



**ACUAMAG**



Mejora de la  
Sostenibilidad  
en el Balance  
Recurso-Demanda  
en la Isla de  
Gran Canaria.

FUNDACIÓN  
**ACUORUM**





La realización del presente estudio y su publicación ha sido posible gracias a la suma de varios esfuerzos y voluntades.

Por ello, queremos expresar nuestro más profundo y sincero agradecimiento al **Comité Técnico**, que ha colaborado activamente en la realización del presente estudio, y en especial a **Enrique Moreno Deus**, Jefe del Servicio de Planificación del **Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria**, por la información facilitada para la redacción del estudio.

Coordinador

**Narciso Berberana Sáenz**

Autores

**José Juan González Salmah**  
*Canaragua*

**José Javier Quesada Ruíz**  
*Canaragua*

**Pau Comas Pelegrí**  
*Suez Water Europe*

**Juan García Aparicio**  
*Suez Water Europe*

**Dulcinea Mejjide Vidal**  
*Suez Water Europe*

**Alicia Santaolalla Solórzano**  
*Suez Water Europe*

**Montserrat Termes Rife**  
*Suez Water Europe*

Comité técnico

**Gerardo Henríquez**  
*Consejo Insular de Aguas  
de Gran Canaria*

**Enrique Moreno Deus**  
*Consejo Insular de Aguas  
de Gran Canaria*

**José Jaime Sadhwani Alonso**  
*Universidad de Las Palmas  
de Gran Canaria*

©FUNDACIÓN ACUORUM  
Plaza de la Real Sociedad Económica  
de Amigos del País, 1  
35001 Las Palmas de Gran Canaria  
[www.acuorum.com](http://www.acuorum.com)

Impreso en España.  
en Marzo del 2016.

**Diseño y maquetación:**  
Social Media Consulting S.L.

**Impresión:**  
Syl Creaciones Gráficas  
y Publicitarias

**Depósito Legal:**  
GC 171-2016

ISSN 2445-1363

En Colaboración con



# Mejora de la Sostenibilidad en el Balance Recurso-Demanda en la Isla de Gran Canaria.

FUNDACIÓN  
ACUORUM





**ÍNDICE**

<b>1. Introducción</b>	6
<b>2. Aproximación al agua en Gran Canaria</b>	8
<b>Un territorio singular</b>	9
<b>Los recursos hídricos en gran canaria</b>	10
<b>Principales infraestructuras</b>	11
<b>La gestión del agua y los actores implicados</b>	12
<b>3. Preceptos y marco normativo de la planificación hidrológica</b>	14
<b>4. El estado de la planificación hidrológica en Gran Canaria</b>	16
<b>5. Medidas a considerar para un desarrollo sostenible activo</b>	20
<b>Del enfoque local al enfoque global</b>	21
<b>El impacto del cambio climático</b>	23
<b>Medidas a considerar</b>	24
1. Reducción del agua no registrada (ANR)	25
2. Recarga artificial de acuíferos	27
3. Optimización energética de las instalaciones.	30
4. Generación energética mediante turbinas e instalaciones de energías renovables	32
5. Optimización de tomas de desaladoras	35
6. Eficiencia en regadíos	36
7. Gestión integrada de redes de saneamiento y control de vertidos	37
<b>Impacto potencial de las medidas estudiadas</b>	39
1. Determinación del déficit hídrico en gran canaria	39
2. Estimación del balance incluyendo las soluciones estudiadas	40
<b>6. Conclusiones</b>	42
<b>7. Referencias</b>	44

# 1. Introducción.



# La disponibilidad de agua en calidad y cantidad es un elemento indispensable para el desarrollo social y económico.

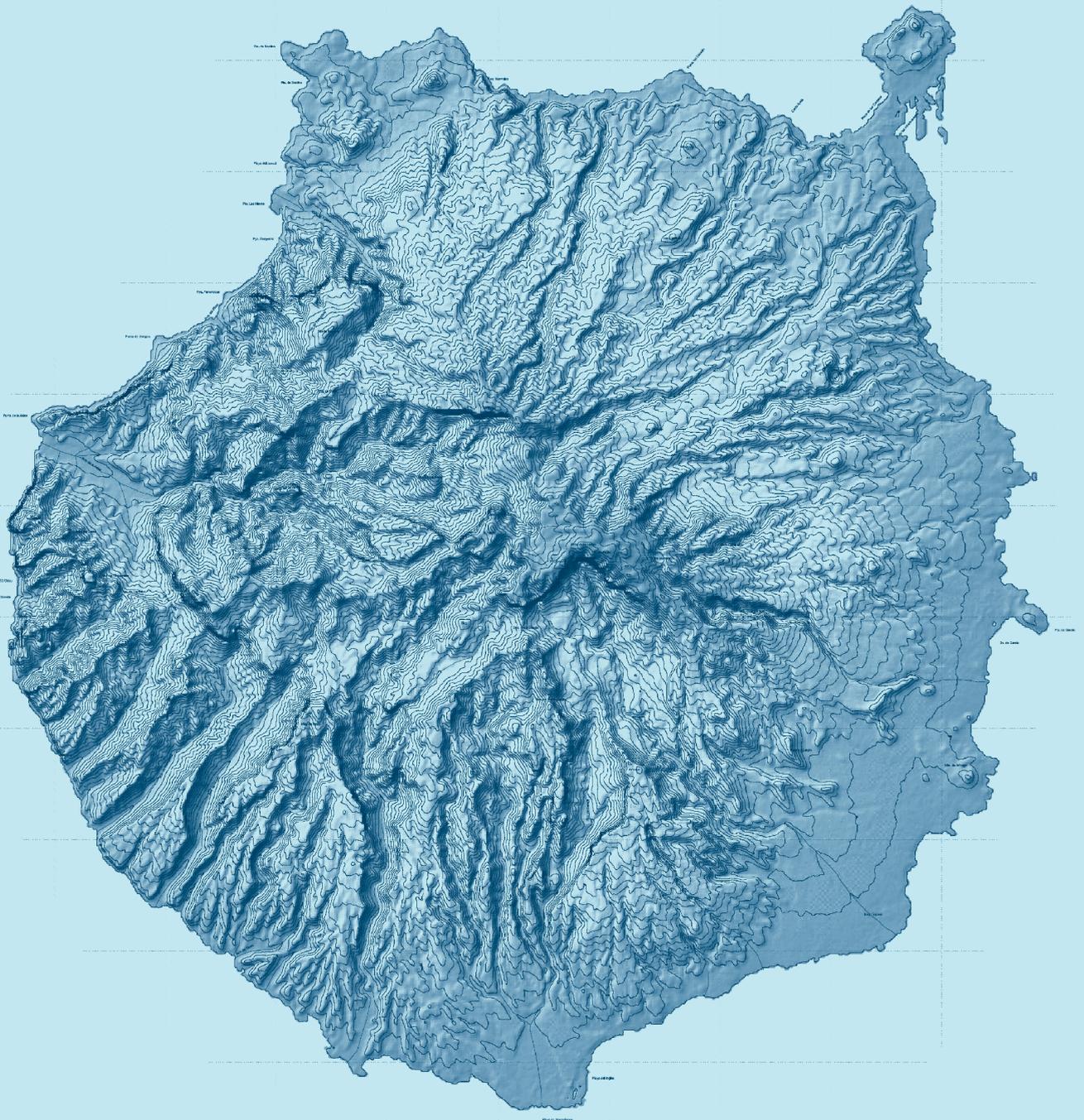
La disponibilidad de agua en calidad y cantidad es un elemento indispensable para el desarrollo social y económico. El uso de este recurso, además, debe realizarse de manera respetuosa con el medio ambiente, garantizando la compatibilidad entre las actividades antrópicas y el respeto al medio natural. Del mismo modo, antes del año 2050 la población mundial habrá alcanzado los 9.000 millones de personas, la mayoría concentrada en grandes urbes. Esta situación, junto a los efectos del cambio climático, apunta que el agua será, cada vez más, uno de los bienes más preciados en todo el planeta. Ante este futuro es fundamental impulsar modelos de gestión sostenible del agua para que esté al alcance de toda la población como elemento favorecedor de bienestar y desarrollo económico.

Cuando hablamos de un territorio insular como Gran Canaria, el uso de los recursos cobra mayor importancia, actualmente emergen los modelos de Eco-isla potenciando así los ecosistemas naturales y preservando los recursos, condiciones indispensables en el proceso de planificación hidrológica. Sus condiciones de aislamiento físico, así como las especiales características geológicas, orográficas y climáticas condicionan sobremanera los procesos hidrológicos, dotando al ámbito de un marcado carácter propio.

El proceso de planificación hidrológica es la principal herramienta de la que dispone la administración para desplegar su política del agua y garantizar una gestión eficiente del recurso. El Plan Hidrológico de Gran Canaria, redactado por el Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria, incluye una serie de medidas destinadas al aumento de recursos para la correcta satisfacción de las demandas; estas medidas se basan fundamentalmente en el aumento de la capacidad de desalinización y la reutilización de aguas regeneradas.

En el marco de la situación socioeconómica mundial, conviene seguir avanzando en la línea de replantear de manera integral el modelo actual de explotación de los recursos. El presente estudio trata de aportar algunas soluciones y tecnologías que permitan complementar el enfoque actual de la gestión del recurso hídrico en la isla, bajo una visión basada en el desarrollo sostenible, la eficiencia en el binomio Agua - Energía y evolucionando hacia una economía circular que promueva el uso eficiente de los recursos y que permita avanzar hacia un modelo de Eco-isla.

## 2. Aproximación al agua en **Gran Canaria**.





Cumbres de Gran Canaria.  
©Ministerio de Educación

En general, la isla de **Gran Canaria** se caracteriza por una pluviometría media no muy elevada, y muy irregular que, en la mayoría de los casos, se manifiesta mediante fenómenos puntuales pero intensos.

## UN TERRITORIO SINGULAR

El medio físico natural de Canarias viene caracterizado y determinado por el origen volcánico de las islas, su secuencia de formación en el tiempo, su especial localización geográfica y por todos los procesos naturales geológicos.

Su especial morfología hace que presente una compleja y accidentada topografía. La isla, de forma circular, se encuentra profundamente excavada por una red radial de barrancos, que partiendo de la zona central de cumbres (con cota máxima de 1.949 m) se dirigen hacia el litoral costero, presentando importantes desniveles, y en general una orografía muy abrupta.

En general, Gran Canaria se caracteriza por una pluviometría media no muy elevada y muy irregular que, en la mayoría de los casos, se manifiesta mediante fenómenos puntuales pero intensos. En pocas horas se pueden generar precipitaciones con valores muy superiores a la media anual.

Dichas precipitaciones extraordinarias dan lugar a elevados caudales de escorrentía que discurren por los cauces de los barrancos, su gran peligro radica en la gran velocidad que puede alcanzar el agua y en la inmediatez con la que se puede producir una riada.

La economía en Gran Canaria se basa en un pilar fundamental: el sector servicios, representando un 75% de la actividad económica total, el cual es liderado por el turismo y por la actividad comercial desarrollada gracias al Puerto de Las Palmas de Gran Canaria.

Por su parte, la industria y el sector primario representan en la isla un pequeño porcentaje dentro del conjunto de la economía, pero no por ello despreciable ya que la agricultura y ciertas industrias son también principales demandantes y gestores del agua.

## LOS RECURSOS HÍDRICOS EN GRAN CANARIA

Como sistema aislado, la isla se abastece con recursos hídricos propios, tanto convencionales, que contribuyen con un 49,3% del total y proceden de las aguas subterráneas y superficiales, como no convencionales, que producen el 50,7% del agua consumida en la isla y proceden de la desalación y la regeneración de agua.

Como se aprecia en la siguiente figura, a diferencia del territorio peninsular donde los recursos superficiales suponen la principal fuente, el 87% del total del agua usada en la isla procede de la desalación de agua de mar y de las captaciones de agua subterránea.

Hay que destacar que en el caso del abastecimiento urbano, el suministro mediante agua desalada supera incluso el 73% del total del suministro, poniendo de manifiesto la importancia de las aguas desaladas en Gran Canaria. El uso de la desalación en un ámbito insular es muchas veces imperativo debido a su condición geográfica aislada.

La desalación tiene la ventaja de la independencia de los fenómenos climatológicos, pero presenta en cambio los inconvenientes de un elevado coste en la producción del agua y un importante consumo energético.

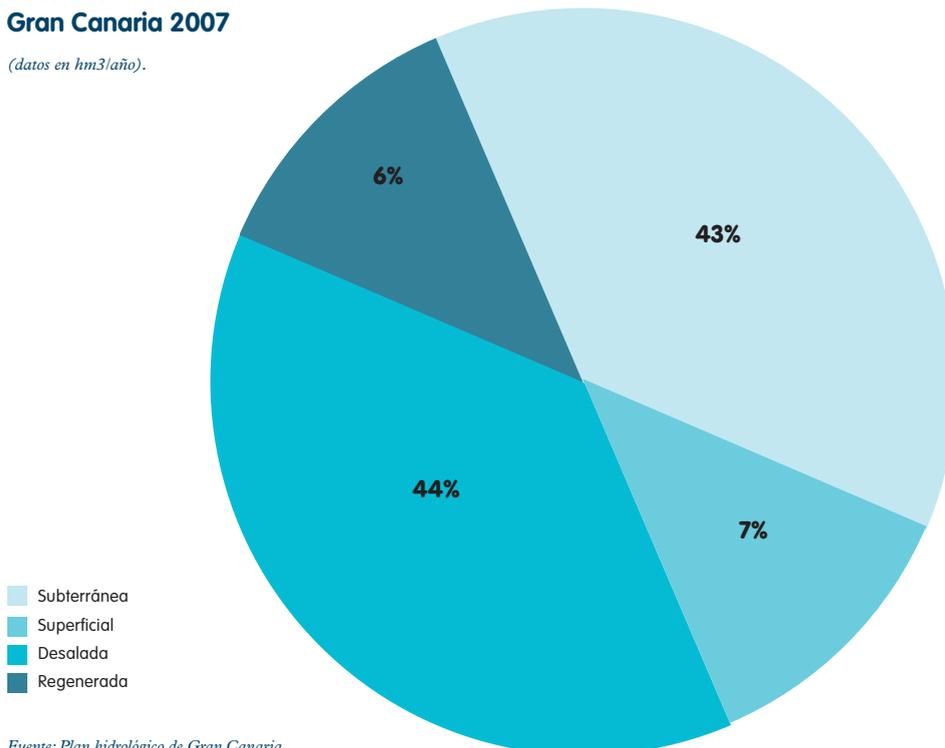
Por lo que respecta a las aguas subterráneas, procedentes de los acuíferos, constituyen una reserva que no es inagotable. Se recargan con infiltración del agua de lluvia, pero si se extrae más de la que se filtra se sobreexplota el acuífero, lo que supone un empeoramiento ambiental de la masa de agua y aumento del peligro de desertización.

Las aguas superficiales procedentes de las precipitaciones, dada la orografía de la isla, se caracterizan por correr por los barrancos hacia el mar. Los isleños para su aprovechamiento han construido históricamente distintas infraestructuras como presas, estanques, canales y otros depósitos.

Gran Canaria es una de las islas canarias que dispone de mayor capacidad de agua embalsada, porque sus suelos son los más impermeables. Así, la capacidad total de embalse en grandes presas es de 78 hm<sup>3</sup>, de los que el 88,5% se concentran en los municipios de la zona Sur. El agua embalsada tiene una gran importancia económica para la mayoría de las zonas agrícolas, cuyas cosechas dependen de que las lluvias hagan correr los barrancos y llenen las presas. Además, las aguas embalsadas son la principal fuente de suministro de agua para las poblaciones que se encuentran en cotas altas de la isla a las que no se abastece con agua desalada.

### Recursos Hídricos en Gran Canaria 2007

(datos en hm<sup>3</sup>/año).



Fuente: Plan hidrológico de Gran Canaria

## PRINCIPALES INFRAESTRUCTURAS

Las infraestructuras hidráulicas son el elemento que permite la satisfacción de las demandas de agua mediante el recurso disponible, permiten regular los caudales, transportarlos, tratarlos y distribuirlos hasta el punto donde se sitúan las demandas, así como posteriormente depurarlos y restituirlos al medio natural.

De este modo, la influencia de las obras hidráulicas en el balance recurso-demanda es indudable, por lo cual es imprescindible entender cuáles son las infraestructuras existentes. Además, dichas infraestructuras tienen una gran influencia en la propia configuración del territorio y de los ámbitos de gestión del agua.

GRANDES INFRAESTRUCTURAS.			
<b>Presas</b>		<b>Recurso hídrico aportado (hm<sup>3</sup>/año)</b>	<b>Recurso hídrico aportado %</b>
Número de presas	172 uds.		
Número de grandes presas	70 uds. (zona sur)		
Volumen total almacenado en grandes presas	78 hm <sup>3</sup>	11	6%
Número de presas no clasificadas como grandes presas	102 uds. (zona norte)		
Volumen total almacenado de presas	1,44 hm <sup>3</sup>		
<b>Desaladoras</b>		<b>Recurso hídrico aportado (hm<sup>3</sup>/año)</b>	<b>Recurso hídrico aportado</b>
Número de desaladoras de agua de mar	20 uds.		
Capacidad total desaladoras de agua de mar	104 hm <sup>3</sup> /año		
Producción real de agua de mar	72,8 hm <sup>3</sup> /año	72.4	44%
Coef. Utilización	70%		
Número de desaladoras	118 uds.		
Capacidad total desaladoras	31,6 hm <sup>3</sup> /año		
Producción real desaladoras	6,3 hm <sup>3</sup> /año		
Coef. Utilización	20%		
<b>Depuradoras e instalaciones de reutilización</b>		<b>Recurso hídrico aportado (hm<sup>3</sup>/año)</b>	<b>Recurso hídrico aportado %</b>
Número de depuradoras	45 uds.		
Habitantes equivalentes tratados (estimación)	1.000.000 h.e	11.8	7%
Volumen de agua reutilizado	11,8 hm <sup>3</sup> /año		

## LA GESTIÓN DEL AGUA Y LOS ACTORES IMPLICADOS

La gestión del agua en Canarias presenta una serie de singularidades que la diferencia del resto del territorio nacional debido a la propia insularidad, donde cada isla debe realizar la gestión independiente de un recurso escaso, y por el tradicional régimen especial del Derecho de Aguas del archipiélago canario. Ello supone, entre otros, la existencia de múltiples actores y un marco competencial más complejo.

Así, la Comunidad Autónoma asume las competencias en esta materia y desarrolla la estructura administrativa del agua en Canarias sobre la base de la Ley 12/1990 de Aguas de Canarias. En la siguiente tabla se resumen las principales competencias de cada uno de los actores implicados.

Gobierno de Canarias Artículo 1	Cabildos Insulares Artículo 2	Consejos Insulares de Agua (extracto del artículo 10 de la Ley 12/1990)
Reglamentación, coordinación interadministrativa y administración regional.	Administración y gestión insular de las aguas terrestres, en los términos que a continuación se relacionan:	Elaboración de Planes y Actuaciones Hidrológicas.
Planificación hidrológica.	<b>1</b> Planificación hidrológica.	Control de la ejecución del planeamiento hidrológico.
Protección del Dominio Público Hidráulico.	<b>2</b> Protección del Dominio Público Hidráulico.	Otorgamiento de concesiones autorizaciones y demás actos relativos a las aguas.
Aprovechamiento del Dominio Público Hidráulico.	<b>3</b> Aprovechamiento del Dominio Público Hidráulico.	Custodia del Registro y Catálogo de Aguas insulares y realización de las inscripciones, cancelaciones o rectificaciones oportunas.
Régimen económico del Dominio Público Hidráulico y Auxilio a obras hidráulicas y de regadío.	<b>4</b> Servicios públicos de transporte de agua y de producción industrial de agua.	Gestión y control del dominio público hidráulico, así como de los servicios públicos regulados en la Ley.
Régimen sancionador.	<b>5</b> Régimen económico del dominio público hidráulico y auxilios a obras hidráulicas y de regadío.	Policía de aguas y cauces.
	<b>6</b> Régimen sancionador.	Ejecución y control de los programas de calidad de las aguas.
		Realización de obras hidráulicas.
		Participación en la preparación de los planes de ordenación territorial, económicos y demás que puedan estar relacionados con las aguas de la Isla.
		Realización de estudios de hidrología.
		Prestación de servicios técnicos y asesoramiento relacionados con el cumplimiento de sus fines.

Fuente: Plan hidrológico de Gran Canaria



# 3. Preceptos y Marco Normativo de la **Planificación Hidrológica.**

Ámbitos territoriales de las demarcaciones hidrográficas en España.



Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2014)

La **planificación hidrológica** es el principal instrumento del que dispone la Administración para garantizar una **gestión eficiente del recurso hídrico**. Es el marco general en el que cualquier proceso, encaminado a mejorar la **sostenibilidad** en el aprovechamiento del recurso hídrico, debe ubicarse.

La Directiva Marco del Agua (DMA) es el marco normativo general europeo y, por lo tanto, el instrumento mediante el cual se establece un ámbito comunitario de actuación en la política de aguas. España realizó la transposición de la DMA mediante la ley 62/2003, de 30 de diciembre, y posteriormente y en virtud de ésta se practicaron las modificaciones correspondientes en la legislación estatal y se desarrollaron los reglamentos específicos.

A nivel autonómico, existe en Canarias un régimen especial en cuanto al Derecho de Aguas, la Ley 12/1990, de 26 de julio, de Aguas, o Ley de Aguas Canaria, cuyo objeto es la regulación integral de los aprovechamientos y recursos hídricos y la ordenación de todo el dominio público hidráulico. De acuerdo al reparto competencial establecido, la Ley de Aguas Canaria atribuye al Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria la elaboración y aprobación inicial de los planes y actuaciones hidrológicas. Por su parte, el Cabildo Insular ostenta la competencia de la aprobación provisional del Plan hidrológico Insular, mientras que es el Gobierno de Canarias quien debe proceder a su aprobación definitiva. Además, el Gobierno se encarga de la coordinación de las siete Demarcaciones Hidrográficas (una por isla), así como de la elaboración del Plan Hidrológico de Canarias.

En cuanto al aspecto institucional, el modelo organizativo para la gestión del agua en España se basa, desde 1926, en una delimitación general que sigue las cuencas hidrológicas naturales: las demarcaciones hidrográficas. De acuerdo al texto refundido de la Ley de Aguas, se entiende por demarcación hidrográfica la zona terrestre y marina compuesta por una o varias cuencas hidrográficas vecinas y las aguas de transición, subterráneas y costeras asociadas a dichas cuencas. La cuenca hidrográfica es, pues, la unidad de gestión del recurso y se considera indivisible a estos efectos.

En el caso del archipiélago canario, nos encontramos evidentemente en el primer caso, por lo que la comunidad autónoma goza de competencia para configurar el modelo organizativo que considere más adecuado. Así, mediante la Ley de Aguas Canaria en su artículo 5-bis, se establecen como unidades territoriales de gestión integral de las aguas 7 demarcaciones hidrográficas, que se corresponden con los límites administrativos de las islas, atendiendo al criterio de unidad de cuenca.



## 4. El estado de la **Planificación Hidrológica** en Gran Canaria.

El Plan Hidrológico Insular de Gran Canaria fue aprobado en mayo de 1999, siendo desde ese momento la Norma por la que se ha regido la política hidráulica de la isla. Sus objetivos eran: conseguir la mejor satisfacción de las demandas de agua y equilibrar y armonizar el desarrollo regional y sectorial, incrementando las disponibilidades del recurso, protegiendo su calidad, economizando su empleo y racionalizando sus usos en armonía con el medio ambiente y con los demás recursos naturales.

En el año 2000 entra en vigor la Directiva Marco de Aguas. Ésta establece procedimientos comunes en toda la Unión Europea, por lo tanto, en el año 2004, se realiza una renovación del Plan Hidrológico para que cumpla con la nueva normativa y siga la metodología del resto de los planes hidrológicos de las demás cuencas.

En el Plan Hidrológico 2009-2015 recientemente aprobado sí que se siguen ya sus premisas y objetivos y actualmente se ha comenzado con la revisión del segundo ciclo 2015-2025.



Los objetivos generales del Plan Hidrológico de Gran Canaria (PHGC) son los que se muestran en la tabla siguiente:

### Objetivos Generales del Plan Hidrológico de Gran Canaria

Cumplimiento de los Objetivos Medio Ambientales (OA)	I. Conseguir el buen estado y la adecuada protección del Dominio Público Hidráulico y de las aguas	Masas de Aguas superficiales	Prevenir el deterioro del estado de las masas de agua (OA1)  Proteger, mejorar y regenerar todas las masas de agua con el objeto de alcanzar un buen estado de las mismas (OA2)  Reducir progresivamente la contaminación de sustancias prioritarias, y eliminar o suprimir gradualmente los vertidos, las emisiones, y las pérdidas de sustancias peligrosas prioritarias (OA3)
		Masas de Aguas subterráneas	Evitar o limitar la entrada de contaminantes, y evitar el deterioro del estado de todas las masas de agua (OA4)  Proteger, mejorar y regenerar las masas de agua, y garantizar el equilibrio entre la extracción y la recarga (OA5)  Invertir las tendencias significativas y sostenidas en el aumento de la concentración de cualquier contaminante derivado de la actividad humana (OA6)
		Zonas protegidas	Cumplir las exigencias de las normas de protección que resulten aplicables en una zona y alcanzar los objetivos particulares que en ellas se determinen (OA7)
		Masas artificiales y Masas muy modificadas	Proteger y mejorar las masas de agua artificiales y muy modificadas para lograr un buen potencial ecológico y un buen estado químico de las aguas superficiales (OA8)
Atención a las demandas y racionalidad del uso (OD)	II. Satisfacción de las demandas de agua	Garantía en Abastecimiento (OD1) Garantía en Agricultura (OD2) Garantía en otras demandas (OD3)	
Seguridad frente a fenómenos meteorológicos extremos (OE)	III: Contribuir a paliar los efectos de las inundaciones y las sequías	Reducción del riesgo de inundación. (OE1) Actuaciones frente a la sequía. (OE2)	
Mejora del Conocimiento y Gobernanza (OG)			

Fuente: Plan hidrológico de Gran Canaria

Como queda reflejado en la tabla anterior, uno de los objetivos principales de la planificación hidrológica en Gran Canaria es garantizar la disponibilidad de agua necesaria para satisfacer las demandas que se derivan de los usos actuales y futuros. Este programa pretende dar cumplimiento a los objetivos estratégicos del Plan Hidrológico referidos a la atención a las demandas y racionalidad del uso.

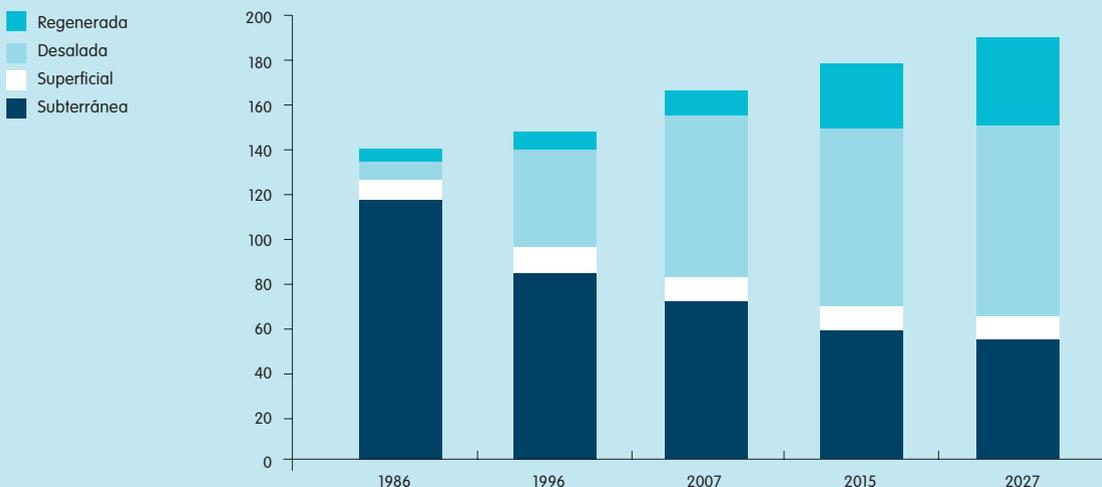
Mucho es lo avanzado en este asunto en los últimos años, pero sigue siendo necesario mejorar la garantía de suministro en la isla. Por ello, en este programa se proponen medidas para mejorar la disponibilidad del agua mediante un mejor aprovechamiento de los recursos existentes y la aportación de nuevos recursos, contribu-

yendo así de manera activa al sexto Objetivo de Desarrollo Sostenible: “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”.

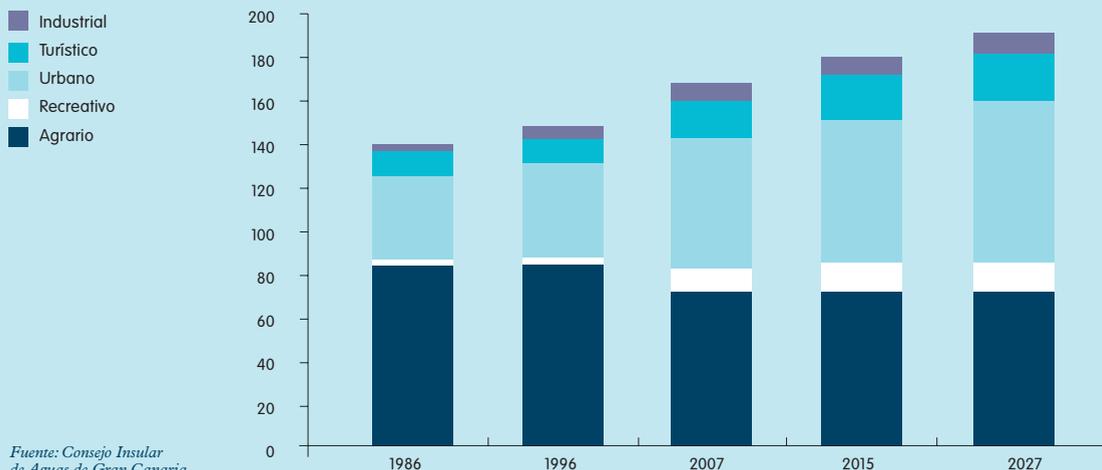
El conjunto de actuaciones previstas en el plan permitirá generar un total de 11,9 hm<sup>3</sup>/año de nuevos recursos para abastecimiento en Gran Canaria en el año 2015, la mayor parte procedente de la desalación de agua de mar.

Tal como señala la legislación, ya se ha iniciado la revisión para el segundo ciclo entre el 2015 y el 2021. Este segundo ciclo debe analizar el nivel de cumplimiento de los objetivos en el primero, y revisar de acuerdo a ello las medidas previstas.

### Evolución de los recursos hídricos en hm<sup>3</sup> para los horizontes de planificación 2015 y 2027



### Evolución de la demanda por usos en hm<sup>3</sup> para los horizontes de planificación 2015 y 2027



Fuente: Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria



## 5. Medidas a considerar para un **Desarrollo Sostenible** activo.

La satisfacción segura de las demandas de agua en un ámbito aislado como una isla requerirá, sin duda, de **inversiones infraestructurales** tales como las previstas en el Plan Hidrológico vigente. No obstante, existen y pueden ser estudiadas otros tipos de medidas, con foco en la gestión, en la búsqueda de la **eficiencia**, en la **innovación** y en la **cooperación**, que permitan complementar a las anteriores y avanzar hacia un modelo de isla autosuficiente, inteligente y sostenible.

Así, el presente capítulo presenta algunas medidas que podrían ser llevadas a cabo ligadas a la consecución de un desarrollo sostenible activo en cuanto a la gestión del agua en Gran Canaria. Para ello, se realiza una aproximación al enfoque de desarrollo sostenible circunscribiéndolo en un enfoque global, teniendo en cuenta la relación entre el agua y la energía y sin olvidar el impacto del cambio climático.

## DEL ENFOQUE LOCAL AL ENFOQUE GLOBAL

El valor que representa el agua para la humanidad es reconocido ampliamente: el agua es un recurso natural estratégico para el desarrollo social y económico. De esta forma, la escasez de agua y la sequía son los desafíos actuales a superar para poder soportar este crecimiento; así se ha reflejado en las políticas del agua de la Unión Europea (UE), como la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE.

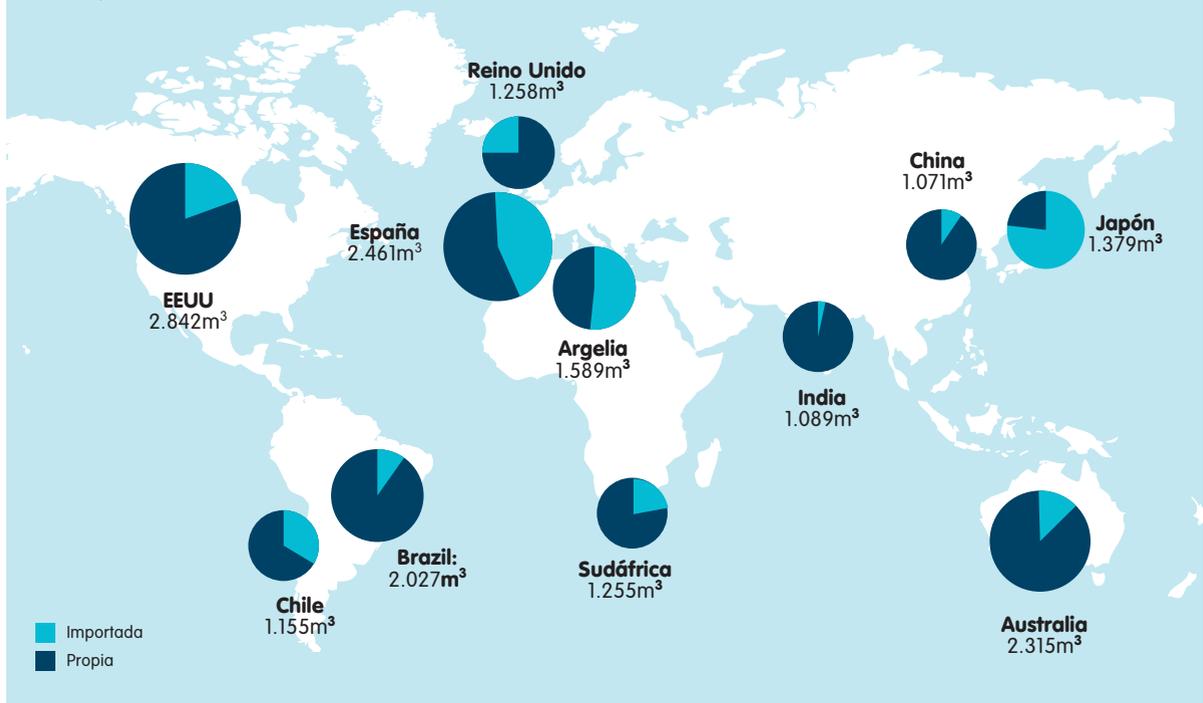
En particular España y en especial Gran Canaria se caracteriza por presentar una alta irregularidad en la distribución espacial y temporal de los recursos hídricos, por la existencia de numerosas zonas ya afectadas por la escasez de agua y sequías frecuentes, tal como quedó resaltado en el Libro Blanco del Agua de España (Ministerio de Medio Ambiente, 2000). Estos territorios se caracterizan por presentar recursos de agua muy regulados y por el uso extensivo de recursos no convencionales, como la desalación y las aguas residuales

reutilizables. En este sentido y debido a las experiencias en estas regiones se ha observado que el objetivo de emular el ciclo hidrológico como única solución no es suficiente.

Atendiendo a los diferentes estudios demográficos realizados, antes del 2050 la población mundial habrá alcanzado los 9.000 millones de personas, la mayoría concentrada en grandes urbes. Esta situación, junto a los efectos del cambio climático, apunta que el agua será, cada vez más, uno de los bienes más preciados en todo el planeta, tanto para el consumo doméstico como en la agricultura, la industria y los servicios. Ante este futuro es fundamental impulsar modelos de gestión sostenible del agua que estén al alcance de toda la población como elemento favorecedor de bienestar y desarrollo económico.

### Huella Hídrica

Consumo de agua por persona y año de un individuo, empresa, ciudad o país. Incluye el consumo directo (agua potable, limpieza, etc.) e indirecto o "agua virtual" (la necesaria para producir bienes y servicios).



Convertir el modelo económico de producción y consumo lineal en un nuevo modelo circular es uno de los retos que debemos afrontar, la recuperación y optimización de recursos deben ser una prioridad en la gestión de recursos finitos. La economía circular es la principal estrategia de Europa para generar crecimiento y empleo. El uso eficiente de los recursos se convierte en protagonista de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

De igual forma garantizar la accesibilidad al recurso (agua, energía, alimentación), la acción contra el cambio climático, la preservación del medio marino y terrestre son retos todos ellos de los objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas. Actualmente 800 millones de personas, un 13% de la población mundial, carecen todavía de acceso al agua potable y otros 2.600 millones no disponen de los servicios sanitarios básicos.

### Consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio sobre agua y saneamiento de Naciones Unidas.

#### 2014

7 de cada 8 personas con acceso a agua potable.



#### 2014

6 de cada 8 personas con saneamiento mejorado.



Fuente: [www.masdesarrollosostenible.com](http://www.masdesarrollosostenible.com)

La Agenda 2030 de la ONU establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible en favor de las personas, el planeta y la prosperidad. En materia social el objetivo primordial es la erradicación de la pobreza, en materia ambiental el objetivo es la protección del planeta mediante una gestión sostenible de los recursos y en materia económica se establece como objetivo la igualdad y prosperidad en armonía con la naturaleza.

### Objetivos de Desarrollo del Milenio

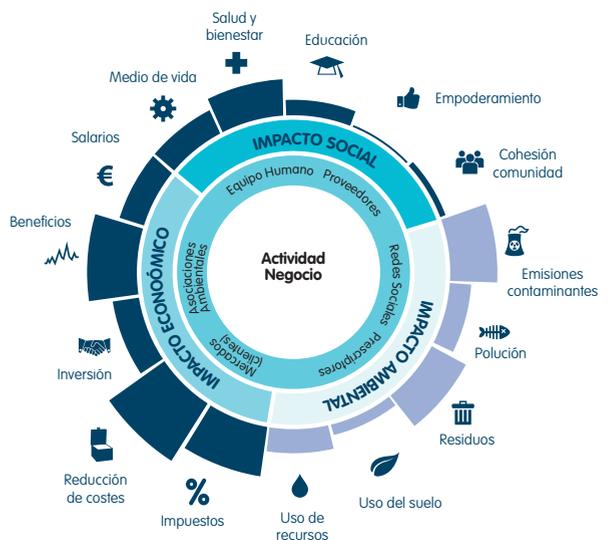


Fuente: [www.un.org/sustainabledevelopment/](http://www.un.org/sustainabledevelopment/)

Dos de los objetivos de la Agenda 2030 se refieren al recurso hídrico, el seis “Agua limpia y saneamiento” y el catorce “Vida submarina” además de otros intrínsecamente relacionados como el cambio climático o la preservación de los ecosistemas.

Existe, a nivel mundial, la necesidad de establecer e implementar principios de desarrollo sostenible en los mecanismos de administración asociados a la gestión del recurso hídrico, motivados por el continuo incremento de la demanda de agua. Incluir criterios extra-financieros en la evaluación de inversiones permite contemplar el impacto social y ambiental que pueden generar las mismas. Capturar económicamente ese impacto permite incorporar estos conceptos en la toma de decisiones.

### Ejemplo de estudio de impacto social, ambiental y económico en una inversión.

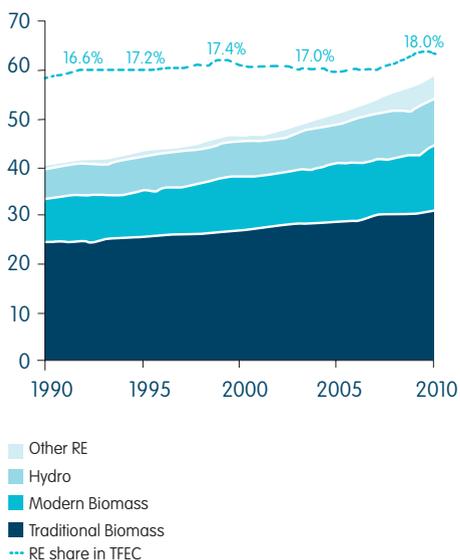


Fuente: *Aquacycle. Evolución hacia un modelo de Desarrollo Sostenible utilizando como palanca la Economía Circular*

## EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

En las últimas décadas estamos atendiendo a diversos cambios que se han detectado en el sistema Tierra. En ese sentido, parece haber un amplio consenso respecto a la idea de que la humanidad ha entrado en la era en la que la actividad humana se ha convertido en la principal fuerza de cambio en la historia del planeta. Para ello se han analizado los límites planetarios en varias categorías siendo una de ellas el cambio climático. En este sentido, se ha cuantificado que la media de aumento de temperatura de la Tierra no puede estar por encima de 20C de la media del nivel preindustrial.

### Comparativa del consumo energético global con la energía procedente de fuentes renovables.



Fuente: Banerjee et al., fig 4.5, p.209 (2013).  
World Bank, Washington, DC

El cambio climático es definido por la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) como un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. La XXI Conferencia Internacional sobre Cambio Climático (COP21), realizada en París a finales del año 2015, y los acuerdos derivados de ésta son los principales instrumentos que marcan la acción global contra el cambio climático.

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático<sup>1</sup> presentó durante 2013 y 2014 los resultados del 5º Informe de Evaluación en el que señala que el calentamiento del sistema es inequívoco y que hay cambios que son diferentes según su localización e intensidad. Las estrategias de acción se orientan hacia dos niveles de actuación: mitigación y adaptación. La mitigación del cambio climático incluye las políticas y medidas dirigidas a reducir o a fijar las emisiones de gases efecto invernadero de origen humano. La adaptación al cambio climático incluye aquellas medidas que nos permiten minimizar las consecuencias adversas del cambio climático y beneficiarnos de sus posibles efectos positivos.

Así, la respuesta española se ha materializado en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, que establece el marco de referencia para la coordinación entre las Administraciones Públicas en las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Dado que las circunstancias que atenúan los efectos del cambio climático son diferentes en los territorios, Canarias aprobó la Estrategia canaria de Lucha contra el Cambio Climático en mayo de 2009 que incluye un plan de mitigación 2008-2015 que ha sido sometido a debate entre todos los agentes implicados.

La estrategia contiene un análisis preliminar de impactos que, entre otros, incluye los impactos sobre los recursos hídricos. Así, se señala que:

**- Canarias, junto con las cuencas del Sur y Sureste peninsular, son aquellas donde el impacto sobre los recursos hídricos se manifestaría más severamente, acentuado por el creciente aumento de salinidad en los acuíferos próximos a la costa. En Canarias la reducción de pluviosidad se estima que podría llegar a un 15%.**

**- Ante esta situación, existen un conjunto de medidas y de tecnologías que es posible aplicar con el objetivo de hacer frente a estos impactos en los recursos hídricos. Este conjunto de medidas se presentan en el punto siguiente.**

<sup>1</sup> Organismo dependiente del programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, corresponde a las siglas de IPCC en inglés.

## Medidas a considerar.

Se han descrito hasta ahora los condicionantes generales al problema del agua en Gran Canaria, así como las problemáticas específicas en lo que al balance recurso-demanda se refiere. Se ha presentado, también, la principal herramienta para la resolución de estas problemáticas de que dispone la administración, que no es otra que la planificación hidrológica, que se concreta en el Plan Hidrológico Insular y las medidas en él planteadas.

- 1 Reducción del agua no registrada (anr).
- 2 Recarga artificial de acuíferos
- 3 Optimización energética de las instalaciones.
- 4 Generación energética mediante turbinas e instalaciones de energías renovables.
- 5 Optimización de tomas de desaladoras.
- 6 Eficacia en regadíos.
- 7 Gestión integrada de redes de saneamiento y control de vertidos.

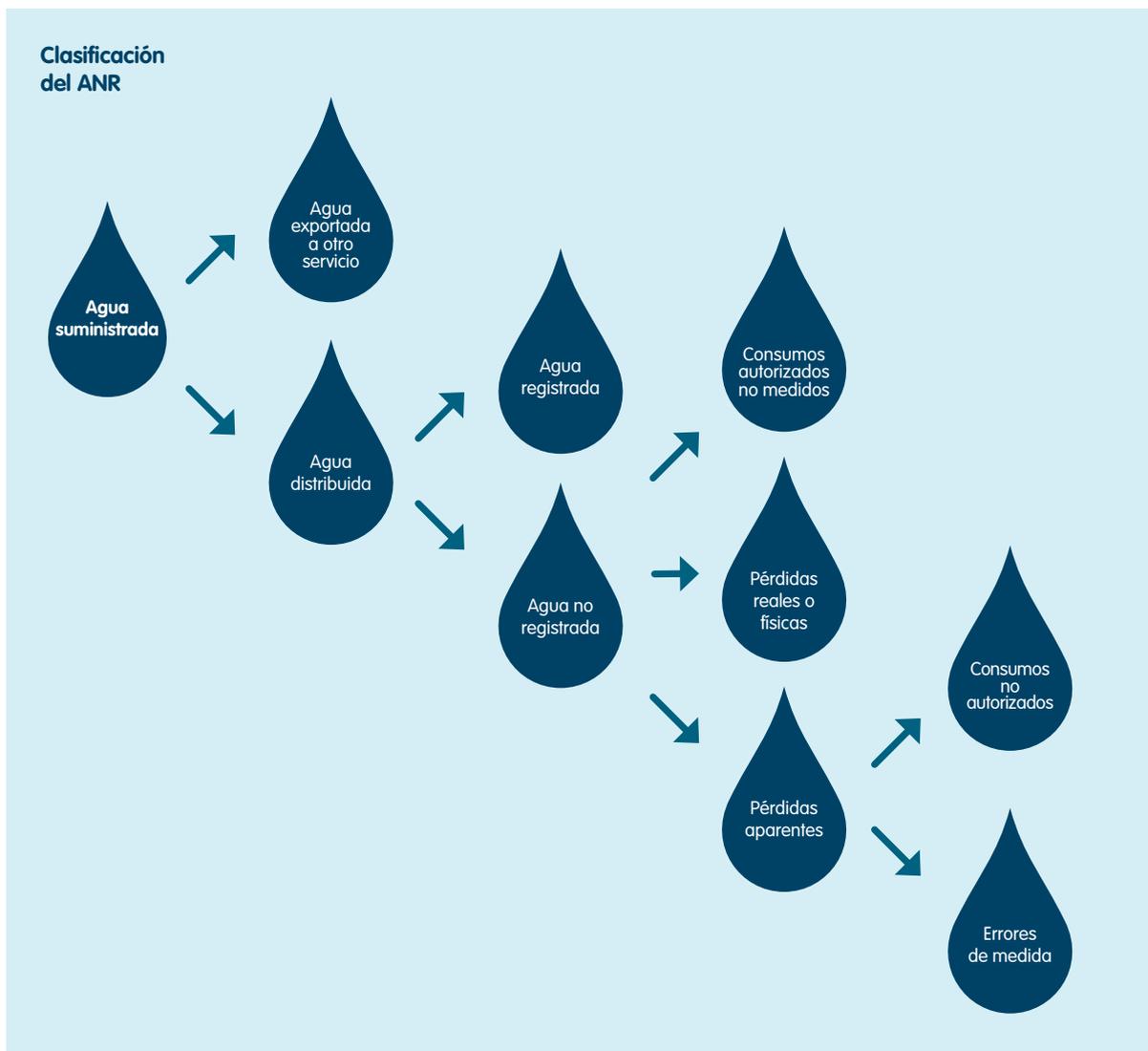
En el presente apartado se introducen y analizan una serie de medidas, complementarias o alternativas a las hasta ahora planteadas, que permiten acercarnos a una solución más sostenible de la gestión del recurso, y se analizan los beneficios que pueden obtenerse de ellas así como su viabilidad de implantación en la isla de Gran Canaria. Evidentemente, no es objeto del presente documento un análisis detallado y concreto de cada una de estas medidas, cuestión que pertenece sin duda al desarrollo del proceso de planificación hidrológica.

Es importante destacar que, atendiendo a la innegable conexión entre agua y energía, se han incluido entre estas medidas a considerar algunas relacionadas con la optimización energética.

## 1. REDUCCIÓN DEL AGUA NO REGISTRADA (ANR)

Cuando se hace referencia al abastecimiento urbano de agua, y al introducir análisis sobre la eficiencia en su gestión, se manejan conceptos tales como el de agua no registrada (ANR) o agua no contabilizada. Desde un punto de vista técnico, el volumen de agua no registrada (ANR) se define como la diferencia entre el volumen de agua suministrada al sistema y el volumen de agua registrada en los medidores de los clientes.

En la siguiente figura, se muestra la clasificación del agua no registrada, desde que se introduce agua en la red de suministro hasta el consumidor final.

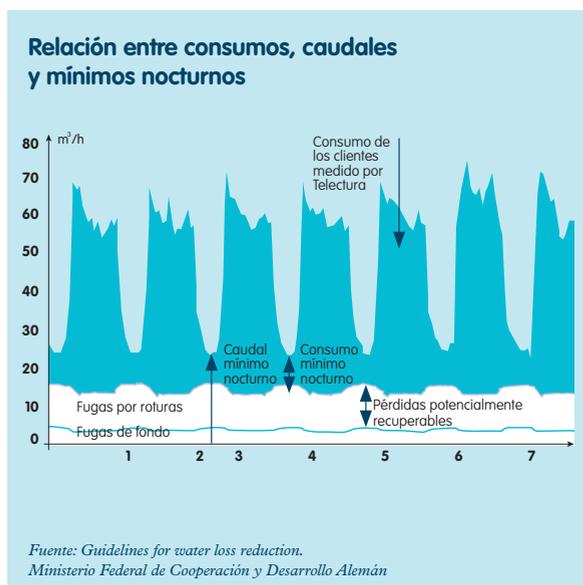


En el ámbito de Gran Canaria el volumen de agua suministrada se estima en 76,5 hm<sup>3</sup> anuales para abastecimiento de poblaciones (Datos de 2007, Plan Hidrológico). Los volúmenes de ANR varían mucho entre municipios, siendo el promedio insular del 16%, pero alcanzándose valores de ANR de hasta un 29% en algunos municipios. Evidentemente, una mejora en estos valores supondría un aumento neto de recurso disponible.

El método tradicional para mejorar la gestión y control de ANR es la sectorización, consistente en crear grandes áreas hidráulicas o Distritos Hidráulicos (de 20-30 km), monitorizar el caudal y cuantificar y localizar las fugas que se puedan producir. Recientemente se ha introducido el concepto de microsectorización dinámica. Se trata de una tecnología que permite aislar automáticamente microsectores (de 6 km de media) en período nocturno con la ventaja de permitir la localización de fugas de manera más temprana (reducido tiempo de alerta) y de forma mucho más precisa (reducido tiempo de localización).

Adicionalmente, la microsectorización dinámica puede realizarse de una forma más precisa si se integra con la telelectura en los contadores de clientes.

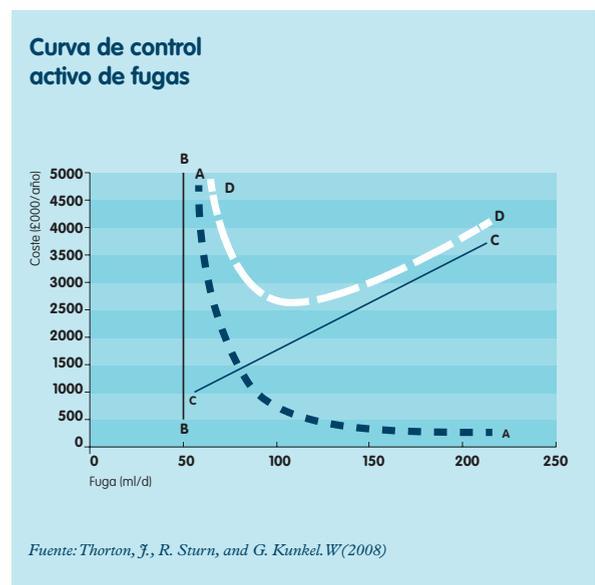
En una red dotada de telelectura, en la que se realiza un control activo de fugas por microsectorización dinámica se puede descontar de las curvas de caudal de cada sector el consumo registrado en los contadores, de esta forma es posible conocer con más detalle la parte correspondiente a las pérdidas físicas. La siguiente figura muestra una gráfica tipo de un sector, con los consumos obtenidos mediante telelectura frente al caudal medido a la entrada del sector estudiado, pudiéndose obtener las pérdidas que son potencialmente recuperables.



Existen multitud de casos de éxito del control activo de fugas implantados a nivel mundial. En California, Suez Water Europe colabora aportando respuestas a las necesidades de las compañías del sector del agua a través de la microsectorización dinámica. A nivel nacional destaca el caso de Murcia, donde se ha reducido el volumen total de agua perdida a una tercera parte y con un periodo de retorno de la inversión de 1,5 años. Otro ejemplo, a nivel nacional es el caso de Membrilla (Ciudad Real), donde se pasó de una producción de agua de 2.000 hm<sup>3</sup> a 1.300 m<sup>3</sup> al día, ahorrando por lo tanto más de un 30% del recurso.

La propuesta para la reducción del ANR en Gran Canaria analizada a continuación se basa en la implantación de un control activo de fugas mediante microsectorización dinámica y telelectura de forma generalizada en las redes de distribución partiendo de los casos de éxito existentes en la propia isla tales como los municipios de San Bartolomé de Tirajana, Santa Lucía de Tirajana o Telde donde se ha conseguido la reducción del ANR por debajo del 15 % y con una implantación total de la telelectura para los grandes puntos de consumo y con gran despliegue para el resto de usuarios.

La siguiente figura muestra la relación económica de la búsqueda de fugas con la mejora de m<sup>3</sup> recuperados gracias a la implantación de esta actividad.



### **Análisis de sostenibilidad y viabilidad de implantación**

La cuantificación de costes y beneficios de la implantación de un control activo de fugas por microsectorización dinámica y de telelectura se ha hecho de forma independiente dado que, aunque son procesos que pueden adoptarse de forma integrada, también pueden ser implantados de forma independiente.

El coste de producción de agua en Canarias (tanto económico, como energético y ambiental) es considerablemente elevado por lo que cualquier punto de mejora del rendimiento o el propio mantenimiento del mismo supone una mejora sustancial en los balances hidráulicos y económicos de la isla. Típicamente la mejora del

rendimiento hidráulico obtenida con la implantación de la microsectorización dinámica es de un 20-70% del Agua no Registrada en función del rendimiento hidráulico de partida de la red, por lo que tiene un impacto importante en la gestión eficiente del recurso. Es evidente, pues, que la aplicación de soluciones basadas en la microsectorización dinámica podría suponer una reducción en los caudales demandados para la satisfacción de los consumos.

En cuanto a la telelectura, los cálculos de beneficios se han realizado a partir de una estimación de recursos hídricos necesarios de 94,8 hm<sup>3</sup> para el año 2015 para Gran Canaria, y basados únicamente en las mejoras obtenidas por la implantación de esta solución.

### **Cuantificación de beneficios en la implantación de telelectura de red fija**

Concepto	Beneficios	%	Total agua recuperada
Identificación de fugas y sobreconsumos	Reducción del consumo	0,64%	0,60 hm <sup>3</sup>
Identificación de fraudes y averías	Reducción de Agua No Registrada	1,24%	1,17 hm <sup>3</sup>
Reducción de pérdidas de red	Reducción de Agua No Registrada	1,07%	1,01 hm <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>Reducción de necesidad de agua</b>	<b>2,95%</b>	<b>2,80hm<sup>3</sup></b>

## **2. RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS**

La recarga artificial de acuíferos (Acuífero Recharge, AR) agrupa un conjunto de técnicas que tienen por objetivo la introducción de agua en el acuífero para incrementar la disponibilidad y/o mejorar la calidad de las aguas subterráneas.

**Los campos de aplicación de técnicas AR son:**

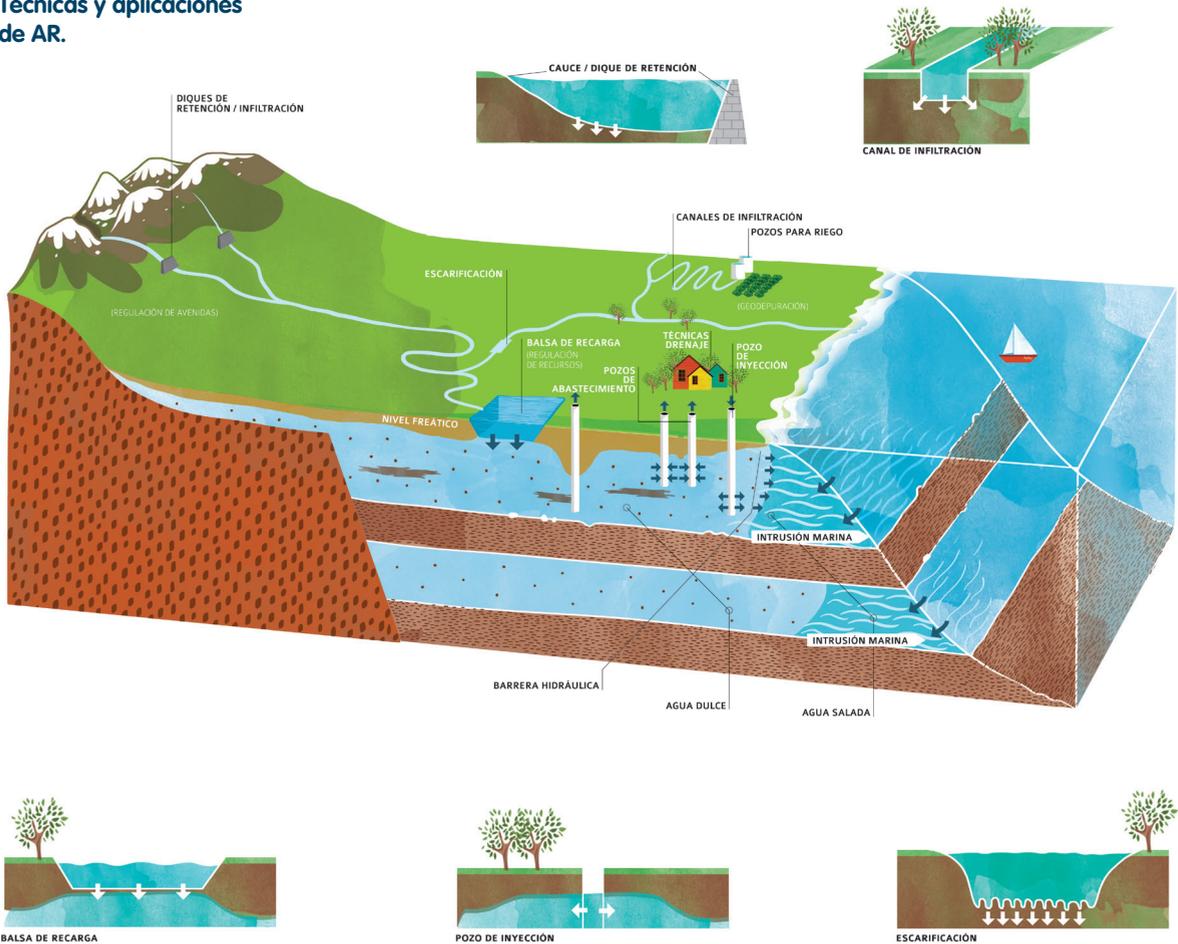
**Regulación de excedentes**, minimizando los caudales superficiales que desembocan en el mar y aumentando así el recurso disponible.

**Gestión de interfase marina** en acuíferos costeros.

**Geodepuración de aguas.**

**Inyección de residuos líquidos.**

## Técnicas y aplicaciones de AR.



Fuente: Aqualogy (2012). Recarga Artificial de Acuíferos. Guía Metodológica. Conferencia para la Dirección General del Agua Chile.

Actualmente, la **recarga artificial de acuíferos** se utiliza como herramienta de gestión de recursos en zonas de alto estrés hídrico, destacando por la entidad de operaciones las aplicaciones de regulación de excedentes en USA (California, Arizona o Nevada) y Australia, reutilización de aguas tratadas en Israel y geodepuración en Alemania y Francia.

En España existe una amplia gama de aplicaciones de recarga artificial de acuíferos entre las que destacan: **Sondeos de recarga del alto Guadiana; Recarga artificial en la cubeta de Saliestre y Carracillo; Recarga del acuífero Delta del Llobregat, con ASR, balsas, escarificado y barrera hidráulica.**

## Análisis de sostenibilidad y viabilidad de implantación

Atendiendo a las problemáticas diagnosticadas en la isla, se identifican los siguientes campos de aplicación de la recarga artificial de acuíferos en Gran Canaria:

**Regulación de escorrentías y excedentes hídricos que se pierden al mar.**

**Ajustes de balances de masas de agua subterránea en mal estado.**

**Mejora de la calidad de aguas subterráneas afectadas por intrusión marina.**

Como volúmenes susceptibles de regularse mediante AR se consideran los siguientes:

### **Escorrentía superficial:**

Se estima que en una primera fase se podrá infiltrar un 10% de excedentes con actuaciones en zonas potencialmente favorables y otro 10% en áreas menos permeables, que exigirán un 50% más de inversión.

### **Aguas residuales sin tratar:**

Se establece en un 75% los volúmenes que se podrán recargar, correspondiendo el 25% restante a picos no regulables.

### **Aguas residuales tratadas:**

Se consideran que se aprovecharán el 100% en dispositivos ASTR.

## **Impacto máximo estimado para las actuaciones propuestas para AR.**

Se analizan los volúmenes que podrían ser recuperados mediante recarga artificial de acuíferos y el coste asociado a este nuevo recurso introducido en el balance global. La siguiente tabla muestra los valores estimados con cada actuación propuesta en la isla de Gran Canaria.

Medida	Actuación	Disponibilidad (hm <sup>3</sup> )	Objetivo aprovechamiento (%)	AR (hm <sup>3</sup> )	Coste <sup>3</sup> €/m	Acumulado (hm <sup>3</sup> )
I	Inyección de aguas tratadas	22	100%	22	0,2424	22
II	Recarga de agua residual	15,4	75%	11,55	0,0913	33,55
III	Recarga escorrentía Fase I	72,6	10%	7,26	0,1095	40,81
IV	Recarga escorrentía Fase II	72,6	10%	7,26	0,1643	48,07

Estas estimaciones cuantifican el potencial máximo que cabría esperar para cada actuación, si bien la viabilidad de alcanzar estos aprovechamientos ha de ser fruto de un análisis en detalle de cada actuación local.

### 3. OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES.

La optimización energética de instalaciones permite optimizar al máximo el consumo energético y los costes económicos derivados del uso de la energía, con las ventajas medioambientales y sociales que ello conlleva a nivel de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Siendo el binomio agua –energía fundamental y estratégico para Gran Canaria, estas medidas de optimización energética son claves para encaminar a Gran Canaria hacia la soberanía energética.

Entre las medidas de optimización energética destacan las auditorías energéticas, la gestión integral de la energía y el uso de energías renovables y limpias. En este punto destacamos los beneficios obtenidos por las auditorías energéticas, tratándose más adelante el uso de energías renovables.

Cabe destacar que, dentro de este contexto, la UE ha propuesto un paquete integral de medidas sobre el cambio climático y energía, que prevé nuevos y ambiciosos objetivos para el año 2020. El plan conforma el objetivo conocido como 20/20/20.

**Reducir los gases** de efecto invernadero en un 20%.

**Ahorrar un 20%** en el consumo de energía mediante mejoras en la eficiencia energética. Además cada país debe cubrir el 10% de sus necesidades de transporte con biocombustibles.

**Promover las energías renovables** hasta un 20% de la energía generada.

Por otra parte, hay que remarcar que los precios de la energía en España han sufrido unos incrementos muy por encima del valor general del IPC -más de un 70% acumulado durante los últimos 10 años según datos de EUROSTAT-, situando el precio medio de la electricidad en el tercero más caro de la UE, por encima de Francia, Alemania y Reino Unido.

El procedimiento básico para la realización de la auditoría energética se basa en los requisitos indicados en la norma de referencia EN 16247-1:2012: Requisitos generales de las auditorías energéticas.

#### Análisis de sostenibilidad y viabilidad de implantación

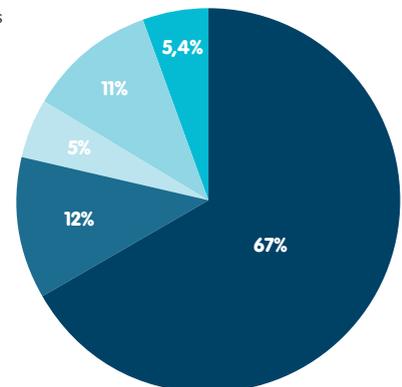
Teniendo en cuenta el número de instalaciones relacionadas con el ciclo integral del agua en la isla de Gran Canaria (45 estaciones depuradoras, 20 desaladoras y 118 desalobradoras) y los resultados de estudios realizados por el grupo SUEZ, con muestras reales en diferentes tipologías de instalaciones, podemos concluir que a priori es viable la implantación de medidas de eficiencia energética en Gran Canaria.

Para analizar el peso específico de cada etapa del proceso en el consumo final de las instalaciones, es necesario analizar la distribución de consumos en las mismas. En base a dos muestras reales de EDARs con tratamiento terciario (mediante filtración convencional y mediante ultrafiltración) se evalúa el peso de los consumos en cada etapa.

#### Distribución de consumos energético en EDARs con tratamiento terciario.

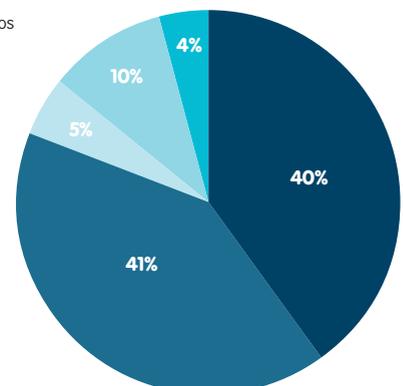
##### EDAR con filtración convencional

- Tratamiento biológico
- Tratamiento terciario
- Tratamiento de fangos
- Otros
- Pretratamiento



##### EDAR con ultrafiltración

- Tratamiento biológico
- Ultrafiltración
- Tratamiento de fangos
- Otros consumos
- Pretratamiento y primario

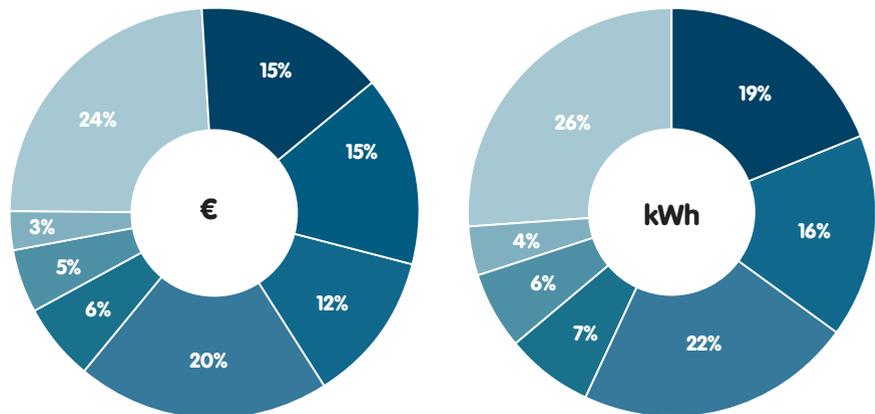


La realización de **auditorías energéticas** en plantas depuradoras, permite adoptar acciones correctoras de **eficiencia energética** y **optimizar** la facturación alcanzando en términos globales un **ahorro** energético respecto al consumo total del 29%, y del 31% de ahorro en costes de electricidad.

La siguiente figura muestra el peso específico de cada grupo de propuestas a realizar en las auditorías llevadas a cabo en EDAR y EDAM/EDAS, tanto a nivel de ahorro en consumo energético, como en ahorro de costes de electricidad.

#### Distribución del impacto energético y económico obtenido en instalaciones mediante las acciones propuestas en la auditoría energética.

- Reparación y sustitución
- Optimización de facturación
- Rehabilitación sistema de difusores
- Sustitución de equipos de bombeo
- Regulación y distribución de aire
- Sistemas de control de aireación
- Mantenimiento sistema de aireación
- Otras medidas



El coste de las auditorías energéticas varía según el tamaño de la planta (en kWh y m<sup>3</sup>/h tratado), sin embargo, en términos generales y por los trabajos realizados supone un coste equivalente al 15% de los ahorros económicos potenciales detectados en las mismas que, por otra parte, son ahorros con recurrencia anual.

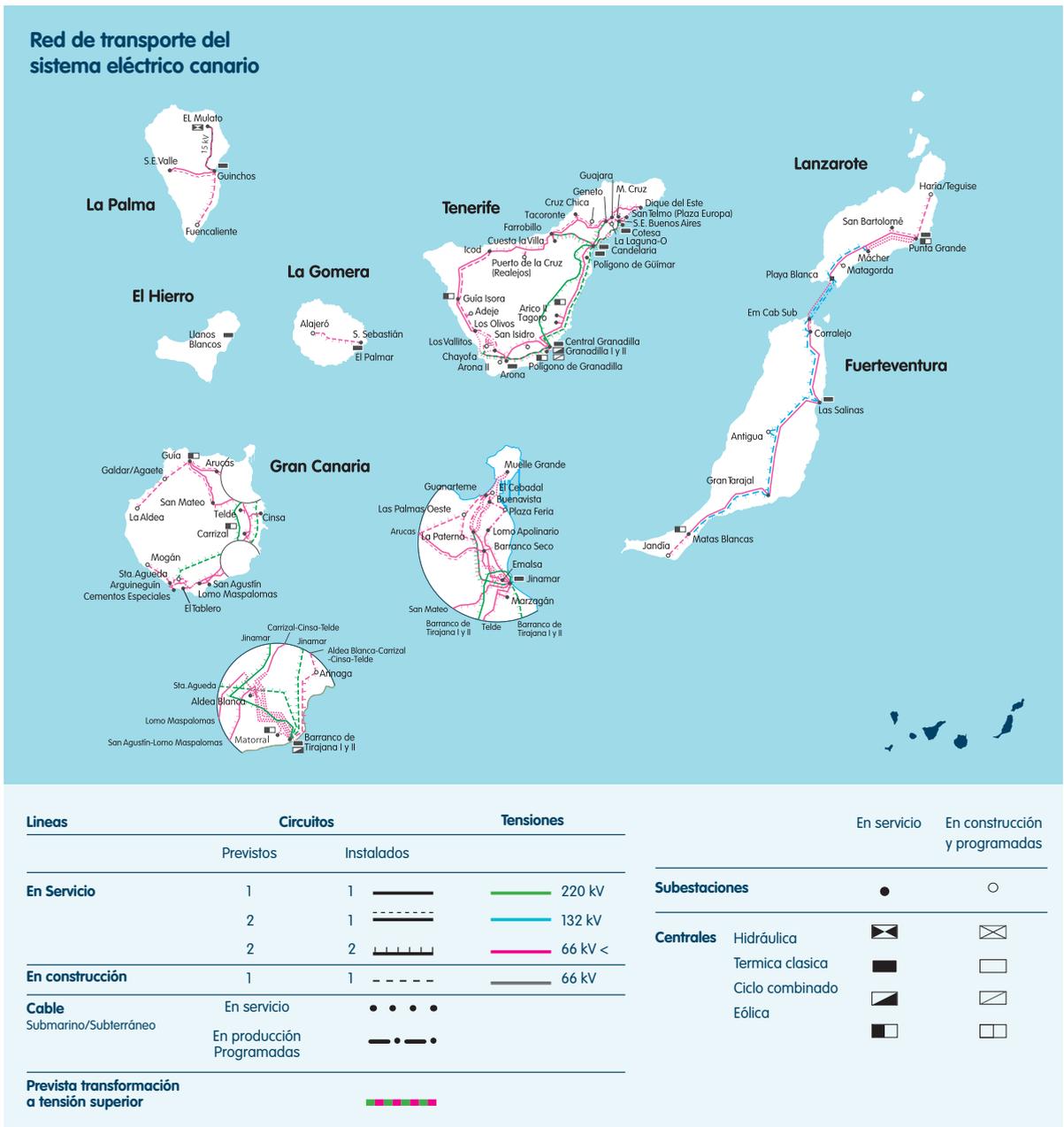
En la siguiente tabla se muestra los datos de ahorros e inversión media obtenida por auditoría y tipología de acciones propuestas, teniendo en cuenta que dependiendo de cada planta estos valores pueden variar según el estado, tamaño y tipo de tratamientos que se llevan a cabo en la misma.

#### Inversión media por tipología de acción en auditoría energética

Descripción de acción	Ahorro energético medio (kWh/año)	Inversión media prevista (€)	Periodo de retorno de inversión simple (años)
Reparación y sustitución equipos de aireación/filtración	137.189	67.526	5,2
Optimización de facturación	-	1.325	0,1
Rehabilitación sistema de difusores	111.993	20.542	2,3
Sustitución de equipos de bombeo	97.314	27.774	1,7
Regulación y distribución de aire	102.550	15.669	1,7
Sistemas de control de aireación	110.906	35.620	3,7
Mantenimiento sistema de aireación	44.785	1.352	0,4
Otras medidas	84.944	15.567	1,7

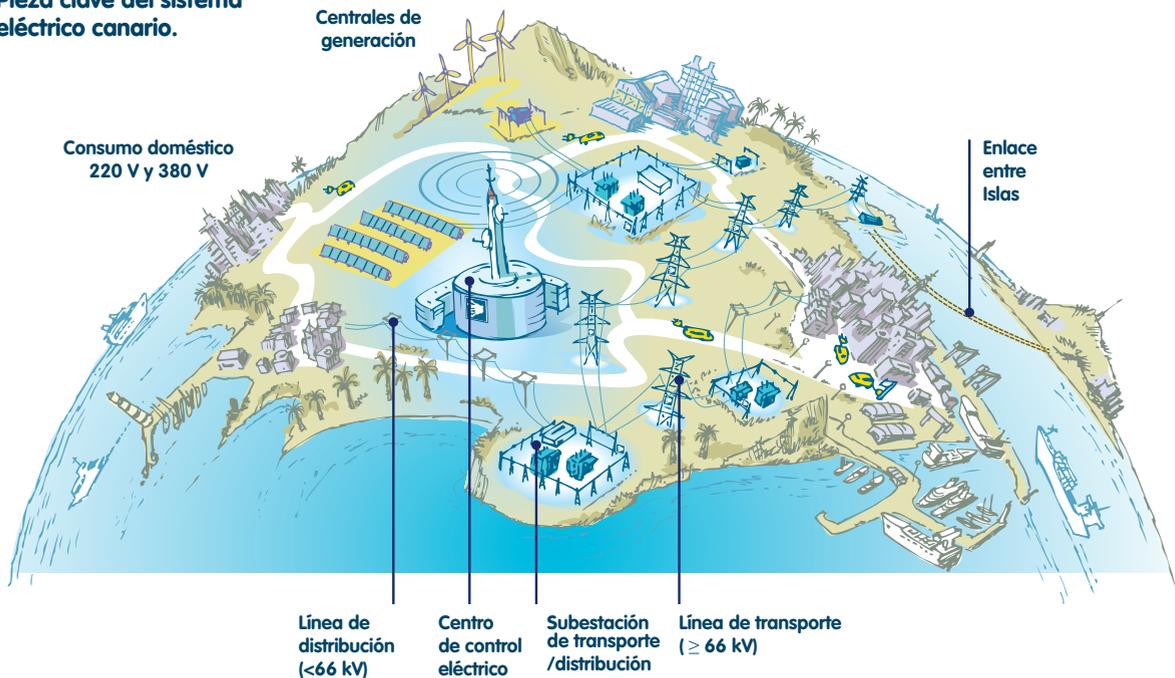
## 4. GENERACIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE TURBINAS E INSTALACIONES DE ENERGÍAS RENOVABLES.

El sistema eléctrico canario cuenta con seis sistemas aislados y de pequeño tamaño. Esta circunstancia hace que la calidad de servicio y la estabilidad de los mismos resulte más complicada que en los grandes sistemas interconectados.



Fuente: Red Eléctrica de España

## Pieza clave del sistema eléctrico canario.



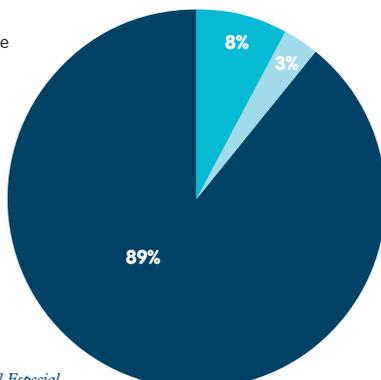
Fuente: Red Eléctrica de España

Para garantizar el correcto funcionamiento de la red, resulta necesario mantener el **equilibrio** entre la **generación** energética y el **consumo** eléctrico del sistema, y es en este punto donde la implementación de **energías renovable** se posiciona como pieza angular para alcanzar los objetivos de eficiencia energética y sostenibilidad.

Según los datos obtenidos del Plan Territorial Especial Hidrológico de Gran Canaria (2007), el reparto de suministro de energía según su origen es el mostrado en la siguiente figura.

### Energía según origen de Gran Canaria

- Tratamiento Fósil
- Energía Renovable
- Congeneración



Fuente: Plan Territorial Especial Hidrológico de Gran Canaria

Fijado el marco general, y habiendo quedado claro el potencial existente, a continuación se analiza principalmente la idoneidad del desarrollo de 3 fuentes de generación renovable:

**Generación eólica**, utilizando la fuerza del viento para generar energía gracias a turbinas eólicas.

**Generación solar fotovoltaica**, convirtiendo la radiación solar para generar energía

**Generación minihidráulica**, aprovechando los parámetros hidráulicos de una red de agua potable (presión y caudal) para ser capaz de generar energía a través de turbinas hidráulicas.

## **Análisis de sostenibilidad y viabilidad de implantación**

El potencial energético de Gran Canaria viene condicionado por la posibilidad de aprovechamiento de energías renovables dentro de la isla, así como por sus puntos de mayor consumo.

Teniendo en cuenta la viabilidad técnico-económica de la implantación de las explotaciones energéticas, la propuesta para la isla de Gran Canaria es la apuesta por instalaciones eólicas, fotovoltaicas y minihidráulicas.

Cabe esperar que si se aumentara la proporción de energía generada a partir de energías renovables, se reduciría el coste de la misma, que ha ido evolucionando al alza en el archipiélago canario en los últimos años, conformando además una red autosuficiente, robusta y eficiente.

A continuación se realiza una estimación de producción a partir de los datos obtenidos del estudio realizado para tres tecnologías. En el caso de la solar fotovoltaica y eólica, la estimación de producción se realiza a partir de los valores estimados considerando los datos

de potencial instalable según el modelo que publica el Instituto Tecnológico Canario, al que se le ha restado la potencia instalada actualmente. En el caso de la hidráulica, los valores de potencial se estiman a partir de los puntos de aplicación en depuradoras.

Se concluye, por lo tanto, que existe un potencial muy elevado en Gran Canaria para la implantación de plantas de generación de energías renovables, fundamentalmente fotovoltaica y eólica. La generación minihidráulica presenta un potencial absoluto menor, pero las evoluciones actuales de las tecnologías permiten conseguir una mejor rentabilidad en su implantación.

En efecto, una vez analizados los potenciales energéticos se observa que la energía minihidráulica posee el período de retorno de la inversión menor (con 6,8 años), lo que la hace especialmente recomendable en aquellos puntos de la red donde se den las condiciones adecuadas. La mayor producción de energía renovable es una de las medidas de mitigación en los planes de Cambio climático globales, contribuyendo así positivamente a este objetivo.

## **Estimación económica en potenciales**

Fuente: Elaboración propia

Tipo de tecnología	FOTOVOLTAICA	MINIHIDRÁULICA	EÓLICA
	Potencial (2)	Potencial	Potencial (2)

### **Parámetros básicos para instalaciones potenciales**

Unidad de estimación	kW	kW	kW
Destino	Autoconsumo	Autoconsumo	Autoconsumo
Potencial	762.880	550,09	278.500
% utilizable	0,2	0,25	0,27
Total kWp potenc. instalables	152.576,00	137,52	75.195,00

### **Variables de estimación económica en potenciales**

Destino	Autoconsumo	Autoconsumo	Autoconsumo
Total kWp potenc. instalables	152.576	138	75.195
Producción anual (kWh)	267.008.000	602.345	131.591.250
Red. Emisiones CO2 (Tn/año)	71.291,14	160,83	35.134,86
Ratio inversión (€/Wp) (1)	1,5	2,7	2,5
Total Inversión (M€) (1)	228,9	0,4	188,0
Potencia a instalar (kW)	152.576	138	75.195
Coste de la energía (€/kWh)	0,09	0,09	0,09
Ahorros anuales (M€)	24	0,05	12
Periodo de retorno	9,5	6,8	15,9

(1) Valor medio estimado según particularidades de la instalación. Entrega en BT o MT, distancia a punto de entrega, complejidad de la línea a ejecutar en su caso, estado de cubiertas, diseño de la estructura soporte, etc.

(2) Valores estimados considerando los datos de potencial instalable según modelo inicial del horizonte 2020 del ITC descontando la potencia instalada actualmente

## 5. OPTIMIZACIÓN DE TOMAS DE DESALADORAS.

Los sondeos de toma de agua de mar para desaladoras, conocidos como pozos playeros, presentan notables ventajas frente a las tomas abiertas, ya que producen agua filtrada, de escaso contenido microbiológico y en condiciones físico – químicas estables, lo que simplifica y disminuye los costes de pretratamiento.

No obstante, la concentración de sondeos y la extracción de importantes volúmenes de agua en frentes de costa de dimensiones limitadas son la causa principal del incremento de costes de producción, que se asocia a:

**Interferencias entre sondeos próximos.**

**Procesos de colmatación/ incrustación en rejillas y acuífero.**

**Generación de grandes conoides piezométricos y alcance de barreras hidráulicas o capas de menor permeabilidad.**

La eficiencia de los pozos playeros tiene alta incidencia en el rendimiento global de la instalación de desalación. Para mejorar la eficiencia de desaladoras y facilitar su posterior mantenimiento, es de gran utilidad la aplicación de un protocolo de actuaciones que incluye un sistema de control operativo de instalaciones, que detecta de forma temprana desviaciones de rendimientos, y un plan de mantenimiento preventivo, que corrige desviaciones antes de provocar impactos de mayor entidad, y todo ello basado en la consideración del pozo como un conjunto acuífero – perforación – equipos de impulsión.

El protocolo de control de pozos playeros y de suministro de agua a desaladoras se basa en el registro y seguimiento de parámetros de producción e indicadores de eficiencia, previamente definidos en función de la hidrogeología local, de las características constructivas de los pozos y de sus equipos de impulsión.

Una de las medidas de mantenimiento preventivo destacable es el desarrollo y limpieza recurrente de interior de pozos con CO<sup>2</sup> líquido, que permite limitar los procesos de colmatación / incrustación y la formación de biofilm en rejillas y zonas próximas del acuífero, y garantiza el mantenimiento de eficiencia y capacidad productiva del pozo y el aporte de agua sin turbidez y con baja tasa de contenido orgánico.

### **Análisis de sostenibilidad y viabilidad de implantación.**

No hace falta repetir la gran importancia que tienen las desaladoras para suministro de agua a Gran Canaria, con 20 instalaciones de desalación de agua de mar y otras 118 de tratamiento de aguas subterráneas salobres. De entre ellas, no se cuenta con un inventario exhaustivo de instalaciones que utilizan sondeos para suministro de agua bruta. Si se considera un caudal medio de 5.000 m<sup>3</sup>/día, tasas de conversión del 42% para desaladoras y 70% para desalobradoras, el número de sondeos existente no debe ser inferior a 200 unidades. Con este número de instalaciones, es evidente que la implementación de los protocolos para su optimización tiene recorrido en la isla.

Para evaluar el impacto de estas medidas se realiza una estimación de beneficios basada en las oportunidades de mejora detectadas en trabajos realizados por SUEZ ADVANCED SOLUTIONS sobre pozos playeros y captaciones subterráneas en general.

La siguiente tabla muestra los valores estimados de recurso equivalente obtenido con cada actuación propuesta en la isla de Gran Canaria.

### **Recurso equivalente obtenido mediante la optimización de tomas de desaladoras**

*Fuente: Elaboración propia*

Medida	Actuación	Tipo mejora	m <sup>3</sup> /año equivalentes	Acumulado	
				m <sup>3</sup> /año	€/m <sup>3</sup>
I	Tasa de conversión por control de salinidad del agua	Aporte recursos	224.400	224.400	0,24
II	Seguimiento y control de indicadores de eficiencia	Ahorro energético	617.100	841.500	
III	Preventivo con CO <sup>2</sup> líquido	Ahorro energético	411.400	1.252.900	0,54

Se puede concluir, en definitiva, que la aplicación de protocolos para la optimización de captaciones es a priori viable en Gran Canaria dado el elevado número de instalaciones existentes, y que su implantación supondría un doble beneficio cuantificable: un aumento del recurso disponible y, sobretudo, un ahorro energético asociado a un mejor funcionamiento del sistema.

## 6. EFICIENCIA EN REGADÍOS.

Los regadíos son grandes consumidores de agua. En Gran Canaria, el consumo se sitúa en el 42% del total, es indudable su peso específico en el balance recurso-demanda. La eficiencia en el uso del agua, en lo que se refiere a métodos de riego, no siempre ha sido la adecuada. Por ello, es indispensable estudiar la posibilidad de mejora en este ámbito.

En este sentido, en los últimos años se ha realizado una inversión muy importante en la modernización de los regadíos en la isla. Estas inversiones se han centrado en adecuar las infraestructuras de regadío con objeto de optimizar el recurso del agua y realizar un aprovechamiento sostenible del mismo.

En este contexto, las Comunidades de Regantes (CCRR) surgen para realizar una distribución del agua de riego, siendo el agua la base fundamental de estas organizaciones.

La solución de gestión integral de regadíos es un modelo integral de apoyo a las CCRR que engloba multitud de tareas y servicios imprescindibles para conseguir los objetivos marcados de mejora en la eficiencia y reducción de costes. Concretamente se destacan las siguientes líneas de acción:

### GESTIÓN DEL AGUA.

**Gestión y control** de los consumos de agua.

**Cálculo** de las necesidades hídricas, dotaciones de riego y asesoramiento en cultivos.

**Recepción y optimización** de las peticiones de riego.

### FACTURA ENERGÉTICA

La dependencia energética de las Comunidades de Regantes se ha incrementado en los últimos años, a la vez que se han ido incrementando los precios de la energía.

**Auditorías** energéticas.

**Análisis** de históricos de consumos eléctricos por estación de bombeo para optimizar rendimientos futuros.

**Negociación** con la compañía eléctrica de las tarifas de riego para próximas campañas.

### INFRAESTRUCTURAS Y TECNOLOGÍA

Hoy en día, todavía existen Comunidades de Regantes que no han pasado por un proceso de modernización, realizando el servicio de riego de manera tradicional y con unas infraestructuras obsoletas y deficientes. En otros casos disponen de infraestructuras modernizadas pero complejas y desconocidas.

Para todos estos casos, se destacan las siguientes líneas de acción:

**Estudios** hidráulicos de las redes, estaciones de bombeo y filtrado.

**Mantenimiento** de las instalaciones. Inventariado de las instalaciones, elementos de medida, control y protección.

**Instauración** de una plataforma tecnológica de gestión y control integrados específica para cada CCRR.

### **Análisis de sostenibilidad y viabilidad de implantación**

Las 10.000 ha de regadío, existentes en la isla, consumen 69,9 hm<sup>3</sup>, lo que significa más de un 40% de los recursos totales de la isla, por lo que se hace necesario una actuación lo más **eficiente** posible y **sostenible** en materia de regadío.

En cuanto a la optimización del uso del recurso, se estima que una gestión más sostenible en las comunidades de regantes puede permitir un ahorro de un 5% del consumo mediante aplicación de riego optimizado en base a criterios agronómicos y climáticos.

Por otra parte, la implantación de planes de mantenimiento preventivo en las instalaciones de riego permite la detección de roturas y pérdidas de agua, estimándose una ahorro adicional de un 0,5% del consumo total. Finalmente, mediante medidas de control del agua no registrada se estima que se podría alcanzar además una reducción del 1% del consumo total.

Considerando los consumos actuales se alcanzaría un ahorro potencial de 4,54 hm<sup>3</sup>/año, que ascenderían a 5,00 hm<sup>3</sup>/año en 2015 y 2027 cuando se prevé un consumo agrícola total de 76,9 hm<sup>3</sup>/año.



## **7. GESTIÓN INTEGRADA DE REDES DE SANEAMIENTO Y CONTROL DE VERTIDOS.**

La gestión avanzada e integral de redes de saneamiento comporta hacer frente a un conjunto de problemáticas y requerimientos que podemos sintetizar en:

**Impactos ambientales sobre el medio acuático** derivados de los vertidos desde la red de saneamiento.

**Impactos sobre la sociedad.** El mal estado de una red de alcantarillado genera mal funcionamiento de la misma, obstrucciones por acúmulo de sedimentos y problemas estructurales, llegando a generar problemas de inundaciones en episodios de lluvia así como olores.

**Impactos económicos.** Debe tenerse en cuenta que cualquier actuación sobre la red de drenaje y saneamiento en general que sea llevada a cabo sin base a un adecuado conocimiento sobre las necesidades de la misma, generará un uso ineficiente de recursos.

Por su especial aplicabilidad al caso de Gran Canaria y porque suponen la base para una mejora inmediata en términos de sostenibilidad y reducción de riesgos, el presente documento se centra en presentar medidas en los ámbitos de la gestión avanzada de la limpieza y mantenimiento del alcantarillado y en el control de vertidos.

### **Operación y mantenimiento de redes de alcantarillado. Gestión avanzada de la limpieza del alcantarillado.**

El aspecto fundamental para el adecuado funcionamiento de una red de alcantarillado es su estado de limpieza. Ante ello, las soluciones convencionales se basan en actuaciones correctivas y en un mantenimiento preventivo no selectivo.

Para implementar una gestión avanzada de las redes de alcantarillado, SUEZ ADVANCED SOLUTIONS ha desarrollado una propuesta metodológica y tecnológica denominada GALIA. La clave reside en disponer del máximo conocimiento del estado de la red para poder determinar sus necesidades reales. Esta metodología permite determinar dónde es necesario limpiar, cuándo y con qué frecuencia debe hacerse, gracias al análisis de toda la información histórica, del entorno, cartográfica y, muy especialmente al uso de tecnologías de inspección previa de alto rendimiento y coste moderado que permiten conocer el estado real de la red.

### **Control de Vertidos**

Una de los elementos esenciales para restringir los impactos ambientales negativos de las actividades industriales y de otra índole, es la gestión avanzada del control de vertidos en origen, que se propone como parte integral de los servicios municipales de alcantarillado.

Su objetivo básico es facilitar la vigilancia de los efluentes generados por estas actividades, para mantener la carga contaminante vertida al sistema de saneamiento por debajo de lo que es asumible por el propio sistema.

### **Otras Medidas**

Fuera del objetivo principal de este documento, deben tenerse en cuenta otras medidas importantes en una gestión integral del sistema de saneamiento. En este sentido, previo análisis de viabilidad, se pueden considerar la implantación de depósitos de tormenta o depósitos de retención de las descargas de los sistemas unitarios; implementación de redes separativas; instrumentación de la red o instalación de elementos electromecánicos telecontrolados en tiempo real.

### **Análisis de sostenibilidad y viabilidad de implantación**

La gestión avanzada de las redes de alcantarillado y el control de vertidos permite obtener claros beneficios en los tres ejes de sostenibilidad.

#### **Beneficios sobre el medioambiente y el recurso.**

Los estudios reflejan que, en zonas urbanas, el 25% de la carga contaminante anual que llega a los ríos y al mar procede del arrastre de los residuos acumulados en la red en tiempo seco y su transporte hasta los puntos de vertido. El control de vertidos a la red disminuye el riesgo de impacto ambiental no deseado en aguas continentales y marinas.

#### **Beneficios sobre la sociedad.**

Los impactos que pueden generar las redes de alcantarillado afectan a la calidad de vida de los ciudadanos. La elaboración y ejecución de un plan director estructural dinámico permitirá el conocimiento necesario de la red y garantizará el mantenimiento óptimo del estado estructural de la red acorde con el objetivo presupuestario y de prolongación de la vida útil en adecuado funcionamiento. Las soluciones a implementar en problemas de olores, como por ejemplo evitar la acumulación de sedimentos en la red, también revertirá en la calidad de vida de los ciudadanos.

#### **Beneficios sobre la economía.**

El desconocimiento sobre las necesidades reales de la red genera una planificación inadecuada y el uso ineficiente de los recursos que no van acompañados de una garantía de funcionamiento. Es destacable que a menudo la porción real de la red que requiere limpieza es inferior al 40% pudiendo llegar a porcentajes sensiblemente menores. No obstante, la frecuencia anual requerida en algunos puntos o zonas concretas puede ser mayor a una vez al año, por ejemplo. La planificación de los recursos supone un ahorro económico directo e indirecto puesto que se evitan los daños que estos episodios suelen generar.

En Gran Canaria, además de la necesaria preservación del agua como recurso para el abastecimiento, es imprescindible la protección de la calidad del agua de baño y su entorno por sus implicaciones turísticas. Así, un estado óptimo de limpieza de la red reducirá el riesgo de afección a las zonas de baño y su entorno turístico.

## IMPACTO POTENCIAL DE LAS MEDIDAS ESTUDIADAS

La implantación efectiva de las medidas planteadas en los apartados precedentes podría significar, sin duda, una mejora en cuanto a la **sostenibilidad** del ciclo integral del agua en Gran Canaria, como **eco-isla** que apuesta por la **protección** del territorio y de sus recursos, el uso de **energías limpias** y la **eficiencia** en el binomio agua / energía.

Lógicamente, previamente a dicha implantación serían necesarios estudios de detalle que cuantificaran su impacto y establecieran su coste exacto en cada caso y ámbito, validando así su viabilidad y su eficiencia local.

Sin perjuicio de realizar posteriormente estos estudios de detalle, resulta un ejercicio muy interesante intentar cuantificar el impacto potencial de la agregación de las medidas estudiadas sobre el balance recurso hídrico–demanda en la isla.

### 1. DETERMINACIÓN DEL DÉFICIT HÍDRICO EN GRAN CANARIA.

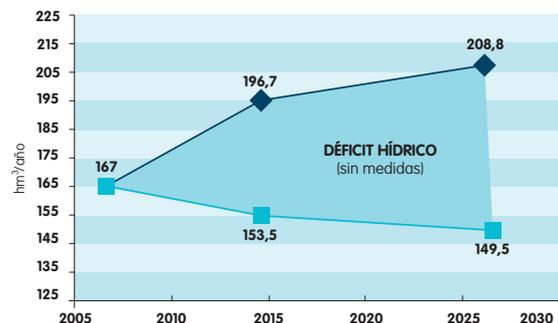
Para realizar este ejercicio, el primer paso es cuantificar el déficit hídrico en la situación actual, así como su evolución prevista en los próximos años, de acuerdo a la planificación vigente.

Para ello, se ha analizado los datos del Plan Hidrológico del escenario tendencial, que corresponde a la previsión de la evolución de los recursos y las demandas cuando no se desarrolla un programa de medidas y no se adopta ninguna actuación.

Teniendo en cuenta todas estas casuísticas, se ha determinado la evolución prevista de demanda y recurso en la isla. Se prevé un incremento de la demanda total a lo largo del periodo de planificación desde 167 hm<sup>3</sup>/año en el año 2007, hasta alcanzar los 196,7 hm<sup>3</sup>/año en 2015 y los 208,8 hm<sup>3</sup>/año en 2027, mientras que los recursos disponibles sufrirían un descenso relacionado con la protección del acuífero desde 167 hm<sup>3</sup>/año en el año 2007, hasta los 153,5 hm<sup>3</sup>/año en 2015 y los 149,5 hm<sup>3</sup>/año en 2027. La siguiente figura muestra la evolución prevista de recurso hídrico y demanda en la isla.

#### Evolución del déficit hídrico prevista en el horizonte de planificación (sin aplicación de medidas)

— Evolución prevista de la demanda  
— Evolución del recurso disponible en condiciones de sostenibilidad



Fuente: Elaboración propia (en base a datos del Plan Territorial Especial Hidrológico de Gran Canaria)

Tras el análisis se determina que el déficit hídrico en el escenario tendencial se sitúa en 43,2 hm<sup>3</sup>/año en 2015 y los 59,3 hm<sup>3</sup>/año en el año 2027.

## 2. ESTIMACIÓN DEL BALANCE INCLUYENDO LAS SOLUCIONES ESTUDIADAS.

Procede entonces intentar cuantificar, a nivel preliminar, como afectarían las medidas estudiadas en el presente documento al déficit hídrico previsto.

Para hacerlo, se tomarán en consideración únicamente algunas de las medidas, en concreto aquellas que suponen directamente un aumento en el recurso disponible (la recarga artificial y la optimización de las tomas de desaladoras) o bien una reducción en las demandas debida a una mejora de la eficiencia (las medidas de reducción de la ANR y de mejoras en regadíos). No se incluyen en este análisis, por lo tanto, aquellas medidas enfocadas fundamentalmente a la mejora de la eficiencia energética y gestión del residuo.

Para cada una de las medidas considerada se ha adoptado una serie de hipótesis que han permitido estimar el impacto que tendrían al ser implantadas.

### • Reducción del agua no registrada (ANR).

Dentro de las medidas enfocadas a la reducción del ANR se han diferenciado dos mecanismos diferentes: la microsectorización dinámica y la telelectura.

En el primer caso (microsectorización dinámica), y teniendo en cuenta que la escasez de recursos en las islas ha propiciado que ya se haya avanzado en los últimos años en la mejora del rendimiento de las redes existentes, se ha adoptado una reducción del ANR del 15% en 2015 y del 25% en 2027.

En el caso de la telelectura, por la experiencia adquirida en la implantación de esta tecnología, se adopta una reducción del ANR del 1,5% en 2015 y del 2,95% en 2027.

### • Recarga artificial de acuíferos.

Dentro de las medidas que permiten la recarga artificial de acuíferos se han diferenciado dos mecanismos diferentes: la inyección de aguas tratadas y la recarga de escorrentías.

En el caso de la inyección de aguas tratadas, se ha considerado alcanzar un grado de aprovechamiento de las aguas tratadas del 30% en 2015 y del 60% en 2027.

En el caso de la recarga de escorrentías, se ha considerado que en 2015 podrá recuperarse el 4% de la escorrentía que actualmente se vierte al mar, mientras que en el año 2027 se alcanzará un aprovechamiento del 8%.

### • Optimización de tomas de desaladoras.

El control de la salinidad del agua permite una mejor tasa de conversión en las desaladoras. En este caso se ha considerado una mejora de la tasa de conversión del 0,5% que se alcanza en 2015 y se mantiene hasta 2027. Este 0,5% se ha aplicado sólo al volumen de agua producido actualmente (2007) por desalación en la isla correspondiente a 48,8 hm<sup>3</sup>/año, considerando que no serán necesarias nuevas instalaciones en el futuro.

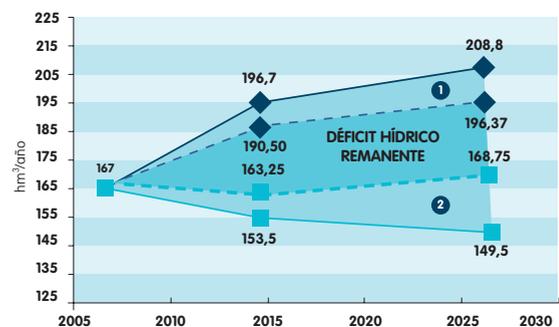
### • Eficiencia en regadíos.

Se ha estimado que una gestión más sostenible de las comunidades de regantes permitirá ahorrar hasta un 3,25% del consumo de agua para uso agrícola en 2015, aumentando hasta un 6,5% en 2027.

Adoptando el conjunto de medidas propuestas, se ha vuelto a analizar el balance recurso hídrico-demanda en la isla en los dos escenarios de planificación 2015 y 2017, obteniéndose los resultados que se muestran en la siguiente figura.

### Evaluación recurso-demanda prevista en el horizonte de planificación con las medidas propuestas.

- ① Reducción de la demanda con nuevas tecnologías
- ② Aumento del recurso disponible con nuevas tecnologías



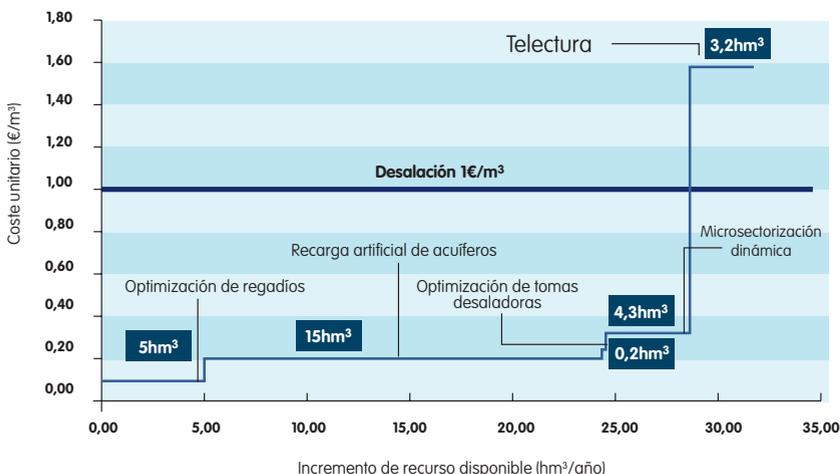
Fuente: Elaboración propia

Del análisis realizado se observa que el déficit hídrico en el año 2015 se reduce de 43,2 hm<sup>3</sup>/año a 27,2 hm<sup>3</sup>/año, lo que equivale a una reducción del 37%. En la segunda fase de planificación (2027) se preveía un déficit hídrico de 58,5 hm<sup>3</sup>/año, que con las medidas propuestas se reduce hasta los 27,6 hm<sup>3</sup>/año, lo que significa una reducción de un 53%.

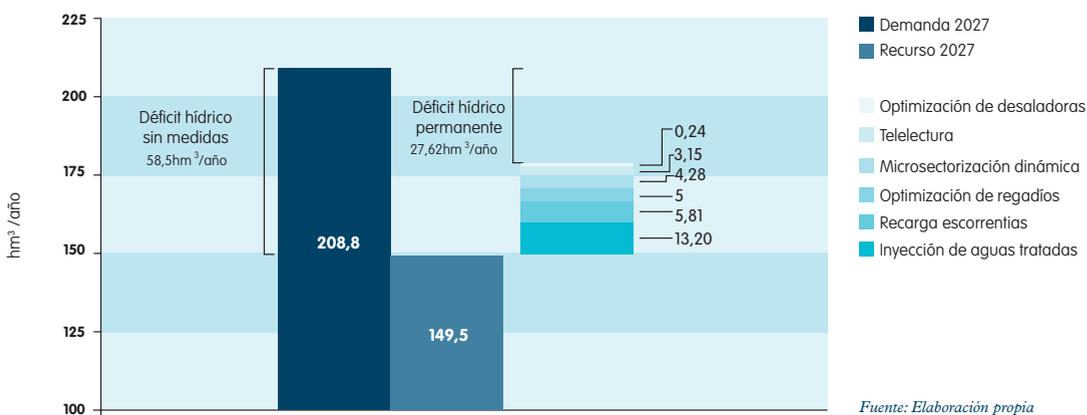
Finalmente, a modo de síntesis, se muestra la curva coste –efectividad que integra las medidas propuestas y el coste unitario así como los balances recurso hídrico–demanda en 2027, en los que se han integrado las medidas propuestas en el estudio.

El coste total de obtener estos recursos según las medidas indicadas sería de aproximadamente 10 M€. Este último análisis permite identificar aquellas medidas que aportan un volumen mayor al balance.

### Curva coste – efectividad de las medidas propuestas



### Impacto de las medidas en el balance recurso hídrico– demanda (2027)



Se observa pues que, mediante la inclusión de las medidas planteadas, basadas eminentemente en la gestión y en la optimización de las infraestructuras y recursos existentes con un enfoque de sostenibilidad y eficiencia, se consigue una reducción muy significativa del déficit global a horizonte de planificación. Lógicamente, estas medidas deben conjugarse con otras, tal vez de carácter

más estructural (y ya previstas en el Plan Hidrológico vigente), buscando un mix inteligente de actuaciones que consiga ir eliminando por completo el déficit.

## 6. CONCLUSIONES.

**Gran Canaria** presenta, por sus singulares condiciones geográficas, orográficas, climáticas y geológicas, un **déficit estructural** en su **balance hídrico** general.

G01 G01 Chico

G01 G01 Grande

Pto. Las Nieves

Pya, Guayedra

Punta de la Abona

Punta de la Abona

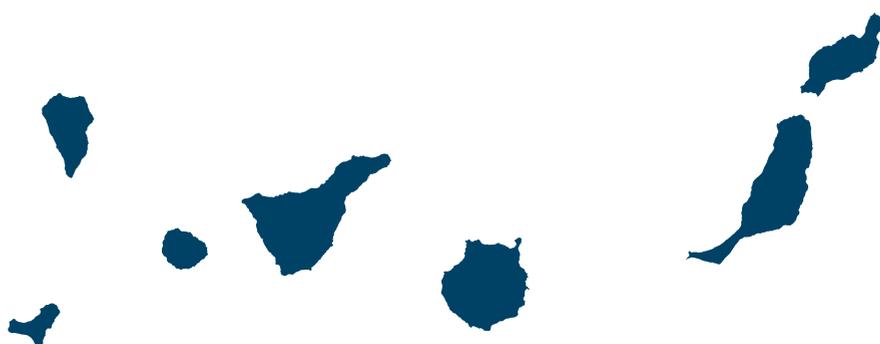
Esta situación (compartida en gran medida con otras islas del archipiélago) ha forjado un marcado carácter propio en cuanto a la gestión y regulación del agua, incluyendo un marco legal específico y distinto al de la España peninsular.

El Plan Territorial Especial Hidrológico de Gran Canaria, redactado por el Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria en el marco del primer ciclo de la planificación hidrológica que establece la Directiva Marco del Agua, establece una serie de medidas encaminadas a la segura satisfacción de las demandas, haciéndolo además de manera coordinada con la protección del estado ecológico de las masa de agua. Este documento, redactado con rigor técnico, atiende plenamente a los preceptos y objetivos que establece la DMA, a la vez que recoge la tradición planificadora propia de la isla y motivada por sus singularidades.

En la actualidad se está lanzando el segundo ciclo de la planificación hidrológica (período 2015-2021), y por lo tanto, es momento de actualizar, revisar y adaptar las medidas propuestas en 2007 para ajustarlas a la evolución real del ámbito. Parece, pues, un momento adecuado para realizar algunas reflexiones o aportaciones en este proceso planificador.

En este contexto, el presente documento presenta una serie de posibles medidas a implantar en Gran Canaria, todas ellas bajo un enfoque basado en el desarrollo sostenible y la economía circular, buscando potenciar las herramientas de gestión, la innovación y el conocimiento y, en definitiva, garantizando la viabilidad y sostenibilidad del ciclo integral del agua.

En este sentido, la implantación efectiva de las medidas planteadas podría suponer una reducción en el déficit hídrico previsto para el año 2027 en la isla de aproximadamente 31 hm<sup>3</sup>/año (sobre un total de 58,5 hm<sup>3</sup>/año lo que supone una reducción del 53%). Es importante destacar que esta reducción significativa en el déficit se consigue mediante una serie de medidas eminentemente enfocadas a la gestión avanzada y la eficiencia, en contraposición a aquellas medidas de carácter más estructural (como podría ser, por ejemplo, la construcción de nuevas desaladoras). Sin duda, ambas tipologías de medidas pueden convivir, planteando siempre el mix inteligente más sostenible desde el punto de vista ambiental, económico y social. Todo ello permitiría a Gran Canaria avanzar hacia un modelo tecnificado de isla, inteligente y autosuficiente.



## 7. REFERENCIAS.

1. Instituto Canario de Estadística.
2. Banco de Imágenes del Ministerio de Educación.
3. Instituto de Estudios Turísticos (IET) de Canarias.
4. Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria.
5. Directiva 2000/60/CE, de 23 de octubre de 2000, *Directiva Marco del agua (DMA)*.
6. Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social.
7. Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la **Ley de Aguas**.
8. Ley 12/1990, de 26 de julio, de Aguas, o **Ley de Aguas Canaria**.
9. Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el **Reglamento de la Planificación Hidrológica**.
10. Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica.
11. *Plan Territorial Especial Hidrológico de Gran Canaria* (en tramitación).
12. **La gestión del agua en Gran Canaria**. Una política hidráulica en condiciones extremas. 13. **Ministerio de Medio Ambiente (2000) Libro Blanco del Agua en España, Madrid**.
14. E. Vargas-Amelin, P. Pindado. *The challenge of climate change in Spain*: water resources, agriculture and land. *J Hydrol* (2013). <http://dx.doi.org/biblioremot.uvic.cat/10.1016/j.jhydrol.2013.11.035>
15. Díaz Alpuente, Fernando. Ponencia: *La gobernabilidad del agua manifestaciones concretas de la gobernanza global*. VIII Congreso, GT 28 Globalización y nuevas conflictividades. Universidad Autónoma de Madrid. 20 de septiembre de 2007
16. Dorta Antequera, Pedro. *Catálogo de riesgos climáticos en Canarias*: amenazas y vulnerabilidad. Geographicalia, ISSN 0210-8380, N° 51, 2007, pages. 133-160 01/2007.
17. Santamarta Cerezal, Juan Carlos, et. al. *Hidrología y recursos hídricos en islas y terrenos volcánicos*. Colegio de ingenieros de Montes. 1ª Edición: Junio 2013. ISBN: 978 -84 -616 -3858 -1. 554 pp.
18. Allan, J.A. 2001. Virtual Water – Economically Invisible and Politically Silent: A Way to Solve Strategic Water Problems. *International Water and Irrigation Journal*. November 2001.
19. **The Water-Energy-Food Nexus at FAO**. Concept Note. The Food and Agriculture Organization of the United Nations. May 2014.
20. **Understanding the Food-Energy-Water Nexus. VirtualWater**. World Wildlife Fund for Nature. Report 2014.
21. **Water and Energy. The United Nations World Water Development Report 2014**. Published by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 1st Volumen, pag. 24-230. ISBN 978-92-3-104259-1.
22. **Análisis histórico de la energía en Gran Canaria**. Recuperado el 8 de agosto de 2014 de <http://comunidad.eduambiental.org/file.php/1/cursos/contenidos/docpdf/capitulo25.pdf>
23. Santamarta Cerezal, Juan Carlos, et. al. *Hidrología y recursos hídricos en islas y terrenos volcánicos*. Colegio de ingenieros de Montes. 1ª Edición: Junio 2013. ISBN: 978 -84 -616 -3858 -1. 554 pp.
24. **Agencia Canaria de Desarrollo sostenible y cambio climático (2009) Estrategia canaria de lucha contra el cambio climático**
25. Anadon, R *Sostenibilidad y Cambio Climático*, Revista de Cooperación, 4, junio 2014, pp. 69-74.
26. **Fundación Ipade “Cambio climático, desarrollo y cooperación internacional”**. En: Documento de trabajo, núm. 10, 2006 Madrid, Instituto Universitario de Desarrollo y Cooperación, Universidad Complutense de Madrid. [www.ucm.es/data/cont/docs/599-2013-11-16-Cambio\\_climatico\\_DEFINITIVO.pdf](http://www.ucm.es/data/cont/docs/599-2013-11-16-Cambio_climatico_DEFINITIVO.pdf)

27. **Guía básica sobre cambio climático y cooperación para el desarrollo.** Madrid, Fundación Ipade, 2006.
28. **Grandas, D.** Aproximación a las dinámicas del sistema de cooperación internacional para el desarrollo frente al cambio climático, *Revista DE Análisis Internacional*, nº7, 2013, pp. 13-38
29. **Moreno Rodriguez, J.M. (Dtor)** Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático, M° MA y UCLM, 2005
30. **Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin, III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. De Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, and J. Foley. (2009).** *Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. Ecology and Society* 14(2): 32. [www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/](http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/)
31. **Alegre, H. ;Hirner, W.; Baptista, J.M.** et al. Performance Indicators for Water Supply Services. *Manual of Best Practice*. IWA Publishing 2000.
32. **Alegre, H. ;Baptista, J.M.; Cabrera Jr E. et al.** Performance Indicators for Water Supply Services [2nd ed.]. *Manual of Best Practice*. IWA Publishing 2006.
33. **Fanner, V.P.; Thornton, J.; Liemberger, R. et al.** Evaluating Water Loss and Planning *Loss Reduction Strategies*. Denver, Colo., AwwaRF and AWWA, 2007.
34. **Fanner, V.P.; Sturm, R.; Thornton, J. et al.** *Leakage Management Technologies*. Denver, Colo., AwwaRF and AWWA, 2007
35. **Verdú C.; Castellví E.; Monzó M.; Álvarez, M. et al.** *La eficiencia en los sistemas de distribución: revisión sobre la gestión del Agua No Registrada*. Fundación Aquea, 2014.
36. **Guidelines for water loss reduction.** Ministerio Federal de Cooperación y Desarrollo Alemán.
37. **Custorio, E. y Llamas, M.R. (eds)** 1976/1983. *Hidrología subterránea*. Ediciones Omega. Barcelona, 3 Vols, 1-2350
38. Fuente: [www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org)
39. **Banerjee et al.** (2013, fig 4.5, p.209). World Bank, Washington, DC
40. **Creative commons** CC BY-SA 3.0.
41. **Aqualogy (2012).** *Recarga Artificial de Acuíferos. Guía Metodológica*. Conferencia para la Dirección General del Agua Chile.
42. **Red Eléctrica de España** [www.ree.es/es/actividades/sistema-electrico-canario](http://www.ree.es/es/actividades/sistema-electrico-canario)
43. **Instituto Tecnológico Canario.**
44. **Consejería de Empleo, Industria y Comercio, Gobierno de Canarias.**
45. **Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea 2000.**
46. **Grunberg, I. Kaul, I. y M. Stern (Ed.)** *Global public goods: international cooperation in the 21st century*, The United Nations Development programme, Oxford University Press, 1999. Versión española 2000 disponible en: <http://web.undp.org/globalpublicgoods/TheBook/globalpublicgoods.pdf>.
47. **Thorton, J., R. Sturn, and G. Kunkel. W (2008).** *Water loss control*, MC Graw Hill. Second Edition



©NASA

**FUNDACIÓN ACUORUM**

Plaza de la Real Sociedad Económica  
de Amigos del País, 1  
35001 Las Palmas de Gran Canaria  
[info@acuorum.com](mailto:info@acuorum.com)

[www.acuorum.com](http://www.acuorum.com)

Los tipos de papel utilizados en esta publicación son:  
para el interior, Munken Polar de 130 g y Munken  
Polar de 300g y para la cubierta todos FSC® (Forest  
Stewardship Council®) . Son papeles originados en  
bosques regenerados de forma responsable y con  
certificación para toda la cadena de producción.



