



españa,
technology
for life.

La desalinización en España

Cuadernos sectoriales. Enero de 2007.



Ciclo
del agua

02

La desalinización del agua en España

Existe cada vez mayor preocupación ante el desequilibrio hídrico existente, provocado por el incremento de la demanda que el actual modelo de desarrollo exige y por una oferta cada vez más limitada de los recursos disponibles. Esta situación de déficit de recursos, que en España se detecta como fenómeno crónico en determinadas zonas (Canarias, Baleares, litoral mediterráneo), genera un estrés hídrico que a su vez impulsa una tendencia a una gestión más sostenible, basada en la racionalización de la demanda y optimización de la oferta.

La nueva política europea sobre el agua, definida en la Directiva Marco del Agua (DMA) 2000/60/CE de 23 de octubre de 2000, enfatiza el "uso más eficiente del agua basado en una estrategia de gestión de la demanda (limitando su crecimiento) que impida malgastar los escasos recursos (no siempre de buena calidad) evitando prácticas abusivas en el uso del agua".

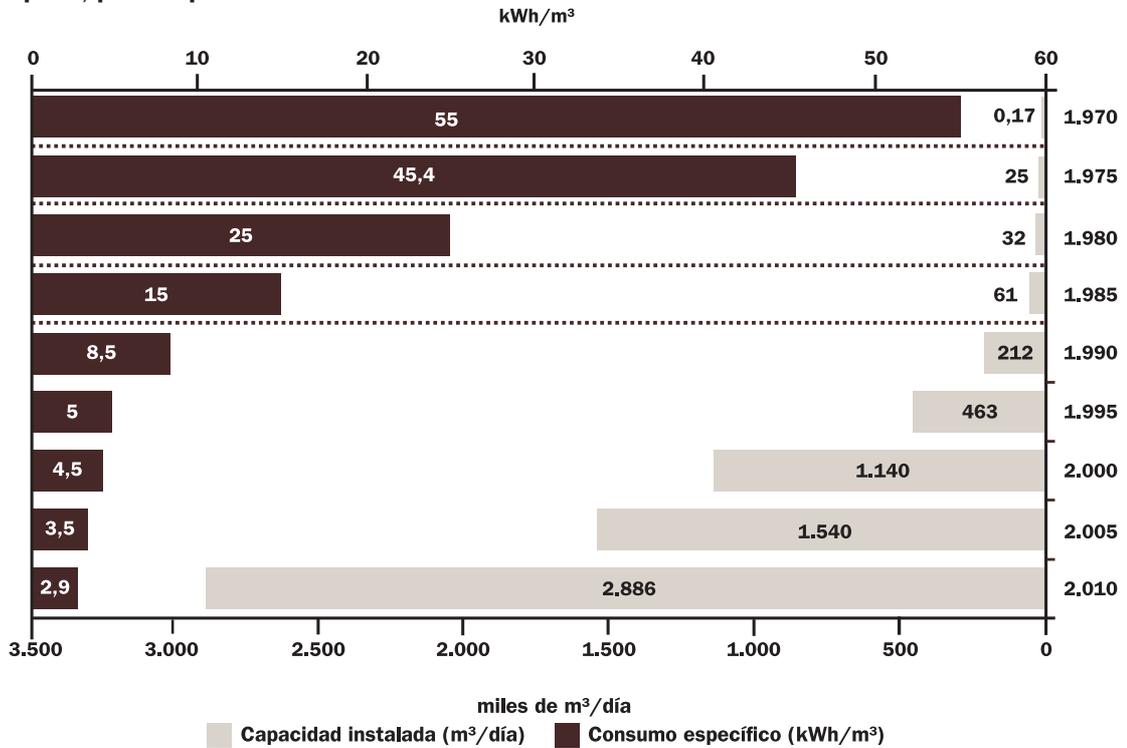
Es en este contexto donde tiene su máxima aplicación el empleo de los recursos llamados "no convencionales", como son los que se generan mediante procesos de desalinización de agua de mar o salobre y de regeneración de aguas residuales para su reutilización que, aunque en el momento actual suponen aún un pequeño porcentaje sobre el total de recursos disponibles (entre el 1 y el 2%), sin embargo, a una escala menor, la aportación de estos recursos es muy significativa, como es el caso de las islas más orientales del archipiélago Canario, minimizándose de esta manera el desequilibrio hídrico existente.

A nivel mundial, se puede afirmar que alrededor de sesenta millones de ciudadanos beben actualmente agua desalinizada. Ahora bien, si se tiene en cuenta que el crecimiento esperado de la población podría llegar a 9.000 millones de habitantes en el año 2030 y que gran parte se establecerá en la franja costera, se necesitará una producción de agua desalinizada de 140 - 160 millones de metros cúbicos diarios para hacer frente al incremento de la demanda.

No es baladí por tanto suponer que, siendo el agua de mar un recurso inagotable, no sujeto por otra parte a incertidumbres climatológicas, la desalinización se convierta en una opción perfectamente viable que se concebirá como recurso alternativo o complementario, en función de factores como la disponibilidad de recursos naturales, los costes de producción ligados fundamentalmente al consumo energético, y otras consideraciones de tipo socio político.

En España, la desalinización ha evolucionado muy positivamente desde que, a principios de los años setenta, se pusieron en marcha las primeras instalaciones diseñadas mediante procesos de tipo térmico (MSF, MED y CV), grandes consumidores de energía con consumos específicos que podían superar los 30-40 Kilowatios/hora por metro cúbico de agua desalada.

Evolución de la relación capacidad instalada/consumo específico en España, para el período 1970-2010.



Fuente CEDEX

En la década de los años ochenta aparecen las primeras instalaciones de ósmosis inversa, conviviendo en ese periodo con las tecnologías de evaporación, principalmente CV, y con importantes reducciones en el consumo energético (15 kWh/m³ para las plantas de compresión de vapor y 8-10 kWh/m³ para las de ósmosis inversa).

Ahora bien, es en los años noventa, y una vez comprobado el correcto funcionamiento de las membranas, cuando se da el gran salto a las instalaciones de ósmosis inversa, cuya capacidad de producción ha ido en aumento conforme se ha ido reduciendo el consumo energético.

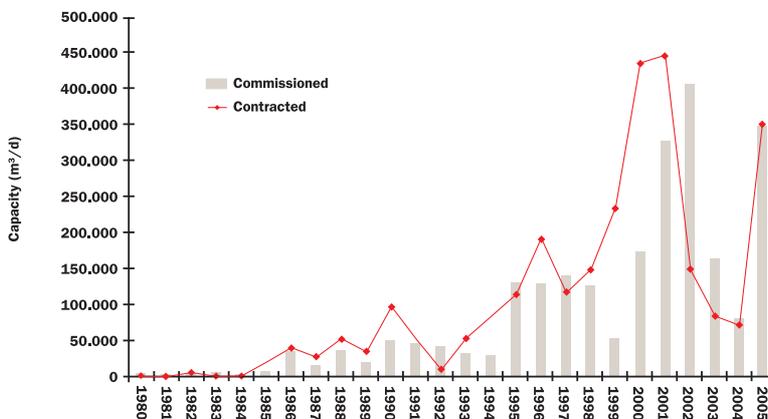
Los datos en este capítulo son reveladores ya que, si hasta mediados de los noventa la capacidad de producción era de medio millón de metros cúbicos al día, aproximadamente, en el año 2000 se superó la cifra de un millón de metros cúbicos, alcanzando cinco años más tarde una producción total de 1,5 millones de metros cúbicos al día en cerca de novecientas instalaciones. Esta evolución ha convertido a España en el cuarto productor mundial de agua desalada.

La evolución del consumo específico en el campo de la desalinización por ósmosis inversa, a través de sucesivas innovaciones tecnológicas en los sistemas de recuperación energética, reduciéndose hasta 3 kWh/m³, ha contribuido de forma muy significativa al enorme incremento de la capacidad de producción y, por tanto, a afrontar con tranquilidad los nuevos planes de desalinización mediante la aplicación de una tecnología más eficiente energéticamente y muy consolidada en España.

Así, mientras a escala mundial más del 70% de la capacidad de producción se lleva a cabo en instalaciones de MSF (Destilación multietapa), en España la ósmosis inversa (OI) representa más del 80% del total, lo que se explica por la escasa incidencia que el coste energético tiene precisamente en los primeros países productores ubicados en Oriente Medio.

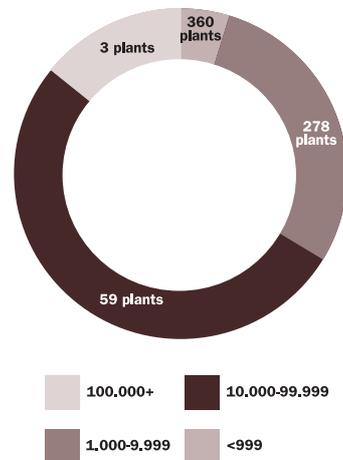
Country Profile - Spain

New capacity in Spain 1980 - 2005



Fuente IDA

Spain installed capacity by: plant size (m³/d)



El programa AGUA

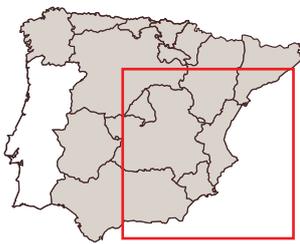
El programa AGUA, para dotar de recursos disponibles para el abastecimiento y el regadío a las cuencas mediterráneas, hasta un total de 850 hm³/año, se basa fundamentalmente en la tecnología de la desalinización como elemento clave de la estrategia para la solución de los problemas derivados del déficit de recursos hídricos existente en dicha zona.

Se programan actuaciones capaces de producir hasta 500 Hm³/año de agua desalinizada, por lo que en los próximos cinco años se habrá duplicado la capacidad actual hasta tres millones de metros cúbicos diarios, lo que sin duda potencia aún más el papel de España como país productor y refuerza la capacidad tecnológica y de liderazgo del sector empresarial español, al poder desarrollar un ambicioso programa que va más allá de la mera ejecución de las infraestructuras, ya que tendrá que operar las instalaciones durante un periodo de quince años bajo criterios estrictos de calidad (incluida la reducción de boro) y de consumo energético.

De esta manera, a las tres plantas ya existentes, con una capacidad superior a los 100.000 m³/día (Carboneras, Atabal y Valdelentisco), se suman otras como San Pedro del Pinatar, Alicante, Águilas, Barcelona y Torreveja, que también superan esa cifra e, incluso en algunos casos, se superarán los 200.000 m³/día, dato que no debiera pasar desapercibido, toda vez que según un análisis realizado por la International Development Association (IDA), del Banco Mundial, en el año 2000, sólo veinte instalaciones en el mundo superaban esa capacidad.

El conjunto de actuaciones de desalinización va a significar una inversión total superior a los mil millones de euros, lo que actuará como catalizador para que las empresas españolas puedan continuar e incluso acrecentar, su vocación innovadora en el mercado de la desalinización, lo que además aporta ventajas como:

- mayores posibilidades de desarrollo tecnológico
- formación de personal técnico durante el periodo de aplicación
- proyección exterior
- incremento del volumen de negocio para el sector empresarial, en el conjunto de inversión y de explotación y mantenimiento



El desarrollo de este plan de desalinización va a permitir que:

- se desplace el centro de gravedad de la desalinización en España, al situar grandes instalaciones en el área mediterránea
- se incremente el porcentaje de toma de agua de mar sobre salobre, ahora estimado en algo más del 50%
- aumente el porcentaje de agua desalinizada en el riego agrícola, ya que algunas de las instalaciones previstas tienen el doble objetivo de abastecimiento y riego
- se incremente muy significativamente la producción en grandes instalaciones
- el agua desalada mediante procesos térmicos será insignificante en relación con la obtenida mediante ósmosis inversa

Por lo tanto, la puesta en marcha de grandes plantas de desalinización supone la consolidación en España de las tecnologías de ósmosis inversa, lo que deriva en un enorme potencial de desarrollo tecnológico para el sector empresarial español que, unido a su demostrada experiencia en construcción y operación, la sitúa en puestos de liderazgo en la clasificación mundial.

Mercado Internacional

A nivel mundial, se están produciendo grandes desequilibrios en la disponibilidad de agua, existiendo por un lado más de mil millones de personas sin acceso al agua potable, e incrementándose por otro lado las demandas, que se han visto sextuplicadas en el último siglo. La población sometida a tensión hídrica (menos de 1.700 m³ por persona y por año) también se sextuplica, afectando a cerca de 2.800 millones de habitantes en el año 2.025.

Todas estas consideraciones obligan a replantearse el modelo de gestión de recursos hídricos a escala mundial, haciendo necesario tomar medidas de contención de la demanda por un lado y, por otro, buscar soluciones tecnológicas que aporten nuevos recursos. Si además se tiene en cuenta que gran parte de la población se establecerá en la franja litoral, la desalinización de agua de mar y salobre se vislumbran como una solución perfectamente viable.

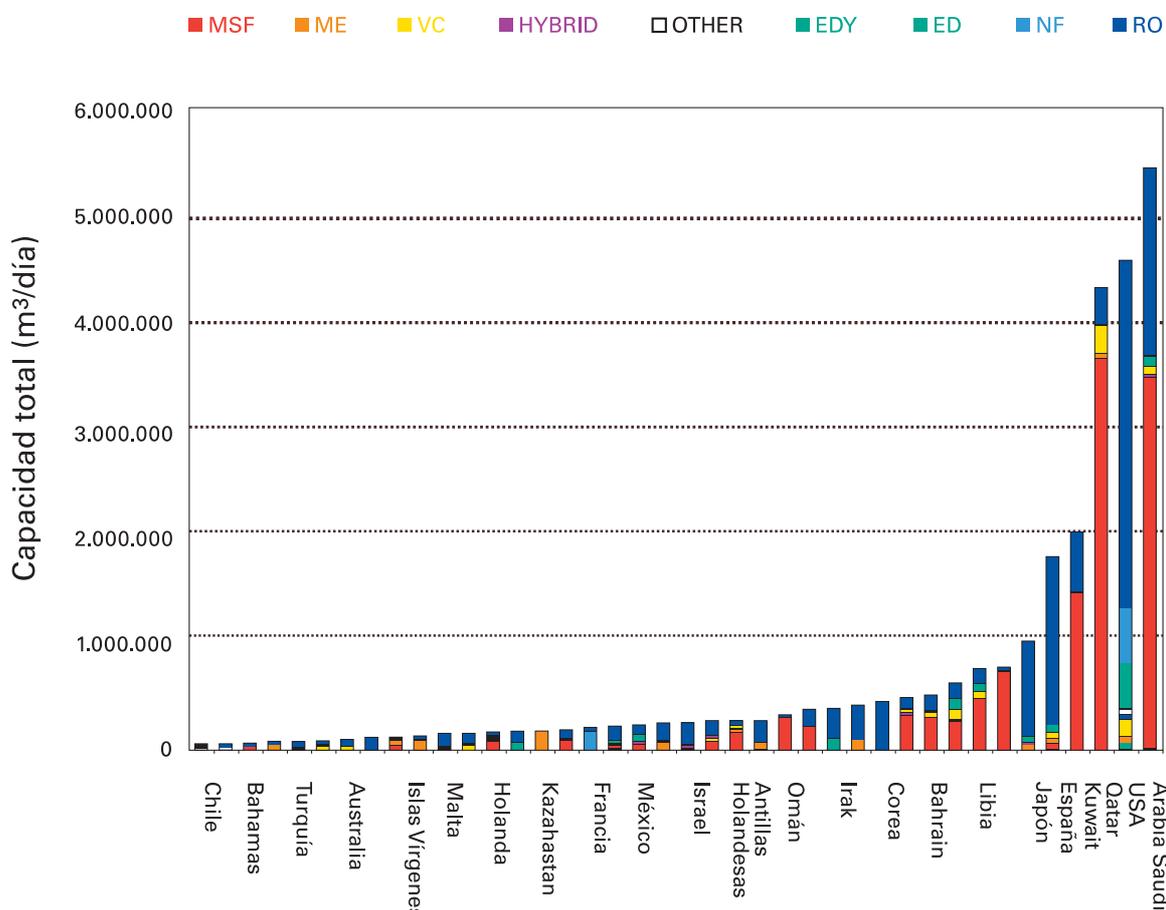
Ante este futuro prometedor, ¿cómo se posiciona el sector español de la desalinización? La evolución del mercado de las plantas desaladoras en España ha posibilitado la formación de empresas sólidas, desde el punto de vista tecnológico y financiero, que pronto han experimentado una gran vocación internacional. Dicha capacidad tecnológica y financiera, unida a la gran experiencia que aportan y al esfuerzo innovador que vienen desarrollando, se ha visto recompensada con el encargo de ejecutar importantes proyectos a nivel internacional. En el capítulo de referencias, cabe destacar la presencia de empresas españolas en Argelia, donde participan en el programa de desalinización llevado a cabo en dicho país, en actuaciones como:

- Mostagánem 200.000 m³/día
- Tlemcem 200.000 m³/día
- Beni Saf 200.000 m³/día
- Skikda 100.000 m³/día
- Cap Djinet 100.000 m³/día
- Douaouda 100.000 m³/día

En total, se ejecutarán y operarán seis instalaciones de capacidad próxima al millón de metros cúbicos diarios, en las que participan: Acciona Agua, ACS, Befesa, Inima, Spa y Sadyt.

Asimismo, estamos presentes en Estados Unidos, donde se está llevando a cabo la reforma de la planta de Tampa, de capacidad superior a 100.000 m³/día y en Dighton (Massachusetts), donde se construye una planta en la desembocadura de un río para reducir la salinidad ocasionada por el efecto marea, con la dificultad añadida de grandes condicionantes ambientales.

Capacidad instalada en la actualidad (por países y tecnología)



Fuente: IDA desalting plant inventory/Wangnick

También se pueden citar otras actuaciones importantes como:

- Chennai (India) 100.000 m³/día
- Thames Gateway (Londres) 150.000 m³/día
- Los Cabos (México) 20.000 m³/día
- Antofagasta (Chile) 50.000 m³/día
- Mina Escondida (Chile) 45.000 m³/día
- Yanbu (Arabia Saudita) 50.000 m³/día
- Dhekelia (Chipre) 40.000 m³/día

Finalmente, también cabe destacar la participación española en la construcción de plantas como:

- Fujairah (UAE) 170.000 m³/día
- Perth (Australia) 140.000 m³/día

Todas estas instalaciones, unidas a otras de menor tamaño, avalan la confirmación del potencial exterior de las empresas españolas del sector de la desalinización, no sólo por el hecho de que la capacidad total de producción a nivel internacional supere los dos millones de metros cúbicos diarios, sino porque se ha conseguido en los últimos cinco años.

En qué consiste una planta desaladora

Se trata de una instalación que convierte el agua salada del mar (o salobre) en agua apta para el consumo humano, así como para usos industriales y de regadío.

El proceso de desalinización se puede realizar de acuerdo con uno de los siguientes procesos:

a) Procesos térmicos

Los procesos térmicos imitan el ciclo natural, calentando el agua hasta la producción de vapor que, posteriormente y a través de su condensación, se convierte en el agua producto (desalada).



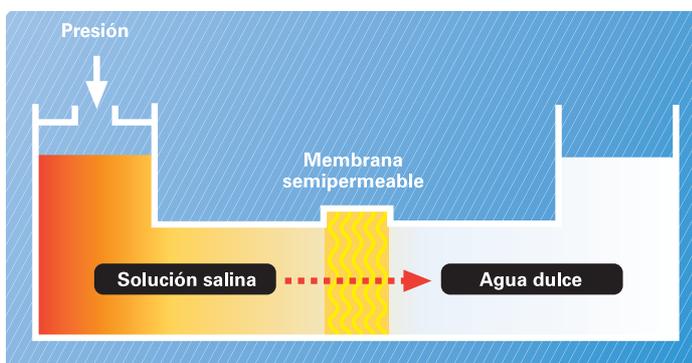
b) Desalinización por membranas

Existen dos tipos de procesos que utilizan membranas:

• ELECTRODIÁLISIS (EDR)

La electrodiálisis utiliza la propiedad de la corriente eléctrica atrayendo los iones salinos disueltos. Al introducir una corriente eléctrica en una solución salina los iones tienden a migrar hacia el electrodo de carga opuesta. La electrodiálisis se utiliza exclusivamente para aguas salobres.

• ÓSMOSIS INVERSA



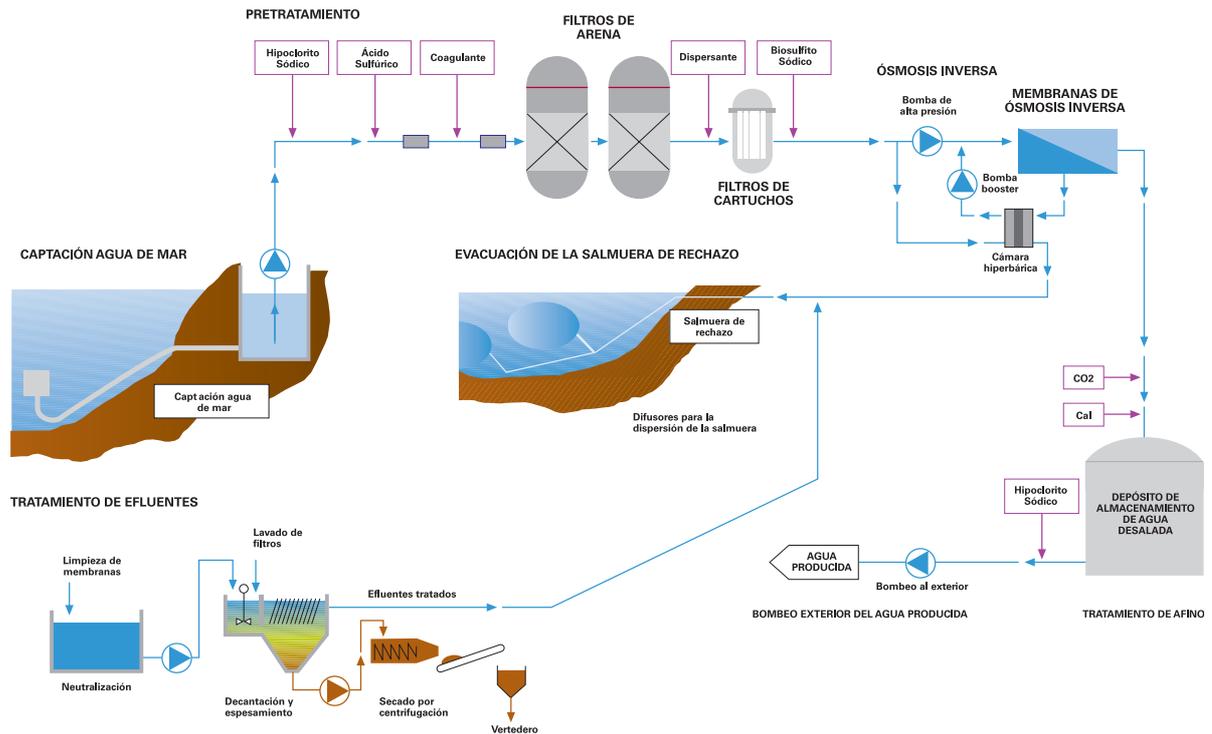
La ósmosis es un fenómeno natural que se produce cuando el agua procedente de una solución menos concentrada pasa, a través de una membrana semipermeable, hacia otra solución de mayor concentración, hasta alcanzar su equilibrio.

La aplicación, por tanto, de una presión exterior -superior a la presión osmótica- a una solución salina, en dirección opuesta y a través de una membrana semipermeable, produce la separación de una solución más concentrada en sales.

Es decir, la ósmosis inversa utiliza la presión para la separación de las sales, dejando pasar el agua desalada a través de las membranas e impidiendo el paso del concentrado (salmuera). La ósmosis inversa se aplica tanto para la desalinización de agua de mar como salobre.

Una instalación de ósmosis inversa consta fundamentalmente de las siguientes etapas:

- I) toma de agua de mar
- II) pretratamiento
- III) sistema de alta presión y recuperación de energía
- IV) ósmosis inversa
- V) postratamiento de agua desalada
- VI) vertido de salmuera



A continuación, se detalla cada una de estas etapas:

I) Toma de agua de mar

La captación de agua de mar se puede hacer mediante toma abierta o mediante pozos.

En relación con el aspecto cualitativo, la toma abierta genera más incertidumbres ya que es más vulnerable a todo tipo de vertidos contaminantes, presenta mayor variabilidad de calidad, y está sujeta a variaciones de temperatura; Por el contrario, el agua de pozo presenta una calidad mejor y es más homogénea.

Ahora bien, desde el punto de vista de la garantía de caudal, las ventajas son para la toma abierta, ya que la experiencia demuestra la dificultad de asegurar el caudal de producción en el agua de pozo por lo que, para plantas de gran tamaño se aconseja la toma abierta de agua de mar, aunque presente el inconveniente de una mayor complejidad en la etapa de pretratamiento.

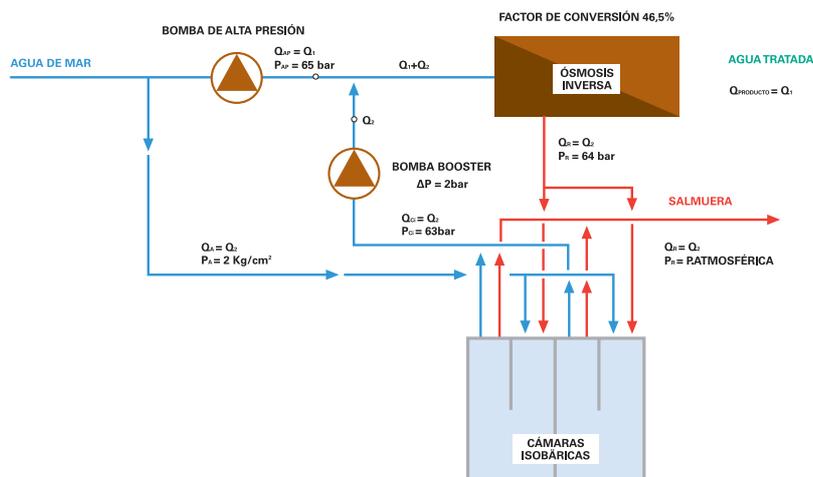
II) Pretratamiento

El pretratamiento de una instalación de desalinización está concebido para conseguir los siguientes objetivos:

- Eliminar turbidez y sólidos en suspensión
- Ajustar y controlar el pH
- Inhibir y minimizar la formación de componentes que puedan obstruir o precipitar sobre las membranas
- Impedir desarrollos biológicos en el sistema
- Mejorar el SDI del agua de alimentación hasta valores inferiores a 5

El esquema general, en función de dichos objetivos, incluye los siguientes procesos unitarios:

- dosificación de reactivos
- desarenado
- coagulación y floculación
- decantación ó flotación
- filtración sobre arena
- filtración sobre cartuchos



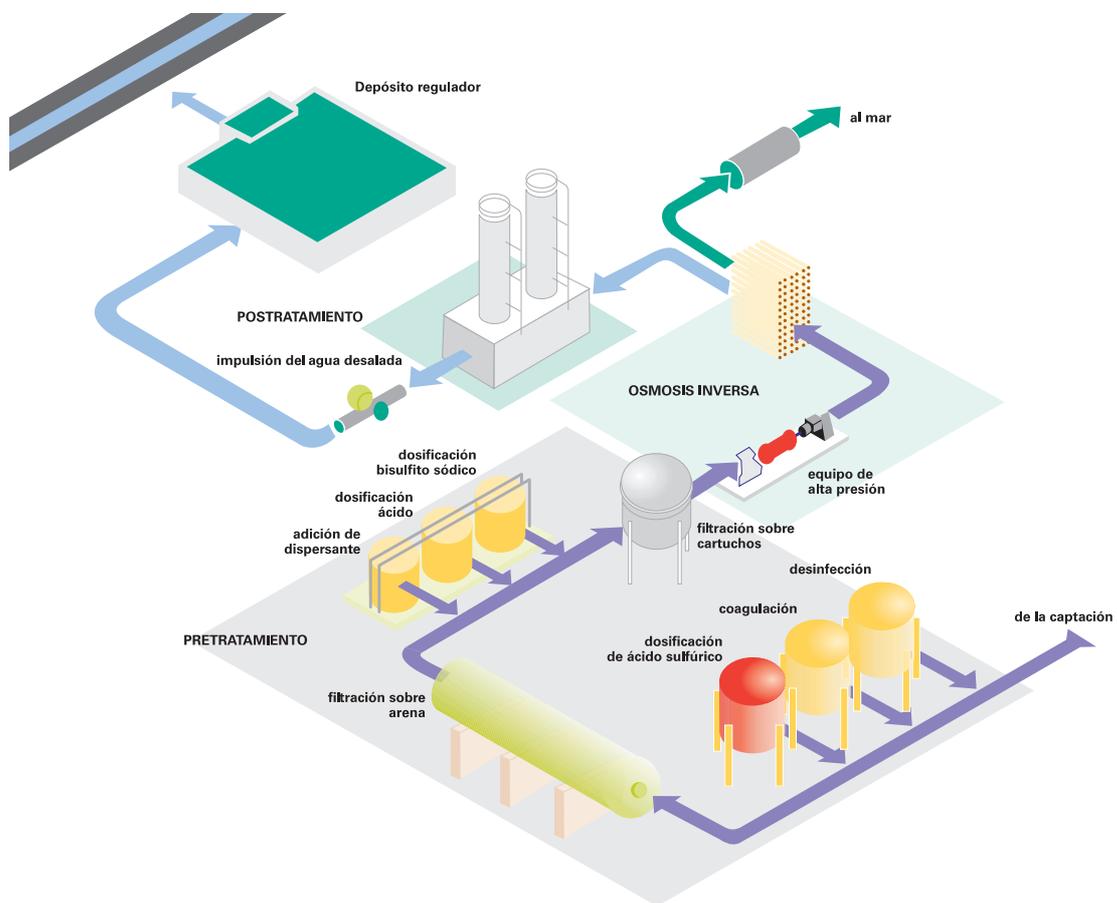
III) Recuperación de energía / Bombeo de alta presión

Las bombas de alta presión (60-70 bar) son los equipos que alimentan las membranas de ósmosis inversa a la presión adecuada para que pueda producirse la separación entre el permeado (agua desalada) y el rechazo (salmuera). El gran consumo de energía que se produce en esta fase del proceso ha provocado el desarrollo de diferentes sistemas de recuperación de energía que, desde las turbinas de contrapresión, han evolucionado a las turbinas tipo Pelton y a sistemas muy recientes de cámaras intercambiadoras de presión. De esta forma, se ha pasado de un consumo específico de 8-9 kWh/m³ en los años ochenta a 3-4 kWh/m³ en las plantas más modernas.

IV) Ósmosis inversa

El proceso de ósmosis inversa es la pieza clave de toda la instalación. Su implantación va en aumento progresivamente, habida cuenta de la positiva evolución tecnológica, tanto de la recuperación energética como de las propias membranas.

En función de las exigencias de calidad del agua desalada y al factor de recuperación (40-50%), se podrán diseñar sistemas de doble paso o de doble etapa, optimizándose así el resultado obtenido.



V) Postratamiento

El agua osmotizada ha de someterse a una fase de postratamiento para adecuar los parámetros de calidad a los usos a los que se destine el agua producida. El agua desalinizada se caracteriza por su desequilibrio iónico, bajo pH y alto contenido de CO₂ disuelto, definiéndose por tanto por su agresividad. Por ello es necesario la adopción de medidas correctoras mediante técnicas de remineralización que permitan obtener un agua ligeramente incrustante.

VI) Vertido de salmuera

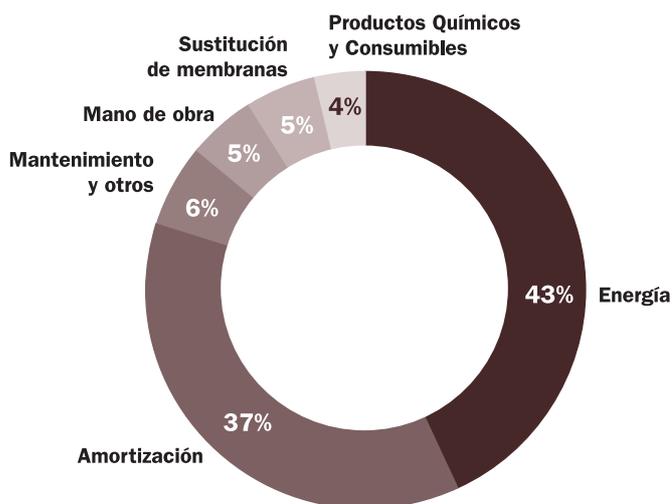
Con los diseños y tecnologías actuales se pueden esperar factores de recuperación del orden del 50%, lo que significa que la concentración de sales en el rechazo es de 70-80 gr/l. El vertido de las salmueras, si bien muy concentrado, representa un pequeño caudal relativo, por lo que no cabe esperar serias amenazas para el medio marino, aunque debe ser controlado para evitar daños en determinadas especies vegetales y, sobre todo, para estudiar la reacción de las posidonias oceánicas.

Grandes plantas desaladoras en España	
Torreveja	240.000 m ³ día (en construcción)
Barcelona	200.000 m ³ día (en construcción)
Aguilas	180.000 m ³ día (en construcción)
El Atabal	165.000 m ³ día (en operación)
Valdeventisco	140.000 m ³ día (en construcción)
San Pedro del Pinatar	130.000 m ³ día (en operación)
Canal de Alicante	130.000 m ³ día (1ª fase en operación)
Carboneras	120.000 m ³ día (en operación)
Ocho plantas desaladoras superarán la producción de 100.000 m ³ /día	

Los costes de la desalinización

El gran reto de la desalinización es conseguir que el coste del agua desalada sea competitivo con el de otros recursos.

Distribución de los costes



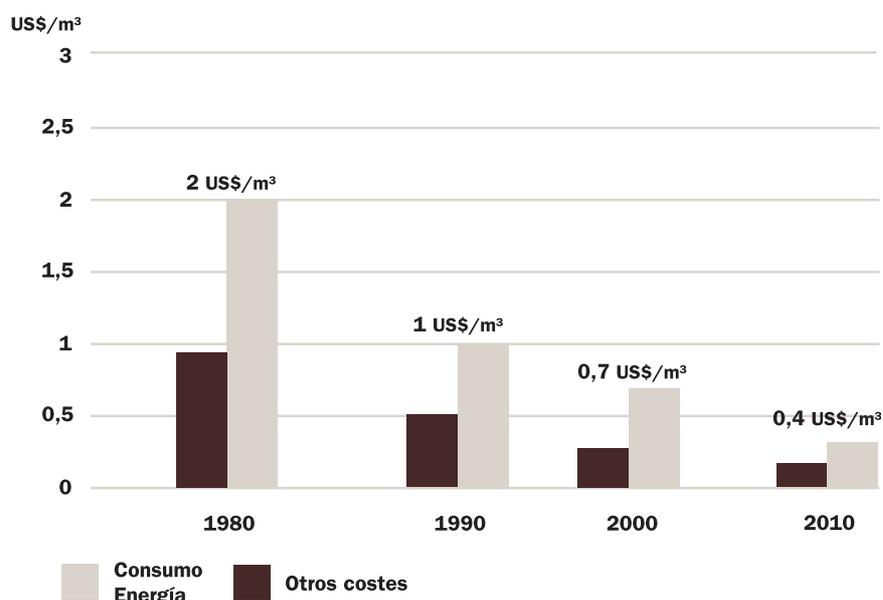
Para conseguir un coste competitivo habrá que minimizar la influencia de la componente energética en dicho coste, tanto en lo que se refiere a costes fijos (término de potencia) como a los costes variables (término de energía).

Si se repercute la amortización de las instalaciones en el precio del agua, se estima que alrededor de 40% del coste total procede de la energía mientras que la amortización está comprendida entre un 30% y un 40%.

Si no se tiene en cuenta la amortización, entonces la energía representará prácticamente las tres cuartas partes del coste total del agua.

De ahí la importancia de seguir investigando en sistemas que reduzcan aún más el consumo específico del proceso de ósmosis inversa, cuyos últimos logros han permitido alcanzar altos niveles de capacidad de producción.

Los costes de la desalación oscilan ya entre 0,5 y 0,8 dolares/m³



La desalinización ante los nuevos retos tecnológico y ambiental

A día de hoy se han conseguido grandes avances en el desarrollo tecnológico de la desalinización por ósmosis inversa, como ha quedado demostrado con las continuas innovaciones en los sistemas de recuperación de energía, consiguiendo así reducir considerablemente el consumo energético y por tanto, el coste de agua desalinizada, verdadero impulso de aumento de la capacidad de producción.

Surge, no obstante, la pregunta de si es posible todavía conseguir mejoras en el rendimiento energético actuando sobre los recuperadores de energía o incluso sobre las propias membranas.

Por otra parte, cada vez es mayor la preocupación por reducir y controlar los posibles impactos negativos en el medioambiente, sobre todo los derivados del vertido de salmueras, así como de la contribución indirecta de la desalinización a la emisión de gases de efecto invernadero.

Son diversos los elementos sobre los que se está trabajando en aras a conseguir los mejores resultados posibles, tanto en el aspecto tecnológico como en el ambiental.

En la etapa del pretratamiento de agua se analiza el uso de diferentes tipos de reactivos, que junto con los avances en el empleo de membranas de microfiltración y ultrafiltración, consigue que el agua pueda llegar a la ósmosis inversa con unas características cualitativas muy homogéneas, con independencia de las variaciones del agua bruta. De esta manera, se conseguirá un mejor funcionamiento de las membranas de ósmosis inversa, reduciendo el tiempo de limpieza y alargando su vida útil.

En cuanto a las propias membranas de ósmosis inversa, y aún cuando se han producido también innovaciones significativas, existen posibilidades de mejoras para optimizar la presión de trabajo:



- Membranas resistentes al cloro y otros oxidantes para el control de los desarrollos biológicos
- Membranas más resistentes al ensuciamiento coloidal
- Membranas con mayor permeabilidad y rechazo de sales para reducir la presión de trabajo
- Membranas con mayor rechazo de boro para cumplir la normativa sin recurrir a dobles pasos de membranas
- Membrana con mayor rechazo de iones monovalentes (cloros, sodio)

Evolución de consumos específicos mediante recuperadores

turbina de contrapresión	5,8kWh/m ³
turbina Pelton	5,7kWh/m ³
cámaras isobáricas	< 3kWh/m ³

La reducción del consumo específico por la regeneración de energía parece estar al límite de sus posibilidades, sin embargo, es posible actuar sobre las membranas. La reducción de la presión de trabajo de las membranas implicará sin duda un ahorro energético.

El principal impacto ambiental asociado a las plantas de desalinización es el vertido de las salmueras con un elevado contenido de sales, al concentrar el agua de mar o salobre en un caudal de rechazo que, para el caso de agua de mar, puede ser del orden de 70 gr/l. El impacto de dicho vertido dependerá tanto de las características del sistema receptor como de las condiciones hidrogeológicas en la zona de descarga:

- oleaje
- corrientes y mareas
- batimetría
- profundidad de descarga, etc.

La disposición más habitual es el vertido al mar, bien de forma directa en las proximidades de la línea de costa, con o sin dilución previa, o bien mediante emisario submarino.

La construcción de grandes plantas generará mayores volúmenes de vertidos, obligando a plantear las mejores soluciones aplicables en cada caso para que su dispersión y dilución en el agua no afecte al ecosistema, tanto en el punto de vertido como en la zona de influencia. En el momento actual empiezan a utilizarse herramientas eficaces para reducir al máximo dicho impacto, basadas en una modelización matemática que permitirá en cada caso concreto decidir el mejor sistema de dispersión.

En cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero provocado por la producción de energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de las instalaciones de desalinización, es conveniente saber que: La energía necesaria para la producción de 500 Hm³/año de agua desalinizada previsto en el plan de desalinización, se evalúa en 2.000 GWh, con una emisión de gases que supone menos de 0,2% de todas las emisiones efectuadas en España, resultando insignificante en comparación con las emisiones producidas por otras actividades. No obstante, debe fomentarse, ya un programa de energías alternativas que reduzcan el impacto por el consumo, que tenga como objetivo un balance neto próximo a cero.

Por otra parte, las instalaciones pueden incorporar sistemas de:

- Energía solar fotovoltaica para pequeños consumos
- Energía solar térmica para la producción de agua corriente, calefacción, etc.

Actuaciones de desalinización

PLANTA DESALADORA DE AGUA DE MAR DE CARBONERAS

Ante la salinización de los acuíferos del litoral almeriense, y para garantizar de un modo definitivo el suministro de agua a la provincia, en calidad y cantidad, se ha construido la planta desaladora de Carboneras, que en el momento de su puesta en marcha (2002) era la instalación de desalinización más grande de Europa, con capacidad para la producción de 42 Hm³/año (120.000 m³/día).

El objetivo de la instalación es aportar agua para el abastecimiento de núcleos urbanos (Carboneras, Mojácar, etc.), así como el regadío del Campo de Níjar.

La instalación consta de:

- Sistema de toma abierta de agua de mar
- Pretratamiento físico-químico mediante desarenado, filtración sobre arena, filtración secundaria (20 micras) y adición de reactivos
- Sistema de ósmosis inversa con recuperación de energía mediante turbinas Pelton (41% de la energía de bombeo)
- Postratamiento para los caudales de abastecimiento mediante recalcificación y cloración



PLANTA DESALADORA DE AGUA DE MAR DE SAN PEDRO DEL PINATAR (MURCIA)

El sistema de desalinización del Nuevo Canal de Cartagena para el abastecimiento de agua a la Mancomunidad de los Canales de Taibilla se lleva a cabo en dos fases.

La primera fase se puso en marcha en el año 2001, con capacidad para 65.000 m³/día. La captación de agua de mar se efectúa con una técnica pionera en el mundo de perforación horizontal, mediante drenes horizontales, dirigida hacia el interior del mar: estudiadas las características geológicas y geotécnicas del terreno, se constató la imposibilidad de realizar una captación por pozo. El pretratamiento se lleva a cabo en dos etapas de filtración y adición de reactivos. El proceso de desalinización es por ósmosis inversa, con un grado de conversión del 45% de agua permeada e incluye turbinas Pelton para la recuperación de energía. Finalmente, el agua se somete a un proceso de remineralización para equilibrar su dureza y pH hasta los límites establecidos para el agua potable.

La segunda fase, también con una capacidad para 65.000 m³/día, se puso en marcha en el año 2006, estando concebida como una extensión de la primera, aunque en este caso la captación de agua de mar se hace mediante toma abierta, repercutiendo obviamente en el diseño del pretratamiento. El diseño de dicha etapa del proceso incluye desbaste, tratamiento físico-químico de filtración y coagulación y filtración en dos etapas.

El proceso de ósmosis inversa incluye un sistema de recuperación de energía por turbinas Pelton.

El objetivo de estas instalaciones es la producción de agua para el abastecimiento, partiendo de agua de mar con una salinidad superior a los 38.000 mg/l y rebajándola mediante el proceso de ósmosis inversa a niveles inferiores a los 500 mg/l.

Aunque la conversión adoptada en la planta es del 45%, los bastidores de ósmosis inversa están diseñados para poder, en un futuro, incrementar dicha conversión hasta el 53%, con el consiguiente aumento de la producción incorporando al sistema una bomba booster.



PLANTA DESALADORA DE EL ATABAL (MÁLAGA)

La planta desaladora de El Atabal produce 165.000 m³/día de agua desalada para el abastecimiento de la ciudad de Málaga.

El agua objeto de tratamiento, con salinidad superior a los 6 g/l, proviene de la planta potabilizadora de agua de la ciudad, que se convierte así, con algunas modificaciones, en la etapa de pretratamiento de la instalación desalobrador. Mediante un proceso de ósmosis inversa se consigue reducir la salinidad hasta 200 mg/l.

La conversión de la instalación es del 80%, en dos etapas: la primera trata todo el caudal, mientras que la segunda sólo trata el caudal rechazado por la primera.



Al tratar aguas con un contenido en sales seis veces menor. El consumo energético en este tipo de plantas es menor en comparación con las desaladoras de agua de mar

El vertido de las salmueras se efectúa por medio del emisario submarino de la depuradora de aguas residuales existente, consiguiéndose así un efecto reductor del impacto ambiental, por diluirlos en ambos canales.

PLANTA DESALADORA DE MAR DE ALICANTE

La planta desaladora de Alicante se construyó para aportar nuevos recursos a la Mancomunidad de los Canales de Taibillia y asegurar así el abastecimiento de agua potable a dos millones de habitantes, abarcando más de setenta municipios de las Comunidades Autónomas de Valencia, Murcia, y Castilla La Mancha. Al ser una zona con mucho potencial turístico tiene un gran componente estacional.

En una primera fase, se ha ejecutado una instalación con una capacidad de producción de 65.000 m³/día. La planta incluye la toma mediante pozos, con un sistema de tratamiento cuyo esquema está basado en una etapa de filtración por arena y otra de filtración por cartuchos y adición de reactivos (hipoclorito sódico, cloruro férrico, ácido sulfúrico, bisulfito sódico y antiincrustante).

La ósmosis inversa, con un factor de conversión próximo al 45%, incorpora bombas de alta presión con recuperación de energía mediante turbinas Pelton. Finalmente, se añade cal e hipoclorito sódico en la fase de postratamiento.

Con posterioridad se ha visto la necesidad de acometer una ampliación para otros 65.000 m³/día mediante una toma de agua basada en un sistema de drenes y tubería de captación en túnel.

El pretratamiento consta de una filtración por arena seguida de una segunda etapa con filtros de cartucho.

La desalinización es por ósmosis inversa con sistema de recuperación de energía mediante intercambiadores de presión de alto rendimiento. El postratamiento se efectúa por recalcificación con filtros de calcita y dosificación de CO₂.



PLANTA DESALADORA DE VALDELENTISCO (MURCIA)

El objeto de la planta desaladora de Valdelelntisco es el incremento de los recursos hídricos actualmente disponibles para la Mancomunidad de Canales del Taibilla, atendiendo así los actuales déficits de agua que soportan determinadas zonas regables de la región de Murcia, además de garantizar el suministro para abastecimiento.

La capacidad de producción de la instalación es de 140.000 m³/día, ampliables a 200.000 m³/día, lo que la convertirá en una de las grandes plantas a nivel mundial.

La desaladora está diseñada con una toma abierta, un pretratamiento que incluye filtración dual (arena y antracita), dosificación de reactivos y filtración por cartuchos.

La ósmosis inversa se lleva a cabo con membranas con factor de conversión del 50%, incorporando un sistema de recuperación de energía mediante turbina. El pretratamiento físico incluye una dosificación de hidróxido cálcico y dióxido de carbono.



PROGRAMA AGUA

El programa AGUA (Actuaciones para la Gestión y la Utilización del Agua) materializa la reorientación de la política del agua, mediante la explicación y difusión de las actuaciones concretas diseñadas para garantizar la disponibilidad y la calidad del agua en cada territorio (Ministerio de Medio Ambiente).

Dentro del Programa AGUA para dotar las cuencas mediterráneas de agua desalada, se han iniciado las obras para la construcción de importantes instalaciones de desalinización como son Barcelona, Torre Vieja, Águilas y Bajo Almanzora, con una capacidad cercana a los 700.000 m³/día.

DESALADORA DE BARCELONA

La desaladora de agua de mar de Barcelona tendrá una capacidad para 200.000 m³/día y su diseño definitivo se decidirá en función de los resultados de una planta piloto.

La captación de agua de mar se hará mediante tubería submarina o con tubos drenantes en la zona costera. Por su parte, la salmuera se evacuará mediante el emisario submarino de la depuradora de aguas residuales próxima a las instalaciones de desalinización. Por todo ello, la configuración del pre-tratamiento depende de los resultados de la planta piloto.

El proceso de ósmosis inversa incluye un sistema de recuperación por cámaras intercambiadoras de presión de gran eficiencia energética.

El postratamiento de remineralización se prevé mediante lechos de calcita.



DESALADORA DE TORREVIEJA

La instalación de desalinización de Torrevieja tendrá una capacidad de producción para 240.000 m³/día, ampliable a 320.000 m³/día, que convierte en la mayor desaladora del mundo con tecnología de ósmosis inversa (80 Hm³/año con posibilidad de ampliación a 120 Hm³/año).

El objetivo de la instalación es producir agua desalada para el abastecimiento de población (20 Hm³/año), así como para cubrir el déficit de riego de zonas regables próximas (hasta 80 Hm³/año).

En su diseño se han utilizado innovaciones tecnológicas para la protección de las membranas de ósmosis inversa (filtros sumergidos en la captación, filtración en dos etapas sobre lecho dual, etc.), para la reducción del consumo energético, con recuperadores de energía por cámaras isobáricas.

La planta se diseña, no sólo para producir agua que cumpla la legislación para el abastecimiento, sino para reducir el boro hasta 0,5 mg/l, permitiendo su uso en todo tipo de riego agrícola.

El vertido de la salmuera se diseña de forma que no suponga ningún tipo de incidencia en la flora y fauna marina.



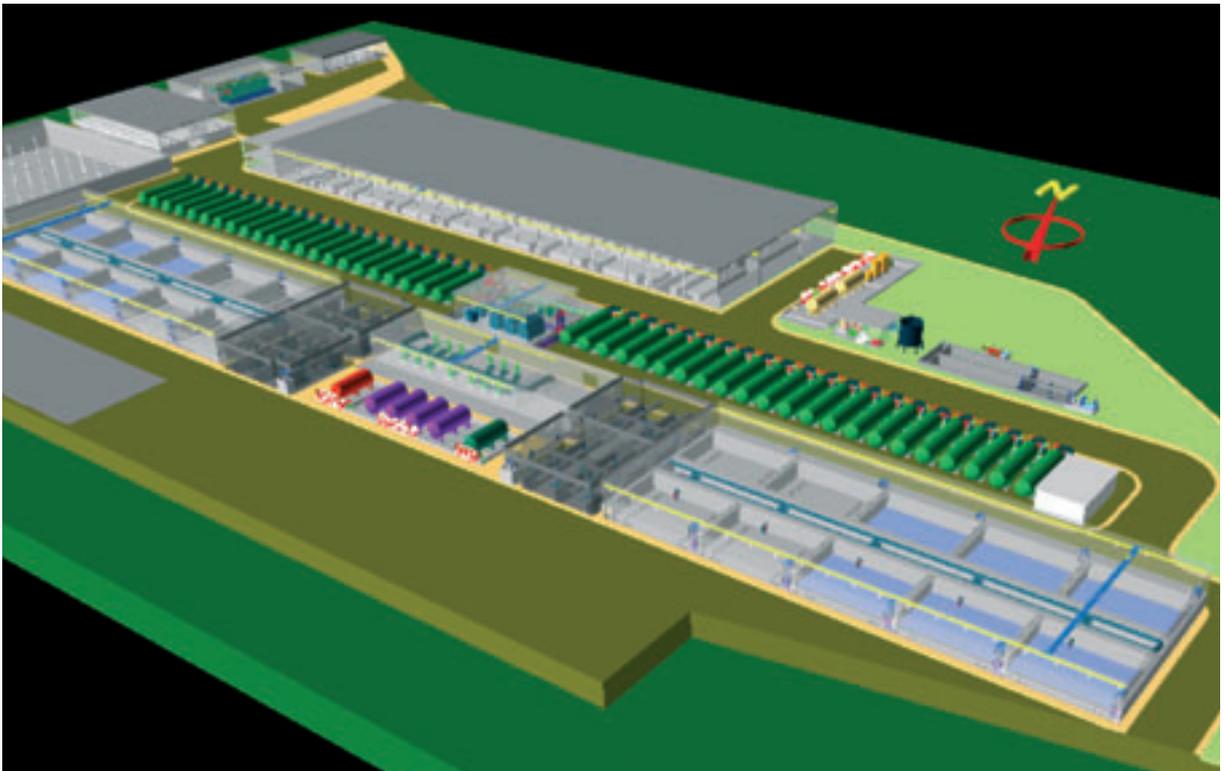
PLANTA DESALADORA DE ÁGUILAS

La planta desaladora de Águilas-Guadalestín tiene por objetivo suministrar agua para el abastecimiento urbano (municipio de Lorca y Águilas) y garantizar las demandas de riego en la zona de la cuenca del Segura.

La capacidad de producción es de 180.000 m³/día de agua de mar (>40.000 ppm) con toma abierta, que obliga al diseño de una fase de pretratamiento más compleja, con una doble etapa de filtración con adición de reactivos (abiertos y cerrados a presión), seguida de una filtración por cartuchos.

El sistema de ósmosis inversa se proyecta en doble paso, con un factor de conversión del 45% que permite asegurar, no sólo una importante reducción de la salinidad del agua (<400 ppm), sino también el cumplimiento de las exigencias impuestas de Boro.

El sistema de recuperación de energía incorpora cámaras de intercambio de presión para mejorar la eficiencia energética. El postratamiento incluye lechos de calcita y dosificación de dióxido de carbono.



PLANTA DESALADORA DE BAJO ALMANZORA (ALMERÍA)

La capacidad de producción de la planta desaladora de Bajo Almanzora es de 60.000 m³/día, de la que el 75% será para riego y el 25% restante para consumo humano en núcleos urbanos de Almería.

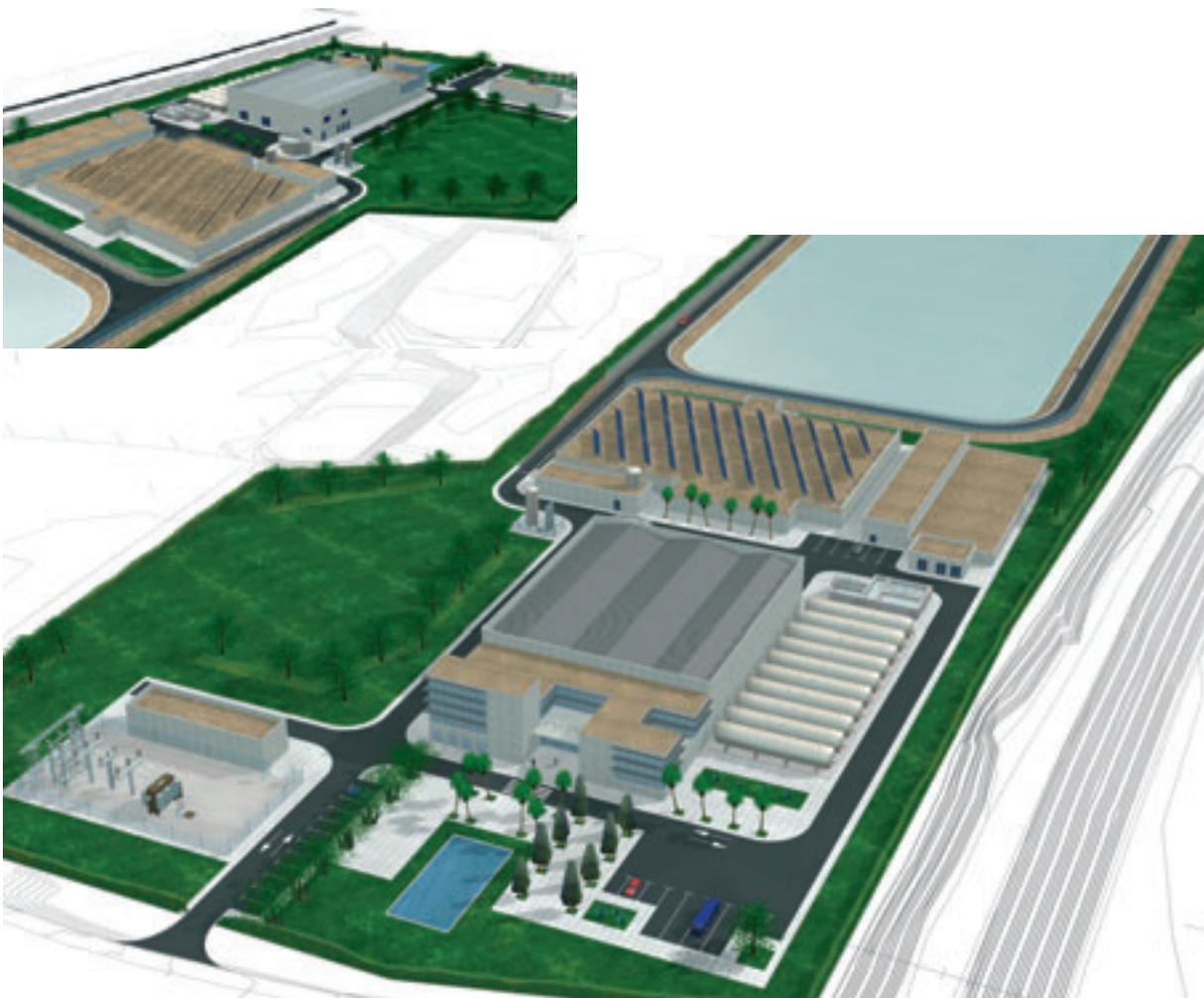
La captación del agua de mar se efectúa mediante pozos costeros que tienen una doble función:

- Permitir el abastecimiento de la IDAM (planta desaladora de agua de mar)
- Conseguir una dilución de la concentración de salmueras antes de su vertido al mar de acuerdo con lo establecido en la declaración de impacto ambiental (DIA)

El pretratamiento consiste en una etapa de filtración a presión, seguida de una microfiltración por cartuchos. El proceso de desalinización es por ósmosis inversa, trabajando en doble paso, e incluye un sistema de recuperación mediante cámaras hiperbáricas. El postratamiento se lleva a cabo mediante remineralización por adición de dióxido de carbono e hidróxido cálcico.

La desinfección final se realiza mediante hipoclorito sódico.

El vertido de salmuera se lleva a cabo mediante emisario submarino, a una profundidad de 25 m.



Anexo

Principales empresas españolas

ACCIONA AGUA

Acciona Agua nace en el 2006 como el fruto de la fusión de Pridesa e Infilco, con más de 30 años de experiencia en el diseño, construcción y operación de plantas de tratamiento de agua potable, depuradoras de aguas residuales, tratamientos para reutilización y plantas de desalinización por ósmosis inversa.

Acciona Agua basa su desarrollo en la innovación continua a través de un departamento propio de I+D+i. En el campo de la desalinización, cuenta con más de 70 referencias, con una producción superior a 1,75 millones de metros cúbicos diarios.

Las actuaciones más significativas de Acciona Agua son:

- Desaladora de Torreveja, 240.000 m³/día (en construcción)
- IDAM de Thames Gateway (Londres) 150.000 m³/día
- IDAM de San Pedro del Pinatar (Murcia), 1ª y 2ª fase 130.000 m³/día
- IDAM de Carboneras (Almería) 120.000 m³/día
- IDAM de Tampa Bay (Florida) 108.000 m³/día
- IDAM de Douaouda (Argelia) 100.000 m³/día
- IDAM de Canal de Alicante 65.000 m³/día

BEFESA

Befesa constituye la cabecera del Grupo de Servicios Ambientales de ABENGOA. Es especialista en el diseño y construcción de infraestructuras para el ciclo integral del agua y la gestión de residuos. Desde principios de los años ochenta, con la puesta en marcha de la primera desaladora (Libia), se consolidó en las actividades de desalinización, depuración y reutilización. Actualmente cuenta con una capacidad de producción de 1 millón de m³/día en el mercado de desalinización, tanto nacional como internacional.

Cuenta con instalaciones que alcanzan una capacidad total de producción de 900.000 m³/día para el abastecimiento de más de cuatro millones de habitantes.

Las representaciones más importantes de Befesa son:

- IDAS de Atabal (Málaga) 165.000 m³/día
- IDAM Tlemcem - Hounaine (Argelia) 200.000 m³/día
- IDAM Beni - Saf (Argelia) 200.000 m³/día
- IDAM Oran (Argelia) 150.000 m³/día
- IDAM de Carboneras (Almería) 120.000 m³/día
- IDAM Skikda (Argelia) 100.000 m³/día
- IDAM Chennai (India) 100.000 m³/día

CADAGUA

Cadagua, con más de 35 años de experiencia, está reconocida como una empresa pionera en el mercado de la ingeniería y depuración de aguas y se encuentra asimismo entre las primeras empresas del mundo en el campo de la desalinización de agua de mar.

Cadagua ha diseñado y construido unas 200 plantas de tratamiento de agua potable, aguas residuales y plantas desaladoras, así como más de 130 instalaciones en el sector industrial, alcanzando una capacidad total de tratamiento superior a 13,5 Hm³/día. Atendiendo al servicio de mantenimiento y explotación, el número de habitantes equivalentes servidos se acerca a los 17 millones.

Cuenta con referencias en países como Arabia Saudita, Argelia, Kuwait, Chile, Venezuela, Portugal, Polonia, Reino Unido, Chipre, Túnez y China.

Las actuaciones más significativas de Cadagua son:

- IDAM Águilas-Guadalestín 180.000 m³/día (en construcción)
- IDAM Valdelentisco (Murcia) 140.000 m³/día
- IDAM Canal de Alicante 65.000 m³/día
- IDAM Madinat Yanbu (Arabia Saudita) 50.400 m³/día
- IDAM Dhekelia (Chipre) 40.000 m³/día

DEGREMONT

Degremont es la primera empresa establecida en España en el sector del tratamiento del agua y cuenta por tanto con una experiencia de más de cincuenta años. Es una de las empresas especialista en el tratamiento de agua en España en cuanto a diseño, construcción, explotación y asistencia técnica o servicios asociados en agua potable, depuración de aguas residuales y desalinización, campo en el que además cuenta con importantes referencias a nivel mundial.

Las referencias más representativas en instalaciones de desalinización son:

- IDAM de Barcelona 200.000 m³/día (en construcción)
- IDAM Fujairah (Emiratos Árabes Unidos) 170.000 m³/día
- IDAS El Atabal 165.000 m³/día
- IDAM Perth (Australia) 145.000 m³/día
- IDAM Carboneras 120.000 m³/día
- IDAM Bahía de Palma 70.000 m³/día
- IDAM San Pedro del Pinatar 65.000 m³/día

DYTRAS, S.A.

Más de 23 años de experiencia han permitido a DYTRAS obtener un alto nivel de especialización, tanto en el tratamiento de las aguas potables como en la depuración de las aguas residuales. Avalada por las máximas clasificaciones como empresa contratista al servicio de la Administración en el diseño, construcción, instalación, explotación y mantenimiento de plantas de tratamiento y de depuración, sus trabajos abarcan desde las más pequeñas poblaciones a las mayores ciudades y desde las instalaciones más tradicionales a las tecnológicamente más avanzadas.

Desarrolla con medios propios y en colaboración con diversos organismos e instituciones públicas y privadas, proyectos de I+D+i tanto para el tratamiento y depuración de las aguas como para la mejora de los sistemas de tratamientos de lodos. Mediante ensayos en plantas piloto pone a punto nuevas tecnologías que permiten la simplificación y facilidad de las explotaciones, la mejora de rendimientos, la reducción de costos y el perfeccionamiento de sistemas.

Su capacidad de dar soluciones a las necesidades del tratamiento de las aguas está basada en el estudio y conocimiento previo de cada caso, en el análisis y diagnóstico de los diferentes problemas y sus condicionantes técnicos así como en el correcto uso de los procedimientos físicos, químicos y biológicos en el tratamiento de las aguas y de los lodos, y ello siempre con la más avanzada tecnología de aplicación: decantación convencional y lamelar, filtración en recintos abiertos y mediante depósitos cerrados bajo presión, cultivos fijos, mixtos y en suspensión en sus diversas facetas de diseño y funcionamiento...

La calidad requerida para las aguas potables, el aprovechamiento de los recursos disponibles para el almacenamiento y distribución de las mismas y la descontaminación y reutilización de las aguas residuales son diferentes objetivos y necesidades que precisan de procedimientos específicos en cada caso. Por ello, a cada problema, DYTRAS aporta la solución idónea aplicando la tecnología más adecuada y rentable.

Referencias más destacadas en el extranjero:

- Túnez: Ampliación de dos Depuradoras de Aguas Residuales del Área Metropolitana de Túnez capital.
- Marruecos: Ampliación de la Potabilizadora de Marrakech.
- Rumania: Reforma y Ampliación de la Depuradora de Aguas Residuales de Botosani.
- Rumania: Remodelación y Ampliación de la Potabilizadora de Târgu Mures.

DRACE Medio Ambiente, S.A.

Drace Medio Ambiente cuenta con una experiencia de más de 30 años dedicadas al tratamiento de aguas, especialización que define la capacidad de la empresa. Ha construido en ese periodo más de 130 instalaciones de potabilización, desalinización y depuración de aguas, sirviendo a más de 20 millones de habitantes. Drace Medio Ambiente impulsa la permanente aplicación de las innovaciones tecnológicas en el diseño y construcción de proyectos para obtener los mejores resultados.

A nivel internacional, DRACE cuenta con la enorme plataforma que supone el grupo al que pertenece, ACS. La línea de I+D, junto con una especialización propia, sitúa a DRACE entre las empresas de reconocimiento en el sector del tratamiento de aguas, tanto a nivel nacional como internacional.

Las referencias más significativas en el campo de la desalinización son:

- Desaladora de Barcelona 200.000 m³/día
- Desaladora de Melilla (Desalobrador) 15.000 m³/día
- Desaladora de Valle de San Lorenzo (Tenerife) 4.000 m³/día
- Desaladora de Guía Gáldar (Gran Canaria) 3.000 m³/día
- Desaladora Arrecife (Lanzarote) 2.500 m³/día



INIMA

INIMA es una empresa con más de 50 años de experiencia en el sector del agua, que ha reforzado su posición al formar parte del Grupo OHL como cabecera medioambiental.

INIMA ha diseñado, construido o está en fase de construcción de más de 45 instalaciones de desalinización, con una producción diaria por encima de los 700.000 m³/día, que representa una población servida del orden de 3 millones de personas. Tiene actividad estable en cinco países de América y África, convirtiéndola en una empresa española con gran presencia internacional, que participa tanto en el mercado público como en el privado, en diversas modalidades de contrato (BOT, EPC, BOO, etc.), y está especializada en la gestión de proyectos tipo PPP (Public Private Partnerships)

Las referencias más significativas en el campo de la desalinización son:

- Desaladora de Mostaganem (Argelia) (BOT) 200.000 m³/día
- Desaladora de Carboneras (España) 120.000 m³/día
- Desaladora de Cap Djinet (Argelia) (BOT) 100.000 m³/día
- Desaladora de Alicante (2ª fase) 65.000 m³/día
- Desaladora de Antofagasta (Chile) (BOT) 52.000 m³/día
- Desaladora Los Cabos (México) (BOT) 20.000 m³/día
- Desaladora de Brockton (USA) (BOT) 18.000 m³/día



ISOLUX INGENIERÍA, S.A.

Isolux Ingeniería S.A. continua actualmente con el trabajo y la experiencia desarrollados por ISOLUX WAT desde hace más de 30 años en el diseño y construcción de plantas de tratamiento de agua potable, estaciones depuradoras de aguas residuales e instalaciones de desalinización de agua de mar

Isolux Ingeniería impulsa, a nivel nacional e internacional, actividades que permitan el desarrollo de proyectos relativos al ciclo integral del agua, incluyendo la ingeniería, suministro, construcción y ejecución de instalaciones y puesta en marcha y explotación de las mismas. La creación de GRUPO ISOLUX CORSAN en 2006, ha permitido el crecimiento de Isolux Ingeniería hasta situarla entre las empresas punteras en el sector del tratamiento de agua.

Como referencias más significativas en el campo de la Depuración destacan:

- EDAR de Gerona 55.000 m³/día
- EDAR de Miera (Cantabria) 8.800 m³/día
- EDAR del Río Cubia (Asturias) 6.500 m³/día
- EDAR de Alcañiz (Teruel) 5.400 m³/día
- EDAR de Torrepacheco (Murcia) 5.000 m³/día
- EDAR de Calasparras (Murcia) 4.000 m³/día

Destacan las instalaciones de Potabilización:

- ETAP del Río LEMPA (El Salvador) 415.000 m³/día
- ETAP de Talavera de la Reina (Toledo) 21.600 m³/día
- ETAP de Sayagua (Zamora) 9.600 m³/día
- ETAP de El Tiemblo (Avila) 7.200 m³/día
- ETAP de Almadén (Ciudad Real) 5.200 m³/día

En otros apartados destacan:

- Modulo III Desaladora de las Palmas de Gran Canaria 15.000 m³/día
- Secado Térmico de fangos en la EDAR de VIC (Barcelona) 40.000 Tn/año



Joca Ingeniería y Construcciones, S.A.

JOCA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIONES, S.A. es una empresa perteneciente al Grupo Katry, que cuenta con más de 40 años de experiencia en el sector de la construcción, en tres grandes áreas de actividad (obra civil, tratamiento de aguas y edificación). En el sector de tratamiento de aguas dispone de ingeniería propia para el diseño, construcción y explotación de las instalaciones.

A lo largo de estos años JOCA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIONES, S.A. ha diseñado y construido más de 82 estaciones depuradoras de aguas residuales, con una capacidad total de más de 200.000 m³ diarios para una población equivalente de más de un millón de habitantes, siendo las más significativas:

- Don Benito (Badajoz) 30.288 m³/d
- Vegas Bajas (Badajoz) 22.500 m³/d
- EDAR Cabra (Córdoba) 14.000 m³/d
- Los Palacios y Villafranca (Sevilla) 9.700 m³/d
- Monfragüe (Cáceres) 6.338,4 m³/d
- Alfaro en la Rioja 5.500 m³/d
- Sao Martinho (Portugal) 5.425 m³/d
- Moratalla (Murcia) 4.500 m³/d
- EDAR Villarrubia de los Ojos (Ciudad Real) 2.940 m³/d
- Charneca (Portugal) 2.835 m³/d

La mayor parte de estas plantas disponen de tratamiento terciario para reutilización de las aguas depuradas.

En cuanto a plantas potabilizadoras, JOCA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIONES, S.A. ha construido más de 10 ETAP, con una capacidad total superior a 2 m³/s, destacando:

- ETAP Algodor (Toledo) 0,6 m³/s
- ETAP Fregenal (Badajoz) 0,1 m³/s
- ETAP Jerez de los Caballeros y Otros (Badajoz) 0,2 m³/s
- Ampliación línea proceso ETAP de Aljaraque (Huelva) 0,6 m³/s

En estos últimos años ha iniciado el desarrollo de instalaciones de desalación por ósmosis inversa, estando funcionando ya una planta para 4.000 m³/día de producción en Fuerteventura.

SADYT

Sadyt, Sociedad Anónima de Depuración y Tratamiento, es la ingeniería de tratamiento de aguas del grupo Sacyr-Vallehermoso y fue creada con el objeto de desarrollar las áreas de ingeniería, diseño, construcción y explotación de instalaciones en el campo de la depuración de aguas residuales, desalinización, potabilización y reutilización de aguas.

En los últimos diez años, Sadyt ha construido más de 50 instalaciones en todo el mundo con una capacidad instalada superior a un millón metros cúbicos al día.

El alto componente tecnológico de la empresa está respaldado por un programa de I+D+i, con numerosos proyectos en colaboración con distintas entidades públicas y privadas.

En desalinización destacan las siguientes referencias:

- Desaladora de Beni Saf (Argelia) 200.000 m³/día
- Desaladora de Teclem Hounaine (Argelia) 200.000 m³/día
- Desaladora de Skikda (Argelia) 100.000 m³/día

Estas tres plantas han sido contratadas bajo el modelo BOT a 25 años.

- Desaladora de Águilas-Guadalentín (Murcia) 180.000 m³/día (en construcción)

SPA

Spa es una compañía especializada en el diseño y construcción de plantas de tratamiento de agua, tanto residuales como potables, y de desalinización. Cuenta con profesionales expertos y medios técnicos avanzados para garantizar el rendimiento óptimo de los proyectos. Su capacidad para ofrecer soluciones globales, unida al respaldo de pertenecer a AQUALIA, del Grupo FCC, la han posicionado con fuerza en los mercados internacional y nacional.

Dispone de un departamento propio de ingeniería e I+D+i, que le permite estar al día en la evolución de la tecnología del agua.

En desalinización destacan las siguientes actuaciones:

- Desaladora de Mostaganem (Argelia) 200.000 m³/día
- Desaladora de Cap Djinet (Argelia) 100.000 m³/día
- Desaladora de Tordera (Barcelona) 28.000 m³/día
- Desaladora Adeje-Arona (Tenerife) 20.000 m³/día
- Desaladora de Santa Eulalia (Ibiza) 15.000 m³/día

Por último, siguiendo un orden alfabético, se señalan las principales organizaciones profesionales del sector que reúnen a la mayor parte de las empresas españolas dedicadas al tratamiento de aguas:

AEDYR

www.aedyr.com

Asociación Española de Desalación y Reutilización

AMEC URBIS

urbis.amec.es

Asociación Española de Equipamiento Urbano y Tráfico

ATTA

www.attagua.com

Asociación Tecnológica para el Tratamiento del Agua

FLUIDEX

www.fluidex.es

Asociación Española de Exportadores de Equipos para Manipulación de Fluidos

SEOPAN

www.seopan.es

Asociación de Empresas Constructoras de Ámbito Nacional

SERCOBE

www.sercobe.es

Asociación Española de Fabricantes de Bienes de Equipo

TECNIBERIA-ASINCE

www.tecniberia-asince.es

Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos

También se puede obtener más información consultando la página de Internet de HISPAGUA (hispagua.cedex.es), el Sistema Español de Información sobre el Agua. HISPAGUA es una iniciativa de la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas, perteneciente a la Secretaría de Estado de Aguas y Costas del Ministerio de Medio Ambiente, en colaboración con el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y con el apoyo técnico-documental del Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC), perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

EDICIÓN PRELIMINAR

Este cuaderno sectorial se corresponde con una edición preliminar, sujeta a modificaciones y actualizaciones.

Las empresas españolas del sector que se quieran sumar a esta publicación en sucesivas ediciones, se pueden poner en contacto con el ICEX a través del siguiente correo electrónico:
productos.industriales@icex.es

Instituto Español de Comercio Exterior
www.icex.es

Paseo de la Castellana, 14-16
28046 Madrid
tel.: 902 349 000
e-mail: icex@icex.com



www.spainbusiness.com