

PROPUESTA DE RECOMENDACIONES Y NORMATIVAS SOBRE USO EFICIENTE DEL AGUA EN ABASTECIMIENTOS URBANOS

NOVIEMBRE
DE 2011

PUBLICACIÓN REALIZADA Y PRODUCIDA POR
Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.

FINANCIADA POR
Iniciativa Comunitaria INTERREG III B,
Espacio Açores-Madeira-Canarias
TÉCNICAS Y MÉTODOS PARA LA GESTIÓN
SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA
MACARONESIA – AQUAMAC

© de la edición, 2011
Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.

© del texto, 2011
Gilberto Martel
Baltasar Peñate
Juana R. Betancort
Pedro Unamunzaga
Luisa Vera
Gonzalo Piernavieja
Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.
Antonio Berriel
Consejo Insular de Aguas de Lanzarote

Primera edición, mayo 2005
Segunda edición, noviembre 2011

Diseño y maquetación
Estudio Nexo SL

Depósito legal
Xxxxx

El "copyright" y todos los derechos de propiedad intelectual y/o industrial sobre el contenido de esta edición son propiedad del ITC. No está permitida la reproducción total y/o parcial de esta publicación, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, electrónico, mecánico, por fotocopia o por registro u otros medios, salvo cuando se realice con fines académicos o científicos y estrictamente no comerciales y gratuitos, debiendo citar en todo caso al ITC.

ÍNDICE

1	Introducción	7
2	Objetivos y contenidos de la propuesta	11
3	Recomendaciones generales para la integración de dispositivos eficientes de consumo en la edificación	13
3.1	Antecedentes	13
3.2	Objetivos	16
3.3	Ventajas e inconvenientes.....	17
3.4	Contenido de la recomendación normativa	18
4	Recomendaciones generales sobre sistemas de medición y control en puntos de consumo	22
4.1	Objetivos	23
4.2	Ventajas e inconvenientes de las tecnologías de medición utilizadas	23
4.3	Contenido de la recomendación normativa	27
5	Recomendaciones generales sobre la captación, almacenamiento y utilización de aguas de lluvia.	31
5.1	Antecedentes	31
5.2	Objetivos	32
5.3	Consideraciones sobre la utilización de agua de lluvia captada en áreas urbanas: ventajas e inconvenientes	33
5.4	Contenido de la recomendación normativa	36

6	Recomendaciones generales sobre la reutilización de aguas grises	40
6.1	Objetivos	40
6.2	Potencial de aplicación y ahorro.....	41
6.3	Consideraciones sanitarias y medioambientales	42
6.4	Tecnologías disponibles.....	43
6.5	Ventajas e Inconvenientes.....	44
6.6	Contenido recomendación normativa	45
7	Recomendaciones generales para la promoción de la jardinería con bajos requerimientos hídricos	49
7.1	Objetivos	49
7.2	Pautas de diseño de zonas ajardinadas	50
7.3	Sistemas de riego	51
7.4	Conclusiones generales y recomendaciones	54
8	Recomendaciones generales sobre materiales utilizados en las redes hidráulicas de abastecimiento	55
8.1	Objetivos	55
8.2	Los materiales y su selección. Ventajas e inconvenientes	56
8.3	Conclusiones generales y recomendaciones	62
9	Bibliografía	64

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este trabajo es elaborar un borrador de normativa que pueda ser aplicado a escala regional, insular o local con el fin de institucionalizar y generalizar las buenas prácticas de ahorro y eficiencia, implicando al conjunto de la población y a los diversos sectores consumidores. Esas mismas recomendaciones normativas pueden servir como elemento permanente de sensibilización y estímulo de la actualización tecnológica en los sistemas de abastecimiento y modos de uso del agua.

El agua es un recurso vital y un vector base de cualquier gestión sostenible, según se reconoce en todos los ámbitos internacionales. Desde la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (Río de Janeiro, 1992) se considera al recurso “agua dulce” como un elemento clave para el desarrollo sostenible, estableciéndose criterios integrados para su aprovechamiento, ordenación y uso en el Programa 21, que emana de la propia Cumbre. Según se reconoce en este documento, es preciso que las fuentes de suministro de agua, sean de origen superficial, subterráneo u otro, estén protegidas por medidas encaminadas a conservar el recurso y reducir al mínimo el derroche. Al mismo tiempo plantea la necesidad de disponer de tecnologías innovadoras, entre ellas tecnologías locales mejoradas, para aprovechar plenamente los recursos hídricos limitados. El propio Programa 21 propone una serie de medidas para mejorar la ordenación integrada de los recursos hídricos. Entre ellas destacan:

- Aplicar decisiones relativas a la asignación de recursos mediante gestión de la demanda, mecanismos de fijación de precios y medidas de reglamentación.
- Promover planes de utilización racional del agua mediante una mayor conciencia pública, programas de educación y la imposición de tarifas de consumo u otros instrumentos económicos.
- Promover la conservación del agua mediante planes de aprovechamiento y de reducciones del derroche, mejores y más eficaces,

con participación de todos los usuarios, en que se desarrollen, entre otros aspectos, mecanismos para ahorrar agua.

La Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (Johannesburgo, 2002) planteó como objetivo prioritario y de enorme relevancia, el acceso al agua potable, su gestión eficiente y la prevención de su contaminación. El Plan de Aplicación de las Decisiones de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible volvió a reconocer la necesidad de introducir cambios fundamentales en la forma en que las sociedades producen y consumen, para poder así, aumentar la eficiencia y sostenibilidad de la utilización de los recursos. Con este fin, La Cumbre propuso poner en práctica políticas y medidas destinadas a promover modalidades sostenibles de consumo y programas de sensibilización al público sobre su importancia, especialmente en los países desarrollados. En esta línea, se diseñó un Plan que integre las consideraciones relativas a la eficiencia energética en los programas socioeconómicos, especialmente en las políticas de sectores que son importantes consumidores, como el sector público, la urbanización, el turismo y del capítulo dedicado a la protección y gestión de la base de recursos naturales y del desarrollo económico y social se planteó, específicamente, elaborar planes de gestión integrada y de aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos. Tal y como se desprende de las conclusiones de la Cumbre, estos planes deben tener como objetivos, entre otros:

- Promover su distribución entre los diversos usos, de modo que se de prioridad a las necesidades humanas básicas.
- Fomentar una utilización más eficiente de los recursos hídricos.
- Reducir las pérdidas y aumentar el reciclaje de agua.
- La recuperación de los costos de los servicios relacionados con el agua.
- Emplear todos los instrumentos normativos disponibles, incluida la reglamentación, la vigilancia, las medidas de carácter voluntario, los instrumentos de mercado y la informática.

Habitualmente, los esfuerzos que han logrado reducir el consumo urbano de agua de forma estable consisten en algún tipo de combinación de incentivos económicos, normas reguladoras e información pública que, en conjunto, fomentan la adopción de tecnologías y hábitos de ahorro. La gestión de la demanda engloba al conjunto de actividades que permiten reducir la demanda de agua, mejorar la eficiencia en el uso y evitar el deterioro de los recursos hidráulicos. Este enfoque parte de la idea de que la demanda cuantitativa de agua no es sino la expresión física (hidráulica) de una necesidad más profunda: la que los ciudadanos tienen de disponer de determinados servicios hidráulicos (alimentación, aseo, lavado, limpieza, riego, etc.) en condiciones adecuadas de garantía y eficacia (Estevan A., 1996). Desde el punto de vista práctico las actuaciones en gestión de la demanda se centran en:

- Medidas tendentes a hacer más eficientes los hábitos de consumo o la cultura de uso del agua. En este grupo de medidas se incluyen campañas de sensibilización y modificaciones del sistema tarifario.
- Introducir tecnologías economizadoras de agua en los puntos de consumo.
- Sustituir recursos de agua potable con mayores costes económicos y ambientales (agua desalada de mar o aguas subterráneas en zonas con riesgo de sobreexplotación) por recursos de otras procedencias insuficientemente aprovechados (pluviales, aguas grises, aguas depuradas...).
- Mejorar la eficiencia y el control en los sistemas de suministro (reducción de pérdidas, mejores sistemas de medida y control...).
- Cuantas fórmulas de gestión y acompañamiento ayuden a que la demanda de agua pase a ser una variable susceptible de ser modificada, sin dejar de satisfacer con calidad y garantías las diversas necesidades de servicios hidráulicos.

En este sentido, es esencial el desarrollo de un cuerpo normativo como el que se plantea con esta propuesta de recomendaciones normativas capaz de regular y potenciar la gestión de la demanda. Al igual que los expertos en planificación energética han descubierto que a menudo resulta más barato ahorrar energía que ampliar o construir más centrales eléctricas, en algunas zonas del planeta se va asumiendo que las medidas de uso eficiente del agua pueden dar lugar a un ahorro estable y con ello retrasar o prevenir la costosa necesidad de nuevas infraestructuras.



2. OBJETIVOS Y CONTENIDOS DE LA PROPUESTA

La elaboración de este conjunto de recomendaciones normativas está basada en la consecución de los siguientes objetivos:

- Institucionalizar y generalizar las buenas prácticas de eficiencia y de sustitución en los usos de agua.
- Minimizar los impactos y riesgos ambientales asociados a los procesos y materiales utilizados en el ciclo integral del agua.
- Implicar al conjunto de la población y a los diversos sectores de consumo en la gestión de la demanda de agua.
- Sensibilizar de forma permanente sobre la necesidad del uso eficiente y sostenible del agua.
- Vincular el ahorro de agua al ahorro de energía como vector estratégico y generador de consecuencias ambientales tanto locales como globales.

Para conseguir estos objetivos, la propuesta normativa resultante ha de ser comprensiva y pedagógica, y en su filosofía debe plantearse promover la innovación, cuidando la viabilidad técnica y económica de las regulaciones adoptadas. Se han seleccionado en primer lugar, los diferentes campos de actuación que puede abarcar la propuesta normativa, definiendo objetivos y orientaciones para cada uno de ellos. Posteriormente, estas orientaciones se han concretado en propuestas normativas

para, por último, establecer algunas pautas que permitan la aprobación por parte de los organismos competentes, de algunas de estas propuestas.

Los campos de actuación considerados en la definición de propuestas y recomendaciones normativas para la gestión sostenible del agua han sido los siguientes:

- Recomendaciones generales para la integración de dispositivos eficientes de consumo en la edificación.
- Recomendaciones generales sobre sistemas de medición y control en puntos de consumo.
- Recomendaciones generales sobre la captación y almacenamiento de aguas pluviales.
- Recomendaciones generales sobre la reutilización de aguas grises.
- Recomendaciones generales para la promoción de la jardinería de bajos requerimientos hídricos.
- Recomendaciones generales sobre materiales utilizados en las redes hidráulicas de abastecimiento.



3. RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA INTEGRACIÓN DE DISPOSITIVOS EFICIENTES DE CONSUMO EN LA EDIFICACIÓN

3.1. ANTECEDENTES

La integración de dispositivos eficientes de consumo en las edificaciones constituye en general, el núcleo central de muchos programas de gestión de la demanda de agua que se han llevado a la práctica en el ámbito nacional e internacional. En consecuencia, el repertorio de programas de este tipo que ha sido ensayado es muy extenso y existen diversos estudios y evaluaciones prácticas de sus resultados. Una componente fundamental de esta estrategia es el establecimiento de normas para instalaciones comunes como inodoros, duchas y grifería. Las normas aplicadas en diversos países promocionan u obligan a incorporar especificaciones tecnológicas que aseguren la eficiencia de los nuevos aparatos e instalaciones de servicio.

Desde el punto de vista de las tecnologías y dispositivos ahorradores de agua para viviendas, plazas turísticas y edificios de titularidad pública existe un amplio abanico de posibilidades¹. A continuación se describen algunas de las disponibles en el mercado y que pueden servir de referencia para la definición de recomendaciones normativas.

1 Ver Breve Guía de Tecnologías Ahorradoras de Agua en <http://aquamac.itccanarias.org>

- **Para grifos de lavabo y cocina**
 - Monomandos de apertura en dos fases.
 - Monomandos de apertura en frío para la posición central (ahorro energético).
 - Reguladores de caudal
 - Grifos termostáticos
 - Grifos temporizados con mecanismo de cierre voluntario
 - Grifos electrónicos
 - Limitadores de caudal
 - Grifos de lavabo y cocina con aireadores, perlizadores de bajo consumo
- **Para duchas**
 - Cabezales de ducha eficientes
 - Reductores de caudal
 - Interruptores de flujo de agua
 - Apliques de duchas eficientes para instalaciones públicas
- **Para inodoros**
 - Cisternas con depósitos de de capacidad máxima
 - Interrupción de descarga mediante doble pulsador
 - Interrupción de descarga mediante otros mecanismos
 - Sistemas de descarga presurizada

Algunos de estos elementos actúan, por un lado, reduciendo el caudal de agua utilizada sin que el usuario lo perciba y sin deteriorar la calidad del servicio. Para lograrlo se sirven de diversos métodos: reducen la capacidad de almacenamiento del sistema, rompen el flujo de agua y lo mezclan con aire, etc. En esta gama se encuentran los aireadores, perlizadores, limitadores de caudal, grifos de lavabo y cocina economizadores, cabezales y reductores de caudal para duchas, apliques de ducha para instalaciones de uso público o las cisternas con depósitos capacidad máxima limitada.

En otros dispositivos la disminución del consumo depende de su correcta utilización y, por tanto, de la actitud del usuario. En este caso se encuentran los sistemas monomandos de apertura en dos fases o en frío para la posición central, los grifos termostáticos y los temporizados con mecanismo de cierre voluntario, los interruptores de flujo de agua para duchas y los sistemas de interrupción de descarga mediante doble pulsador u otros mecanismos para cisternas. En estos sistemas en los que la eficacia depende del usuario resulta necesario informar para que se realice una correcta y eficiente utilización del dispositivo.

Prácticamente todas estas modalidades son fácilmente aplicables en nuevos edificios y reformas sin que ello suponga pérdida en la calidad del servicio en ninguno de los casos. Es más, la incorporación de todo este tipo de medidas puede ser percibida, en último caso, como una mejora en la calidad, tanto de los materiales como en el confort para el usuario.

La experiencia registrada en la aplicación de estos dispositivos es amplia, dada su fácil integración. Como pioneras en este campo cabe destacar las actuaciones realizadas en EEUU desde principios de los años ochenta, que permitieron establecer una normativa reguladora que garantizara que las nuevas edificaciones o las viviendas rehabilitadas fueran equipadas con dispositivos de alta eficiencia. Así, en 1992 se promulgó la “Energy Policy Act”, que engloba un paquete legislativo en el que se incluye de Eficiencia de los Productos de Fontanería. El objetivo principal de esta norma era lograr considerables ahorros de agua, estables y previsibles en el tiempo, a partir de la instalación de elementos y accesorios de ahorro de agua tanto en todas las viviendas de nueva construcción, como en las que sean objeto de reformas. En el ámbito europeo destaca la iniciativa de AFNOR (Association Française de Normalisation), que tiene establecidos criterios ecológicos para economizadores de agua.

Asimismo, en el ámbito español, destaca el distintivo de garantía de calidad ambiental de la Generalitat de Cataluña, establecido para productos y sistemas que favorecen una mayor eficiencia en el uso del agua,

mediante la instalación de modelos de grifos, duchas e inodoros diseñados al efecto, y la colocación de dispositivos con igual propósito. Este distintivo de garantía otorgado por el gobierno autónomo catalán, se complementa con el DECRETO 202/1998, de 30 de julio, por el que se establecen medidas de fomento para el ahorro de agua en determinados edificios y viviendas de dicha comunidad.

En Portugal se ha de tomar como referencia el Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água² del Instituto da Água dependiente del Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território de Portugal, donde se propone la adopción de medidas normativas para promover los dispositivos eficientes.

A nivel municipal, el Plan General de Calviá (Mallorca) incorpora normativa en cuanto a mecanismos eficientes en nuevas edificaciones. Otro referente de ordenanza municipal es de Alcobendas (Madrid) para el ahorro de consumo de agua, auspiciada por WWF/Adena desde el proyecto “Alcobendas, Ciudad del Agua para el siglo 21. Asimismo, la Fundación Ecología y Desarrollo, de Zaragoza, ha potenciado el fomento del conocimiento y la implantación de tecnologías eficientes para disminuir el consumo de agua, a través de la elaboración de normas técnicas que exijan o, al menos recomienden, su utilización en los edificios de nueva construcción. En el caso de Canarias, existe la referencia de los documentos de la Estrategia de Lanzarote en la Biosfera, donde se preconizan las políticas de gestión de la demanda, así como los trabajos realizados en el ámbito del proyecto AQUAMAC (<http://aquamac.itccanarias.org>), cofinanciado por el programa INTERREG Canarias-Madeira-Açores.

3.2. OBJETIVOS

Los principales objetivos de estas recomendaciones normativas serían:

² Puede ser consultado en http://www.inag.pt/inag2004/port/quem_somos/pdf/uso_eficiente_agua.pdf

- Mejorar la eficiencia del equipamiento hidráulico y sanitario utilizado en la edificación. Concretamente, en los equipamientos relacionados con los usos interiores residenciales, turísticos y en establecimientos de titularidad pública.
- Divulgar y promover el uso de los dispositivos eficientes, no sólo en la nueva edificación sino también en la ya existente.

3.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES

La utilización de este tipo de sistemas tiene claras ventajas tanto desde el punto de vista de la gestión de la demanda de agua, al ofrecer unos ahorros fácilmente cuantificables y objetivos, como desde el punto de vista del usuario, ya que suponen una mejora en la calidad del servicio, a todos los niveles.

Como posibles inconvenientes están que:

- El coste económico de las tecnologías propuestas es superior al de los sistemas convencionales.
- La normativa de la Unión Europea en cuanto a la fabricación de grifería exige unos caudales muy superiores a los que la tecnología actual es capaz de ofrecer sin pérdida de confort.
- Deficiencias en la presión de la red pueden provocar pérdidas de confort en algunos casos.
- Presencia de arenas en el agua de suministro puede provocar obstrucciones con mayor facilidad.
- Las tecnologías propuestas pueden no ser de fácil acceso en el mercado.

Estos inconvenientes pueden ser paliados o subsanados a través de la implantación de recomendaciones normativas propias. En el caso de los precios, cuando se trata de rehabilitación o nueva edificación las diferencias suelen ser mínimas comparadas con el montante total de la obra y si se

trata de instalaciones existentes la recuperación de la inversión suele verse apoyada por el ahorro que comportan en la tarifa de agua y energía. De todas formas, la gestión de estas normativas en el ámbito local debe promover la implicación de las empresas suministradoras de tecnologías eficientes para que doten a los mercados a precios competitivos y promoviendo, incluso, incentivos para la sustitución de la grifería convencional.

3.4. CONTENIDO DE LA RECOMENDACIÓN NORMATIVA

Se propone que sean de carácter obligatorio en:

- Instalaciones de uso público nuevas y existentes.
- Cualquier tipo de edificación de nueva planta o que se someta a rehabilitación.

DISPOSITIVO	RECOMENDACIÓN
Grifos de lavabo, bidé y fregadero	<p>En los nuevos edificios o instalaciones, incluidas rehabilitaciones, de cualquier tipo de uso (residencial, turístico o público) y para cualquier tipo de ámbito se instalarán griferías cuyos caudales máximos sean los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 8 litros/minuto para presiones entre 1 y 3 atmósferas. • 9 litros/minuto para presiones entre 3 y 5 atmósferas. <p>Las griferías convencionales han de incorporar perlizadores, economizadores o reductores / limitadores de caudal que ofrezcan las mismas prestaciones de caudal antes citadas, una vez instalados.</p>
Duchas	<p>En los nuevos edificios o instalaciones, incluidas rehabilitaciones, de cualquier tipo de uso (residencial, turístico o público) y para cualquier tipo de ámbito se instalarán cabezales de duchas fijas o móviles cuyos caudales máximos sean los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 10 litros/minuto para presiones entre 1 y 3 atmósferas. • 12 litros/minuto para presiones entre 3 y 5 atmósferas.

Las duchas convencionales podrán incorporar cabezales de ahorro o reductores / limitadores de caudal que ofrezcan las mismas características antes citadas una vez instalados.

Inodoros

En los nuevos edificios o instalaciones, incluidas rehabilitaciones, de cualquier tipo de uso (residencial, turístico o público) y para cualquier tipo de ámbito se instalarán inodoros cuyos volúmenes máximos admitidos para cada descarga sea de:

- 6 litros por descarga.

Todos los inodoros deben contar con algún mecanismo de interrupción voluntaria de salida de agua o un sistema de pulsación que permita seleccionar entre descarga corta o larga.

Cada inodoro debe incorporar de forma visible en la cisterna las instrucciones de uso del dispositivo de interrupción de descarga o de pulsación para la selección de descarga corta o larga.

Grifos, sanitarios y duchas de uso público

En los nuevos edificios, instalaciones o rehabilitaciones de edificios de uso público y para cualquier tipo de ámbito se instalarán grifos temporizados con cierre automático, limitando el tiempo de descarga entre 5 segundos (lavabos) y 10 segundos (duchas). Los grifos temporizados deberán ser modelos que permitan el cierre voluntario con una segunda pulsación.

Cada servicio público deberá incorporar de forma visible las instrucciones de uso del sistema de cierre voluntario del grifo temporizado.

Si en la instalación se utiliza grifería electrónica de cierre automático, no será de aplicación el uso de grifos temporizados.

Grifos monomando	En cualquier tipo de instalación de uso público nuevas y existentes o en cualquier caso de nueva planta o que se someta a rehabilitación se instalarán monomandos de apertura en dos fases y de apertura en frío para la posición central.
Regulación del agua caliente	En cualquier tipo de instalación de uso público nuevas y existentes o en cualquier caso de nueva planta o que se someta a rehabilitación se exigirá la utilización de grifería termostática en duchas y bañeras, de tal forma que se disponga de un selector de temperatura.
Grifería electrónica de cierre automático	Se permitirá en cualquier grifería de uso en establecimientos públicos, lavabos de hoteles y edificios oficiales.

Con el objeto de mejorar la tecnología utilizada en los diferentes ámbitos de consumo, en la línea de ofrecer al usuario servicios más eficientes, de calidad y más económicos, se proponen una serie de medidas complementarias para el ahorro y uso eficiente del agua en la edificación. Principalmente en el sector servicios es interesante incorporar la mejor tecnología disponible para el ahorro de agua y energía. La innovación y la protección medioambiental deben ser uno de los principales distintivos de calidad. En este sentido se recomienda la consideración de una serie de dispositivos que promueven el ahorro, independientemente de los establecidos en las recomendaciones normativas. Así se plantean propuestas avanzadas de aplicación voluntaria que incorporen la mejor tecnología disponible en materia de ahorro de agua y energía.

- **Mejoras recomendadas sobre el uso de grifos monomando.** La instalación de este tipo de grifos en usos de tipo doméstico y de servicios se ha generalizado. Entre sus ventajas están la sencillez de su manejo, atractivo estético, supresión de fugas y goteos o la comodidad y rapidez para la regulación de la temperatura del agua.

Por otra parte tienen dos inconvenientes que pueden influir en un incremento del consumo de agua y energía. El primero es que el grifo monomando se suele accionar hasta el tope aportando el máximo caudal sin que realmente sea necesario y que, además, la palanca del monomando se suele posicionar en el punto central, con lo que al abrirse se utiliza parte de agua caliente sin que sea necesario ni se llegue a percibir su uso. Para solventar estos aspectos se pueden instalar monomandos de apertura en dos fases y de apertura en frío para la posición central.

- **Mejoras recomendadas para la regulación del agua caliente.** Se propone la utilización de grifería termostática en duchas y bañeras, de tal forma que se disponga de un selector de temperatura con el fin de lograr una temperatura constante, reducir los tiempos de espera y los cambios de temperatura del agua a la hora de la ducha, con el consiguiente ahorro de agua y energía (16% de ahorro agua y energía respecto al monomando, según el Comité Scientifique et Technique des Industries Climatiques de Francia).

Como elemento opcional, se recomienda el uso de interruptores del flujo de agua. Este sistema se coloca al inicio del flexo de la ducha y su misión es bloquear el paso del agua sin cerrar el mando. Evita que en los tiempos de enjabonado se pierda la regulación de temperatura del agua al dejar el mando en la misma posición lograda al inicio.

- **Grifería electrónica de cierre automático.** Se propone este tipo de grifería para uso en establecimientos de uso público como lavabos de hoteles y edificios oficiales, ya que ofrecen las mejores prestaciones desde el punto de vista de la calidad del servicio y el ahorro de agua. El uso de grifería electrónica es alternativo al uso de grifos de cierre temporizado que no suelen garantizar un ahorro a medio plazo.



4. RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE SISTEMAS DE MEDICIÓN Y CONTROL EN PUNTOS DE CONSUMO

Con el fin de promover un uso más eficiente del agua, mejorar la gestión de los abastecimientos urbanos y lograr unos ciertos niveles de ahorro que puedan ser evaluables, resulta esencial contar con información completa y de calidad sobre los consumos reales. En este sentido, los sistemas de lectura y la calidad en la medida de los contadores constituyen elementos imprescindibles de cualquier política de gestión de su vez, la precisión y la operatividad en la obtención de medidas aprovechando los nuevos sistemas de comunicación y transmisión de datos, pueden mejorar la recuperación de costes de los abastecimientos, minimizando las pérdidas por subcontaje y reduciendo el tiempo y los costes económicos de la obtención de las lecturas de contadores.

Los contadores de agua con nuevas tecnologías (digitales) presentan numerosas ventajas respecto a los contadores mecánicos que se encuentran actualmente instalados en los edificios. Esta tecnología plantea ventajas de gran importancia como controlar los consumos con mayor precisión y frecuencia de muestreo, detectar fugas en tuberías o accesorios, así como, la posibilidad de llevar a cabo una solución integradora con cualquier tipo de red de comunicaciones existente, que permita la telegestión del suministro de agua. Todo ello convierte a este tipo de aplicaciones en

un gran avance no sólo para los usuarios de los edificios, sino para las compañías suministradoras de agua en las zonas controladas por este sistema.

4.1. OBJETIVOS

La instalación de contadores individuales (un contador por vivienda) es actualmente obligatoria para toda vivienda de nueva construcción, rechazándose por ineficiente y por su escaso control, las instalaciones de contadores comunes para edificios o consumos distribuidos. El control del consumo de agua se realiza principalmente a través de contadores de velocidad, y, en menor medida, mediante contadores volumétricos y contadores electrónicos. Siendo estos últimos los más escasos pese a su precisión.

La medición de los consumos adquiere una enorme importancia para las empresas suministradoras, ya que a mayor precisión y facilidad de obtención de la medida se pueden lograr reducciones importantes de los caudales no contabilizados (pérdidas) y se comienza a disponer de un nivel de información que permite plantear políticas de gestión de la demanda con mayores garantías.

Por tanto, se plantea realizar recomendaciones normativas que tengan como objetivos:

- Universalizar la instalación de sistemas de control y medida de todos los consumos de agua, ya sean públicos o privados.
- Mejorar la precisión y las prestaciones técnicas de los sistemas de medida y control de los consumos de agua.
- Posibilitar sistemas tarifarios y de facturación basados en las nuevas tecnologías de la información y la comunicación.

4.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS TECNOLOGÍAS DE MEDICIÓN UTILIZADAS

Según la normativa vigente sólo se contemplan dos tipos de contadores:

- Contadores de velocidad.
- Contadores de volumen o volumétricos.

Los primeros disponen de una turbina que es movida por el agua y dentro de estos contadores de velocidad se pueden distinguir:

- Contadores de chorro único (tipo U) o de molinete.
- Contadores de chorro múltiple (tipo M) o de turbina.
- Contadores de hélice (tipo Woltman).
- Contadores proporcionales.

Respecto a los contadores de volumen, el consumo de agua se mide a través de un recipiente, de manera que queda registrado el número de veces que se llena. La precisión de estos contadores se considera mayor, pues no están sometidos al posible subcontaje ocasionado por caudales reducidos, golpes de ariete, etc. Este tipo de contadores no se suele emplear en España. Dentro de estos contadores de volumen, distinguimos:

- Contadores de cilindro y pistón.
- Contadores de disco.

A nivel general, en función de los métodos de lectura de consumos, encontramos dos tipos de contadores:

- De Esfera de lecturas parciales: Antiguos, pero todavía en uso en viejas instalaciones.
- De lectura directa: El consumo se muestra mediante rodillos numerados.

Se enumeran a continuación los contadores de mayor aplicación:

Contadores de chorro único

El contador de turbina de chorro único con acoplamiento magnético transmite el giro de la turbina de forma fiable al totalizador. La versión estándar es el contador clásico y compacto para montaje sobre puente. Se encuentra disponible tanto como contador de agua fría y caliente, como para distintos caudales de paso y longitudes de construcción, lo que le proporciona una gran versatilidad para un amplio campo de aplicaciones.

Ventajas:

- Ofrece la garantía de un alto grado de exactitud y una larga vida útil. Excluye toda posibilidad de penetración de sustancias extrañas o depósitos en el totalizador de rodillos y su concepción hermética evita la entrada de salpicaduras de agua. Además, puede ser integrado sin problemas en sistemas automáticos de lectura, gracias a la disponibilidad de una variante con salida de contacto.
- Está especialmente indicado para el registro de consumos reducidos, p.ej. en apartamentos.

Inconvenientes:

- Caudales de lectura limitados.

Contadores de chorro múltiple y de hélice

Los contadores de agua de chorro múltiple y los de grandes caudales son concebidos para trabajos de mayor envergadura. Los contadores para viviendas son de turbina y chorro múltiple, y los de grandes caudales son de tipo Woltman. Son concebidos como contadores de tipo seco con acoplamiento magnético para el registro del consumo de agua fría y caliente. En el caso de uso doméstico están dimensionados para un caudal de paso nominal máximo de alrededor de 10 m³/h. Los contadores para grandes

caudales se han dimensionado para caudales nominales de aproximadamente 150 m³/h máximo.

Ventajas:

- Contadores robustos, sólidos y de larga vida útil,
- Destacada exactitud de medición, incluso bajo condiciones extremas.
- Pérdida de presión extremadamente baja.
- Los contadores de tipo doméstico también se pueden servir con salida de contacto, lo que permite su integración en sistemas de rango superior.

Inconvenientes:

- Tamaño desproporcionado para su aplicación.
- Alto coste.

Contadores electrónicos

Los contadores electrónicos son de una mayor precisión que los anteriores. Disponen de turbinas colocadas en tubos totalmente lisos de densidades similares a las del agua. El registro de volumen de agua no es mecánico, sino que se basa en la excitación de un transductor electrónico, que a su vez transmite los datos a un microprocesador. Es posible obtener series de datos estadísticos que permitan controlar mejor el consumo de agua. Además, dada la sensibilidad de estos contadores, se pueden detectar valores de consumo anómalos (por debajo o por encima de consumos tipo), lo que permite detectar fugas.

Ventajas:

- De mayor precisión que los anteriores.
- Se puede hacer una lectura de los datos de manera visual (display digital) o a través de sistemas informáticos y de comunicación.
- Se dispone en todo momento de valores de consumo reales.

Inconvenientes:

- Alto coste
- Requieren de personal cualificado para su manipulación inicial.

4.3. CONTENIDO DE LA RECOMENDACIÓN NORMATIVA

Dado lo novedoso de la instalación de contadores digitales de agua no existe una normativa específica que recoja los requisitos necesarios en las nuevas edificaciones, para permitir la inclusión de contadores digitales y su lectura a distancia. No obstante, las necesidades al respecto son limitadas y en la mayoría de los casos no se requiere de grandes inversiones para introducir estos sistemas en las edificaciones existentes. La propuesta normativa que se presenta a continuación se refiere únicamente a la instalación e interconexión de contadores, para permitir su lectura centralizada mediante T.P.L.³ o PC. No obstante, nada impediría trasponer las mismas a un Sistema de Telegestión de Contadores. Respecto a la necesidad en infraestructuras de comunicación, encaminadas a permitir la implementación de un Sistema de Telelectura de Contadores, señalar que bastará con las recogidas en la normativa relacionada con infraestructuras de telecomunicaciones en nuevas edificaciones. En esta propuesta no se ha querido definir el número máximo de contadores a interconectar, ni las distancias máximas de conexión con manguera eléctrica o utilizando par trenzado.

Para hacer posible la lectura automática de los contadores situados en armarios o registros individuales y/o cuartos o armarios de baterías de contadores, estos deberán situarse tanto en el exterior como en el interior de la finca, por parte del promotor, y a su cargo, se instalarían los siguientes elementos:

3 Terminales portátiles de lectura.

1. Caja de toma de lectura en fachada que debe cumplir los siguientes requisitos

- Irá empotrada, próxima a la entrada del edificio.
- Sus dimensiones serán de 85 x 85 x 85 mm, estará dotada de tapa exterior de protección con el anagrama de la empresa suministradora y cierre normalizado con mando triángulo macho de 7 mm.
- En su interior irá alojado un conector tipo JACK estéreo de 1 1/4" (6,35 mm) hembra con su correspondiente placa electrónica, y a ella podrán conectarse un máximo de 50 contadores.

2. Caja de derivación de lectura en interior

En el cuarto o armario de la batería de contadores, existirá una caja de derivación estanca precintable de dimensiones 100 x 100 x 50 mm, protección IP 65, que se posicionará a 25 cm de cualquiera de las tomas extremas más elevadas de la batería, y una altura sobre el suelo de 130 cm. Irá atornillada o empotrada en la pared. En su interior irá alojado un conector tipo JACK estéreo de 1 1/4" (6,35 mm) hembra con su correspondiente placa electrónica y de ella partirá un cable de un metro de longitud para su conexión con uno de los contadores de la batería. A ésta caja podrán conectarse un máximo de 50 contadores.

3. Cableado para lectura de contadores electrónicos

Para la conexión de la caja punto de lectura de la fachada con la caja de derivación interior de la batería se instalará un tubo funda corrugado reforzado, de diámetro de 25 cm. Por el interior del mismo discurrirá un cable telefónico de 6 hilos CIE 600, aislado con funda de protección de PVC o silicona. Si la longitud de hilo a instalar entre la caja de derivación de lectura interior y la caja de punto de lectura en fachada es superior a 40 metros se instalará cable manguera eléctrico de 3 x 1,5 mm².

La instalación se hará siguiendo preferentemente, líneas paralelas a las verticales y horizontales que limiten los locales donde se efectúa la instalación. Se colocarán cajas de registro, que han de quedar accesibles y con tapas desmontables, a lo largo del recorrido del tubo funda, que será por zonas comunes del inmueble y de acuerdo con las siguientes especificaciones:

- En línea recta cada 30 m de canalización.
- En tramos con una o dos curvas, cada 15 metros de canalización.

Para las curvas del tubo de protección se utilizará un radio mínimo de curvatura de 17 cm.

En caso de hacer pasar el cableado por el suelo, paralelo al tubo de alimentación general de agua o por cualquier otro lugar con posibilidad o presencia de agua, se utilizará cable eléctrico aislado con funda de protección contra la humedad ($3 \times 1,5 \text{ mm}^2$). El cable eléctrico que discurre por el tubo funda será continuo en todo su recorrido. No existirán, por tanto, conexiones intermedias entre la caja de derivación y la caja del punto de lectura, es decir, sólo se permitirán uniones en las cajas de punto de lectura y cajas de derivación, nunca en las cajas de registro intermedias. Un único cable permitirá la lectura de un máximo de 50 contadores, aunque estén instalados en baterías diferentes. En el caso de existir más de 50 contadores en el edificio, se deberá realizar una instalación independiente, como mínimo, por cada grupo de 50 contadores. Se instalará un tubo de funda corrugado y reforzado de diámetro , entre el cuarto de batería de contadores y el armario de distribución general de telefonía del edificio.

En nuevas promociones tanto de viviendas unifamiliares, como bloques de viviendas de una misma urbanización o promoción, y promociones de naves comerciales o industriales, se deberá instalar una canalización reforzada de diámetro 28 mm, dotada de cable de $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ que une entre sí la totalidad de los distintos armarios y/o contadores individuales y/o baterías.

Las recomendaciones propuestas serian de carácter obligatorio en:

- Cualquier tipo de urbanización o edificación de nueva construcción o que se someta a reforma en sus instalaciones hidráulicas tanto de carácter público como privado cuando albergue más de 50 abonados.
- Instalaciones de uso público existentes ubicadas en aglomeraciones urbanas.

Las recomendaciones serian de cumplimiento voluntario en:

- Cualquier tipo de urbanización o edificación existente, tanto de carácter público como privado.



5. RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE LA CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE AGUAS DE LLUVIA

5.1. ANTECEDENTES

Desde hace siglos y en todo el mundo, se ha recurrido a la captación del agua de lluvia, como un medio fácil y económico para el abastecimiento doméstico, para bebida de animales, jardinería y usos en agricultura. La lluvia se recogía de varias superficies, normalmente los tejados y azoteas de las casas y se almacenaban en tanques o cisternas. Con el desarrollo de los sistemas centralizados comunitarios de distribución y tratamiento de aguas, estos sistemas han sido abandonados poco a poco, aunque se estima que alrededor de 100 millones de personas en el mundo depende total o parcialmente de ellos. Sin embargo, actualmente, se siguen empleando en diversos entornos y resurge en todos los países industrializados como un elemento de innovación, diversificación y de gestión sostenible de los recursos.

En archipiélagos como Hawai y continentes enteros como Australia promocionan la recolección del agua de lluvia como fuente principal para el abasto doméstico. En las islas Bermudas, las islas Vírgenes y otras islas del Caribe donde el agua de lluvia es la opción más viable de abasto, los edificios de titularidad pública, casas privadas y turísticas recolectan y almacenan agua.

En zonas dónde los recursos hídricos y las precipitaciones son escasos, como en el archipiélago canario, la población ha desarrollado toda una cultura tradicional de aprovechamiento de este recurso que en algunas islas llega a ser un patrimonio cultural muy importante. Por ejemplo, en las condiciones prácticamente desérticas de islas como Lanzarote se puede estimar una disponibilidad de $6 \text{ m}^3/\text{año}$ por cada 50 m^2 de superficie de captación, lo que daría una cobertura desde dos meses y medio hasta más de cuatro meses del consumo en inodoros de una familia de 4 miembros, según el uso que se haga del dispositivo y la tecnología aplicada, y una cobertura total de entre 12 y 16 días. Siempre con cálculos realizados para consumos modernos. Con pautas de consumo tradicionales, más ahorradoras, e incorporando tecnologías de ahorro los periodos de cobertura pueden ser sensiblemente superiores. Esta cantidad de agua recogida, no es nada desdeñable, si además tenemos en cuenta, el coste económico asociado a la producción, transporte y distribución de agua, así como la fragilidad de los sistemas de abastecimiento al depender del suministro continuo de energía.

5.2. OBJETIVOS

El objetivo general es establecer unas recomendaciones normativas que regulen el aprovechamiento de aguas de origen pluvial en las viviendas, edificios de titularidad pública, naves industriales e instalaciones hoteleras y extrahoteleras de nueva construcción. Desde el punto de vista cualitativo la potenciación y establecimiento de esta norma en la captación, almacenamiento y uso de pluviales tiene valor estratégico pero, a la vez, consigue que se disponga de unas reservas de agua con una calidad tal, en cuanto al contenido en sales disueltas, que difícilmente se obtendría por otros medios. Este aspecto del agua de lluvia no implica que se pueda realizar un uso indiscriminado de ella, pero sí es un detalle a valorar en su justa medida.

Entre los objetivos específicos se pueden mencionar los siguientes:

- Optimización y gestión eficiente del uso de los recursos hídricos naturales.
- Sustitución del agua potable en aquellos usos en los que no se requiera un estándar de alta calidad y por tanto reducción de los consumos de agua potable.
- Disminución de los costes energéticos y económicos asociados a la potabilización de agua de otros orígenes.

5.3. CONSIDERACIONES SOBRE LA UTILIZACIÓN DE AGUA DE LLUVIA CAPTADA EN ÁREAS URBANAS: VENTAJAS E INCONVENIENTES

El agua de lluvia se caracteriza principalmente por ser un agua de tipo “blanda” (bajo contenido en carbonato cálcico), con una dureza prácticamente nula. Además, la cantidad de sólidos disueltos es muy baja así como en general, su turbidez.

A medida que el agua precipita, va disolviendo el CO_2 presente en la atmósfera y por lo tanto se vuelve ligeramente ácida (pH 5,6), valores que pueden corregirse añadiendo pequeñas cantidades de cal. Esta calidad es función de la localidad y puede verse alterada en zonas industrializadas, debido a las emisiones atmosféricas de gases. Una vez que el agua de lluvia entra en contacto con la superficie de recolección, arrastra gran cantidad de partículas y microorganismos (bacterias, hongos, etc.) que llegan al tanque de almacenamiento. En función del uso final que se desee dar al agua, se deberá realizar un tipo de tratamiento u otro. Si el agua se utiliza con fines domésticos y/o alimentarios se debería someter a un exhaustivo sistema de filtrado y desinfección (potabilización). Si el uso final es el riego o usos interiores que no requieran aguas potables (como es el caso de aguas de limpieza o inodoros) no será necesario realizar un tratamiento tan estricto.

Los principales agentes de desinfección disponibles en el mercado⁴, aplicables también a las aguas de lluvia que se requiera su utilización en usos domésticos, son tres: cloro, ozono y luz ultravioleta:

- **Cloro:** es el desinfectante más utilizado debido a su bajo coste, solubilidad en agua, disponibilidad y efectividad. Se puede disponer en forma granular o en tabletas y las formas químicas pueden ser: cloro gas, hipoclorito de calcio, hipoclorito de sodio, etc. Esta desinfección se puede hacer manual o con una bomba de dosificación. Las concentraciones de cloro libre en el agua suelen medirse con un test de Cl para piscinas. Se recomienda que el nivel de cloro esté entre 1 mg/l y 2 mg/l. La principal desventaja de este compuesto es la formación de compuestos orgánicos halogenados (trihalometanos) de propiedades cancerígenas en presencia de materia orgánica.
- **Ozono:** es una forma de oxígeno que se produce al pasar el aire u oxígeno puro a través de un campo eléctrico muy potente. El ozono reacciona rápidamente frente a los microorganismos ya que es tóxico para los mismos “per se” y además oxida la materia orgánica presente en el agua. La capacidad de desinfección depende de la concentración en la que se encuentre, tiempo de contacto y el de los agentes patógenos. Recientemente se han desarrollado equipos compactos de uso domiciliario. La principal desventaja que presenta y por tanto limita su uso es su alto coste.
- **Luz ultravioleta:** los microorganismos son inactivados debido al daño fotoquímico del ácido nucleico. La alta energía asociada de onda corta (rango 240-280 nm) es absorbida por el DNA o RNA celular. La eficiencia del sistema UV depende de las características del agua, intensidad de la radiación UV, tiempo de exposición del

4 En el saber popular existen otros sistemas tradicionales de conservación y tratamiento del agua de lluvia almacenada que no son objeto de este trabajo.

microorganismo y la configuración del reactor. Para estos sistemas es necesario la presencia de un prefiltro ya que este sistema sólo es eficiente a concentraciones de sólidos en suspensión inferior a 30 mg/l. La unidad de UV debe estar correctamente calibrada y testada antes de su instalación con la finalidad de asegurar la completa desinfección del agua.

En general, la captación y aprovechamiento de agua de lluvia presenta las siguientes ventajas e inconvenientes:

Ventajas:

- Diversificación de los recursos hídricos utilizables.
- Alta calidad físico-química del agua de lluvia.
- Sistema independiente y por lo tanto, ideal para áreas aisladas.
- Requerimientos mínimos de energía para la operación del sistema.
- Fácil mantenimiento.
- Posibilidad de empleo de mano de obra local en la implantación de los sistemas.
- Bajo costo de las instalaciones.
- Reducción de costos energéticos globales, sustituyendo la utilización de parte del agua de otros orígenes.
- Ahorro económico para el usuario, evitando parte de los costes asociados a la compra de agua.
- Adquisición de capacidad de almacenamiento de recursos hídricos que pueden tener valor estratégico en determinadas circunstancias.

Inconvenientes:

- La cantidad de agua de lluvia captada depende de la pluviometría de la zona.
- El agua puede llegar a contaminarse en la propia superficie de captación o en el depósito de almacenamiento.
- Los depósitos aumentan los costos de inversión en la edificación y pueden llegar a ser un factor limitante.

- Para la reutilización interior en inodoros es necesario doble canalización y bombeo, así como desinfección, lo que conlleva un aumento de los costes.

5.4. CONTENIDO DE LA RECOMENDACIÓN NORMATIVA

Los edificios de nueva construcción tienen la posibilidad, con garantías, de recoger, almacenar y reutilizar las aguas pluviales. Para ello, deberán disponer de sistemas captadores de agua pluvial en los techos o cubiertas y contar con sus correspondientes sistemas de almacenamiento y aprovechamiento del recurso. Además, los sistemas instalados deberán adoptar los mecanismos de tratamiento y desinfección del agua acordes con el uso final previsto. Las condiciones específicas de usos del agua a reutilizar se deben adaptar según el uso final del agua captada.

Los sistemas de captación de pluviales deben constar de cuatro componentes:

- Captación: que está constituido por la superficie del techo del edificio. Dicha superficie debe contar con una extensión e inclinación adecuada para la escorrentía del agua hacia el sistema de recolección. La superficie debe estar construida con materiales impermeables e inertes, de forma que no liberen ningún componente que pueda alterar la calidad final del agua.
- Recolección y conducción: lo constituyen las tuberías o canaletas que transportan el agua recogida hacia el tanque de almacenamiento. El material de construcción de los mismos debe ser inerte. El sistema debe contar con dispositivos que filtren o retengan materias, con el fin de evitar la obstrucción de las tuberías y la contaminación del agua.
- Interceptor: consiste en un dispositivo de descarga de las primeras aguas de lavado del techo. Este dispositivo impide que material contaminante llegue al depósito de almacenamiento.

- Almacenamiento: depósito destinado a acumular el agua recogida de lluvia. Este depósito debe ser impermeable, estanco, disponer de una entrada que permita su limpieza regular y contar con filtros a la entrada.

Las aguas recogidas serán reutilizadas en las propias instalaciones o edificaciones y los usos previstos como recarga de cisternas, sistemas contra incendios, riego de jardines, riego agrícola, etc., dependerán del tipo y ubicación de la edificación.

Los criterios microbiológicos y físico-químicos que debe cumplir el agua en función del uso final, y las características técnicas de los captadores de agua pluvial, así como las condiciones de instalación de las mismas, deben recogerse en las normativas locales que se aprueben.

Las nuevas edificaciones deberían dotarse con una cierta capacidad de captación y almacenamiento de recursos naturales que pueden llegar a tener un valor estratégico. La instalación a realizar y sus características serán las siguientes:

- Superficie de captación: Se deben utilizar como superficies de captación no sólo las cubiertas y azoteas de la actividad, sino que también se deben habilitar zonas de captación adicionales con el fin de almacenar el máximo de volumen de agua de lluvia posible. Para ello se exige que la cubierta del depósito de almacenamiento de estas aguas, si es exterior, esté considerado como cubierta de captación y se recogerán también las aguas recolectadas por vías internas al aire libre. Todas las zonas de captación dispondrán de un filtro o sistemas de mallas con el fin de evitar posibles obturaciones y alteración de la calidad del agua por materiales indeseables.
- Derivador: Mecanismo físico encargado de derivar las primeras aguas de lluvia hacia la red de alcantarillado. Este dispositivo impide que material indeseable o aguas de muy baja calidad entren en el tanque de almacenamiento. Para el diseño del derivador se debe

tener en cuenta que el volumen estimado para “lavar” 1 m² de superficie es 1 litro. El volumen que resulta de la limpieza de la superficie captadora debe ser derivada al sistema de alcantarillado.

- Red hidráulica de recolección: Toda instalación de captación y almacenamiento de pluviales debe contar con una red exclusiva para la recolección y transporte de esta agua. Las tuberías de conducción del agua pluvial deberán ser de color marrón y deberán estar instaladas de tal forma, que no exista posibilidad alguna de entrar en contacto con el agua destinada al consumo público. Serán de HDPE⁵ y tendrán la señalética mínima que permita la identificación de las mismas como aguas no potables.
- Depósito de almacenamiento: Depósito exclusivo para almacenar aguas pluviales, ubicado de manera que su cubierta sirva de superficie de captación, si es posible. Su dimensión seguirá el ratio de 16 m³ de capacidad por cada 100 m² de superficie de captación global, siendo como mínimo de 15 m³ de capacidad. Contará con un rebosadero que estará conectado a la conducción de aguas grises (si existiera) y a la red de saneamiento y dispondrá de una alimentación desde la red municipal de abasto. Esta conexión, no podrá entrar en ningún caso en contacto con el nivel máximo del depósito. Se procederá a la limpieza interior del depósito de almacenamiento como mínimo una vez al año. El depósito debe estar protegido contra retornos de agua o cualquier otra causa de contaminación.
- Los depósitos de agua de lluvia tendrán que guardar, como mínimo las siguientes distancias:
 - a) 10 metros a fosas sépticas y/o pozos negros.
 - b) 1,50 metros a red subterránea de aguas fecales y/o grises.

5 Polietileno de alta densidad (HDPE – 0,955 gr/cm³).

Todos los elementos integrantes del sistema de captación de aguas fluviales, deberán estar contruidos y en su caso impermeabilizado o protegido con materiales que no introduzcan en el agua cualquier elemento que degraden la calidad de la misma.

En el caso de edificación turística/industrial de nueva construcción, ya sea pública o privada, los usos permitidos para el agua captada serían instalaciones contraincendios, limpieza de superficies, riego (jardines) u otro uso que disponga la actividad realizada, considerándose que en ningún caso se podrá utilizar el agua captada para fines domésticos y/o alimentarios. Si se le quiere dar un uso alternativo dentro de la actividad desarrollada, se deberá realizar un análisis físico-químico del agua captada y cumplir con los criterios establecidos en 98/83 CE relativa a la calidad de aguas destinadas a consumo humano.

En el caso de edificación residencial de nueva construcción, fuera de entramados urbanos, los usos permitidos, además de los especificados para las edificaciones turísticas/industriales, serán el riego de jardines comunes y el riego agrícola. En ningún caso, se podrá utilizar el agua captada para fines domésticos y/o alimentarios.

Para cualquier tipo de edificación y zona, si se combinan esta agua con las grises, el único uso permitido es la descarga en inodoros. Los criterios a seguir se detallan en las recomendaciones normativas para la reutilización de aguas grises.



6. RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES

Desde el punto de vista de la gestión de la demanda la reutilización de aguas debe plantearse prioritariamente como una fuente que sustituye recursos de otras procedencias de mayor impacto ambiental o de mayor coste de obtención. Por lo cual, habría que propiciar que el agua depurada (gris o residual) se utilice de forma prioritaria para sustituir de determinados usos que actualmente se realizan con agua potable procedente de aguas subterráneas o de desalación y que no requieren agua de alta calidad. Todo ello con el fin de liberar recursos para otros usos más exigentes y suavizar las pendientes de las curvas de crecimiento que experimentan las necesidades de producción. En este marco las aguas grises pueden convertirse en un recurso de agua doméstico valorizable.

6.1. OBJETIVOS

Los principales objetivos de estas recomendaciones son:

- Disminuir el consumo de agua potable en aquellos usos que no requiera estándares de alta calidad.
- Mejorar el uso eficiente de los recursos naturales e industriales disponibles.

- Divulgar y promover la reutilización de las aguas grises, no sólo en la nueva edificación sino también en la existente.
- Regular y optimizar los usos de las aguas grises.

6.2. POTENCIAL DE APLICACIÓN Y AHORRO

Las “aguas grises” se definen como las aguas procedentes de bañeras, duchas y lavabos, así como las fracciones no grasientas de aguas de fregaderos, y las aguas de aclarado de lavavajillas y lavadoras (Estevan A., 1996). La reutilización de estas aguas, dentro de un mismo edificio, consigue disminuir el consumo en agua potable, así como reducir el vertido de aguas residuales. Esta reutilización no es sólo aplicable a hogares, sino también a polideportivos, edificios de titularidad pública, hoteles, complejos de apartamentos y algunos tipos de industrias, como pueden ser las lavanderías. Dicha reutilización requiere de un proceso de depuración adecuado. El objetivo de este proceso es recoger el agua que es usada para aseo, principalmente (lavamanos, bidet, ducha, bañera, lavadoras y lavavajillas) en un sistema separado, constituido por tuberías independientes, para tras un proceso de decantación ser sometidas a un tratamiento biológico y/o físico-químico de depuración y de desinfección. Después del tratamiento adecuado a cada posible reuso, las aguas grises tratadas requieren ser bombeadas a una segunda red de canalización y distribuidas a los lugares de consumo no potable: recarga de cisternas de inodoro, riego de jardines o limpieza de recintos.

Las dotaciones de agua por habitante y día en ciudades varían enormemente y están determinadas por factores como el número de ocupantes por vivienda, edad de los individuos, tipo de vida y patrón de usos del agua. En la España, por ejemplo, se pueden encontrar dotaciones netas que van desde los 100 l/habitante-día hasta más de 350 l/habitante-día, consecuentemente, la cantidad de agua residual generada en un domicilio también variará de la misma forma.

El volumen de agua potable ahorrado varía en función del uso final de las aguas tratadas. Considerando únicamente la reutilización en la recarga de las cisternas de los inodoros, podemos considerar un ahorro potencial de, 20 litros como mínimo, por persona y día.

Los sistemas de captación de aguas grises, puede ser fácilmente combinados con los sistemas de captación de pluviales, reduciendo así, significativamente los costos de los dos sistemas separados y además, presenta la ventaja que el agua gris se puede diluir con el agua lluvia, mejorando la calidad y aspecto del agua utilizada en los sanitarios. En estos casos, las aguas a través de ambas conducciones se recogen en un único depósito de almacenamiento y son tratadas de acuerdo al uso final previsto.

6.3. CONSIDERACIONES SANITARIAS Y MEDIOAMBIENTALES

Las autoridades sanitarias contemplaron con recelo, hasta hace unos años, la instalación de los sistemas de recogida, tratamiento y distribución de aguas grises. Algunas de las ciudades pioneras⁶ en los programas de conservación promulgaron a finales de los años ochenta ordenanzas reguladoras del uso de aguas grises en sus respectivos municipios. Por ejemplo, La ordenanza 1319/90 de la ciudad de Lompoc (California), autoriza el uso de aguas grises procedentes de lavadoras, bañeras, duchas y lavabos para el riego de árboles (incluidos frutales), matorrales y arbustos ornamentales, pero no para el riego de césped, ni de hortalizas (USEPA, 1995).

Las aguas grises no están exentas de contaminantes, pero en concentraciones sensiblemente menores que las aguas negras. El contenido en nitrógeno (como nitrito y nitrato) es menor que una décima parte del nitrógeno que presentan las aguas negras. El peligro debido a la presencia de organismos patógenos se reduce ya que se elimina la entrada de ma-

6 La mayoría situadas en el estado de California, EE.UU.

teria fecal que puede llevar organismos patógenos. A la vez, al presentar menor cantidad de materia orgánica, ésta se degrada más rápidamente. Por estas razones, el tratamiento que deben recibir es más simple y menos costoso que el que sufren las aguas residuales en general. No obstante, las aguas grises no tienen por que generar malos olores en sus reúsos, aunque si se almacenan adquieren rápidamente condiciones anaerobias. Las aguas grises sépticas pueden dar problemas de malos olores como cualquier agua residual y, además, pueden contener bacterias anaerobias, algunas de las cuales podrían ser patógenas. Consecuentemente, una clave del éxito en el uso de las aguas grises reside en el tratamiento y reutilización inmediatas, antes de haber alcanzado el estado anaeróbico o aplicar un tratamiento a estas aguas, que eviten dichas condiciones.

Asimismo, las aguas grises contienen sustancias que pueden ser perjudiciales para aplicaciones al suelo, si no se siguen prácticas sostenibles en su reutilización para riego agrícola o de zonas ajardinadas. El suelo puede ser capaz de adsorber, absorber, asimilar y tratar impurezas químicas que no son degradadas a medio o corto plazo en el suelo. Hay que tener en cuenta que los sistemas de tratamiento de aguas grises domésticas se diseñan principalmente para tratar la materia orgánica presente y no especialmente para reducir el contenido en sustancias químicas como Sodio, Cloro, Nitratos y Fosfatos contenidos en las aguas grises. No obstante, la presencia de estos y otros elementos como el boro y el grado de impacto medioambiental de las aguas grises puede controlarse, regulando el uso de detergentes realmente biodegradables y productos de limpieza en polvo que utilizan sales de potasio.

6.4. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

La experiencia desarrollada en muchos países ha probado la eficacia de la reutilización de aguas grises. Los equipos de filtración y acondicio-

namiento de aguas grises, tanto para viviendas unifamiliares como para usuarios de mayor consumo, se comercializan en Estados Unidos desde los años setenta.

Existen dos tipos principales de sistemas de desviación de aguas grises:

- Sistemas de desviación por gravedad.
- Sistemas de desviación por bombeo.

Los sistemas de desviación por gravedad incorporan una válvula manual fijada a la salida de la tubería de desagüe. Esta válvula puede ser activada por el propio usuario y desviar las aguas grises hacia un depósito de almacenamiento. Estas aguas no deben ser almacenadas si se aplican en el riego de zonas ajardinadas. El depósito de almacenamiento suele colocarse en el exterior de las casas y el agua se destina al autoconsumo. Aunque esta práctica es frecuente a nivel mundial, la falta de control de la calidad del agua puede conllevar riesgos sanitarios, por lo que no es recomendable si no existen los debidos controles.

Los sistemas de desviación por bombeo son más complicados. Incorporan una red de cañerías específica que recogen las aguas procedentes de lavabos, duchas y lavadoras. Estas van a parar a un depósito, el cual dispone de un filtro previo, con el fin de eliminar el mayor número de partículas posible. Las aguas una vez filtradas y a través de un sistema de bombeo, son desinfectadas y conducidas a su punto de uso, a través de un sistema de conducción de aguas para su reutilización. El depósito de almacenamiento, se suele colocar en el interior de los edificios, generalmente en los sótanos, y los usos posibles son varios como limpieza de superficies comunitarias, riego de jardines interiores, recarga de cisternas de inodoros, etc. Atendiendo al uso final, el tipo de tratamiento a realizar, así como el equipamiento necesario, varía de unos casos a otros.

6.5. VENTAJAS E INCONVENIENTES

Entre los beneficios e inconveniente que la reutilización de aguas grises puede aportar, están los siguientes:

Ventajas:

- El uso de las aguas grises con fines domésticos reemplaza el uso de agua potable, disminuyendo los costes asociados a su captación, producción y distribución.
- Requieren un tratamiento de depuración menor que las aguas negras, de cara a su reutilización.
- Al disminuir el volumen de agua residual, se reducen los costes asociados a las nuevas instalaciones de tratamiento de aguas residuales.
- Suponen un aporte de nutrientes (nitrógeno y fósforo) para las plantas, mejorando así su crecimiento.

Inconvenientes:

- Contiene ciertos elementos como Sodio, Boro y Cloruros que pueden ser dañinos en el riego de ciertas especies sensibles, si no se manejan adecuadamente.
- El uso generalizado de las aguas grises, puede conllevar menor disponibilidad y mayor concentración de las aguas depuradas destinadas a otros usos.
- El tratamiento o manejo indebido puede acarrear ciertos riesgos para la salud humana.
- Aunque aporta nutrientes al suelo, su uso indiscriminado puede conllevar riesgos a medio-largo plazo.

6.6. CONTENIDO RECOMENDACIÓN NORMATIVA

La reutilización de las aguas grises es una forma más de realizar un uso eficiente del agua y por tanto de disminuir el consumo de agua potable en usos que no lo requieren, con el consiguiente ahorro económico para los usuarios. Si bien esta tecnología no está ampliamente implantada, es necesario que estas recomendaciones normativas regularicen y promuevan su uso, en condiciones de seguridad y ventaja para los usuarios.

Con el fin de obtener aguas grises de alta calidad y evitar riesgos sanitarios y/o medioambientales, se recomienda que la recogida de las aguas grises proceda exclusivamente de duchas y lavamanos y que se reutilicen sólo en la descarga de inodoros o el riego de jardines.

Las instalaciones previstas deberán contar con:

- Una red hidráulica de recolección y transporte exclusiva.
- Un sistema de tratamiento que adecue las características del agua recolectada y la adapte a su uso.
- Un depósito de almacenamiento exclusivo para almacenar aguas grises (se tomará como referencia para su dimensionado los datos de producción de aguas grises particulares).

Estas recomendaciones normativas podrían ser de aplicación en:

- Cualquier tipo de edificación turística, pública o privada.
- Cualquier tipo de infraestructura pública de servicios a la comunidad.
- Cualquier tipo de edificación residencial.
- Cualquier tipo de edificación del sector servicios.

Las instalaciones previstas deberán contar como mínimo con:

- *Red hidráulica de recolección:* Toda instalación de recogida y almacenamiento de aguas grises debe contar con una red exclusiva. Las tuberías de conducción serán de color gris y deberán estar ins-

taladas de tal forma que no exista posibilidad alguna de entrar en contacto con el agua destinada al consumo público. Serán de HDPE⁷ y tendrán la señalética mínima que permita la identificación de las mismas como aguas no potables.

- *Sistema de tratamiento*: Es necesario disponer de un sistema de filtración y desinfección para eliminar las sustancias sólidas y agentes patógenos, respectivamente, antes de su almacenamiento.
- *Depósito de almacenamiento*: Exclusivo para almacenar aguas grises. Se tomará como referencia para su dimensionamiento una recolección media de aguas grises de por residente y por día. El depósito se dimensionará para tres (3) días de almacenamiento mínimo. Contará con un rebosadero que conecte con la red de saneamiento y dispondrá de una alimentación desde la red municipal de abasto y una conexión desde el depósito de aguas pluviales por si se quiere aportar caudal de éstas últimas. La conexión desde la red de abasto, aportará caudal siempre y cuando el volumen de agua generado no satisfaga conexión, no podrá entrar en ningún caso en contacto con el nivel máximo del depósito. Se procederá a la limpieza interior del depósito de almacenamiento como mínimo una vez al año. El depósito debe estar protegido contra retornos de agua o cualquier otra causa de contaminación. El depósito tendrá que guardar, como mínimo las siguientes distancias: 10 metros a fosas sépticas y/o pozos negros; 1,50 metros a red subterránea de aguas fecales. El depósito de almacenamiento debe tener las siguientes características: debe estar ventilado, debe tener un acceso para su limpieza (una vez al año), todos los accesos deben ser estancos y a prueba de insectos, el fondo debe ser cónico.
- *Red hidráulica de servicio a cisternas*: Toda instalación de transporte de aguas grises a los depósitos de las cisternas debe contar

7 Polietileno de alta densidad (HDPE – 0,955 gr/cm³).

con una red exclusiva. Las tuberías de conducción serán de color gris y deberán estar instaladas de tal forma que no exista posibilidad alguna de entrar en contacto con el agua destinada al consumo público. Serán de HDPE y tendrán la señalética mínima que permita la identificación de las mismas como aguas no potables.

Todos los elementos integrantes del sistema de captación y distribución de aguas grises, deberán estar contruidos y en su caso, impermeabilizado o protegido con materiales que no introduzcan en el agua cualquier elemento que degraden la calidad de la misma. Las aguas grises, reutilizadas en la recarga de cisternas deben cumplir los siguientes requisitos:

- Huevos de nemátodos intestinales: < 1 huevo/10 l.
- Escherichia coli o ufc/100 ml.
- Sólidos en suspensión < 10 mg/l.
- Turbidez < 2 NTU.



7. RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA PROMOCIÓN DE LA JARDINERÍA CON BAJOS REQUERIMIENTOS HÍDRICOS

En las zonas más áridas, donde se está produciendo un importante crecimiento urbano, tanto del sector residencial como del sector servicios, la tendencia es la de introducir un tipo de estética y diseño en cuanto a jardinería se refiere, más propio de lugares con abundancia de agua. Es precisamente, en países donde está muy arraigada la práctica de las praderas verdes y en los que se ha tomado conciencia de la necesidad de preservar los recursos hídricos, donde está surgiendo una nueva cultura del diseño de espacios ornamentales en torno a la xerojardinería⁸. No deja de ser atractivo en estas zonas áridas, desde el punto de vista de la gestión sostenible de los recursos y del paisaje, el mantener y potenciar una cultura propia en el diseño de áreas con fines ornamentales. Por lo General existe un enorme potencial de recursos biológicos autóctonos o endémicos adaptados a las más diversas condiciones bioclimáticas que pueden ayudar a crear espacios de gran originalidad y belleza. Estas circunstancias ofrecen un importante potencial para diseñar y definir espacios ajardinados que se adapten a las condiciones climáticas locales con mínimos requerimientos de riego y mantenimiento.

8 Jardinería basada en el uso de plantas de bajo consumo hídrico.

7.1. OBJETIVOS

Los principales objetivos serían:

- Fomentar el uso racional del agua en el diseño y mantenimiento de parques y jardines, públicos y privados.
- Valorizar y generalizar los jardines con especies xerófilas y autóctonas como elemento cultural en armonía con el entorno, incidiendo en destacar su valor estético, así como su riqueza y diversidad.
- Promover el uso de técnicas que minimicen las necesidades de agua y fomenten el riego eficiente.

7.2. PAUTAS DE DISEÑO DE ZONAS AJARDINADAS

El diseño y restauración paisajística de zonas áridas (*xerojardinería*) es, a la vez, una pauta de comportamiento y concepto de diseño⁹. Se establecen una serie de principios fundamentales¹⁰:

- Planificación y diseño adecuados.
- Análisis del suelo.
- Selección adecuada de plantas.
- Uso de *mulching*.
- Mantenimiento adecuado.
- Sistemas eficientes de riego.

En el diseño, es necesario considerar la situación, ubicación y emplazamiento de los terrenos; el origen del suministro de agua y su calidad, el entorno urbanístico y la zonificación que se pretenda dar a la zona ajardinada. En la selección y gestión de las plantas es necesario considerar los siguientes aspectos:

9 Sánchez, J., Jornadas Internacionales de Xerojardinería Mediterránea, 2001.

10 National Xeriscape Council, EUA.

- Selección de plantas con un mínimo requerimiento hídrico: aportes sólo en el período de establecimiento, a menos que existan condiciones de extrema sequía.
- Selección de diversidad de especies para evitar problemas de plagas y enfermedades monoespecíficas.
- En cuanto a las especies, es recomendable utilizar especies autóctonas por su mejor adaptación a la zona y como una forma de aprovechar las potencialidades locales. Potenciar la biodiversidad, dar originalidad a los diseños y establecer una tipología propia de jardinería adaptada a zonas áridas.
- No realizar plantaciones excesivamente densas.
- No realizar riegos excesivos sobre plantas tolerantes a la sequía, para evitar su debilitamiento.
- Utilización de pantallas cortavientos.
- Utilización de plantas tapizantes.

El *mulch* es una técnica que utiliza materiales orgánicos o inorgánicos para reducir la evaporación del suelo y eliminar gran parte de malas hierbas. Es tradicional en algunas zonas como Lanzarote, el uso de cenizas volcánicas piroclásticas para esta función. También es posible utilizar restos de podas o de hierba.

7.3. SISTEMAS DE RIEGO

La utilización de sistemas de riego adecuados y óptimos para cada caso es indispensable, así como el conocimiento de la calidad y origen del agua de riego. En muchos lugares es cada vez más común el uso de aguas regeneradas, lo que condiciona el sistema de riego a utilizar. Los sistemas de riego¹¹ más utilizados en jardinería de bajo consumo son:

11 Fundación Ecología y Desarrollo, Guía práctica de xerojardinería y Portal El Riego <http://www.elriego.com>

	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Aspersión (aspersores o difusores)	<ul style="list-style-type: none">• Eficacia en suelos con alta velocidad de infiltración• Distribuyen el agua de forma bastante homogénea.• Rápida amortización y ahorro de mano de obra.	<ul style="list-style-type: none">• El riego no es uniforme cuando hay viento• Una parte del agua que queda mojando la superficie se evapora.• En caso de riego con aguas depuradas, al mojar las hojas o dispersar microgotas puede generar problemas sanitarios.• No se puede evitar la aparición de malas hierbas.• Requiere presión.
Localizado (goteo)	<ul style="list-style-type: none">• Menor evaporación de agua.• Permite un ahorro considerable (60% - 80% menos que con aspersión).• Exige poca presión.• Posibilidad de empleo de aguas regeneradas con mínimos riesgo sanitario.	<ul style="list-style-type: none">• Coste mayor de la instalación.• Pueden aparecer problemas de obturación de los goteros por dureza o impurezas en el agua (aguas regeneradas).• En terrenos salinos puede provocar aflojamiento de sales.• Mayor vigilancia y mantenimiento.• Precisa equipos auxiliares (filtros etc.).

	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Localizado (microaspersores o microdifusores)	<ul style="list-style-type: none"> • Sustituye a la aspersion cuando no hay presión. • Sustituye al goteo cuando hay concentración de sales. • Al ser un riego localizado tiene una mayor eficacia. • Mayor economía del agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento y vigilancia continuada. • Al tratarse de un riego semilocalizado existen pérdidas por evaporación
Localizado (enterrado)	<ul style="list-style-type: none"> • Ahorro de agua de un un 20% superior que el riego por goteo. • Idónea disponibilidad de humedad en el suelo. • Alta uniformidad de distribución del agua. • No se ve el riego, y la instalación está protegida contra el vandalismo y los daños accidentales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Posibles obturaciones de los poros. • Intrusión de raíces. • Mayores costes de instalación y reemplazo.
Manual	<ul style="list-style-type: none"> • Útil para zonas que necesitan aportaciones puntuales de agua sin necesidad de instalación de riego. 	<ul style="list-style-type: none"> • Difícil de calcular la cantidad de agua aportada. • Difícil acoplamiento a la velocidad e infiltración del suelo

7.4. CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

La utilización de técnicas de jardinería de bajo consumo de agua requiere su potenciación en los nuevos desarrollos urbanísticos. Además, se hace necesario investigar en innovación, siempre con las premisas de la *xerojardinería*. Dada la variedad de diseños, especies utilizables, sistemas de riego y aplicaciones, así como las condiciones locales específicas, no es posible definir una recomendación normativa demasiado específica, siendo necesaria la adaptación a las condiciones locales. Por tanto, sería necesario realizar estudios lo más exhaustivos posibles sobre la jardinería en cada zona: prácticas tradicionales, listados de especies autóctonas utilizables, sistemas de riego aplicables para cada caso, prácticas de mantenimiento necesarias, etc., para poder definir reglamentos técnicos, así como programas de formación y sensibilización dirigidos a técnicos, personal de mantenimiento, empresarios turísticos y ciudadanía en general.

El ámbito de aplicación de estas recomendaciones debería ser:

- Cualquier tipo de proyecto de urbanización de nuevo desarrollo, ya sea de carácter residencial, turístico, industrial o servicios de titularidad pública.
- Cualquier tipo de nuevo desarrollo de parques, jardines u ornamentación de vías y accesos.
- Cualquier tipo de nuevo desarrollo en suelo rústico o urbanizable que tenga fines recreativos o de restauración del paisaje.

Los nuevos desarrollos o remodelaciones, en caso de que contemplen áreas ajardinadas, plantaciones de cualquier tipo de especies vegetales o instalación de riego, deben dotarse de proyectos específicos para tales fines. Los proyectos serán evaluados por las autoridades locales competentes en cada uno de los ámbitos de actuación.



8. RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE MATERIALES UTILIZADOS EN LAS REDES HIDRÁULICAS DE ABASTECIMIENTO

El abastecimiento y saneamiento de agua potable en edificaciones y urbanizaciones en general, demanda unas condiciones específicas de salubridad y eficiencia y la consiguiente reglamentación que establezca, claramente, los requisitos mínimos y necesarios a reunir por cualquier instalación de transporte de agua. Existen factores determinantes, como son el tipo de materiales a utilizar, las condiciones de diseño y la eficiencia de la instalación, etc., que son necesarios determinar y caracterizar en las recomendaciones normativas. En cierta forma, basta con cumplir la normativa legal vigente para asegurar la capacidad y la seguridad de una instalación, pero hay una serie de consideraciones importantes en relación a los materiales a emplear, que se dejan a la decisión arbitraria de los promotores, como son: la utilidad, la salubridad, la eficiencia energética, el coste de la instalación, así como posibles aspectos relativos al impacto medioambiental. Precisamente uno de los aspectos más importantes a considerar, aparte del control continuo, para la minimización de las pérdidas en las redes, es la correcta selección de materiales y formas de instalación.

8.1. OBJETIVOS

Los principales objetivos a incluir en esta orientación son:

- Garantizar la minimización de las pérdidas hídricas durante el período de vida útil de las redes hidráulicas.
- Evitar pérdidas de carga en redes hidráulicas para maximizar la eficiencia energética de las instalaciones.
- Alargar los períodos de vida útil de las redes hidráulicas.
- Especificar los materiales más idóneos para el proyecto y ejecución de las redes hidráulicas, desde el punto de vista del impacto ambiental.

8.2. LOS MATERIALES Y SU SELECCIÓN. VENTAJAS E INCONVENIENTES

La elección de los tipos de tuberías, desde el punto de vista de la eficiencia hidráulica, debe realizarse teniendo en cuenta las siguientes cualidades:

- Resistencia a las acciones mecánicas
- Corrosividad (aguas y terrenos agresivos).
- Impermeabilidad.
- Capacidad hidráulica (grado de rugosidad de la superficie interior de los tubos, a mayor rugosidad, mayor pérdida de carga, menor rendimiento hidráulico).
- En determinadas tuberías, la rugosidad tiende a incrementarse durante su período de servicio, por sedimentación calcárea (conducción de aguas duras), por corrosión (conducción de aguas salobres), etc. El espesor de la capa de depósitos puede llegar a producir una disminución de la sección útil en estas tuberías.
- Coste (coste inicial y coste de amortización). En la organización de una explotación hay que tener en cuenta el coste inicial (tipo de materiales, facilidad de montaje) y el coste de amortización (número de averías, grado de dificultad de las operaciones de mante-

nimiento, condiciones de conexión de las acometidas, operatividad probable de las redes en función de las condiciones del terreno de las aguas, etc.).

- Los materiales empleados en tubería y grifería de las instalaciones interiores de abastecimiento deberán ser capaces, de forma general y como mínimo, de soportar una presión de trabajo de 15 kg/cm², en previsión de la resistencia necesaria para soportar la de servicio y los golpes de ariete provocados por el cierre de los grifos.

A continuación, se detallan las características más destacadas de los materiales de mayor utilidad.

8.2.1. TERMOPLÁSTICOS

Se deben de tener en cuenta varios factores para la elección de un plástico, tales como la oscilación de temperaturas, la oxidación, la radiación solar, así como determinados elementos agresivos que se encuentran en el medio o en las aguas que se conducen, ya que pueden producir en las tuberías de plástico un prematuro envejecimiento. Este prematuro envejecimiento también se puede producir por causas funcionales como son los excesos de presión y depresión o el sometimiento de las tuberías a desmesurados esfuerzos de tracción, compresión, flexión etc. La resistencia y durabilidad de las tuberías resultan fundamentales si se quiere disponer de conducciones estables en el tiempo y con el mínimo de roturas y pérdidas.

Los materiales termoplásticos de mayor utilidad son:

- **Polietileno (PE).** De fácil uso y con mayores prestaciones para el saneamiento de agua fría. Se distinguen de tres tipos:
 - Polietileno de baja densidad (LDPE – 0,925 gr/cm³).
 - Polietileno de media densidad (MDPE – 0,930 gr/cm³ a 0,945 gr/cm³).
 - Polietileno de alta densidad (HDPE – 0,955 gr/cm³).

- **Polipropileno (PP):** El PP es un material menos maduro que el PE en su aplicación a tuberías, aunque ya alcanza aproximadamente el 20% del mercado europeo de tuberías, gracias a la aparición de nuevos tipos que combinan muy favorablemente las propiedades de rigidez y resistencia al impacto.
- **Polibutileno (PB):** El PB es un material muy flexible, el más flexible del mercado. Presenta una elevada resistencia térmica y una baja deformación. Tiene grandes ventajas de cara a su instalación y los accesorios de unión son totalmente reutilizables. El PB es ideal para redes sanitarias de agua caliente.
- **Policloruro de Vinilo (PVC):** En muchas regiones españolas y países del mundo se ha prohibido la utilización del PVC para la canalización de aguas potables. El PVC es un plástico que lleva cloro en su composición (el 57% del plástico virgen es cloro). Su fabricación, al igual que otros procesos industriales que utilizan cloro, implica la formación y emisión al medio ambiente de sustancias tóxicas, persistentes y bioacumulativas (se acumulan en los tejidos de los organismos que incorporan estas sustancias). Los gases, aguas residuales y residuos emitidos y vertidos por las fábricas de este plástico contienen sustancias extremadamente tóxicas. La fabricación de este plástico también requiere mucha energía. Este aspecto no se suele tener en cuenta cuando se compara el consumo energético de la fabricación de este producto con el de otros materiales. Las alternativas son, en algunas ocasiones, más caras que el PVC, pero sus ventajas ambientales, técnicas y su mayor duración compensan, desde el punto de vista de la sostenibilidad, la mayor inversión inicial. Además, previsiblemente el incremento de la demanda de estos materiales alternativos reducirá a medio plazo su coste. Estas alternativas muestran que es posible reducir, e incluso evitar, el uso de PVC en la construcción o renovación de redes de agua potable y saneamiento.

8.2.2. FUNDICIÓN DÚCTIL

La fundición dúctil es un tipo de fundición especial compuesta por aleaciones con un contenido en carbono entre el 2,5 y 4%, a la que se incorpora una aleación de cobre y magnesio que le confiere unas cualidades especiales. Tiene una gran resistencia a la tracción y al impacto y un elevado límite elástico ante deformaciones y dilataciones.

8.2.3. FIBROCEMENTO

El fibrocemento es un material compuesto de cemento Portland y fibras naturales (también se le conoce con el nombre de amianto – cemento o asbesto). En el abastecimiento se utilizan los tubos de fibrocemento a presión que se montan con accesorios de fundición o de amianto – cemento. Este mineral está proscrito en casi todos los países de nuestro entorno ante los peligros que la inhalación o exposición a sus fibras puede causar sobre la salud, en casos de manipulación incontrolada, corte de piezas o perforación. La Directiva Europea 1999/77/CE de 26 de julio estableció un periodo transitorio para que, antes de 2005, España, Grecia y Portugal, los únicos países de la UE donde aún se empleaba amianto blanco (crisolito), veten su producción, venta y uso.

Hoy, los materiales alternativos al amianto, en sus múltiples aplicaciones, se suelen dividir en tres clases: las fibras minerales artificiales, los materiales sintéticos y las fibras orgánicas naturales. Otros materiales alternativos, como las fibras orgánicas sintéticas –acrílicas, polietileno o polipropileno– o las fibras de acero, están también siendo empleados en la fabricación de tuberías.

En la siguiente tabla se resumen las ventajas y desventajas de uno de los materiales más utilizados en las redes hidráulicas de abastecimiento.

MATERIALES UTILIZABLES	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Polietileno (PE)	<ul style="list-style-type: none"> • La no-formación de incrustaciones en el interior de los tubos. • La gran resistencia a los ataques químicos. • La facilidad de unión (pegado, roscado, a bayoneta). • La escasez de peso de los tubos. 	<ul style="list-style-type: none"> • El mal comportamiento cuando se dejan a la intemperie (efecto de la radiación solar). • Baja resistencia al aplastamiento. • El elevado coste para grandes diámetros.
Polipropileno (PP)	<ul style="list-style-type: none"> • Muy bajo peso específico. • Elevada rigidez. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja resistencia al impacto. Mal comportamiento cuando se dejan a la intemperie (efecto de la radiación solar). • La baja resistencia al aplastamiento
Polibutileno (PB)	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada resistencia al calor, bastante flexibilidad, mínima dilatación térmica lineal. No se oxida ni corroe ni forma depósitos calcáreos. • Fácil instalación y accesorios totalmente reutilizables. Tubería sin memoria térmica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja resistencia al impacto. • Baja resistencia al aplastamiento.

MATERIALES UTILIZABLES	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Policloruro de vinilo (PVC)	<ul style="list-style-type: none"> • Material barato. • No-formación de incrustaciones en el interior de los tubos. • La gran resistencia a los ataques químicos. • La facilidad de unión (pegado, roscado). 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja resistencia al aplastamiento. • Maleable sólo con la aplicación de calor. Pierde propiedades físicas si no se realiza correctamente. • Es el material plástico más contaminante tanto en su proceso de producción como en su eliminación.
Fundición Dúctil	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia al choque. • Resistencia a la tracción. Resistencia al alargamiento. • Gran elasticidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rugosidad interna (hay que emplear el mortero de cemento o betún para mejorar la capacidad hidráulica). • Corrosión (hay que utilizar mortero de cemento o betún para reducirlo). • Uniones muy rígidas con bridas que no responden a los asentos diferenciales del terreno. Roturas por dilataciones y contracciones térmicas (hay resolver la red en tramos cortos).

8.3. CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

- Respecto a las instalaciones de abastecimiento de agua exteriores, se recomienda realizar la canalización con el mayor número de tramos rectos posibles, evitando el excesivo número de enlaces y curvaturas bruscas. Se recomienda utilizar materiales plásticos, polietileno de alta densidad (HDPE) o polipropileno (PP), o de fundición dúctil, principalmente debido a la no-formación de incrustaciones en el interior de los tubos, a la gran resistencia a los ataques químicos, a la facilidad de unión (pegado, roscado, a bayoneta) y al bajo peso específico de los tubos.
- Se recomienda excluir la posibilidad de utilizar el PVC debido a que es el material plástico más contaminante tanto en su proceso de producción como en su eliminación.
- Todas las instalaciones de abastecimiento interior deberían localizarse en la misma zona del edificio (zonas húmedas) con el objetivo de minimizar recorridos, pérdidas y costos. Se podrán utilizar el polibutileno (PB), exclusivamente para agua caliente, el polietileno de alta densidad (HDPE), exclusivamente para agua fría. El PB tiene, frente al HDPE la ventaja de que presenta una elevada resistencia al calor y una mínima dilatación térmica lineal.
- A nivel general se debe prohibir el uso de fibrocementos con el objetivo de adaptarse a la Directiva Europea 1999/77/CE de 26 de julio.
- Se recomienda que las conducciones realizadas queden protegidas convenientemente de conveniente también, que los tubos tengan una aceptable longitud, para evitar excesivos incrementos en el número de uniones (abaratamiento del tendido, disminución de las caídas de carga, ahorro energético y supresión de puntos débiles en la instalación).

- Se recomienda considerar el tipo de terreno en el que se va a realizar la instalación para evitar la posible corrosión o el ataque abrasivo a las canalizaciones.
- En ningún caso se ha de utilizar soplete de aire caliente o llama directa para curvar tubos o accesorios. Esto degrada el material, debilita sus paredes y presenta rugosidades en su interior que podrían formar taponamientos e incrustaciones.

9. BIBLIOGRAFÍA

- USEPA, 1995 - U.S. Environmental Protection Agency. Cleaner Water through Conservation. USEPA, Washington D.C
- Lane, R. W. (1995). Control de incrustaciones y corrosión en las instalaciones hidráulicas de edificios.
- Anink, D., Boonstra, C., J. Mak (1996). Handbook of sustainable building.
- Estevan A., Villaroya C. (1996). Diseño de programas integrados de gestión de la demanda del agua. Ministerio de Medio Ambiente, Secretaría de estado de aguas y costas.
- Martel, G. (1997). Proyecto fin de Master Ingeniería y Gestión Ambiental: acciones para la mejora de la eficacia en la utilización del agua en el término municipal de Telde (ISLA DE GRAN CANARIA).
- López Figueroa, P. (1997). El agua. Tecnología de su distribución y uso.
- Metcalf & Eddy, Tchobanoglous G. (1998). Ingeniería de aguas residuales. redes de alcantarillado y bombeo.
- Brassington R. (1998). Alumbramiento de aguas. Suministros de agua. Institut Cerdá (1999). Guia de l'edificacio sostenible.
- New South Wales Health Department, Australia, Abril 2000. Greywater reuse in sewerred single domestic premises.
- Martín Monroy, M. (2002). Publicación electrónica de editorial de construcción arquitectónica del departamento de construcción de la escuela técnica superior de arquitectura de Las Palmas.
- Fundación Ecología y Desarrollo (2002). Guía práctica de tecnologías ahorradoras de agua para viviendas y servicios públicos.
- Libro blanco del agua en España. Ministerio de Medio Ambiente. Secretaría de Estado de Aguas y Costas, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de Aguas. Centro de Publicaciones.

REFERENCIAS NORMATIVAS PARA REDES HIDRÁULICAS

- Orden del MOPU 28/07/74. BOE (02/10/74). Pliego de Prescripciones Técnicas para tuberías de abastecimiento.
- Orden del Ministerio de Industria 09/12/75. BOE (13/01/76). Normas Básicas para las instalaciones interiores de suministro de agua.
- Orden del MOPU 23/12/75 BOE(05-01-76). NTE-IFA Instalaciones de fontanería: Abastecimientos.
- UNE 53131-90. Tubos de polietileno para conducción de agua a presión.
- UNE 53966. EXPERIMENTAL (12.98).- Tubos de PE-100 para conducciones de agua a presión. Características y métodos de ensayo.
- UNE 53112-88. Tubos y accesorios de policloruro de vinilo no plastificado, para conducción de agua a presión. Medidas y características y métodos de ensayo.
- UNE 53-380. Tubos de PP para la conducción de agua a presión fría y caliente.
- ISO 2531.- Tubos de fundición dúctil.
- Din 2410(3). Tuberías de hormigón.
- ISO 160. Din 2410(4). Tuberías de fibrocemento.
- Orden del MOPU 15/09/86. BOE (23/09/86). Pliego de Prescripciones Técnicas para tuberías de saneamiento.
- Orden de 15/09/86 (BOE 23-09-86). Pliego de prescripciones T. G. para tuberías de saneamiento de poblaciones.
- UNE 53131-90.- Tubos de polietileno para conducción de agua a presión.
- UNE 53966. EXPERIMENTAL (12.98). Tubos de PE-100 para conducciones de agua a presión. Características y métodos de ensayo.
- UNE 53112-88.- Tubos y accesorios de policloruro de vinilo no plastificado, para conducción de agua a presión. Medidas y características y métodos de ensayo.
- ISO 2531. Tubos de fundición dúctil.
- Din 2410(3). Tuberías de hormigón.
- ISO 160. Din 2410(4). Tuberías de fibrocemento.

REFERENCIAS NORMATIVAS PARA SISTEMAS DE MEDICIÓN Y CONTROL DE CAUDAL

Orden del MOPU y Urbanismo 28/12/98. BOE (06/03/89). Regula los contadores de agua fría.

UNE-EN 29104:1996 “Medida del caudal de los fluidos en conductos cerrados.

Método para la evaluación del funcionamiento de caudalímetros electromagnéticos para líquidos. (ISO 9104:1991)”.

UNE-EN ISO 6817:1996 “Medida del caudal de líquidos en conductos cerrados. Método por caudalímetros electromagnéticos. (ISO 6817: 1992)”.

REFERENCIAS NORMATIVAS PARA DISPOSITIVOS AHORRADORES

Energy Policy Act (1992) - EE.UU.

DECRETO 202/1998, de 30 de julio, por el que se establecen medidas de fomento para el ahorro de agua en determinados edificios y viviendas en la Generalitat de Cataluña.

Distintivo de garantía de calidad ambiental de la Generalitat de Cataluña.

Ordenanza municipal para el ahorro de consumo de agua en Alcobendas (Madrid).

Plan General de Calviá (Islas Baleares).

