que son precisos para llevar a cabo la hipercloración del AFCH, así como los servicios adicionales de empresas que requieren ser contratados por exigencias de la normativa como certificaciones, auditorías, etc. que deben tenerse para firmar los documentos de aplicación y correcta realización de los tratamientos.

Del mismo modo, y para ambos sistemas de punto terminal, anualmente también se debe realizar x1 limpieza y desinfección del circuito de ACS mediante un choque térmico en las instalaciones por las que circula. En la Tabla 13 se enumeran los ítems a tener en cuenta para el hipercalentamiento del ACS.

Tabla 13. Estimación coste hipercalentamiento ACS RD 865/2003 anexo 3b. Elaboración propia

Tipo	Precio	Cantidad	Total
Estimación extra gas aumento T (€/Kwh) +70 °C	0,01 €	360.000	3.639,45 €
Hipoclorito sódico (NaClO) (€/Kg) a 1 mg/L	1,11 €	13	14,06 €
Agua (€/m ³)	1,63 €	1.710	2.784,86 €
Descalcificación agua (€/m ³)	0,76 €	1.710	1.299,60 €
Empresa certificada limpieza aljibes	5.830,00 €	1	5.830,00 €
Recursos humanos (media €/Hora)	24,00 €	140	3.360,00 €
Adicional concentración NaClO (3 meses) (1-2 mg/L)	0,01 €	160	1,62 €
			16.929,59 €

La eficacia y mantenimiento durante el periodo de validez de estas LyD anuales consistirá en la no aparición de brotes de *Legionella* en el resto del periodo que impliquen volver a realizar alguna de estas limpiezas y desinfecciones. Con la instalación actual de media se suelen hacer al año un total de 2 desinfecciones adicionales.

Para este caso se considera que las limpiezas y desinfecciones adicionales serán +1 de AFCH y +1 de ACS, de forma que se tenga un espectro medio de lo que supone económicamente al año. Este gasto directo adicional supone 30.412,15 € cada año.

Además, existe el coste derivado de los daños que este tipo de tratamientos genera en las instalaciones cada vez que se realizan dichas actividades. Para estimar los gastos que este tipo de tratamientos suponen unitariamente a las instalaciones, se ha tomado un resumen de los importes generales dedicados al año en el hospital. Este detalle se recoge en la Tabla 14.

Tabla 14. Gastos anuales mantenimiento instalaciones agua. Elaboración propia

Tipo	Precio	Cantidad	Total
Tuberías, conexiones, válvulas, antirretornos, llaves,..	3.700,00 €	1	3.700,00 €
Bombas. reparación y sustitución	12.000,00 €	1	12.000,00 €
Pintura aljibes AFCH (1 vez cada 5 años = 14.500 €) (20% año)	14.500,00 €	20%	2.900,00 €
Reparaciones interiores acumuladores, intercambiadores, etc.	6.300,00 €	1	6.300,00 €
Sustitución acumuladores (1 cada 15 años) hay 18 uds. (1,2 año)	3.205,30 €	1,2	3.846,36 €
Reparaciones goteras (dilataciones, contracciones, golpes ariete,..)	12.000,00 €	1	12.000,00 €
Recursos humanos destinados a esto (media €/hora)	24,00 €	2.700	64.800,00 €
			105.546,36 €

Con esta información, y en base a la experiencia y criterios técnicos, se puede hacer un reparto estimativo proporcional de estos importes anuales destinados al mantenimiento de las instalaciones y generados tras cada limpieza y desinfección.

En base a lo anterior, una limpieza y desinfección por hipercloración supone el 12,72% del coste total anual dedicado al mantenimiento de dichas instalaciones. Una limpieza y desinfección por hipercalentamiento supone el 13,93% de dicho gasto anual. En la Tabla 15 se detallan los costes adicionales que supone una LyD de AFCH en cuanto a daños secundarios a las instalaciones en que se realiza.

Tabla 15. Estimación coste anual adicional por hipercloración AFCH. Elaboración propia

Tipo	Precio	Cantidad	Total
Sustitución tuberías y uniones por corrosión, electrolisis, etc.	3.700,00 €	30%	1.110,00 €
Averías por corrosión en bombas de impulsión AFCH	12.000,00 €	30%	3.600,00 €
Daños en pintura de aljibes de AFCH	2.900,00 €	15%	435,00 €
Daños en pintura por goteras (golpes de ariete, dilataciones,..)	12.000,00 €	15%	1.800,00 €
Recursos humanos destinados a esto (media €/Hora)	64.800,00 €	10%	6.480,00 €
			13.425,00 €

De la misma forma, la Tabla 16 detalla la estimación de los costes anuales adicionales que supone la realización de una LyD por hipertermia en las instalaciones de ACS del hospital a modo de cuantificarla para tener la valoración de daños secundarios a añadir en la Tabla 30.

Tabla 16. Estimación coste anual adicional por hipercalentamiento ACS. Elaboración propia

Tipo	Precio	Cantidad	Total
Sustitución tuberías y uniones por calcificación, dilataciones, etc.	3.700,00 €	30%	1.110,00 €
Averías por calcificaciones en bombas de impulsión y retorno ACS	12.000,00 €	30%	3.600,00 €
Daños en interiores acumuladores, intercambiadores, etc.	6.300,00 €	15%	945,00 €
Sustitución acumuladores (1 cada 15 años) hay 18 uds	3.846,36 €	20%	769,27 €
Daños en pintura por goteras (golpes de ariete, dilataciones,..)	12.000,00 €	15%	1.800,00 €
Recursos humanos destinados a esto (media €/Hora)	64.800,00 €	10%	6.480,00 €
			14.704,27 €

Considerando que anualmente se realizan 1+1 limpiezas y desinfecciones anuales (AFCH + ACS) de forma obligatoria, éstas dos LyD supondrán 28.129,27 € (26,65%) del total del importe destinado a mantenimiento y reparaciones de estas instalaciones indicado en la Tabla 14.

Se deben considerar también las actividades operativas que, aun no siendo propias del mantenimiento industrial, sí que son consideradas dentro de las acciones obligatorias en la normativa RD 865/2003 Anexo 3.A. Revisión.

Éstas implican realizar aperturas de grifos y duchas dejando correr el agua durante un tiempo para garantizar su apertura, así como documentar su registro y seguimiento. Como el trabajo de gestionar dicha apertura semanal en cada punto terminal con los más de 160 trabajadores de limpieza de todo el hospital es demasiado complicado frente al riesgo de que no se haga y derive en un problema de *Legionella*, lo que se hace es que todos los días se abren los puntos terminales y se deja correr el agua para asegurar que, si un día no se hace en ese punto terminal, quedará realizada dentro de los días siguientes. Esta corta y sencilla actividad que requiere la normativa se transforma, al ser muchos puntos terminales y muchos días, en una acción donde se invierte mucho tiempo de recursos humanos; así como una cantidad de agua que se podría reducir en un 80% con el sistema LEGIMATIC; pues al controlarlas de forma fiable, se haría sólo una única y obligatoria apertura semanal.

Tabla 17. Estimación coste sistema tradicional. Elaboración propia

Tipo	Precio	Cantidad	Total
Apertura y registro diario por personal de limpieza de todos los puntos terminales (30 seg/punto terminal/día*) *l-v 5 días x [(24 €/hora)/(30seg/apertura) x 52sem] = € minuto / apertura punto terminal semana	52,00 €	2.137	111.124,00 €
Agua vertida y tratada previamente NOTA2: al no tener el control de las aperturas, para asegurarla y evitar el error humano, se indica que todos los días se abran.	1,63€/m3 * "X" m3 vertidos en apertura diaria	5	5*1,63*Xm3 €

En la siguiente Tabla 18, se realiza la misma valoración de los costes que requiere anualmente la instalación con el sistema LEGIMATIC instalado.

Tabla 18. Estimación coste sistema LEGIMATIC. Elaboración propia

Tipo	Precio	Cantidad	Total
Apertura y registro diario automatizado NOTA1: tiene coste cero al estar incluido entre las funcionalidades que aporta el conjunto de la instalación.	0 €	2.137	0 €
Agua vertida y tratada previamente NOTA2: al tener el control de las aperturas, con 1 vez a la semana que se realice la apertura se cumple la normativa	1,63€/m3 * "X" m3 vertidos en apertura diaria	1	1*1,63*Xm3 €

El coste anual, únicamente en recursos humanos destinados a realizar las aperturas, sin contar el vertido del agua tratada, ya alcanza el 18,50% del coste total del sistema propuesto en la Tabla 27. A los 111.124,00 €/anuales de mano de obra, se debe sumar el vertido innecesario de agua tratada que en el sistema tradicional se hace todos los días por seguridad ante la dificultad de su control. La norma pide una apertura semanal de puntos terminales, no cinco, mejorando este ahorro de recursos naturales y su tratamiento en un 80%.

7.3. ANÁLISIS DE COSTES CON LEGIMATIC

En este apartado se valora lo que supone el funcionamiento del sistema LEGIMATIC y los dispositivos electrónicos basándose además en la efectividad que supondría frente a la reducción de positivos de *Legionella* que evitasen realizar las 1+1 LyD adicionales anualmente comentadas en el punto anterior.

Para obtener el coste anual del sistema frente a lo que ya se dispone en el hospital, se hace una valoración económica del conjunto. Según la Tabla de coeficientes de amortización lineal de la AEAT se tiene un periodo máximo de amortización de 20 años para las instalaciones y de 6 años para la amortización del *software*. Como es un conjunto de instalaciones mixtas (*software* + dispositivos electrónicos y tubería-bombas impulsión) se asumirá la amortización media para un total de 12 años, como se verá en el punto 7.5.2.

El conjunto de la instalación se basa principalmente en:

- Grifo de AFCH
- Grifo de AFCH + ACS
- Ducha de AFCH + ACS
- *Software* de gestión LEGIMATIC

En cuanto a los dispositivos que sustituirán a los actuales grifos, el coste de cada uno de ellos dependerá de la funcionalidad que tengan, según los tipos de agua sanitaria que regularán y su uso (grifo-ducha). Se adjuntan en las Tablas 19, 20 y 21 las diferentes estimaciones de los dispositivos electrónicos que se han considerado para esta implantación en el hospital.

Tabla 19. Estimación de coste dispositivo electrónico en grifo AFCH.
Elaboración propia

Componente	Und	€/und	Total €
Electroválvula 3v	1	19,46 €	19,46 €
Válvula antirretorno	1	4,25 €	4,25 €
Batería	1	14,00 €	14,00 €
Placa electrónica	1	20,00 €	20,00 €
Quincallería y conexiones	1	16,00 €	16,00 €
Caño exterior	1	7,00 €	7,00 €
Pulsador electrónico	1	9,00 €	9,00 €
			89,71 €

Tabla 20. Estimación de coste dispositivo electrónico en grifo AFCH + ACS.
Elaboración propia

			133,42 €
Componente	Und	€/und	Total €
Electroválvula 3V	2	19,46 €	38,92 €
Válvula antirretorno	2	4,25 €	8,50 €
Batería	1	19,00 €	19,00 €
Placa electrónica	1	26,00 €	26,00 €
Quincallería y conexiones	1	19,00 €	19,00 €
Caño exterior	1	7,00 €	7,00 €
Pulsador electrónico	1	15,00 €	15,00 €

Tabla 21. Estimación de coste dispositivo electrónico en ducha AFCH + ACS.
Elaboración propia

			127,42 €
Componente	Und	€/und	Total €
Electroválvula 3V	2	19,46 €	38,92 €
Válvula antirretorno	2	4,25 €	8,50 €
Batería	1	19,00 €	19,00 €
Placa electrónica	1	26,00 €	26,00 €
Quincallería y conexiones	1	8,00 €	8,00 €
Caño exterior	1	12,00 €	12,00 €
Pulsador electrónico	1	15,00 €	15,00 €

Dentro de la instalación a valorar se ha considerado una serie de elementos y las cantidades a colocar de cada uno, tanto por la seguridad buscada, la funcionalidad deseada como por las posibilidades técnicas que la instalación actual ofrece. En la Tabla 22 se indican las unidades necesarias de cada dispositivo. Se ha estimado que el 90% de las duchas del hospital pueden instalar de forma fácil el dispositivo. En cuanto a grifos donde colocar el dispositivo, se considera un 80% del total de unidades repartidas en el centro, ya que algunos no son necesarios, están en espacios técnicos, etc. así como el 95% de estos en formato AFCH+ACS.

Tabla 22. Detalle de la cantidad y tipología de puntos terminales del hospital. *Elaboración propia*

Uds (aprox)	Duchas	Grifos	% ACS	Vertederos	Resto
2.800 uds	692 uds	1.892 uds	95%	70 uds	146 uds
TOTAL con dispositivo	Duchas con dispositivo	Grifos con dispositivo			
76%	90%	80%			
2.137 uds	623 uds	1.514 uds			

Una vez dimensionadas las necesidades a instalar, se calculará el precio final de toda la instalación y dispositivos requeridos según lo indicado en la Tabla 22, teniendo los precios individuales que se han resumido en la Tabla 23.

Tabla 23. Resumen precio dispositivos electrónicos e instalación. Elaboración propia

Grifo AFCH	Grifo AFCH+ACS	Ducha AFCH+ACS
89,71 €	133,42 €	127,42 €
Instalación uds.		
43,00 €	(incluye electrónica)	

Con esta información se realiza el cálculo que supondrán todos los dispositivos electrónicos previstos en esta propuesta, el cual se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24. Estimación coste total instalación de dispositivos en el hospital. Elaboración propia

Tipo	Precio	Cantidad	Total
Grifo AFCH	89,71 €	76	6.817,96 €
Grifo AFCH+ACS	133,42 €	1.438	191.857,96 €
Ducha AFCH+ACS	127,42 €	623	79.382,66 €
Instalación uds	43,00 €	2.137	91.891,00 €
			369.949,58 €

Toda esta instalación debe ir complementada con unas mejoras constructivas que permitan cumplir la lógica propuesta en este proyecto. Estas mejoras en las instalaciones de AFCH añadiendo colectores, darán continuidad al agua para que esté en continuo movimiento, sobre todo en horarios de bajo consumo. La Tabla 25 muestra el coste estimado total que supone la realización de dicha modificación de colectores de ACFH.

Tabla 25. Estimación coste total de colectores generales AFCH. Elaboración propia

Tipo	Precio	Cantidad	Total
Nueva tubería gral.(mL)	47,61 €	800	38.088,00 €
Trabajos instalación tuberías, conex.	30,95 €	800	31.600,00 €
Bombas retorno AFCH (x2 gemelas)	10.864,00 €	2	21.728,00 €
Trabajos instalación bombas	580,63 €	2	1.161,26 €
Proyecto y cálculos	5.900,00 €	1	5.900,00 €
Programación en SCADA-BMS actual	4.800,00 €	1	4.800,00 €
			103.277,26 €

En lo que respecta a las ayudas de gestión y automatización de acciones relacionadas con la apertura de los puntos terminales, de limpiezas y desinfecciones, de gestión de la información exigida por la normativa, etc. estará la instalación del *software* LEGIMATIC que facilitará todas estas actividades.

Este *software* se considera en la modalidad de *Software as a Service* por lo que implicará además del equipamiento *hardware* inicial, el pago de una cuota anual para el uso de la aplicación, con modalidad de visión en remoto por navegador web. Estos costes se detallan en la Tabla 26.

Tabla 26. Estimación coste software (1er año y sucesivos) . Elaboración propia

Tipo	Precio	Cantidad	Total
Programación inicial	14.500,00 €	1	14.500,00 €
			14.500,00 €

Tipo	Precio	Cantidad	Total
Licencia SaaS/año (€/punto terminal conectado)	3,00 €	2.137	6.411,00 €
Rev. Puntos/año	3.000,00 €	1	3.000,00 €
			9.411,00 €

Una vez detallados los costes que requiere realizar este cambio de filosofía aplicando el sistema y software LEGIMATIC, se calcula en la Tabla 27 el coste total de la instalación y su periodo de amortización para poder realizar las comparaciones precisas con la situación actual.

Tabla 27. Total inversión para el conjunto del sistema y software LEGIMATIC. Elaboración propia

Tipo	Precio	Cantidad	Total
Dispositivos electrónicos + instalación	369.949,58 €	1	369.949,58 €
Software LEGIMATIC (program.+11años lic.+rev.)	118.021,00 €	1	118.021,00 €
Colectores adicionales AFCH	103.277,26 €	1	103.277,26 €
			591.247,84 €

Una vez conocido el importe final de lo que supone realizar la modificación de la instalación y la adquisición y colocación de los nuevos dispositivos electrónicos junto a su *software* de gestión, se va a estudiar su repercusión económica a lo largo de su vida útil estimada considerando los plazos de amortización que indican las tablas de la AEAT, a ver en la Tabla 28.

Tabla 28. Amortización lineal según tablas AEAT. Elaboración propia

Activo	Precio adquisición	Valor residual	Vida útil en años	Coefficiente de amortización	Cuota anual amortización
Dispositivos electrónicos + inst.	369.949,58 €	73.989,92 €	20	5%	14.797,98 €
Software LEGIMATIC	118.021,00 €	59.010,50 €	6	17%	9.835,08 €
Colectores adicionales AFCH	103.277,26 €	72.294,08 €	20	5%	1.549,16 €
					26.182,23 €

Aplicando al importe calculado en la Tabla 28 la repercusión de las anualidades marcadas según la Agencia Estatal de Administración Tributaria (AEAT), y considerando un pequeño valor residual de la instalación dado que, pasado el periodo de amortización indicado, no se desechará, sino que al quedarle bastante vida útil seguirá teniendo un valor residual estimado en un 20% del total de la instalación. Esta amortización lineal es la sugerida por la AEAT.

Con toda esta información, se va a avanzar en la validación y viabilidad del proyecto. Para una correcta gestión, aprovechando todos los datos y lecturas que ofrece el sistema, se incorporarán una serie de indicadores que mostrarán el estado y tendencias de su funcionamiento.

7.4.INDICADORES

Este apartado debe considerarse una parte vital en cualquier nueva instalación. Su objetivo es el de hacer un seguimiento completo del sistema. Para ello, se han seleccionado una serie de indicadores clave en el rendimiento de éste que sirven tanto para la realización de comparativas de antes y después como para detectar desviaciones del funcionamiento correcto del sistema estableciendo, en su caso, avisos o alarmas de forma automática.

A su vez, son de gran utilidad para abrir las opciones de contratación de este sistema LEGIMATIC a clientes a través de un proceso de arrendamiento operativo con un pago periódico por servicio, condicionando cierta parte del monto al cumplimiento de estos objetivos. Este formato vincula partes variables del importe del contrato al cumplimiento de estos KPIs, o su proporcionalidad, estableciendo unos porcentajes mínimos.

Los indicadores propuestos en la Tabla 29 son específicos del sistema, verificables, medibles y cuantificables, de forma que se pueda hacer un seguimiento y comparativa siempre sobre la misma base y tiempo. Permitirán establecer puntos críticos, penalizaciones y bonificaciones según los resultados.

Tabla 29. Indicadores para el buen gobierno del contrato en caso de ligar pagos a KPIs. Elaboración propia

KPIs	Objetivo	Real	Penalización
Nº limpiezas y desinfecciones AFCH EXTRA	+0 LyD = Sólo la obligatoria por normativa	> 0	Cada 1xLyD = -5% anualidad
Nº limpiezas y desinfecciones ACS EXTRA	+0 LyD = Sólo la obligatoria por normativa	>0	Cada 1xLyD = -5% anualidad
Nº positivos en puntos terminales por AFCH	+0 positivos	>0	Cada 1xpositivo = - 150 €
Nº positivos en puntos terminales por ACS	+0 positivos	>0	Cada 1xpositivo = - 150 €
Nº repeticiones de positivo en punto terminal	+0 repeticiones	>0	Cada repetición= - 250 €
Funcionamiento incorrecto del dispositivo	Será inferior al 1% de las acciones realizadas sobre estos	>3% >5%	= -1% de la anualidad = -5% de la anualidad

Para conocer se debe medir. Si se mide se puede evaluar, tomar decisiones, etc.; si no, no. Con el sistema actual no se tienen fuentes de información estandarizadas, por lo que los indicadores que se disponen son poco concretos y fiables. Si no se mide “bien” con puntos estandarizados, estables, fiables, lógicos, etc., el trabajo será en vano, no será de utilidad.

7.5. BALANCE GENERAL

7.5.1. Evaluación económica

En este apartado se van a visualizar económicamente las diferencias resultantes entre el sistema actual y el nuevo modelo propuesto para el hospital.

Para ello, en la Tabla 30 se reflejan todos los costes que supone anualmente el mantenimiento, limpiezas y desinfecciones obligatorias y/o extras en caso de ser necesarias, averías y daños por éstas, aperturas diarias, etc.

Tabla 30. Estimación coste sistema tradicional anual con 1 + 1 LyD extraordinarias (AFCH + ACS).
Elaboración propia

Tipo	Precio	Cantidad	Total
Apertura y registro diario por personal de limpieza de todos los puntos terminales. Estimación de cálculo = (30 seg/punto terminal/día*) *L-V 5 días x [(24 €/hora)/(30seg/apertura) x 52sem] = € pxi por apertura punto terminal / año	52,00 €	2.137	111.124,00 €
Limpieza y desinfección AFCH - ordinaria	13.482,56 €	1	13.482,56 €
Limpieza y desinfección ACS - ordinaria	16.929,59 €	1	16.929,59 €
Estimación costes adicionales LyD ordinarias	28.129,27 €	1	28.129,27 €
Limpieza y desinfección AFCH - extraordinaria	13.482,56 €	1	13.482,56 €
Limpieza y desinfección ACS - extraordinaria	16.929,59 €	1	16.929,59 €
Estimación costes adicionales LyD extraordinarias	28.129,27 €	1	28.129,27 €
Gastos anuales mantenimiento general	105.546,36 €	1	105.546,36 €
			333.753,21 €

Como se ha reiterado a lo largo del documento, el sistema electrónico propuesto aporta toda una serie de mejoras con respecto al sistema actual. En el apartado de apertura y registro diario de todos los puntos terminales, sólo esa diferencia entre el actual y el propuesto (permite programarlo y realizarlas de forma automática), ya supone un ahorro anual del 18,50 % respecto del coste total del sistema LEGIMATIC.

Si se cumpliesen todas las premisas consideradas sobre el sistema LEGIMATIC, los costes anuales con este sistema serían los detallados en la Tabla 31. Comparando las Tablas 30 y 31 se dispondrá de una visión de rentabilidad anual entre ambos sistemas estudiados.

Tabla 31. Estimación coste sistema LEGIMATIC anual. Elaboración propia

Tipo	Precio	Cantidad	Total
Apertura y registro diario automatizado	- €	2.137	- €
Limpieza y desinfección AFCH - ordinaria	13.482,56 €	1	13.482,56 €
Limpieza y desinfección ACS - ordinaria	16.929,59 €	1	16.929,59 €
Estimación costes adicionales LyD ordinarias	28.129,27 €	1	28.129,27 €
Limpieza y desinfección AFCH - extraordinaria	- €	1	- €
Limpieza y desinfección ACS - extraordinaria	- €	1	- €
Estimación costes adicionales LyD extraordinarias	- €	1	- €
Gastos anuales mantenimiento general	105.546,36 €	1	105.546,36 €
Cuota amortización anual (1/12 años y valor residual=0€)	49.270,65 €	1	49.270,65 €
			213.358,44 €

Tras esta valoración, se concluye que el sistema LEGIMATIC ofrece un ahorro económico con respecto al actual de casi un 36% anual. Con este elevado porcentaje se presentan los datos obtenidos asumiendo que el desembolso del sistema se hará en el año 1, la garantía será por ese año 1 y a partir de entonces existirá el pago anual durante 11 años de las licencias del *Software* (SaaS). Lo mismo en cuanto a las revisiones anuales de todos los puntos para certificar que las lecturas son correctas, manteniendo la validez y fidelidad de la información recogida en base de datos, quedando el primero incluido dentro del montaje.

En cuanto a la distribución de la amortización, se opta por hacerla conjunta a 12 años para todas las partidas del sistema. Se considera en la partida INVERSIÓN todo el conjunto y sistema LEGIMATIC junto con sus cuotas anuales de licencias por el resto de periodos planteados al finalizar la garantía. En la partida AHORRO se considera el importe que se ahorrará, resultante del cálculo de gastos entre el sistema actual y el sistema LEGIMATIC.

Esta información permite evaluar la propuesta viendo el retorno que éste tiene sobre la inversión realizada, y ver si ofrecerá ahorros suficientes para decantarse por él. En la Tabla 32 se realiza la representación del cálculo del ROI de la inversión propuesta.

Tabla 32. Cálculo del retorno sobre inversión 12 años. ROI - LEGIMATIC. Elaboración propia

	Año 1	Año 2	Año 3	Años 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 11 – 12					Total
Inversión	487.726,84 €	9.409,20 €	9.409,20 €	9.409,20 €	...	...	9.409,20 €	591.247,84 €
Ahorro	120.394,77 €	120.394,77 €	120.394,77 €	120.394,77 €	...	...	120.394,77 €	1.444.737,24 €
ROI (€)	-367.332,07 €	110.983,77 €	110.983,77 €	110.983,77 €	...	...	110.983,77 €	853.489,40 €
ROI (%)	-75,32%	1.179,30%	1.179,30%	1.179,30%	...	...	1.179,30%	144,35%

El ROI se refiere al retorno sobre la inversión, los ahorros que produce. Como este valor obtenido en la Tabla 32 está en 144,35% se puede considerar que es una inversión muy aceptable pues estará completamente pagado con los retornos en ahorro que produce y aportará un beneficio adicional del 1,44 veces más de lo invertido.

Se tendría margen de alcanzar un ROI hasta del 0%, lo que supondría que el sistema LEGIMATIC produce un ahorro igual a la inversión realizada quedando completamente pagado con lo ahorrado. Si por el contrario, el ROI hubiera estado por debajo de 0%, se debería considerar que esta propuesta tiene un margen de mejora importante.

7.5.2. Amortización

Como se ha visto hasta ahora, el proyecto técnicamente es factible en cuanto a las obras necesarias para realizar la instalación y en cuanto a que la tecnología que se precisa ya existe y es accesible, por lo que el proyecto es viable materialmente, a falta de cerrar el capítulo económico.

Es aquí donde se va a visualizar la repercusión económica anual de la instalación propuesta, de forma que luego se puedan realizar comparaciones de lo que éstas suponen frente a los gastos de la instalación actual.

Se utilizarán los importes recogidos en la Tabla 27 del Total inversión del sistema y *software* LEGIMATIC a la cual se le aplicará una amortización lineal. En la Tabla 28 se ha mostrado el planteamiento según las tablas de amortización de la AEAT correspondientes a diferentes periodicidades según sea cada uno de los componentes del conjunto (sw, obra, instalación, etc.). Esta simulación se ha realizado considerando un valor residual de la instalación de un 20%. Si se considerase que la instalación, tras el periodo de amortización, no tuviese valor residual alguno, según la misma tabla y porcentajes, quedaría una cuota anual de amortización de 43.331,51 €.

Por la idiosincrasia de estas instalaciones, así como el funcionamiento y gestión de la entidad sanitaria, no se requiere realizar un Plan General Contable. Se mostrará en la Tabla 33 la amortización contable del inmovilizado de una forma más flexible. Se considerarán las diferentes instalaciones como un único conjunto y se aplicará como periodo máximo de amortización un plazo más restrictivo que los 20 años sugeridos para instalaciones, en base a la experiencia técnica. La amortización propuesta será de 12 años, de forma que se tensa todavía más la propuesta económica para ver si aun así es interesante llevarla a cabo.

Tabla 33. Amortización lineal según criterio justificado para 12 años con valor residual final.

Elaboración propia

Activo	Precio adquisición	Valor residual	Vida útil en años	Coefficiente amortización	Cuota anual amortización
Dispositivos electrónicos + inst.	369.949,58 €	73.989,92 €	12	8%	24.663,31 €
Software LEGIMATIC	118.021,00 €	59.010,50 €	12	8%	4.917,54 €
Colectores adicionales AFCH	103.277,26 €	72.294,08 €	12	8%	2.581,93 €
					32.162,78 €

Con esta propuesta se obtiene una variación de la cuota anual sobre lo establecido por la AEAT de +22,84%, totalmente asumible.

De la misma manera que se ha considerado en la Tabla 28, se considerará que la instalación no tiene valor residual al final del periodo de amortización de los 12 años. De esta forma, con este criterio la cuota de amortización de la Tabla 33 pasará a ser de 49.270,65 € (+53% de cuota que con valor residual). Este importe se encuentra dentro del margen de maniobra de viabilidad de la inversión.

7.5.3. Análisis de riesgos

Un cambio de esta envergadura para un hospital totalmente operativo supondrá situaciones complicadas en su funcionamiento diario. Es por ello que, independientemente de si la propuesta es viable técnica y económicamente, se necesitará hacer un análisis de riesgos para valorar otras dificultades directas o indirectas que puedan surgir con esta nueva propuesta y ver si son subsanables y se puede seguir con la implantación o, por el contrario, se debe detener el proyecto aun con la propuesta técnica y económica a su favor.

Se identificarán riesgos que pueden tener mucha relevancia en el inicio, funcionamiento y tras el periodo considerado de operatividad y amortización del sistema.

1. La desactualización de la tecnología propia de los dispositivos electrónicos
2. La falta de suministro de repuestos de los dispositivos electrónicos
3. La pérdida de señal en algún dispositivo electrónico
4. La caída puntual del sistema de gestión quedando sistema inoperativo al usuario
5. El encarecimiento del contrato de mantenimiento al finalizar el periodo de garantía
6. La aparición de errores de funcionamiento puntuales en los dispositivos electrónicos
7. La no aceptación de la información automática del sw por la Autoridad Sanitaria
8. La problemática de realizar cortes de suministro de agua en las zonas del hospital durante instalación y colocación colectores
9. Las analíticas periódicas de Medicina Preventiva tengan repetidamente resultados positivos

Una vez listados aquellos riesgos que más preocupan, se valorarán y clasificarán según la matriz de riesgos en base a la probabilidad de que ocurran y el impacto que tiene su aparición. El color del riesgo será su clasificación global, y dará visualmente el orden de preferencias para decidir las acciones de prevención y protección pertinentes.

La matriz de riesgos que se plantea toma como probables algunas de las situaciones que se pueden generar con el sistema, su instalación o su operatividad. Entre las cuales se han considerado 9 como las más críticas para que se analicen junto a sus consecuencias, repercusión y criticidad. Se han aplicado predicciones para clasificar dichos riesgos de una forma u otra. El planteamiento de esta clasificación en cuanto al impacto, probabilidad y por tanto el riesgo que se asigna a dicha situación está recogido en la Figura 33.

PROBABILIDAD	alta	6	5	8
	media	3	1	2
	baja	9	4	7
		bajo	medio	alto
		IMPACTO		

RIESGO

ALTO

MEDIO

BAJO

Figura 33. Matriz de riesgos. Elaboración propia

Sobre estos riesgos, se indican en la siguiente Tabla 34 las acciones que se proponen a modo de prevención y protección:

Tabla 34. Acciones de prevención y protección de riesgos. Elaboración propia

Nº	Riesgo	Clasificación		Acciones
		Probabilidad	Impacto	
1	Desactualización tecnología dispositivos electrónicos	MEDIA	MEDIA	Tener código fuente de programación del sistema. Usar <i>softwares</i> abiertos
2	Falta de suministro de repuestos	MEDIA	ALTA	Tener acopio de repuestos en orden inverso al paso del tiempo para finalizar los años por ley para proveer repuestos con solvencia
3	Pérdida de señal en algún dispositivo	MEDIA	BAJA	El sw monitorizará en continuo los puntos y avisará en pantalla si detecta algún dispositivo que no responde tras 5 intentos.
4	Caída del sistema de gestión y sistema inoperativo al usuario	BAJA	MEDIA	El sw estará montado redundante y las conexiones serán exclusivas de este sistema para evitar interferencias. también contará con SAI
5	Encarecimiento del contrato de mantenimiento	ALTA	MEDIA	Al principio no habrá competencia. hacer contrato a 10-12 años puede ser muy caro. buscar fórmulas ligadas a indicadores por si no lo mantienen bien
6	Errores de funcionamiento de dispositivos electrónicos	ALTA	BAJA	Los equipos se averían. tener acopio de estos para hacer sustituciones rápidas y repararlos fuera de la instalación. Ligar con fórmula estos indicadores al contrato de mantenimiento

Tabla 34 (continuación). Acciones de prevención y protección de riesgos. Elaboración propia

Nº	Riesgo	Clasificación		Acciones
		Probabilidad	Impacto	
7	No aceptación de datos por la autoridad sanitaria	BAJA	ALTA	Validar con salud pública el sistema y la obtención de los datos. En caso de necesitar algo más o de otra forma, adaptar el sw a esa solicitud
8	Cortes de suministro durante colocación colectores	ALTA	ALTA	La instalación supone realizar intervenciones en tramos generales. Implicará cortes. es inevitable. buscar periodos de menor ocupación.
9	Si análisis de medicina preventiva o salud pública es positivo en <i>Legionella</i>	BAJA	BAJA	El sw permitirá hacer aperturas programadas tanto en plazo como en zonas. Organizar para realizar más aperturas o tratamientos específicos de la forma más acotada y puntual posible para minimizar gastos

En el uso ordinario del sistema será necesario llevar un control de los resultados que se vayan obteniendo, por lo que se usará la matriz de riesgos con una columna adicional de nuevas acciones que se vaya realizando denominada "SEGUIMIENTO". De esta forma se podrá registrar cualquier observación de lo ocurrido, utilizándola a su vez como guión para la toma de decisiones, correcciones y mejoras futuras.

7.6.VIABILIDAD DEL PROYECTO

En este apartado se van a unir todos los análisis realizados hasta ahora con la finalidad de saber qué probabilidad existe de poder llevarse a cabo este proyecto con éxito.

7.6.1. Análisis del mercado

Se revisará desde tres puntos de vista, conceptual, tecnológico y económico.

Conceptualmente:

En lo que respecta al planteamiento, se puede decir que aunque todavía no está instaurada la visión de realizar las instalaciones de AFCH con el mismo criterio que sí se aplica a las de ACS, su aplicación sigue completamente los mismos criterios. El cometido de esta última es, mediante recirculación del agua a la fuente de calor primaria, mantener la T de servicio de la red para evitar bajas temperaturas que favorezcan la proliferación de *Legionella*. Este criterio se considera totalmente válido para aplicar en la instalación de AFCH, puesto que el cometido en este caso será que dicha instalación de agua fría tenga movimiento mediante esta recirculación constante, volviendo a sus aljibes donde se medirá la concentración de cloro para que esté siempre entre rangos necesarios para prevenir la proliferación en esta instalación.

Tecnológicamente:

En cuanto al punto de vista tecnológico, actualmente en el mercado no existen sistemas comerciales que aúnen todas las posibilidades propuestas con este sistema de dispositivos electrónicos junto con el *software* LEGIMATIC, pues aporta una gestión más automatizada y personalizada de las instalaciones, llegando incluso a la gestión de éstas punto a punto. Eso sí, la tecnología propuesta existe, es factible y es realizable. La eliminación de tareas que no aportan valor al trabajo, pero suponen costes adicionales para su realización, debe ser uno de los objetivos de aquí a futuros próximos que toda organización debe incorporar en sus planes de modernización.

Económicamente:

Todo lo propuesto tiene un coste aceptable, amortizable de una forma totalmente razonable y permite ahorros en actividades correctivas y eliminación de sobrecostes de tareas realizadas actualmente con horas de recursos humanos. Éste es también otro factor a tener en cuenta para considerar en la viabilidad de esta propuesta.

7.6.2. Análisis técnico operativo

El análisis correspondiente a este punto se basa en aquellos condicionantes operativos que esta inversión aporta frente a lo disponible con el sistema actual. Es por ello que se destacan como principales hitos que actualmente no es posible realizar con el sistema actual:

- Puntos terminales.

Se podrá programar la apertura de todos los puntos terminales sin necesidad de usar recursos humanos, sin requerir formar a cada persona que entra a realizar estas tareas (limpieza), sin necesidad de que cada apertura se registre en un documento, sin errores de dejarse grifos sin abrir, sin abrir más veces los grifos de lo que la normativa indica (1/5 de ahora); además, proporcionará avisos de aquellos que no se abren, su registro, etc.

- Apertura temporizada programada para limpiezas y desinfecciones

Permitirá programar aperturas exactas de tiempo para cumplir la legislación. Al ser programables, facilita el hacerse en horarios de menos uso en el hospital, así como evitar hacerlo con recursos humanos. (5 min x punto terminal serían 178 h).

Su organización flexible permite realizarla en diferentes tramos horarios, ayudando en el caso del ACS a que los acumuladores vuelvan a alcanzar las T de trabajo necesarias para desinfectar térmicamente de forma controlada. Esta T baja con la entrada de agua fría al circuito de ACS cuando se produce la apertura simultánea de tantos grifos, rellenándose el circuito para calentar el agua aportada.

Se podría, incluso, ir abriendo de uno en uno cada punto terminal de forma que el sistema mantuviese la inercia térmica sin necesidad de esfuerzo adicional, mejorándose así los consumos de energía.

- Bloqueo de aperturas para usuarios en momentos de tratamiento de la red.

En caso de realizarse hipercloraciones o hipertermias, se pueden bloquear por puntos terminales en concreto, zonas, plantas, circuitos, etc. de forma que el usuario durante el tiempo que dura el tratamiento no pueda sufrir quemaduras o recibir excesos de cloro en el agua. Finalizado el tiempo de tratamiento, los dispositivos volverán a su funcionamiento habitual. En caso de hacerse en horarios nocturnos, el paciente puede pasar por desapercibido este tratamiento, eliminando así una molestia para ellos.

- Medición de T en cada punto terminal.

La sensorización en dispositivos con ACS permitirá el control de tiempo requerido por la normativa hasta que el punto terminal alcanza una T estable no inferior a 50 °C. Estos datos quedarán registrados en la base de datos a disposición de la Autoridad Sanitaria.

- Permitirá dar acceso remoto.

El acceso vía web facilitará a los diferentes actores que participan en el control de las instalaciones para la prevención de *Legionella* como Medicina Preventiva, Mantenimiento, Ingeniería, ..incluso a la Autoridad Sanitaria, evitándoles desplazamientos así como posibilitarles la revisión de la documentación en su espacio de trabajo; ya que actualmente visitan las instalaciones y revisan toda la documentación de forma bimensual, requiriendo la asistencia de al menos 2-3 personas del hospital por unas 5 horas de atención en cada visita.

7.6.3. Análisis económico financiero

Dada la idiosincrasia del hospital como entidad pública de la Administración General no está sometido a este tipo de evaluación ni requiere de un Plan Financiero. De todas formas, se va a tratar al haberse realizado en puntos anteriores los estudios de capacidad de generar beneficios y el análisis de generar valor en su uso y gestión.

Se han detectado las áreas que, mediante el buen funcionamiento del sistema, contribuyen positivamente a obtener buenos resultados operativos, económicos e informativos. A su vez, ayuda a un uso más eficiente de los recursos utilizados en estas instalaciones (agua, desinfectantes, HxH, averías, sustituciones de equipos, etc.)

Al trabajar con presupuestos asignados a diferentes capítulos (cap. II “Gastos corrientes en bienes y servicios” y cap. VI “Inversiones reales” según sea la materia que ocupe), no requiere un análisis de liquidez pues no aplicará, ni tampoco los compromisos de pago que venzan a corto plazo pues se sigue la Ley 09/2017 Ley de Contratos del Sector Público.

Como se recoge en dicha Ley, dependiendo de las características que suponga el gasto, tendrá sus plazos y sus créditos previamente solicitados a Presupuestos y aprobados para su reserva, disposición y obligación de pago.

Sí que es de mucha utilidad el seguimiento que el *software* aporta de todos los datos económico-técnicos que registra relacionando los diferentes importes asignados a las acciones realizadas.

Esto permite tener una visión de la evolución del sistema y de su rentabilidad futura, hacer previsiones de renovaciones de equipamiento, detectar problemas o puntos de mejora, así como ofrecer ratios de seguimiento, de medida e incluso de intercomparación con otros centros que usen el mismo *software*.

Todo esto ayuda y facilita la toma de decisiones siempre enfocadas en una mejora de la gestión, optimización de recursos y rentabilidad en las inversiones realizadas. Este análisis es clave ya que la información que requiere para justificar la adquisición del sistema va totalmente detallado con planificación de su adquisición, sus retornos económicos y ahorros en recursos de todo tipo, los estados económicos y la forma en la que aplicará en cada ejercicio, su evaluación anual de cumplimiento de objetivos y el control de desempeño de éste conforme a lo planificado.

Con este objetivo final, y tras los resultados de los puntos anteriores, aunque la instalación requiere de una inversión considerable se observa que, al cambiar la filosofía y forma de gestionar el proceso y el funcionamiento de las instalaciones actuales, finalmente toda la inversión necesaria se diluye en el cómputo global de ahorros. El ROI obtenido es muy positivo en un escenario de largo recorrido, ofreciendo otros ahorros como la gestión sostenible del agua, motivo de acción ya no sólo por el tema económico sino por el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en concreto el ODS 6 “agua limpia y saneamiento”. Entre estos 17 objetivos globales interconectados y diseñados como un «plan para lograr un futuro mejor y más sostenible para todos» establecidos en 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas dentro de la agenda 2030 para que estén alcanzados en esa fecha, también se puede incluir el cumplimiento en el ODS 11 “ciudades y comunidades sostenibles”, ODS 12 “producción y consumo responsables” y ODS 13 “acción por el clima”.



Figura 34. Objetivos de Desarrollo Sostenible, Agenda 2030. ONU 2015



En la sociedad actual se empieza a tener claro que la rentabilidad de un sistema no es el resultado de hoy sino el beneficio de mañana. Es por ello que el ahorro no sólo se debe enfocar al apartado meramente contable (que también lo cumple) sino que adicionalmente se den pasos para aportar nuestro granito de arena a este reto colectivo a nivel mundial que como gestores hay que impulsar y, si es posible, llevar a cabo para vivir en un mejor mundo en todos los aspectos posibles.

Tener bien definidos todos estos costes, los actuales, los previstos y los reales, proporciona una visión multiángulo al gestor del sistema para analizar muchos factores en lo que respecta al funcionamiento ordinario, al mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo. También permite ligarlo a diferentes modalidades de contratación que permitan instaurar una serie de pagos en base a unos indicadores y sus porcentajes de cumplimiento. Al medir datos, se puede controlar. Al controlar, se pueden establecer formas de gestión por resultados.

8. CONCLUSIONES

Para finalizar este TFG, se quiere recordar que la *Legionella* está y estará presente en el agua que se distribuye por las redes, pues no es posible erradicarla desde su origen con los conocimientos que se tienen en la actualidad. Por ello, sólo se puede controlar y prevenir, pero la gran diferencia está en cómo y de qué forma se haga.

Como se ha mostrado, los sistemas actuales parten todos de unas mismas premisas: actúan siempre con el foco puesto en los puntos de almacenamiento origen del agua y no en los puntos finales de su distribución, puntos donde el usuario interactúa directamente con el agua y es susceptible de infectarse. Por todo ello, y tras más de 46 años desde su descubrimiento, normativas mantenidas y poco actualizadas, así como la continuidad de brotes de *Legionella* en instalaciones, se puede concluir que estos tratamientos preventivos y correctivos, aunque efectivos, tienen una capacidad sustancial de mejora técnica, funcional y económica.

Esta motivación se inició con la búsqueda de un dispositivo que eliminase el agua de las instalaciones en los puntos terminales cuando no sean usadas para evitar la proliferación de la bacteria en ellos. Conseguido esto, se ha seguido aportando tiempo y recursos a esta motivación con el fin de darle todavía más valor para que su aplicación aproveche al máximo su operatividad y posibilidades, dado que la tecnología ofrece cada día más facilidades a un precio cada vez más accesible. Con este trabajo se busca impulsar la forma de hacer más eficientes las instalaciones y los procesos ligados al control de la *Legionella*, disminuyendo a su vez las probabilidades de contraer su enfermedad junto con facilitar el cumplimiento de la normativa actual al reducir la interacción de recursos humanos para conseguirlo.

Hay que hacer un pensamiento 'out of the box' para que lo aquí expuesto se valore sin prejuicios de como se hace hasta ahora. Si se quieren cambiar los resultados de positivos en *Legionella* por negativos, no es posible aplicar el pensamiento típico del diseño de las instalaciones pues ya se sabe el resultado que se obtendrá, el actual. Con este TFG se ha desarrollado la respuesta que buscaba el origen de este trabajo de investigación para encontrar una solución, al menos, diferente: "si los tratamientos preventivos actuales de *Legionella* se aplican en la parte inicial del suministro del agua y siguen existiendo positivos de esta bacteria, ¿será que se está combatiendo en el punto equivocado?". La respuesta obtenida tras este TFG debe al menos ser suficiente como para tomarla a modo de referente y guía de ensayos en próximos diseños de instalaciones y *software*.

Como se ha matizado en el punto 7.6.3., hay muchos factores de peso en un cambio de este nivel y no tienen por qué ser todos económicos. Los costes indirectos que suponen ahorro de tiempos a personas relacionadas en el proceso, las mejoras de confort a los usuarios, las LyD evitadas al mejorar los resultados, la optimización de consumos energéticos manteniendo inercias térmicas, la apertura programada sin necesidad de intervención humana, el cumplimiento de los ODS por un mundo mejor, etc. suman incluso más que la inversión a realizar. También se ha reflejado la gran cantidad de posibilidades que ofrece dicha propuesta representándolas en el mapa mental del Anexo III.



Valoración Personal

Llegados al final, me gustaría hacer un especial llamamiento a la necesidad de pensar de forma diferente, pues cada cierto tiempo se cae en la comodidad y rutina sin darle importancia a actualizarse tanto creativamente como en pensamiento analítico de las cosas; esto lleva a un estancamiento como el agua, quietos en cualquier reducto esperando que la bacteria desaparezca o que el mercado aplique pequeñas mejoras de lo ya existente.

Se puede decir que el resultado es muy satisfactorio al desarrollar esta nueva forma de entender las instalaciones basándola en experiencias, conocimiento actualizado, tecnología disponible, quedando validada de forma muy positiva en los ensayos de laboratorio. Se pretende originar una nueva línea de pensamiento e investigación donde aplicar tecnología a instalaciones tradicionales, evolucionar diseños e implementar *software* que dé nuevas soluciones al mercado con mejoras a nivel técnico, funcional, operativo, económico, medioambiental y sanitario.

Si este TFG empezaba con el objetivo común de eliminar la *Legionella*, al igual que lo busca el resto de sistemas actuales de prevención frente a esta bacteria, en el punto 4.2. se aludía a que se haría de forma diferente porque <<Si el plan no funciona, cambia de plan, pero no cambies de objetivo>>; y está claro que el plan actual no funciona. El objetivo sigue inamovible.

Llegados al final de este TFG, y con un nuevo “plan” explicado, se desea cerrar este trabajo con la siguiente frase, que recoge muy bien el planteamiento expuesto en este documento, mantiene la motivación e incita a la continuidad en esta línea de trabajo expuesta:

<< El objetivo no es ver lo que nadie ha visto todavía, sino pensar lo que nadie ha pensado aún sobre lo que todos ven>>

Erwin Shrödinger.



9. BIBLIOGRAFÍA

- Allen, S. 2008. Koneman. Diagnostico Microbiologico/Microbiological Diagnosis. Ed. Médica Panamericana.
- Ausina, V., y Moreno, S., 2006. Tratado SEIMC de enfermedades infecciosas y microbiología clínica. P.p 419-420.
- Bartram J., Chartier Y., Lee J., Pond K., Surman S. 2007. Legionella and the Prevention of Legionellosis. World Health Organization. ISBN 92 4 156297 8.
- Berrington WR, Hawn TR. 2013. Human susceptibility to legionnaires' disease. *Methods Mol Biol.* 954:541-51.
- Dominguez A, Alvarez J, Sabria M, Carmona G, Torner N, Oviedo M, Cayla J, Minguell S, Barrabeig I, Sala M, Godoy P, Camps N. 2009. Factors influencing the case-fatality rate of Legionnaires' disease. *Int J Tuberc Lung Dis.* 13(3):407-12.
- Feeley JC, Gorman GW, Gibson RJ. 1979. Primary isolation media and methods. In G. L. Jones and G. A. Hebert (ed.), *Legionnaires': the disease, the bacterium and methodology.* p. 77-84. Center for Disease Control, Atlanta, Georgia.
- Forbes B. 2009. *Diagnóstico Microbiológico.* Panamericana. ISBN 9789500682435.
- Fraser DW, Tsai tr, Orenstein W, Parkin WE, Beecham HJ, Sharrar RG, Harris J, Mallison GF, Martin SM, Mcdade JE, Shepard CC, Brachman PS. 1977. Legionnaires disease: description of an epidemic of pneumonia. *N Engl J Med.* 297: 1189-97.
- Sopena N, Force L, Pedro-Botet ML, Barrufet P, Sauca G, García-Núñez M, Tolchinsky G, Capdevila JA, Sabrià M. 2007. Sporadic and epidemic community Legionellosis: two faces of the same illness. *Eur Respir J* 29:138-42
- Gudiol C, Garcia-Vidal C, Fernández-Sabé N, Verdaguer R, Lladó L, Roca J, Gil-Vernet S, Carratalà J. 2009. Clinical features and outcomes of Legionnaires' disease in solid organ transplant recipients. *Transplan Infect Dis* 11(1): 78-82.
- Hubbert A, Roy CR. 2010. Modulation of host cell function by Legionella pneumophila type IV effectors. *Annu Rev Cell Dev Biol* 26 : 261-83.
- Jamilloux Y, Jarraud S, Lina G, Etienne J, Ader F. 2012. Legionella, Legionnaires' diseases. *Med Sciences* 28: 639-45.
- Jimenez A., Santa Marina L., Otazua M, Cuetos Y., Etxebarria M., Fuente K. 2013. Legionellosis esporádica, un problema sin resolver. *Rev salud ambient.* 13(1):73-79.
- John E, Dolin, R. and Martín, J. 2014. Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of infectious Diseases. Elsevier Health Sciences.

- Krech U, Pagon S, Sonnabend W. 1980. Microbiological aspects of Legionnaires' disease. Schweiz Med Wochenschr 110 (46): 1739-45.
- María Luisa Gómez-Lus, María Teresa Corcuera, Rafael Gómez-Lus, Claudia Sánchez-Serrano, Fernando Gómez-Aguado, María José Alonso, José Prieto. 2013. Dinámica estructural de colonias/biofilm de Legionella pneumophila y Legionella bozemanii. Rev Esp Quimioter 26(3):214-219.
- Seguí R., Segura M., Varó P. 2010. Evaluación de riesgos en instalaciones con probabilidad de proliferación y dispersión de Legionella. 20-21
- Panayotova S. 1987. An undergraduate experiment on thermal properties. 308-309.
- Wong KH, Schalla WO, Arko RJ, Bullard JC, Feeley JC. 1979. Immunochemical, Serologic, and Immunologic Properties of Major Antigens Isolated from the Legionnaires' Disease Bacterium: Observations Bearing on the Feasibility of a Vaccine. Ann Intern Med. 90(4):634-8.
- Dyck A, Exner M, Kramer A. 2007. Experimental Based Experiences with the Introduction of a Water Safety Plan for a Multi-Located University Clinic and Its Efficacy According to WHO Recommendations. BMC Public Health, 7:34.

Normativa

- Boletín Oficial del Estado. 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. BOE núm 171, 18/7/2003.
- Real Decreto 2210/95, de 28 Diciembre. BOE núm 24/1/96. Aprobación del registro de enfermedades de declaración obligatoria (EDO).
- Real Decreto 909/2001 primeros criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la Legionelosis.
- R.D. 140/2003 de 07 de Febrero (BOE 45 de 21 de Febrero) por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- NTP 538. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Legionelosis: medidas de prevención y control en instalaciones de suministro de agua
- NTP 691. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Legionelosis: revisión de las normas reglamentarias.
- Código Técnico de la Edificación. Normas Básicas y Tecnológicas y Soluciones Homologadas de la Edificación con sus Documentos de Idoneidad Técnica. Ministerio de Fomento. Aprobado en el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. BOE núm 74, 28/3/2006. (<http://www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/>)

- RITE. Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. Condiciones que deben cumplir las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente. Ministerio de Energía, Industria y Turismo. Aprobado en el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. B.O.E. núm 207, 29/8/2007
(<http://www.idae.es/index.php/mod.pags/mem.detalle/recategoria.1030/id.27/remenu.53>)
- Ministerio de Sanidad y Consumo. Guías técnicas para la prevención de la Legionelosis en instalaciones de riesgo: Sistemas de agua caliente Sanitaria. Agua fría de consumo Humano. Torres de refrigeración y condensadores evaporativos. Sistemas de agua climatizada con agitación constante y recirculación a través decoros de agua de alta velocidad o inyección de aire. (<http://www.insht.es>)

Enlaces web

- ECDC. (2022, 19 junio). *Mapa de casos reportados en Europa por legionelosis. 2019*. Surveillance Atlas of Infectious Diseases. Recuperado 19 de junio de 2022, de <http://atlas.ecdc.europa.eu/public/index.aspx>
- WaterCryst Wassertechnik GmbH. (2022, 17 junio). Dureza del agua en España en grados franceses. Mapa de la dureza del agua en España. Recuperado 17 de junio de 2022, de <https://www.ordessa.es/mapa-dureza-agua-espana/>
- *Eficiencia desinfectante del cloro Vs pH*. (2022, 17 mayo). Química del cloro y cloraminas. Recuperado 17 de mayo de 2022, de <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/la-desinfeccion-del-agua-mediante-el-uso-de-cloro>
- *Legionelosis. Tasas por 100.000 habitantes Vs. año inicio síntomas y el sexo. 2012–2020*. (2022, 7 junio). Vigilancia epidemiológica de la legionelosis en España, años 2019 y 2020. informe de la red nacional de vigilancia epidemiológica. Recuperado 7 de junio de 2022, https://www.isciii.es/QueHacemos/Servicios/VigilanciaSaludPublicaRENAVE/EnfermedadesTransmisibles/Documents/archivos%20A-Z/Legionelosis/BES-29-07_Legionelosis.pdf
- *Gráfico de la tendencia representativa de la T del agua a T ambiente (20 °C)*. (2022, 23 abril). Curvas de enfriamiento con *Modellus*. Recuperado 23 de abril de 2022, de http://rsefalicante.umh.es/LaboratorioEnfriaCalenta/Enfriamiento/enfriamiento_modellus.htm
- *Principales características de Neumonía por Legionella y Fiebre de Pontiac*. (2015, 4 agosto). Factores pronósticos en adultos hospitalizados por neumonía causada por Legionella pneumophila. Recuperado 16 de junio de 2022, de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182015000500010



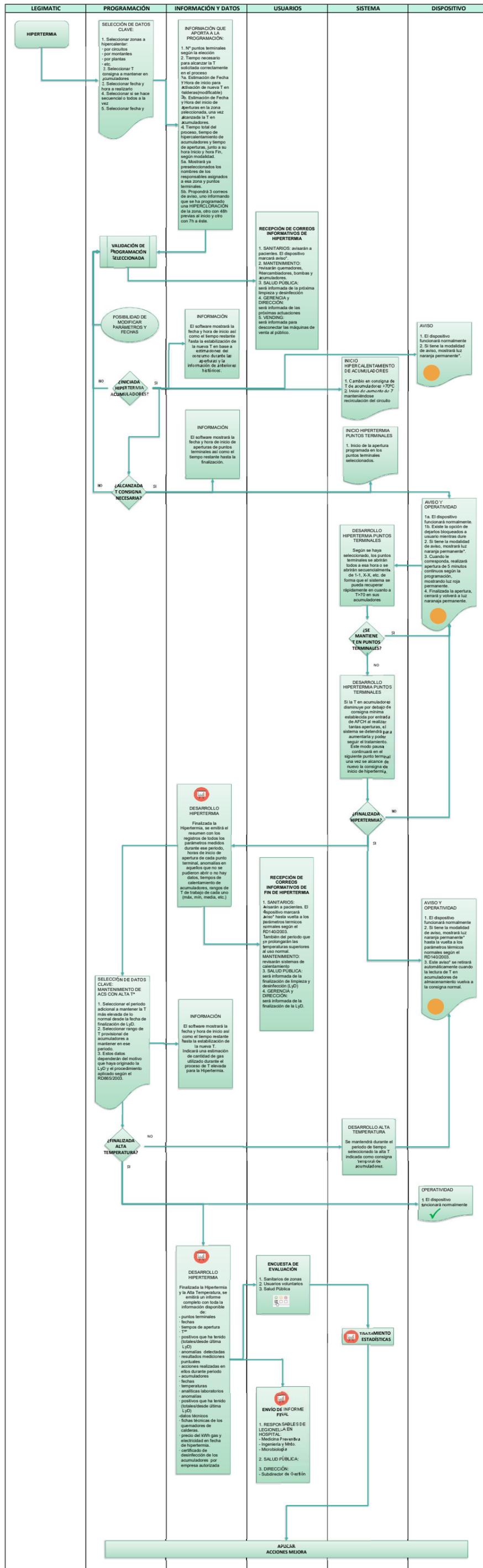
- *Coefficientes de amortización lineal Normativa: Arts. 12.1.a) de la LIS y 4 del Reglamento del IS. (2015, 1 enero). Amortización lineal según tablas AEAT. Recuperado 12 de mayo de 2022, de <https://sede.agenciatributaria.gob.es/Sede/ayuda/manuales-videos-folleto/manuales-practicos/irpf-2020/capitulo-7-rendimientos-actividades-economicas-directa/fase-1-determinacion-rendimiento-neto/amortizaciones-dotaciones-ejercicio-fiscalmente-deducibles/requisitos-generales/coeficientes-amortizacion-lineal.html>*

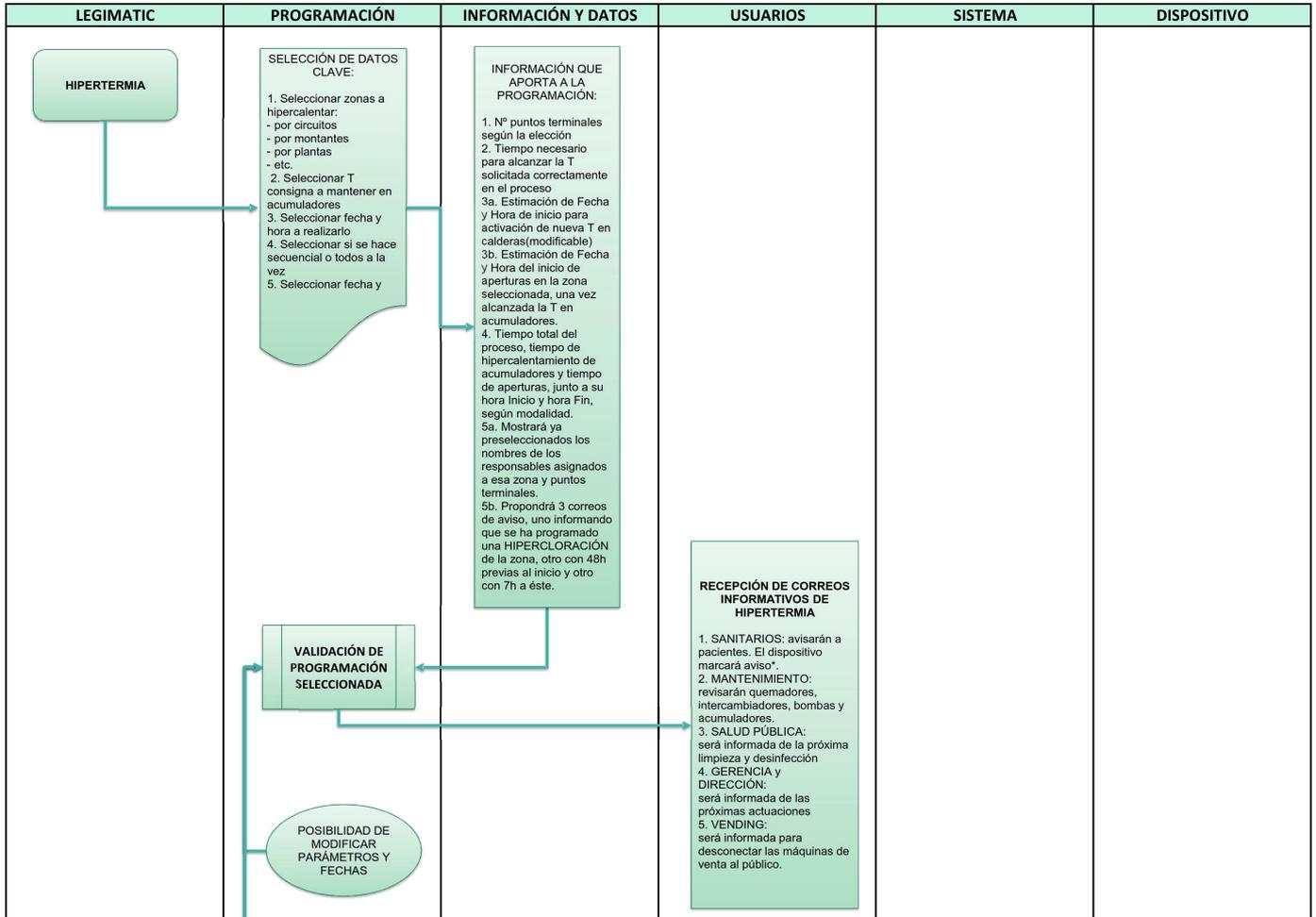
Anexos

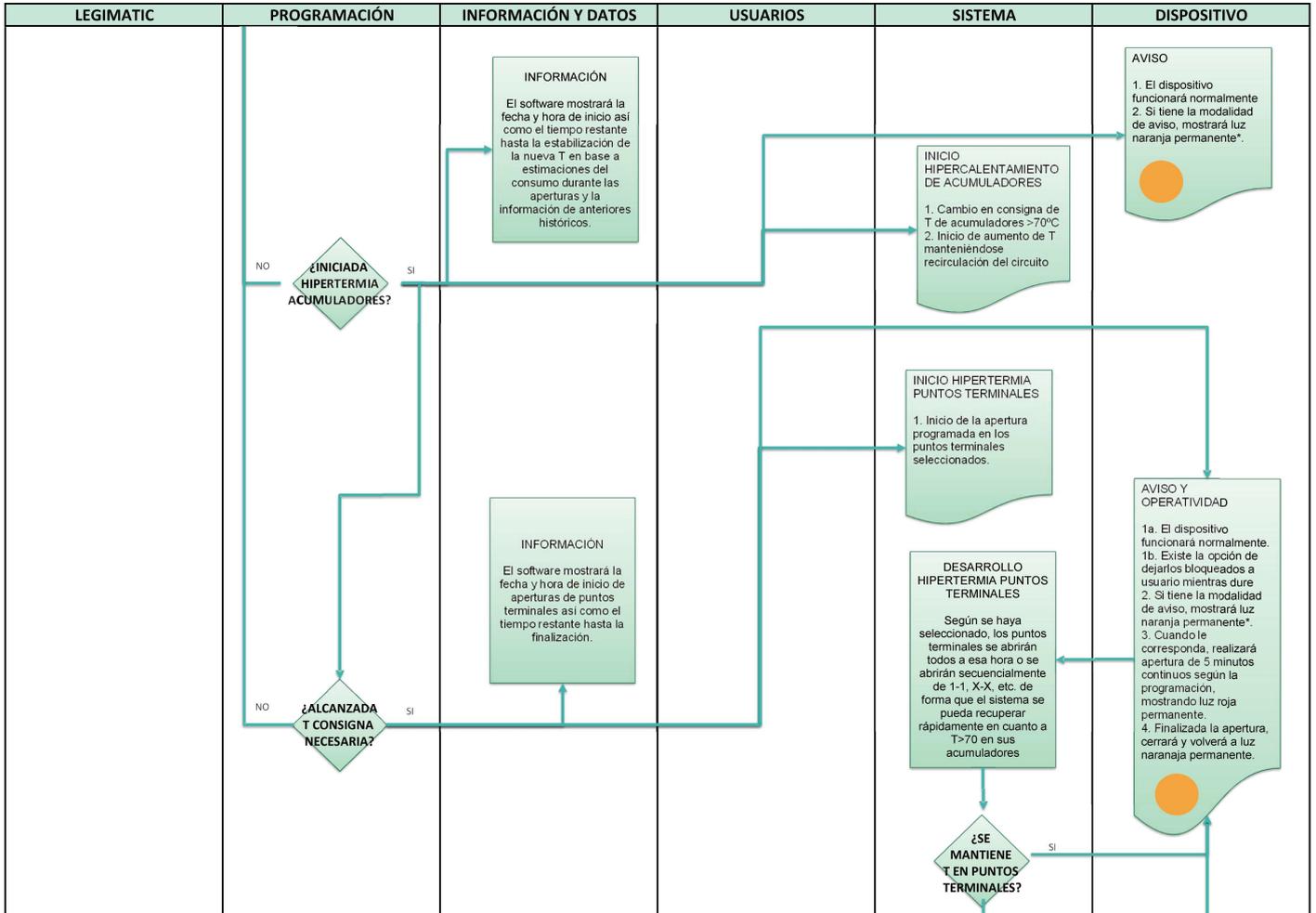
- Anexo I: Diagrama de flujo del algoritmo de hipertermia en LEGIMATIC
- Anexo II: Diagrama de flujo del algoritmo de hipercloración en LEGIMATIC
- Anexo III: *Mindmap* funcional del TFG

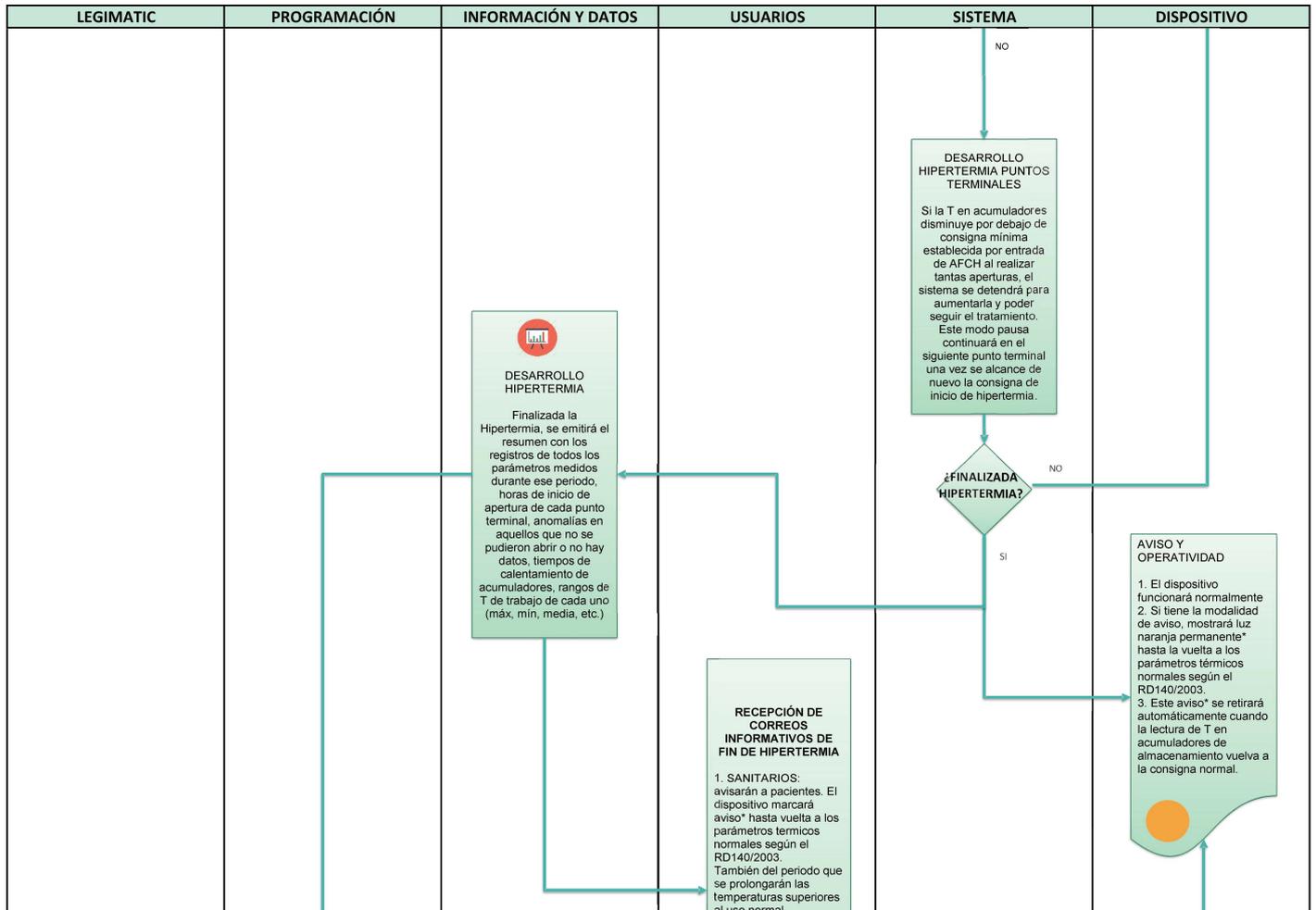


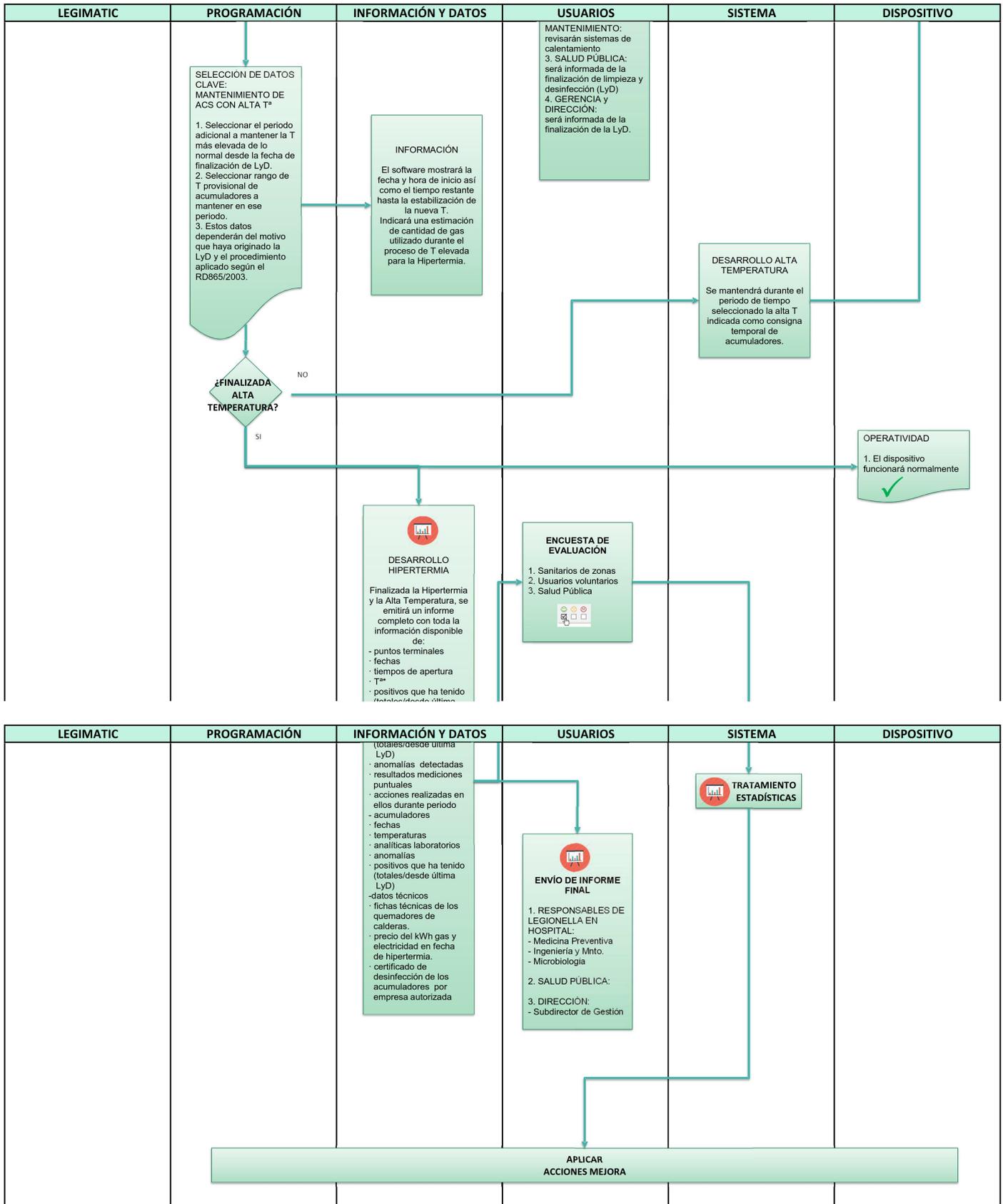
ANEXO I - DIAGRAMA DE FLUJO DEL ALGORITMO DE HIPERTERMIA EN LEGIMATIC





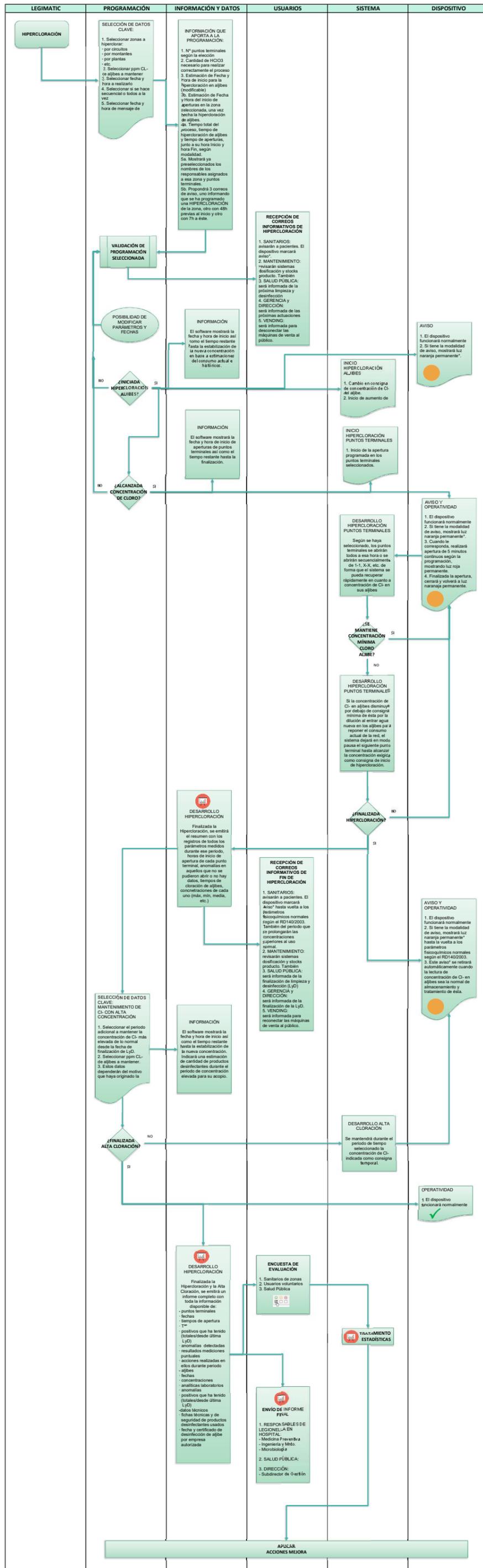


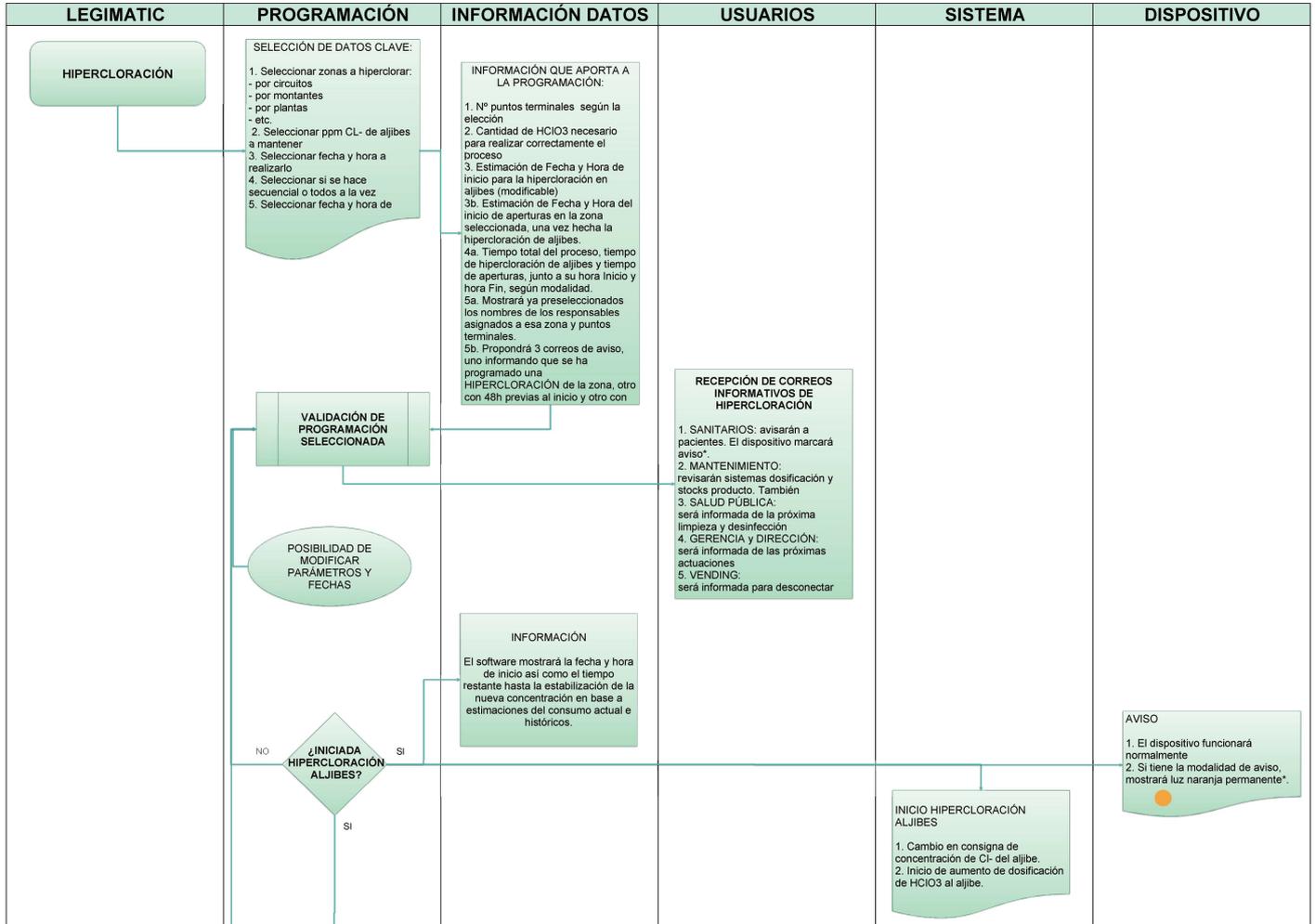


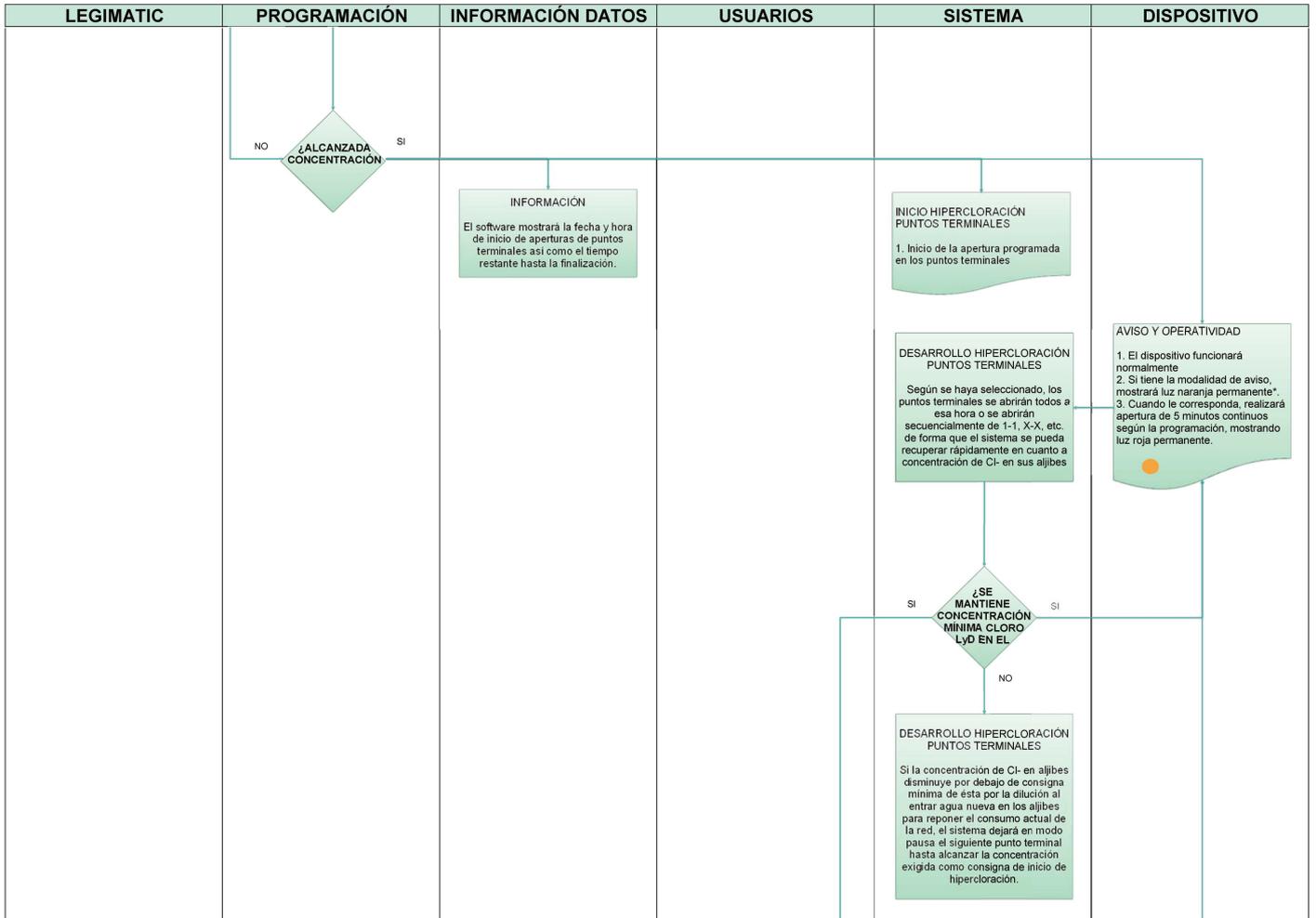


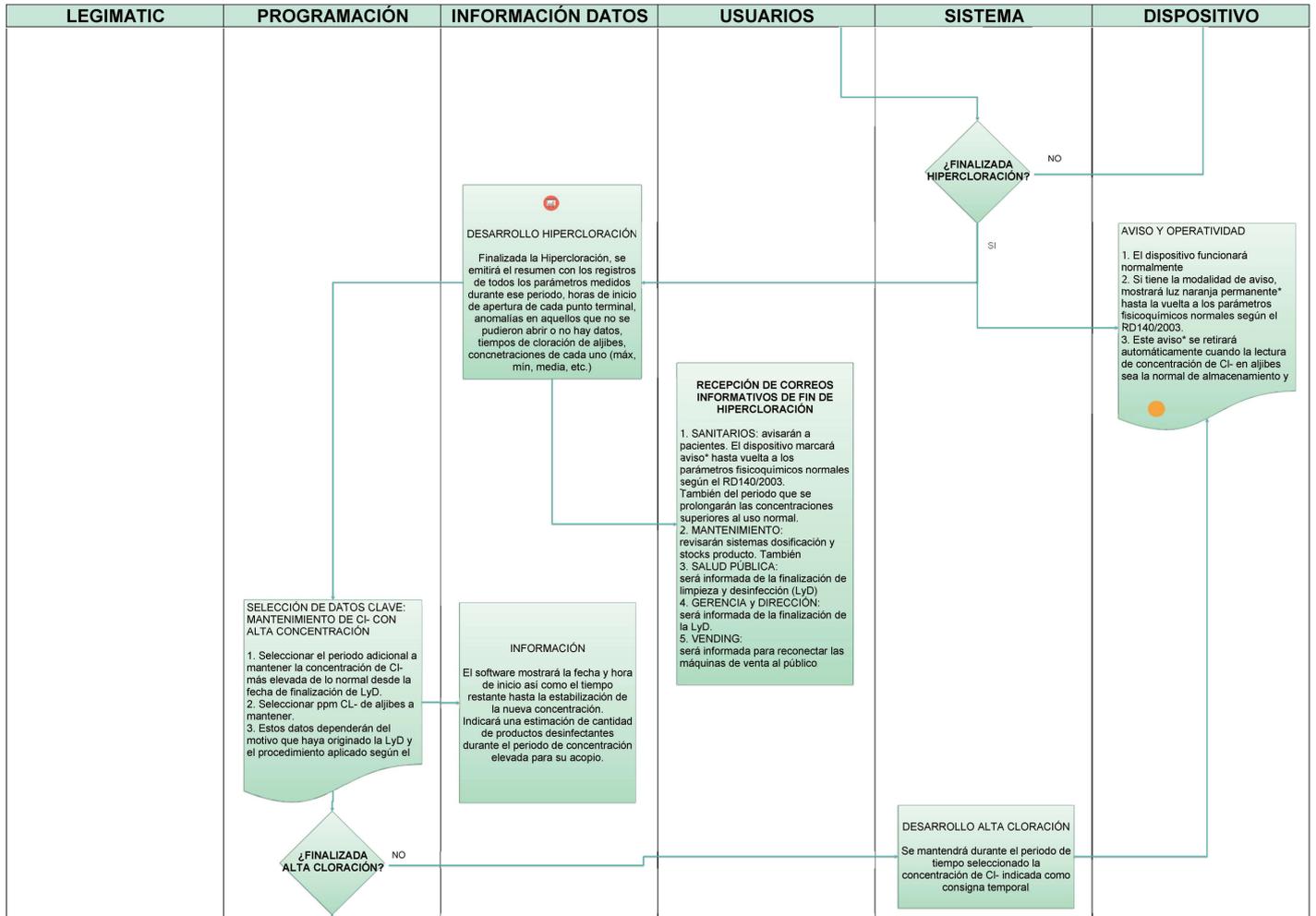


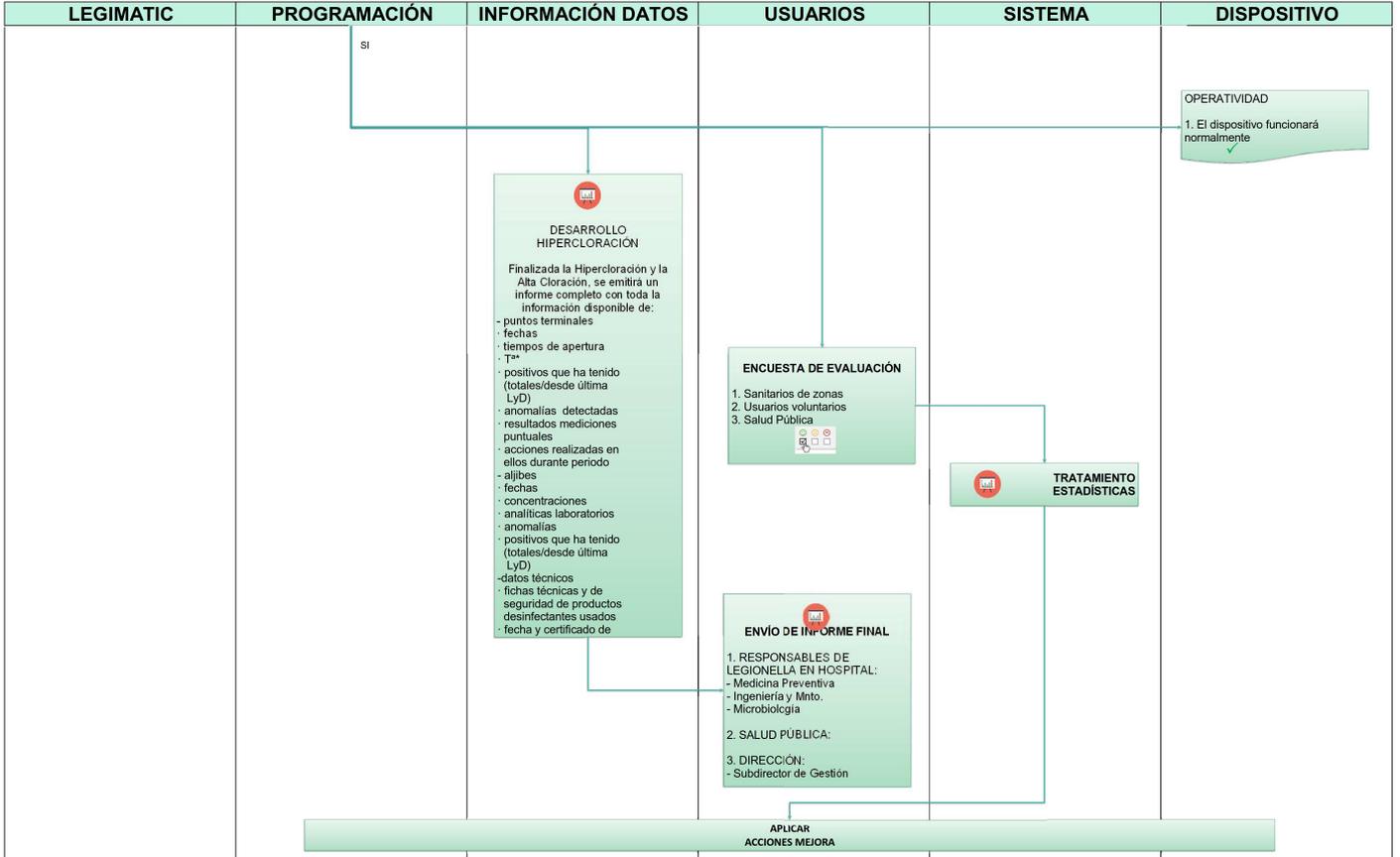
ANEXO II - DIAGRAMA DE FLUJO DEL ALGORITMO DE HIPERCLORACIÓN EN LEGIMATIC











ANEXO III - MINDMAP FUNCIONAL DEL TFG

Software Legionella

gestión por mantenimiento

monitoreo diario

registro de aperturas en base de datos

opción de generación de informe

por periodos

por grupos

por zonas

por punto terminal

opción de envío automático por mail a direcciones definidas

operatividad diaria

apertura diaria de puntos terminales

programación anual de los puntos terminales

propuesta automática de aperturas del hospital

programación manual de aperturas del hospital

opción de aviso por mail a los puntos terminales que se indiquen

posibilidad de listas de distribución

programación de días de antelación para enviarlo

opción de llamada a las extensiones críticas antes de iniciarse la apertura

funcionamiento en apertura

aviso por mail

aviso telefónico

iluminación dispositivo en bloqueo por usuario

sonido previo a apertura

funcionamiento en remoto

gestión por mantenimiento

hipercalentamiento

bloqueo de aperturas desde punto terminal. Si por gestión programada

aviso de intento de apertura desde punto terminal en ese periodo

registro de fecha y hora

fecha y horario inicio-fin de bloqueo de uso en punto terminal

programación desde gestión

grupos de puntos terminales que se abrirán

zona

grupo puntos terminales

fecha y hora inicio

fecha y hora fin

grupo de puntos siguientes

tiempo de espacio entre fin de una apertura y la siguiente

permite alcanzar de nuevo la T° de trabajo

opción de aviso por mail a los puntos terminales que se indiquen

posibilidad de listas de distribución

programación de días de antelación para enviarlo

opción de llamada a las extensiones críticas antes de iniciarse la apertura

programas especiales RD865/2003

apertura programada para realización de hipercalentamiento

fecha y hora de apertura

tiempo duración apertura

T° máxima a alcanzar en apertura

alarma en caso de no alcanzarse

tiempo con T° máxima alcanzada

registro de incidencias

gestión de información salud pública

registros de aperturas realizadas

T°, tiempo circulando, hora apertura, fecha

gráficas por punto terminal, por anillo, por columna, por circuito, por planta, por grupo

límites máximos de T°

límites mínimos de T°

N° aperturas en periodo

programar aperturas específicas de punto terminal

histórico de registros para consulta

hipercloración

programación desde gestión

grupos de puntos terminales que se abrirán

zona

grupo puntos terminales

fecha y hora inicio

fecha y hora fin

grupo de puntos siguientes

tiempo de espacio entre fin de una apertura y la siguiente

permite alcanzar de nuevo la T° de trabajo

opción de aviso por mail a los puntos terminales que se indiquen

posibilidad de listas de distribución

programación de días de antelación para enviarlo

opción de llamada a las extensiones críticas antes de iniciarse la apertura

apertura programada para realizar la hipercloración

fecha y hora de apertura

tiempo duración apertura

T° máxima a alcanzar en apertura

alarma en caso de no alcanzarse

tiempo con T° máxima alcanzada

registro de incidencias

*A Natalia, Julia y Emma,
por su apoyo, ayuda y tiempo prestado
para sacar adelante este trabajo.
Lo recuperaremos juntos.*



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

REDISEÑO Y GESTIÓN DE LAS REDES DE AGUA DE CONSUMO HUMANO EN
LAS INSTALACIONES DE UN HOSPITAL DE MÁS DE 100.000 m²
PARA LA PREVENCIÓN DE LEGIONELLA

en Valencia, a 28 de junio de 2022
José Luis Sancho Pastor