



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Tecnologías de Edificación Sostenible

La repercusión del agua en la sostenibilidad de una vivienda unifamiliar

Alumna: Amantia Martínez Pérez
Tutores: D Fco Javier López Rivadulla
Dña Patricia Alonso Alonso

Junio 2015

Índice

1.	Introducción	7
1.1	Descripción del trabajo	7
1.2	Motivación	7
1.3	Objetivos	9
1.4	Introducción a la temática	9
1.4.1	Distribución de los recursos hídricos en el mundo y entre la población	10
1.4.2	El ciclo hidrológico del agua	11
1.4.3	La relación agua energía	14
1.4.4	Motivos para fomentar el ahorro de agua	17
2.	Marco teórico	19
2.1	Introducción	19
2.2	Hábitos de ahorro	20
2.3	Sistemas de ahorro	21
2.3.1	Adaptadores para grifería existente	22
2.3.2	Contadores.....	22
2.3.3	Sanitarios.....	22
2.3.4	Electrodomésticos.....	23
2.3.5	Zonas verdes	23
2.4	Sistemas de reutilización.....	24
2.4.1	Introducción	25
2.4.2	Sistemas de aprovechamiento de aguas de lluvia	26
2.4.3	Sistemas de reaprovechamiento de aguas grises	29
2.5	Sistemas sostenibles de tratamiento de aguas residuales	33
2.6	Aspectos legales y normativa de la reutilización de aguas	35
2.6.1	Calidades del agua.....	36
2.6.2	La reutilización de aguas en el CTE	38
2.6.3	Tratamiento y condiciones del agua exigibles en las certificaciones de sostenibilidad	38
3.	Método	41
3.1	Paradigmas y antecedentes de la investigación	41
3.2	Diseño metodológico de la investigación	41
3.2.1	Elección del caso de estudio	42
3.2.2	Selección del caso de estudio	43
3.3	Técnicas de recogida de información.....	45

3.3.1	Consumos de agua de la vivienda	45
3.3.2	Precipitación normal de la zona	48
3.3.3	Precio de los sistemas de ahorro que se pretenden instalar en la vivienda	49
3.3.4	Consumo unitario de energía asignado al consumo de agua	50
3.4	Procedimiento de cálculo.....	52
3.4.1	Propuesta de mejora	52
3.4.2	Asignación de consumos de la vivienda por uso.....	53
3.4.3	Cálculo del ahorro con los nuevos sistemas.....	54
3.4.4	Calculo de las aguas susceptibles de ser reaprovechadas con los sistemas de reciclado de aguas	55
3.4.5	Ahorro de agua y consumo actual.....	57
3.4.6	Ahorro económico y amortización de los sistemas.....	57
3.4.7	Ahorro energético	58
4.	Resultados y discusión.....	59
4.1	Consumos iniciales de la vivienda	59
4.1.1	Consumo inicial de agua.....	59
4.1.2	Gasto económico inicial	62
4.1.3	Consumo energético	62
4.2	Consumo actual, con la incorporación de los sistemas de ahorro.....	63
4.2.1	Consumo actual de agua	63
4.2.2	Gasto económico actual.....	65
4.3	Potencial de ahorro en la vivienda.....	65
4.3.1	Agua que podría sustituirse	65
4.3.2	Cantidad de agua que podría sustituir	66
4.4	Instalación de los sistemas de aprovechamiento	68
4.4.1	Instalación de un sistema de aguas grises centralizado (SaG)	68
4.4.2	Instalación de un sistema de aguas grises descentralizado (SaGd)	69
4.4.3	Instalación de un sistema de aguas pluviales (SaP)	70
4.4.4	Instalación conjunta de un SaP y un SaG	72
4.4.5	Instalación conjunta de un SaP y un SaGd	74
4.4.6	Instalación conjunta de un SaG y un SaGd.....	75
4.5	Discusión de los resultados	76
4.5.1	Beneficios en cuanto al ahorro de agua.....	76
4.5.2	Beneficios económicos.....	78
4.5.3	Amortización de los sistemas	78
4.5.4	Estimación del consumo energético vinculado con el consumo de agua.....	79

5.	Consideraciones finales	81
5.1	Conclusiones	81
5.2	Futuras líneas de investigación	84
6.	Bibliografía y referencias	85

Anejo I. Comunicación II Congreso EECN. Madrid, mayo 2014

Anejo II. Ponencia 40th Congreso IAHS. Funchal, diciembre 2014

Anejo III. Propuesta de Artículo a la Revista Dyna

Anejo IV. Comparativa EDAR y Depuración biológica individual

1. Introducción

En el presente trabajo se pretende realizar un estudio sobre la actual gestión del agua en las viviendas y cuantificar y valorar los beneficios que aportaría al usuario y al medio ambiente una gestión más eficiente de la misma.

1.1 Descripción del trabajo

Se analiza la actual gestión del agua a nivel usuario, y se analizan las características que debería reunir un modelo para poder considerarse más eficiente. Se verá que el uso eficiente del agua es un tema que no se tiene muy presente en la legislación vigente, pero cada vez se encuentran más recursos en el mercado para poder realizar esta gestión de una forma más sostenible. Tras analizar cómo es, y como debería ser en nuestra opinión, se plantean unas propuestas para llevar a cabo dicha mejora en la gestión de los recursos hídricos.

En un primer lugar se hace un breve recorrido por cómo se distribuye el agua por el mundo y la facilidad de la población a su acceso. Servirá para justificar la necesidad de realizar mejoras en la gestión del agua.

En el capítulo dos, se presenta el marco teórico del trabajo, en donde se realiza una revisión y análisis bibliográfico sobre la temática tratada.

En el capítulo tres, se plantea la metodología que se llevará a cabo. En este apartado se justificará el porqué del método elegido para desarrollar la investigación, así como la elección del caso de estudio y las técnicas y herramientas elegidas.

En el capítulo cuatro se expondrán los resultados obtenidos. Se analizarán y dará la interpretación correcta a los resultados para que permita alcanzar una serie de conclusiones.

En el último capítulo, se enumerarán las conclusiones fruto del anterior análisis, y de las cuales se podrán obtener algunas recomendaciones y propuestas de mejora. También se propondrán algunos futuros caminos para continuar la investigación.

1.2 Motivación

Siempre que se asocia el medioambiente a la edificación, sólo se hace referencia a la necesidad de mejorar el consumo energético. Mejorar la eficiencia energética haciendo uso de energías renovables, mejorando envolventes y empleando sistemas con consumos más eficientes es muy importante, pero sin embargo, casi nunca se hace referencia a la necesidad de ahorrar agua o de moderar su consumo.

Algunos de los principales motivos que existen para que el uso eficiente del agua no sea una prioridad, es su fácil disposición y el bajo coste de la misma. Con una estructura de tarifas, que en muchos casos, suelen ser desconocidas para los usuarios y un precio medio del agua en España de 1,73 €/m³ (INE, 2012), no se consigue fomentar una conciencia de ahorro.

Desde que comencé a investigar un poco en la temática de la sostenibilidad y la edificación para realizar mi Trabajo Fin de Carrera, me di cuenta de que son muy pocos los artículos y estudios que hacen hincapié en demostrar las ventajas que implica el ahorro de agua. Es

muy fácil encontrar documentos que te recomienden una serie de pautas y medidas básicas para el ahorro, pero es muy complicado que se demuestre realmente su eficacia cuantitativamente en algún caso práctico.

Mi Trabajo Fin de Carrera se centró en analizar los posibles sistemas de ahorro y reaprovechamiento que ofrece actualmente el mercado, y cuantificar los beneficios que aportaría su instalación dentro de una vivienda unifamiliar. Los resultados obtenidos fueron muy positivos en cuanto al ahorro de agua, pero poco motivadores en el ahorro económico.

Se ha querido ir un poco más lejos, y viendo que casi todas las líneas de investigación siguen girando en torno al consumo energético, se ha desarrollado una segunda parte de investigación, que se centrará en vincular al consumo de agua el consumo energético asociado. Dicho de otra manera, cuantificar la energía que necesita el agua para llegar en condiciones de consumo desde la captación hasta la propia vivienda.

El consumo energético vinculado al consumo de agua es una realidad, pero muy pocas veces se es realmente consciente de las etapas que ha de pasar el agua hasta llegar a su destino. Captación, bombeos, potabilización, y tras su uso, evacuación y depuración, son etapas que llevan asociadas un consumo energético y un impacto ambiental muy elevado.

Partiendo de la curiosidad de dar un valor total a ese consumo, y con la intención de profundizar más en esta temática para desarrollar este trabajo, se ha seguido investigando en cuanto a los consumos asociados a cada etapa del ciclo del agua, y por tanto, el consumo energético que implica el consumo de agua.

Para la presentación de este trabajo se ha elegido una de las vías propuestas en el reglamento de TFM (artículo 2.5 apartado b), y se ha optado por la realización de una ponencia en un Congreso con Revisión por pares.

- ▶ En primer lugar, se ha presentado una primera publicación al II Congreso EECN Edificios de Energía Casi Nula, organizado por Grupo Tecma Red en Madrid, en mayo de 2014. La publicación realizada bajo el título "*Repercusión del agua en los edificios de energía casi nula*" no fue seleccionada para realizar una ponencia, pero si se incluyó en el Libro de Comunicaciones del Congreso bajo la temática "*Diseño y Soluciones Arquitectónicas para EECN*".
- ▶ Finalmente, la línea temática de ese trabajo se ha modificado y ceñido a las pautas de presentación y evaluación de una ponencia científica, establecidas por la *International Association for Housing Science* para la presentación en el 40th IAHS World Congress, dedicado en esta cuarenta edición a la construcción sostenible. La ponencia realizada bajo el título "*Repercussion of water in the sustainability of a single family housing*", se englobó dentro de la temática propuesta "*Sustainable and water efficient buildings*" y fue presentada el jueves 18 de diciembre de 2014 en el Vidamar Resorts Madeira, sede del congreso en Funchal.

Por otro lado, y siguiendo esta línea de investigación, se ha enviado un artículo a una revista indexada (artículo 2.5 apartado a), la revista Dyna, de la Universidad Nacional de Colombia.

La memoria que se presenta a continuación, es la base con una extensión más detallada de esta línea de investigación y de las aportaciones realizadas en los mencionados trabajos.

Se adjuntan en los Anejos I, II y III los citados trabajos, así como los justificantes de asistencia, presentaciones realizadas, aceptación y estado de cada uno de ellos.

1.3 Objetivos

El objetivo principal de esta investigación es cuantificar y demostrar las beneficios medioambientales que supone el ahorro de agua, atendiendo a las tres dimensiones que se engloban dentro del concepto sostenibilidad que son, la social, la ambiental y la económica. Se tratará de valorar los aspectos relevantes en cada una de ellas y tomando como referencia estos criterios, ver cómo se puede mejorar en el escenario seleccionado. Se pretende elaborar un informe detallado del caso investigado y aportar las mejoras y recomendaciones pertinentes. Se concluirá que es necesaria una mejora del uso del agua que realmente aporte beneficios al medio.

Dado que esta investigación es eminentemente cuantitativa, las demostraciones se basan en valoraciones, es decir, se basarán en observaciones subjetivas. No se pretende generalizar estos resultados a otras poblaciones que no sean la propia del estudio pero que, servirá para conocer mucho más en profundidad un contexto concreto para ofrecer una solución específica y de calidad a otros contextos siguiendo una forma de trabajo similar.

Por ende, contrastando esta información con los resultados de otras investigaciones en las que se ha apoyado este estudio, se observa que podrían repetirse las mismas condiciones en otros escenarios desconocidos y poder extender el campo de actuación y población/sujetos en futuras investigaciones, en las que contando con más tiempo, recursos y, en definitiva, condiciones más favorables del proceso de investigación se podrían alcanzar objetivos más ambiciosos.

Por tanto, los objetivos más relevantes que se pretenden conseguir al término de esta investigación son los siguientes:

- Identificar los motivos existentes en la actualidad para fomentar el ahorro del agua y los motivos reales que se deben de tener en cuenta para que el ahorro de agua pase de ser una opción a ser una prioridad.
- Identificar los problemas e inconvenientes de la gestión del agua actual, y analizar las posibles soluciones para transformar la actual situación en una situación más sostenible.
- Introducir el concepto "*energía-agua*" como un binomio inseparable cuando se habla de consumo de agua y valorar, de forma cuantitativa, como el ahorro de agua también conlleva indirectamente un ahorro energético importante.
- Planteamiento de una serie de hipótesis relacionadas con diferentes metodologías de ahorro, así como comprobar que opciones son mejores y más eficientes. Cuantificando los beneficios que aporta esta situación más sostenible del consumo de agua, no sólo en el ahorro de agua, sino también en cuanto al consumo energético y económico.
- Elaborar una metodología de trabajo. Establecer un guión de cálculo para poder cuantificar el consumo de agua inicial, así como el ahorro de agua y el ahorro energético asociado a una vivienda, siguiendo la línea aquí planteada.

1.4 Introducción a la temática

Hay una evidencia, cada vez más creciente, de que la acción humana es una de las causas más importantes de los problemas medioambientales relacionados con el agua (Martimortugués et al. 2002). En este apartado se hará un breve recorrido por la distribución en el mundo de los recursos hídricos, y de cómo se reparte entre la población. Otro aspecto a tratar será la gestión actual del agua y los aspectos negativos que implica esta gestión.

1.4.1 Distribución de los recursos hídricos en el mundo y entre la población

Que tres cuartas partes de la Tierra sean agua, hace creer a la sociedad en la idea de que la disponibilidad y consumo sea ilimitado y prácticamente infinito. Sin embargo nada más lejos de la realidad, si bien esa expresión es del todo cierta, también es cierto que prácticamente la totalidad del agua en el Planeta no es apta para el consumo, ni lo podría ser en caso de necesidad (Alsina and Castells 2011).

Aunque la disponibilidad hídrica del Planeta se ha estimado en torno a uno 1.386 millones de km³, la mayoría, aproximadamente un 97,5%, está contenida en mares y océanos. El 2,5% restante, unos 35,2 millones de km³ se reparten de la siguiente manera (Shiklomanov 1999):

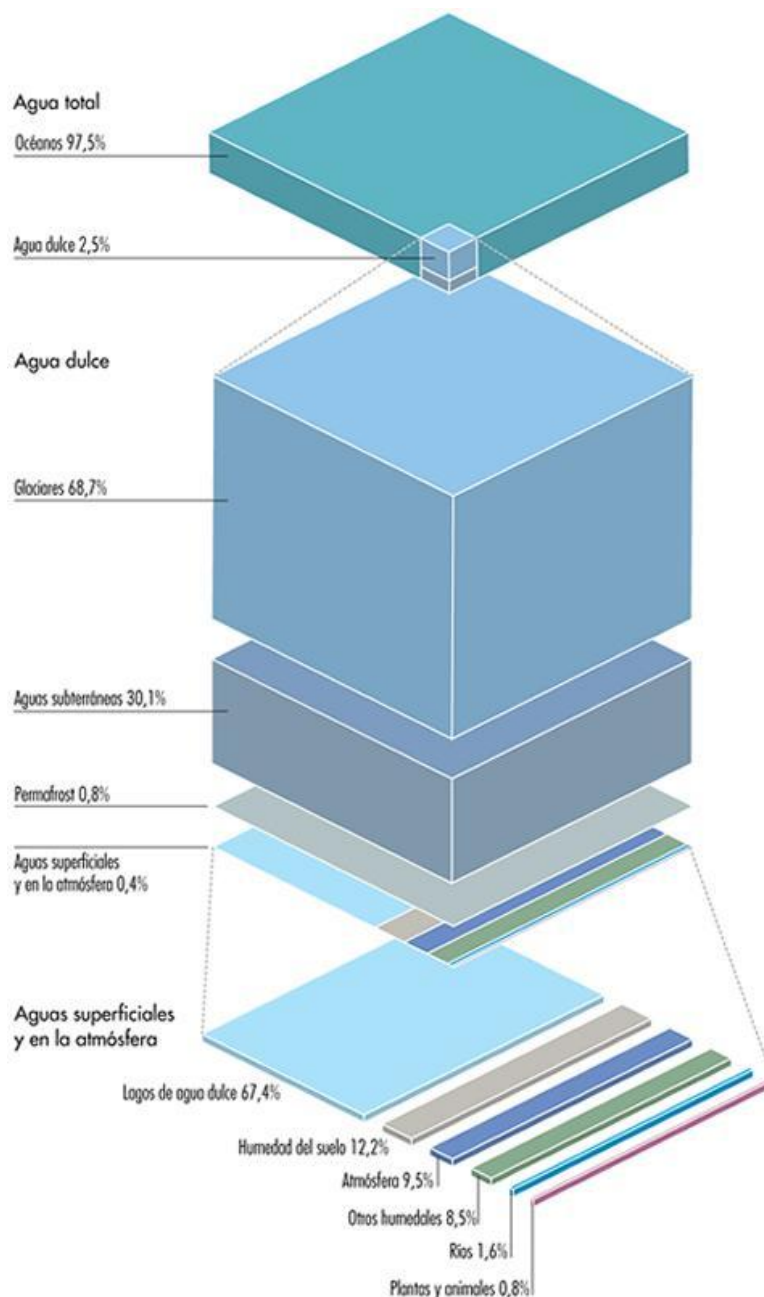


Imagen 1.1 Distribución de los recursos hídricos en el Planeta (WWAP 2006)

Únicamente son aprovechables 7.000 km³/año, ya que gran parte de este recurso accesible se encuentra en zonas totalmente deshabitadas (Uche 2013).

Además de las dificultades que aporta esta distribución, hay que añadir su irregularidad. Los recursos hídricos no están repartidos de forma uniforme a lo largo del Planeta, existen diversos índices de evaluación unitarios del agua, que clasifican las zonas en función de las necesidades básicas que toleraría su desarrollo sostenible, esto quiere decir, sin llegar a suponer un riesgo para que escasee, el índice más conocido es el denominado *Water stress* (Estrés hídrico) (Cabrera 2011). Según este indicador, existe estrés hídrico cuando la disponibilidad de agua para una determinada zona es inferior a 1.700 m³ por habitante y año, si la disponibilidad es inferior a 1.000 m³ por habitante y año se habla de *Water Scarcity* (escasez de agua) y, e inferior a 500 m³ *Absolute scarcity* (escasez absoluta). En la figura 1.2 se muestra la distribución de los recursos hídricos en el Planeta. El estrés hídrico tiende a ocurrir en países de libertades y limitadas, es complicado que un país, independientemente de la disponibilidad de los recursos, eche raíces firmes en los sectores del agua, al menos que su gobierno lo permita (WWAP 2006).

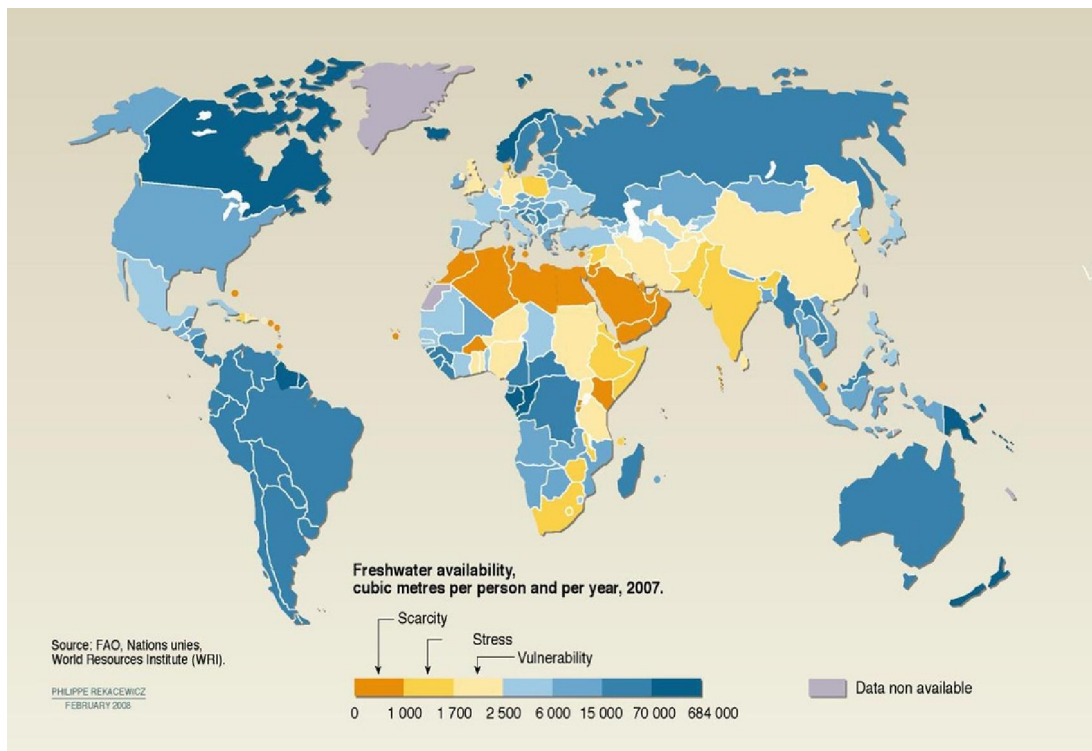


Imagen 1.2 Disponibilidad de los recursos hídricos (m³/hab. y año) e indicadores de estrés (WWAP 2006)

Que a priori la situación en España sea positiva, no implica que no se deban cuidar los recursos hídricos en este país. La facilidad con la que se dispone de agua y que este sea un recurso tan accesible, no crean en la sociedad conciencia de ahorro, pudiendo llegar a crear un problema en cuanto a la disponibilidad del recurso, sobre todo en épocas de pocas lluvias.

1.4.2 El ciclo hidrológico del agua

Hasta que el agua no fue un bien de derecho básico, el movimiento del agua se producía de manera natural entre las diferentes reservas naturales. El ciclo hidrológico natural del agua, como todo ciclo no alterado por el hombre, es sostenible.

En la imagen 1.3 se muestra un esquema del proceso natural. En la atmósfera se encuentra el vapor de agua en forma de nubes, que puede transformarse en lluvia, nieve o granizo dependiendo de las condiciones del clima. Esa transformación provoca la precipitación que cae sobre la superficie del planeta. En los continentes una parte de esa precipitación regresa a la atmósfera a través de la evapotranspiración; otra parte acaba llegando al océano a través de los ríos y del nivel freático. Los océanos reciben el agua de las precipitaciones y ríos, y pierden agua por evaporación (Abib et al. 2007).

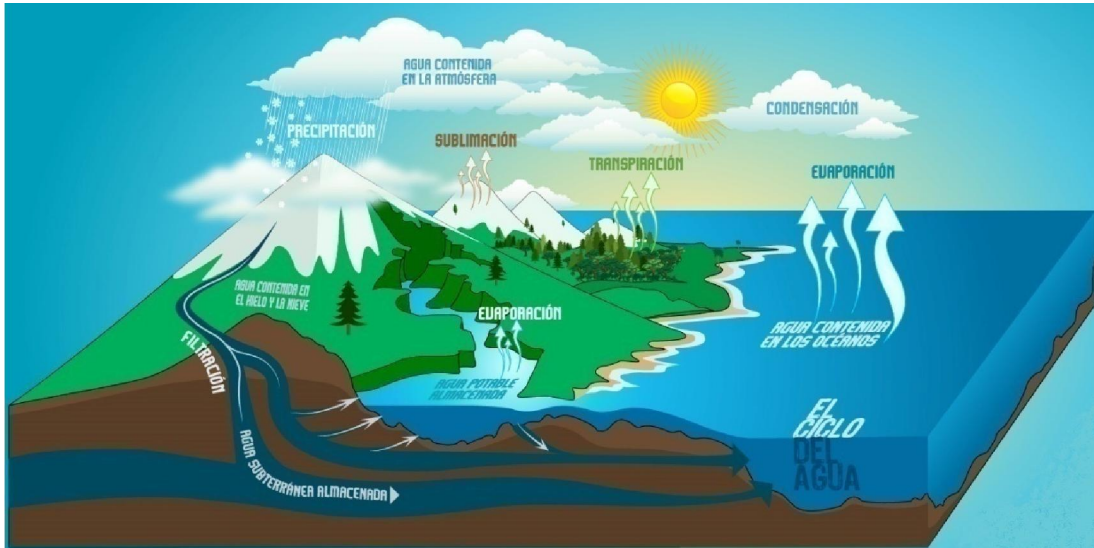


Imagen 1.3 Esquema de funcionamiento del Ciclo Natural del Agua

Los primeros asentamientos de la civilización se realizaban en lugares cuyo acceso al agua fuese sencillo y próximo, por lo que no alterar este ciclo era una tarea sencilla. Sin embargo, la expansión geográfica es una realidad hoy en día, y la necesidad de disponer de agua en todo momento, e independientemente de donde se encuentre la fuente de agua es una prioridad. El hombre quiere disponer de agua de calidad en el grifo de su casa. Y para conseguirlo es necesario altera su ciclo natural. Para hacerlo necesita aportar energía en mayor o menor cantidad dependiendo de las circunstancias de cada núcleo, así como de la calidad de agua a potabilizar. Y después, al contaminarla con el uso, hay que devolverla a su calidad inicial, en unos procesos, que a día de hoy consumen mucha energía (Cabrera 2011).

El nuevo ciclo del agua modificado por el hombre, se denomina ciclo integral. Constituido por una serie de etapas, cada una de ellas implica un aporte energético extra. En la imagen siguiente (1.4) se muestra un esquema de este proceso y a continuación se hace una breve referencia a cada una de sus etapas.

- ▶ **Captación.** El uso final, la cantidad y calidad requerida, así como la proximidad de la fuente, condicionan la obtención del agua. Puede provenir de aguas superficiales y de aguas subterráneas.
- ▶ **Tratamiento de agua potable.** Para conseguir la calidad requerida por el uso al que se destine, es necesario someter al agua a diferentes procesos físicos, químicos y de desinfección, en los que se eliminan residuos que pudieran estar presentes (ramas, piedras, plásticos...), contaminantes orgánicos como metales y microorganismos no deseados... La producción de agua para el consumo humano se realiza en las Estaciones de Tratamiento de Aguas Potables (ETAP).
- ▶ **Distribución.** El transporte de las aguas desde las ETAP a los puntos de consumo, se realiza a través de una red distribución presurizada. En redes de núcleos de

población de cierta entidad, constan con tramos de gran longitud, es habitual que se disponga de depósitos intermedios, donde se realiza una adición de cloro, para garantizar la adecuada desinfección del agua.

- ▶ **Saneamiento.** El uso del agua lleva asociado su contaminación, por la llegada de sustancias externas que normalmente no tienen en su estado natural (jabones, detergentes, grasas, materia orgánica...), o se encuentra a concentraciones muy pequeñas. Estas aguas se transportan a través de la red de saneamiento desde los puntos de generación hasta las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR).
- ▶ **Depuración de aguas residuales.** Las aguas tras su uso deben ser sometidas a un tratamiento de depuración antes de ser vertidas. La finalidad es reducir el máximo posible la carga contaminante, y mejorar los objetivos medioambientales de las aguas receptoras y preservar su calidad. En las EDAR, las aguas residuales se someten a tratamientos mediante los cuales, se eliminan sólidos, materia orgánica, nutrientes y la carga bacteriológica.
- ▶ **Vertido.** Las aguas residuales depuradas, son vertidas al medio receptor, con el fin de alcanzar los objetivos medioambientales de las masas de agua, y de este modo, garantizar la preservación del medio hídrico asociado. La conducción del vertido puede ser desde unos pocos metros hasta ciento de metros si se realiza con emisarios submarinos.

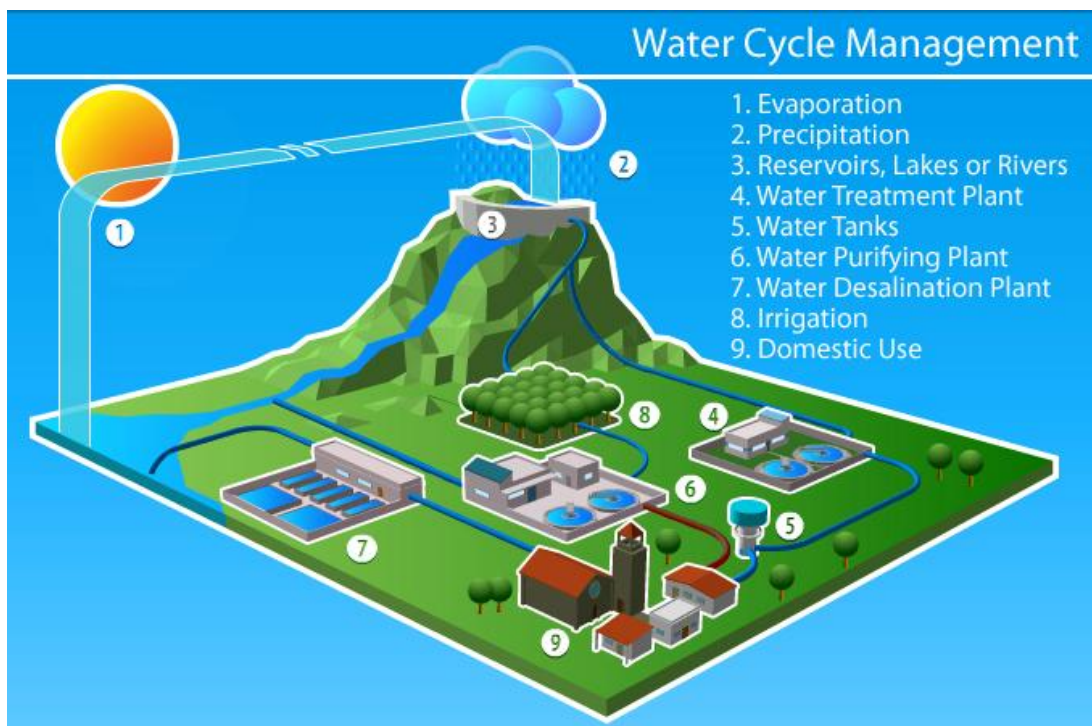


Imagen 1.4 Esquema de funcionamiento del Ciclo Integral del Agua

Según contempla la ley 08/2007, de 28 de mayo, de suelo, en España se han centrado los esfuerzos en la producción de nueva ciudad y en la expansión urbanística, sin reparar en mejorar los aspectos negativos de la ciudad y urbanismo ya creado.

Es por este motivo, por lo que cada vez se necesitará una red de abastecimiento más extensa, que abarque más superficie dispersa. Esto a su vez generará un mayor consumo energético vinculado al consumo de agua que también será cada vez mayor.

1.4.3 La relación agua energía

Cuando se hace referencia a la relación existente entre agua y energía, la conexión entre ambas se asocia siempre al uso del agua para la producción de energía. Es muy fácil encontrar referencias que traten acerca de esa temática, sin embargo, es bastante complejo encontrar información referente a la relación inversa. Este análisis inverso apenas ha suscitado interés ya que, pese a las grandes inversiones que requieren las obras hidráulicas (tanto en construcción como en mantenimiento), se ven mitigadas porque el gasto lo asumen una infinidad de contribuyentes, entre los que se encuentran instituciones, gestores y usuarios (GAE 2007).

Hasta hace una década, era el aprovechamiento del agua para producir energía, la única relación que se tenía en cuenta, pero el incremento y expansión de las redes de abastecimiento, y el consumo energético que la distribución del agua exige, ha despertado en los últimos años, el interés de la relación inversa, el abastecimiento de agua como consumidor de energía (Cabrera 2011).

La falta de información de la relación energía para el agua, está en parte asociada a la dificultad con obtenerla, es una información menos recurrente, en parte debido al escaso peso que a priori puede parecer tener el consumo energético vinculado con el ciclo del agua en el consumo energético global de un país. Según algunos de los estudios consultados, en California, ese gasto energético es del 19% del consumo eléctrico del Estado, mientras que en España en una primera aproximación, se indica que en ningún caso este porcentaje sería inferior al 10% (Barberán Ortí and Salvador Figueras 2010), pese a que en algunas referencias se sitúa en torno al 7 u 8%.

En la Directiva Marco del Agua (Normativa europea para la regulación de los recursos hídricos), hay que esperar a la consideración número 16 para que, simplemente, se haga mención de la integración de la protección del agua con otros ámbitos comunitarios como son el consumo de energía (Uche 2013):

“Es necesaria una mayor integración de la protección y la gestión sostenible del agua en otros ámbitos políticos comunitarios, tales como las políticas en materia de energía, transporte, agricultura, pesca, política regional y turismo. La presente directiva sentará las bases de un diálogo continuado y de la elaboración de estrategias encaminadas a reforzar la integración de los diferentes ámbitos políticos. La presente directiva puede aportar también una importante contribución a otros ámbitos de cooperación entre los estados miembros, como la Perspectiva del desarrollo territorial europeo”.

La necesidad de disponer de agua en todo momento, hizo que el ciclo natural del agua haya tenido que ser modificado para poder satisfacer estas necesidades. Para lograr este fin ha sido necesario aportar energía extra. Este aporte de energía, variará en función de las circunstancias del núcleo urbano, de la red de distribución y de la calidad del agua a potabilizar. Es necesario un aporte energético para captar, tratar y desplazar el agua desde la captación hasta el punto de consumo, y tras su uso, el agua ha de devolverse a su calidad inicial, mediante una serie de procesos que también requieren un consumo energético elevado (Cabrera et al. 2011).

Esta cuestión empieza a plantearse porque la racionalización conjunta del agua y de la energía, está ligada con el cambio climático. Debido al cambio climático, se prevén reducciones de hasta el 30% de los recursos hídricos, motivo por el cual se aconseja implantar cuanto antes, políticas de ahorro que mejoren la calidad de suministro. Como consecuencia, el ahorro de agua, implica el ahorro de energía y, por tanto, se minimiza la emisión de GEI, poniendo de su parte para no propiciar el cambio climático (Cabrera 2011).

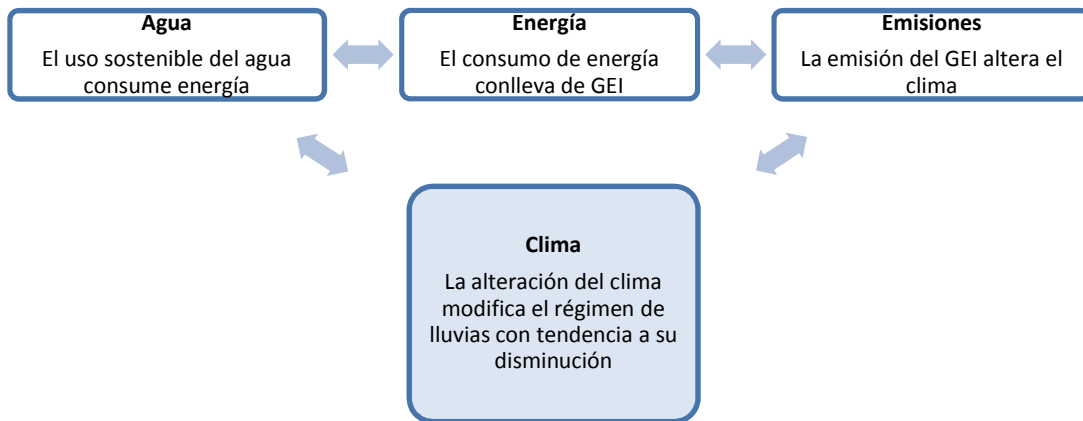


Figura 1.1 Bucle energía, agua y cambio climático (Cabrera 2011)

El análisis del nexo agua-energía, comienza caracterizando el consumo de agua en cada etapa del ciclo integral que recorre el agua, desde su captación hasta el vertido final. Cada una de las etapas, tiene un gasto de energía unitario, una huella energética (huella energética del agua, HEA), expresada en kWh/m³. La obtención de estos datos no es sencilla, ya que los contadores no diferencian entre el consumo asociado al agua y el resto de los consumos urbanos, además de las diferencias que existen entre las zonas, los sistemas de explotación y transportes, tratamientos y los diferentes métodos de depuración (Hardy and Garrido 2010).

Se han realizado diversos estudios con diferentes enfoques, pero pocos con un enfoque global como el realizado en el Estado de California (CEC 2005), en el que se ha calculado de forma muy detallada el consumo de energía ligado al consumo de agua. Este estudio sirve como base a la mayoría de los artículos posteriores que se centran en vincular energía y agua.

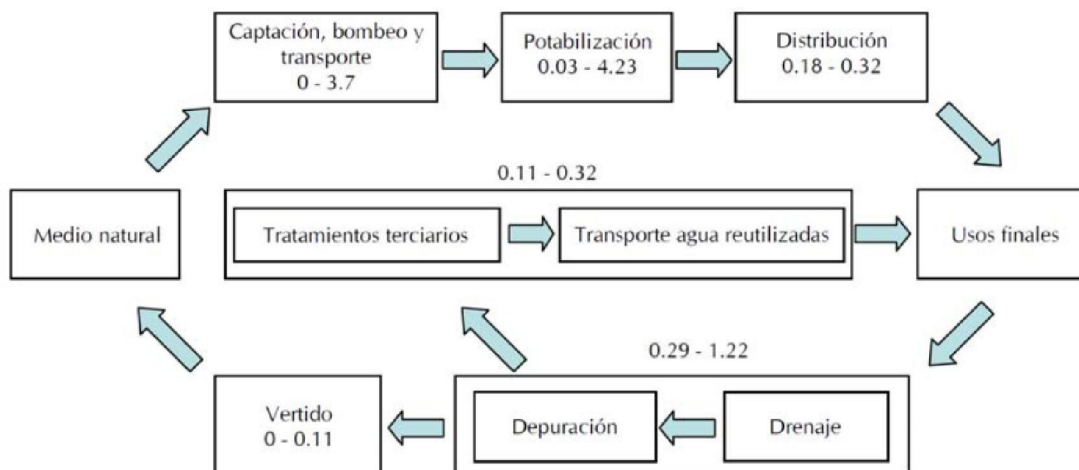


Figura 1.2 Energía en kWh/m³ para cada una de las fases del ciclo del agua en el estado de California (CEC 2005)

En Estados Unidos la investigación científica relacionada con el binomio agua y energía está más avanzada que en Europa, donde habrá que esperar hasta el año 2008 para que Reino Unido presentase el primer informe institucional con referencia a esta temática. Centrado en el ámbito urbano, aborda con detalle el cálculo de la huella de los gases de efecto invernadero correspondiente al uso del agua (Cabrera et al. 2011).

En España existen diferentes estudios al respecto, ya sea enfocados a temáticas específicas como el consumo energético vinculado al riego (Corominas 2010), a la industria de la

Cuenca del Ebro (Uche Marcuello 2010), o a ámbitos más generales, como la ciudad de Valencia (Mónica Cabrera Marcet, Pardo Picazo, and Cabrera Rochera 2009) , la Costa Brava (Sala 2007), o la provincia de Almería (Martínez Rodríguez 2011).

Tomando como base los datos de estos estudios, se han establecido cálculos mediante los cuales se puede establecer un ratio de consumo de agua vinculado al consumo energético urbano total. En la tabla 1.1 se hacen referencia a los consumos de agua en España y su correspondiente consumo energético.

Etapas del ciclo	Uso del Agua	Consumo energético	
	Volumen (Mm ³)	Consumo (GWh)	(%)
Suministro, captación, abastecimiento y tratamiento de agua		11.861	64
Urbano	4.526	5.979	33
Desalación	694	2.276	12
Agrícola	20.360	4.196	23
Energía	8.759	1.659	9
Distribución, uso de agua		3.629	20
Residencial	2.544	441	2,4
Comercio	852	148	0,8
Municipal y otros	96	17	0,1
Industrial	1.840	349	1,9
Agrícola	20.360	2.469	13,0
Agua sin registrar	1.191	206	1,1
Tratamiento de aguas residuales		2.893	16,0
Recogida de agua	5.204	260	1,4
Depuración de agua	4.570	2.338	13,0
Agua reciclada, tratamiento y distribución	501	294	1,6
Total de la energía relacionada con el agua		18.354	
Demanda total de energía en España		260.073	
Porcentaje		7,0%	

Tabla 1.1 Energía relacionada con el agua en España 2008 (Hardy, Garrido, and Juana 2012)

El consumo energético asociado al consumo de agua, se ha estimado a en torno a un 7% en el año 2008. Sin embargo, esta es una tendencia en aumento debido a la expansión de la red de abastecimiento, al aumento de la demanda de agua y la mayor disponibilidad de suministro.

Tras la observación de estos resultados, es interesante obtener los datos de energía vinculados a cada etapa del ciclo integral del agua. Se ha dividido el ciclo en sus principales etapas, y se estima que el consumo energético será el mismo para todas las etapas del ciclo integral. Con esa suposición se comete cierto error, pero al trabajar con rangos los resultados resultan de un promedio o de un cálculo realizado en las distintas fuentes, e intenta acercarse lo más posible a la situación tal y como se conoce en España (Hardy and Garrido 2010).

Como estudio de mayor peso en España, se hace mención a una serie de ratios de consumo energético, calculados a partir de tomar como referencia los consumos de un estudio realizado en la costa Brava (Sala 2007), cuyos resultados están basados en los consumos asociados a 29 fuentes de abastecimiento y 18 estaciones depuradoras. En los datos de abastecimiento, mostrados en la tabla 1.2, se tienen presentes los consumos asociados a la captación/extracción, tratamiento (ETAP) y distribución, y en los datos de depuración se tienen presentes los consumos de recolección de las aguas, transporte y tratamiento biológico (Sala 2007).

Etapa	Tipología	Consumo energético (kWh/m ³)
Distribución	Agua superficial. Cortas distancias (<10 km)	0,0002-0,37
	Agua superficial. Largas distancias (>10 km)	0,15-1,74
	Agua subterránea. Acuífero Local	0,37-0,75
	Agua subterránea. Acuífero Lejano	0,60-1,32
	Desalación (incluida distribución)	4,94-5,41
Depuración	Fangos activados convencionales	0,43-1,09
	Aireación prolongada	0,49-1,01
	Lagunaje convencional	0,05
Recuperación	Humedales artificiales	0,00
	Desinfección (Cloro o UV)	0,0001-0,16
	Filtración (filtros de lecho pulsado) + Desinfección (UV o cloro)	0,18
	Filtración directa (filtros cerrados multicapa) + Desinfección (UV o cloro)	0,50-1,21
	Coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección (UV o cloro)	0,20-0,63

Tabla 1.2 Rango de consumo energético asociado a cada etapa en función de su tipología (Sala 2007)

Quizá cuando se plantea fomentar el ahorro de agua en una vivienda, no se tienen presentes estos procesos, ni se tiene presente la energía que implican. Es probable que únicamente se considere el ahorro de agua, y no se vea más allá. Sin embargo, se han realizado estudios (McMahon, Whitehead, and Biermayer 2006), en los que se confirma que la mejor relación coste beneficio referente a la eficiencia del ciclo del agua, se obtiene empleando dispositivos de ahorro en la propia vivienda.

Cualquier planificación que no considere primordial contemplar estos aspectos energéticos a la par que los beneficios del ahorro de agua, por muy eficaz que sea en ese aspecto, no podrá ser considerada plenamente eficiente y sostenible (Uche 2013).

1.4.4 Motivos para fomentar el ahorro de agua

► El incremento de la demanda

Durante el último siglo se ha llegado a un punto de insostenibilidad por la falta de equilibrio entre la utilización del recurso natural y su capacidad de regeneración. Ríos, lagos, suelos y atmósfera contienen una cantidad muy reducida de agua dulce, por lo que hay que preservarla, reduciendo el consumo y minimizando la contaminación (López de Asiain Alberich, Ehrenfried, and Pérez del Real 2007). La población mundial sigue creciendo, el estilo de vida es cada vez más occidentalizado, aumenta la esperanza de vida y el número de personas que tienen acceso al agua potable.

► El cambio climático

Las previsiones de calentamiento global, en las que las estimaciones a no muy largo plazo hablan de pérdida de recursos hídricos (descenso del caudal de los ríos, pérdida de acuíferos, reducción de precipitaciones...), suponen un panorama especialmente negativo en muchos territorios, ya que esta pérdida de recursos puede suponer un impacto irreversible sobre los ecosistemas más vulnerables (Fayanás Escuer 2011). Junto a estos impactos, y como consecuencia, se verá también reducida la disponibilidad de agua como recurso.

► **Aumento de la contaminación**

La manipulación de cauces, la detracción de volúmenes de agua para su consumo, la regulación de las aguas superficiales, y la energía que se emplea para el transporte de las aguas, hacen del ciclo integral del agua un foco considerable del aumento de la contaminación. Las emisiones de CO₂ que se emiten a la atmósfera son un factor importante a tener en cuenta (López de Asiain Alberich et al. 2007).

Por otro lado también se ha de tener presente la alta contaminación de la que se cargan las aguas tras su uso en la vivienda, esta colapsa el balance hídrico y hace prácticamente obligatorio el tratamiento de las aguas antes de ser devueltas al medio.



Imagen 1.5 La contaminación, el cambio climático y el aumento de la demanda de agua, son los principales motivos para fomentar el ahorro

2. Marco teórico

Se considera necesario profundizar en el conocimiento del tema que ocupa este Trabajo Fin de Máster para poder ahondar en la materia y conocer más acerca de la gestión sostenible del agua en las viviendas, todas aquellas medidas y procesos que pueden ayudar a mejorarla y las relaciones existentes que se deriven de los análisis planteados. De esta manera se pretende justificar teóricamente la necesidad de dar un giro al uso del agua en las viviendas, y a los sistemas y gestión que se emplea actualmente.

En este marco teórico se recogen varios apartados que engloban los aspectos que se consideran apropiados para la comprensión de esta investigación. A modo introductorio, se comienza con la descripción más amplia y visible, el actual consumo del agua en la sociedad, sus características y gastos, para continuar con un segundo bloque que recoge los aspectos que se pueden mejorar en el consumo del hogar para que un uso eficiente del agua sea posible. Se recogen los hábitos y sistemas de ahorro, así como los diferentes tipos de sistema de reciclaje.

Por último, se hace referencia a los aspectos reguladores de esta gestión del agua, haciendo referencia a las exigencias que marca el Código Técnico de la Edificación, y a la legislación y normativa en cuanto al uso de agua reciclada en el interior de la vivienda. También se incluye en este apartado, aunque no sea de obligado cumplimiento, los aspectos de cumplimiento que exigen las certificaciones de sostenibilidad para cumplir sus políticas en cuanto a la gestión de aguas.

2.1 Introducción

Dado el modelo actual de los sistemas de abastecimiento y la conciencia de la sociedad, no existe una cultura de ahorro que sea más respetuosa con el medio ambiente. En este apartado se analizan los aspectos y sistemas que se deben tener en cuenta para realizar un uso y gestión del agua más sostenible y eficiente.

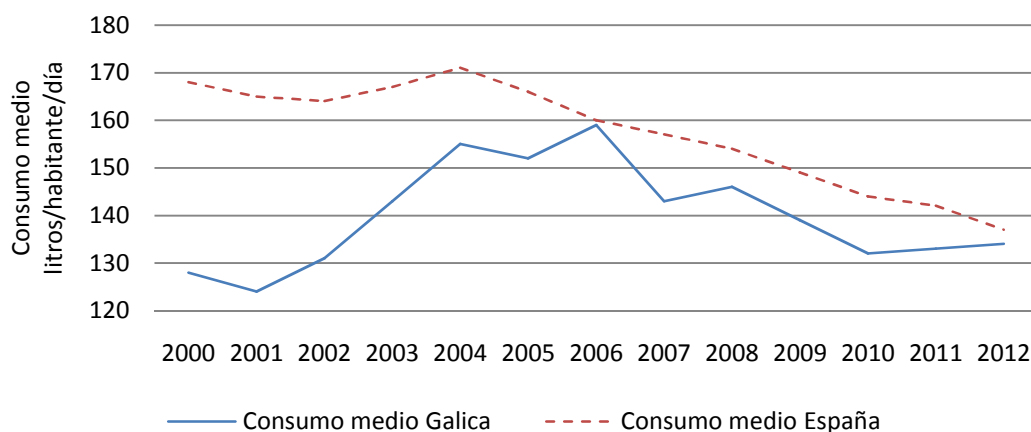


Figura 2.1 Evolución del consumo medio (l/hab/día) en Galicia

Según las encuestas anuales realizadas por el Instituto Nacional de Estadística (INE), existe una tendencia a reducir el consumo de agua, más acusada la media nacional, que en el caso

concreto de Galicia, como se muestra en la figura 2.1. Sin embargo, según el *Code for Sustainable Homes* (Government 2009), se hace referencia a que para que un hogar pueda ser considerado como eficiente en cuanto al uso del agua, el consumo por persona y día se debería situar entre los 120 y los 80 litros.

Se entiende por “*uso eficiente del agua*” todo aquel que se realice teniendo presentes medidas útiles para reducir la cantidad de agua utilizada en cada actividad, favorecer al mantenimiento o mejora de su calidad, y que además ayude a su conservación (López de Asiain Alberich et al. 2007).

2.2 Hábitos de ahorro

Independientemente de los sistemas y de los elementos que se puedan instalar en la vivienda para utilizar de forma eficiente el agua, en la mano de cada uno está adaptarse a una serie de hábitos que se pueden tomar para reducir la demanda de agua. Con objetivo de cumplir esta premisa, se recomienda utilizar medidas para minimizar el consumo con las siguientes recomendaciones (Palma Carazo 2003):

- ▶ Fomentar la incorporación de hábitos que ayuden a reducir el consumo de agua en la vivienda.
- ▶ Realizar cambios en la forma de usar los puntos de abastecimiento.
- ▶ Reducir la carga de jabones domésticos asociados al agua, que puedan dificultar su aprovechamiento posterior.
- ▶ Mantener en óptimas condiciones las instalaciones de agua de la vivienda.

Por otro lado, también empiezan a surgir nuevas actitudes en el hogar, que además de buscar un ahorro de agua, buscan la prevención de las aguas devueltas al medio. Esta concienciación, está asociada a varios factores (Palma Carazo 2003):

- ▶ La aparición de normativa medioambiental sobre los productos que se emplean en los hogares y son arrastrados por las aguas residuales.
- ▶ Aumento de las medidas de concienciación para que todos los productos tóxicos tengan su propio ciclo de retirada.

Se recurre a datos del INE, y a su encuesta de Hogares y Medio Ambiente del año 2008, para conocer que casi la totalidad de los hogares en España (96,9% del total) tienen al menos un hábito de ahorro.

Viviendas con al menos una medida para ahorrar agua (%)	
Han adoptado al menos un hábito para ahorrar agua	96,90

Tabla 2.1 Porcentaje de viviendas que han incorporado al menos una medida para ahorrar agua (INE, 2008)

Dentro de ese 96,90% de hogares que según la propia encuesta incorporan algún hábito de ahorro, se distribuyen los hábitos más frecuentes de la manera que se indica a continuación (INE, 2008).

Viviendas con hábitos para reducir el consumo de agua	(% de hogares)
Descongelar la comida con antelación	84,30
Esperar a llenar el lavavajillas/lavadora	77,90
Tienen una botella de agua en la nevera	48,00
Tienen una papelera en el cuarto de baño	49,40
Llenan los senos del fregadero	34,30

Tabla 2.2 Hábitos para reducir el consumo de agua (INE, 2008)

La frecuencia y regularidad con la que se distribuyen estos hábitos en la vivienda, varía a lo largo de la geografía española, siendo mucho más recurrentes en zonas y comunidades con menor disponibilidad de agua. Por simple curiosidad se contemplan en la siguiente tabla una serie de hábitos que se adoptan comúnmente en las viviendas, en función de la estancia a la que afecta (Palma Carazo 2003):

Hábitos de ahorro en la cocina
No emplear el chorro del agua para descongelar
No dejar el grifo abierto a la hora de lavar los platos
No poner en marcha el lavavajillas hasta que no esté lleno
Aprovechar el agua utilizado para lavar frutas y verduras para regar las plantas
Recoger el agua que sale mientras se espera al agua caliente, para limpiar o regar
Hábitos de ahorro en el baño
Cerrar el grifo mientras se lavan los dientes o enjabonan
No utilizar el inodoro como cubo de basura
Optar por llenar el lavabo en lugar de dejar que el agua corra
Elegir la ducha frente al baño
Introducir dentro de la cisterna una botella, para reducir la descarga, solamente en caso de cisternas antiguas, cuya descarga es abundante
Hábitos de ahorro en el jardín
Regar durante la noche, evitando la mayor evaporación
Elegir plantas autóctonas que puedan sobrevivir sin ser regadas
Agrupar las plantas en el jardín en función de la cantidad de agua que requieren
Limpiar con la escoba, y no con la manguera
Dejar crecer el césped hasta 5 o 6 cm que es cuando requiere menos agua

Tabla 2.3 Clasificación de los hábitos de ahorro de agua más habituales en las viviendas

Se consideran estos hábitos como una base para una gestión más eficiente del agua dentro de la propia vivienda. Una vez se tiene constancia de ellos, y se realizan en el hogar, se comienzan a exponer los diferentes aparatos y sistemas de los que se puede dotar a la vivienda para conseguir maximizar el ahorro todo lo posible. No tiene sentido dotar la vivienda, por ejemplo, de sistemas de reciclado de agua, si todos estos hábitos de ahorro se pasan por alto.

2.3 Sistemas de ahorro

Se engloban dentro de sistemas, todos aquellos aparatos que incorporados en la vivienda, ayudan a reducir el consumo de agua sin modificar los hábitos cotidianos. Se englobarían dentro de estos sistemas, griferías, sanitarios, sistemas de riego y electrodomésticos entre otros (Soriano Rull and Pancorbo Floristan 2012).

Como se ha visto antes, según los datos del INE de la “Encuesta de hogares y medio ambiente” del año 2008, se estima que el 50,90% de los hogares en España, han incorporando al menos un sistema de ahorro en su vivienda, y de esas viviendas, el 26,70% han dispuesto de sistemas para reducir al caudal de los grifos, convirtiéndose en la opción más recurrida si se pretende conseguir un ahorro de agua.

Existen muchos sistemas que ayudan a reducir el consumo de agua, tanto como para instalar directamente en obra nueva, como para adaptar la propia grifería y sanitarios de los que ya se disponga en la vivienda. En este caso, como el objetivo es adaptar una vivienda a un consumo más eficiente, se mostrarán los sistemas de ahorro disponibles en el mercado para “adaptar” los elementos de los que ya dispone la vivienda.

2.3.1 Adaptadores para grifería existente

La grifería convencional, tiene unos consumos de aproximadamente entre 12 y 15 l/min, con la incorporación de estos mecanismos reductores, se puede llegar a reducir su consumo hasta unos 5 u 8 l/min. Aproximadamente sólo el 60% del agua es realmente aprovechada, y gracias a la incorporación de estos adaptadores se logra reducir ese 40% que no es realmente útil (Soriano Rull and Pancorbo Floristan 2012).



Imagen 2.1 Los perlizadores pueden reducir hasta un 60% el consumo de agua gracias a la inclusión de aire

Existen perlizadores (también denominados aireadores) adaptables a todo tipo de grifería y sistemas. La reducción del caudal de salida se produce gracias a la adición de aire.

2.3.2 Contadores

Desde la entrada en vigor del Código Técnico, se exige que cada abonado, o cada unidad de consumo individual, tenga su propio sistema de contabilización de agua. Según el Documento Básico de Salubridad, DB HS4, en el punto 2.3 indica que:

“Debe disponerse de un sistema de contabilización tanto de agua fría como de agua caliente para cada unidad de consumo individualizable”.

Se considera que la sustitución de contadores generales por contadores individuales se ha extendido, convirtiéndose en una medida de ahorro efectiva. Se estima que el ahorro conseguido por la utilización de estos contadores es como mínimo del orden del 25-40 % dependiendo de factores como el tipo de tarifa, la climatología o el precio (Soriano Rull and Pancorbo Floristan 2012).

2.3.3 Sanitarios

El inodoro es uno de los principales sanitarios en cuanto al uso del agua que requiere para su funcionamiento (30% del consumo total frente al 35% de la ducha). La capacidad de las cisternas actuales varía entre los 6 y los 9 litros de agua, aunque la tendencia actual es ir reduciendo dicho volumen, que podría situarse en torno a los 4 o 5 litros (Palma Carazo 2003).

Los diferentes fabricantes han comenzado a incorporar a sus modelos sistemas de ahorro integrados, como pulsadores de doble descarga o de interrupción de la descarga.

- ▶ El mecanismo de doble descarga, consta de dos pulsadores con diferentes cantidades cada uno. El botón de mayor superficie activa la descarga total de la cisterna, y el de menor superficie, activa la descarga de la mitad de la cisterna.
- ▶ Con el mecanismo de interrupción, al realizar dos pulsaciones consecutivas, se detendrá la descarga que se inició con la primera pulsación (Soriano Rull and Pancorbo Floristán 2012).

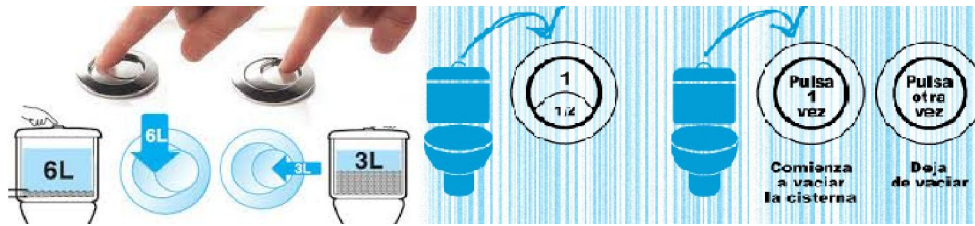


Imagen 2.2 Esquemas de los sistemas de doble descarga e interrupción de descarga

Con la instalación de cualquiera de estos dos sistemas se puede ahorrar en torno al 40% del consumo asociado al inodoro. Haciendo una media en cuanto a las diversas fuentes consultadas sobre los consumos asignados a cada uso del agua, cada habitante realiza una media de 5 descargas diarias.

2.3.4 Electrodomésticos

La elección de unos electrodomésticos eficientes, también es importante a la hora de ahorrar agua. La primera legislación sobre el etiquetado energético de los electrodomésticos es del año 1994, transpuesta según el Real Decreto 124/1994 del 28 de enero. En la etiqueta se indica el grado de eficiencia ecológica en función de varios parámetros entre los que se encuentra el consumo de agua y su eficiencia de lavado.

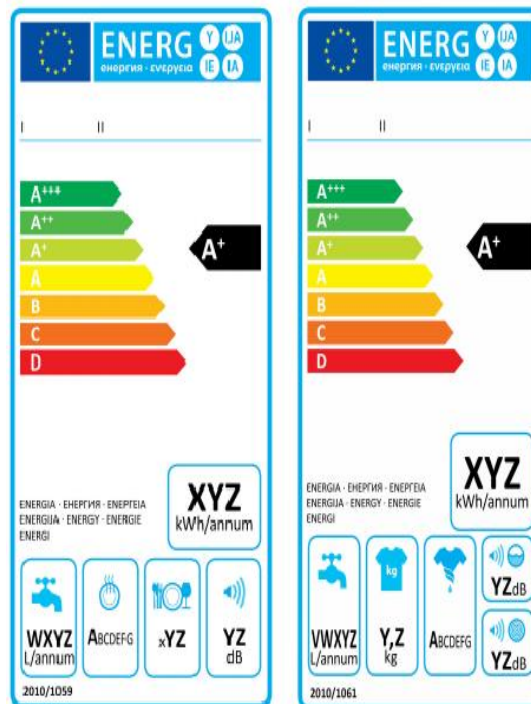


Imagen 2.3 Ejemplos de las etiquetas energéticas de lavavajillas y lavadora respectivamente

2.3.5 Zonas verdes

Se ha estimado que el consumo de agua destinada el riego en una vivienda unifamiliar con jardín, es aproximadamente el 4% del consumo de agua total por habitante y día. Se podría reducir ese consumo con el uso de sistemas de riego localizados o empleando técnicas menos conocidas como la xerojardinería.

► Sistemas de riego localizado

La ventaja de estos sistemas radica en aplicar el agua a la zona de suelo determinada que la necesita en lugar de regar su totalidad. En esta modalidad se engloban dos posibilidades, el riego por goteo y el riego por exudación.

Riego por goteo. El agua circula a presión por la instalación hasta llegar a los goteros, en donde al perder la presión sale el agua gota a gota. Como consecuencia sólo recibe agua la parte del suelo que la necesita.

Riego por exudación. El agua circula por un tubo poroso, y a medida que al agua que lo rodee se seque, éste emana agua que la irá sustituyendo. Se puede mejorar la eficiencia de este sistema enterrando el tubo y haciendo que las evapotranspiraciones sean mínimas

La incorporación de estos sistemas en lugar de los sistemas de riego convencionales (manguera, regadera, aspersores...), supone un ahorro de la cantidad de agua empleada de entre un 40 al 60%, además de ser un sistema más eficiente y que garantiza un servicio de mayor calidad. Estos sistemas de riego son adaptables a cualquier terreno, y al estar más hidratado, consiguen que la cantidad de material fitosanitario o abono sea mínima (García Calvo et al. 2012).

► Xerojardinería

Se trata de una práctica de jardinería nacida en Estados Unidos en los años setenta. Permite crear espacios más sostenibles gracias a la plantación de especies autóctonas y reduciendo la superficie de césped. Esta tipología de jardín garantiza un bajo consumo hídrico y muy poco mantenimiento (Martín 2003).

El uso de plantas autóctonas garantiza que están adaptadas al suelo y al clima, reduciendo las necesidades de riego, siendo estas mínimas e incluso nulas. En estos jardines se tienen muy diferenciadas zonas en función del riego que requieran, para poder ser regadas conjuntamente y no contribuir al despilfarro. Reducir la superficie de césped es muy favorable, ya que es la superficie que requiere mayor cantidad de agua. Este tipo de jardines pueden llegar a reducir hasta un 35 o 40% en consumo de agua.



Imagen 2.4 El riego por goteo y la xerojardinería reducen notablemente el consumo de agua en el jardín

2.4 Sistemas de reutilización

Las medidas hasta ahora citadas, ayudan a conseguir un uso más eficiente del agua actuando sobre equipos de consumo, y sobre hábitos diarios. Pero aún se puede mejorar la eficiencia del agua si se alarga su ciclo de vida en el domicilio, es decir si es reutilizada.

Pese al creciente interés de la sociedad por gestionar el agua de una forma más eficiente, éste ha sido un aspecto presente siempre a lo largo de la historia. Fueron las civilizaciones de la Edad Antigua las primeras en desarrollar sistemas de aprovechamiento de aguas, que consistían en la captación de las aguas de lluvia en los periodos húmedos y su

aprovechamiento durante las épocas de más sequía (Zabalza Bribián 2011). En cuanto al aprovechamiento de las aguas residuales, está ya ligado con la propia existencia de redes de saneamiento. Sistemas de regadío utilizando las aguas residuales, comenzaron a utilizarse a partir del año 2.000 a.C por la civilización minoica (Palma Carazo 2003). Será en Estados Unidos a finales del siglo XX donde se inicia el modelo de reutilización que se conserva en la actualidad.

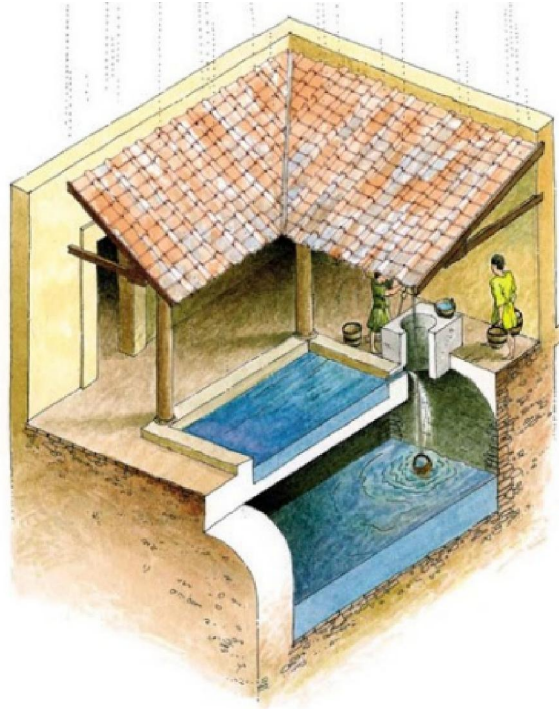


Imagen 2.5 Ya en la antigua Roma las aguas de lluvia se acumulaban y se extraían del “*impluvium*” mediante un pozo

Remontando a la actualidad y al caso de España, la práctica de la reutilización, ya sea de aguas de lluvia como de aguas residuales no está muy difundida, salvo para el riego de zonas verdes. Para un uso sostenible del agua, se debe plantear la instalación de módulos de tratamiento de aguas residuales, el uso de sistemas de ahorro y bajo consumo, así como el empleo de aguas residuales y aguas de lluvia para la sustitución de agua potable en determinados casos (Palma Carazo 2003).

2.4.1 Introducción

Según datos del INE, en el año 2008 al menos un 22,9% de las familias disponen de algún método de reutilización. Según diversas fuentes, la mayoría de estas familias dispondrían de métodos de reaprovechamiento de aguas pluviales, tal como un cubo a pie de bajante para utilizar esa agua para el riego. Sin embargo, la eficiencia proporcionada por ese método, puede mejorar mucho con la instalación de un sistema centralizado adecuado.

Toda el agua que se consume en la vivienda, procede de la red de suministro y por lo tanto, se destina agua potable de calidad 1 para todos sus usos, aún cuando esta no es necesaria. Con esta metodología, se está consumiendo agua de primera calidad de manera abusiva e innecesaria.

Con la ayuda de los sistemas de reutilización, se puede reducir el consumo de agua potable, y sustituirla por agua regenerada de calidad inferior pero, para los usos a los que se va a destinar, de calidad suficiente.

Agua NO sustituible		Agua sustituible	
Procedencia	Consumo	Procedencia	Consumo
Baño; Ducha	46,90	Inodoro	40,20
Lavaplatos	5,36	Lavadora	13,40
Lavabo	10,72	Riego	5,36
Fregadero; Cocina	4,02	Limpieza	8,04
Total	67		67
% del total	50%		50%

Tabla 2.4 Reparto de los usos del agua en función de si requiere agua potable o sustituible

Tomando como referencia el consumo medio por habitante y día, y los consumos asignados a cada actividad, en torno a la mitad del agua empleada en la vivienda, puede ser sustituida por agua de una calidad inferior.

En cuanto a los sistemas de reaprovechamiento que se podrían incorporar en la vivienda, en el mercado existen múltiples variedades que serán clasificadas en función del tipo de agua que reutilicen, pudiendo distinguirse, a grosso modo, entre sistemas de aprovechamiento de aguas grises, y sistema de reaprovechamiento de aguas de lluvia.

Antes de describir cada uno de los sistemas de forma individual, se hace referencia a los usos a los que se pueden destinar cada uno de ellos, ya que no son los mismos con aguas de lluvia que con aguas grises, favoreciendo a un porcentaje de la demanda diferente.

Sistema de aprovechamiento de aguas grises		Sistema de aprovechamiento de agua de lluvia	
Procedencia	Consumo	Procedencia	Consumo
Inodoro	40,20	Inodoro	40,20
		Lavadora	13,40
Riego	5,36	Riego	5,36
Limpieza	8,04	Limpieza	8,04
Total	53,60		67,00
% del total	40 %		50%

Tabla 2.5 Usos a los que podrían ser destinadas las aguas procedentes de los sistemas de aprovechamiento de aguas grises y de lluvia respectivamente

Los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia, cubrirían un 10% más de la demanda, ya que también se contempla su uso para sustituir al agua de la lavadora. Aún así, reducir un 40% el uso de agua potable es un resultado más que favorable, pudiendo llegar a ahorrar unos 19.500 litros de agua por persona al año, frente a los 24.500 litros que sustituiría un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia.

También es importante señalar que, estas instalaciones, siempre será complementarias de una instalación convencional, se combinará la instalación convencional (agua procedente de la red de abastecimiento urbano), con la instalación del sistemas, o los sistemas, de aprovechamiento.

2.4.2 Sistemas de aprovechamiento de aguas de lluvia

Su misión es captar en agua proveniente de las precipitaciones naturales sobre el emplazamiento donde se ubica la edificación, almacenándola para destinarla a los usos adecuados tras haber recibido los tratamientos necesarios en la propia edificación (López Patiño 2009). Los sistemas empleados para recolectar agua de lluvia en las viviendas, siguen el mismo patrón de funcionamiento y están compuestos por la misma serie de elementos.

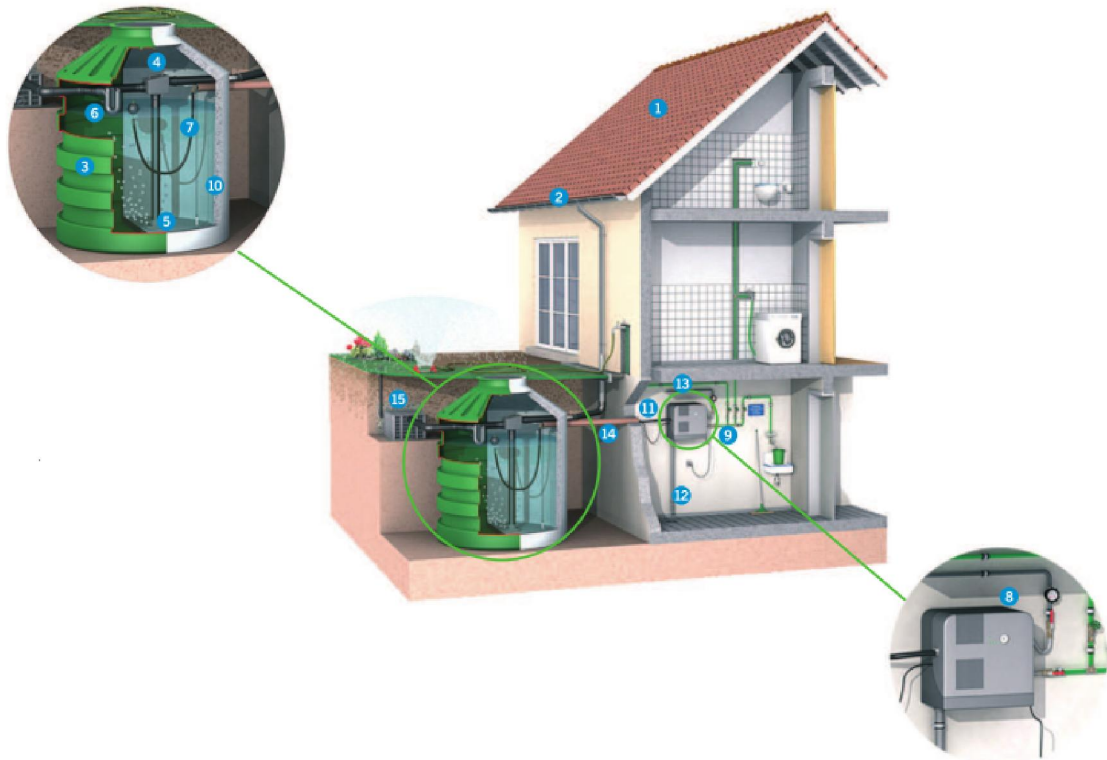


Imagen 2.6 Esquema de los componentes de un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia (SaP) (AQUA 2011a)

Consisten básicamente en una superficie de captación (1), generalmente la cubierta de la vivienda, destinada a recoger las lluvias que caen sobre el edificio, se pueden usar todas las superficies de recogida disponibles y sean adecuadas cualitativamente. El diseño de las pendientes de las cubiertas, los sistemas de drenaje así como los sumideros se deberá realizar de acuerdo al código técnico de la edificación vigente (AQUA 2011a).

En función de los materiales que compongan la cubierta, las aguas podrán ser más o menos aprovechadas, siendo favorable la instalación de materiales duros e impermeables (Palma Carazo 2003). Los materiales convencionales de cubierta se clasifican en función de su coeficiente de escorrentía, valor que se tendrá en cuenta a la hora de calcular el volumen de agua que se puede recoger. Según el método de cálculo elegido (Soriano Rull and Pancorbo Floristán 2012), se definen los siguientes coeficientes de escorrentía en función de los diferentes tipos de cubierta. A menor coeficiente de escorrentía, menor será la cantidad de agua aprovechable.

Cubierta	Coefficiente de escorrentía (e)
Cubierta dura inclinada (teja, pizarra,...)	0,8-0,9
Cubierta plana sin gravilla	0,8
Cubierta plana con gravilla	0,6
Cubierta verde	0,3-0,5
Superficie empedrada	0,5-0,8
Revestimiento asfáltico	0,8-0,9

Tabla 2.6 Coeficientes de escorrentía según el tipo de cubierta (e) (Soriano Rull and Pancorbo Floristan 2012)

Las aguas se recogen en los canchales perimetrales (2), o en los sumideros si la cubierta es plana. Estos recolectores de agua no difieren de los recolectores habituales. Deben estar instalados con cierta pendiente para que permitan la conducción del agua hasta las bajantes y constituidos por materiales livianos, cuyo ancho oscile entre 75 y los 150 mm, sin

exceder estos límites (Soriano Rull and Pancorbo Floristan 2012), además los materiales no deben ser fácilmente alterables ni alterar la calidad del agua transportada, recomendándose utilizar materiales reciclables. Las canaletas o conducciones verticales pueden ser colocadas en el interior o exterior de edificios. En el caso de conducciones interiores se debería considerar su accesibilidad para labores de mantenimiento y en cualquier caso según establezcan las normas y reglamentos competentes vigentes en cada momento (AQUA 2011a).

Previo a la entrada en los depósitos de acumulación (4), las aguas pluviales deben ser filtradas para evitar la entrada de suciedad procedente de la superficie de captación en los depósitos de almacenaje que pueden causar averías de funcionamiento del sistema y/o empeorar la calidad del agua almacenada. Los filtros (3) pueden ubicarse en cualquier punto de la instalación situado entre la superficie de captación y la entrada al depósito.

Los filtros que se encuentran actualmente en el mercado, tienen una eficacia que oscila entre el 80 y el 100%, variando en función del sistema empleado y de la intensidad de las lluvias. La clasificaciones generales de los diferentes filtros se suelen realizar en función a su ubicación, distinguiendo así tres tipos de filtro, y tres tipos de rendimiento en función de la ubicación elegida (Soriano Rull and Pancorbo Floristán 2012).

	Rendimiento	Mantenimiento	Capacidad	Coste
Filtro en bajante	80-90 %	Mínimo	Baja	Bajo
Filtro cesta	100 %	Alto	Alta	Medio
Filtro autolimpiante	90-95 %	Mínimo	Alta	Alto

Tabla 2.7 Características de los diferentes filtros (AQUA 2011a)



Imagen 2.7 Algunos tipos de filtro, filtros en bajante, de cesta y autolimpiante (AQUA 2011a)

Una canalización comunica con un depósito de almacenaje, en él que, previo un filtrado, se acumula el agua hasta el momento de la demanda. En el interior existe un sistema de bombeo que impulsa el agua al punto de consumo gracias a un circuito independiente (Soriano Rull and Pancorbo Floristan 2012).

El depósito debe de ser exclusivo únicamente para el agua de lluvia (3). Su material, en ningún caso debe alterar el agua almacenada, y debe cumplir las tres premisas básicas para que el agua se mantenga en perfecto estado: protegerla de la suciedad, pudiéndola dotar de características organolépticas no deseadas, protegerla de la luz, que fomentaría la aparición de algas y protegerla del exceso de calor, pudiendo dar lugar a la aparición de microorganismos (AQUA 2011a)

Es muy importante el correcto dimensionamiento de estos sistemas, ya que la captación de las aguas de lluvia generalmente se produce en unos meses determinados del año, y su uso se podría destinar a actividades que se realizan diariamente, por lo que sería interesante poder estirar su uso el máximo de días posible, siempre y cuando su conservación permita que se conserve el agua en buenas condiciones.



Imagen 2.8 Ejemplos de los diferentes tipos de depósitos de los SaP que se pueden encontrar en el mercado. Depósito soterrado, superficial, flexible y decorativo

A la entrada del depósito se sitúa una boca de entrada anti-turbulencia (5), que se encarga de que en caso de lluvias torrenciales las aguas no entren de forma violenta al depósito, y un rebosadero con sifón (6), en el caso de exceder la cantidad de agua que se puede acumular en el depósito, se deriva hacia la red de evacuación. En el interior del depósito también se ubica un sensor de nivel de agua (10) que detecta cuando la cantidad de agua en el depósito no es suficiente para cubrir la demanda, y ordena la entrada de agua de la red de abastecimiento (13,14).

La toma de agua se realiza mediante una sonda (7) que recoge el agua de la superficie evitando así la captación de sustancias que se podrían acumular en el fondo del tanque.

Esta toma de agua entrará en funcionamiento, cuando un equipo de control (8) detecte de la demanda de flujo y presión en alguno de los puntos de consumo que corresponda a la utilización de la instalación, como son las cisternas, puntos de limpieza, lavadoras y riego. Las aguas se desplazan a los puntos de consumo mediante una serie de montantes destinados únicamente al agua de lluvia (9).

2.4.3 Sistemas de reaprovechamiento de aguas grises

Los sistemas de reutilización de aguas grises comienzan a ser una alternativa demandada en las viviendas unifamiliares. Se trata de una serie de tuberías independientes por donde desfilan las aguas grises hasta llegar al depósito, donde se llevan a cabo los tratamientos de desinfección. Tras su tratamiento se instalan una serie de tuberías exclusivas para desplazar las aguas hacia los puntos de consumo. Dependiendo de, si acumula las aguas de uno o más sanitarios, se distinguen dos tipos de sistema de aprovechamiento de aguas grises, los sistemas centralizados, y los sistemas descentralizados (García Calvo et al. 2012).

2.4.3.1 Sistemas centralizados

Aunque existen varios procesos de tratamiento de estas aguas, el funcionamiento básico de estos procesos mantiene un mismo esquema. Su funcionamiento consiste en captar las aguas grises procedentes de todos los cuartos húmedos en depósitos centralizados, en donde se someterán a los tratamientos necesarios para su reutilización y almacenaje hasta la demanda (AQUA 2011b).

Estos sistemas se utilizan cuando se quiere reaprovechar el agua procedente de varios cuartos húmedos o varios sanitarios de una forma conjunta. Independientemente del número de cuartos húmedos a los que dé servicio y de la procedencia de las aguas a recolectar (lavabo, ducha o lavabo y ducha), todo sistema centralizado de aguas grises siguen el mismo proceso de funcionamiento:

El inicio del proceso de reciclado comienza con la recogida de las aguas grises procedentes de duchas (1) y/o de los lavabos (2). Esas aguas se transportan hasta el depósito de

La repercusión del agua en la sostenibilidad de una vivienda unifamiliar

tratamiento mediante una bajante específica para aguas grises (3). Previamente a la entrada en el depósito, las aguas pasan a través de un filtro para eliminar impurezas ligeras, como suciedad o cabellos (4), una vez en el depósito (5) reciben el consiguiente tratamiento (las opciones de tratamiento son presentadas a continuación).

Tras ser sometidas al tratamiento, las aguas se almacenan en otro depósito a la espera de ser demandadas (6). El periodo máximo de tiempo que las aguas pueden ser almacenadas, es de 48 horas, pese a encontrarse desinfectadas, los patógenos pueden hacer mella en la calidad del agua si esta no se mantiene estanca. Mediante un equipo de impulsión (7), las aguas fluyen a los puntos susceptibles a los que puede ser destinada.

La red de suministro por la que fluyen (8), será una red dedicada únicamente al reparto de aguas grises tratadas, sin posibilidad de incorporar agua procedente de la red o de algún otro sistema de captación.

Las aguas grises tratadas pueden ser utilizadas en cisternas (9), grifos utilizados únicamente para la limpieza (10) y sistemas de riego de zonas ajardinadas. Todos los puntos en los que se emplee agua gris, deben estar señalizados para que puedan ser reconocidos como tal de una forma sencilla (12) y evitar su consumo por error.



Imagen 2.9 Esquema de un sistema centralizado de aguas grises (AQUA 2011b)

Conocido el sistema, mención especial requieren los tratamientos. Las aguas grises tienen una carga bacteriológica que necesita eliminarse para ser empleada sin suponer un riesgo para la salud (Soriano Rull and Pancorbo Floristan 2012). Se distinguen tres tipos de

tratamientos de aguas grises y posteriormente se podría realizar cualquier combinatoria entre ambos. Los principales son, los tratamientos físicos, fisicoquímicos y biológicos.

► Físicos

Materias sólidas, grasas y aceites, se separan del resto del agua por medio de sistemas de filtración (mallas, filtros de arena,...), o decantación. Se emplean en sistemas sin acumulación de agua, mediante una bomba las aguas grises regeneradas se envían a los puntos de consumo directamente. La calidad del agua de estos sistemas es poco exigente, pudiendo destinarse únicamente a riego.

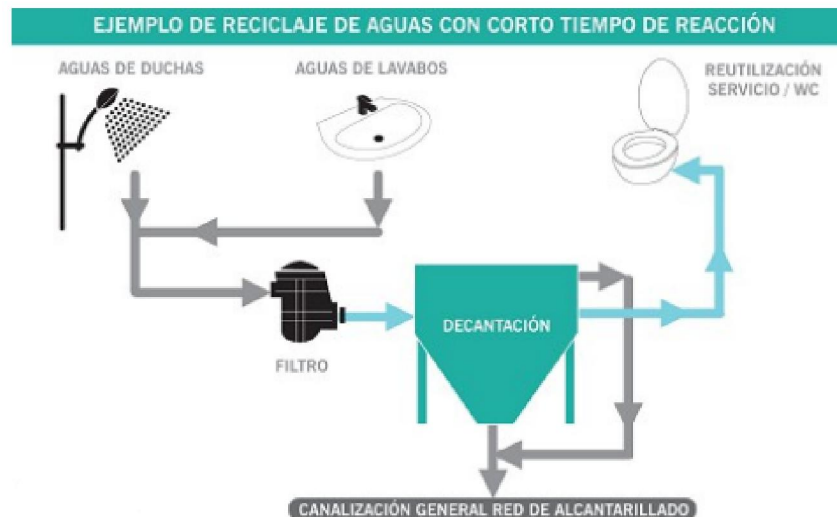


Imagen 2.10 Esquema de un ejemplo de tratamiento físico de aguas grises (AQUA 2011b)

► Fisicoquímicos

Además de contar con los procesos físicos, elimina también la materia orgánica y la turbidez. El agua pasa por unos pre-filtros que, previamente al almacenamiento, se encargan de eliminar residuos y partículas. Una vez almacenadas se le añade una dosificación de coagulantes, aglutinan los sólidos en suspensión para que se puedan retirar de una forma sencilla. Posteriormente, las aguas pasan por unos filtros de arena, para un filtrado de más afino, y gracias a la absorción de carbón activo se desinfecta para evitar el crecimiento de microorganismos.

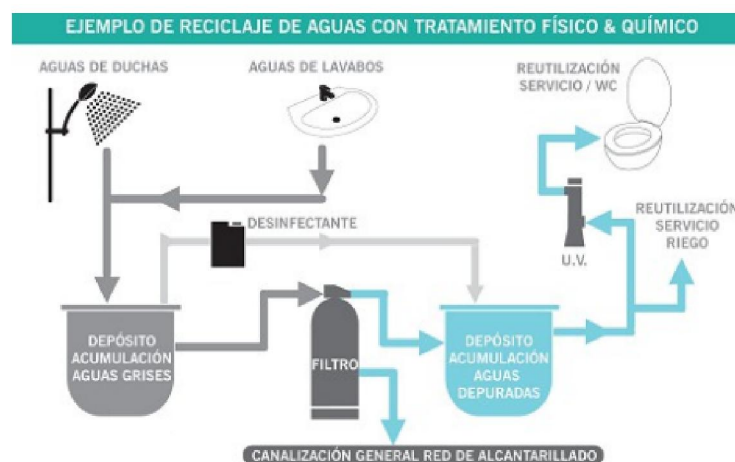


Imagen 2.11 Esquema de un ejemplo de tratamiento físico-químico de aguas grises (AQUA 2011b)

► Biológicos

La degradación se produce gracias a la incorporación de microorganismos, cuyo crecimiento se produce con la aportación de oxígeno extra. Según diversos estudios, son los tratamientos biológicos los que ofrecen un tratamiento más efectivo acorde a los parámetros exigidos en el RD 1620/2007.



Imagen 2.12 Esquema de un ejemplo de tratamiento biológico de aguas grises (AQUA 2011b)

2.4.3.2 Sistemas descentralizados

Se trata de módulos de reutilización, o bien de los cuartos húmedos donde se ubican, o de los propios aparatos de uso, a modo de estructura o de módulos que recogerán el agua, efectuar un cierto tratamiento e impulsarla de nuevo hacia los aparatos aptos para su utilización. Son sistemas de bajo mantenimiento, que pueden implicar hasta el 35 % de ahorro del consumo doméstico.

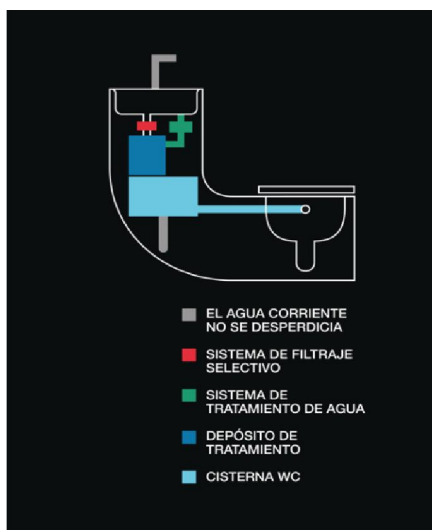


Imagen 2.13 Sanitario W+W de Roca con tratamiento de AG integrado

Un ejemplo de estos sistemas descentralizados sería el que se muestra en la figura. Se trata del modelo W+W de la empresa Roca Sanitario, que integra en una sola pieza el lavabo y el inodoro, de forma que, al usar el lavabo, el agua residual del servicio puede aprovecharse para el llenado de la cisterna del inodoro, tras pasar por un filtro y tanque de tratamiento el agua queda totalmente desinfectada.

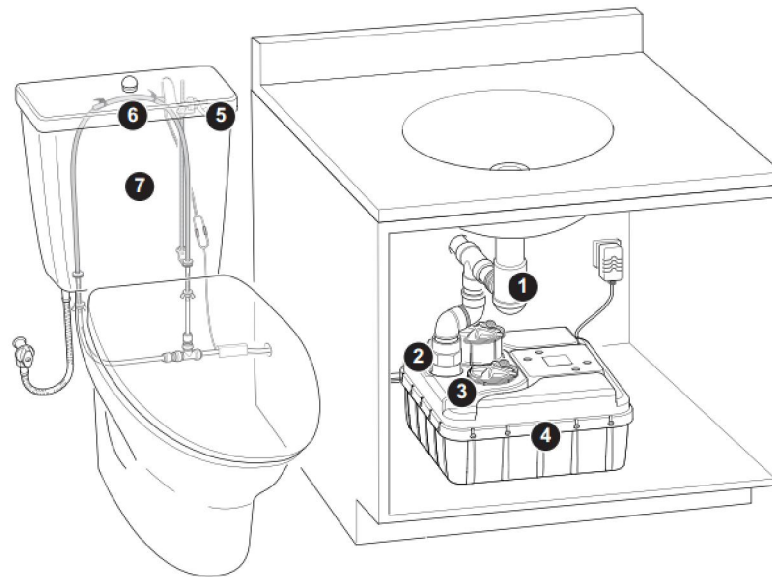


Imagen 2.14 Esquema de funcionamiento de un SaGd. Modelo ecohoe de Aqus

Otro de los sistemas autónomos más simples, es el modelo ecohoe de Aqus (Imagen 10). Consiste en un módulo que, situado bajo el lavabo recoge el agua usada en el mismo (1) y pasarán por unas pastillas desinfectantes que eliminará las bacterias y contaminantes (2), estas evitan que aparezcan pelos y otros objetos en la cisterna (3), luego esas aguas pasan a la reserva en donde se pueden acumular hasta 21 litros (4). Cada vez que se tira de la cadena (5) el sensor de la cisterna lo detecta y activa la bomba, de 12 voltios, y el agua reutilizada llena la cisterna junto al agua corriente (6). Al existir una convivencia entre el agua de red y el agua reciclada, siempre se garantiza que la cisterna dispondrá de agua e asegura que la cisterna siempre estará llena de agua aunque la reserva esté vacía o en caso de fallo del sistema eléctrico (7) (AQUA 2011b).

Según datos de la propia empresa Aqus, la proporción agua de red y agua reciclada es en torno al 20 / 80% aproximadamente. De esta manera siempre se asegura que la cisterna siempre reciba agua, independientemente del nivel de agua que acumule el módulo de reutilización. Si se recibe más agua de la que se puede acumular el excedente es enviado al desagüe (Soriano Rull and Pancorbo Floristán 2012).

Si se dispone de más espacio en la vivienda también existen en el mercado módulos adaptables tanto en la tabiquería, como en los techos adaptados. Aunque la estructura y conformación del sistema es diferente, el objetivo y los tratamientos son los mismos que en los módulos individuales y menos efectivos.

2.5 Sistemas sostenibles de tratamiento de aguas residuales

Las aguas tras su uso, necesitan regenerarse de la contaminación que han adquirido en el interior de la vivienda. Con un tratamiento adecuado, las aguas incluso podrían volver a ser utilizadas, aunque este uso es aconsejable que se limite al riego. Según datos del INE, en Galicia cada día se tratan 955.690 m³ de aguas residuales de las cuáles únicamente 2.850 m³ son reutilizados (INE, 2012) lo que supone únicamente el 0,29%.

En la actualidad la mayoría de las aguas l tratamiento convencional de las aguas se produce en una Estación Depuradora de Aguas Residuales, en donde se realizan un conjunto de operaciones unitaria de tipo físico, químico y biológico cuya finalidad es la eliminación de contaminación para ser devueltas al medio sin que suponga ningún perjuicio para él. A

pesar de tratarse de una opción eficiente desde la óptica de la calidad de agua exigida, no lo es desde el punto de vista sostenible y ambiental (Bermejo Arnaldos 2012).

A simple vista los impactos que supone una EDAR para el medio ambiente son casi tan altos como los beneficios que aportan. Como se pretende lograr un entorno más sostenible en este trabajo se plantea una alternativa para estos sistemas, como pueden ser los sistemas de depuración más blandos de bajo coste, viables en determinados núcleos poblacionales, en los que la dispersión geográfica de las viviendas, hacen que los costes de explotación de las EDAR sean excesivamente elevados.

La instalación de estos sistemas está contemplada en la ley, ya que el CTE en el DB-HS5, de evacuación de aguas, en el apartado 3.1, en el punto 2, hace referencia a lo siguiente:

“Cuando no exista red de alcantarillado público, deben utilizarse sistemas individualizados separados, uno de evacuación de aguas residuales dotado de una estación depuradora particular y otro de evacuación de las aguas pluviales al terreno”.

Ante esta afirmación del CTE, se considera que se pueden emplear tratamientos de agua sostenibles, basados en tratamientos biológicos. Son numerosas las ventajas que ofrecen estos sistemas frente a los tratamientos convencionales (Palma Carazo 2003):

- ▶ No emplean reactivos químicos de gran coste económico y medioambiental.
- ▶ Mayor capacidad de degradar la materia orgánica procedente de las aguas domésticas.
- ▶ La evacuación de los fangos es mucho más sencilla. Ya que la producción de lodo es mucho menor, se requiere menor mantenimiento y explotación del sistema.
- ▶ Son métodos mucho más adaptables a los pequeños caudales.
- ▶ La calidad global de los efluentes será mucho menor que los efluentes resultantes de la EDAR.

Como inconveniente se puede destacar que normalmente requieren de una mayor disponibilidad de superficie (no aplicable al caso de la depuradora biológica), y que solamente se puede garantizar su eficacia en efluentes totalmente biodegradables, aunque en el caso de las aguas procedentes de un entorno doméstico no influiría, si afectaría a las aguas procedentes de la industria.

Los sistemas de tratamiento naturales, eliminan la carga contaminante de las aguas a través del medio natural, convencionalmente se clasifican estos métodos en tres grupos, los sistemas de aplicación directa sobre el terreno, sistemas acuáticos y sistemas mixtos.

Aplicación directa sobre el terreno	Sistemas acuáticos	Tratamientos mixtos	Tratamientos en desuso
Filtros verdes	Lagunaje	Pozo filtrante	Pozo decantador
Infiltración superficial	Humedales	Zanja filtrante	Fosa séptica
Lechos de turba o arena	Cultivos acuáticos	Lecho filtrante	

Tabla 2.8 Algunos sistemas de tratamiento naturales de aguas residuales en función de su tipología

- ▶ **Sistemas de aplicación directa en el terreno.** El suelo es el medio receptor y agente activo, ya que es en él donde se produce el proceso de depuración, eliminando todas las sustancias contaminantes con las que cuenta el agua, como es el caso de los filtros verdes.
- ▶ **Sistemas acuáticos.** La depuración se realiza en un medio acuático, en el que la materia orgánica será degradada por la acción de microorganismos o vegetación presentes en el agua, como en los sistemas de lagunaje.

- ▶ **Tratamientos mixtos.** Son sistemas que se basan en la decantación de las aguas, la depuración se produce por una combinación de los dos sistemas descritos anteriormente, como el tanque imhoff.



Imagen 2.15 Filtros verdes, sistemas de lagunaje y los tanques imhoff, son ejemplos de los sistemas de depuración alternativos a las EDAR

En la actualidad, las alternativas más fehacientes respecto a las EDAR, son las depuradoras biológicas. Existen numerosas empresas que comercializan estos productos, y siguen siendo una interesante alternativa de depuración natural, sobre todo, en entornos con una dispersión geográfica elevada y una densidad de población baja.

Los modelos de estas depuradoras, se comercializan con dos compartimentos diferenciados, este tipo de depuración consta de dos procesos (Palma Carazo 2003):

En primer lugar, las aguas residuales llegan al primer compartimento en el que entran en contacto con el reactor. Las aguas residuales se someten a una aireación prolongada que genera un medio aerobio. Cuando existe suficiente flora bacteriana, esta se encarga de digerir la materia orgánica disuelta, consiguiendo una descomposición biológica.

Se adjunta en el **Anejo V**, una comparativa, dentro del contexto de la investigación, del impacto que supone una EDAR y el impacto que supone la instalación de una depuradora biológica. Dicha comparativa se desarrolla valorando como influyen ambas opciones en los tres aspectos básicos de la sostenibilidad, ambiental, social y económico.

2.6 Aspectos legales y normativa de la reutilización de aguas

La regulación básica de la reutilización de aguas, viene siendo reclamada desde la ley de aguas 29/1985 de 2 de agosto, en donde se empezaban a establecer unos requisitos básicos para reutilizar las aguas de los procesos de depuración. La reutilización de las aguas supone una útil alternativa para contribuir al objetivo de disponibilidad y con la calidad demandada en la dinámica social en sintonía con los principios de la Directiva 2000/60/CE de 23 de octubre, por la que se establece el marco comunitario de política de aguas a nivel europeo.

Posterior a esta ley, el RD 1620/2007 de 7 de diciembre, establece el marco jurídico de reutilización de las aguas depuradas, ha establecido esa regulación básica que ya venía siendo reclamada en la LA 29/1985, de 2 de agosto. En este RD, se han establecido los requisitos necesarios para llevar a cabo actividades de reutilización de aguas regeneradas, así como las exigencias de calidad precisas para cada caso, trasladando los costes y responsabilidades relativas a dichas exigencias de calidad a los sujetos de las actividades de reutilización (Bermejo Arnaldos 2012).

Sirve como soporte legal, que antes no existía, para la reutilización de aguas residuales en España, en sintonía con las necesidades de depuración que marca la directiva 91/271/CEE.

Dado que el destino de las aguas recicladas será la propia vivienda, y haciendo referencia al RD 1620/2007 de 7 de diciembre, se establecen los criterios sanitarios de la calidad del

agua de consumo humano, en donde se hace referencia a la reutilización de las aguas depuradas, pero sin especificar su procedencia. El objeto de este real decreto es *“establecer el régimen jurídico para la reutilización de las aguas depuradas, de acuerdo con el artículo 109.1 de la Ley de Aguas, aprobada en el RD 1/2001, de 20 de julio”*.

Haciendo referencia a dicho artículo, se especifica: *“El gobierno establecerá las condiciones básicas para la reutilización de las aguas, precisando la calidad exigible a las aguas depuradas según los usos previstos”*. A la hora de definir esa calidad exigible, el artículo 4 del RD 1620/2007, del que se hará una mención a los puntos más importantes, hace referencia a los usos admitidos para las aguas regeneradas: las aguas regeneradas podrán utilizarse para los usos indicados en el anexo I.A, haciendo referencia a dicho anexo, se indica que a nivel residencial las aguas regeneradas se pueden emplear para riego de jardines, descarga de sanitarios, limpieza y baldeos.

En los supuestos de reutilización de aguas para usos no contemplados en ese anexo, el organismo exigirá las condiciones de calidad que se adapten al uso más semejante de los descritos en el mencionado anexo. Se prohíbe la reutilización de aguas para el consumo humano, salvo situaciones de declaración de catástrofe en las que la autoridad sanitaria especificará los niveles de calidad exigidos a dichas aguas y a los usos.

Esta normativa hace referencia a una reutilización de las aguas ya regeneradas, pero no existe normativa a nivel europeo sobre la reutilización de las aguas pluviales ni sobre la reutilización de las aguas grises en la propia vivienda. Tampoco hay normativa a nivel estatal, autonómico ni local que fije los criterios de calidad sanitaria para el aprovechamiento de estas aguas.

No existe a día de hoy una normativa que regule el uso de aguas de lluvia ni el reciclaje de aguas grises como fuente de consumo. En España, como suele ser habitual, existen inercias normativas, técnicas y de mercado que impiden la implantación de tecnologías innovadoras. Ello sitúa al país en la cola de Europa en tecnologías de aprovechamiento de aguas pluviales y grises para usos en edificación. Es por ello, y de forma provisional, que se consideran unos requisitos mínimos de calidad del agua establecidos según el RD 1620/2007.

Pese a seguir ese estándar y condiciones, existen movimientos para dar a conocer la recuperación de agua de lluvia y de aguas grises, y surge en diciembre de 2008 una iniciativa para trabajar conjuntamente con los Organismo Públicos desde la plataforma de Aqua España. Después de 2 años, la comisión de Gestión de aguas pluviales puede ofrecer un documento técnico que analiza las soluciones tecnológicas existentes aplicables a las necesidades de un entorno mediterráneo en materia de aprovechamiento de las aguas pluviales en la edificación y del aprovechamiento de aguas grises.

Este resultado, liderado desde la industria española de las tecnologías del agua se pone a disposición de la sociedad y de los organismos públicos para contribuir desde una vertiente tecnológica al desarrollo de soluciones para la gestión sostenible de los recursos hídricos alternativos.

2.6.1 Calidades del agua

Un sistema de abastecimiento convencional, se gestiona a través de un sistema centralizado, por lo que es inevitable destinar agua que no sea potable a algún tipo de uso. Si se plantea la reutilización de las aguas y el reciclado, habrá que destinar aguas de diferentes calidades en función de la que se exija en su destino, mediante un sistema descentralizado. De esta manera, no sería obligatorio que todas las aguas cumplan siempre

los requisitos de potabilidad, como si fuesen destinadas para el consumo humano (Palma, 2003). Se define como calidad, a los objetivos cualitativos exigidos al agua de abastecimiento en función del uso al que esta vaya a ser destinada. Entre las demandas domésticas se considera que existen tres grados de calidad, *calidad de grado 1, grado 2 y grado 3*.

No existe ninguna normativa al respecto para definir los estándares de calidad si el origen directo de las aguas es la reutilización, así que tendrá en cuenta la normativa como si de aguas de abastecimiento se tratase (*RD 140/2003 de 7 de febrero por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano*).

► Calidad de grado 1

Agua que se destina a puntos de consumo susceptibles de emplearse para fines alimenticios o puntos que consciente o inconscientemente sean susceptibles de utilizarse para eso. Según el RD 140/2003: *“el agua de consumo humano será salubre y limpia cuando no contenga ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un riesgo para la salud humana”*. Los puntos abastecidos con este tipo de agua son el lavabo y el fregadero de la cocina, además de algunos que necesariamente no tienen porque existir en una vivienda, como las pilas o las fuentes de bebida.

► Calidad de grado 2

Es el agua demandada en puntos dedicados al cuidado e higiene del cuerpo. Baño o ducha, bidé, y para fregar la vajilla, en caso de existir un lavavajillas o un fregadero independiente al utilizado para la elaboración de comida (Calidad 1), han de disponer de agua de buena calidad, pero no necesariamente potable. El agua de calidad de grado 2 ha de estar exenta de sólidos, grasas, no tener color, sabor, ni olor, y por supuesto, la concentración de sustancias químicas y metales no será potencialmente tóxica en contacto con la piel u ojos.

► Calidad de grado 3

Son las aguas que utilizadas en la vivienda, no requieran contacto alguno con el usuario, como puede ser el riego del jardín, la limpieza de la vivienda o del coche, instalaciones no sanitarias, como instalaciones de calefacción o agua caliente, y descargas de urinarios e inodoros.

Distribución de consumos en función de la calidad

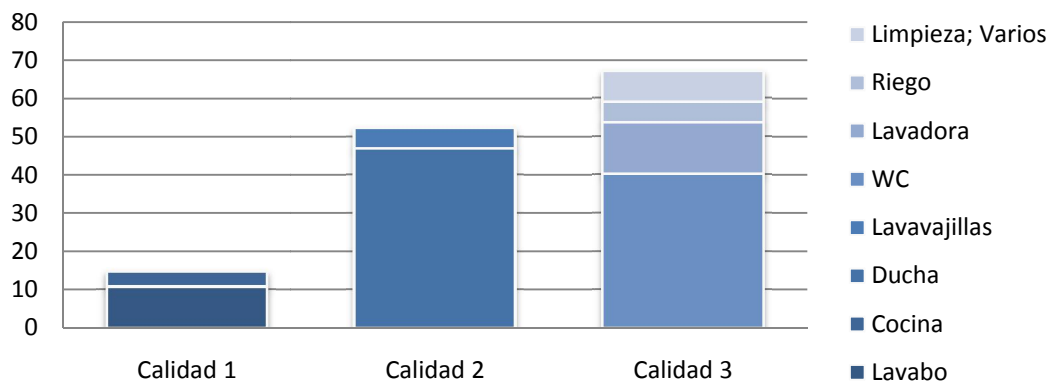


Figura 2.2 Consumo medio de agua agrupado por calidades (litros/hab/día)

Tomando como referencia los consumos asignados a cada uso previamente acordado, se puede confirmar a la vista de esta figura que, destinar agua potable (calidad 1) a todos los usos de la vivienda, es prácticamente innecesario y perjudicial, ya que la calidad 1, sólo es requerida en 14,74 litros de los 134 litros que consume cada habitante al día (11% del consumo), pudiendo ser el 89% del agua consumida de una calidad inferior.

2.6.2 La reutilización de aguas en el CTE

Es de obligada consulta el Código Técnico de la Edificación si lo que se pretende realizar es la incorporación de estas medidas en una vivienda unifamiliar. Sin embargo, consultando esta normativa únicamente se hace referencia a que si algún punto de consumo de la vivienda, está suministrado con agua no potable, estos deben ser fácilmente reconocidos. En el DB-HS, punto 2.2 indica que:

“Si se dispone de una instalación para suministrar agua que no sea apta para el consumo humano, las tuberías, grifos y los demás puntos terminales de esta instalación deben estar adecuadamente señalados para que puedan ser identificados como tal, de forma fácil e inequívoca”.



Imagen 2.16 Identificación de los puntos de suministro de AG o pluviales. Las tuberías que no suministren agua potable también deben ir marcadas

2.6.3 Tratamiento y condiciones del agua exigibles en las certificaciones de sostenibilidad

Las certificaciones de sostenibilidad que califican los impactos medioambientales asociados a la construcción, incluyen además del análisis de los aspectos energéticos, materiales de construcción o residuos, criterios relacionados con el consumo de agua (Berrocal 2010).

Ante una creciente demanda de los bienes sostenibles, y su incremento sin dejar constancia sobre si su comportamiento respetuoso con el medio ambiente es cierto o no, cada vez tiene más peso certificar los inmuebles con alguna de estas certificaciones.

En España se dispone de tres certificaciones principales, que abarcan la gran mayoría de los edificios certificados, éstas son BREEAM, LEED y Verde. Estas certificaciones recogen entre sus exigencias, una serie de valores que un edificio ha de cumplir para poder ser considerado como eficiente en materia de agua.

► BREEAM

Certificación BREEAM	
Puntos totales otorgados en la Certificación	110 puntos
Puntos totales otorgados en la categoría "Agua"	10 puntos
Valoración del agua respecto a la Valoración Total	10.5 %
Desglose de las puntuaciones otorgadas según el criterio BREEAM	
Incorporación de aparatos Sanitarios y grifos de bajo consumo	3 puntos
Instalación de contadores de agua para controlar el suministro	1 puntos
Suministro de WC, riego y baldeo con un 50 a 75% de aguas procedentes de AG y/o AP	1 puntos
Utilización de riego por goteo y aguas recicladas	1 puntos
Incorporación de plantas autóctonas	2 puntos
Estudio de viabilidad para la incorporación de un sistema de tratamiento de aguas residuales in situ	1 puntos
Implementación de un sistema sostenible de tratamiento de aguas residuales in situ	2 puntos

Tabla 2.9 Distribución de puntos y criterios de la certificación BREEAM (BREEAM 2011)

► LEED

Los requisitos en la temática de agua de la certificación LEED, se distribuyen en prerequisites y créditos. Los prerequisites son criterios básicos, de obligatorio cumplimiento para poder valorar el resto de los requisitos.

Certificación LEED	
Puntos totales otorgados en la Certificación	100 puntos
Puntos totales otorgados en la categoría "Agua"	10 puntos
Valoración del agua respecto a la Valoración Total	10 %
Desglose de las puntuaciones otorgadas según el criterio LEED	
Reducción de al menos un 40% del consumo de agua en la vivienda	4 puntos
Reducción de al menos un 50% de agua potable para el riego	2 puntos
Eliminación total del agua potable para el riego	4 puntos
Tratamiento de al menos un 50% de las aguas residuales in situ	2 puntos

Tabla 2.10 Distribución de puntos y criterios de la certificación LEED (LEED 2009)

► Verde

Certificación Verde	
Puntos totales otorgados en la Certificación	100 puntos
Puntos totales otorgados en la categoría "Agua"	10 puntos
Valoración del agua respecto a la Valoración Total	13 %
Desglose de las puntuaciones otorgadas según el criterio VERDE	
Reducción del consumo de agua en la vivienda	1 puntos
Reducción de la necesidad de riego	1 puntos
Retención de aguas pluviales para su utilización, cubriendo al menos un 60% de la demanda	1 puntos
Recuperación y reutilización de aguas grises, cubriendo entre un 30 y 60% de la demanda	1 puntos

Tabla 2.11 Distribución de puntos y criterios de la certificación Verde (VERDE 2015)

Aunque el peso de los criterios varía bastante en cada certificación, los requisitos tratados son en su mayoría los mismos. En la tabla que se presenta a continuación, se recogen los criterios totales, y los criterios que acoge cada una de las certificaciones en función del peso en la misma.

La repercusión del agua en la sostenibilidad de una vivienda unifamiliar

Criterio de actuación	BREEAM	LEED	Verde
Reducción del consumo de agua en la vivienda	Alto	Alto	Alto
Instalación de contadores para controlar el suministro	Bajo	X	X
Reducción del agua para el riego	Medio	Medio	Alto
Utilización de agua no potable (AG y/o AP) para el riego	Bajo	Alto	X
Utilización de AP en el interior de la vivienda	Bajo	X	Medio
Reutilización de AG en el interior de la vivienda	Bajo	X	Medio
Tratamiento in situ de AR	Alto	Medio	X

Tabla 2.12 Criterios de actuación y su peso en las diferentes certificaciones

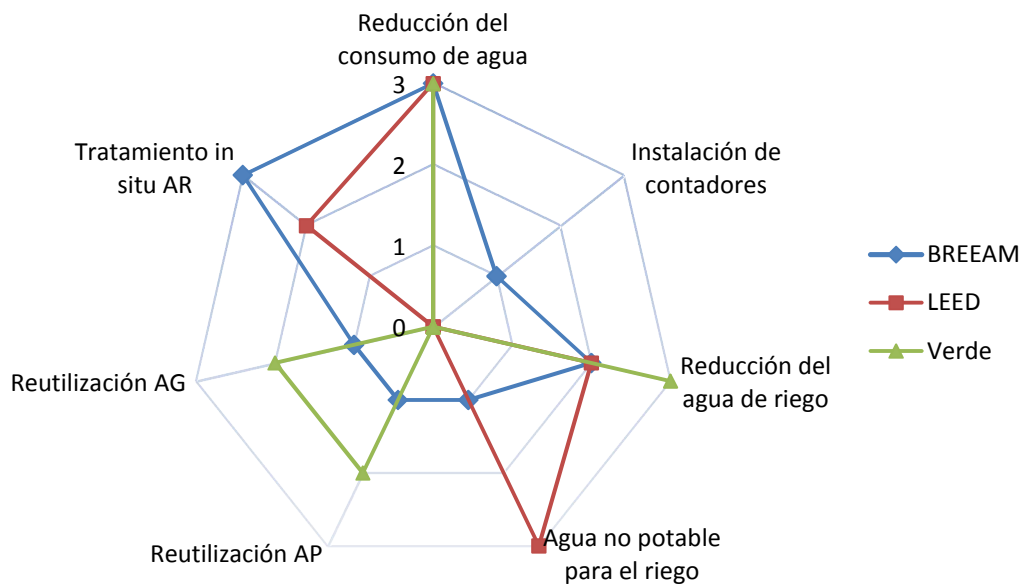


Figura 2.3 Comparativa de los criterios de actuación y su peso dentro de cada certificación

3. Método

En este capítulo, se recogen los aspectos metodológicos y de diseño de la investigación. Se intenta explicar de una forma directa la naturaleza de las técnicas y herramientas elegidas, dicho de otro modo, plasmar el camino que se ha seguido para abordar el objeto de estudio, además de aportar la justificación sobre por qué se ha elegido realizar el estudio de esta manera.

3.1 Paradigmas y antecedentes de la investigación

Lo primero que se ha de tener presente, es preguntarse qué perspectiva será la más adecuada para el desarrollo de dicho estudio. Tomando varias referencias a cerca de los diferentes planteamientos de una investigación, se ha considerado la opción de plantear un estudio de caso.

Un estudio de caso es una herramienta de investigación que estudia un fenómeno o una serie de condiciones que se establecen dentro de un contexto de la vida real (Martínez Carazo 2006).

El objetivo de esta tipología de investigación, es la descripción de una situación real, sobre la que se pretende explicar un resultado mediante una teoría, y tras haber identificado una serie de mecanismos causales que validan esa teoría (Yacuzzi 2005).

Se considera una opción adecuada, ya que en este caso se pretende analizar una vivienda dentro de su propio contexto, y plantear sobre la misma una serie de medidas y sistemas que consigan un uso del agua más eficiente. Demostrando los beneficios que tendrá en este caso concreto, se podrá demostrar que los beneficios también son extrapolables al resto de viviendas y de situaciones.

3.2 Diseño metodológico de la investigación

Continuando con lo citado anteriormente, el estudio tiene una fundamentación metodológica principalmente cuantitativa. Se pretende seguir un guión de procesos de cálculo, para poder llegar en el último momento a un resultado final que ayude a cuantificar el ahorro de agua total de la vivienda. Aunque se han consultado varias referencias en las que se cuantificaba el ahorro de agua de lluvia mediante la explicación de procesos de cálculo (AQUA 2011a), o la realización de ejemplos (Soriano Rull and Pancorbo Floristan 2012), no se ha encontrado ninguna que hiciese una valoración final sobre los resultados obtenidos y los análisis económicos y energéticos.

Lo mismo ocurre con las aguas grises, existen métodos para calcular las cantidades generadas (Palma Carazo 2003) o el dimensionamiento de un sistema (AQUA 2011b) pero no se valoran los beneficios ni cuantifica el ahorro.

Por este motivo, esta investigación se diseña conforme a los métodos de cálculo establecidos en las referencias previamente citadas, y una vez obtenidos los resultados finales se pretenderá analizarlos objetivamente y valorando los aspectos más relevantes y beneficiosos de cada uno de los sistemas (Bermejo Arnaldos 2012).

3.2.1 Elección del caso de estudio

Merece especial interés precisar cómo se aproximará la investigación al objeto de estudio. La tarea que se pretende desarrollar, analizará los beneficios otorgados por los sistemas de ahorro y reutilización de aguas dentro de un contexto determinado, y se intentará extrapolar ese resultado al resto de posibles casos. Como el objeto a analizar es una única vivienda (N=1), se afirma que se trata de un estudio de caso (Yacuzzi 2005).

Para seleccionar un objeto concreto, se han tenido en cuenta los estándares de vivienda más repetidos en el marco geográfico elegido. Se han tenido en cuenta criterios como el tipo de vivienda, el número de habitantes y su regularidad en la vivienda, el número de baños de la vivienda, la superficie de vivienda, y jardín si procede, y los consumos de agua además de los hábitos utilizados.

Se considera apropiado elegir una vivienda que se asemeje lo máximo posible al estándar más repetido a lo largo de la geografía gallega. Las variables anteriormente mencionadas, se eligen porque se considera que son las más relevantes en cuanto al consumo de agua de la vivienda. Se consulta el Instituto Galego de Estatística (IGE, a partir de ahora) con el fin de conocer los porcentajes asociados a cada una de esas categorías.

► Tipología de la vivienda

En primer lugar se elige el tipo de vivienda, ya que es la principal característica que puede hacer variar los resultados de consumo. El IGE, realiza periódicamente una serie de estudios en cuanto a las viviendas y su tipología. Los datos más recientes corresponden con enero del 2010, y se recogen en la siguiente tabla.

Tipología de las viviendas en Galicia (% de hogares)	
Vivienda unifamiliar aislada	42,27
Vivienda unifamiliar careada	5,62
Piso en un edificio con 10 o menos viviendas	20,68
Piso en un edificio con más de 10 viviendas	31,42

Tabla 3.1 Clasificación de las viviendas en Galicia en función de su tipología (IGE,2010)

Casi la mitad de las viviendas registradas y habitadas en Galicia son viviendas unifamiliares aisladas, por lo que será esta tipología de vivienda la que se analizará.

► Ocupación de la vivienda

Una vez seleccionada la tipología, es importante conocer el número de ocupantes de la vivienda y su regularidad. El 80% de las viviendas unifamiliares aisladas son viviendas de primera ocupación, por lo que se considerará que su ocupación es regular a lo largo de todo el año. Para obtener los datos de ocupación, se vuelve a consultar el IGE.

Ocupación de las viviendas unifamiliares aisladas en Galicia (miles de Ud y %)					
	1 Hab	2 Hab	3 Hab	4 Hab	≥5 Hab
Miles ud.	87,6	130,8	97,7	74,2	46,6
%	20,05	29,94	22,36	16,98	10,67

Tabla 3.2 Ocupación de las viviendas unifamiliares aisladas en Galicia (IGE, 2014)

La ocupación de las viviendas familiares de máximo cuatro habitantes, supone el 89,33% de los casos, por ese motivo se descartará una ocupación mayor. Del otro 90% de los casos, se eligen los valores 2 y 4 habitantes ya que se considera que es la posibilidad más probable de cara a un estándar futuro.

► Superficie de las viviendas

De esas viviendas unifamiliares, las superficies útiles se distribuyen de la manera que se expone en la siguiente tabla. Se toma como base el mismo estudio realizado por el IGE en el año 2014.

Superficie útil de las viviendas unifamiliares aisladas (miles de Ud y %)										
m ²	-30	30-45	46-60	61-75	76-90	91-105	106-120	121-150	150-180	+ 180
Ud.	2,9	28,4	121,3	186,8	451,5	400,5	377,5	433,2	258,3	555,9
%	0,1	1,0	4,3	6,64	16,04	14,22	13,40	15,38	9,18	19,74

Tabla 3.3 Superficie útil de las viviendas unifamiliares aisladas (IGE, 2014)

Analizados los datos proporcionados por el IGE, en primer lugar se desestimarán las viviendas con una superficie inferior a 90 m² ya que sólo suponen un 28% del total. Por el mismo porcentaje, se descartan las viviendas con una superficie superior a 150 m². El 40 % de las viviendas unifamiliares aisladas tienen una superficie de entre 90 y 150 m². Dado que dentro de esa franja, el reparto es bastante equitativo, se elegirá una vivienda de 91 m² por considerarse la opción más desfavorable de la franja debido al ser le superficie menor.

Tipología de la vivienda	Superficie	Nº baños	Ocupación
Vivienda unifamiliar aislada	91 m ²	1	4 habitantes

Tabla 3.4 Variables elegidas para la realización del caso de estudio

Una vez analizados tos los criterios que se consideran que afectan en el consumo y disponibilidad de agua, se procede a analizar una vivienda unifamiliar aislada con una superficie entre 90 y 150 m², un baño y una ocupación regular de cuatro personas.

3.2.2 Selección del caso de estudio

Para poder realizar el estudio, se deben tener en cuenta las circunstancias que se presentan en un hogar convencional, en cuanto a consumos diarios, aparatos y elementos de consumo de los que dispone, uso de los aparatos sanitarios y la viabilidad de incorporar diferentes medidas de ahorro que es el objetivo que circunscribe la investigación.

Para los fines que se persiguen es necesaria la recopilación de información sobre consumos, aparatos y viabilidad, y para ello localizar una vivienda a la que se tenga acceso y que además cumpla los requisitos que fijan los estándares mayoritarios.

Como la climatología y las precipitaciones normales de la zona, es un factor que siempre va a ser un condicionante y variable según el lugar elegido, no se considera relevante la elección de un escenario concreto, y se concluye que esta elección va a ser totalmente circunstancial. Por ese motivos, se elije una zona específica y se intenta localizar dentro de la misma el objeto de estudio que cumpla con los estándares mayoritarios anteriormente descritos.

Es por ello que dentro del marco de la geografía de Galicia se elije la zona de Mugar dos, en la provincia de A Coruña, únicamente por la relación personal con el lugar. Debido a la dispersión geográfica de las viviendas y a la baja población (0,42 hab/m², IGE 2014), no resulta difícil encontrar viviendas unifamiliares aisladas que estén ocupadas por cuatro personas a lo largo de todo el año a las que se tenga acceso.

La vivienda elegida se encuentra en una zona residencial, a 1 km escaso del centro urbano en donde abundan las viviendas unifamiliares aisladas. Se trata de una parcela de 802 m² en la que se ubica una vivienda de 91 m² y una construcción complementaria de 16 m². La

parcela está compuesta de arboles de carácter autóctono limitándose únicamente la zona de riego a aproximadamente 150 m².

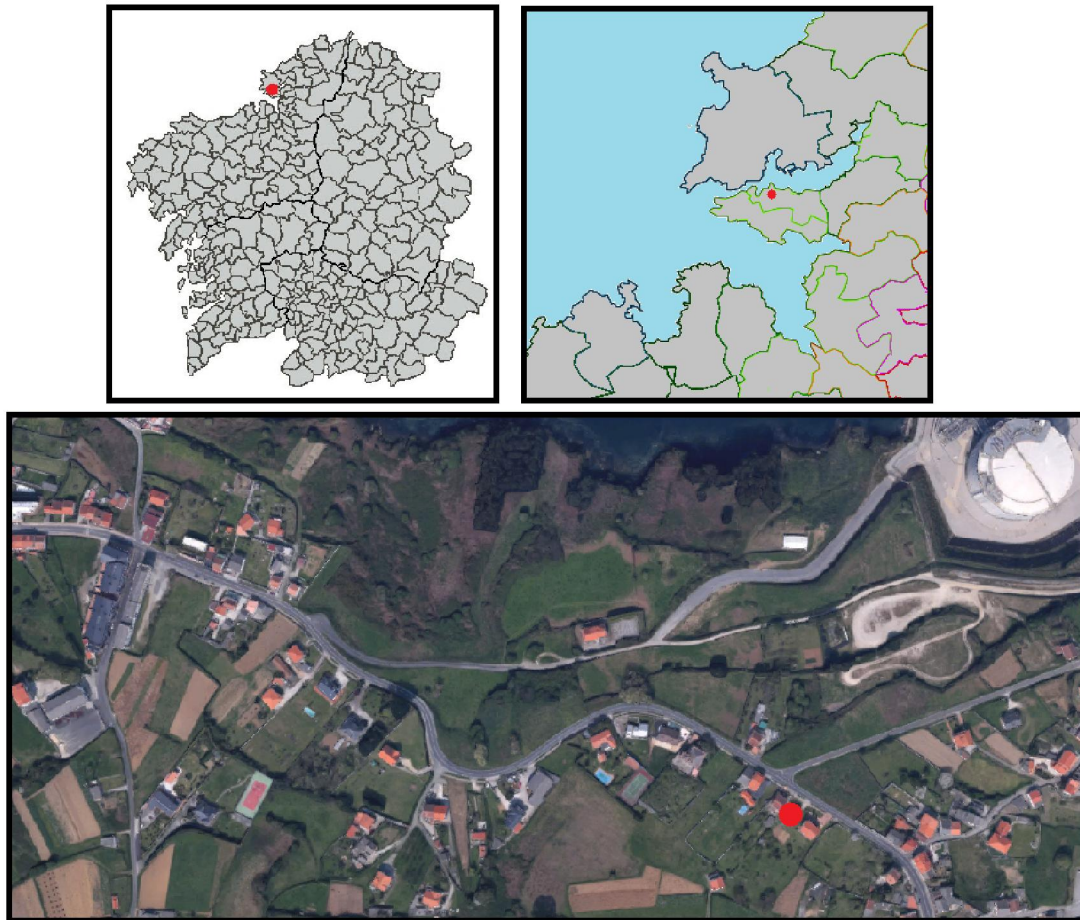


Imagen 3.1 Ubicación de la vivienda seleccionada para el caso de estudio

En cuanto a los elementos de consumo, se tiene acceso a la memoria del proyecto técnico, en el que se hace referencia a las distintas tipologías de grifos y sanitarios que se han instalado en la vivienda. Si no se dispone de la memoria técnica, o de alguno de los datos del caudal ni de consumo de alguno de aparatos sanitarios, se utilizarán los caudales mínimos exigidos que se fijan en el CTE DB-HS4.

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo (litros/segundo)
Lavabo	6
Ducha	12
Inodoro	6 litros/uso
Fregadero	12
Lavavajillas	15 litros/uso
Lavadora	50 litros/uso
Grifo aislado	9
Grifo riego	12

Tabla 3.5 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato (litros/minuto)

En este caso concreto únicamente se desconocen los caudales de los grifos destinados a limpieza y riego ubicados fuera de la vivienda pero en la propia parcela. Para cubrir esos datos, se tomaran de la tabla anterior el caudal de 9 y 12 l/min para cada uno de los grifos.

En la siguiente tabla se recogen todas las características de la vivienda que se consideran relevantes para poder analizar con detalle el consumo de agua de la misma.

Parámetros de la vivienda y ocupación	
Tipología de la vivienda	Vivienda unifamiliar aislada
Ocupación de la vivienda	4 habitantes
Tipología de la ocupación	Primera ocupación (365 días/año)
Superficie de la parcela	802,0 m ²
Superficie de la parcela que requiere riego	150,0 m ² (18% de la superficie total)
Superficie útil de la vivienda	91,0 m ²
Superficie de cubierta (excluida claraboya y chimenea)	91,91 m ²
Elementos y sistemas de consumo de la vivienda	
1 ducha	12 litros/minuto
1 lavabo	12 litros/minuto
1 inodoro	6 litros/descarga
1 fregadero	12 litros/minuto
1 lavadora	80 litros/uso
1 lavavajillas	45 litros/uso
1 grifo con fines de limpieza y lavadero	9 litros/minuto (Valor tomado del CTE)
1 grifo destinado únicamente al riego	12 litros/minutos (Valor tomado del CTE)

Tabla 3.6 Características de la vivienda que influyen directamente en el consumo de agua

El agua del que dispone la vivienda procede de la red de suministro municipal, cuyo punto de captación se encuentra en el embalse de As Forcadas, en el municipio de Valdoviño. Las aguas son bombeadas hasta la vivienda, y tras su uso en la misma son enviadas al mar sin previo tratamiento. En la actualidad existe una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) en Punta Avarenta (Ares), a la cual se enviarían las aguas a depurar, una vez fuesen usadas en la vivienda, sin embargo, y pese a que a priori la infraestructura ya está construida y en funcionamiento, se plantea la posibilidad de tratar las aguas residuales ya en la propia vivienda para ahorrar todo el proceso que implica la EDAR para el agua y para el medio ambiente.

El esquema que seguirían las aguas que se empleen en la vivienda es el que se representa en la siguiente figura.



Figura 3.1 Ciclo integral del agua en la vivienda

3.3 Técnicas de recogida de información

Aunque una vez elegida la vivienda es mucha la información que transmite, son muchos más los parámetros necesarios para la investigación, no vinculados a los parámetros fijados y que se necesitan tener en cuenta.

3.3.1 Consumos de agua de la vivienda

Hasta ahora cada vez que se habla de consumo en las viviendas, se hace tomando como referencia los datos sobre el consumo medio que aporta el INE. Estos datos son interesantes si no se dispone de otro método para conseguir esta información, pero

tomándolos siempre se está cometiendo un error debido a las variables que engloba cada vivienda y su consumo.

Los datos sobre el consumo medio del INE, no hacen distinción entre tipologías de vivienda o sus habitantes, son obtenidos realizando el cociente entre la media general del agua suministrada en una determinada zona y los habitantes de la misma.

Para definir los parámetros de consumo, es más fiable y representativo poder tener acceso a datos de consumo de la vivienda seleccionada. El acceso a los datos no es una tarea sencilla, porque en muchos casos se carece de los medios de información necesarios. Se podría intentar contactar con la empresa suministradora para que proporcione el historial de datos de consumo mes a mes, o si procede analizando las facturas.

Para la realización de este trabajo, se ha intentado contactar con la empresa suministradora del agua (EMAFERSA) para tener acceso a los datos de consumo mensuales, de al menos el último año, pero no se ha logrado conseguir dicha información. Ante este revés, se ha recurrido como siguiente opción a la recopilación de facturas ya emitidas, y al desglose mensual de las mismas.

La tarificación del agua corresponde con una factura bimensual, en la que los gastos asignados a cada servicio aparecen desglosados. De la misma se podrá deducir el consumo mensual de agua, y establecer un consumo más aproximado al real al menos cada dos meses.

En este caso se dispone de facturas de agua emitidas entre los años 2008 y 2012, y tras deducir los consumos asociados al servicio de basuras, se puede estimar el consumo de agua asociado a la vivienda cada dos meses. En la tabla expuesta a continuación, se presentan los datos de consumo deducidos, haciendo una media entre los datos disponibles de cada año.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
16,5	15,0	14,8	14,8	12,5	15,2	18,3	17,9	14,9	13,9	14,7	16,1

Tabla 3.7 Consumo medio mensual de la vivienda unifamiliar aislada ocupada por cuatro habitantes (m³/mes)

Tras la exposición de los datos, es necesario señalar que la ocupación de la vivienda es de cuatro habitantes durante todo el año. Disponible este dato, se deducirán en base a los porcentajes atribuidos a cada uso, asignados en base a la bibliografía consultada, el consumo que se asocia con cada actividad de la vivienda.

3.3.1.1 Consumos de agua del jardín

Valorar el consumo de agua del jardín es una tarea compleja. En este trabajo se decide seguir los pasos de cálculo establecidos en el *Manual del acreditador Verde* (VERDE 2015), ya que se considera más preciso por la cantidad de variables y factores que utiliza. A continuación se expone de forma abreviada el método de cálculo seguido.

En primer lugar se requiere la estimación del denominado *Coficiente Jardín* (K_j), útil para poder calcular las necesidades de agua para garantizar el bienestar del jardín. Su resultado se corresponde con la siguiente fórmula:

$$K_j = K_S \times K_D \times K_M$$

Todos los coeficientes de los que depende el factor jardín se encuentran definidos en la guía.

K_s , es el coeficiente de especie, este varía en función de las necesidades de riego y de las especies plantadas en el jardín. Los posibles valores de este criterio se recogen en la siguiente tabla (Tabla 3.8).

Tipo de vegetación	Necesidades de riego		
	Alto	Medio	Bajo
Árboles	0,9	0,5	0,2
Arbustos	0,7	0,5	0,2
Tapizantes	0,7	0,5	0,2
Mixtos	0,9	0,5	0,2
Césped	0,8	0,7	0,5
Bajo, especies con bajas necesidades de agua			
Medio, especies con necesidades de agua media			
Alto, especies con altas necesidades de agua			

Tabla 3.8 Coeficientes de especie (K_s) en función de la necesidad de riego y tipo de vegetación (VERDE 2015)

K_D , es el coeficiente densidad que varía en función del nivel de cobertura que tengan las especies plantadas en relación con la superficie total de la parcela (Tabla 3.9)

Tipo de vegetación	Densidad de las vegetación		
	Alto	Medio	Bajo
Árboles	1,3	1,0	0,5
Arbustos	1,1	1,0	0,5
Tapizantes	1,1	1,0	0,5
Mixtos	1,3	1,1	0,6
Césped	1,0	1,0	0,6
Bajo, jardín con más de un nivel con muy baja densidad, árboles con cobertura inf al 70%, o un nivel de arbustos o tapizantes con cobertura inf al 90%			
Medio, plantaciones de varios niveles con densidad media, árboles con cobertura sup al 70%, o un nivel de arbustos o tapizantes con cobertura sup al 90%			
Alto, varios niveles de plantas y densidad de ocupación alta			

Tabla 3.9 Coeficiente densidad (K_D) en función de la necesidad de riego y tipo de vegetación (VERDE 2015)

K_M , el denominado coeficiente de microclima, que varía en función del entorno de la vivienda (Tabla 3.10).

Tipo de vegetación	Influencia del entorno		
	Alto	Medio	Bajo
Árboles	1,4	1,0	0,5
Arbustos	1,3	1,0	0,5
Tapizantes	1,2	1,0	0,5
Mixtos	1,4	1,0	0,5
Césped	1,2	1,0	0,8
Bajo, zonas protegidas y entornos poco urbanizados			
Medio, campo abierto y uso de poco pavimento			
Alto, entorno de edificios altos, tráfico de vehículos o elevado uso de pavimentos			

Tabla 3.10 Coeficiente de microclima (K_M) en función del entorno y tipo de vegetación (VERDE 2015)

En segundo lugar se calcula la necesidad de agua necesaria debido a la evapotranspiración (ET_o) de la zona ajardinada (ET_j).

$$ET_j = ET_o \times K_j$$

ET_o , corresponde con la evapotranspiración propia de la zona. La guía consultada aporta la sugerencia de consultar los datos de evapotranspiración ofrecidos por la red SIAR (Sistema de Información Agroclimática para el Regadío).

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
26,9	29,2	40,0	48,0	71,2	91,3	108,6	104,0	81,5	56,5	37,1	28,7

Tabla 3.11 Evapotranspiración (ET₀) mensual según la red SIAR (l/m²)

Conocida la evapotranspiración del jardín se procede a calcular las necesidades de agua del jardín (N). Para conocer este dato se utiliza la siguiente fórmula:

$$N = ET_J - P_e$$

P_e es la media de las precipitaciones de la zona, se calcula a partir de las precipitaciones normales (obtenidas previamente en la página web de AEMet) y la aplicación del siguiente factor de corrección:

$$P_e = 0,8P - 25 \text{ si } P > 75 \text{ mm}$$

$$P_e = 0,6P - 10 \text{ si } P < 75 \text{ mm}$$

Se calcula la necesidad de agua del jardín para cada uno de los meses. Y por último, para conocer la necesidad final (N_F), se ajustará en función del método de riego utilizado (E_A).

$$N_F = \frac{N}{E_A}$$

Tipo de riego	E _A
Riego localizado subterráneo	0,95
Riego localizado en superficie	0,90
Difusores y micro-aspersores	0,80
Aspersores	0,70-0,80
Riego manual en superficie	0,50-0,65

Tabla 3.12 Coeficiente de riego (E_A) en función del tipo

Y ya para finalizar, se debe calcular la necesidad de agua por m² del total mediante la siguiente expresión:

$$C_{AR} = \sum (N_F \times S_C)$$

Si existen especies con necesidades de riego diferentes y zonas con sistemas de riego diferentes, debe hacerse un cálculo independiente para cada una de las variables de las que disponga el jardín, siendo S_C la superficie de cultivo (m²).

3.3.2 Precipitación normal de la zona

Para poder estimar la cantidad de agua de lluvia susceptible de aprovecharse, es necesario estudiar el comportamiento de las precipitaciones en un área y tiempo determinados, y para una mayor aproximación, es preciso conocer los valores registrados a lo largo de un periodo de tiempo suficientemente largo. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) establece este periodo de tiempo en un mínimo de 30 años (Botey, Guijarro, and Jiménez 2013).

Para la obtención de estos datos se consultan diferentes bases de datos meteorológicas. Existen problemas como la homogeneidad de las series y la falta de datos de algunos periodos. El Banco Nacional de Datos Climatológicos de AEMet (BNDC), soluciona estos problemas utilizando el paquete "Climatol", que consiste en un conjunto de paquetes en "R", que a partir del tratamiento de los datos permite detectar la falta de homogeneidad de las series y reconstruirlas rellenando los datos no disponibles.

Gracias a este sistema, el BNDC publica los valores normales medios de precipitación para el periodo 1981-2010, cumpliendo la norma anteriormente citada de mínimo de 30 años.

Seleccionado el banco de datos de donde se obtendrá la información, se selecciona la estación meteorológica que está más próxima a la ubicación real de la vivienda. En el caso de este estudio se elige la estación meteorológica de Fene-Maniños ubicada únicamente a 6 km al este de la propia vivienda. La estación meteorológica de Maniños aporta los valores normales mensuales del periodo 1981-2010, que se pasan a recoger en la siguiente tabla.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
136,3	112,7	100,3	116,6	88,3	55,7	50,7	42,1	84,1	162,0	179,8	166,5

Tabla 3.13 Valores normales mensuales de precipitación en la ubicación (mm). Serie 1981-2010 (Botey et al. 2013)

A la vista de los datos proporcionados por AEMet, se observa que debido a la regularidad de las precipitaciones a lo largo de todo el año, puede ser una buena opción instalar en la vivienda un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia, ya que cubriría cierta parte de la demanda a lo largo de todo el año.

3.3.3 Precio de los sistemas de ahorro que se pretenden instalar en la vivienda

Los datos de ahorro juegan un papel importante en cuanto a la decisión de instalarlos en la vivienda o no, sin embargo a día de hoy, los datos que más priman para tomar estas decisiones son los datos económicos.

Uno de los principales problemas que pueden hacer que la sociedad no se decida por instalar estos sistemas es su alto coste. Actualmente los temas de ahorro de agua en las viviendas no tienen mucha cota de mercado, y la variedad de empresas que ofrezcan este tipo de productos es bastante reducida. La competencia es baja, por lo que los precios de mercado difícilmente bajen para mostrarse más competitivos.

Pese a que sean una minoría, en España existen empresas que se dedican a la fabricación e instalación de estos sistemas de reciclado de aguas, tanto de aguas grises como de aguas de lluvia. Se ha accedido a bases de datos de los sistemas y se ha recopilado toda la información referente a los sistemas que se plantea instalar en la vivienda. En la tabla expuesta a continuación (Tabla 3.14), se recopilan los precios medios de los diferentes sistemas propuestos en función de algunas de las marcas. No se han consultado todas las empresas que actualmente rigen el panorama español, pero sin embargo se considera que sí se han considerado las más representativas.

Establecido un coste medio de cada uno de los sistemas planteados, serán estos valores los que se tomarán como referencia a la hora del cálculo de ahorro económico y amortizaciones de los sistemas en el siguiente punto de la investigación.

Tipología de sistema	Precio medio del sistema (€)
Sistema aprovechamiento de agua de lluvia	3.383,55
Sistema centralizado de tratamiento de aguas grises	2.156,81
Sistema descentralizado de tratamiento de aguas grises	951,67

Tabla 3.14 Precios medios de inversión de los diferentes sistemas en España

3.3.4 Consumo unitario de energía asignado al consumo de agua

Como se ha reflejado en el anterior punto 1.4.3, el consumo de agua y el consumo de energía están estrechamente relacionados.

Cuando se comenzó a realizar este estudio, únicamente se hizo referencia a los consumos de agua y al impacto ambiental de estos. Sin embargo, se ha visto necesario incluir datos a cerca de la energía que supone el consumo de todo este agua.

La red de suministro de aguas y la red de evacuación generan un elevado consumo energético vinculado al servicio que ofrecen. Los sistemas de ahorro de agua que se instalarán en la vivienda (sistemas de reciclado de aguas) también llevarán asociado un consumo energético. La opción óptima en estos casos sería conseguir que las aguas discurren por gravedad evitando todo tipo de aporte extra de energía, sin embargo, esta opción es complicada a no ser que se disponga de una cubierta plana inundable o de un espacio bajo cubierta disponible y vacío.

Se ha de valorar que los aportes necesarios por los nuevos sistemas, sean favorables respecto al consumo energético que se propicia en las redes públicas.

3.3.4.1 Consumo unitario asociado al ciclo integral del agua

Existen diferentes estudios en los que se cuantifica la energía empleada en las distintas fases del ciclo de agua. Todos ellos, o disponen de datos propios aportados por la propia empresa, o han tomado como referencia datos proporcionados por algún otro estudio previo.

La mayoría de los estudios referenciados, ante la dificultad de acceder a los datos de consumo reales, toman como referencia el consumo energético referido en el estudio *"California's water-energy relationship"* (CEC 2005), ya que hasta la actualidad es el estudio más extenso y preciso del que se tiene constancia. Son varios los estudios desarrollados en España que toman como referencia los consumos energéticos que aporta ese estudio, como es el caso de *"Los peajes energéticos en la distribución y el consumo del agua urbana"* (Cobacho et al. 2012), en donde para estimar el consumo energético vinculado con el ciclo integral del agua en España se parte de los consumos proporcionados por el susodicho estudio de California. Otros como *"Balances energéticos del ciclo del agua y experiencias de reutilización planificada en municipios de la Costa Brava"* (Sala 2007), se basan en la aportación de datos suministrados por las diferentes ETAP y EDAR de la costa Brava y la media de todas ellas. También es un referente importante *"Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España"* (Hardy and Garrido 2010), en el que se analizan las diferentes investigaciones sobre este tema publicadas hasta ese momento, y estableciendo unos criterios por los cuales se podría establecer un valor preciso del consumo energético si no se tiene acceso a los mismos, ya que el sector del agua es un sector bastante hermético por parte de las empresas a la hora de proporcionar datos y consumos.

Para continuar con la investigación en este caso, para conocer los datos del consumo asociado a cada etapa del ciclo del agua, se ha contactado la empresa suministradora de agua de la zona (EMAFERSA) y con la empresa de saneamiento. Pese a los intentos de solicitud, no han querido aportar estos datos de consumo, por lo que se ha optado por establecer otra vía de obtención de datos.

Como se ha dicho anteriormente, la mayoría de los estudios recurren a datos citados en alguna referencia bibliográfica y posterior estimación. En este caso, se ha considerado conveniente realizar una estimación del consumo energético actual en el sector del agua.

Dado que pese a intentarlo, no se dispone de datos estadísticos ni inventarios en los que se permita extraer o elaborar la propia información, se ha realizado un estudio de las diferentes referencias y se ha estimado una media entre todos los datos de los que se dispone para hacer el valor más representativo y no ceñirse a un solo recurso.

Etapa	(CEC 2005)	(Cobacho et al. 2012)	(Sala 2007)	(Mónica Cabrera Marcet et al. 2009)	(OPTI 2010)	(Hardy et al. 2012)	(Martínez Rodríguez 2011)
Captación	0-3,7	0-3,7			0,6	0-2,1	
Potabilización	0,03-4,23	0,03-4,23	0,002-1,32	0,24	3,5	0,11-4,67	0,94-2,24
Distribución	0,18-0,32	0,18-0,32				0,12-0,22	
Drenaje	0,29-1,22	0,29-1,22	-	0,05	-	-	-
Depuración	-	-	0,05-1,09	0,05	0,67	0,41-0,61	-
Vertido	0-0,11	0-0,11			-	0,05-0,11	-
Tratamiento terciario	0,11-0,32	0,11-0,32	0,18-0,63	0,2	-	0,32-0,85	0,59

Tabla 3.15 Consumo energético (kWh/m³) por etapa del ciclo integral en función de las diferentes referencia

Partiendo de estos datos, y teniendo presentes los contextos de cada una de las instalaciones analizadas, se hace una estimación de los consumos asociados al ciclo integral del agua en este caso, quedando definidos los siguientes:

Etapa	Consumo unitario de energía (kWh/m ³)
Captación	0,30
Potabilización y Distribución	0,18
Drenaje	0,42
Depuración y Vertido	0,49
Tratamiento terciario	0,15-0,25

Tabla 3.16 Consumos energéticos medios estimados (kWh/m³)

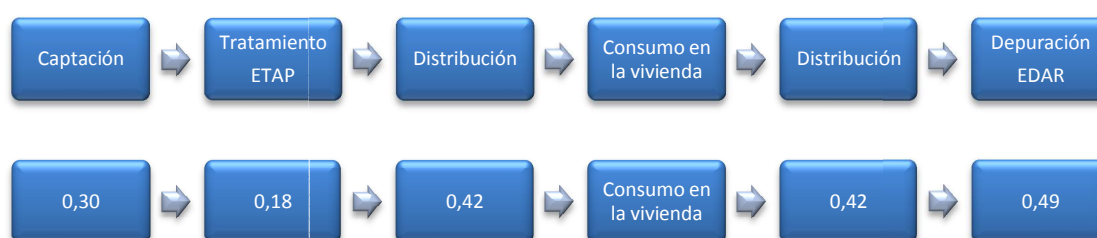


Figura 3.2 Esquema del ciclo integral del agua en la vivienda y los consumos asociados (kWh/m³)

3.3.4.2 Consumo unitario asociado a los diferentes sistemas de agua integrados en la vivienda

Independientemente de que los sistemas que se plantean instalar en la vivienda sean un claro beneficio en cuando al ahorro de agua que implican, se han de tener presente los impactos que implican en otros aspectos, como puede ser el consumo de energía.

Los elementos de ahorro en grifos o sanitarios no supone ningún aporte extra de energía, son elementos que simplemente incorporan algún elemento físico que se encarga de reducir el caudal del mismo.

Este aporte de energía asociado a los sistemas de ahorro de agua, sólo se ha de tener presente en el caso de valorar los consumos de los sistemas de reciclado de aguas, ya que el sistema de bombeo para devolver el agua de los depósitos a los elementos de consumo requiere de un sistema de bombeo, como se ha indicado en el apartado 2.4.2 y 2.4.3.

Se ha de señalar que estos sistemas al ser diseñados para garantizar un mejor impacto ambiental, están formados por sistemas energéticos de menor consumo que los convencionales, es por eso que el consumo energético que supone el funcionamiento de estas bombas es menor al consumo que generarían las bombas convencionales.

Al igual que se ha hecho con el coste de los sistemas, se establece una media de consumo entre los diferentes aportes energéticos que supone el funcionamiento de los sistemas ya planteados. El valor medio de dichos consumos será tomado como referencia para los posteriores cálculos.

Sistema	Consumo energético asociado (kWh/m ³)
Sistema de aprovechamiento de aguas pluviales	0,41
Sistema centralizado de aprovechamiento de aguas grises	1,02
Sistema descentralizado de aprovechamiento de aguas grises	-

Tabla 3.17 Consumos energéticos medios asignados a cada sistema de aprovechamiento planteado (kWh/m³)

3.4 Procedimiento de cálculo

Llegados a este punto, en el que ya se conocen todos los datos a los que se tendrá que recurrir, se continúa exponiendo el proceso de cálculo.

Con la explicación de este proceso se pretende poder establecer un guión de trabajo, a través del cual se pueda calcular el consumo de agua y el ahorro potencial para cualquier caso y cualquier ubicación. Se ha visto que la obtención de los datos de referencia puede ser un proceso complejo y laborioso, pero cuando no se disponga de algunos siempre se puede estimar basándose en referencias y anteriores investigaciones.

Para establecer este proceso de cálculo se ha recurrido a diferentes guías de dimensionado de instalaciones de reciclado de aguas de lluvia (AQUA 2011b), de aguas grises (AQUA 2011b), y criterios en los cuales se basan otros artículos que serán explicados cuando procedan.

3.4.1 Propuesta de mejora

Se plantea la instalación de sistemas de ahorro de agua, y de sistemas de reaprovechamiento de agua, para lograr reducir al máximo el consumo en la vivienda.

El ciclo que sigue actualmente el agua de la vivienda no hace distinciones, el agua procede únicamente de la red de abastecimiento y, tras su uso, se vuelve a enviar a la red de evacuación, sin reparar en si son aguas grises, residuales o pluviales.



Figura 3.3 Esquema actual del ciclo del agua en la vivienda

Este esquema es mejorable en muchos aspectos. En primer lugar, aunque nunca se podrá prescindir del abastecimiento de la red, se plantea la incorporación de un sistema de

captación de agua de lluvia (AP) para su uso en la vivienda. También se recogerán las aguas grises generadas en la vivienda (AG), y tras un leve tratamiento serán otra vez utilizadas en la vivienda. Únicamente las aguas residuales (AR) serán las que reciban tratamiento, en este caso, en lugar de someterse al proceso de depuración en una EDAR, lo harán en una depuradora biológica instalada en la vivienda.

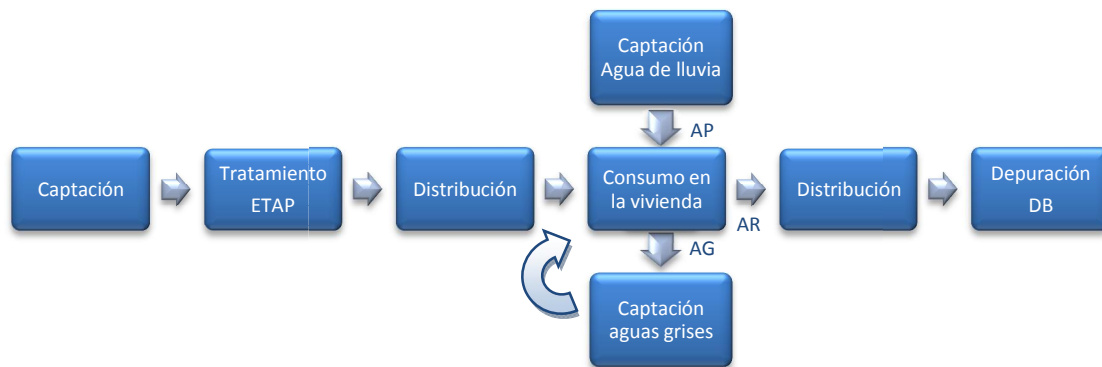


Figura 3.4 Esquema del ciclo del agua en la vivienda con las propuestas de mejora

3.4.2 Asignación de consumos de la vivienda por uso

La mayoría de los estudios relacionados con el consumo de agua en las viviendas, tienen claro cuáles son los consumos de esta que más consumen, independientemente de los aparatos de consumo y sistemas de los que disponga la vivienda.

Todos los estudios que hacen referencia a la estimación de los consumos de agua, establecen una serie de estadísticas a raíz de las cuales se puede obtener un porcentaje atribuido a cada uno de los usos.

Tras la consulta de varias referencias, se ha decidido agrupar el consumo de agua en 8 categorías (Palma Carazo 2003). Mención especial se merece el riego, ya que el método de cálculo no se desarrolla de la misma manera, se ha de tener presente en función de las zonas verdes de la vivienda (VERDE 2015).

Ducha	Inodoro	Lavabo	Fregadero	Lavavajillas	Lavadora	Riego	Limpieza
-------	---------	--------	-----------	--------------	----------	-------	----------

Según las referencias consultadas son diferentes los porcentajes que se asocian a cada uso, pero sin embargo todos siguen un mismo patrón. Los consumos de ducha y lavabo engloban más de la mitad del consumo de agua del hogar, mientras que lavadora y lavavajillas oscilan entre un 20% del consumo, los dos incluidos, y los otros cuatro se reparten más o menos uniformes. Se toma como dato más fiable los porcentajes asignados por (Palma Carazo 2003), considerados también por el mayor número de casos analizados.

Ducha	Inodoro	Lavabo	Fregadero	Lavavajillas	Lavadora	Riego	Limpieza
35	30	8	3	3	10	4	6

Tabla 3.18 Porcentaje del consumo total de agua por habitante y día atribuido a cada uso (%)

$$\sum \text{Cons medio (l/hab/día)} \times \begin{bmatrix} 0,35 \text{ ducha} \\ 0,30 \text{ inodoro} \\ 0,08 \text{ lavabo} \\ 0,03 \text{ fregadero} \\ 0,03 \text{ lavavajillas} \\ 0,10 \text{ lavadora} \\ 0,04 \text{ riego} \\ 0,06 \text{ limpieza} \end{bmatrix} = \text{Cons medio por uso (l/hab/día)}$$

$$\text{Cons medio por uso (l/hab/día)} \times n^{\circ} \text{ hab} \times 30 = \text{Cons medio mensual (l/mes)}$$

Mediante esta expresión se calcularán los consumos atribuidos a cada uso en el interior de la vivienda, a través de ese dato se calculará fácilmente la cantidad de agua que podría sustituirse y el ahorro.

3.4.3 Cálculo del ahorro con los nuevos sistemas

Incorporar a la vivienda sistemas de ahorro (aireadores, válvula de doble descarga, reductor de caudal...) hará que varíen los consumos y el volumen potencial de reaprovechamiento de aguas grises, por lo tanto es de obligado cumplimiento realizar este cálculo previamente a estimar el ahorro de los sistemas de aprovechamiento.

Partiendo de los datos de consumo medios que han quedado reflejados en el apartado anterior 3.4.2, se realizará una nueva estimación del consumo tras la incorporación en la vivienda de los sistemas de ahorro previamente citados en el apartado 2.2 del presente trabajo.

Se considera la incorporación de aireadores y reductores de caudal en todos los grifos de la vivienda, y la incorporación de una válvula de doble descarga en el inodoro. También se cambiará el tipo de sistema de riego.

Como se ha mencionado, con la incorporación de los sistemas de ahorro, no se modifican los hábitos ni los tiempos de uso, sino el caudal de salida y la velocidad, el ahorro se producirá por la reducción de uno de estos parámetros. Se expresa a continuación el proceso de cálculo del nuevo consumo. Dentro del sumatorio se ha de incluir cada uno de los usos que se ven afectados por la incorporación de los nuevos sistemas de ahorro.

En este caso se diferencia entre los consumos de los grifos y riego, que siguen un mismo estándar de cálculo y el consumo del inodoro que requiere una mención aparte. El consumo de los grifos se corresponde con la siguiente expresión:

$$\sum \left(\frac{\text{Cons medio uso (l/mes)}}{\text{Caudal (l/min)}} \right) = \text{Cons medio (min/mes)}$$

$$\sum (\text{Cons medio (min/mes)} \times \text{Caudal nuevo (l/min)}) = \text{Cons medio grifería (l/mes)}$$

Se ha de incorporar en este sumatorio, todos aquellos elementos de la vivienda que han incorporado un sistema de reducción del consumo. El procedimiento citado es igual en el caso de que los sistemas incorporados sean un nuevo sistema de riego o la incorporación de nuevos electrodomésticos. En el caso del inodoro el procedimiento de cálculo será el siguiente.

$$\sum \left[\left(\frac{1 \text{ uso/6 litros}}{4 \text{ usos/3 litros}} \right) \times n^{\circ} \text{ hab} \right] \times \left[\frac{30 \text{ días ó}}{31 \text{ días}} \right] = \text{Cons medio inodoro (l/mes)}$$

Teniendo presentes los nuevos consumos, el nuevo consumo mensual de la vivienda será el sumatorio de los nuevos consumos de la vivienda.

$$\sum \text{Cons medio (grifería + inodoro + electr + riego)} = \text{Cons medio mensual (l/mes)}$$

3.4.4 Cálculo de las aguas susceptibles de ser reaprovechadas con los sistemas de reciclado de aguas

Obviamente las características que más influyen a la hora de cuantificar el ahorro es el dimensionamiento, tan importante como cuantificar el ahorro, es cuantificar que el tamaño del sistema planteado sea el apropiado.

En este apartado se siguen los parámetros establecidos por guías de dimensionamiento y se trata de establecer un conjunto de pasos a seguir para un correcto dimensionamiento de las instalaciones de reciclaje.

3.4.4.1 Estimación de aprovechamiento de aguas grises

La producción de aguas grises y su potencial ahorro, están estrechamente vinculado con el consumo. Siempre que la vivienda tenga ocupación y genere aguas grises se podrá tener posibilidad de reutilizar el agua.

El periodo máximo de tiempo que se podrían acumular las aguas grises antes de ser reutilizadas son 48 horas (Palma Carazo 2003).

Como se plantea la instalación de dos sistemas diferentes de aprovechamiento de aguas grises, a continuación se exponen las dos fórmulas para calcular el hipotético ahorro.

En el caso de querer instalar un **sistema centralizado de aguas grises**, se emplearán las siguientes expresiones:

$$\sum \text{Cons. medio (l/hab/día)} \times \begin{bmatrix} 0,35 \text{ ducha} \\ 0,08 \text{ lavabo} \end{bmatrix} \times 0,80 = \text{AG generadas (l/hab/día)}$$

$$\text{AG generadas (l/hab/día)} \times n^{\circ} \text{ hab} \times 2 \text{ días} = \text{Vol máx. AG acumulable (l)}$$

Para poder estimar el ahorro real, es necesario que todos los volúmenes se expresen en las mismas unidades y periodos de tiempo. Debido a las difíciles labores de mantenimiento de las aguas grises y su corto periodo de almacenamiento, es necesario especificar cuál es el volumen máximo de aguas que se pueden aprovechar. Sin embargo, como todos los resultados se están calculando para periodos mensuales, las aguas grises también se han de estimar en una franja mensual.

$$\text{Vol máx. AG acumulable} \times \begin{bmatrix} 15 \text{ (meses de 30 días)} \\ 15,5 \text{ (meses de 31 días)} \end{bmatrix} = \text{Vol AG mensual (l)}$$

Si por otro lado, lo que se quiere es calcular el ahorro de un **sistema descentralizado de aguas grises**, la fórmula a emplear debe ser la siguiente. La diferencia radica en que las aguas sólo pueden acumularse un día, y únicamente se aprovechan las aguas del lavabo.

$$\sum \text{Cons. medio (l/hab/día)} \times [0,08 \text{ lavabo}] \times 0,80 = \text{AG generadas (l/hab/día)}$$

$$\text{AG generadas (l/hab/día)} \times n^{\circ} \text{ hab} \times 1 \text{ día} = \text{Vol máx. AG acumulable (l)}$$

Al igual que en sistema centralizado, se requiere el dato del consumo de aguas grises susceptibles de ser reaprovechadas mensualmente.

$$Vol\ máx.\ AG\ acumulable \times \left[\frac{15\ (meses\ de\ 30\ días)}{15,5\ (meses\ de\ 31\ días)} \right] = Vol\ AG\ mensual\ (l)$$

3.4.4.2 Estimación de aprovechamiento de aguas de lluvia

Existen numerosos criterios para poder determinar este parámetro, cada fabricante dispone de su propio método de dimensionado, y existen distintos métodos simplificados para calcular el volumen apropiado en función de la tipología y demanda del edificio.

Siempre se ha de dimensionar un depósito para lograr cubrir la mayor demanda de agua posible sin pasarse, para que dentro de lo que cabe se logre una amortización del sistema más favorable.

Existen métodos simplificados o métodos más técnicos, en los que en función del tiempo y precisión que se quiera aportar a la investigación se debe hacer elección de uno u otro. Aunque la investigación se desarrolla con el método técnico, se hace una breve mención al método simplificado, ya que se podría haber tenido en cuenta con unos resultados semejantes pero menos precisos.

En primer lugar se expone el planteamiento que ofrece el método simplificado. Guías de dimensionamiento de instalaciones de aprovechamiento de agua de lluvia (AQUA 2011a), y libros con ejemplos prácticos de cálculo de instalaciones (Soriano Rull and Pancorbo Floristan 2012), utilizan este método como único método de cálculo.

El volumen de aguas de lluvia captadas en la vivienda se corresponde con la siguiente expresión:

$$\sum (A \times e) \times Ha \times \eta F = Vol.\ agua\ de\ lluvia\ captado\ (m^3/mes)$$

En donde:

- **A**, se corresponde con el área de la superficie de captación (m²).
- **e**, es el coeficiente de escorrentía del material de cubierta.
- **Ha**, es la precipitación normal de la zona (mm).
- **ηF**, es el coeficiente de rendimiento del filtro del sistema.

Los valores correspondientes a los coeficientes **e** y **ηF** generalmente son facilitados por las empresas fabricantes del material de cubierta y de los sistemas, si estas no nos dan acceso a ellos, están recogidos en las tablas 5 y 6 respectivamente unos parámetros estándar en función de los materiales y tipología del filtro. En el caso de que las tablas no recojan los materiales y filtro necesarios, se toma 0,9 como valor definido por defecto para ambos casos.

Por otro lado, existen métodos más científicos para calcular este volumen, teniendo en cuenta además otros factores.

Se considera que siempre que la superficie de captación no es una superficie limpia, y esto siempre se ha de tener presente cuando el volumen de agua caído sea superior a 1mm/día. Los SaP están preparados para desechar las aguas que no excedan de esa cantidad, ya que se considera que son aguas potencialmente contaminadas. La AEMet aporta dentro de su recogida de valores climatológicos normales (al igual que las precipitaciones) los datos del número medio de días con una precipitación superior o igual a 1 mm.

$$\text{Vol. agua de lluvia desechable} = \text{Sup. cubierta (m}^2\text{)} \times \begin{bmatrix} 0,5 \text{ l/m}^2 \\ 2 \text{ l/m}^2 \end{bmatrix} = \text{Vol. desechable (l)}$$

$$\text{Vol. desechable} \times \text{n}^\circ \text{ días/mes (precipitación} > 1 \text{ mm)} = \text{Vol. desechable/mes (l)}$$

Estimado el volumen aprovechable se procede a calcular el volumen que se puede almacenar.

$$\begin{aligned} & (\text{prec. media (l/m}^2\text{)} \times \text{area (m}^2\text{)} \times e \times \eta F) - \text{Vol. desechable} \\ & = \text{Vol. aprovechable/mes (l)} \end{aligned}$$

Como se conoce la necesidad (N, siendo este valor el consumo mensual asociado a lavadora, inodoro, limpieza y riego) y el agua que se podría captar (denominada A en este caso), el siguiente paso es el dimensionamiento del depósito para lograr cubrir la mayor parte de esa demanda (AQUA 2011a).

A efectos de cálculo se procede de la siguiente manera:

A>N; se toma N como valor de cálculo

A<N; se ha de descartar uno de los usos de agua

$$N \times \frac{E}{365} = \text{Volumen aprox. del depósito óptimo (l)}$$

E: periodo entre lluvias (depende de la climatología). Datos estadísticos históricos que ofrece el Instituto Nacional de Meteorología.

Obtenido el volumen óptimo aproximado del depósito, se recomienda escoger el volumen comercial inmediatamente superior a la medida indicada, o entorno a un 15 o 20% superior al volumen determinado, ya que las aguas del fondo del depósito no serán aprovechables.

3.4.5 Ahorro de agua y consumo actual

Conocidas las cantidades de agua que se ahorran con la instalación de los sistemas, se puede calcular el nuevo consumo asociado a la vivienda.

3.4.6 Ahorro económico y amortización de los sistemas

El ahorro económico proporcionado por los sistemas puede acarrear dos posibles casos. O bien que el agua cubre la totalidad de la demanda, o bien que no la cubre y ha de complementarse con agua de red (López Patiño 2009).

- ▶ Si se puede abastecer toda la demanda con el sistema:

$$\begin{aligned} & \text{Vol agua consumida en aparatos (m}^3\text{)} \times \text{Coste unitarios del agua de red (1,11 €/m}^3\text{)} \\ & = \text{Ahorro económico (€)} \end{aligned}$$

- ▶ Si no se puede abastecer toda la demanda desde el sistema (únicamente cubre una parte).

$$\begin{aligned} & \text{Vol agua abastecida desde el sistema (m}^3\text{)} \times \text{Coste unitarios del agua de red (1,11 €/m}^3\text{)} \\ & = \text{Ahorro económico (€)} \end{aligned}$$

Una vez se conoce el ahorro económico es fácil calcular el periodo de amortización, basta con realizar el cociente entre la inversión total del sistema (€) y el ahorro económico anual (€/año), obteniendo los años que se tardará en cubrir.

$$\frac{\text{Coste instalación del sistema (€)}}{\text{Ahorro económico (€/año)}} = \text{Amortización (años)}$$

En la práctica, dado que el precio unitario del agua se sitúa en una línea creciente, este periodo de amortización se verá reducido, aunque para valorar la situación más desfavorable, en este caso se estimará que el precio unitario se mantendrá constante en el precio actual.

3.4.7 Ahorro energético

Esta sería la última etapa de la investigación. Una vez conocidas las demandas reales de agua a la red tras el planteamiento de las hipótesis, se podrá estimar como afecta el ahorro energético vinculado.

Dado que los consumos energéticos asociados con el consumo del agua dependen del volumen suministrado (m³), se demostrará el ahorro de energía existente aplicando a los volúmenes de agua en las distintas etapas del ciclo integral al consumo energético asociado a cada una de ellas.

La diferencia entre el consumo inicial (consumo inicial de la vivienda aplicado al ciclo integral de la vivienda) y el consumo final (tras la elección de los sistemas más óptimos en cuanto al ahorro de agua) será el ahorro energético total conseguido.

4. Resultados y discusión

En el presente capítulo se expondrán de la forma más sencilla posible los principales resultados obtenidos tras todo el proceso de cálculo que conforma el estudio de caso.

Todos los resultados aquí mostrados han sido obtenidos en el proceso de cálculo recogido en el Anejo IV, en donde se sigue el procedimiento de cálculo indicado en el capítulo 3 aplicado al caso concreto indicado.

La distribución de los resultados obtenidos se agrupa dentro de este capítulo en cuatro apartados principales:

- ▶ En primer lugar el consumo inicial de la vivienda y el consumo asignado a cada uso, a partir del cual se estimarán todos los beneficios. Este consumo será el denominado consumo inicial.
- ▶ El consumo de la vivienda una vez han sido incorporados los sistemas de ahorro de agua. Este consumo se denominará consumo actual.
- ▶ El potencial de ahorro. Se engloban en este apartado los resultados en cuanto al consumo de agua que puede ser sustituido, y el potencial de agua que podría sustituirla.
- ▶ El comportamiento de cada uno de los sistemas. Se plantean cada uno de los sistemas, así como varias combinaciones, y se estimará el ahorro de agua, el ahorro económico y la amortización que implica cada una de estas instalaciones.

Gracias a los resultados obtenidos se podrá llegar a la conclusión de que sistemas son los más favorables de cara a una instalación real en la vivienda y cuáles no son rentables para este caso concreto.

Una vez se dispone de todos los resultados se procede a su interpretación, y con la instalación de la solución óptima, en cuanto al ahorro de agua se refiere, se estima el valor asignado al consumo energético del ciclo del agua.

4.1 Consumos iniciales de la vivienda

Previo al planteamiento de las hipótesis se considera necesario establecer cuál es la situación inicial de la vivienda, en cuanto a los tres consumos que se analizan, el consumo de agua, el consumo económico y el consumo energético.

4.1.1 Consumo inicial de agua

Analizando las facturas del agua y estableciendo cuatro personas como la ocupación regular de la vivienda, se ha obtenido el siguiente consumo medio:

La repercusión del agua en la sostenibilidad de una vivienda unifamiliar

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
16,5	15,0	14,8	14,8	12,5	15,2	18,3	17,9	14,9	13,9	14,7	16,1	
Consumo total					184,60 m³		Consumo medio			124,81 l/hab/día		

Tabla 4.1 Consumo inicial de la vivienda mensual y total (m³) y consumo medio (l/hab/día) de la vivienda

Con los consumos reflejados en las facturas a lo largo de cinco años (2008-2012), se ha estimado un consumo medio por habitante y día de 124,81 litros. Si se hace referencia a los consumos estimados por el INE, el consumo medio inicial de la vivienda, es un 7% inferior al de la media (134 litros, según datos del INE, 2012).

Este hecho supondría que a lo largo de un año, la vivienda estudiada consumiría unos 13.417 litros menos, que una vivienda de la media y una ocupación también de cuatro habitantes. El hecho de que el consumo inicial de la vivienda sea inferior al consumo medio, no implica que no deba fomentarse el ahorro del agua.

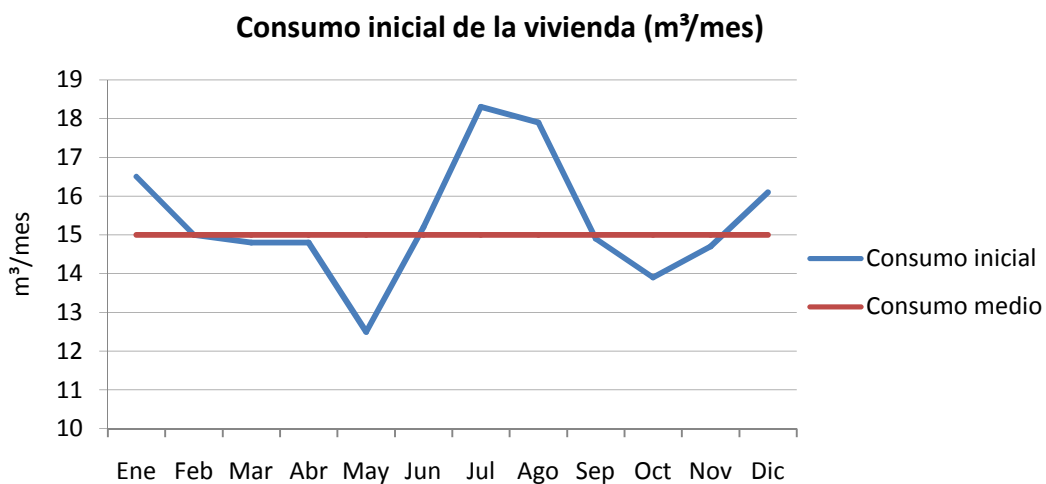


Figura 4.1 Comparativa del consumo inicial con un consumo medio regular (m³/mes)

En el gráfico previo (Figura 4.1) se muestra la distribución del consumo inicial real a lo largo del año (línea azul), y lo que sería un consumo regular constante tomando como referencia el consumo medio de 124,81 litros/día y una ocupación de cuatro habitantes (línea roja).

Se observa que el consumo se encuentra más o menos en torno a ese consumo medio, con situaciones puntuales, que se sitúan alejados del mismo unos 2,5 m³ por debajo, y unos 3 m³ por encima, coincidiendo este incremento de consumo con los meses de verano, meses en los que además de combatir más el calor, se hace necesario el riego.

► Consumo en el interior de la vivienda

Como se muestran en los resultados obtenidos en la Tabla 4.2, la gran mayoría del consumo en la vivienda se vincula con la ducha y el inodoro, llevándose entre ambos 111 de los 186 m³ que se consumen anualmente.

Es por este motivo, por el que a la hora de plantear una reforma para fomentar el ahorro, se deben de considerar medidas que reduzcan el consumo en estos usos, ya que por ejemplo, reducir el caudal en la ducha implicaría un ahorro de 32.305 litros anuales, y reducir el caudal en grifo destinado a limpieza supondría un ahorro de 5.538 litros/año. Con la misma inversión, se lograría reducir el consumo un 83% más en el caso de fomentar las medidas en la ducha que en grifos de usos secundarios.

Consumo medio de la vivienda con una ocupación de 4 personas									
Mes	Cons. medio	Ducha	Inodoro	Lavabo	Frega	Lavavaj	Lavad	Otro	Limp
		35%	30%	8%	4%	3%	10%	4%	6%
Ene	16.500	5.775	4.950	1.320	660	495	1.650	660	990
Feb	15.000	5.250	4.500	1.200	600	450	1.500	600	900
Mar	14.800	5.180	4.440	1.184	592	444	1.480	592	888
Abr	14.800	5.180	4.440	1.184	592	444	1.480	592	888
May	12.500	4.375	3.750	1.000	500	375	1.250	500	750
Jun	15.200	5.320	4.560	1.216	608	546	1.520	608	912
Jul	18.300	6.405	5.490	1.464	732	549	1.830	732	1.098
Ago	17.900	6.265	5.370	1.432	716	537	1.790	716	1.074
Sep	14.900	5.215	4.470	1.192	596	447	1.490	596	894
Oct	13.900	4.865	4.170	1.112	556	417	1.390	556	834
Nov	14.700	5.145	4.410	1.176	588	441	1.470	588	882
Dic	16.100	5.635	4.830	1.288	644	483	1.610	644	966
Total	184.600	64.610	55.380	14.768	7.384	5.538	18.460	7.384	11.076

Tabla 4.2 Consumo inicial medio distribuido por usos en el interior de la vivienda (l/mes)

► Consumo en el jardín

La necesidad de regar el jardín está vinculada con la precipitación efectiva. Cada vez que la precipitación efectiva (Pe), sea inferior a la Evapotranspiración del jardín (ET_j), será necesario regar el jardín. Hechos los cálculos pertinentes se han obtenido los resultados plasmados en la tabla 4.3.

Meses	Precipitación normal (mm)	ET_j	Pe	N
Enero	136,30	4,04	84,04	-80,00
Febrero	112,70	4,38	65,16	-60,78
Marzo	100,30	6,00	55,24	-49,24
Abril	116,60	7,20	68,28	-61,08
Mayo	88,30	10,68	45,64	-34,96
Junio	55,70	13,70	23,42	-9,72
Julio	50,70	16,29	20,42	-4,13
Agosto	42,10	15,60	15,26	0,34
Septiembre	84,10	12,23	42,28	-30,05
Octubre	162,00	8,48	104,60	-96,12
Noviembre	179,80	5,57	118,84	-113,27
Diciembre	166,50	4,31	108,20	-103,89

Tabla 4.3 Necesidades de riego en el jardín (mm)

A la vista de los resultados se observa que la necesidad de riego únicamente es necesaria en agosto, y siendo esta necesidad además muy baja. La precipitación abundante de Galicia y la selección de plantas autóctonas que componen el jardín, hace prácticamente inexistente la necesidad de riego. Plasmando ambas series de datos en una misma figura (Figura 4.2), se hace una idea más clara de la diferencia que existe a lo largo del año entre la precipitación efectiva y la evapotranspiración del jardín.

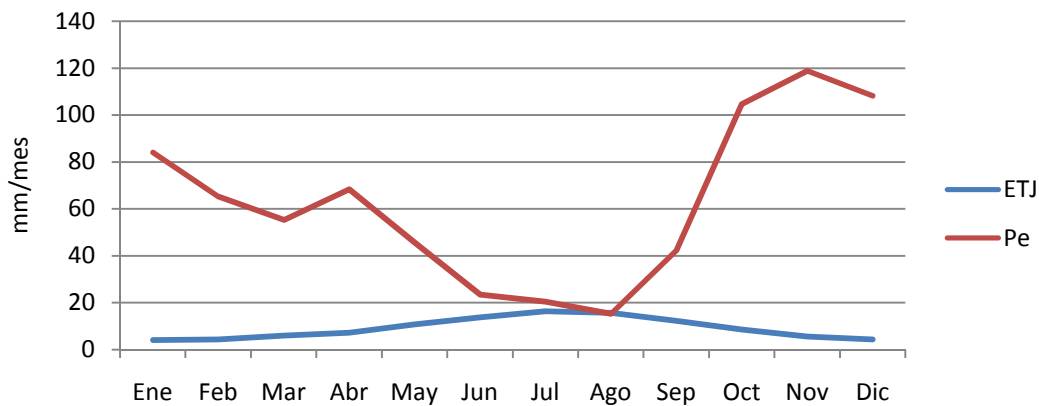


Figura 4.2 Comparativa de entre precipitación efectiva (Pe) y la Evapotranspiración del jardín (ETJ)

Si a esta necesidad de riego se le añade, que la zona que requiere riego está limitada únicamente a 150 m² de la totalidad del jardín, se obtiene una demanda de tan sólo 78 litros de riego a repartir únicamente en el mes de agosto.

Aunque se trata de una cantidad prácticamente irrelevante, se considerará también aunque sólo sea para demostrar la proporción de ahorro que supondría la instalación de un sistema de riego eficiente.

► Consumo total

Se hace referencia en este apartado al consumo total de la vivienda, teniendo presentes el consumo en el interior y el consumo en el jardín. Se ha de tener presente que este es el consumo inicial de la vivienda, sobre el que se valorarán las medidas que se vayan incorporando en la vivienda, y valorar así los beneficios que aporten las mismas.

Ocupación 4 personas	
Consumo en el interior de vivienda	184.600 litros/año
Consumo en el jardín	78 litros/año
Consumo total	184.678 litros/año

Tabla 4.4. Consumo inicial total de la vivienda incluido (litros/año)

4.1.2 Gasto económico inicial

Partiendo del consumo inicial total de la vivienda, se ha estimado el gasto económico que implica ese consumo tomando como referencia el precio del agua actual.

Con un consumo de 184,68 m³, se calcula que el consumo anual de la vivienda es de 202,4 €/año.

4.1.3 Consumo energético

La situación inicial de la vivienda, implica el máximo consumo energético asociado al ciclo integral del agua, ya que este será el caso analizado que implique un mayor movimiento de aguas en las redes de suministro y la red de evacuación.



Figura 4.3 Consumo energético anual del ciclo del agua asociado a la vivienda

Con esta demanda de agua de la vivienda, 184 m³ son solicitados anualmente a la red de suministro, siendo sometidos a los procesos de captación, tratamiento y distribución. De esos 184 m³, se estima que el 80% (147 m³/año) es enviado, tras su uso en la vivienda, a la red de evacuación y depuración. Esta situación, y someter esa cantidad de agua a estos procesos implica un consumo energético anual de 261,36 kWh asociados al Ciclo Integral del agua. Obviamente aunque la vivienda reduzca el consumo de agua, el ciclo no va a detenerse, pero lo que se pretende demostrar, es la cantidad de energía que implican este proceso y de la que realmente no somos conscientes.

4.2 Consumo actual, con la incorporación de los sistemas de ahorro

La primera medida que se ha planteado en la vivienda ha sido la instalación de sistemas de ahorro en la grifería y sanitarios. Se ha estimado el nuevo consumo (consumo actual) incorporando en la vivienda los siguientes sistemas:

- ▶ **Aireadores en lavabo y fregadero**, con la instalación de un aireador en estos grifos, se consigue reducir el caudal, sin perder confort, de 10 a 6 litros/minuto.
- ▶ **Reductos de caudal en la ducha**, pasando de a 12 a 6 l/min.
- ▶ **Válvula de doble descarga en el inodoro**, según los consumos estipulados gracias esta válvula se logra reducir el consumo de 30 l/hab/día a 18 l/hab/día.
- ▶ **Sistema de riego por goteo**, en lugar de riego con manguera.

Gracias a la incorporación de estos cambios, se reducirá el consumo de agua sin que suponga ningún cambio en los hábitos de consumo, ni en la procedencia de las aguas.

4.2.1 Consumo actual de agua

Tras la instalación de los sistemas de ahorro anteriormente mencionados, en la siguiente tabla se muestran los nuevos consumos de agua.

Ocupación 4 personas									
Mes	Ducha	Inodoro	Lavabo	Fregadero	Lavavajillas	Lavadora	Otros	Riego	Limpieza
Ene	2.887,5	2.970,0	550,0	275,0	495,0	1.650,0	660,0	-	990,0
Feb	2.625,0	2.700,0	500,0	250,0	450,0	1.500,0	600,0	-	900,0
Mar	2.590,0	2.664,0	493,3	246,7	444,0	1.480,0	592,0	-	888,0
Abr	2.590,0	2.664,0	493,3	246,7	444,0	1.480,0	592,0	-	888,0
May	2.187,5	2.250,0	416,7	208,3	375,0	1.250,0	500,0	-	750,0
Jun	2.660,0	2.736,0	506,7	253,3	456,0	1.520,0	608,0	-	912,0
Jul	3.202,5	3.294,0	610,0	305,0	549,0	1.830,0	732,0	-	1.098,0
Ago	3.132,5	3.222,0	596,7	298,3	537,0	1.790,0	716,0	57,0	1.074,0
Sep	2.607,5	2.682,0	496,7	248,3	447,0	1.490,0	596,0	-	894,0
Oct	2.432,5	2.502,0	463,3	231,7	417,0	1.390,0	556,0	-	834,0
Nov	2.572,5	2.646,0	490,0	245,0	441,0	1.470,0	588,0	-	882,0
Dic	2.817,5	2.898,0	536,7	268,3	483,0	1.610,0	644,0	-	966,0
Total	32.305	33.228	6.153	3.076	5.538	18.460	7.384	57	11.076
Consumo anual con la incorporación de los sistemas de ahorro (l/año)									117.277
Consumos que se han visto reducidos respecto al inicial									

Tabla 4.5 Nuevo consumo de la vivienda con la incorporación de los sistemas de ahorro (l/mes)

La repercusión del agua en la sostenibilidad de una vivienda unifamiliar

Con la incorporación de los sistemas previamente mencionados, se logra pasar de un consumo anual de 184 m³, a un consumo de 117 m³. Por lo tanto, la instalación de estos sistemas implica un ahorro anual de 67 m³, lo que supone un 36,5% menos de la demanda inicial.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
C.i	13.778	12.525	12.358	12.358	10.437	12.692
C.a	10.478	9.525	9.398	9.398	7.938	9.652
Ahorro	3.300	3.000	2.960	2.960	2.500	3.040
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
C.i	15.281	15.060	12.441	11.607	12.275	13.443
C.a	11.621	11.424	9.462	8.827	9.335	10.224
Ahorro	3.660	3.637	2.980	2.780	2.940	3.220

C.i Consumo inicial (vivienda sin los sistemas de ahorro)
C.a Consumo actual (vivienda con los sistemas de ahorro)

Tabla 4.6 Ahorro conseguido con la instalación de los sistemas de ahorro

El ahorro de 117 m³ anuales, se distribuye uniformemente a lo largo de todos los meses, ya que los usos cuyo consumo ha sido modificado, son usos que implican un consumo notorio cada día.

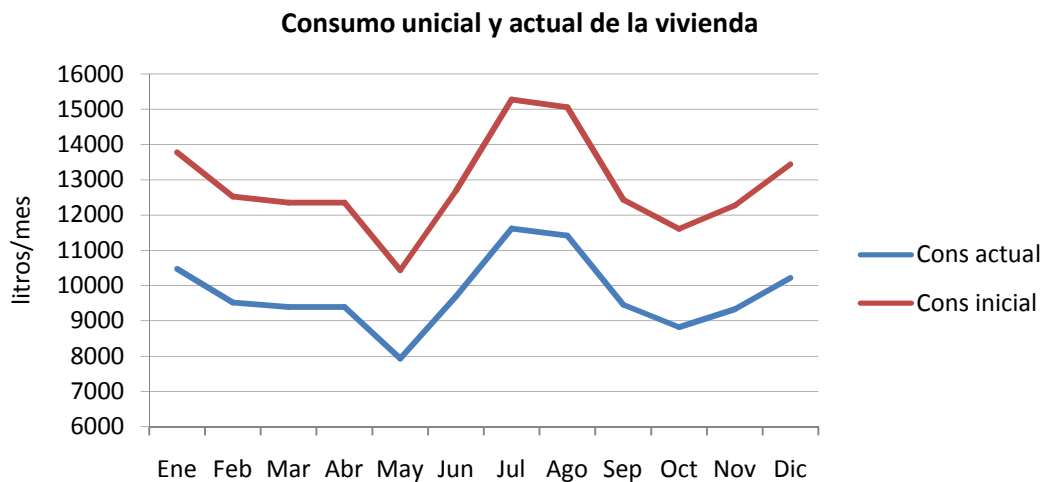


Figura 4.4 Distribución del consumo inicial y del consumo actual con los sistemas de ahorro (l/mes)

Ambos patrones de consumo, el inicial y el actual, siguen la misma trayectoria ya que para la instalación de estos sistemas de ahorro no se interfiere en los hábitos de consumo ni en las actividades realizadas en la vivienda, por lo que la distribución de los consumos sigue siendo la misma.

Consumo inicial de la vivienda	184.678 litros/año
Consumo actual de la vivienda	117.277 litros/año
Ahorro con la incorporación de los sistemas de ahorro	67.401 litros/año
% de ahorro	36,5%

Tabla 4.7 Ahorro obtenido respecto al consumo inicial

Se logra reducir el consumo de agua un 36,5 %, lo que supone 67 m³ anuales. Es una cantidad más que favorable teniendo en cuenta que simplemente se han incorporado a la vivienda sistemas de ahorro en cuatro elementos y no en el resto de instalaciones.

4.2.2 Gasto económico actual

Tomando como referencia el dato más reciente del precio del agua disponible (1,11 € en Galicia, INE 2012), se estima el precio de 129,87 €.

4.3 Potencial de ahorro en la vivienda

Ya incorporados en la vivienda los sistemas de ahorro, se puede seguir reduciendo el consumo de agua dotando a la vivienda de sistemas de aprovechamiento de aguas (aguas grises y aguas de lluvia). Reutilizar las aguas, aporta el margen de ahorro más amplio, ya que destinando agua reciclada a aquellos usos que no requieren agua potable, relegará la potabilización y el consumo procedente de la red de abastecimiento a solo aquellos casos en los que sea estrictamente necesario.

4.3.1 Agua que podría sustituirse

Se hace un balance, tomando como referencia el consumo actual de la vivienda, de la cantidad de agua que podría ser sustituida por algún tipo de agua procedente del reciclado, o bien aguas grises, o bien aguas de lluvia.

Ocupación 4 personas									
Mes	Ducha	Inodor	Lavabo	Fregad	Lavavaj	Lavador	Otro	Rieg	Limp
Ene	2.887,5	2.970,0	550,0	275,0	495,0	1.650,0	660,0	-	990,0
Feb	2.625,0	2.700,0	500,0	250,0	450,0	1.500,0	600,0	-	900,0
Mar	2.590,0	2.664,0	493,3	246,7	444,0	1.480,0	592,0	-	888,0
Abr	2.590,0	2.664,0	493,3	246,7	444,0	1.480,0	592,0	-	888,0
May	2.187,5	2.250,0	416,7	208,3	375,0	1.250,0	500,0	-	750,0
Jun	2.660,0	2.736,0	506,7	253,3	456,0	1.520,0	608,0	-	912,0
Jul	3.202,5	3.294,0	610,0	305,0	549,0	1.830,0	732,0	-	1.098,0
Ago	3.132,5	3.222,0	596,7	298,3	537,0	1.790,0	716,0	57,0	1.074,0
Sep	2.607,5	2.682,0	496,7	248,3	447,0	1.490,0	596,0	-	894,0
Oct	2.432,5	2.502,0	463,3	231,7	417,0	1.390,0	556,0	-	834,0
Nov	2.572,5	2.646,0	490,0	245,0	441,0	1.470,0	588,0	-	882,0
Dic	2.817,5	2.898,0	536,7	268,3	483,0	1.610,0	644,0	-	966,0
Total	32.305	33.228	6.153	3.076	5.538	18.460	7.384	57	11.076
Total anual									117.277
	Usos que pueden cubrirse con aguas grises								
	Usos que pueden cubrirse con aguas grises/aguas de lluvia								

Tabla 4.8 Consumo actual de la vivienda y selección de los consumos que podrían prescindir de agua potable

De los nueve consumos en los que se distribuye el consumo total de agua de la vivienda, cinco podrían ser sustituidos por aguas de lluvia, y cuatro por aguas grises. Las aguas de lluvia podrían cubrir a mayores de los consumos de aguas grises, el agua de la lavadora, pudiendo ser destino común entre ambos tipos de agua, el riego, la limpieza y la cisterna.

	Cantidad de agua que podría sustituirse (l/año)	Porcentaje respecto al total (%)
Aguas grises	51.745	44,12
Aguas de lluvia	70.205	59,86

Tabla 4.9 Agua susceptible de ser sustituida por agua no potable y % respecto al total

De los 117 m³ de consumo actual, 51 podrían sustituirse por aguas grises, y 70 m³ por aguas de lluvia. Incorporar algún sistema de reaprovechamiento implicaría un ahorro, de un 40 o de un 60% respectivamente, respecto al consumo actual.

Pese a existir este margen de ahorro, hay que comprobar que cantidad podría ser cubierta con las circunstancias actuales de consumo de la vivienda y en el entorno.

4.3.2 Cantidad de agua que podría sustituir

Se han calculado paralelamente la cantidad de aguas grises generadas en la vivienda, y la cantidad de agua de lluvia captada en la vivienda.

4.3.2.1 Aguas grises producidas en la vivienda

Existen dos posibilidades ante el ahorro de aguas grises. Una posibilidad consiste en recuperar únicamente el agua procedente del lavabo y aprovechar esas aguas por ejemplo para cubrir parte de la demanda de la cisterna. Y otra posibilidad de recuperar las aguas de lavabo y ducha para cubrir la demanda de cisterna, riego y limpieza exterior.

► Aguas grises producidas en el lavabo

Mes	Lavabo CON aireador		Lavabo SIN aireador	
	Aguas consumidas en el lavabo	Aguas aprovechable	Aguas consumidas en el lavabo	Aguas aprovechable
Ene	550,00	440,00	1.320,00	1.056,00
Feb	500,00	400,00	1.200,00	960,00
Mar	493,30	394,70	1.184,00	947,20
Abr	493,30	394,70	1.184,00	947,20
May	416,70	333,30	1.000,00	800,00
Jun	506,70	405,30	1.216,00	972,80
Jul	610,00	488,00	1.464,00	1.171,20
Ago	596,70	477,30	1.432,00	1.145,60
Sep	496,70	397,30	1.192,00	953,60
Oct	463,30	370,70	1.112,00	889,60
Nov	490,00	392,00	1.176,00	940,80
Dic	536,70	429,30	1.288,00	1.030,40
Total	6.153,70	4.922,40	14.768,00	11.814,40

Tabla 4.10 Aguas del lavabo susceptibles de ser reutilizadas, con aireador y sin aireador (l/mes)

Planteando únicamente el aprovechamiento de las aguas grises que se generan en el lavabo, se podría llegar a aprovechar 11.814,40 litros de agua al año, si el lavabo prescinde del aireador y 4.922,40 si se mantiene la instalación de éste. Estas aguas serían destinadas a cubrir la demanda del inodoro que, aunque no la cubran totalmente, ayudaría a paliar esa demanda en un porcentaje aproximado del 36 y 15% respectivamente.

► Agua gris producida conjuntamente en lavabo y ducha

Observando los resultados anteriores, no se considera apropiado prescindir del aireador, sistema de ahorro más económico y fácil de instalar, para poder captar más agua del lavabo o ducha y luego proceder a su reutilización. El ahorro será el mismo, y más sencillo si utilizamos el aireador.

Sistemas CON aireador y reductor de caudal				
Mes	Ducha	Lavabo	Total	Aguas aprovechables
Ene	2.887,50	550,00	3.437,50	2.750,00
Feb	2.625,00	500,00	3.125,00	2.500,00
Mar	2.590,00	493,30	3.083,30	2.466,70
Abr	2.590,00	493,30	3.083,30	2.466,70
May	2.187,50	416,70	2.604,20	2.083,30
Jun	2.660,00	506,70	3.166,70	2.533,30
Jul	3.202,50	610,00	3.812,50	3.050,00
Ago	3.132,50	596,70	3.729,20	2.983,30
Sep	2.607,50	496,70	3.104,20	2.483,30
Oct	2.432,50	463,30	2.895,80	2.316,70
Nov	2.572,50	490,00	3.062,50	2.450,00
Dic	2.817,50	536,70	3.354,20	2.683,30
Total	32.305	6.153	38.458	30.766

Tabla 4.11 Aguas susceptibles de ser reutilizadas, con sistemas de ahorro y sin sistemas de ahorro (l/mes)

Planteando conjuntamente el aprovechamiento de aguas grises procedentes del lavabo y de la ducha, se podrían recolectar 30.766 litros, si se mantiene la instalación de aireadores y reductores de caudal, y se podrían recolectar 63.502 litros si se procede a su retirada. El aprovechamiento conjunto de estas aguas, se destinaría para sustituir agua destinada a inodoro, riego y limpieza. Recolectar conjuntamente el agua procedente de estos dos aparatos, supondría a reducir la demanda de estos usos hasta un 59 y un 100 % respectivamente.

En el caso de que las aguas recolectadas superen el 100% de la demanda, estas podrían destinarse a otros usos que no requieran calidad añadida, pero bajo ningún concepto pueden destinarse para cubrir ningún uso del hogar diferente a los que tiene previamente asignados.

La recolección de las aguas grises de lavabo y ducha sin sistemas de ahorro, supondría conseguir un 22 % más de la demanda exigida, pudiendo destinar esa cantidad de agua a otros destinos.

4.3.2.2 Agua de lluvia captada

La precipitación normal de la zona y su distribución constante a lo largo del año, hace del agua de lluvia un recurso fundamental para reducir al máximo el consumo de agua de la vivienda.

Meses	Volumen agua captada (l)	Aguas desechadas (l)	Aguas aprovechables (l)
Ene	9.019,68	643,44	8.376,24
Feb	7.457,95	551,52	6.906,43
Mar	6.637,37	528,54	6.108,83
Abr	7.716,03	611,27	7.104,76
May	5.843,27	510,16	5.333,11
Jun	.3685,96	307,93	3.378,03
Jul	3.355,08	252,78	3.102,30
Ago	2.785,98	261,97	2.524,00
Sep	5.565,33	363,08	5.202,25
Oct	10.720,38	592,88	10.127,50
Nov	11.898,30	657,23	11.241,07
Dic	11.018,17	671,02	10.347,15
Total	85.703,50	5.951,82	79.751,68

Tabla 4.12 Volumen de aguas de lluvia captadas en la vivienda (l/mes)

La cantidad de agua captada en la vivienda depende de la cubierta y del volumen de precipitaciones. Con las precipitaciones normales de la zona, el coeficiente de los materiales y del filtro de la instalación propuesta, se indican en la tabla 4.12 los volúmenes de agua que se estima ahorrar a lo largo del año.

Ante los datos analizados se ha estimado que la cantidad de agua que se podría recolectar de la vivienda analizada sería de 79.751,68 litros al año. Aunque a priori esta cantidad de agua sería suficiente para cubrir el 100% de la demanda (70.705 litros destinados a riego, limpieza, inodoro y lavadora), el cubrirla o no estará condicionado por el tamaño del depósito y por la distribución de las precipitaciones. En los meses de máximas precipitaciones, cierta cantidad de agua tendrá que ser desechada por el rebose del sistema, y en los meses de precipitaciones mínimas no podrán cubrirse el 100%.

4.4 Instalación de los sistemas de aprovechamiento

Analizados los datos de los consumos, de las demandas y de las aguas que se podrían aprovechar, se procede a analizar el comportamiento que supondría la instalación de los distintos sistemas. Se plantea la instalación individual de cada uno de ellos, y luego la instalación conjunta. De cada una de estas “hipótesis” se analizará el ahorro de agua, el ahorro económico y el periodo de amortización del sistema o del conjunto de sistemas.

4.4.1 Instalación de un sistema de aguas grises centralizado (SaG)

Se elige un sistema de aprovechamiento de aguas grises centralizado que recolecte agua de lavabo y ducha para destinarlo a inodoro, limpieza y riego.

Sistema centralizado de aguas grises

Tipo de sistema	Aguas que recoge	Usos que cubre
Sistema centralizado de aguas grises	Lavabo Ducha	Inodoro Riego Limpieza
Precio medio del sistema		2.156,81 €

Tabla 4.13 Datos iniciales a tener en cuenta a cerca del SaG seleccionado

Se ha elegido la instalación de un sistema *Mare Nostrum* que dispone de una capacidad de almacenamiento diario de 230 litros de agua, cantidad más que suficiente, ya que según el consumo estimado en la vivienda, los días de máxima producción de aguas grises se podrían llegar a tratar unos 100 litros diarios.

Mes	Aguas aprovechables (l)	Demanda (l)	Resto (l)
Ene	2.750,00	4.620,00	-1.870,00
Feb	2.500,00	4.200,00	-1.700,00
Mar	2.466,66	4.144,00	-1.677,34
Abr	2.466,66	4.144,00	-1.677,34
May	2.083,33	3.500,00	-1.416,67
Jun	2.533,33	4.256,00	-1.722,67
Jul	3.050,00	5.124,00	-2.074,00
Ago	2.983,34	5.069,00	-2.085,66
Sep	2.483,34	4.172,00	-1.688,66
Oct	2.316,66	3.892,00	-1.575,34
Nov	2.450,00	4.116,00	-1.666,00
Dic	2.683,34	4.508,00	-1.824,66
Total	30.766,40	51.745,00	-20.978,60
Meses que no cubre la demanda totalmente			

Tabla 4.14 Comportamiento de la instalación de un SaG en la vivienda (l/mes)

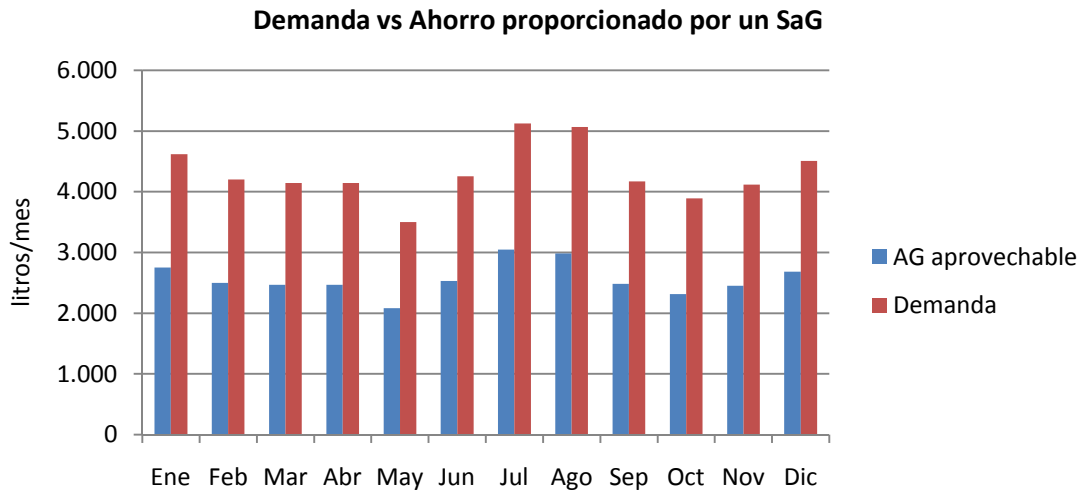


Figura 4.5 Comparativa entre la demanda y suministro de un SaG

Analizados los resultados expuestos mes a mes, se puede comprobar las aguas aprovechadas nunca serán suficientes para cubrir la totalidad de la demanda que suponen inodoro, limpieza y riego.

Ante esta situación sólo se pueden plantear dos opciones, o renunciar a cubrir alguna de las demandas planteadas para poder cubrirla al 100%, o plantear la instalación conjunta de este sistema junto algún otro.

4.4.2 Instalación de un sistema de aguas grises descentralizado (SaGd)

Se plantea la instalación de un sistema de aguas grises que recoja las aguas utilizadas en el lavabo y las destine a cubrir parte de la demanda de la cisterna.

Sistema descentralizado de aguas grises

Tipo de sistema	Aguas que recoge	Usos que cubre
Sistema descentralizado de aguas grises	Lavabo	Inodoro
Precio medio del sistema		951,67 €

Tabla 4.15 Datos iniciales a tener en cuenta a cerca del SaGd seleccionado

Para plantear el comportamiento de este tipo de sistemas, se ha elegido el sistema *Ecoho* de AQUUS, por ser el sistema más fácil de instalar y porque su capacidad es suficiente para las aguas que se generan diariamente en la vivienda.

Mes	Aguas aprovechables (l)	Demanda (l)	Resto (l)
Ene	550,00	2.970,00	-2.420,00
Feb	500,00	2.700,00	-2.200,00
Mar	493,30	2.664,00	-2.170,70
Abr	493,30	2.664,00	-2.170,70
May	416,70	2.250,00	-1.833,30
Jun	506,70	2.736,00	-2.229,30
Jul	610,00	3.294,00	-2.684,00
Ago	596,70	3.222,00	-2.625,30
Sep	496,70	2.682,00	-2.185,30
Oct	463,30	2.502,00	-2.038,70
Nov	490,00	2.646,00	-2.156,00
Dic	536,70	2.898,00	-2.361,30
Total	6.153,00	33.228,00	-27.075,00

Tabla 4.16 Comportamiento de la instalación de un SaGd en la vivienda

Con la instalación de este sistema ocurre una situación semejante a la analizada en el caso anterior. La instalación de un SaGd no lograría cubrir la totalidad de la demanda a la cual está destinada, además hay que recordar que las aguas en este caso se destinan únicamente a la cisterna del inodoro.

La instalación de este sistema únicamente supondría cubrir el 18% de la demanda total de la cisterna, siendo necesario el aporte del 82% de agua procedente de la red de evacuación para lograr satisfacer la demanda total del inodoro. Si lo que se pretende es reducir la totalidad del consumo asociado a la cisterna, se debe plantear este sistema como complementario de algún otro.

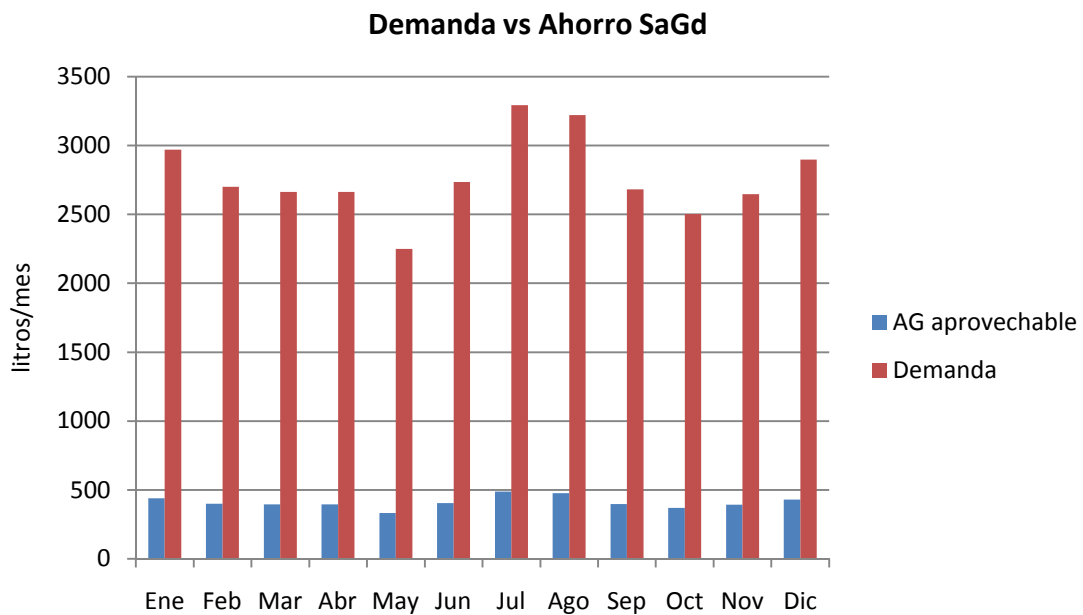


Figura 4.6 Comparativa entre la demanda y el suministro de un SaGd

4.4.3 Instalación de un sistema de aguas pluviales (SaP)

Se plantea la instalación de un sistema de agua de lluvias que recogerá las aguas de la cubierta para poder abastecer la demanda de cisterna, riego, limpieza y lavadora.

Sistema de aprovechamiento de aguas de lluvia

Tipo de sistema	Aguas que recoge	Usos que cubre
Sistema de aprovechamiento de aguas de lluvia	Aguas de lluvia	Inodoro Riego Limpieza Lavadora
Precio medio del sistema		3.383,55 €

Tabla 4.17 Datos iniciales a tener en cuenta a cerca del SaP seleccionado

Se elige, para comprobar los beneficios, la instalación de un sistema del Pack Platin Casa-Jardín ECO-PLUS con un depósito de 3.000 litros de Graf Ibérica. El tamaño del depósito ha sido elegido con las recomendaciones que se indican en el Anejo IV, en función de las precipitaciones y del tiempo máximo entre precipitaciones, considerando que un depósito de dimensiones mayores es excesivo para la demanda real de la vivienda.

Mes	Aguas aprovechables (l)	Demanda	Aguas sobrantes	Total acumulado
Ene	8.376,24	6.270,00	2.106,24	2.106,24
Feb	6.906,43	5.700,00	1.206,43	3.312,67
Mar	6.108,83	5.624,00	484,83	3.797,50
Abr	7.104,76	5.624,00	1.480,76	5.278,26
May	5.333,11	4.750,00	583,11	5.861,37
Jun	3.378,03	5.776,00	-2.397,97	3.463,40
Jul	3.102,30	6.954,00	-3.851,70	-388,30
Ago	2.524,00	6.859,00	-4.335,00	-4.723,29
Sep	5.202,25	5.662,00	-459,75	-5.183,04
Oct	10.127,50	5.282,00	4.845,50	-337,55
Nov	11.241,07	5.586,00	5655,07	5.317,53
Dic	10.347,15	6.118,00	4.229,15	9.546,68
Total	79.751,68	70.205,00	9.546,68	19.093,36

Meses que no cubre la demanda totalmente

Tabla 4.18 Comportamiento de la instalación de un SaP en la vivienda

Pese a que la cantidad de agua captada anualmente es mayor que la demanda, 79 m³ frente a los 70 m³ de la demanda, no son suficientes para cubrir la totalidad. Los meses de verano, junio, julio, agosto y septiembre, la demanda es superior a la disponibilidad de agua. Este fenómeno se produce debido a que las precipitaciones en esos meses son inferiores, y además la demanda de agua es más elevada que el resto del año.

Demanda vs ahorro SaP

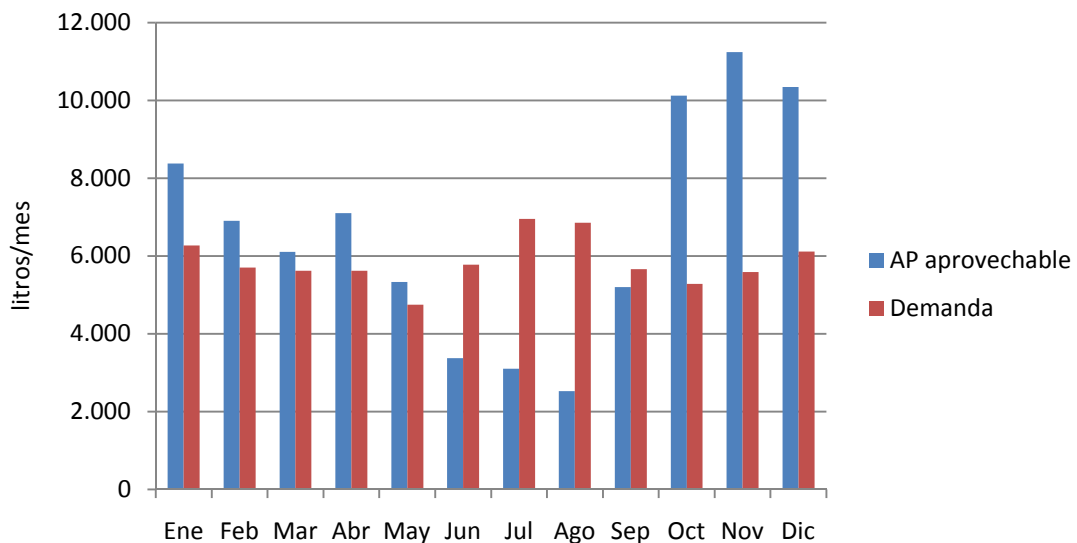


Figura 4.7. Comparativa entre la demanda y suministro de un SaP

Ante esta situación surgen varias posibilidades, aumentar el tamaño del depósito, opción que se rechaza por el desembolso económico que supone (incrementar el tamaño del depósito al volumen del siguiente tamaño de fábrica supone un incremento del presupuesto de 750 €) o complementar su uso con la instalación de otros sistemas de aprovechamiento de aguas.

El ahorro total que supone la instalación de un SaP viene definido, por las aguas que se aprovechan (en los meses en los que la demanda es superior a las aguas aprovechables) y aguas que se demandan (en los meses en los que las aguas aprovechables son superiores a la demanda).

Mes	Aguas aprovechables (l)	Demanda (l)	Agua ahorrada (l)
Ene	8.376,24	6.270,00	6.270,00
Feb	6.906,43	5.700,00	5.700,00
Mar	6.108,83	5.624,00	5.624,00
Abr	7.104,76	5.624,00	5.624,00
May	5.333,11	4.750,00	4.750,00
Jun	3.378,03	5.776,00	3.378,03
Jul	3.102,30	6.954,00	3.102,30
Ago	2.524,00	6.859,00	2.524,00
Sep	5.202,25	5.662,00	5.202,25
Oct	10.127,50	5.282,00	5.282,00
Nov	11.241,07	5.586,00	5.586,00
Dic	10.347,15	6.118,00	6.118,00
Total	79.751,68	70.205,00	59.160,58

Tabla 4.19 Ahorro total con la instalación de un SaP en la vivienda (litros/mes)

Instalando este sistema con un depósito de 3.000 litros y destinando el agua a los usos planteados, se consiguen ahorrar anualmente 59 m³ de los 70 m³ demandados, lo que supone un 84% de la demanda total. En los meses que la demanda es inferior a las aguas aprovechables se pueden destinar esas aguas a otros usos tales como baldeos exteriores o limpieza del coche.

4.4.4 Instalación conjunta de un SaP y un SaG

Como ninguno de los tres sistemas planteados de forma individual logra cubrir el 100% de la demanda para la cual se instala, se considera la opción de plantear combinaciones de los diferentes sistemas previamente expuestos.

Como primer conjunto se plantea la instalación del Sistema de aprovechamiento de aguas Pluviales (SaP), y un Sistema de aprovechamiento de aguas Grises (SaG).

Sistema	Destinos que abastece	Sistema	Destinos que abastece
SaP	Lavadora	SaG	Riego
	Riego		Limpieza
	Limpieza		Inodoro
	Inodoro		
Precio medio del conjunto de sistemas			5.540,36

Tabla 4.20 Datos iniciales a tener en cuenta a cerca del SaP y SaG seleccionados

Como el SaP cubre más usos que el SaG, se destinan inicialmente las aguas del SaP para esos usos (en este caso únicamente la lavadora), ya que en caso de no disponer de aguas suficientes para toda la demanda, posteriormente ya se puede cubrir los demás usos con aguas grises o pluviales indistintamente.

Mes	Aguas aprovechables (l)	Demanda lavadora (l)	Agua disponible (l)
Ene	6.270,00	1.650,00	4.620,00
Feb	5.700,00	1.500,00	4.200,00
Mar	5.624,00	1.480,00	4.144,00
Abr	5.624,00	1.480,00	4.144,00
May	4.750,00	1.250,00	3.500,00
Jun	3.378,03	1.520,00	1.858,03
Jul	3.102,30	1.830,00	1.272,30
Ago	2.524,00	1.790,00	734,00
Sep	5.202,25	1.490,00	3.712,25
Oct	5.282,00	1.390,00	3.892,00
Nov	5.586,00	1.470,00	4.116,00
Dic	6.118,00	1.610,00	4.508,00
Total	59.160,58	18.460,00	40.700,58

Tabla 4.21 Aguas de lluvia disponibles tras cubrir la demanda de la lavadora para otros usos (litros/mes)

Cubierta la demanda de la lavadora, exclusiva del SaP, la cantidad de agua que sobra para destinarse a otros usos es de casi 41 m³ anuales, a los que hay que añadir los casi 31 m³, que se aprovechan con la instalación del SaG, para cubrir el resto de demandas.

Mes	Aguas aprovechables (l)	Demanda (l)	Demanda (l)
Ene	4.620,00	4.620,00	0,00
Feb	4.200,00	4.200,00	0,00
Mar	4.144,00	4.144,00	0,00
Abr	4.144,00	4.144,00	0,00
May	3.500,00	3.500,00	0,00
Jun	1.858,03	4.256,00	-2.397,97
Jul	1.272,30	5.124,00	-3.851,70
Ago	734,00	5.069,00	-4.335,00
Sep	3.712,25	4.172,00	-459,75
Oct	3.892,00	3.892,00	0,00
Nov	4.116,00	4.116,00	0,00
Dic	4.508,00	4.508,00	0,00
Total	40.700,58	51.745,00	-11.044,42

Meses que requieren de apoyo

Tabla 4.22 Demanda de agua que la instalación de SaP no logran cubrir (litros/mes)

La instalación del SaP, lograría cubrir la totalidad de la demanda destinada a la lavadora y la mayoría de los otros usos, a excepción de los meses de verano, se intenta cubrir la demanda de esos meses con la instalación del SaG para reducir al máximo esa demanda.

Mes	Aguas aprovechables (l)	Demanda que no logra abastecer el SaP (l)	Agua ahorrada (l)
Ene	2.750,00	-	2.750,00
Feb	2.500,00	-	2.500,00
Mar	2.466,70	-	2.466,70
Abr	2.466,70	-	2.466,70
May	2.083,30	-	2.083,30
Jun	2.533,30	2.398,00	135,30
Jul	3.050,00	3.852,00	-802,00
Ago	2.983,30	4.335,00	-1.351,70
Sep	2.483,30	460,00	2.023,30
Oct	2.316,70	-	2.316,70
Nov	2.450,00	-	2.450,00
Dic	2.683,30	-	2.683,30

Total	30.766,40	11.045,00	19.721,40
Meses que requieren de apoyo			

Tabla 4.23 Demanda que abastece el SaG y demanda que no logra cubrir (litros/mes)

La instalación del SaG cubre 8.891 litros de los que no logra cubrir individualmente el SaP. Instalar conjuntamente estos dos sistemas ayuda a cubrir la mayoría de la demanda. Con la instalación del SaG se logra cubrir dos de los cuatro meses que no cubría individualmente el SaP y reducir la demanda sin cubrir de los otros dos meses a apenas 2,1 m³ anuales.

La instalación conjunta de estos sistemas logra cubrir una demanda de 68.051,88 litros anuales, que suponen un 96,93% de los 70.205 litros que podría llegar a cubrir.

4.4.5 Instalación conjunta de un SaP y un SaGd

Se plantea la siguiente opción, la instalación de un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia, y de un sistema descentralizado de aguas grises.

Sistema	Destinos que abastece	Sistema	Destinos que abastece
SaP	Lavadora Riego Limpieza Inodoro	SaGd	Inodoro
Precio medio del conjunto de sistemas			4.335,22 €

Tabla 4.24 Datos iniciales a tener en cuenta a cerca del SaP y SaGd seleccionados

Al contrario que se hizo en el caso anterior, como el SaGd cubre poca demanda, se destinarán sus aguas inicialmente a las aguas que podrían dar uso.

Como se ha visto en el apartado 4.4.2 la instalación de forma individual de un SaGd, pese a ahorrar 6.153 litros, deja sin cubrir una demanda de 27.075 litros de agua anuales que dan servicio al inodoro. Por este motivo el SaP deberá abastecer la cantidad de agua del inodoro que no cubre el SaGd y además el resto de demandas que ya debe cubrir de por sí (lavadora, limpieza y riego).

Mes	Demanda que no cubre el SaGd (litros)	Demanda que podría cubrir el SaP (limpieza, lavadora y riego)	Demanda total a cubrir por el SaP
Ene	2.420,00	3.300,00	5.720,00
Feb	2.200,00	3.000,00	5.200,00
Mar	2.170,70	2.960,00	5.130,70
Abr	2.170,70	2.960,00	5.130,70
May	1.833,30	2.500,00	4.333,30
Jun	2.229,30	3.040,00	5.269,30
Jul	2.684,00	3.660,00	6.344,00
Ago	2.625,30	3.637,00	6.262,30
Sep	2.185,30	2.980,00	5.165,30
Oct	2.038,70	2.780,00	4.818,70
Nov	2.156,00	2.940,00	5.096,00
Dic	2.361,30	3.220,00	5.581,30
Total	27.075,00	36.977,00	64.052,00

Tabla 4.25 Demanda de agua que debe cubrir el SaP, la que no logra cubrir el SaGd y la suya propia (l/mes)

Pese a la instalación previa del SaGd, el SaP debe cubrir una demanda de 64 m³ anuales a los que el SaGd no logra dar servicio.

Mes	Aguas de lluvia aprovechables con el SaP (l)	Demanda de agua (l)	Agua ahorrada (l)
Ene	8.376,24	5.720,00	2.656,24
Feb	6.906,43	5.200,00	1.706,43
Mar	6.108,83	5.130,70	978,13
Abr	7.104,76	5.130,70	1.974,06
May	5.333,11	4.333,30	999,81
Jun	3.378,03	5.269,30	-1.891,27
Jul	3.102,30	6.344,00	-3.241,70
Ago	2.524,00	6.262,30	-3.738,30
Sep	5.202,25	5.165,30	36,95
Oct	10.127,50	4.818,70	5.308,80
Nov	11.241,07	5.096,00	6.145,07
Dic	10.347,15	5.581,30	4.765,85
Total	79.751,68	64.052,00	15.699,60

Tabla 4.26 Ahorro total y demanda no cubierta con la instalación conjunta del SaGd y el SaP

Con la instalación conjunta de estos dos sistemas, queda sin poder cubrir toda la demanda los meses de junio, julio y agosto, con un total de 8.871,27 litros de agua que tendrán que recibir el agua de la red de abastecimiento para poder ser cubiertos.

La cantidad de agua que pueden ahorrar conjuntamente estos dos sistemas es de 61.333 litros anuales, suponiendo un 87,36% de la demanda total que podrían abastecer.

4.4.6 Instalación conjunta de un SaG y un SaGd

No tiene mucho sentido instalar un sistema centralizado de aguas grises y un sistema descentralizado de aguas grises, en este caso únicamente se considera que el SaG aprovecha las aguas de la ducha, dejando las aguas procedentes del lavabo al SaGd.

Sistema	Destinos que abastece	Sistema	Destinos que abastece
SaG	Riego Limpieza Inodoro	SaGd	Inodoro
Precio medio del conjunto de sistemas			3.108,48 €

Tabla 4.27 Datos iniciales a tener en cuenta a cerca del SaG y SaGd seleccionados

Inicialmente se plantea la instalación del SaGd porque únicamente cubre un uso. Como ya se ha analizado en los casos anteriores, la demanda que no logra abastecer el SaGd es de 27.075 litros dedicados a dar abastecimiento al inodoro.

Es misión del SaG cubrir esa parte de la demanda del inodoro, además de la limpieza y el riego, que ya de por sí estaba destinado a cubrir.

Mes	Demanda que no cubre el SaGd	Demanda que podría cubrir el SaG (limpieza y riego)	Demanda total a cubrir por el SaG (l)
Ene	2.420,00	1.650,00	4.070,00
Feb	2.200,00	1.500,00	3.700,00
Mar	2.170,70	1.480,00	3.650,70
Abr	2.170,70	1.480,00	3.650,70
May	1.833,30	1.250,00	3.083,30
Jun	2.229,30	1.520,00	3.749,30
Jul	2.684,00	1.830,00	4.514,00
Ago	2.625,30	1.847,00	4.472,30
Sep	2.185,30	1.490,00	3.675,30
Oct	2.038,70	1.390,00	3.428,70

La repercusión del agua en la sostenibilidad de una vivienda unifamiliar

Nov	2.156,00	1.470,00	3.626,00
Dic	2.361,30	1.610,00	3.971,30
Total	27.075,00	18.517,00	45.592,00

Tabla 4.28 Demanda que debería cubrir el SaG, la que no cubre el SaGd y la suya propia (l/mes)

La instalación del SaG debe dar abastecimiento a casi 46 m³ de agua. Hay que tener en cuenta que en este caso el SaG únicamente aprovechará las aguas procedentes de la ducha, ya que las aguas procedentes del lavabo están a disposición del SaGd.

Mes	Aguas aprovechables (l)	Demanda total a cubrir por el SaG (l)	Total sin cubrir (l)
Ene	2.310,00	4.070,00	-1.760,00
Feb	2.100,00	3.700,00	-1.600,00
Mar	2.072,00	3.650,70	-1.578,70
Abr	2.072,00	3.650,70	-1.578,70
May	1.750,00	3.083,30	-1.333,30
Jun	2.128,00	3.749,30	-1.621,30
Jul	2.562,00	4.514,00	-1.952,00
Ago	2.506,00	4.472,30	-1.966,30
Sep	2.086,00	3.675,30	-1.589,30
Oct	1.946,00	3.428,70	-1.482,70
Nov	2.058,00	3.626,00	-1.568,00
Dic	2.254,00	3.971,30	-1.717,30
Total	25.844,00	45.592,00	-19.748,00

Meses que requieren de apoyo

Tabla 4.29 Ahorro total y demanda no cubierta con la instalación del SaGd y SaG (l/mes)

Con la incorporación conjunta del SaG y del SaGd se logran ahorrar 31.997 litros de agua anualmente, pero todavía son 19.748 las aguas que no se logran cubrir, suponiendo un ahorro total del 61,84% de la demanda que se puede abastecer con aguas grises.

4.5 Discusión de los resultados

Una vez se han analizado los resultados de cada una de las propuestas de forma individual se analizan los resultados obtenidos conjuntamente.

Como punto de partida a este análisis conjunto, se considera tres los aspectos clave a analizar, el consumo de agua, el ahorro económico y la amortización del sistema.

	Ahorro (l)	Consumo actual (l)	Gasto actual (€)	Ahorro (€)	Inversión (€)	Amortización (años)
SaG	30.766,40	86.911,60	96,47	105,93	2.156,81	20,36
SaGd	6.153,00	111.525,00	123,79	78,61	951,67	12,10
SaP	59.160,58	58.517,42	64,95	137,45	3.383,55	26,62
SaP+SaG	68.051,88	49.626,12	55,08	147,32	5.540,36	37,61
SaP+SaGd	61.333,00	56.345,00	62,54	139,86	4.335,22	40,00
SaG+SaGd	31.997,00	85.681,00	95,11	107,29	3.108,48	28,97

Tabla 4.30 Aspectos analizados en cada una de las diferentes instalaciones propuestas

4.5.1 Beneficios en cuanto al ahorro de agua

El aspecto primordial de estas instalaciones será la estimación del ahorro de agua. A la vista de los resultados de la tabla anterior, se puede confirmar que los beneficios son favorables en cualquiera de los casos planteados.

Según los resultados obtenidos, son el 60% de las aguas consumidas en la vivienda las que pueden ser sustituidas por procedente de la reutilización, aunque este porcentaje se reduce al 40% si solamente se busca aprovechar las aguas grises de la vivienda.

Teniendo ese margen del 60% del consumo, un total de 70 m³ para sustituir, plantear un sistema de aprovechamiento puede ser muy positivo en cualquiera de sus modalidades, ya sea de aguas grises o pluviales.

La instalación de un Sistema de aprovechamiento de agua de lluvia (SaP) logra cubrir un 84 % del agua que podría ser sustituida, mientras que un sistema de aguas grises (SaG o SaGd) no llegaría a cubrir el 44 % de esos 70 m³ o incluso solamente el 8 % si se habla de sistemas descentralizados.

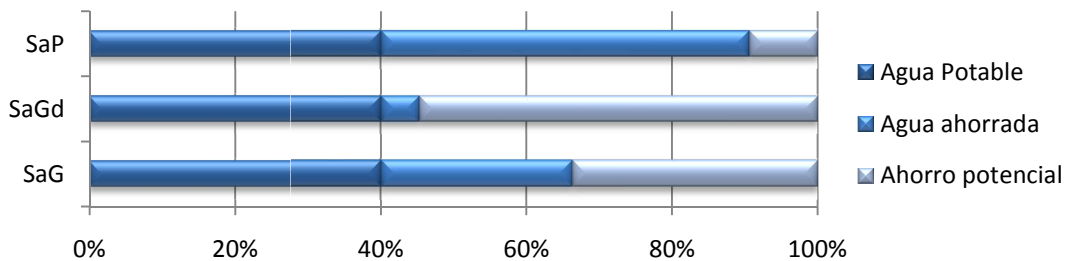


Figura 4.8 Porcentajes de agua que abastecen la demanda según los diferentes sistemas

Un SaP logra cubrir 2 veces más demanda que un SaG, y en el caso de un SaGd esta diferencia aumenta hasta ser 10 veces mayor en el caso del SaP. Pese a esto, como ninguno de los tres de forma individual cubre la demanda al 100%, se plantea la opción de instalar un conjunto de dos sistemas.

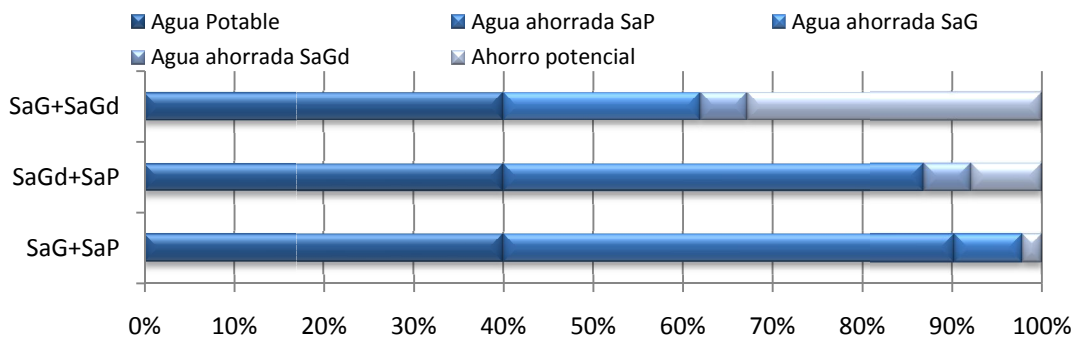


Figura 4.9 Porcentajes de agua que abastecen la demanda según los diferentes conjuntos de sistemas

La instalación conjunta de más de dos sistemas logra cubrir más porcentaje de demanda. Pese a lograr un avance, ninguno de los conjuntos logra cubrir la totalidad de esa demanda, sin embargo en algunos casos se está bastante cerca.

El conjunto de sistemas que ofrece un mayor beneficio en cuanto al ahorro de agua será la instalación conjunta de un SaG y un SaP. Ambos sistemas trabajando conjuntamente logran cubrir el 84% de la demanda total, dejando únicamente 8 m³ de la demanda total sin cubrir.

El caso más desfavorable de las tres hipótesis es el que considera la instalación de un SaG y un SaGd, solamente cubriría un 40% de la demanda de 70 m³, porcentaje que prácticamente iguala la instalación individual de un SaG, y que supera en un 100% la instalación de un SaP sin ningún otro sistema. También es cierto, que la instalación conjunta de dos sistemas de aguas grises, consta desde un principio con el inconveniente

de que las aguas grises de por sí no pueden abastecer a las misma cantidad de usos que las aguas de lluvia.

4.5.2 Beneficios económicos

Lo primero que se quiere señalar es que se han calculado los beneficios económicos en base al precio actual del m³ de agua en Galicia. No se ha considerado que en los próximos años se espera un incremento del precio del agua en España, de por lo menos el 100% para equiparlo a máximos europeos y, en teoría, fomentar el ahorro de agua en la vivienda.

Es obvio que aquellos sistemas que logren conseguir un ahorro de agua más elevado, conseguirán un ahorro de económico también más importante.

El sistema que en este aspecto ofrece el beneficio menos acusado es el SaGd, que pese a que ahorrando 6 m³ al mes y aporta un ahorro anual de 78 €, es el sistema que menos beneficio económico ofrece.

En el resto de los casos el beneficio es muy similar. El ahorro más amplio está definido por la instalación de un SaP y un SaG, cuya instalación conjunta logra aportar un beneficio de 147 €/año. Sin embargo, la instalación de un SaP y un SaGd consigue ahorrar tan solo 12 € menos anuales. Sin embargo y de forma individual, la instalación de un SaP logra ahorrar 137 €, tan solo 2 € menos que la instalación conjunta SaP+SaGd, este dato hace ver que el peso de ese conjunto se lo lleva el SaP.

Como tras analizar estos datos se ha comprobado la gran similitud que presentan entre sí, para hablar de beneficio económico, se debe hablar al mismo tiempo de amortización de los sistemas.

4.5.3 Amortización de los sistemas

Como se ha indicado cuando se habló del precio de estos sistemas, se considera que este es el mayor condicionante del que disponen, ya que la falta de conocimiento y competencia entre estos sistemas, hacen que los precios de mercado de estas instalaciones sean elevados. Se podrá tener en cuenta que se trata de sistemas cada vez más conocidos, y si se añade la premisa de que el precio del agua seguirá subiendo, se podrá pensar que en un periodo de tiempo corto estos sistemas comenzarán a ser más frecuentes.

Un SaP cuesta tres veces más que un SaGd, la tercera parte más que un SaG, incluso instalando conjuntamente un SaGd y un SaG se hace una inversión menor.

Los periodos de amortización de los sistemas van desde los 12 a los 40 años. Se considera que 40 años ya es un periodo de amortización elevado, y que incluso podría ser superior a la vida útil del sistema. El sistema que logra un ahorro menor, el SaGd logra también un periodo de amortización menor, siendo este de 12 años.

El periodo de amortización de un SaG de forma individual, de un SaP o del conjunto SaG+SaGd también se pueden considerar razonables aunque dupliquen al periodo de amortización de un SaGd.

En este aspecto serían considerados desfavorables la instalación conjunta de SaP y SaG, y por otro lado SaP y SaGd, ya que con periodos de amortización de casi 38 y 40 años pueden ser superiores a la vida útil de los sistemas.

También se considera que el aspecto económico y la amortización no deberían primar sobre el resto de consideraciones, pero también es cierto que a priori son los beneficios que más se valorarán por el público de cara a la compra de estos sistemas.

4.5.4 Estimación del consumo energético vinculado con el consumo de agua

Uno de los aspectos que se ha tenido presente en este trabajo ha sido vincular el consumo de agua con el consumo energético. Para corroborar la relación que existe entre ambos recursos, se ha estimado el consumo en dos situaciones:

- ▶ **La situación inicial.** Con los consumos de agua que se producen en la vivienda en el principio de la investigación.



Figura 4.10 Consumo energético asociado con el ciclo integral del agua para el caso inicial (kWh)

Con la demanda inicial de 184 m³, siendo sometidos a los procesos de captación, tratamiento y distribución, y la evacuación de 147 m³, tras su uso en la vivienda a la red de evacuación y depuración, se estima que estos procesos implican un consumo energético anual de 237,63 kWh asociados al Ciclo Integral del agua.

- ▶ **La situación ambiental más favorable.** Para poder reducir al máximo el consumo de energía, se elige la instalación de los sistemas que aporten un mayor beneficio en cuanto al ahorro de agua. Por este motivo se elige analizar el consumo energético que implica el ciclo integral con la instalación de un SaP, un SaG y un sistema de depuración biológica.

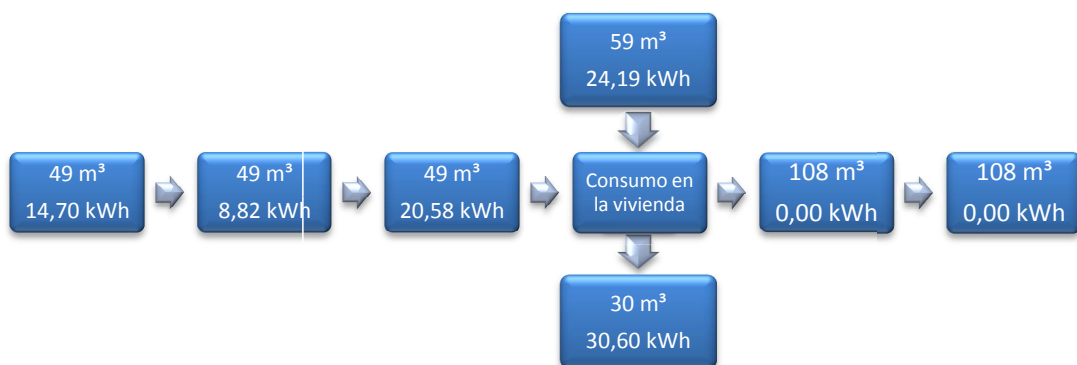


Figura 4.11 Consumo energético asociado al ciclo integral del agua tras la incorporación de las medidas (kWh)

Incorporando el SaP y el SaG únicamente se demandan a la red de abastecimiento 49 m³ anuales, siendo el resto de los necesarios aportados por los sistemas de aprovechamiento. En este caso, también se elimina el consumo energético asociado a la depuración de las aguas residuales en la EDAR y el consumo de energía necesario para trasladar las aguas hasta ese punto. Se considera nulo porque las aguas son sometidas a tratamiento en la vivienda, y como ya se ha visto la depuradora instalada no requiere consumo energético. Como inconveniente solamente se podría encontrar que se debe añadir el consumo energético vinculado a los sistemas de aprovechamiento, en este caso se habla de consumos de 30,60 kWh con la incorporación del SaP y 24,19 kWh con la incorporación del SaG.

La repercusión del agua en la sostenibilidad de una vivienda unifamiliar

Pese a todo, la instalación de los sistemas de aprovechamiento y tratamiento de aguas en la vivienda, implica un consumo energético asociado de 98,89 kWh.

Fomentar la reutilización de las aguas en la vivienda, e incorporar sistemas de ahorro de aguas, implica un ahorro cercano al 58% del consumo que implicaba inicialmente.

5. Consideraciones finales

En este apartado se expondrán las principales conclusiones que se extraen del proyecto de investigación que se ha venido realizando. Para comprobar si se cumple con lo que se pretendía hacer en un primer momento se ha de recurrir a los objetivos fijados al principio, esta correlación entre objetivos y conclusiones confirmará si se ha logrado conseguir las demostraciones que se pretendía conseguir.

También se plantean una serie de pautas que podrían ser tomadas como futuras líneas de investigación en el caso de querer profundizar más en la materia planteada en esta primera investigación.

5.1 Conclusiones

Uno de los pilares fundamentales de la sostenibilidad radica en hacer un uso moderado y eficiente de los recursos para garantizar su existencia y disfrute de generaciones futuras. Aunque a priori no se le otorga la misma consideración al uso moderado del agua que al uso moderado de los recursos energéticos, hay que tener presente que, de los recursos actuales, el agua es el único que no se podría sustituir. En caso de agotamiento, no existen alternativas, ni posibles sustitutos. Sólo el 3% de toda el agua del planeta es susceptible de poder ser apta para el consumo humano, pero el hecho de residir en un lugar, en el que el acceso al agua está al alcance de todos en todo momento, muchas veces no hace que la sociedad sea consciente de tal hecho.

La falta de consideración por el ahorro de agua está vinculada en parte por su coste. Aunque hoy por hoy, cualquier ahorro es importante, la incertidumbre del precio del agua y la poca claridad que rodea la facturación, hace que el hecho de ahorrar agua no se considere algo atractivo ni que aporte un claro beneficio a la economía doméstica. Pese a no implicar un claro ahorro económico, la concienciación de la gente respecto a cuidar el medio ambiente, gestionar bien los recursos y a realizar conductas que ayuden a mejorarlo es cada más notoria pese a que no se note tanto en el bolsillo.

En las viviendas unifamiliares se produce un consumo por lo general elevado, que con la instalación de sencillos elementos, se ve notablemente reducido sin que suponga un gasto económico a tener en cuenta. El ahorro con estos sistemas se puede reducir hasta un 50% haciendo referencia al consumo del propio elemento en sí, y hasta un 40% haciendo referencia al consumo de agua total de la vivienda.

Pese a estos datos, se debe ir más allá, y tener presente que uno de los mayores derroches de agua que se produce en las viviendas, y en general, es la utilización de agua potable para todos los usos, incluso para aquellos que no la requieren. Se ha demostrado que aproximadamente el 60% del agua consumida en una vivienda unifamiliar no necesita haber pasado un tratamiento de potabilización para pasar ser destinada al uso que se

destina en la vivienda. Ese 60% de agua que se afirma no tiene porque ser potable, puede ser cubierta por agua de calidad inferior, procedente bien del tratamiento de aguas grises o bien de la captación de aguas de lluvia.

Dada esta alternativa, además de repercutir en el consumo del agua, implica también un ahorro de todo el proceso de potabilización y tratamientos, relegando este únicamente para las ocasiones que fuese estrictamente necesario. De este modo, se logra también un ahorro de energía, y el impacto ambiental que se genera debido al uso de productos como el cloro y otros químicos, y que el agua que se someta a estos procesos, será porque realmente si lo necesita.

Factor importante a tener en cuenta, es que Galicia es una comunidad rica en recursos hídricos, que hacen del agua de lluvia, un recurso muy atractivo de cara a una reutilización a lo largo de todo el año. Por otra parte, esto también forma un papel importante a la hora de calcular las demandas de riego. Al contrario que pasa en muchos puntos de la península, gracias a las abundantes lluvias y a la baja evapotranspiración ayudan a reducir la demanda de riego, y da la posibilidad de poder reutilizar el agua de lluvia para otros fines diferentes, y no destinarla, como se hace en la mayoría de los casos, únicamente a paliar la demanda de riego. El agua de lluvia se presenta como un recurso clave para reducir notablemente el consumo de agua, aunque no sea apta para el consumo, puede sustituir en numerosos usos al agua de la red de abastecimiento, y además de forma gratuita.

Por otra banda y para fomentar la reutilización se encuentran también las aguas grises, que además de reducir la cantidad de agua que se enviará al alcantarillado y consiguientemente la cantidad de agua que se envíe a la EDAR o que se envíe directamente al entorno sin haber recibido un tratamiento.

Los sistemas de captación de agua de lluvia son más favorables que los sistemas de aguas grises, aunque estos últimos sean más rentables económicamente. Es más favorable porque no requiere apenas energía, no incorpora productos químicos, y además en el contexto analizado, proporciona una garantía segura de disponibilidad gracias a la abundancia de precipitaciones.

Para el dimensionado de ambos tipos de sistemas, aunque a priori la mayoría de las certificaciones sugieren que se tenga en cuenta la ocupación teórica de la vivienda (proporcionada en función del número de habitaciones y superficie), es más conveniente considerar la ocupación real de la vivienda, sobre todo a la hora de calcular la amortización del sistema instalado. En el caso de que la ocupación sea variable a lo largo del año, se ha de considerar la ocupación que la vivienda tiene la mayor parte del año.

Por otra banda, tanto los SaP como los SaG no son sistemas baratos. La falta de competencia y la falta de demanda, hacen que el sector no se encuentre en la tesitura de tener que bajar los precios para poder vender los productos. Se puede estimar, que la incorporación de estos sistemas empieza a ser rentable a partir de ocupaciones de unas cuatro o cinco personas, ya que en casos de poca ocupación de la vivienda se pueden disponer de periodos de amortización superiores a la vida útil del sistema.

En cuanto al tratamiento de las aguas residuales una vez usadas en la vivienda, se ha visto que existen tres posibilidades, que las aguas se envíen a la red de evacuación y está desemboque directamente al medio sin tratamiento, que las aguas se envíen a la red de evacuación y estas sean sometidas a un tratamiento de depuración en una EDAR o la opción planteada de tratar las aguas en la vivienda previamente a enviarse a la red de evacuación.

En lugares en los que no sé disponga de una EDAR, está claro que se debe hacer una reflexión profunda sobre la viabilidad y consiguiente necesidad real. El vertido de las aguas

al medio sin tratar, obviamente implica una degradación ambiental, pero sin embargo, el planteamiento de una EDAR, también supone un impacto ambiental elevado. Este caso no deja de ser un impacto ambiental para reducir otro impacto ambiental, lo cual se puede considerar una ironía. Es obvio que tratar las aguas antes de verterlas, es una mejora de frente a la carencia de tratamientos, pero sin embargo, disponer de ese tratamiento también supone un alto impacto ambiental, implica un elevado consumo energético, un elevado proceso de tratamiento y además un problema importante con relación a la cantidad de residuos que generan, no es raro el caso en el que estos residuos sean arrojados al medio directamente en cualquier punto, sin que todo el proceso de tratamiento haya servido para algo.

Frente a esta situación la opción más sostenible es la más inviable en muchos casos, instalar una depuradora biológica en las viviendas, las dotaría de la eficiencia y protección ambiental que requiere el proceso de depuración. Esta opción sí que es viable en el caso de viviendas unifamiliares como la que se ha estudiado, y en unos con dispersión geográfica elevada. Sin embargo, el problema de esta opción radica si se quiere plantear como una posible alternativa a la construcción de una EDAR en núcleos de población con una densidad de ocupación más elevada. Lugares con viviendas en bloque abundantes, implicaría una gran dificultad de adaptación además de un posible problema de disponibilidad de espacio.

Si la vivienda o el núcleo disponen de superficie y extensión de terreno elevada, se podría plantear la instalación de tratamientos sostenibles, como lagunajes o filtros verdes, que depuran las aguas sin ningún impacto negativo en el medio ambiente, pero sin embargo, si se carece de terreno suficiente esa opción se rechaza, y la eficiencia que proporciona el medio natural debe paliarse con alguna incorporación de productos químicos y su consiguiente impacto.

Pese a esta tendencia al ahorro que se viene observando, que aunque no sea muy pronunciada, existe, se debe fomentar el cambio en cuanto a la gestión del agua y su uso, como ya se ha dicho, quizá el precio del agua es el mayor condicionante para que este cambio en la gestión no se produzca definitivamente, pero incorporar sistemas de ahorro, de reutilización o de tratamiento de las aguas, no debería verse como un gasto, sino como una inversión. Se están mejorando muchos aspectos con estos sistemas y aparatos, el uso eficiente del agua ayuda a reducir notablemente los impactos ambientales, reduce la demanda de agua garantizando la disponibilidad en casos problemáticos de y de cara a un disfrute futuro, reduce los procesos de potabilización, con la consiguiente reducción del impacto ambiental, reduce el consumo energético que implica el transporte excesivo de las aguas, y mejora el tratamiento de las aguas antes de ser devueltas al medio, suponiendo una reducción de la contaminación y de la energía que llevan vinculados los procesos convencionales.

Por motivos como estos debe primar el beneficio ambiental, y no valorar únicamente los aspectos económicos. Los criterios de sostenibilidad son claros, se ha de preservar la disponibilidad de recursos, y esa premisa ha de estar por encima de los beneficios económicos y de explotación sin medida.

Se ha observado que es muy sencillo aportar el primer granito de arena de la montaña, cada uno poniendo de su parte, se debe considerar que las primeras medidas que se han de tomar, pueden comenzar partiendo de la propia vivienda, y en la medida que sea posible.

Se ha demostrado que los beneficios que se han conseguido en una vivienda unifamiliar son muy positivos, pudiendo llegar a ahorrar hasta un 60% del consumo inicial de la vivienda. Si todos estos beneficios que se han conseguido en una vivienda unifamiliar, se aplican proporcionalmente a todas las viviendas que conforman el parque inmobiliario, los

beneficios serían muy positivos, y de esta manera, sí se podría hablar de una buena gestión el agua.

Aunque el agua esté al alcance de todos, muchas veces el desconocimiento de estos sistemas, hace que el planteamiento de estas opciones de ahorro no sea ni una hipótesis. Se debe promover desde instituciones, ciudadanos y gestores de la red, la reducción del consumo de agua, promover el reaprovechamiento y no mostrarse reacios al cambio. En muchos casos, son los propios particulares los que ven inviable utilizar aguas grises dentro de la vivienda, o aguas de lluvia para lavar la ropa, y desde luego que la falta de normativa existente, y el desinterés gubernamental por fomentar estas actividades, hacen que estas mediadas sean reacias para la sociedad.

Tanto las instituciones como los propios ciudadanos, deben promover la reducción del consumo de agua, y fomentar el reaprovechamiento siempre que sea posible.

5.2 Futuras líneas de investigación

Se entiende que el trabajo previo a este proyecto, y este proyecto en sí, implican un comienzo de una investigación que podría profundizar mucho más en los distintos aspectos referentes a la gestión del agua en las viviendas, y a los beneficios medioambientales que supone su ahorro.

Por este motivo, se plantean una serie de cuestiones que actualmente se encuentran en el aire, y de cara a un futuro podría aportar grandes beneficios.

- ▶ Ampliar el rango de análisis a todas las tipologías de viviendas que conforman el parque inmobiliario de Galicia. Aunque en esta investigación se ha planteado una extrapolación de los datos obtenidos en el caso de una vivienda unifamiliar a la misma vivienda con diferente ocupación, se considera positivo poder realizar una aproximación más real a los resultados, determinando como influyen los condicionantes de cada tipología de vivienda.
- ▶ La ampliación del territorio analizado, sobre todo la extensión a zonas en las que el régimen de lluvias y necesidad de riego impliquen una variación grande de la que se dispone en el caso de este estudio.
- ▶ Establecer las medidas mejores en función de las tipologías de vivienda, ocupaciones y zonas analizadas.
- ▶ Analizar el consumo energético vinculado al consumo de agua en el proceso de distribución, así como su relación con las emisiones de CO₂ vinculadas con el consumo energético.

6. Bibliografía y referencias

- Abib, Carlos Henrique;, Denise de Fátima; Alonso, Solange Aparecida; Fernandes, Antonio Roberto; Saad, and Vanda dos Santos Silva. 2007. "Desenvolvimento Sustentável E Reciclagem de Água." *Terceiro Setor* 3–13.
- Alsina, Santiago Bordas and Xavier Elias Castells. 2011. "Energía, Agua, Medioambiente, Territorialidad Y Sostenibilidad." *Díaz de Santos* 25.
- AQUA, España. 2011a. *Guía Técnica de Aprovechamiento de Aguas Pluviales En Edificios*.
- AQUA, España. 2011b. "Guía Técnica Española de Recomendaciones Para El Reciclaje de Aguas Grises En Edificios." 22.
- Barberán Ortí, Ramón; and Manuel J. Salvador Figueras. 2010. *El Uso Del Agua En Los Hogares de La Ciudad de Zaragoza*.
- Bermejo Arnaldos, David. 2012. "Reutilización de Aguas Residuales Domésticas. Estudio Y Comparativa de Tipologías Edificatorias: Depuradoras Naturales Como Alternativa Sostenible." Universitat d'Alacant. Escola Politècnica Superior.
- Berrocal, Gabriela. 2010. "Análisis Comparativo Y Transversal de Los Programas de Certificación Con Criterios de Sostenibilidad." Universidad Politècnica de Cataluña.
- Botey, R., J. .. Guijarro, and A. Jiménez. 2013. *Valores Normales de Precipitación Mensual 1981-2010*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Agencia Estatal de Meteorología.
- BREEAM. 2011. *Manual BREEAM ES Vivienda*. A Coruña.
- Cabrera, Enrique. 2011. "El Binomio Agua-Energía. ¿Un Asunto de Moda O de Interés Real?"
- Cabrera, Enrique, Miguel Ángel Pardo, Enrique Jr Cabrera, and Ricardo Cobacho. 2011. "Agua, Energía Y Eficiencia O El Inaplazable Reto de La Sostenibilidad." in *VII Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua*. Talavera de la Reina.
- CEC. 2005. *California's Water-Energy Relationship*.
- Cobacho, Ricardo, Miguel Ángel Pardo, Enrique Cabrera, and Jorge García-Serra. 2012. "Los Peajes Energéticos En La Distribución Y El Consumo Del Agua Urbana." *Guía Sobre Hidroeficiencia Energética*, 41–65.

- Corominas, Joan. 2010. "Agua Y Energía En El Riego, En La Época de La Sostenibilidad." *Ingeniería Del Agua, Vol. 17, No 3*, 219–33.
- Fayanás Escuer, Edmundo. 2011. "El Agua En España." *Nueva tribuna*.
- GAE, Grupo de Análisis Económico de la DMA del Ministerio de Medio. 2007. *Consumo Energético Del Ciclo Integral Del Agua Y Propuestas de Ahorro. Análisis Del Ciclo de Vida Del Agua Urbana*.
- García Calvo, Eloy, Ricardo Cobacho, Albert Cubillo González, Francisco Gómez Hernández, Tomás Soriano Rull, Luis Moya Ruiz, and Sergio de Pereda Fernández, Luis Melgosa Revillas. 2012. *Guía Sobre Hidroeficiencia Energética*.
- Government, Department for Communities and Local. 2009. "The Water Efficiency Calculator for New Dwellings."
- Hardy, Laurent and Alberto Garrido. 2010. "Análisis Y Evaluación de Las Relaciones Entre El Agua Y La Energía En España."
- Hardy, Laurent, Alberto Garrido, and Luis Juana. 2012. "Evaluation of Spain's Water-Energy Nexus." *International Journal of Water Resources Development* 28(1):151–70.
- LEED. 2009. *LEED 2009 Para Nueva Construcción Y Grandes Remodelaciones*.
- López de Asiain Alberich, M., A. Ehrenfried, and P. Pérez del Real. 2007. "El Ciclo Urbano Del Agua. Un Nuevo Modelo de Sistema Integral de Gestión." *Ideasostenible*.
- López Patiño, Gonzalo. 2009. "Sistema de Aprovechamiento de Aguas Pluviales." in *Jornada Ahorro de agua en Edificación*. Valencia.
- Martimportugués, Clara, Jesús M. Canto, Miguel A. García, and Carmen Hidalgo. 2002. "Actitudes Hacia El Ahorro de Agua: Un Análisis Descriptivo." *Medio Ambiente Y Comportamiento Humano*, 119–43.
- Martín, Juan Manuel. 2003. *Medidas de Eficiencia Energética, de Ahorro Y Otros Criterios Ambientales Para Incorporar En Los Edificios Y Equipamientos Municipales*. Barcelona.
- Martínez Carazo, Piedad Cristina. 2006. "El método de estudio de caso: Estrategia metodológica de la investigación científica." *Pensamiento y gestión: revista de la División de Ciencias Administrativas de la Universidad del Norte* (20):165–93.
- Martínez Rodríguez, Fco. Javier. 2011. "Estudio de La Huella Energética Del Abastecimiento Urbano de Agua de La Provincia de Almería." Universidad de Almería.
- McMahon, James E., Camilla Dunham Whitehead, and Peter Biermayer. 2006. "Saving Water Saves Energy." *Lawrence Berkeley National Laboratory*.
- Mónica Cabrera Marcet, Enrique Murgui Mezquita, Miguel A. Pardo Picazo, and Enrique Cabrera Rochera. 2009. "Estimación Del Consumo de Energía Ligado Al Uso Del Agua En La Ciudad de Valencia."

- OPTI. 2010. *Consumo Energético En El Sector Del Agua*.
- Palma Carazo, Ignacio Javier. 2003. *Las Aguas Residuales En La Arquitectura Sostenible: Medidas Preventivas Y Técnicas de Reciclaje*.
- Sala, Lluís. 2007. "Balances Energéticos Del Ciclo Del Agua Y Experiencias de Reutilización Planificada En Municipios de La Coste Brava."
- Shiklomanov, Igor A. 1999. "World Water Resources. A New Appraisal and Assessment for the 21st Century."
- Soriano Rull, Albert and Francisco J. Pancorbo Floristán. 2012. *Suministro, distribución y evacuación interior de agua sanitaria*. 1ª Edición. Barcelona: MARCOMBO, S.A.
- Soriano Rull, Albert and Francisco Javier Pancorbo Floristan. 2012. *Suministro, Distribución Y Evacuación Interior de Agua Sanitaria*. Marcombo.
- Uche, Javier. 2013. *La Energía En El Agua*. Universidad de Zaragoza.
- Uche Marcuello, Javier. 2010. *Análisis Prospectivo Sobre La Interrelación Agua Y Energía En La Cuenca Del Ebro*. Zaragoza.
- VERDE. 2015. *Guía Verde Del Evaluador Acreditado*.
- WWAP. 2006. *Water a Shared Responsibility. The United Nations World Water Development Report 2*.
- Yacuzzi, Enrique. 2005. "El estudio de caso como metodología de investigación: Teoría, mecanismos causales, validación."
- Zabalza Bribián, Ignacio. 2011. "Adaptación de La Metodología Del Análisis de Ciclo de Vida Para La Evaluación Y Mejora Del Impácto Energético Y Ambiental de La Edificación En España."

Normativa consultada

- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas. Vigente hasta el 25 de julio de 2001 (BOE núm. 189, de 8 de agosto de 1985).
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. (DOUE núm. 327, de 22 de diciembre de 2000).
- Directiva del Consejo 91/271/CEE, sobre Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas (DOUE núm. 135, de 30 de mayo de 1991 (13 págs)).
- Real Decreto 124/1994, de 28 de enero, por el que se regula el etiquetado y la información referente al consumo de energía y otros recursos de los aparatos de uso doméstico. (BOE núm. 45, 22 de febrero de 1994).

Real Decreto 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas (BOE núm. 176, 24 de julio de 2001).

Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano (BOE núm. 45, 21 de febrero de 2003).

Real Decreto 02/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la ley de suelo. (BOE núm. 154, 26 de junio de 2008).

Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de reutilización de las aguas depuradas (BOE núm. 294, 8 de diciembre de 2007).

Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HS de Salubridad (DB-HS), Suministro de Aguas. 2009.

Índice de imágenes

Imagen 1.1 Distribución de los recursos hídricos en el Planeta (WWAP 2006)

Imagen 1.1 Disponibilidad de los recursos hídricos (m³/hab. y año) e indicadores de estrés (WWAP 2006)

Imagen 1.2 Esquema de funcionamiento del Ciclo Natural del Agua. Fuente: http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com_content&view=category&id=1118&Itemid=300009

Imagen 1.3 Esquema de funcionamiento del Ciclo Integral del Agua. Fuente: <https://maxhausmannmtz.wordpress.com/2013/10/17/4-masterclass-agua/>

Imagen 1.4 La contaminación, el cambio climático y el aumento de la demanda de agua, son los principales motivos para fomentar el ahorro. Fuentes:

1 <http://www.freeopinionvenezuela.nl/forum/viewtopic.php?t=40>

2 <http://vozdechile.com/2015/03/24/municipios-presentan-propuesta-al-gobierno-sobre-la-sequia-y-el-cambio-climatico/>

3 <http://www.tercerainformacion.es/spip.php?article65920>

Imagen 2.1 Los perlizadores pueden reducir hasta un 60% el consumo de agua gracias a la inclusión de aire. Fuente: <http://ahorreagua-cl.chile-software.com/tecnologia.html>

Imagen 2.2 Esquemas de los sistemas de doble descarga e interrupción de descarga. Fuente: 1. <http://www.taringa.net/posts/noticias/17382489/Dia-de-furia-en-la-Legislativa.html>; 2 <http://www.ecconex.com/revista/06-2012/ahorro-del-agua.html>

Imagen 2.3 Ejemplos de las etiquetas energéticas de lavavajillas y lavadora respectivamente. Fuente: <http://www.xatakahome.com/iluminacion-y-energia/eficiencia-energetica-la-etiqueta-de-calificacion-para-electrodomesticos-a-nivel-europeo>

Imagen 2.4 El riego por goteo y la xerojardinería reducen notablemente el consumo de agua en el jardín. Fuentes:

<http://www.gardena.com/es/gestion-del-agua/sistema-de-riego-automatico-por-goteo/>

<http://tujardinmediterraneo.blogspot.com.es/>

Imagen 2.5 Ya en la antigua Roma las aguas de lluvia se acumulaban y se extraían del “*impluvium*” mediante un pozo. Fuente: <http://cinabrio.overblog.es/tag/archaeology/4>

Imagen 2.6 Esquema de los componentes de un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia (SaP). Fuente: (AQUA 2011a)

Imagen 2.7 Algunos tipos de filtro, filtros en bajante, de cesta y autolimpiante (AQUA 2011a)

Imagen 2.8 Ejemplos de los diferentes tipos de depósitos de los SaP que se pueden encontrar en el mercado. Depósito soterrado, superficial, flexible y decorativo. Fuente: http://www.tiendaocceanis.com/depositos-de-agua-depositos-de-agua-de-lluvia-aljibes-aguas-pluviales-exterior-y-enterrados-c-105_49

Imagen 2.9 Esquema de un sistema centralizado de aguas grises (AQUA 2011b)

Imagen 2.10 Esquema de un ejemplo de tratamiento físico de aguas grises (AQUA 2011b)

Imagen 2.11 Esquema de un ejemplo de tratamiento físico-químico de aguas grises (AQUA 2011b)

Imagen 2.12 Esquema de un ejemplo de tratamiento biológico de aguas grises (AQUA 2011b)

Imagen 2.13 Sanitario W+W de Roca con tratamiento de AG integrado. Fuente: <https://arq4design.wordpress.com/2011/06/20/disenyo-y-sostenibilidad-ww-un-nuevo-concepto-que-ha-revolucionado-el-concepto-bano-by-roca/>

Imagen 2.14 Esquema de funcionamiento de un SaGd. Modelo ecohoe de Aqus. Fuente: http://www.ecohoe.com/archivos_des/Ficha_tecnica_de_producto_AQUS_Espanol.pdf

Imagen 2.15 Filtros verdes, sistemas de lagunaje y los tanques Imhoff, son ejemplos de los sistemas de depuración alternativos a las EDAR. Fuentes:

1. <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2011/10/21/131683>
2. <http://www.filtracionpiscinas.es/noticias/biofiltros-el-sistema-de-depuracion-natural>
3. <http://es.slideshare.net/hymaupn/aguas-servidas-22031077>

Imagen 2.16 Identificación de los puntos de suministro de AG o pluviales. Las tuberías que no suministren agua potable también deben ir marcadas. Fuente: http://www.ahb.es/senaletica/senaletica_prohibicion/1/ficha111.htm

Imagen 3.1 Ubicación de la vivienda seleccionada para el caso de estudio. Fuente: Google maps

Se adjunta en este anejo la documentación relativa a la Comunicación presentada en el II Congreso de Edificios de Energía Casi Nula, celebrado los días 6 y 7 de mayo de 2014 en Madrid.

El artículo, a continuación adjunto, ha sido publicado en el Libro de Comunicaciones del Congreso, con ISBN: AE-2014-14002976. El libro de Comunicaciones se encuentra disponible en versión pdf en la siguiente dirección:

<https://www.construible.es/images/CONSTRUIBLE/media/content/20140520-libro-de-comunicaciones-ii-congreso-edificios-de-energia-casi-nula.pdf>

II Congreso EECN: Repercusión del agua en EECN

Repercusión del agua en los edificios de consumo casi nulo

Amantia Martínez Pérez, Arquitecto Técnico, estudiante de Máster en Tecnologías de Edificación Sostenible de la UDC

Fco. Javier López Rivadulla, Dr. Arquitecto, profesor del Departamento de Construcciones Arquitectónicas de la UDC

Resumen

Cuando se habla de edificios de consumo casi nulo, este concepto siempre se limita al punto de vista energético. Sin embargo, enfocando esta meta desde un punto de vista más amplio, se podría relacionar el consumo de agua con el consumo energético.

Consumiendo de manera moderada e incluso reaprovechando aguas, además de reducir el consumo de agua, se podría reducir el consumo energético que implicaría un transporte de agua excesivo desde las plantas de tratamiento hasta la vivienda, y desde la vivienda a las estaciones depuradoras.

Haciendo una comparativa con el consumo energético en una vivienda sin estos sistemas y una vivienda con un uso de agua eficiente, se demuestra que estos métodos son eficaces para reducir el consumo energético.

1. Introducción

Cuando se comenzaron a establecer las primeras relaciones entre agua y energía, tan solo se consideraba como única relación entre ambas, al aprovechamiento de la energía que se puede producir en los ríos, considerando éstos como una fuente de producción. Sin embargo, posteriormente también se ha comenzado a hablar de la relación inversa, la relación que existe entre el consumo de agua y el consumo energético.

2. Objetivo

Cuando se habla de edificios de energía casi nula (EECN), se hace referencia a la definición presentada por la Directiva Europea 2010/31/EU, que define estos edificios como *“aquellos edificios altamente eficientes desde el punto de vista energético, con una demanda casi nula o muy baja, cubierta por energías procedentes de fuentes renovables”*.

Para ello, se han de tener presentes e intentar minimizar todos los consumos energéticos que requiere la vivienda para su pleno funcionamiento. Esto casi siempre se cumple, siempre se han tenido presentes procesos y métodos para ahorrar energía, pero un uso eficiente del agua, siempre se ha pasado por alto. En el caso de las viviendas se obtiene una buena relación de beneficios utilizando dispositivos de ahorro de agua doméstico (MacMahon y col, 2006).

El objetivo del presente trabajo, es demostrar la relación que existe entre el consumo de agua y el consumo de energía en una vivienda unifamiliar. Para ello primero se analizarán los consumos de agua, tanto actuales, como con la incorporación de sistemas de ahorro, y se vincularán ambos al consumo energético que implican, demostrando que reduciendo el consumo de agua se reducirá notablemente el consumo de energía.

Relación entre el consumo de agua y el consumo de energía

En todas las viviendas la totalidad del agua empleada es potable, no siendo necesario en muchas ocasiones que disponga de esta propiedad. Un elevado consumo de agua,

conlleva que se consuma energía en exceso, necesaria para llevar a cabo el transporte y el proceso potabilizador cuando puede no ser necesario. El transporte del agua requiere grandes demandas de energía, por ello optimizando la demanda y su consumo, los procesos de depuración y tratamiento también se verán optimizados. Cada etapa del ciclo hídrico urbano que recorre el agua, desde su captación hasta su vertido final, previo tratamiento, implica un gasto de energía unitario (kWh/m³).

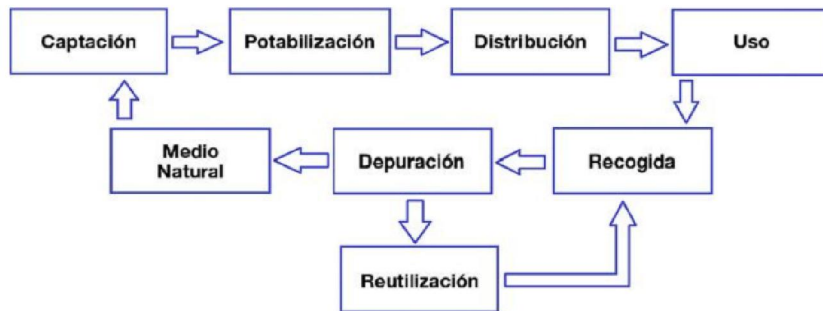


Imagen 1 Ciclo urbano del agua

La imagen anterior muestra el esquema del ciclo urbano del agua (ciclo integral), todos los procesos que refleja requieren una cantidad de energía que repercute durante todo este proceso, desde la captación del agua en el entorno, hasta que ésta retorna al medio natural una vez ha sido depurada. El gasto energético de este ciclo, no es un dato constante, depende del tipo de las aguas de captación (aguas superficiales, subterráneas o desalación), del tipo de entorno, o de los tratamientos entre más factores. En la mayoría de los casos, la presencia del agua implica la presencia de energía. En la actualidad, aproximadamente entre un 2 y 3% del consumo de energía total que se consume en el mundo, es empleado para el bombeo y el tratamiento del agua en las poblaciones urbanas y el sector industrial (Watergy, 2002).

Teniendo presentes dichos datos, se considera que el consumo de agua y de energía están estrechamente relacionados. Con la incorporación de políticas de ahorro, y sistemas de ahorro en las viviendas además de garantizar la existencia del recurso para el suministro, también se consigue lograr un ahorro de energía, minimizando la emisión de gases de efecto invernadero. En temas de ahorro de agua, se debe fomentar en la mayor medida posible para no contribuir al cambio climático, pero también el menor consumo de agua supone menor una menor utilización del ciclo urbano del agua.

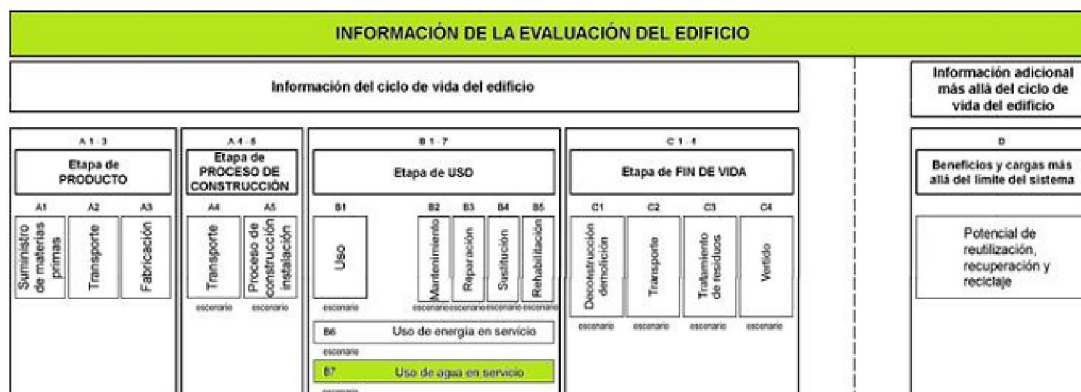


Imagen 2 Esquema Información de la evaluación del edificio

En este gráfico extraído de la UNE EN 15978:2011 referida a la evaluación del comportamiento ambiental de los edificios, muestra como durante la etapa de uso del edificio, se han de valorar a la par el consumo de energía junto al consumo de

agua. Considerando necesario la reducción de ambos consumos, y hacer referencia también a que reducir el consumo de agua implica hablar también de consumo energético.

3. Método

Trabajo de obtención de datos

Para comprobar que la instalación de sistemas de aprovechamiento de agua aportan beneficios a la hora de cuantificar la energía consumida en una vivienda, ha sido necesario realizar un trabajo de recopilación de datos, mediante el cual se ha realizado un análisis de los consumos de agua y energía en una vivienda unifamiliar aislada. Además también ha sido necesario analizar grandes infraestructuras de abastecimiento de agua, como la empresa encargada del abastecimiento de agua, y la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) que se encargará de la depuración de las aguas residuales del municipio, siendo en estos dos últimos casos, datos relacionados con el consumo energético asociados al agua. Para la obtención de la información que garantizase la consecución del objetivo del trabajo, se han valorado los siguientes datos:

- Volumen de agua consumido en la vivienda ($\text{m}^3/\text{año}$).
- Volumen de agua enviada a la red de evacuación y tratamiento ($\text{m}^3/\text{año}$).
- Volumen de agua procedente de la red de abastecimiento ($\text{m}^3/\text{año}$).
- Consumo energético de abastecimiento (kWh/m^3).
- Consumo energético que implica el tratamiento de agua residual (kWh/m^3).

Estimación del ahorro

Conocido el consumo de agua de la vivienda unifamiliar elegida, se proyecta la incorporación de sistemas para lograr reducir el consumo y que no impliquen un aumento del consumo energético de la vivienda.

- **Sistemas de ahorro.** Se incorporarán a todos los grifos reductores de caudal, se un sistema de doble descarga en el inodoro y se cambia el sistema de riego a un sistema de riego por goteo.
- **Sistemas de aprovechamiento de aguas de lluvia.** Se instalará un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia, que recoja la totalidad de las aguas que caigan sobre la cubierta. Un depósito situado en la planta bajo cubierta, aprovechará la gravedad para dar abastecimiento a inodoro, lavadora, limpieza y riego.
- **Sistema descentralizado de aprovechamiento de aguas grises.** Un sencillo depósito situado bajo el lavabo destinará las aguas generadas en él al inodoro, ayudando al depósito de pluviales a cubrir la totalidad de esta demanda.

Consumo energético derivado del consumo de agua

Se consultan los datos que ofrece la empresa de abastecimiento de aguas en cuanto al consumo energético que implica el transporte de las aguas, desde el punto de abastecimiento en el embalse, hasta la captación de la propia vivienda. Son consultados los datos de consumo energético que implica el transporte de las aguas por la red de evacuación desde la vivienda a la estación depuradora, y su tratamiento antes de ser devueltas al medio natural. Los datos de esta última etapa del ciclo de agua son orientativos, ya que la estación depuradora que se encargará

del tratamiento de las aguas de la vivienda todavía no se encuentra en funcionamiento, y los datos de los que se dispone son una estimación de la propia empresa.

4. Resultados

Consumo de agua con las instalaciones convencionales

Se analiza el consumo de agua medio por persona, y se aplica a una unidad familiar de cuatro personas. La vivienda elegida tomada como referencia se encuentra en la provincia de A Coruña, dato que se ha de tener presente al menos en cuanto al ahorro que puede suponer el aprovechamiento de agua de lluvia y la necesidad de riego del jardín. Se adjuntan en la siguiente tabla los consumos medios que han sido estimados, atribuidos según porcentaje (Palma, 2003) sobre el consumo medio (según datos del INE, 2012).

Punto de consumo	Agua regenerada (litros/hab/día)
Inodoro	30,00
Lavabo	15,00
Ducha	60,00
Cocina	6,00
Lavadora	15,00
Lavavajillas	6,00
Limpieza	3,00
Total	135,00

Imagen 3 Consumo de agua total (l/hab/día)

Con una extensión de 100 m² de jardín, y empleando datos como la evapotranspiración de la zona, el tipo de cultivo y el clima, se ha estimado la necesidad de riego del jardín, siendo únicamente necesario el riego en los meses de julio y agosto, con 1.275 y 708 litros al mes respectivamente.

Considerando la ocupación diaria de cuatro personas, y la necesidad del agua de riego, el consumo estimado de la vivienda es de 199.083 litros/año.

En la vivienda convencional, toda el agua consumida es arrojada al desagüe, no es aprovechada y se envía a la estación depuradora. Por otro lado, el agua destinada a la limpieza también se pierde definitivamente y del total consumido, se considera que únicamente el 80% sigue este camino. Esto implica que anualmente se arrojan a la red de evacuación 154.176 litros.

Consumo de agua con sistemas de ahorro

Conocida la situación actual, con la incorporación conjunta de las medidas anteriormente citadas, se logra reducir notablemente el consumo de agua de la vivienda.

Punto de consumo	Agua regenerada (litros/hab/día)
Inodoro	18,00
Lavabo	6,25
Ducha	30,00
Cocina	2,50
Lavadora	15,00
Lavavajillas	6,00
Limpieza	3,00
Total	80,50

Imagen 4 Nuevo consumo con la incorporación de los sistemas de ahorro (l/hab/día)

Modificando el sistema de riego, aunque la demanda sigue siendo la misma, la necesidad de agua se reduce a 872,95 y 483,91 litros durante los meses de julio y agosto respectivamente. Con la ocupación diaria de cuatro personas, y la necesidad del agua de riego, el nuevo consumo estimado de la vivienda es de 118.886,87 litros/año. Con la instalación conjunta de los sistemas de aprovechamiento de aguas de lluvia y de reaprovechamiento de aguas grises, se ha llegado a anular completamente el gasto de agua que implica el inodoro, la lavadora, la limpieza y el riego. De este modo, los usos que requieren del agua de la red de abastecimiento serán únicamente la ducha, el lavabo, el fregadero y lavavajillas, quedando el consumo reducido del siguiente modo:

Punto de consumo	Aguas regeneradas (litros/hab/día)
Lavabo	6,25
Ducha	30,00
Cocina	2,50
Lavavajillas	6,00
Total	44,75

Imagen 5 Consumo que no puede prescindir del agua potable (l/hab/día)

Implicando un consumo diario en la vivienda de 179 litros/día y un consumo anual de 65.335 litros/año. La incorporación de estos sistemas no reduce únicamente el agua que se consumirá procedente de la red de suministro, al aprovechar las aguas grises procedentes ducha y lavabo, también se reducirá la cantidad de agua que se envía a la red de evacuación para su posterior tratamiento. Las aguas susceptibles de ser enviadas a tratar son, únicamente, las procedentes de la cocina, lavavajillas e inodoro:

Punto de consumo	Aguas regeneradas (litros/hab/día)
Inodoro	18,00
Cocina (Fregadero)	2,50
Lavavajillas	6,00
Total	26,50

Imagen 6 Aguas residuales enviadas a la red de tratamiento (l/hab/día)

Con la instalación de estos sistemas, se generan en total 106 litros de agua diarios que no pueden ser reaprovechados y requieren un tratamiento. Suponiendo que el 80% de esas aguas siguen ese camino, implica que anualmente 30.952 litros son enviados a la EDAR para su tratamiento.

Consumo energético

El objetivo principal de este trabajo, es valorar el consumo energético vinculado con el consumo de agua. Valorados los recursos hídricos consumidos anualmente para dar abastecimiento de agua potable a la vivienda unifamiliar y su tratamiento, a continuación se presentan los consumos de energía eléctrica ligados a dicha demanda.

Los consumos eléctricos a continuación expuestos hacen referencia a, el proceso de bombeo para poder transportar las aguas desde las redes de distribución y desde los depósitos principales de regulación, el proceso de potabilización, y al de tratamiento de las aguas. No han sido incluidos en el estudio las demandas energéticas debidas a las bombas dosificadoras de cloro de los depósitos de regulación, por ser irrelevantes respecto al resto y de imposible determinación en la mayoría de los casos.

Consumo energético vinculado al abastecimiento

Para deducir el consumo energético que implicaría el abastecimiento de agua, se calcula el consumo que tendría la instalación de una bomba para el autoabastecimiento a partir de un pozo situado en la vivienda.

Caso	Coste energético (kWh/m ³)	Aguas evacuadas (m ³ /año)	Consumo (kWh/año)
Vivienda consumo convencional	0,65	199,083	129,40
Vivienda consumo reducido	0,65	118,887	77,28
Diferencia		80,196	206,68

Imagen 7 Consumo energético vinculado con el abastecimiento de agua (kWh)

Consumo energético vinculado a la evacuación y tratamiento

La estimación ofrecida por la empresa de tratamiento de aguas del consumo energético que implicaría (todavía no se encuentra en funcionamiento) el transporte y tratamiento de las aguas es de 0,49 kWh/m³.

Caso	Coste energético (kWh/m ³)	Aguas evacuadas (m ³ /año)	Consumo (kWh/año)
Vivienda consumo convencional	0,49	154,176	74,546
Vivienda consumo reducido	0,49	30,952	15,166
Diferencia		123,224	59,38

Imagen 8 Consumo energético que implica el tratamiento de aguas residuales (kWh)

Discusión de los resultados obtenidos

A lo largo de todo un año, la demanda de agua urbana total que exige la vivienda unifamiliar analizada es de 199,083 m³, cuya totalidad procede de aguas superficiales, gracias a lo cual se evita una mayor demanda energética por bombeos de aguas subterráneas, desalaciones o transferencias de agua. Con la instalación de los sistemas de ahorro y aprovechamiento de aguas, esta cantidad logra reducirse a 118,887 m³, aproximadamente un 40% de consumo menos.

Se puede deducir del presente trabajo, la idoneidad, desde un punto de vista energético, de promover la reutilización de las aguas de lluvia, ya que no es necesario un tratamiento especial de filtrado o potabilización. El consumo que implica la regeneración de las aguas residuales y su distribución se estima en unos 0,49 kWh/m³ lograr la reducción del 80% del consumo energético asociado al tratamiento de aguas.

5. Conclusiones

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se ha justificado que reducir el consumo de agua y su reaprovechamiento también supone un ahorro desde el punto de vista energético. Con cada litro de agua que no se consuma, se ahorrará todo el consumo energético que implica la totalidad del proceso al que se somete, desde su captación hasta su vertido. Por cada litro de agua que se ahorre en la vivienda, se ahorran 0,11 kWh de energía que, con los consumos estimados, implica un 55% menos de lo que implica el consumo de agua, logrando así un consumo energético eficiente y sólo cuando éste sea totalmente necesario.

Bibliografía

ARIZMENDI BARNES, L.J., 2005. Cálculo y normativa básica de las instalaciones en los edificios. 7ª renovada edn. Pamplona: Eunsa.

CABRERA E., PARDO M. A., CABRERA JR. E. Y COBACHO R., 2011. Agua, energía y eficiencia o el inaplazable reto de la sostenibilidad. VII Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua. Fundación Nueva Cultura del Agua.

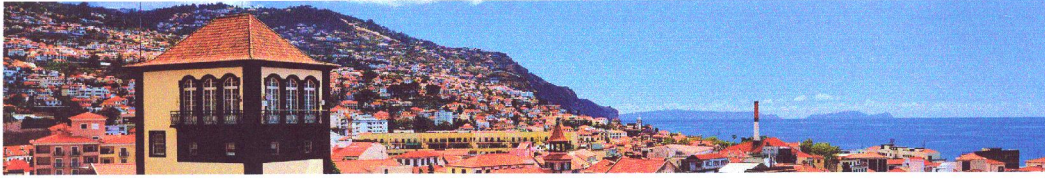
MCMAHON J.E., WHITEHEAD C.D., BIERMAYER P., 2006. Saving water saves energy. Lawrence Berkeley National Laboratory. Berkeley. California. USA

WATERGY, 2006. Agua y Energía: Aprovechando las oportunidades de eficiencia de agua y energía aún no exploradas en los sistemas municipales de agua

Se adjunta en el Anejo II, la documentación relativa al 40th IAHS World Congress on Housing. Sustainable Housing Construction. Celebrado en Funchal (Portugal), del 16 al 19 de diciembre de 2014.

Se adjunta la siguiente documentación:

- ▶ Certificados de asistencia y participación en el Congreso.
- ▶ Artículo presentado, publicado en formato digital con ISBN: 978-989-98949-1-4.
- ▶ Presentación en PowerPoint realizada en el Congreso.



40th IAHS World Congress on Housing
Sustainable Housing Construction

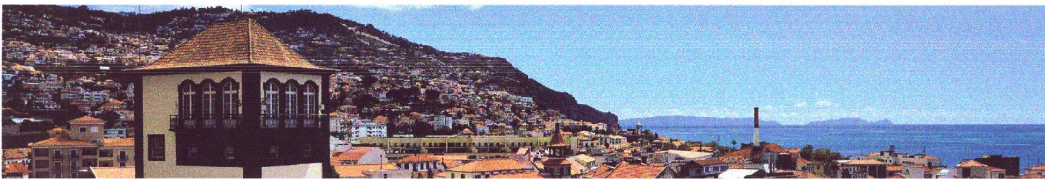
December 16-19, 2014
Funchal, Madeira, Portugal

CERTIFICATE OF ATTENDANCE

The organizing committee acknowledges that **Amantia Martínez Pérez** attended the 40th IAHS World Congress on Housing, on the theme "Sustainable Housing Construction", held in Funchal (Madeira, Portugal) from December 16 to 19, 2014.

On behalf of the organizing committee,

António Fadaez



40th IAHS World Congress on Housing
Sustainable Housing Construction

December 16-19, 2014
Funchal, Madeira, Portugal

CERTIFICATE OF PARTICIPATION

The organizing committee acknowledges that **Amantia Martínez Pérez, Francisco Javier López Rivadulla, Patricia Alonso-Alonso** presented the paper entitled **REPERCUSSION OF WATER IN THE SUSTAINABILITY OF A SINGLE FAMILY HOUSING** at the 40th IAHS World Congress on Housing, on the theme "Sustainable Housing Construction", held in Funchal (Madeira, Portugal) from December 16 to 19, 2014.

On behalf of the organizing committee,

António Fadaez



REPERCUSSION OF WATER IN THE SUSTAINABILITY OF A SINGLE FAMILY HOUSING

**Martínez Pérez Amantia^{1*}, López Rivadulla Francisco Javier² and Alonso-Alonso.
Patricia²**

1: School of Technical Architecture
University of A Coruña
Campus da Zapateira s/n 15071 A Coruña (Spain)
e-mail: amantia.martinez@udc.es, web: <http://www.udc.es>

2: Department of Building Constructions
School of Technical Architecture
University of A Coruña
Campus da Zapateira s/n 15071 A Coruña (Spain)
e-mail: {javier.rivadulla, patricia.alonso.alonso}@udc.es web: <http://www.udc.es>

Keywords: Water Saving, Grey Water Reuse, Rainwater Use, Energy Saving

Abstract *When improvements in the building sector are planned, almost always these improvements are focusing on enhancing energy efficiency and energy consumption. However, no prioritized is given to reduce drinking water consumption. Water is a vital resource that should have the same value as laid down in different sustainability certificates. In fact, water wastage of developed countries has been proved; this could be possible mainly due to the ease of finding water and in most cases due to its low cost. All this leads us to say that there isn't an awareness of saving drinking water by society. Furthermore, we could say that about 50% of water consumption in housing need not be drinking water for use.*

For all those reasons, the work presented is focused on evaluating measures that could be taken to reduce drinking water consumption from water supply system. From the analysis of a single family housing and its drinking water consumption, different installations for reuse, (both rainwater and grey water) are studied and their savings are assessed.

The results obtained from these installations are relevant, not only savings in water consumption but also in reducing water pollution and energy consumption. All of this will require a decrease in water transport from water supply system to single family housing and it will ensure greater water availability.

1. INTRODUCTION

Economic problems around building sector in Spain have diverse background. One of those is that during years, Spain has over-exploited resources and land use instead of investing in an optimum and reasonable construction. Now, the sector is changing and guaranteeing a sustainable and environmental model has turned into a concern.

At this time, Spanish housing is far from European requirements related to energy efficiency of buildings and cities. In fact, developed under 2020 European strategy, Directive 2012/27/UE of European Union, has set up concrete measures. Latest Spanish law (8/2013 of 26 of June) of refurbishing, conversion and urban renovation was approved in 2013. With the aim to transpose this Directive, it develops national concrete targets in relation with reducing energy consumption and promoting actively environmental sustainability.

1.1 Reasons to save water

In this new context of guaranteeing a more sustainable model, reasons to save water are arisen extremely important. On the one hand, exponential increasing use of water and lack of awareness of saving drinking water are reducing its quality and properties; water turns into a dangerous potion for human consumption, agriculture, industry and natural life in general. According to data of New Culture of Water Fund (NCWF), in 2013, almost 50% of water in Spain is in poor conditions due to excessive extractions, modifications of the riverbed, damming or chemical contamination [1].

On the other hand, increasing population leads to grow demand, implying excessive exploitation and a great impact of hydric resources, from surface to underground. According to a study of Utrecht University, in 1960 the uptake of groundwater for human consumption was of 126 km³ and in 2010 of 283 km³, more than twice times as much as 50 years ago.

1.2 Relationship between water and energy

As a rule, water consumption at home is not associated with energy consumption. Society demands high quality of water at every tap of their home and due to this requirement, natural cycle has been altered. To address this problem, energy extra supply is needed, depending to a greater or lesser extent, on the circumstances of each urban settlement and the level of quality of water. Also, after use, water should be given back to its initial quality, through a series of processes that also require high energy consumption [2].

So, to really talk of a more efficient use of water, relationship between water consumption and energy consumption should be taken into consideration. In fact, in Spain, this energy consumption is never less than 10% of energy consumption related to each climate area [2].

1.3 Certifications

So, for different reasons referred before, an appropriate use of water must be taken into account more and more. Sustainability certifications are a way of assessing buildings. Some requirements, related to energy and energy efficiency, have been selected but also embodying other aspects that must accomplish buildings to be considered sustainable in each category. In different types of certificates, the weight attributed to an efficient and sustainable use of water

is increasing.

Spanish sustainability certifications	Repercussion of efficient water consumption (% of total)
BREEAM	10,5
LEED	10,0
VERDE	13,0

Table 1. Repercussion above total percentage referred to an efficient use of water

2. WATER USE IN HOUSING

Generally speaking, there is no tendency to save water at home. Low prices do not help to give up, in some extent, convenience or habits to which people are accustomed. Installing saving measures has a conceptual high cost. Contrary, if we overuse these measures, net savings will decrease correlating with the number of savings water devices [3]. Focusing our study in a northwest region of Spain called Galicia, data of Galician Statistics Institute (Hereinafter IGE) have been collected about saving water. Data extracted reveal that 26.7% of Galician housing uses flow restrictors to reduce water consumption, and at least 50.9% have some saving water device.

Housing with regard to the whole that implements any device (%)		
Flow reductors		26.7
Saving device	Mixer taps; Thermostatic mixing valves	45.1
	Aerators; savers	6.7
	Discharge-limiting mechanisms for cisterns	50.9

Table 2. Saving measures built-in housing (IGE, 2008)

However, a wider margin performance still exists and we could reduce water consumption. This is due to the fact that all uses inside the house are receiving the same water from water supply. Water supply is drinking water, and several times it is not necessary to cover certain home demands with drinking water. Principal measure to discuss about an efficient use of water will consist of using water from the reuse [4].

Type of water	Elements				
drinking water	Kitchen		Wash basin		Shower
Non-drinking water	Irrigation system	Clean	Washing machine	Toilet pan	Dishwasher

Table 3. Elements that required or not required drinking water

As we mentioned in table 3, for uses not requiring drinking water, reuse rainwater systems and reuse grey water could be employed. According to IGE data, 10.5% of Galician housing is recycling water using one of two systems.

2.1 Reuse grey water systems

Reuse grey water systems are one of the most efficient alternatives for boosting water saving at housing. Nowadays technologies of these systems allow obtaining sufficient quality of

water for housing in uses where drinking water is not required [5]. We are speaking about systems of independent pipes where drain wastewater (from washing machine, shower and basin) to a reservoir, where purification treatments are performed. After purification, water generated is lead back to tanks, hydrants or cleaning points. There are two types of grey water systems:

- Centralized systems (hereinafter cGS). They collect jointly water from the various elements together and undergo a biological treatment and then distribute it to appropriate uses.
- Decentralized systems (hereinafter dGS). They reuse modules in the items themselves. Water is treated solely by filtering and milder treatments. (Figure 1)

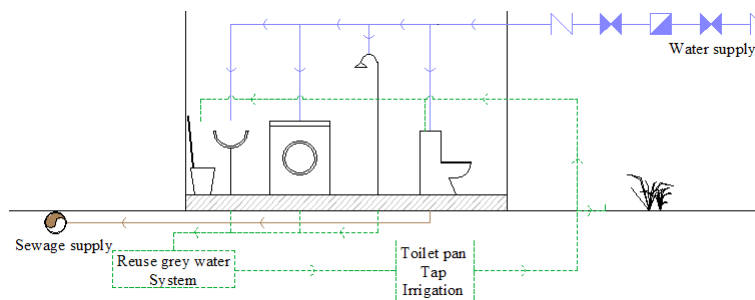


Figure 1. Scheme of grey water reuse

2.2 Reuse rainwater systems

The uptake of drinking water is variable throughout the year. Good conditions must be preserved during the whole period, at least until rainy season arrives again. [1]. In areas where there are regular rainfalls, this system can help to cover partially water demand at home, however, its drawback is that we must cope with a level of uncertainty. Systems of rainwater uptake (hereinafter RS) consist of areas, usually roofs, from which, after passing through a filter, water is brought to a reservoir. Finally water is redirected to new uses and applications. This is a slight filtering process, where rainwater is softer and more respectful than grey water process as it requires no treatment or even biological. (Figure 2)

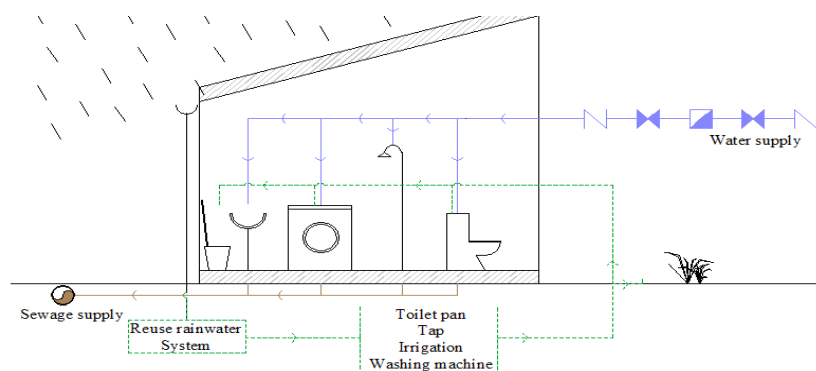


Figure 2. Scheme of rainwater reuse

2.3 Treatment Systems

According to IGE data, in Galicia 827.195 m³ of wastewater per day are treated, most of this

water belongs to domestic sphere, and treatments that are subjected to Wastewater Public Treatment Plants (hereinafter WWTP) are excessive for the pollution they carry. The construction of a WWTP involves excessive environmental impact as land-use, infrastructure and energy to move the water to treatment points. Thus, in places whose housing is geographically dispersed, it is not uncommon that water does not receive any treatment. In the absence of treatment and WWTP impact, a good option is to provide a single biological treatment plant in-house. Installation of a treatment plant in-house only represents a small energy consumption to return water to the environment, but it would clean impurities by filtration and sedimentation processes [6].

3. METHOD

To show the importance that should be given to saving and efficient water use, a case study with reuse treatment systems is developed. The reason is to prove savings not only in economic level but also in energy and water level.

3.1 Case study

The case study is focused in a northwest region of Spain called Galicia. In this region 1.041.185 housing are spread over 314 municipalities in its 29.574 km² (IGE data). According to this data in 2010, 42.22% of the housing has a typology of isolated single family housing. The rest 57.78% are divide in five typologies. The percentage of 48.35% of this type of housing are occupied for four people and 46.80% of housing have only one bathroom. Taking into consideration this information, a single family housing with four people was selected to represent a common standard. A single family housing is analyzed, it receives only drinking water coming from water supply, for the whole uses, and when water is used, grey water (hereinafter GW) and wastewater (hereinafter WW) are returned together to the sewerage system for its treatment. Water cycle is corresponded with the majority of housing built (Figure 3).

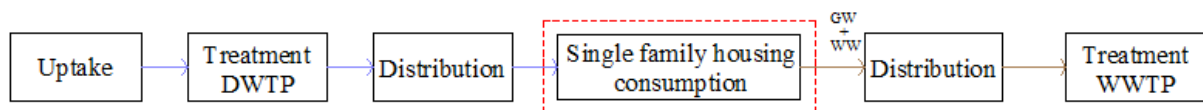


Figure 3. Water cycle of a single family housing

3.2 Baseline data

• Average water consumption (m³/month)

Water consumption data of a single family housing with detailed requirements described in the paragraph 3.1 are gathered during five years (2008-2012). Average water consumption values are shown at the following table.

JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
16,5	15,0	14,8	14,8	12,5	15,2	18,3	17,9	14,9	13,9	14,7	16,1

Table 4. Average water consumption per month for a single family housing of four people (m³/month)

• Normal rainfall values of the area (mm)

In order to assess possible use of rainwater and designing reuse facilities, monthly / average rainfall data should be taken into account. The Meteorological State Agency (Hereinafter AEMet) offers these normal rainfall values assigned to each month throughout the year in the period (1975-2000).

JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
128	102	79	85	80	42	30	35	68	110	114	135

Table 5. Normal values of rainfall (mm) of the area in each month (1975-2000)

• **Average price of investment (€)**

The placement of systems described in sections 2.1 and 2.2 is considered. For the purpose of evaluating real investments, several manufacturers at Spanish market have been consulted, from whose prices have estimated the average price which may involve the use of such systems.

System type	Average Price of investment (€)
Reuse rainwater system (RS)	3.383,55
Centralized system of grey water (cGS)	2.156,81
Decentralized system of grey water (dGS)	951,67

Table 6. Average Prices of investment schemes in Spain in 2013

• **Unit Energy Consumption (kWh / m³)**

Unit energy consumption is taken as a reference in different stages of the urban water cycle, as expressed in Table 7.

	Activity	Unit Energy Consumption (kWh/m ³)
Treatment	Drinking Water Treatment Plant (DWTP)	0,18
	Wastewater Treatment Plant (WWTP)	0,30-0,50
	Tertiary Wastewater Treatment Plant	0,15-0,25
Transport and elevation	Pumping (100m)	0,42

Table 7. Unit Energy Consumption (kWh / m³) per stage of the water cycle [7]

3.3 Process

After analyzing water cycle (Figure 4), an improvement is proposed. This improvement is to introduce a RS and / or one of grey water to cover those uses that do not require drinking water. The use of drinking water will be limited only to those applications that require it. Furthermore, a self-purification system is placed in which, after using at home, wastewater would be treated.

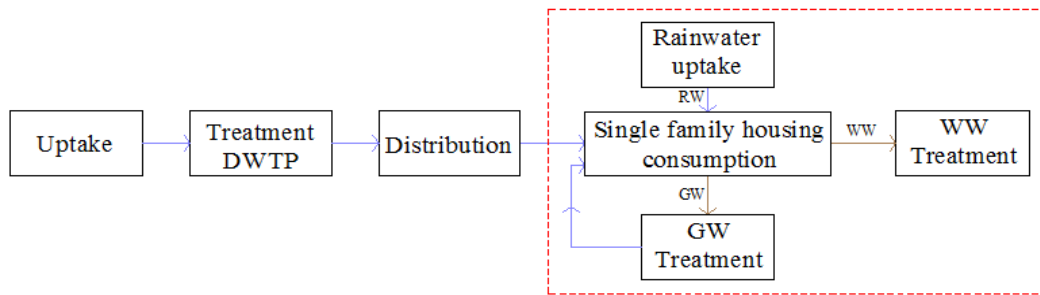


Figure 4. Water cycle with proposed improvements in single family housing

Starting from the monthly average water consumption (Table 4), an average consumption is estimated by use. The average consumption per use is calculated based on a percentage of consumption attributed to each housing activity [4].

$$\Sigma (\text{Average consumption (m}^3/\text{month)} \times \rho) = \text{Average consumption per use (m}^3/\text{year)}$$

Where ρ depends on the element= 0.35 shower; 0.30 toilet pan; 0.1 washer machine; 0.08 wash basin; 0.04 dishwashers; 0.03 kitchen; 0.04 irrigation; 0.06 various.

After noting the consumption of each element, we deduced which of the following elements were capable of being recycled and which cannot do without drinking water. This information showed potential water savings. In fact, the consumption of elements that generate grey water (wash basin and shower) are known, amounts that may be reused are calculated. We can say that the volume of grey water generated would correspond to 80% of consumption [4].

$$\text{Volume of water consumed (m}^3 / \text{year)} / 0.8 = \text{Volume of grey water generated (m}^3 / \text{year)}$$

Furthermore, normal rainfall of the area (Table 5) is known. From these data we can know the volume of rainwater uptake. This amount is given by the following expression:

$$\Sigma (A \times e) = x \text{ Ha} \times \eta F \text{ uptake rainwater volume (m}^3 / \text{year)}$$

Where A is the area of rainwater uptake (m²); e is the runoff coefficient; Ha is the normal rainfall in the area in a month (mm) and ηF is the filtration performance. Both e and ηF depend on the type and material of the covering, and the chosen system. (If these values are not obtained, 0.8 and 0.9 respectively will be taken). Once obtained results of the volume of grey water generated and the volume of rainwater uptake, annual water savings that would involve the installation of each system can be known. In order to obtain a real savings, the type of water stored of each system should be taken into account. (Table 8)

Type of system	Accumulating water
Rainwater reuse System (RS)	Rainwater
Centralized grey water System (cGS)	Grey water of shower and wash basin
Decentralized grey water System (dGS)	Grey water of wash basin

Table. 8 Type of system to save water

When the annual water savings are provided, and by reference to the price of water in Galicia, 1.07 € / m³ (IGE, 2013), the annual cost savings is determined.

$$\text{Volume of water saved (m}^3 \text{ / year)} \times 1.07 \text{ (€ / m}^3\text{)} = \text{Cost savings (€ / year)}$$

So, the amortization period for each system from the financial savings can be deducted, and also investment average prices for each system (Table 6).

$$\text{Average price investments (€)} / \text{Cost savings (€ / year)} = \text{Amortization (years)}$$

To conduct a study regarding the energy savings resulting in a reduction of water, a unique case is posed. In this case, the incorporation of a set of systems that are able to accumulate more water savings is arisen.

In every time, it is available the information about the volume of water that housing demands and wastes. With this information and the unit energy consumption of each stage of the cycle (Table 7), the energy consumption involved in the full cycle of water in each case can be obtained.

4. RESULTS

Throughout the year 197 m³ of water are consumed in housing, 80 m³ of which is not necessary to use drinking because they are intended for uses such as irrigation, washing, cleaning and toilet.

4.1 Annual Water Savings (liters)

Therefore the annual water savings for different types of systems can be summarized:

Type of system	Annual water savings (liters)
Rainwater reuse System (RS)	44.318,77
Centralized grey water System (cGS)	32.024,00
Decentralized grey water System (dGS)	18.615,00

Table 9. Annual water savings by incorporating systems

The biggest savings are obtained by installing a system of rainwater system uptake since rainfall of the area makes it possible to save 44 cubic meters of water per year, which represents a 23% savings over the original consumption.

Neither of the systems itself would achieve fully cover the demand, so it should cover all uses not requiring drinking water with an installation of various systems.

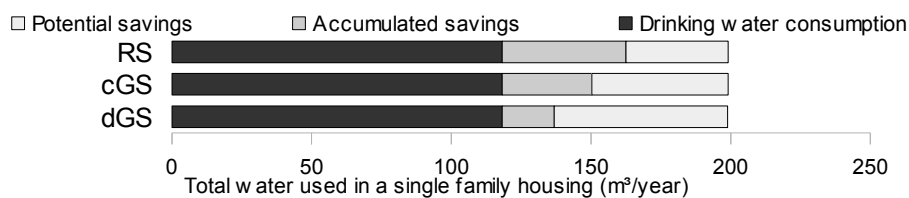


Figure 5. Water demand and savings (%) for different types of systems

4.2 Annual economic savings and amortization

To get the financial savings (Table 9), the results of the annual water savings (Table 8) and the

price of water in Galicia, 1.07 € / m³ were considered. But otherwise this calculation has not been taken into account that in a period of 10 years, Spain will raise the price of water up to a par with European levels, where you can expect to pay up to 500%.

Type of system	Annual Savings (€)	Amortization (years)
Rainwater reuse System (RS)	187,52	18,38
Centralized grey water System (cGS)	161,60	13,00
Decentralized grey water System (dGS)	151,52	6,28

Table 10. Annual Cost savings and amortization systems

4.3 Choosing the optimum solution

In order to evaluate the energy savings, we first select several devices of the most generous systems. Since none of the three systems alone is able to cover the entire demand, an installation of rainwater system uptake (RS) and a centralized reuse grey water (cGS) system is proposed. (Figure 6)

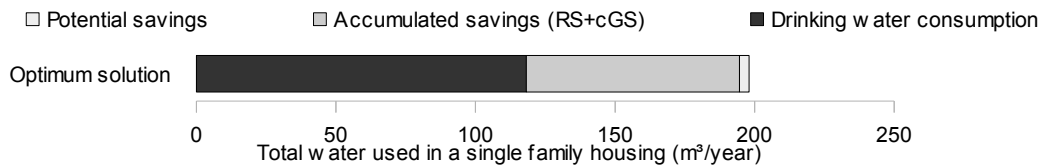


Figure 6. Water demand and savings (%) with the installation of RS and cGS

4.4 Annual Energy Savings

The annual water consumption of housing (197 m³ per year) is assumed to go through purification treatments, and after use at home, 80% (157 m³ per year) are returned to sewerage supply for treatment at WWTP. From these volumes and unit energy consumption at every stage of the water cycle (Table 7), the annual energy consumption (Figure 8) is obtained. In this initial state, the energy consumption associated with the water cycle would be 261.36 kWh annually.

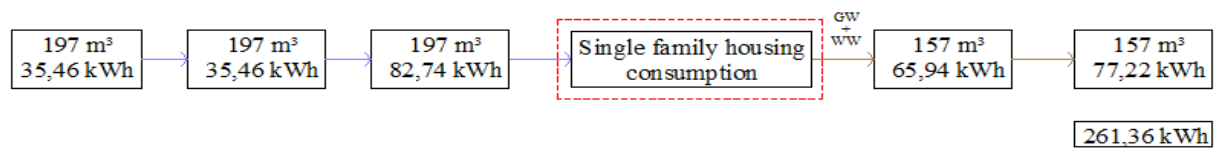


Figure 7. Annual energy consumption of the water cycle of the house (kWh)

After selecting RS and cGS, it has been calculated that a RS could treat annually 45m³ of rainwater and a cGS 34 m³ of grey water. In the latter case, housing with a purification system incorporated itself would treat an annual average of 32 cubic meters of wastewater. By arranging these volumes and energy consumption associated with each stage and system energy consumption of the whole cycle with the addition of the improvements proposed (Figure 9) is obtained.

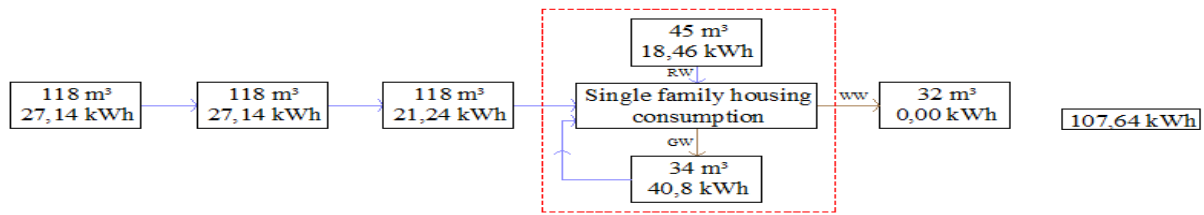


Figure 8. Energy consumption of the water cycle with proposed improvements in housing (kWh)

In view of the data shows that the energy consumption of the entire water cycle when saving and reuse (Figure 9) is promoted, is 59% smaller than the conventional energy consumption (Figure 8). In addition to reducing energy consumption, water is not subject to treatment, unless it is necessary.

4.5 Discussion of Results

Using drinking water only in applications where it is required, you can save 40%. In areas with regular rainfall throughout the year, the RS can provide water savings, 50% higher than the dGS and 25% to cGS. It is difficult to cover all the demand with a single installation of the systems posed; the joint is practically mandatory installation of an RS and a system to reuse water in all its forms.

Due to low competition in the sector and low water prices, it is true that the cost savings is not significant and the payback periods are relatively high for a house with four occupants. The RS are more expensive because its installation is more complex and have greater capacity, but installation is a greater cost savings, payback periods have duration of between 0.5 and 3 times higher for water reuse systems gray.

In terms of energy savings, water reuse and individual treatments represent a saving of almost 60% over the associated total current consumption.

5. CONCLUSIONS

Due to the low cost of water currently saving should be seen as an environmental benefit and not merely economic. Although society is becoming increasingly aware that a change is needed, remains reluctant to it.

The efficient use of water would help us reduce the environmental impacts associated with the processes of purification, and energy consumption associated with the transport of water to treatments plants. The state of water is improved before being returned to the environment, involving a reduction of pollution. On the other hand, reducing water demand, ensure greater availability of supply.

The first measures taken in housing start inside. If all the benefits that occur in a single family housing, apply proportionately to all, the benefits would be very positive. Both basis of the citizen, and institutions, the reduction of water consumption should be promoted and boosted its reuse. There are many reasons to justify this.

References

[1] F.J. Pérez de la Cruz, Abastecimiento de Aguas. Captación de Agua Superficial.

Universidad Politécnica de Cartagena, Murcia. July, 2011.

[2] E. Cabrera, M.A. Pardo, JR. E. Cabrera and R. Corbacho, “Agua, Energía y Eficiencia o el inaplazable reto de la Sostenibilidad” in VII Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua, Talavera de la Reina, Spain. February 16-19, 2011.

[3] C. Martimortugués, J.M. Canto, M.A. García and C. Hidalgo, “Actitudes hacia el Ahorro de Agua: un Análisis Descriptivo” *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, vol. 3(2), pp. 119-143, 2002.

[4] I.J. Palma Carazo, L.J. Arizmendi Barnes (2003): *Las Aguas Residuales en la Arquitectura Sostenible: Medidas Preventivas y Técnicas de Reciclaje*. Eunsa, Pamplona.

[5] A. Soriano Rull, and F.J. Pancorbo Floristán (2012): *Suministro, Distribución y Evacuación Interior de Agua Sanitaria*. Marcombo. Barcelona

[6] D. Segura Pachón, F. Fernández Latorre, J.M. Soria Tonda, F.J. Muñoz Aguilar (2010): *Guía práctica de Calificación Ambiental. Proyectos de ingeniería hidráulica y de Gestión de Agua*, Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, España.

[7] J. Corominas (2010): “Agua y Energía en la época de la Sostenibilidad” *Ingeniería del Agua*, vol.17(3), pp. 219-233, 2010.

[8] X. Elías Castells and S. Bordas Alsina (2011): *Energía, Agua, Mediambiente Territorialidad y Sostenibilidad*, Diaz de Santos, España

40th IAHS World Congress on Housing
Sustainable Housing Construction

Repercussion of water on the sustainability of a single family housing



ITeCons

· U



c ·

U. PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



Repercussion of water on the sustainability of a single family housing

Building Construction sector in Spain

We were focused to:

Expansion and creation of new city

No improve the existing urban network



ITeCons

· U





c ·

U. PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO





Repercussion of water on the sustainability of a single family housing





Recuperation


Conversion of the existing work to a more sustainable model

Promote energy efficiency and sustainability in new construction


ITeCons · U ·

c ·



U.PORTO
FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



Repercussion of water on the sustainability of a single family housing

Directive 2012/27/UE

Europa: Objetivo 20-20-20




Spanish Law 8/2013, 26 of June. More Sustainable Urban Context

Less energy consumption



Less water consumption




ITeCons · U ·

c ·

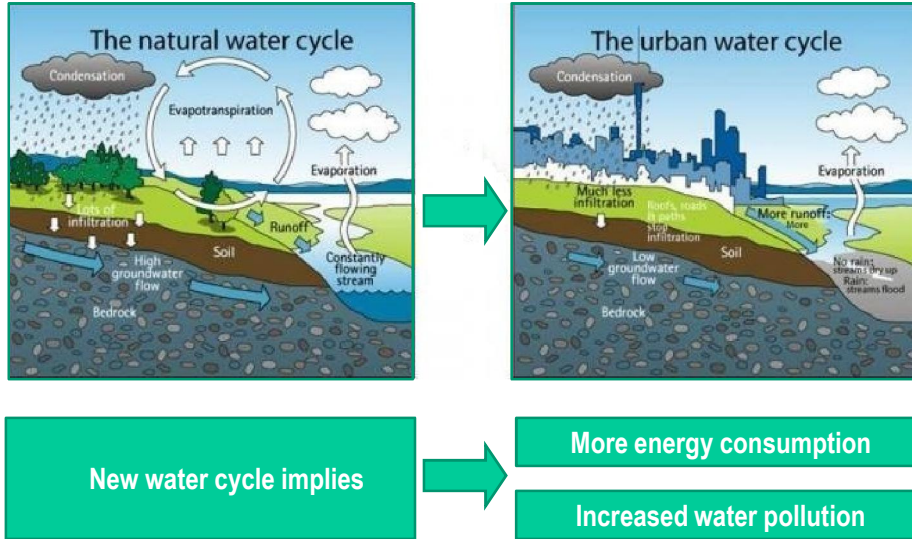


U.PORTO
FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



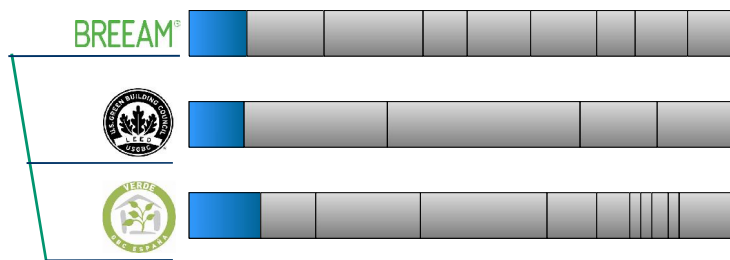
Repercussion of water on the sustainability of a single family housing

To have water at all time, we are forced to alter the natural water cycle



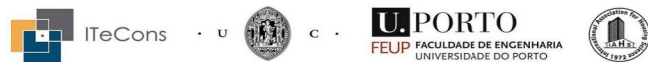
Repercussion of water on the sustainability of a single family housing

At present, value to efficient water use is increasing



Aspects assessed by certifications

- Incorporation of saving systems
- Optimization of water consumption for irrigation
- Rainwater use
- Grey water reuse

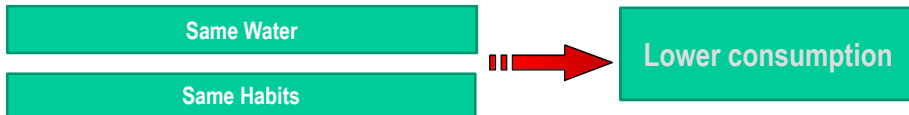


Repercussion of water on the sustainability of a single family housing

Saving systems have been increased at housing

% Housing that implements any device for saving proposed	
Flow reductors	26,7
Mixer taps; Thermostatic mixing valves	45,1
Aerators; Savers	6,7
Discharge-limiting mechanisms for cistens	50,9

IGE 2008



Repercussion of water on the sustainability of a single family housing

The greatest scope for savings is to limit drinking water only those uses for which it is necessary



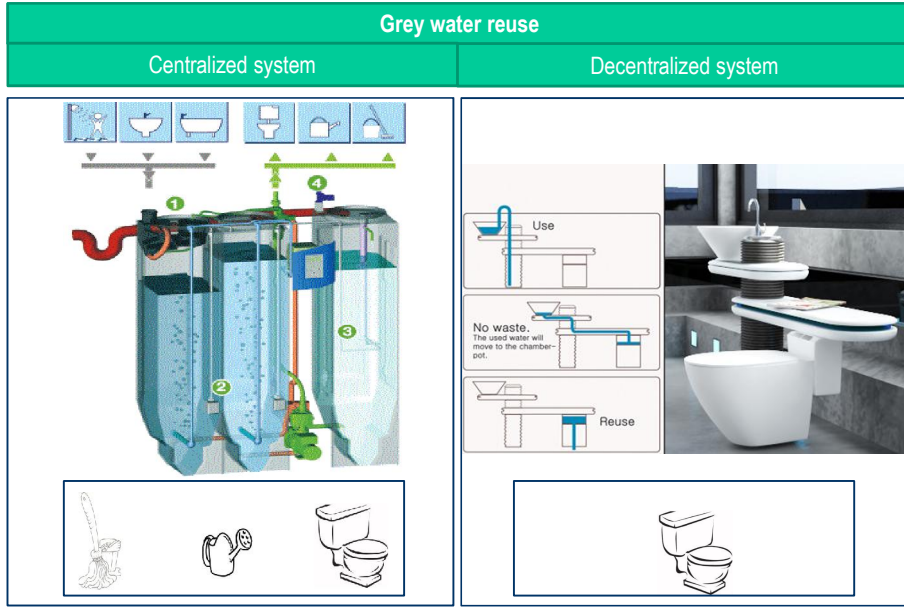
Each of them can't be used without drinking water



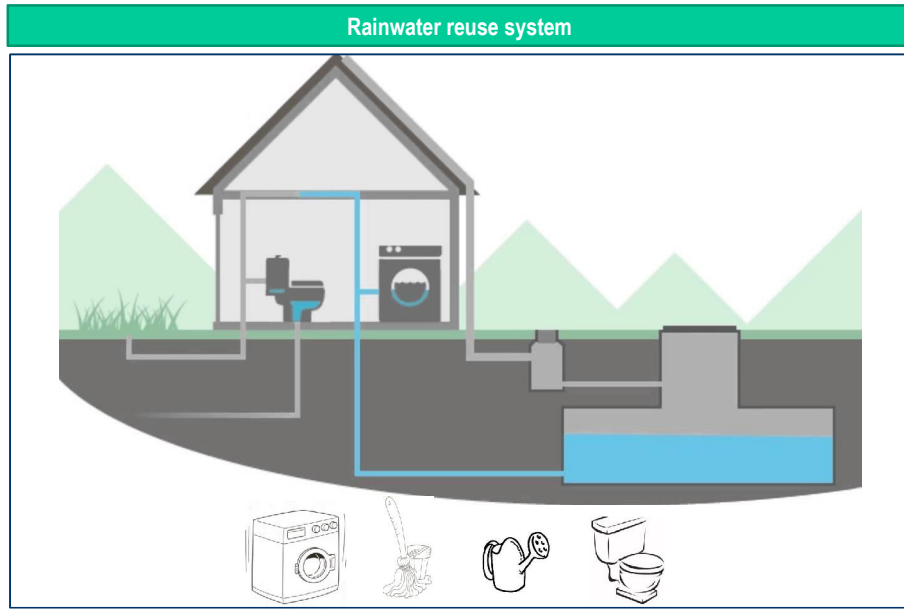
Each of them can be used without drinking water



Repercussion of water on the sustainability of a single family housing

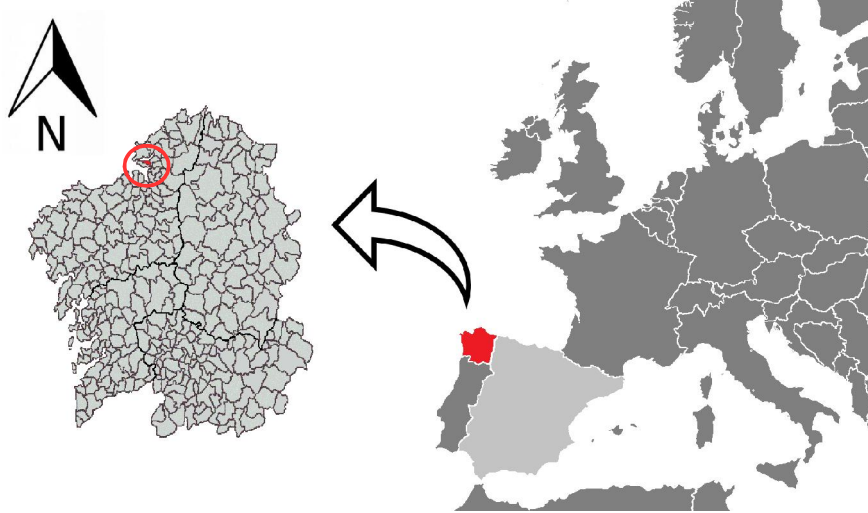


Repercussion of water on the sustainability of a single family housing



Repercussion of water on the sustainability of a single family housing

To demonstrate the efficiency of these systems, a study case is performed, corresponding to the major standards in Galicia



ITeCons



U



U.PORTO
FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



Repercussion of water on the sustainability of a single family housing

Stude case by

Tipology

Occupation

Number of baths



42,22%



5,62%



20,66%



31,38%



0,13%



ITeCons

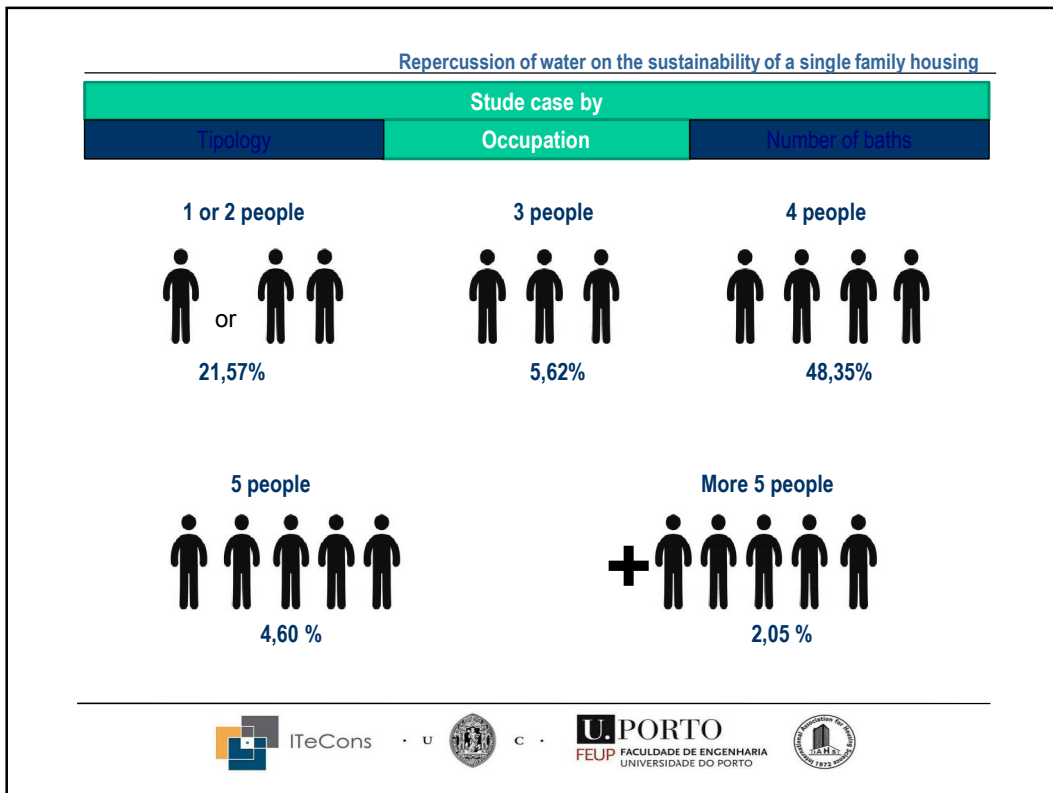
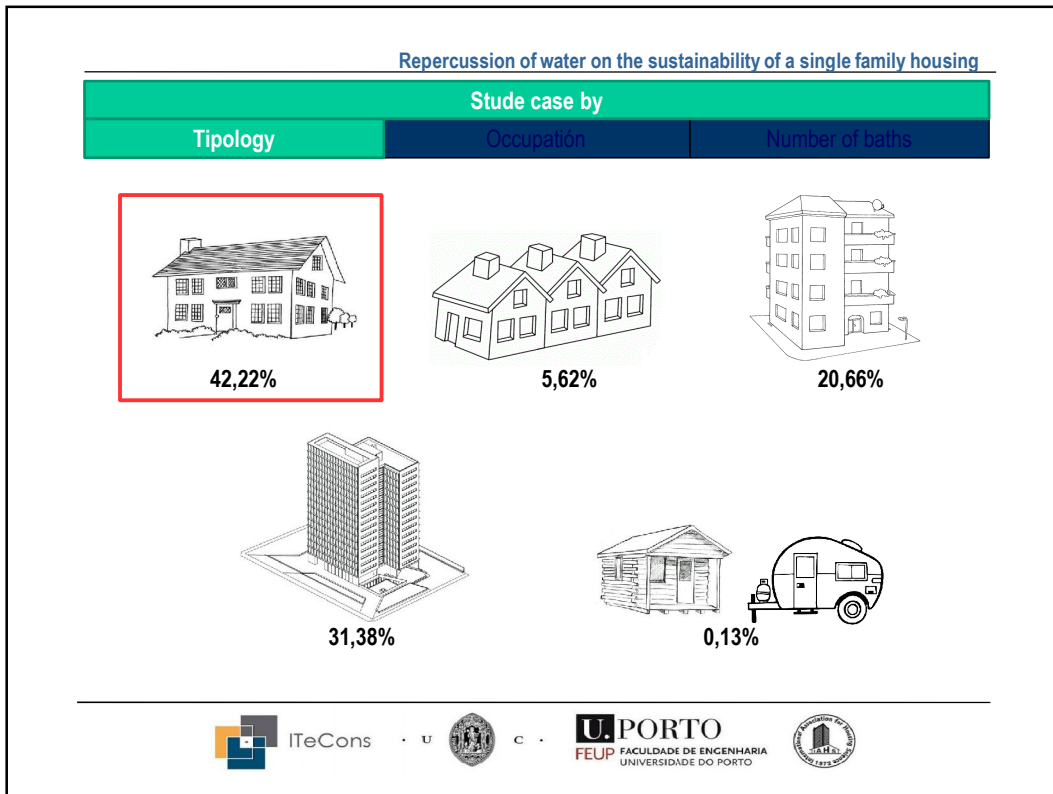


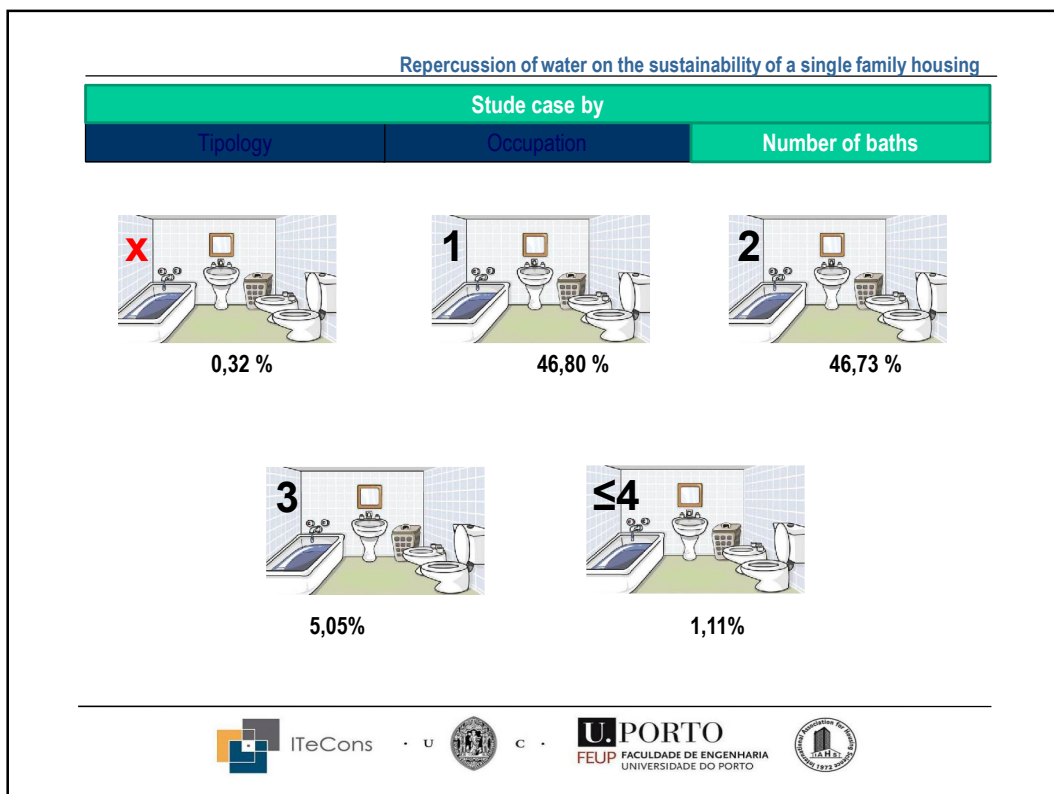
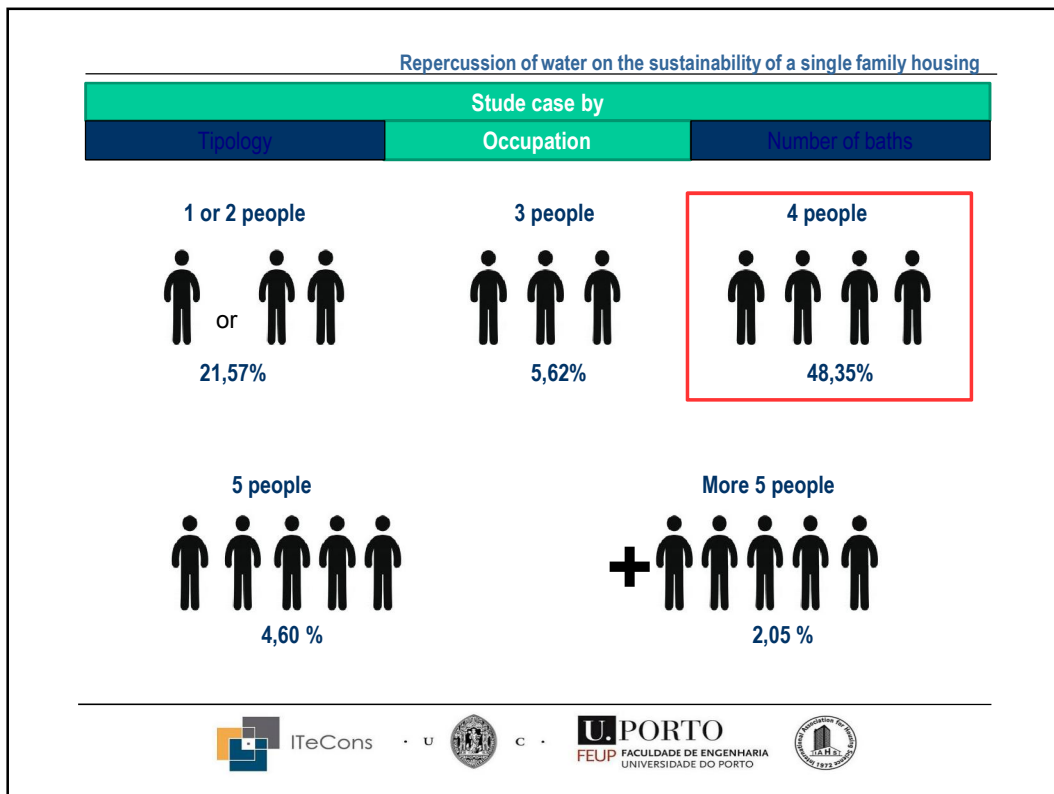
U

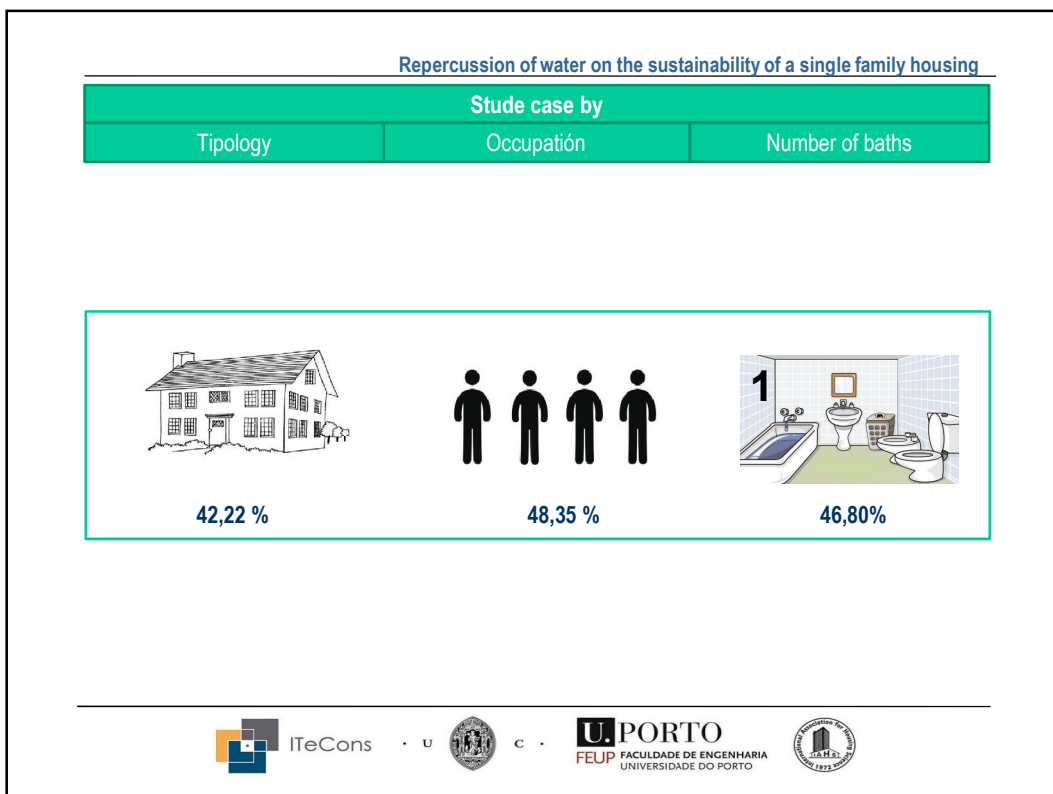
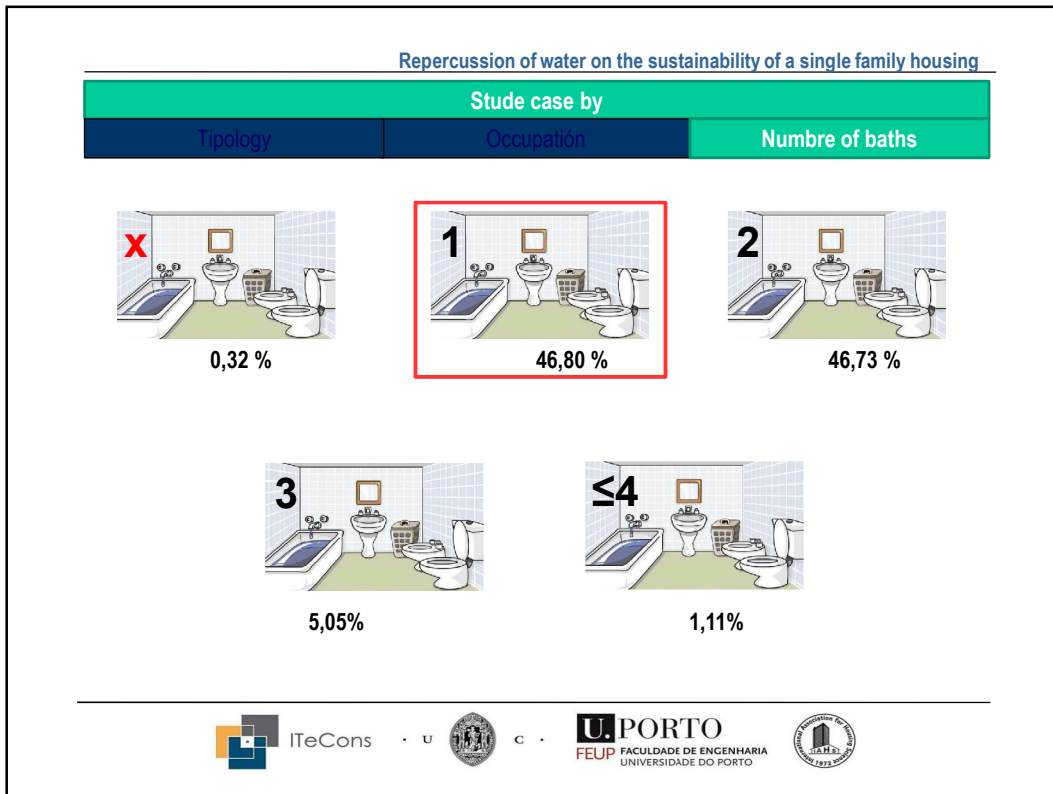


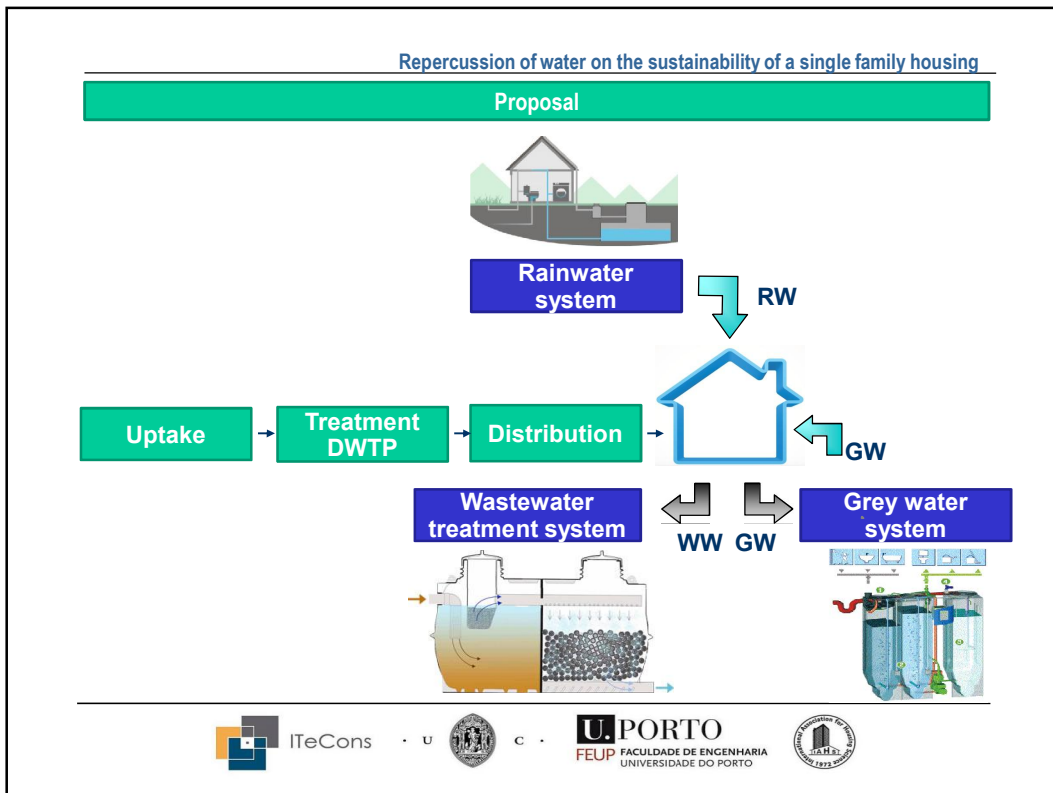
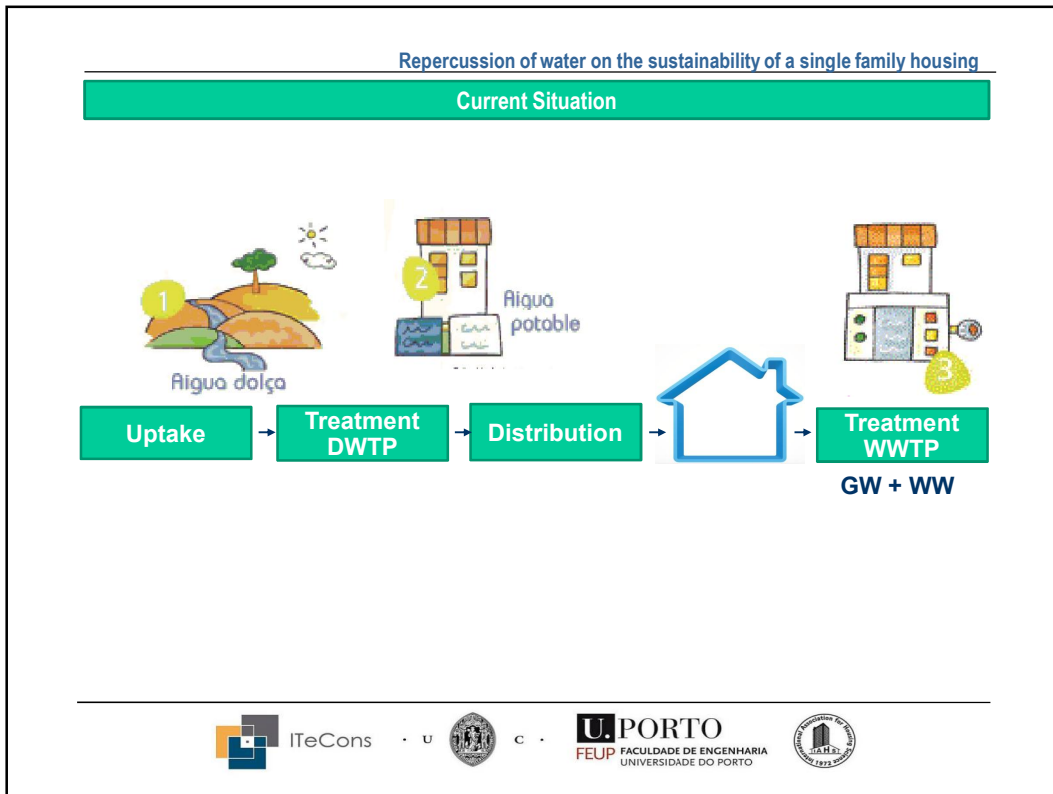
U.PORTO
FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO











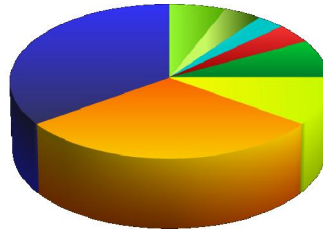
Repercussion of water on the sustainability of a single family housing

A separate installation of each of three systems are propose

Assessed parameters

1. Average water consumption 2008-2012 (m³/month)

JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
16,5	15,0	14,8	14,8	12,5	15,2	18,3	17,9	14,9	13,9	14,7	16,1



Annual consumption	197 m ³
Necessary drinking water	117 m ³
Not necessary drinking water	80 m ³



ITeCons



U

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

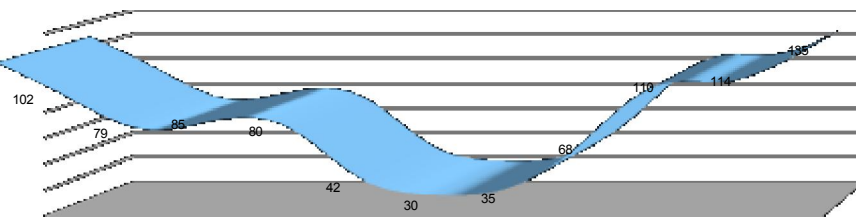


Repercussion of water on the sustainability of a single family housing

A separate installation of each of three systems are propose

2. Normal rainfall values of the area (mm)

JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
128	102	79	85	80	42	30	35	68	110	114	135



3. Average price of investment (€)

Rainwater reuse system	3.383,55 €
Centralized grey water system	2.156,81 €
Decentralized grey water system	951,67 €



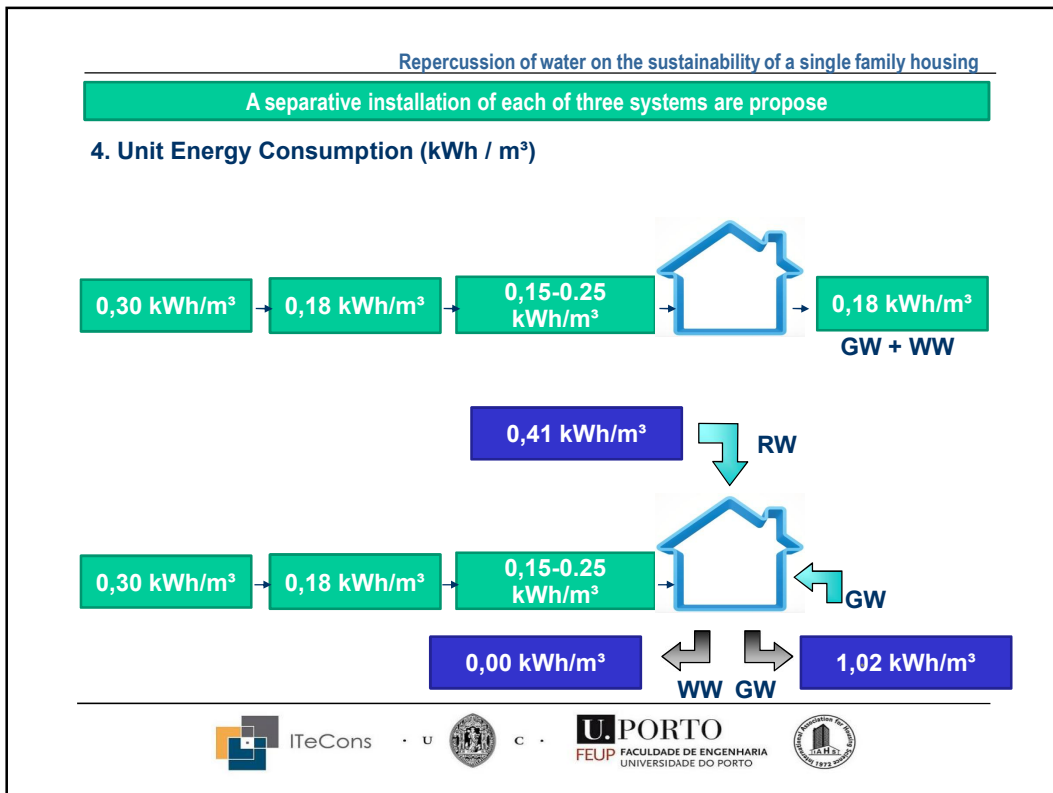
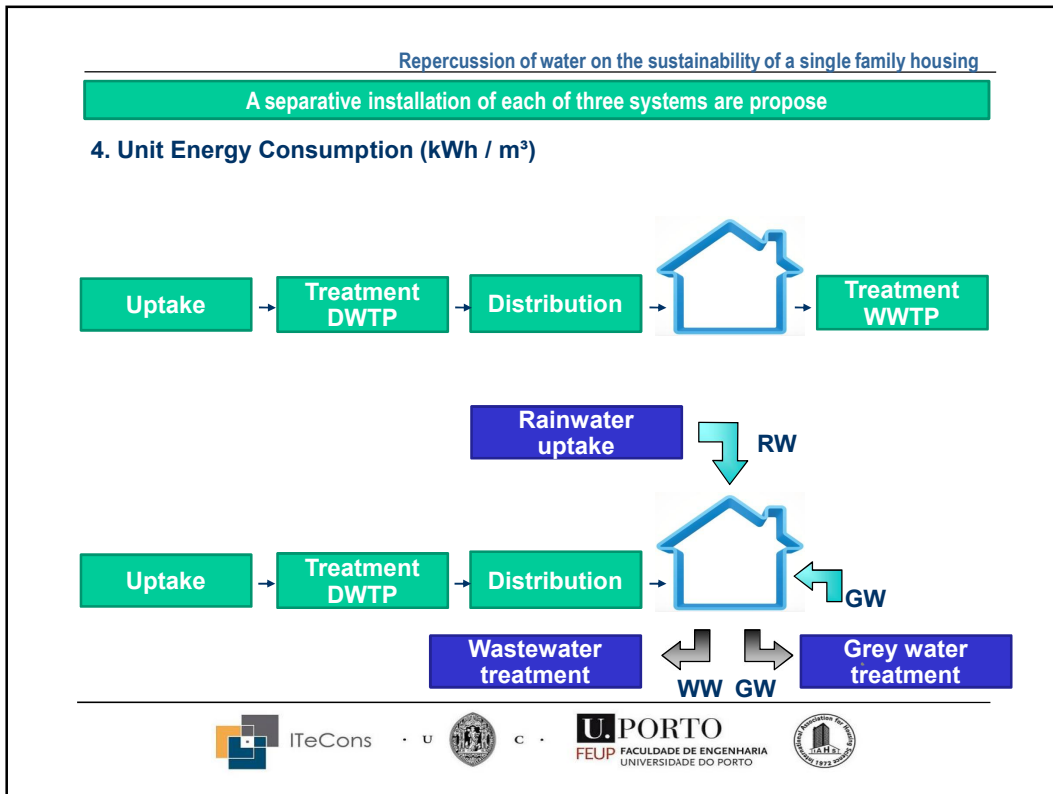
ITeCons



U

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO





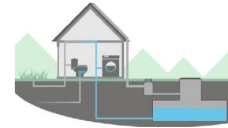
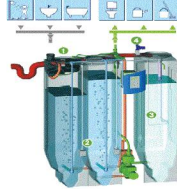
Repercussion of water on the sustainability of a single family housing

A separate installation of each of three systems are propose

Centralized system
of grey water

Decentralized system
of grey water

Reuse rainwater
system



Annual water savings (liters)	32.024 liters	18.615 liters	44.319 liters
Annual savings (€)	161,60 €	151,52 €	187,52 €
Amortization (years)	13,00 years	6,28 years	18,38 years



ITeCons



U



C

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



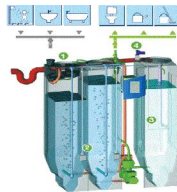
Repercussion of water on the sustainability of a single family housing

A separate installation of each of three systems are propose

Centralized system
of grey water

Decentralized system
of grey water

Reuse rainwater
system



Annual water savings (liters)	32.024 liters	18.615 liters	44.319 liters
Annual savings (€)	161,60 €	151,52 €	187,52 €
Amortization (years)	13,00 years	6,28 years	18,38 years



ITeCons



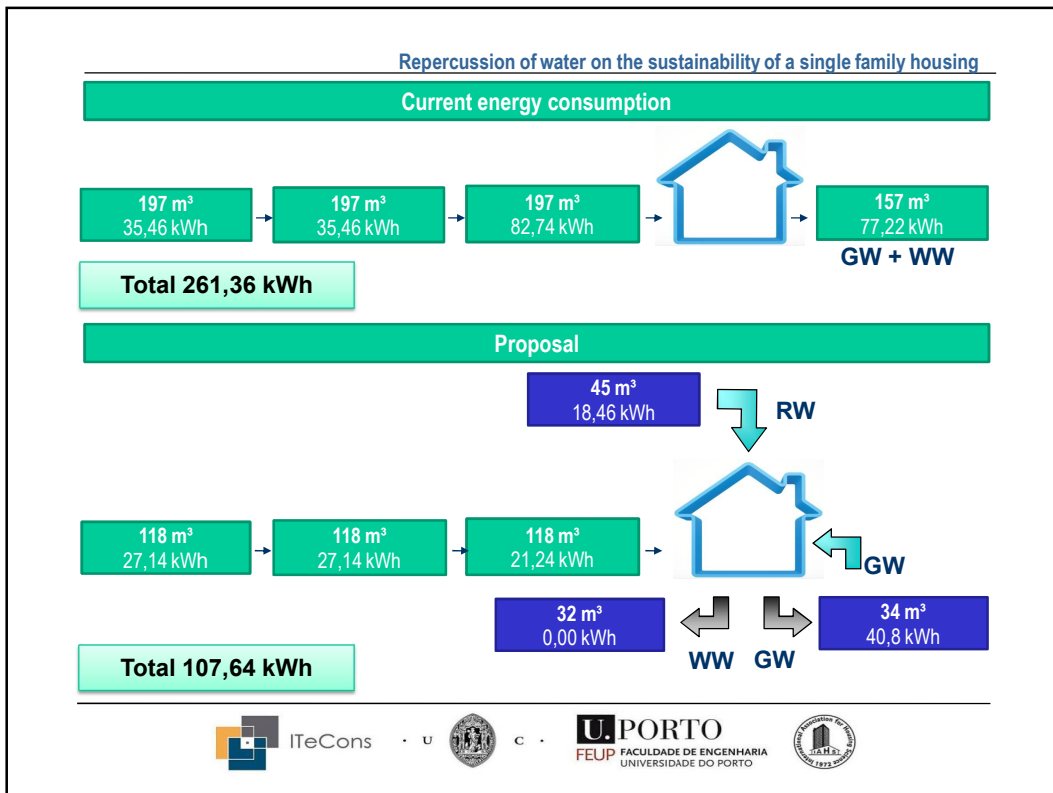
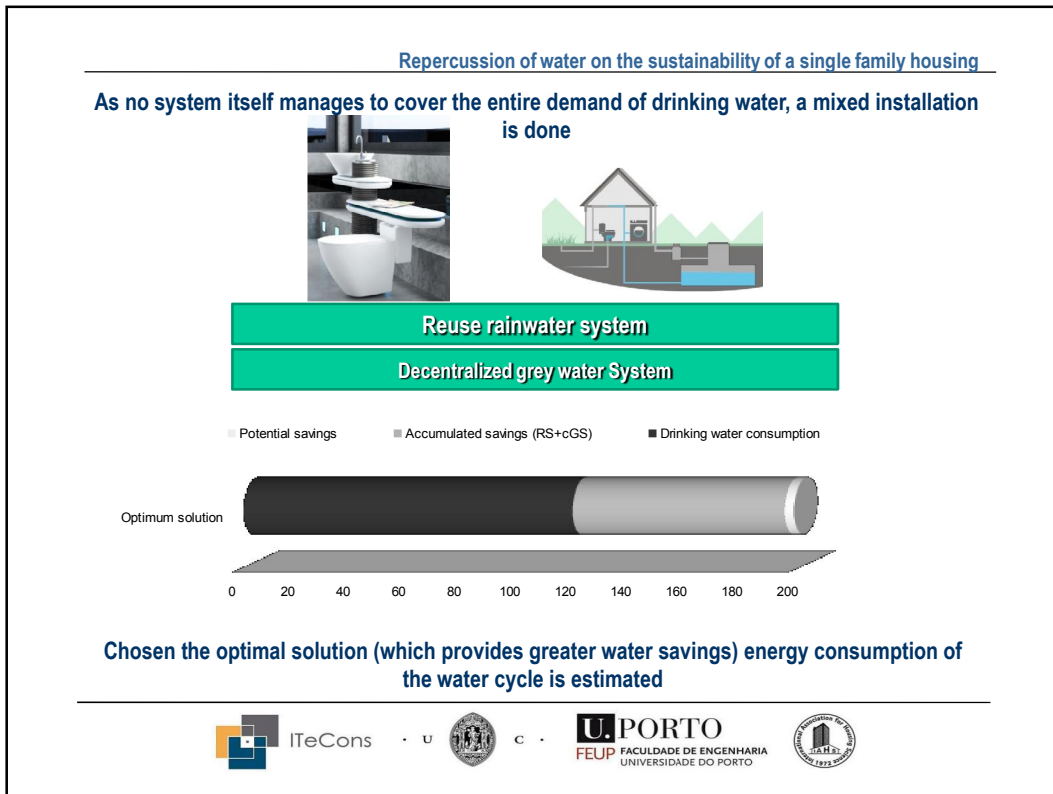
U



C

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO





Repercussion of water on the sustainability of a single family housing

CONCLUSIONS

Water saving shouldn't be seen as merely **economic saving**

Energy saving must be associated with **water cycle**

Less **water use** implies **less water treatment** and **less energy**

... but also more **water availability**



ITeCons

· U



· C ·

U. PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



40th IAHS World Congress on Housing
Sustainable Housing Construction

Thank you very much

Amantia Martínez amantia.martinez@udc.es



Universidade da Coruña

1989
2014



UNIVERSIDADE
DA CORUÑA



ITeCons

· U



· C ·

U. PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



Se adjunta en este anejo, la propuesta de artículo enviada a la revista Dyna, publicada por la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia (ISSN: 0012-7353 (versión impresa); 2346-2183 (versión online)), cuyo factor de impacto es 0,222 (año 2013).

El artículo, enviado el 13 de mayo del 2015, se encuentra actualmente en estado de revisión.

#50635 Revisión

- Resumen
- Revisión
- Edición

Envío

Autores/as	Amantia Martínez Pérez 
Título	La repercusión del agua en la sostenibilidad de una vivienda unifamiliar
Sección	Artículos
Editor/a	BYRON VARGAS 

Evaluación por pares

Ronda 1

Versión de la revisión	50635-247352-1-RV.docx 2015-05-13
Iniciado	—
Modificado por última vez	—
Archivo cargado	Ninguno

Se puede consultar la versión online de la revista en la siguiente dirección:
<http://dyna.unalmed.edu.co/es/index.php>

- ▶ Se adjunta a continuación la propuesta de artículo enviada.

Repercussion of water in the sustainability of a single family housing

La repercusión del agua en la sostenibilidad de una vivienda unifamiliar

Amantia Martínez-Pérez^a, Fco Javier Lopez-Rivadulla F.J.^b & Alonso-Alonso, P.^b

^aEscuela Universitaria de Arquitectura Técnica, Universidade da Coruña, A Coruña, España. amantia.martinez@udc.es

^bEscuela Universitaria de Arquitectura Técnica, Universidade da Coruña A Coruña, España, javier.rivadulla@udc.es; patricia.alonso.alonso@udc.es

Abstract

When improvements in the building sector are planned, almost always these improvements are focusing on enhancing energy efficiency. However, no prioritized is given to reduce drinking water consumption. Water is a vital resource that should have the same value. Water wastage of developed countries has been proved; this could be possible mainly due to the ease of finding water and in most cases due to its low cost. The work is focused on evaluating measures that could be taken to reduce drinking water consumption. From the analysis of a single family housing and its drinking water consumption, different installations for reuse, (both rainwater and grey water) are studied and their savings are assessed. The results obtained are analyzed, not only savings in water consumption but also in reducing water pollution and energy consumption.

Keywords: water saving; grey water reuse, rainwater use, energy saving.

Resumen

Cuando se planean mejoras en el sector de la construcción, casi siempre éstas se centran en la mejora de la eficiencia energética. Sin embargo, no se le da prioridad a reducir el consumo de agua potable. El agua es un recurso vital que debe tener el mismo valor. El desperdicio de agua de los países desarrollados se ha demostrado; esto podría ser posible debido principalmente a la facilidad de encontrar agua y en la mayoría de los casos debido a su bajo costo. El trabajo se centra en la evaluación de las medidas que se podrían tomar para reducir el consumo de agua potable. A partir del análisis de una única vivienda familiar y su consumo de agua potable, las diferentes instalaciones de reutilización, (tanto de aguas pluviales y aguas grises) han sido estudiadas y sus ahorros evaluados. Los resultados han sido analizados, no sólo en cuanto al ahorro agua, sino también en la reducción de la contaminación del agua y el consumo de energía.

Palabras clave: ahorro de agua; reutilización de aguas grises; reutilización de aguas de lluvia; ahorro de energía.

1 Introducción

El desarrollo urbanístico en España, como se reconoció en la Ley 08/2007 de 28 de mayo, se ha volcado en la producción de nueva ciudad y en la expansión, en lugar de invertir los esfuerzos de una forma más inteligente y que aportase un mayor bienestar al ciudadano. Actualmente el sector se encuentra sumido en una crisis en la que, el camino a la recuperación se centra en reconvertir el modelo constructivo para garantizar un sector más sostenible.

La Unión Europea en la Directiva 2012/27/EU, denominada comúnmente Objetivo 2020, ha desarrollado una normativa cuyos objetivos se basan en alcanzar un modelo más sostenible en el año 2020. Para hacer frente a estos objetivos, en España se aprueba la Ley 8/2013 de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación

urbanas, en la que se autoriza a los poderes públicos a desarrollar en el medio urbano sus políticas de acuerdo a los principios de sostenibilidad, posibilitando un contexto urbano seguro y más sostenible. Para esto, se basa en reducir las emisiones contaminantes, los gases de efecto invernadero y que se reduzcan los consumos de energía y de agua, contribuyendo a un uso más eficiente de esta última basándose en el ahorro y en la reutilización.

Siempre se parte de la idea que para realizar una construcción sostenible el punto a tratar es la eficiencia energética, y aunque es obvio que debe constituir una prioridad, hay otros aspectos fundamentales en el proceso constructivo y en las viviendas que tienen que ser tomados en cuenta, como son los materiales, o el uso del agua.

1.1 Motivos para ahorrar agua

La falta de conciencia por parte de la sociedad, y el aumento del uso del agua para diferentes actividades, ha modificado sus propiedades llegando a convertirla en peligrosa para el consumo humano, agricultura, la vida natural e incluso la industria. En el año 2013, según datos de la Fundación Nueva Cultura del Agua (FNCA), casi el 50% de las aguas de España están en mal estado por extracción excesiva, modificaciones del cauce, represamiento o contaminación química (1).

El aumento de la población conlleva un aumento de la demanda, lo que supone la explotación excesiva de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, con el impacto ambiental que esto implica. Según un estudio de la Universidad de Utrecht de Holanda, en 1960 la captación de aguas subterráneas para el consumo fue de 126 km² y en el año 2010 de 283 km², más del doble que hace 50 años.

1.2 Relación agua-energía

Siempre que se vinculan estos dos conceptos, agua y energía, la conexión que se asocia entre ellos es, el uso del agua para la producción de energía. Dado su bajo impacto ambiental y económico con respecto a otras fuentes de generación eléctrica, es muy fácil encontrar referencias sobre este aspecto.

Sin embargo la conexión inversa es menos recurrente, en parte propiciado por el poco peso que implica el consumo energético del ciclo del agua en el consumo energético global (2).

Por norma general no se suele asociar al consumo de agua en la vivienda el consumo de energía que implica. La sociedad busca disponer de agua de calidad en el grifo de su casa en todo momento, pero para lograr este fin se necesita alterar el ciclo natural del agua, y ello requiere un aporte extra de energía.

Este aporte dependerá en parte de de las circunstancias de cada núcleo urbano, y de la calidad del agua tras su uso. El agua ha de devolverse a su calidad inicial, mediante una serie de procesos, que también requieren un comportamiento energético elevado.

Teniendo en consideración el aporte energético que requiere el ciclo del agua, para hablar realmente de un uso más eficiente del agua, también se ha de tener en cuenta la relación existente entre el consumo de agua y el consumo energético que este implica.

En España, este consumo energético nunca será inferior al 10% del consumo global vinculado a una zona determinada (3). En la actualidad han ido surgiendo aproximaciones conceptuales a esta relación. Uno de estos conceptos es Watergy, que sirve en numerosas referencias para describir la relación que existe entre el agua y la energía en el contexto de los servicios públicos de agua (4).

2 El uso del agua en la vivienda

Por lo general, no existe tendencia al ahorro de agua en el ámbito doméstico. Los bajos precios, hacen que los usuarios no encuentren necesarios sacrificar ciertos hábitos en la medida de lo posible. Instalar sistemas de ahorro tiene un coste conceptual elevado, aunque muy variable. De este modo el margen de ahorro disminuye con el nivel de dotaciones de consumo de agua de las que queramos dotar a la vivienda (5).

Se estima que el ahorro de agua en las viviendas subirá, debido al hecho de que en España se deben subir los precios del agua hasta llegar a los niveles Europeos. La Unión Europea ha creado la normativa 2012/27/EU que insta a los países miembros a establecer un precio de las aguas acorde a los gastos que implica su tratamiento y su transporte. Por este motivo se estima que el ahorro de agua en las viviendas se incremente en los próximos años.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), un 50,9% de las viviendas en España emplean al menos un sistema de ahorro de agua.

Tabla 1.

Dispositivos para reducir el consumo de agua en las viviendas	
Viviendas con al menos una medida de ahorro de agua	(%)
Han adoptado al menos un hábito para ahorrar agua	93,60
Han instalado al menos un dispositivo para ahorrar agua	50,90
Viviendas con dispositivos para reducir el consumo de agua	
Grifos monomando o termostáticos	45,10
Economizadores	6,70
Limitadores de descarga para cisternas	17,50

Fuente: IGE, 2008

Pese al notable ahorro que se produce con la incorporación de estos sistemas en las viviendas, el margen de ahorro más amplio en el que se produce un mayor derroche, es que todos los usos dentro de la vivienda reciben el mismo agua procedente de la red de abastecimiento. Es obvio que la calidad del agua que se requiere para una ducha, debe ser superior a la calidad que requiere el agua de la cisterna del inodoro, y sin embargo en las viviendas suministradas por la red de abastecimiento, se emplea para todos los usos agua potable que en muchos casos no sería necesaria(6).

Tabla 2.

Clasificación de usos del agua en función de si necesitan o no agua potable	
Tipo de agua requerida	Elementos y Actividades
Agua potable	Cocina Lavabo Ducha
Agua no potable	Riego Limpieza Lavadora Inodoro

Fuente: los autores

Para cuantificar el ahorro que se puede producir en una vivienda, se intentarán cubrir los usos que no requieren agua potable con agua procedente de la reutilización, tanto de aguas grises y como de aguas de lluvia (6).

Según datos del INE, un 10,5% de las viviendas en España, ya reciclan aguas para cubrir aquellos usos

domésticos que no requieren agua potable. Aunque la mayoría de este porcentaje, se asocia a la captación de agua de lluvia a pie de cubierta para destinar al riego, y no a sistemas más complejos con mayor posibilidad de cubrir más usos.

2.1 Sistemas de aprovechamiento de aguas grises

Se definen como aguas grises aquellas obtenidas tras su uso en, duchas, lavabos, lavadoras y aquellos elementos que no arrastran partículas sólidas ni alteran la calidad del agua. El agua que se recupera de estos aparatos, puede ser destinada para regar, limpiar y para la cisterna.

Instalar un sistema de aprovechamiento de aguas grises en la vivienda, constituye una de las alternativas más eficientes para potenciar el ahorro de agua (7).

Figura

Estos sistemas consisten en una serie de tuberías independientes que recolectan el agua de los aparatos citados hasta un depósito de almacenamiento y tratamiento. Las aguas grises, pese a no tener materias peligrosas, contienen un elevado porcentaje de carga bacteriológica, por lo que requiere un tratamiento que, en el caso de usos domésticos, se limitaría a un filtrado biológico.

Una vez finalizado el proceso de tratamiento, y tras un tiempo máximo de 48 horas (para evitar proliferaciones de hongos) las aguas grises tratadas se reconducen por un conjunto de tuberías independientes a los usos destinados, cisternas, bocas de riego o puntos de limpieza.

En función de la ubicación del depósito de tratamiento, se distinguen dos tipos de sistemas de aguas grises:

Sistema centralizado (SaG). Se recoge conjuntamente el agua procedente de distintos elementos y se somete conjuntamente a un tratamiento biológico.

Sistema descentralizado (SaGd). Consisten en módulos de reaprovechamiento en los propios elementos.

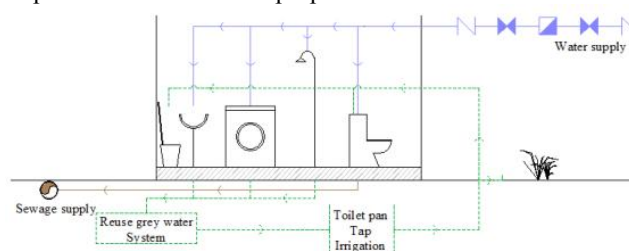


Figura 1. Esquema de reutilización de aguas grises
Fuente: los autores

2.2 Sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales

Los sistemas de captación de aguas pluviales consisten en áreas de captación (generalmente la cubierta de la vivienda) desde la cual se dirige el agua hasta un depósito, después de pasar por un filtrado, las aguas se redirigen a sus nuevos usos, en este caso se incluye a mayores como destino la lavadora. Estas aguas son aptas para sus usos, pasando un leve proceso de filtrado. Se trata

de un proceso más blando y más respetuoso que al que se someten las aguas grises, ya que la carga biológica de estas aguas es muchísimo menor.

La captación de las aguas pluviales es variable a lo largo del año. En zonas de precipitaciones regulares, este sistema puede ayudar a cubrir regularmente parte de la demanda de agua de la vivienda, sin embargo su inconveniente radica en que siempre estará ligado a cierta incertidumbre asociado a la climatología. Debe ser conservada en buenas condiciones para ser utilizada durante todo el periodo de tiempo necesario, hasta alcanzar la nueva época de lluvias (1).

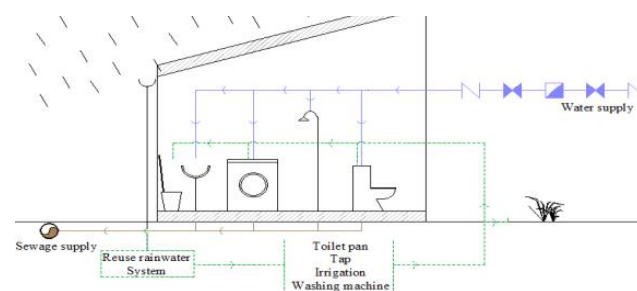


Figura 2. Esquema de reutilización de aguas de lluvia
Fuente: los autores

3 Método

Se realizará un caso práctico para demostrar la importancia que se le debe otorgar a realizar un uso del agua más eficiente y sostenible, en base a los resultados obtenidos. Se cuantifica el ahorro que supone la incorporación de los sistemas de reaprovechamiento, no sólo en cuanto al ahorro de agua, sino también económico y energético.

3.1 Caso de estudio

Para hacer este caso más representativo, se elegirán los estándares de vivienda más comunes de la geografía gallega. Según datos del Instituto Galego de Estadística (IGE) en el año 2010, en Galicia existen 1.041.0185 viviendas repartidas a lo largo y ancho de sus 314 municipios. De este total de viviendas, el 42,22% son viviendas unifamiliares aisladas, estando el 57,78% restante repartido en otras cinco tipologías.

En cuanto a la ocupación y superficie de estas viviendas unifamiliares aisladas, se toma partido de los estándares mayoritarios, siendo estos una ocupación de dos y cuatro personas y una superficie total de 90 m² (datos del IGE, 2010).

Teniendo presentes estos datos se ha elegido una vivienda unifamiliar situada en la provincia de A Coruña cuya ocupación y superficie es de 4 ocupantes y 90 m² respectivamente.

Se elige una vivienda de estas características situada en el término municipal de Mugarodos (A Coruña).

La vivienda, como el resto del municipio, recibe aguas, procedentes de la red de abastecimiento de agua potable.

Una vez usada el agua, tanto las aguas grises (aG) como las aguas residuales (aR) son evacuadas conjuntamente a la red de saneamiento para su posterior tratamiento, en la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR), ubicada a 7 km de la propia vivienda.

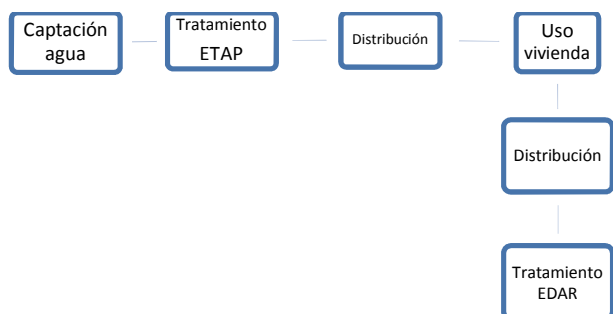


Figura 3. Ciclo del agua asociado a la vivienda
Fuente: los autores

3.2 Datos de partida

3.2.1 Consumos medios de agua

Se reunieron durante cinco años (2008-2012) los datos de consumo de agua de una vivienda unifamiliar con los requisitos detallados descritos en el apartado 3.1. Los valores promedio de consumo de agua se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3.
Consumos medios de agua (m³/mes)

Consumo medio de agua en la vivienda elegida	litros/hab/día
Enero	128
Febrero	124
Marzo	131
Abril	143
Mayo	155
Junio	152
Julio	159
Agosto	143
Septiembre	146
Octubre	139
Noviembre	132
Diciembre	133

Fuente: los autores

3.2.2 Precipitación normal de la zona

Con el fin de evaluar la posible utilización de las agua de lluvia y de dimensionar una instalación, se han de tener en cuenta los valores de precipitación normal de la zona. La Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), ofrece estos valores de precipitación normales asignados a cada mes durante todo el año en el periodo 1975-2000.

Tabla 4.
Precipitación normal de la zona (mm)

Precipitación normal de la zona	mm
Enero	112
Febrero	88
Marzo	75
Abril	88
Mayo	74
Junio	44
Julio	34
Agosto	35
Septiembre	64
Octubre	130
Noviembre	138
Diciembre	131
Total	1014

Fuente: los autores

3.2.3 Precio medio de la inversión

Se considera la colocación de los sistemas descritos en los apartados 2.1 y 2.2. Con el propósito de evaluar las inversiones reales, han sido consultados varios fabricantes en el mercado español, a partir de cuyos precios se ha estimado el precio medio que puede implicar el uso de tales sistemas.

Tabla 5.
Precio medio de la inversión en sistemas de aprovechamiento en 2013 (€)

Tipo de sistema de aprovechamiento	€
Sistema de aprovechamiento de agua de lluvia	3.383,55
Sistema centralizado de aguas grises	2.156,81
Sistema descentralizado de aguas grises	951,67

Fuente: los autores

3.2.4 Consumo unitario de energía (kWh/m³)

El consumo de energía unitaria asociado a cada etapa del ciclo del agua se toma como referencia tal como se expresa la Tabla 6.

Consumo unitario de energía (kWh/m ³) por etapa del ciclo del agua	
Actividad	Consumo unitario de energía (kWh/m ³)
Potabilización (ETAP)	0,18
Depuración (EDAR)	0,30-0,50
Depuración terciaria	0,15-0,25
Bombeos (100 m)	0,42

Fuente: (8)

3.3 Proceso

Analizado en ciclo del agua actual de la vivienda y los consumos, se plantea una mejora para reducirlos. Esta mejora consiste en introducir un sistema de aguas pluviales (SaP) y/o uno de aguas grises (SaG) para cubrir la demanda de aquellos usos que no requieren agua potable. De este modo, el uso de agua potable se limitará únicamente a cuando sea estrictamente necesario.

Tabla 7.
Tipos de sistemas propuestos y aguas que acumulan

Tipo de sistema	Aguas s acumular
Sistema de aprovechamiento de agua de lluvia	Aguas pluviales
Sistema centralizado de aguas grises	Aguas grises de lavabo, ducha y lavadora

Sistema descentralizado de aguas grises
Fuente: los autores

Aguas grises de lavabo

Fuente: (7)

Se plantea la instalación de un sistema de depuración propio en él que, tras su uso en la vivienda, serían tratadas las aguas residuales generadas en la misma.

Partiendo del consumo medio mensual (Tabla 3), se estima un consumo medio por uso. Este consumo medio por uso, se calcula tomando como referencia un porcentaje del consumo atribuido a cada actividad de la vivienda (6).

$$\sum \text{Consumo medio (m}^3/\text{mes)} \times \begin{matrix} 0.35 & \text{ducha} \\ 0.30 & \text{WC} \\ 0.10 & \text{lavadora} \\ 0.08 & \text{lavabo} \\ 0.04 & \text{lavavajillas} \\ 0.03 & \text{cocina} \\ 0.04 & \text{riego} \\ 0.06 & \text{varios} \end{matrix} = \\ = \text{Consumo medio uso (m}^3/\text{mes)}$$

Conocido en consumo asociado a cada actividad, se deduce cuáles son susceptibles de ser reaprovechados y cuáles no pueden prescindir del agua potable para su funcionamiento, obteniendo de este modo un dato de ahorro potencial.

Como también son conocidos los consumo de los elementos que generan aguas grises (lavabo, ducha y lavadora), paralelamente se calculan las cantidades de agua empleadas en estos elementos que podían ser reaprovechadas. El volumen de aguas grises generadas, se estima que se corresponde con el 80% del consumo del propio elemento (6).

$$\text{Volumen de agua consumido (m}^3) / 0,80 \\ = \text{Volumen de aguas grises generado (m}^3)$$

Paralelamente al conocer las precipitaciones normales de la zona (Tabla 4), se puede conocer el volumen de las aguas pluviales captado. Esta cantidad de agua se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\sum (A \times e) \times H_a \times \eta F \\ = \text{Volumen de aguas pluviales captado (m}^3/\text{año)}$$

Siendo A, la superficie de captación de aguas pluviales (m²); e, coeficiente de escorrentía; H_a, precipitaciones normales de la zona en un mes (mm); ηF el rendimiento de la filtración. En este caso, tanto el coeficiente de escorrentía como el rendimiento de la filtración, son valores que dependen de la geometría y materiales de cubierta, y del sistema de filtrado elegido respectivamente.

Tabla 8.
Coeficiente de escorrentía en función del tipo de cubierta (e)

Cubierta	Coeficiente
Cubierta dura inclinada (teja, pizarra...)	0,8-0,9
Cubierta plana sin gravilla	0,8
Cubierta plana con gravilla	0,6
Cubierta verde	0,3-0,5
Superficie empedrada	0,5-0,8
Revestimiento asfáltico	0,8-0,9

De no disponer de los datos necesarios para asignar estos valores, se toman por defecto 0,8 para el coeficiente de escorrentía (e), y 0,9 para el rendimiento de la filtración (ηF).

Tabla 9.
Rendimiento de los diferentes tipos de filtro (ηF)

Filtro	Rendimiento
En la bajante	80-90%
En la entrada del depósito	100%
Autolimpiante	90-95%

Fuente: (7)

En todo momento se tiene constancia de que el ahorro de agua implica un ahorro de energía, y se dispone de todos los caudales de agua que a través de la vivienda entran o salen vinculados a la red de abastecimiento. Con esta información además del consumo energético vinculado a cada etapa del ciclo del agua, será muy sencillo obtener el consumo energético que implica el consumo del agua en la vivienda

4 Resultados

A lo largo del año se consumen en la vivienda 197.000 litros de agua, de los cuales 80.000 podrían ser de agua no potable al ser destinados a usos como riego, lavadora, limpieza e inodoro.

4.1 Ahorro anual de agua

El mayor volumen de ahorro se obtiene con la instalación de un sistema de captación de aguas pluviales, la precipitación normal de la zona hace posible ahorrar 44.000 litros de agua anuales, lo que supone un 23% del consumo original.

Ninguno de los sistemas por sí solo, lograría cubrir la totalidad de la demanda, de modo que si lo que se pretende es cubrir la demanda al 100%, se debe plantear la instalación conjunta de varios sistemas.

Tabla 10.
Ahorro anual de agua mediante la incorporación de los sistemas (€)

Tipo de sistema	Aguas s acumular
Sistema de aprovechamiento de agua de lluvia	44.319
Sistema centralizado de aguas grises	32.024
Sistema descentralizado de aguas grises	18.615

Fuente: los autores

4.2 Ahorro económico anual y amortización del sistema

A partir de los resultados del ahorro anual de agua (Tabla 8), se ha obtenido el ahorro económico. Se ha tenido en cuenta el precio del agua en Galicia, 1,07 €/m³. No se ha tenido en cuenta que en un periodo de 10 años, en España se estima que subirá el precio del agua hasta equiparlo a niveles europeos, donde se puede llegar a pagar hasta 500% más en algunos países.

Tabla 11. Ahorro económico anual y periodo de amortización de los sistemas Fuente: los autores

Tipo de sistema	Ahorro anual (€)	Amortización (años)
Sistema de aprovechamiento de agua de lluvia	187,52	18,38
Sistema centralizado de aguas grises	161,60	13,00
Sistema descentralizado de aguas grises	151,52	6,28

Fuente: los autores

4.3 Elección de la solución optima

Para valorar el ahorro energético, se elije primero la instalación conjunta de los sistemas más favorables y cubrir la totalidad de la demanda. Instalando un sistema centralizado de aguas grises, y un sistema de aprovechamiento de aguas pluviales, se logrará cubrir todos los usos que no precisan agua potable, con agua procedente del reciclado.

4.4 Ahorro energético

Ya que se conoce el consumo de agua anual de la vivienda (197 m³ al año), se estima el consumo energético que implicaría el ahorro previamente calculado. Todo el agua que se ahorra en la vivienda, se evita que pase por los tratamientos de potabilización y depurado, y sea destinada a fines necesarios. Aunque el proceso de depuración y tratamiento es un proceso general, y de funcionamiento constante, el hecho de ahorrar agua, implica que se reduzcan las demandas a la red de abastecimiento, y aporta una idea del ahorro que implicaría si se instalaran sistemas de ahorro en todas las viviendas.

Teniendo presente que todo el agua que se emplea en la vivienda procede de la red de abastecimiento y que, tras su uso en la vivienda, se estima que el 80% de esa agua vuelve a la red de abastecimiento para ser sometida al tratamiento de depuración en la EDAR, se puede calcular fácilmente el consumo energético anual que implica el consumo de agua en la vivienda.

Partiendo de esos volúmenes de agua dados y de los consumos energéticos medios asociados a cada etapa del ciclo del agua, el ahorro supondría 261,36 kWh anuales.

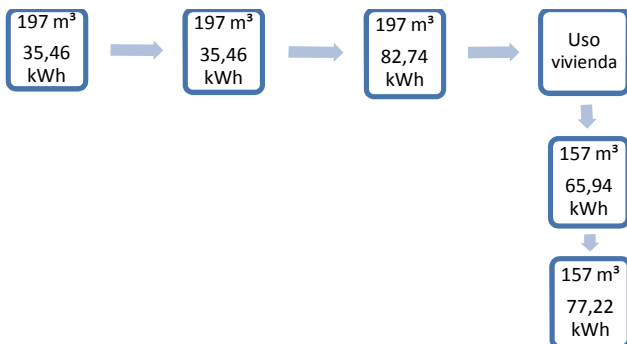


Figura 4. Consumo energético anual del ciclo del agua asociado a la vivienda

Instalados los sistemas de aprovechamiento, tanto el SaP como el SaG, los consumos energéticos de la red de abastecimiento asociados a la vivienda, se verán reducidos al verse reducida la demanda de agua a esta red. Se ha estimado que la instalación de un SaP, cubriría anualmente una demanda de 45 m³ de agua, y la instalación de un SaG, ayudaría a ahorrar anualmente una media de 34 m³ de agua.

Con la incorporación de un sistema de depuración propio, se evitaría que 32 m³ de agua fuesen tratados en una EDAR, siendo estos depurados de una forma más sostenible y con un menor impacto ambiental.

Disponiendo de estos volúmenes y de los consumos energéticos vinculados a los mismos, se puede deducir el consumo energético de todo el ciclo con la incorporación de las mejoras previamente planteadas.

El consumo energético de todo el ciclo del agua cuando se fomenta el ahorro y la gestión sostenible, es un 59% menor que el consumo energético que implica el uso convencional del agua. Además de reducir el consumo energético, el otro aspecto favorable es que las aguas no se someten a ningún tratamiento, salvo cuando este sea estrictamente necesario.

4.5 Discusión de los resultados

Utilizar agua potable únicamente en los casos en los que esta es estrictamente necesaria, puede suponer un ahorro del 40% del consumo convencional.

En zonas de precipitaciones regulares, a lo largo del año un SaP puede aportar un ahorro de agua, un 50% superior al que supondría la instalación de un SaGd, y un 25% mayor al que supondría la instalación de un SaG.

Es difícil cubrir la totalidad de la demanda con la única instalación de uno de estos sistemas planteados, siendo prácticamente obligatoria la instalación de varios sistemas. Si queremos conseguir el máximo ahorro es recomendable la instalación de un SaP y un SaG ya sea centralizado o descentralizado.

Debido a la poca competencia del sector y a los bajos precios del agua, es cierto que el ahorro económico no es muy significativo, y los periodos de amortización son bastante altos si la vivienda analizada no dispone de una ocupación regular alta.

Aunque la opción más atractiva sería la instalación de un SaP, son más caros debido a su instalación más compleja y mayor capacidad de almacenaje, su instalación supone un ahorro económico de más de 3 veces el ahorro que implica la instalación de un SaG, pero los periodos de amortización tienen una duración de entre 0,5 y 3 veces mayor.

En cuanto al ahorro energético, el reaprovechamiento de las aguas y los tratamientos individuales suponen un ahorro de casi el 60% respecto al total asociado del consumo actual. Extrapolando estos resultados obtenidos a la totalidad de los edificios existentes, los beneficios podían ser muy favorables.

5 Conclusiones

Debido al bajo coste del agua en la actualidad, se debe ver el ahorro como un beneficio ambiental y no meramente económico. Aunque la sociedad sea cada vez más consciente de que se necesita un cambio, sigue siendo reacia a éste.

El uso eficiente del agua ayudaría a reducir los impactos ambientales asociados a los procesos de potabilización, y al consumo energético asociado al transporte de las aguas y de la depuración. Se mejora el estado de las aguas al ser devueltas al menor, implicando una reducción de la contaminación. Por otro lado, la reducción de la demanda de agua, garantiza su disponibilidad de suministro.

Para un uso eficiente del agua de una sociedad, se debe comenzar desde abajo, y las primeras medidas que se deben adoptar comienzan en el propio hogar. Si todos los beneficios que se producen en una vivienda unifamiliar, se aplican proporcionalmente a todas las viviendas, los beneficios a corto plazo serán muy positivos.

Ya sea partiendo del propio ciudadano, como de las propias instituciones, se debe promover el uso más sostenible del agua, promoviendo la reducción del consumo, como fomentando el reaprovechamiento. Razones no nos faltan.

6 Referencias

- [1] Pérez de la Cruz FJ. Abastecimiento de aguas. Tema 2: Captación de aguas superficiales. Universidad politécnica de Cartagena; 2011
- [2] Uche J. La energía en el agua. Universidad de Zaragoza; 2013
- [3] Cabrera E, Pardo MÁ, Cabrera EJ, Cobacho R. Agua, Energía y eficiencia o el inaplazable reto de la sostenibilidad. VII Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua [Internet]. Talavera de la Reina; 2011
- [4] James K, Campbell SL, Godlove CE. WATERGY Agua y Energía: Aprovechando las oportunidades de eficiencia de agua y energía aún no exploradas en los sistemas municipales de agua. Agua y Energía. Borrador vs I April 2003
- [5] Martimportugués C, Canto JM, García MA, Hidalgo C. Actitudes hacia el ahorro de agua: un análisis descriptivo. Medio Ambiente y Comportamiento Humano, Vol 3(2), pp 119-143; 2002
- [6] Palma Carazo IJ. Las aguas residuales en la arquitectura sostenible: medidas preventivas y técnicas de reciclaje; 2003
- [7] Soriano Rull A, Pancorbo Floristán FJ. Suministro, distribución y evacuación interior de agua sanitaria. 1ª Edición. Barcelona: MARCOMBO, S.A; 2012
- [8] Corominas J. Agua y energía en el riego, en la época de la sostenibilidad. Ingeniería del Agua, Vol 17(3), pp 219-233; 2010

En este anejo se recoge una comparativa entre los diferentes aspectos de una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) y una depuradora biológica individual instalada en la propia vivienda.

Introducción

Como ya se ha indicado, en la actualidad las aguas tras su uso en la vivienda tienen dos opciones, o ser tratadas en una EDAR para un vertido menos contaminante (y posible reciclado), o ser vertidas en el medio sin tratamiento previo.

En el marco de estudio se ha construido en el año 2010 una EDAR para dar tratamiento a las aguas residuales de Ares, Fene y Mugaros, sin embargo, únicamente se encuentra en funcionamiento para cierto sector del ayuntamiento de Ares. Se trata de una instalación que dará servicio a 12.000 personas (INE, 2013), y sin embargo está dimensionada para 52.000 personas. La dispersión geográfica de las viviendas por la zona, y la extensión de la misma, hace plantearse la pregunta de hasta qué punto es rentable y necesaria la instalación de una infraestructura de semejantes proporciones, en la que la mayoría de las aguas que reciba para tratar proceden de los hogares.

En el punto 3.4 del presente trabajo, se ha barajado la opción de instalar una depuradora biológica en la vivienda como alternativa sostenible al tratamiento de las aguas en una EDAR, y se considera que podría haber sido una opción más razonable para el tratamiento de las aguas en este tipo de contextos.

Para que un sistema de tratamiento de aguas residuales sea apropiado y sostenible (sea EDAR o depuradora biológica individual), tiene que tener una mínima utilización de recursos (energía y químicos), incluyendo la disponibilidad de espacio y generación de residuos, ser de bajo coste y tiene que ser aceptada por la población a la que sirve.

A continuación, se analizan los aspectos sostenibles de ambos casos, las cuestiones ambientales, sociales y económicas de cada una de las dos alternativas que se plantean, para analizar cuál de las dos alternativas presenta realmente un perfil más sostenible.

Los datos que se analizan a continuación, en el caso de la depuradora biológica, están proporcionados por el propio fabricante del sistema elegido. En el caso de la EDAR, se ha intentado que la empresa explotadora (en este caso en ayuntamiento de Ares) proporcionase cierta información sobre los aspectos que se quieren comparar, sin embargo, no se ha obtenido respuesta, por lo que la información obtenida ha sido a través de los medios de comunicación, mediante el análisis de diferentes notas de prensa, y también en la página web de la Xunta "*Augas de Galicia*" (<http://augas.cmati.xunta.es/>).

Aspectos ambientales

Se considera que los aspectos principales para analizar el comportamiento ambiental de ambas propuestas son las siguientes (Edwards 2005):

Aspectos ambientales

Potencia requerida
Energía Consumida
% de energía consumida respecto a la vivienda
Productos químicos empleados
Área consumida (m²)
Materiales de construcción empleados
Residuos generados

► EDAR

La depuración que se lleva a cabo en la EDAR, requiere un potencial energético elevado para albergar todos los procesos que en ella se desarrollan. La energía consumida a lo largo del año en la EDAR asciende a un consumo de 1.715.000 kW.

La construcción de la propia estación ha ocupado una superficie de 29.000 m², y está construida con hormigón. La conexión hasta la estación y hasta el vertido, necesita de 48 km de popilipropileno y cinco estaciones de bombeo añadidas

La generación de residuos de la EDAR es elevada y supone un problema en la mayoría de las estaciones. Además hay que tener en cuenta la cantidad de emisiones a la atmósfera que supone en cada uno de los procesos de tratamiento que produce una determinada generación de residuos.

► Depuradora biológica

En cuanto a la depuradora biológica instalada en la vivienda, se considera que no requiere potencia para llevar a cabo el proceso de tratamiento de las aguas. En el caso planteado no ocurre, pero podría ser necesaria la instalación de algún sistema de bombeo para llevar las aguas hasta la depuradora, o devolverlas de la depuradora al alcantarillado municipal. Pese a este aporte energético, se considera que el aporte energético es nulo.

La depuración se produce mediante un proceso aerobio, llevado a cabo por los microorganismos y el oxígeno, y una posterior sedimentación. Los productos químicos son nulos en este tipo de depuración.

Este tipo de depuradoras están soterradas, por lo que se considera que la superficie perjudicada es nula. Se entiende que al estar analizando un contexto en el que predomina es el estándar de vivienda unifamiliar aislada, no será difícil poder disponer de espacio en las parcelas para la incorporación de estos sistemas.

La fabricación de la misma se desarrolla con polipropileno, que aunque sea derivado del petróleo, su ciclo de vida es menos contaminante que el del hormigón. Se considera que las construcciones de polipropileno, tienen una vida útil superior a las construcciones de hormigón.

Las aguas a tratar proceden de baño y cocina. Al pasar por las diferentes fases del proceso, se generarán fangos de sedimentación en la parte baja del depósito por la acumulación de sustancias que tengan las aguas, y en la parte superior se acumulará el aceite procedente de la cocina.

Características	EDAR	Depuradora Biológica
Potencia que requiere	49 kWh/he año	No requiere potencia
Energía Consumida	1.715.000 kW	No consume energía
% energía consumida respecto al municipio	-	0,00%
Productos químicos	Cloración y tratamiento para evitar olores	No requiere
Área ocupada	29.000 m ³	-
Materiales empleados	Hormigón	Polipropileno
Residuos generados	Arena/Grasa/Aceite/Fango	Aceite/Fango

Tabla 1. Comparativa de resultados ambientales entre una depuradora biológica y una EDAR

Aspectos sociales

Se entiende por aspectos sociales aquellos que ponen en manifiesto la relación de los sistemas con las personas del entorno (Edwards 2005). Estos aspectos sociales, en relación con la depuración de aguas, se pueden resumir en los siguientes conceptos:

Aspectos sociales	Olores generados Generación de ruidos Calidad del servicio Mantenimiento Sensibilización Uso recreativo
--------------------------	--

► EDAR

Debido a la masificación de los residuos recibidos y la diversa procedencia, implica que los olores que se generan en una Estación Depuradora sean considerables, pero el único beneficio que se puede encontrar en ese sentido, es que la zona de ubicación dispone de un amplio radio de m entre la delimitación del recinto de la EDAR y las primeras viviendas de ocupación regular. Las aguas también reciben un tratamiento que evita, o más bien reduce, la generación de olores, y se puede considerar que salvo días de viento desfavorable el impacto por olor es nulo.

Con la generación de ruidos ocurre lo mismo, se estima que los procesos desarrollados en esta EDAR tienen un impacto de 20,95dB, perceptibles en los primeros 200 m, analizada la zona de ubicación, no se encuentran viviendas de primera ocupación, aunque sí viviendas de recreo.

Las aguas se someten a tratamientos de fangos activos, y un posterior tratamiento avanzado de eliminación de nutrientes mediante cloración. Las aguas salen de la EDAR con la calidad suficiente para ser devueltas al medio sin riesgos ambientales, pero no se contempla el hecho de poder ser reutilizadas.

Al tratarse de una instalación pública gestionada en primera instancia por la Xunta de Galicia y Augas de Galicia, se considera que el mantenimiento y funcionamiento adecuado de la instalación es suficiente, ya que da servicio a una cantidad elevada de personas, y es favorable de cara a garantizar el mantenimiento y correcto funcionamiento.

Consta de un mantenimiento elevado, ya que además del mantenimiento de la propia planta, incluye el mantenimiento de todas las conducciones hasta la depuradora, y de las estaciones de bombeo, en este caso la instalación dispone de cinco estaciones de bombeo y 48 km de conductos hasta la depuradora y posterior vertido.

En cuanto al uso recreativo de la instalación, se puede considerar que la Estación puede emplearse para fomentar otras actividades educativas, para comprender el funcionamiento de la propia planta y sensibilización de cara al ahorro de aguas.

► Depuradora biológica

También es inevitable la generación de olores, pero la cantidad de aguas a tratar en estas depuradoras es mucho menor, con la consiguiente menor generación de olores. Estas depuradoras también disponen de métodos para evitar la generación de olores, como son los filtros de carbón. Lo que a priori se puede considerar un inconveniente por la proximidad de las viviendas, se desestima por la cantidad de agua tratada y por el hermetismo antiolores.

La generación de ruidos es nula, el método de depuración empleado no requiere de ningún sistema que implique motores y movimientos que puedan generar ruidos. La única posibilidad de ruidos radica en la posible instalación de una bomba para hacer circular las aguas, pese a que no generará un ruido que no interferirá en la calidad de vida.

El grado de calidad con el que salen las aguas de la depuradora biológica es inferior a la del tratamiento en la EDAR. Generalmente las EDAR otorgan a las aguas tratadas una calidad de agua suficiente para ser devueltas al medio, pero no se otorga un tratamiento mayor, sin embargo, en el caso de la EDAR estudiada, las aguas si reciben cloración para la eliminación de nutrientes.

Respecto a la calidad del servicio y mantenimiento, se considerará que previo a la acometida es responsabilidad de la propia vivienda. Serán los particulares, los encargados de garantizar el funcionamiento adecuado, realizando una depuración correcta y reparando cualquier problema por avería y mal funcionamiento. Las labores de mantenimiento, también a realizar por particulares, consisten únicamente en la retirada periódica de los aceites y fangos. Según los fabricantes, y según la cantidad de aguas residuales que se producen diariamente en una vivienda, se estima que la retirada de fangos y aceites se podría limitar a una limpieza anual, siendo este dato, considerado de poco mantenimiento.

Características	EDAR	Depuradora Biológica
Olores generados	Sí	Sí
Generación de ruidos	Sí	No
Calidad del servicio	Tratamiento secundario	Tratamiento secundario
Mantenimiento	Revisión periódica	Retirada de lodos anual
Sensibilización	Sí	Sí
Uso recreativo	Sí	No

Tabla 2. Comparativa resultados sociales entre una depuradora biológica y una EDAR

Aspectos económicos

Para valorar los costes económicos que implican la construcción, explotación y mantenimiento de los sistemas de depuración a lo largo de su vida útil, se analiza el coste económico que requiere cada etapa de las citadas en cada una de las depuradoras analizadas.

Aunque el coste que implica la EDAR no repercute directamente en el bolsillo de los particulares, es interesante comprobarlo para que sirva de referencia y tener una idea de la desmedida inversión económica que implica la construcción, explotación y mantenimiento de estas instalaciones.

► EDAR

Según los datos que la Xunta de Galicia ha facilitado a los medios de comunicación, la inversión que ha implicado la construcción de la EDAR de Punta Avarenta ha sido de 87.000.000 €, precio que engloba la construcción de la planta y de las infraestructuras de la misma, excluyendo los costes de mantenimiento.

Se hace una mención aparte sobre los costes de mantenimiento de las instalaciones. Tanto la planta como las infraestructuras que la comunican con los diferentes núcleos supondrán un desembolso de 26.000.000 €, durante la vida útil estimada de la EDAR, que a priori serían 20 años. Mantenimiento y construcción suponen un coste de 113.000.000 € a amortizar durante esos 20 años.

Esta depuradora ha sido construida para albergar los tratamientos de las aguas residuales generadas en los municipios de Ares, Fene y Mugardos. La población de estas localidades conjuntamente se sitúa en unos 25.184 habitantes (INE, 2011), que se pueden incrementar en periodos estivales en unos 5.000 o 10.000 habitantes gracias al elevado número de viviendas de segunda ocupación disponibles en Ares y Mugardos.

Aun así, y situando el número de habitantes en 35.000 (incrementando 10.000 por periodos estivales a la población habitual), el diseño de la EDAR ha sido planteado para dar tratamiento a las aguas residuales que podrían producir 52.000 personas, una población excesiva que dadas las circunstancias que rodean al entorno, sobre todo económicamente, pueda llegar alcanzarse en los próximos veinte años.

Considerando la población media como 35.000 habitantes a lo largo de todo el año, la inversión que supone la construcción de la EDAR, repercutiría en cada usuario 2.485,71 €.

En cuanto al mantenimiento, los datos ofrecidos por la Xunta lo sitúan en 26.000.000 € a lo largo de los 20 años de funcionamiento, lo que implicaría un gasto anual de 1.300.000 €. El mantenimiento supondría un desembolso de 37,14 € por habitante cada año.

Extrapolando el coste de mantenimiento anual a los 20 años de vida útil, y el coste de construcción, se ha calculado que la construcción y explotación de la EDAR supone una inversión de 3.228,57 € por habitante.

Fases	Coste (€)	Habitantes	Gasto per cápita (€/hab)
Construcción	87.000.000	35.000 hab	2.485,81
Mantenimiento	26.000.000	35.000 hab	745,86
Total			3.228,57

Tabla 3. Gasto per cápita que supone la construcción y explotación de la EDAR

► Depuradora biológica

Como se trata de sistemas de depuración individual, se considera la instalación de depuradoras biológicas en cada unidad vivienda unifamiliar y plurifamiliar en función de su tamaño. Obviamente los precios de las depuradoras y su mantenimiento, variarán en función del número de habitantes a los que den servicio, pero se considerará que el coste en la vivienda repercutirá únicamente sobre dos habitantes, para valorar la opción más desfavorable.

La instalación de una depuradora biológica en la vivienda analizada implica una inversión de 1.251,97 €, suponiendo la ocupación de dos personas, este coste repercute en 625,99 € por habitante.

Como ya se ha indicado anteriormente, el mantenimiento de estas depuradoras se limita exclusivamente a una retirada de fangos y aceites anual. Esta operación se lleva a cabo a través de la contratación de una empresa especializada o puede llevarse a cabo por los propios usuarios, aunque es una opción desaconsejable, ya que el usuario probablemente no le daría el tratamiento adecuado a los fangos retirados. Según los datos consultados, se ha estimado que la contratación puntual de una empresa especializada de retirada de fangos, implica una inversión de 100 €, implicando 2.000 € si se considera la misma vida útil que se le asigna a la EDAR, en este caso 20 años.

Fases	Coste (€)	Habitantes	Gasto per cápita (€/hab)
Construcción	1.251,97	2 habitantes	625,99
Mantenimiento	2.000,00	2 habitantes	1.000,00
Total			1.625,99

Tabla 4. Gasto per cápita que supone la instalación y explotación de una depuradora biológica

Ante los resultados obtenidos, se comprueba que son muchos los beneficios que aporta la depuración individualizada de las aguas residuales a nivel usuario en lugar de los tratamientos en grandes instalaciones.

El principal problema que radica en las pequeñas estaciones quizás es el más importante, que sería la repercusión de los costes y garantizar la calidad de mantenimiento y explotación en los propios usuarios, en lugar de estar gestionado y “pagado” por un organismo público.

Sin embargo a nivel ambiental los beneficios que aportan ambos sistemas a nivel de calidad del efluente, son prácticamente similares. En cuanto al impacto que supone la construcción y mantenimiento de las instalaciones, es mucho más reducido el impacto generado por las depuradoras biológicas, ya que no requieren de una superficie de terreno tan grande para su implantación, ni requieren de kilómetros de conducciones nuevas para el transporte de las aguas. Evitar el impacto ambiental que generaría la nueva construcción de esa red de evacuación de aguas residuales y el consiguiente ahorro energético de todo el bombeo de las aguas, ya supone un beneficio más que positivo en cuanto a lo que calidad ambiental se refiere.

Quizá de cara a nuevas construcciones, se podría empezar a tener en cuenta esta opción antes de plantearse la instalación de una EDAR. Si se quieren tratar las aguas residuales de pequeños municipios, con una dispersión de viviendas geográficamente elevada, sería interesante la instauración de una ordenanza de cara a que fuese la obligatoria la depuración de las aguas residuales previamente al vertido. De este modo se ahorraría tener que modificar las instalaciones de la red de evacuación ya existentes, o la creación de una sino se dispone de ella, y se evitaría el impacto que supone el consumo energético vinculado a la red de evacuación y a la planta de tratamiento.