

# SISTEMAS DE RECURSOS HIDRÁULICOS EN MEDIOS VOLCÁNICOS

## Tema 11 ; Desalación de aguas

Juan Carlos Santamarta Cerezal  
Ingeniero de Montes e ITOP  
Doctor en Ingeniería por la UPM  
(ETSICCP, Hidráulica y Energética)

**ULL** | Universidad  
de La Laguna



2

# CONTENIDOS

## CONTENIDOS

- ✓ **1. Introducción.**
- ✓ **2. Técnicas utilizadas.**
- ✓ **3. Desalación en Canarias.**
- ✓ **4. Esquema EDAM.**

SANTAMARTA JUAN C.

## CONTENIDOS

- ✓ **5. Costes.**
- ✓ **6. Avances técnicos y futuro.**
- ✓ **7. Ejemplo planta en Tenerife.**
- ✓ **8. Inconvenientes.**

SANTAMARTA JUAN C.

# DESARROLLO DE CONTENIDOS



# 1. INTRODUCCIÓN



## INTRODUCCIÓN

- ✓ El **97,5%** del agua que existe en nuestro planeta es salada y sólo una cantidad inferior al **1%** es apta para el consumo humano.

SANTAMARTA JUAN C.

## CANTIDAD DE SALES

- ✓ Es necesario desalar el agua porque el hombre no puede consumir agua que tenga mas de **0.5 gramos por litro** de sales disueltas.
- ✓ Por otro lado, tampoco es recomendable que tenga menos de esta cantidad.

SANTAMARTA JUAN C.

## 2. TÉCNICAS UTILIZADAS

### ☀️ PRODUCCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN UNA ISLA VOLCÁNICA



## PRIMERAS PLANTAS DESALADORAS EN EUROPA

- ✓ Sobre 1.944 **Gibraltar.**
- ✓ Sobre 1.955 **Turquía.**
- ✓ Sobre 1.964 **Lanzarote.**

SANTAMARTA JUAN C.

## ALGUNAS DEFINICIONES

- ✓ **DESALINIZAR:** Quitar la sal del agua del mar o de las aguas salobres, para hacerlas potables o útiles para otros fines.
- ✓ **DESALAR:** Quitar la sal a algo, como a la cecina, al pescado salado, etc.

SANTAMARTA JUAN C.

## **ALGUNAS DEFINICIONES**

- ✓ **DESALOBRAR: No consta.**
- ✓ **AGUA SALOBRE: Aquella cuya proporción de sales la hace impropia para la bebida y otros usos .**

SANTAMARTA JUAN C.

## **DEFINICIÓN**

- ✓ **También llamado desalinización.**
- ✓ **Proceso de separación del agua y las sales de una disolución acuosa de concentración similar al agua de mar (35 g/l). Para el caso de agua salobre puede llamarse también desalobración.**

SANTAMARTA JUAN C.

## TÉCNICAS APLICABLES

✓ La desalación se consigue por medio de procesos de **tecnología termal** y **tecnología de membrana**.

SANTAMARTA JUAN C.

## SISTEMAS DE DESALACIÓN DE AGUAS

✓ **Térmicos.**

▶ **Destilación.**

✓ **Membrana.**

▶ **Ósmosis inversa.**

SANTAMARTA JUAN C.

## TÉCNICAS

- ✓ **Los procesos multi-stage flash (MSF), termales abarcan la destilación multiefecto (MED) y compresión de vapor (VC).**
- ✓ **Los procesos de membrana incluyen la electrodiálisis (ED), electrodiálisis y osmosis inversa (OI).**

SANTAMARTA JUAN C.

## SISTEMAS DE DESALACIÓN DE AGUAS

- ▶ **Filtración.**
- ▶ **Eléctricos.**
  - **Electrodiálisis.**
- ✓ **Hielo.**

SANTAMARTA JUAN C.

## 3. DESALACIÓN EN CANARIAS

### DESALACIÓN EN CANARIAS

- ✓ La **primera planta desaladora** de agua de mar de Canarias y de España se instaló en la isla de Lanzarote en 1964.
- ✓ Producía **2.500 m<sup>3</sup>/d** de agua potable utilizando como proceso, la MSF.

## DESALACIÓN EN CANARIAS

- ✓ El sistema más utilizado actualmente es **osmosis inversa**, aunque en algunos casos como en Las Palmas de Gran Canaria se combinan procesos térmicos de producción de energía con los de producción industrial de agua.

SANTAMARTA JUAN C.

## DESALACIÓN EN CANARIAS

- ✓ El factor limitante siempre será el **consumo energético**, no obstante se está trabajando en el sentido de alimentar estas instalaciones mediante **energías renovables (EERR)**.

SANTAMARTA JUAN C.

## ☀️ PLANTAS DESALADORAS EN CANARIAS

Fuente ;  
Gobierno de Canarias

Isla	Nº desaladoras	Públicas	Privadas	Producción (m³/día)
Tenerife	44	5	36	118.143
Gran Canaria	137	11	126	336.195
Fuerteventura	64	4	60	65.049
Lanzarote	80	0	80	62.570
La Gomera	1	0	1	4.100
El Hierro	4	4	0	2.000
La Palma	0	0	0	0

SANTAMARTA JUAN C.

## ☀️ COSTE AGUA DESALADA

- ✓ **El Coste actual de la producción de 1m<sup>3</sup> de agua procedente del mar es de 0.5-0,6 €/m<sup>3</sup>, mientras que si la procedencia es de agua salobre, el precio es de 0.2-0,3 €/m<sup>3</sup> (Gobierno de Canarias, Dirección General de Aguas, 2008).**

SANTAMARTA JUAN C.

## ☀️ DESALACIÓN POR EERR

### ✓ Casos en Canarias;

- ▶️ Planta alimentada por aerogenerador aislado de la red.
- ▶️ Planta alimentada por paneles fotovoltaicos.

SANTAMARTA JUAN C.

## ☀️ BINOMIO AGUA-ENERGÍA

Fuente ;  
Gobierno de Canarias

	Volumen total agua desalada Hm <sup>3</sup> /año	Consumo energético
Tenerife	18,0	4%
Gran Canaria	77,1	13%
Fuerteventura	11,9	18%
Lanzarote	16,9	14%
La Gomera	0	0%
El Hierro	0,5	10%
La Palma	0	0%

SANTAMARTA JUAN C.

## ☀️ CONSUMO ENERGÉTICO DE LA DESALACIÓN POR ISLAS

Fuente ;  
Gobierno de Canarias

Isla	Consumo energético
Tenerife	4%
Gran canaria	13%
Fuerteventura	18%
Lanzarote	14%
La Gomera	0%
El Hierro	10%
La Palma	0%

SANTAMARTA JUAN C.

## ☀️ BINOMIO AGUA ENERGÍA

- ✓ Los sistemas de desalación más generalizados en Canarias, son la **electrodialisis** y la **ósmosis**, esta última en el tratamiento de aguas salobres y la **ósmosis inversa** en el caso del agua procedente del mar.
- ✓ Las plantas de **ósmosis inversa** sólo necesitan entre 6 y 7 kWh/m<sup>3</sup> para producir, con agua de mar, un metro cúbico de agua potable.
- ✓ Las plantas de **compresión a vapor** que precisan entre 7 y 11 kWh/m<sup>3</sup>.

SANTAMARTA JUAN C.

## CONSUMO DE ENERGÍA

- ✓ El factor que más directamente afecta al **consumo energético** del proceso es la **presión osmótica del agua de alimentación**.
- ✓ Para conseguir caudales de perneado razonables es normal trabajar a presiones **entre 20 y 30 atm por encima de la presión osmótica**.

SANTAMARTA JUAN C.

## 4. ESQUEMA EDAM



## ✓ ESTACIÓN DESALADORA DE AGUAS DE MAR.

SANTAMARTA JUAN C.

## ✓ ESQUEMA DE PLANTA

- ✓ 1. Toma de agua al sistema.
- ✓ 2. Sistema de pre-tratamiento.
- ✓ 3. Bomba de alimentación de alta presión.
- ✓ 4. Elementos de membrana de osmosis inversa.
- ✓ 5. Post-tratamiento o acondicionamiento del agua.

SANTAMARTA JUAN C.

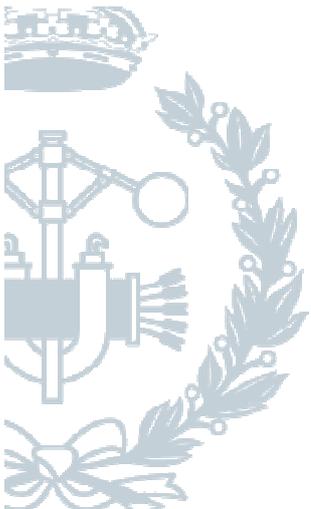
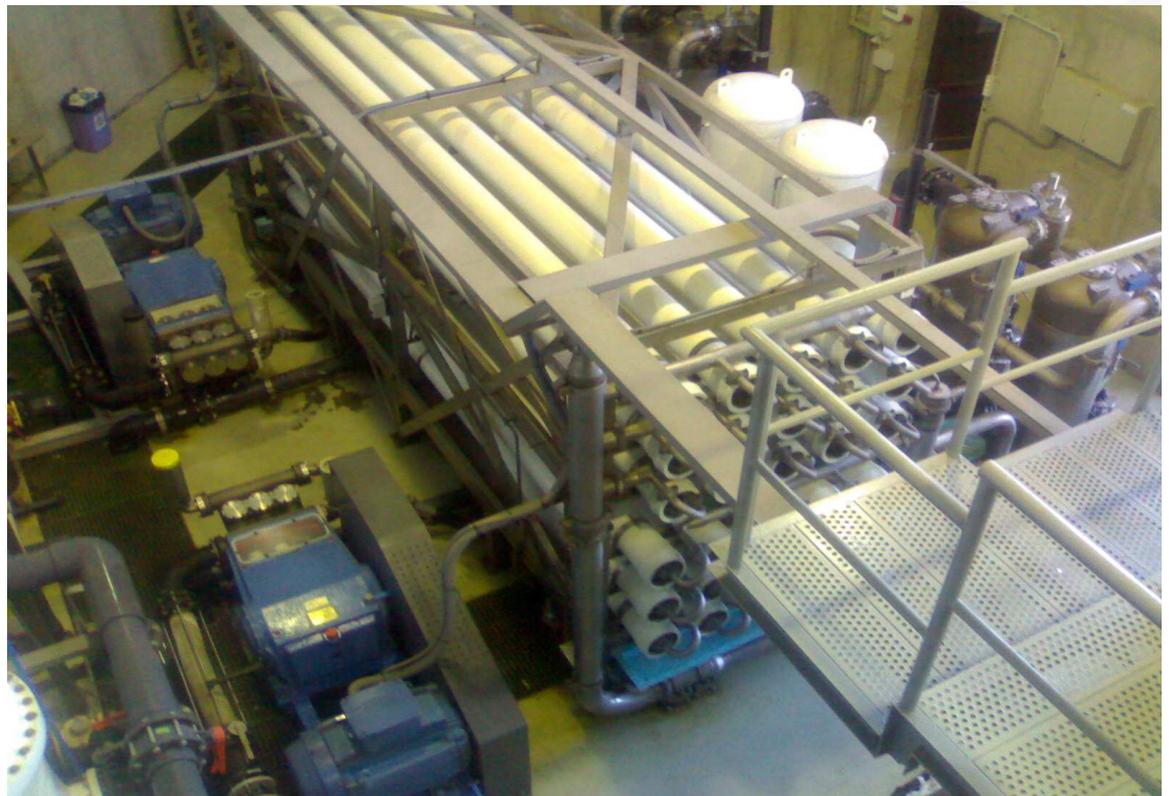
## • TOMA DE AGUA Y DEPÓSITO

Foto :  
Santamarta JC



## • VISTA GENERAL DE LA PLANTA

Foto :  
Santamarta JC



## PÉRDIDAS DE CARGA EN EL SISTEMA

- ✓ **El rozamiento del fluido en los colectores y en las membranas disminuye la cantidad de energía recuperable en el concentrado.**
- ▶ **Para contrarestarlo se requiere un aumento en la presión de la alimentación.**

SANTAMARTA JUAN C.

## PÉRDIDAS DE CARGA EN EL SISTEMA

- ✓ **El ensuciamiento de la membrana por causas físicas o biológicas contribuye a incrementar esa pérdida de carga y también de consumo.**

SANTAMARTA JUAN C.

## PÉRDIDAS DE CARGA EN EL SISTEMA

- ✓ **Los sistemas de recuperación de energía. Producen un ahorro importante en el consumo**
  - ▶ Con el agua de mar es normal trabajar a conversiones del 40 y 45 %.
  - ▶ la mayor reducción del consumo energético se consigue en conversiones del 30% aunque la inversión en bombas es mucho mayor.

SANTAMARTA JUAN C.

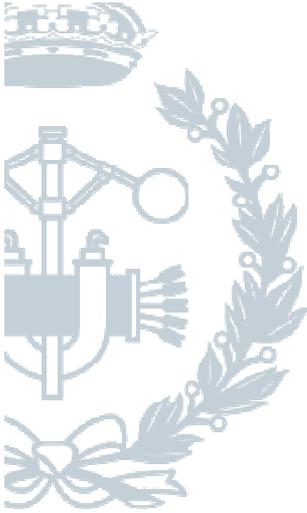
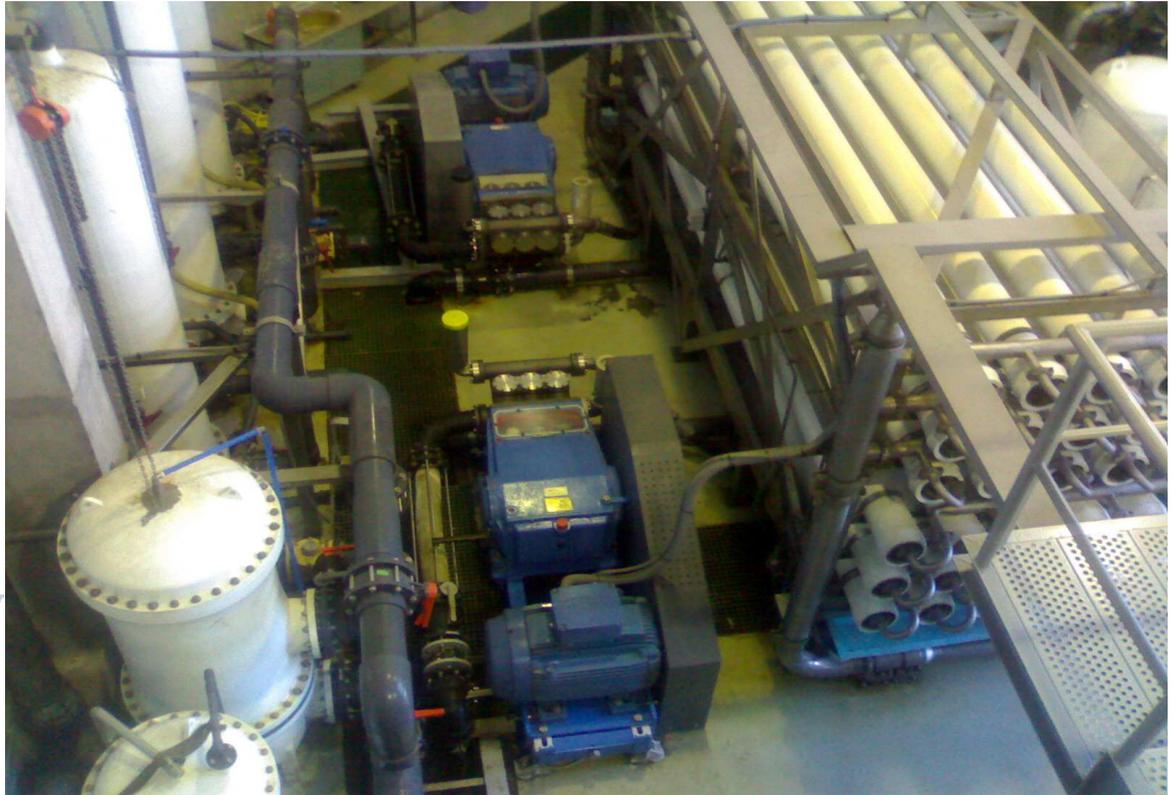
## EQUIPOS RECUPERADORES

- ✓ **Los equipos más adecuados para recuperar energía son los siguientes:**
  - ▶ Turbobombas compactas.
  - ▶ Bombas invertidas.
  - ▶ Turbinas Pelton.
  - ▶ Turbo-charger.
  - ▶ Bomba-turbina Pelton integrada.

SANTAMARTA JUAN C.

## • BOMBAS DE DISTRIBUCIÓN Y FILTROS

Foto :  
Santamarta JC



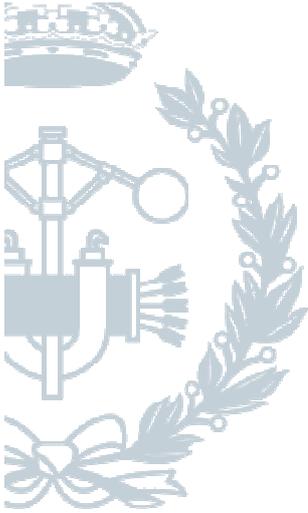
## ☀ REACTIVOS

✓ Los reactivos químicos utilizados en los diversos procesos realizados en una EDAM dependen fundamentalmente de

- ▶ Calidad del agua bruta a tratar.
- ▶ Calidad del producto requerida.

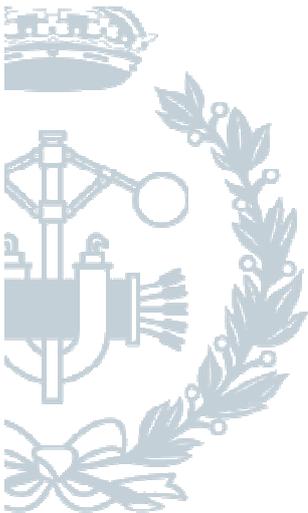
## • POSTRATAMIENTOS

Foto :  
Santamarta JC



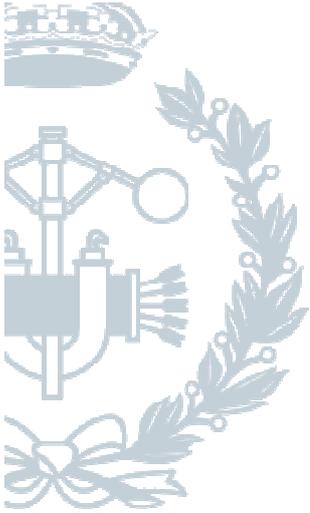
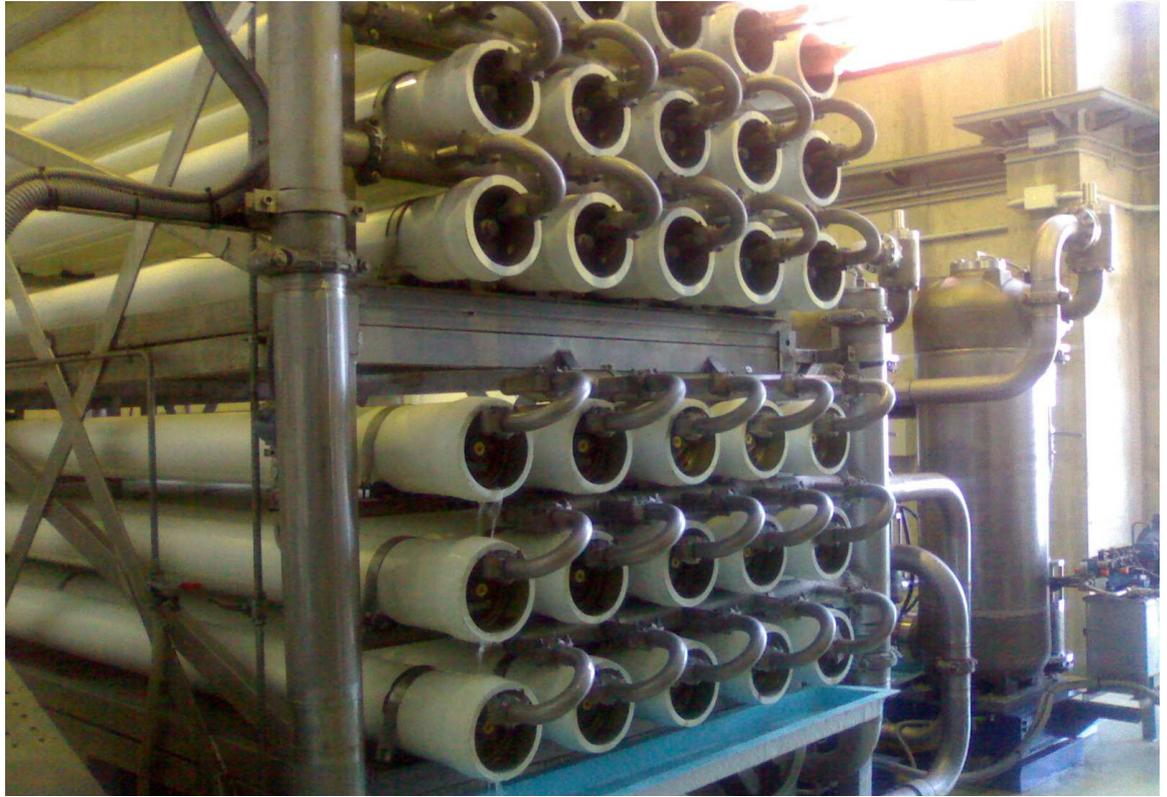
## • SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

Foto :  
Santamarta JC



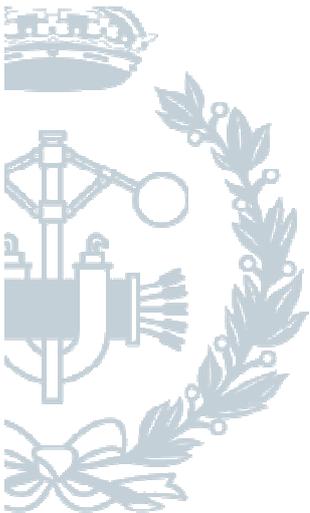
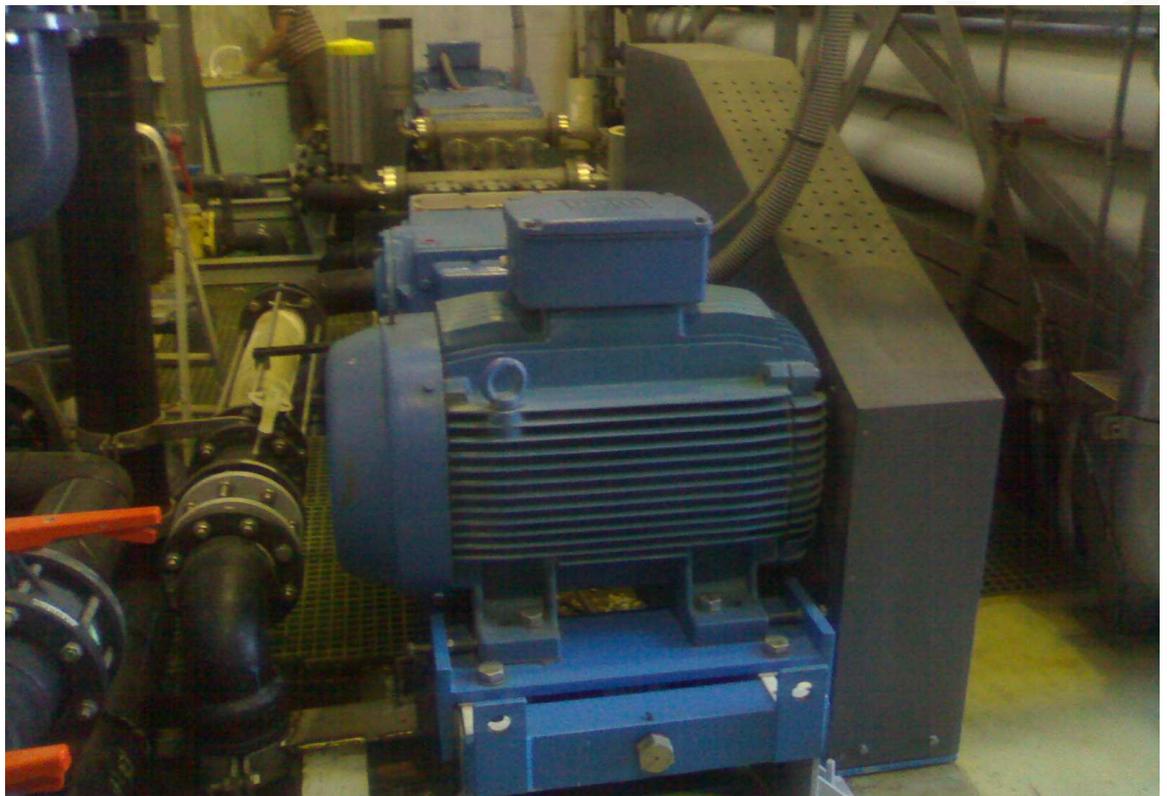
## • BASTIDOR DE MEMBRANAS DE OI

Foto :  
Santamarta JC



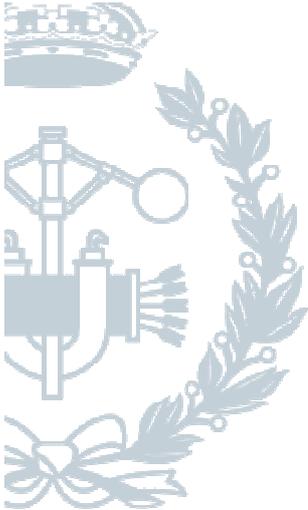
## • EQUIPOS DE BOMBEO

Foto :  
Santamarta JC



## • POZO DE DESAGÜE DE LA SALMUERA

Foto :  
Santamarta JC



## ☀️ PROBLEMAS DE AUMENTAR LA PLANTA

- ✓ **Comportamiento menos uniforme de las membranas dentro de gran bastidor.**
- ✓ **Menor flexibilidad para ajustar la producción a la demanda.**

## PROBLEMAS DE AUMENTAR LA PLANTA

- ✓ **Cuellos de botella.**
- ✓ **Grandes equipos de bombeo.**
- ✓ **Toma de agua de mar abierta.**
- ✓ **Implica más pretratamiento.**

SANTAMARTA JUAN C.

## 5.COSTES

## COSTES

- ✓ El **tamaño de planta** es crucial a la hora de calcular los costes.
- ✓ Las **pequeñas instalaciones** de tipo turístico suelen funcionar sin apenas mantenimiento o con el mismo personal dedicado a otras actividades dentro del complejo turístico.

SANTAMARTA JUAN C.

## COSTES DE LA PLANTA

Fuente ;  
Santamarta JC  
2007

Planta	Coste en euros	Producción en m <sup>3</sup> /día	Año	Isla
Arucas ampliación	2.343.947	4.000	1998	Gran Canaria
Tamaduste	2.024.000	1.200	2005	El Hierro
La Restinga	3.000.000	1.700	2005	El Hierro
Los Cangrejos	1.850.200	600	1995	El Hierro
Galdar III	3.005.042	5.000	1999	Gran Canaria
Las Palmas IV	4.808.096	5.000	1999	Gran Canaria
Guia II	3.005.042	5.000	1999	Gran Canaria
La Aldea	3.005.042	5.000	1999	Gran Canaria

SANTAMARTA JUAN C.

## COSTES

- ✓ Cuando la planta tiene una **capacidad considerable** ( $> 30.000 \text{ m}^3/\text{día}$ ) es necesaria una plantilla mínima de 20 personas para su gestión y mantenimiento que permita una producción continuada y sin mermas.

SANTAMARTA JUAN C.

## EVOLUCIÓN DE COSTES EN LA OI (COSMOSIS INVERSA)

- ✓ Se rebajan los **costes fijos**.
  - ✓ Se concentra la producción como forma de resolver ciertos problemas de una vez :
    - ▶ Vertido de salmuera.
    - ▶ Toma de agua de mar.
    - ▶ Acometida eléctrica.
- 3) Se rebajan los **costes de primera instalación**.

SANTAMARTA JUAN C.

## EVOLUCIÓN COSTES DESALACIÓN

Fuente ;  
Torres Corral  
M.CEDEX.2004

Costes del agua desalada					
1.Bases de cálculo	Unidades	1995	2.002	2004	2010
Coste de inversión	€/m <sup>3</sup> y día	890,00	610,00	600,00	590,00
Periodo de amortización	años	15	15	15	15
Interés	%	10	4	4	4
Consumo específico	kWh/m <sup>3</sup>	5,3	4,1	3,6	2,9
Precio energía	€/kWh	0,077	0,048	0,048	0,048
Tipo de toma	abierto	abierto	abierto	abierto	Abierta
2.Coste agua desalada					
Energía eléctrica	€/m <sup>3</sup>	0,408	0,196	0,172	0,139
Personal	€/ m <sup>3</sup>	0,036	0,036	0,030	0,025
Productos químicos	€ / m <sup>3</sup>	0,030	0,030	0,028	0,030
Mantenimiento y otros	€ / m <sup>3</sup>	0,024	0,024	0,024	0,024
Reposicion de membranas	€ / m <sup>3</sup>	0,018	0,018	0,018	0,014
Total explotación		0,516	0,302	0,270	0,232
Amortizacion	€ / m <sup>3</sup>	0,337	0,170	0,168	0,165
Coste total	€/ m <sup>3</sup>	0,853	0,472	0,438	0,397

SANTAMARTA JUAN C.

## COSTE DE LA DESALACIÓN EN LA ISLA DE TENERIFE

Fuente ;  
Consejo Insular de  
Aguas de Tenerife .  
2005

Costes desalación	
OI agua de mar	
Operación y mantenimiento	0,1498
Electricidad	0,2759
Gestión y control	0,0213
Subtotal (sin inversiones)	0,4470
Inversiones	0,1317
total (euros)	0,5788

SANTAMARTA JUAN C.

## COSTE PERSONAL

Fuente ;  
Santamarta JC  
2007

Personal	Coste medio en %
Dirección	20%
Personal de operación	45%
Personal de mantenimiento	25%
Personal administrativo	10%

SANTAMARTA JUAN C.

## 6.AVANCES TÉCNICOS Y FUTURO

## AVANCES TÉCNICOS

- ✓ **Estos avances técnicos se van a dar a corto plazo en las siguientes cuatro áreas:**
  - ▶ **Toma de agua de mar y pretratamiento.**
  - ▶ **Sistema de alta presión y recuperación de energía.**
  - ▶ **Sistema de ósmosis inversa.**
  - ▶ **Postratamiento de agua desalada.**

SANTAMARTA JUAN C.

## 7.EJEMPLO PLANTA EN TENERIFE

## ESTACIÓN DESALADORA DE LA CALETA (2011)

- ✓  $m^3$  producidos día: 10.000  $m^3$  .
- ✓  $m^3$  producidos año: 3.600.000  $m^3$  .
- ✓ Dos líneas de 5.000  $m^3$  .
- ✓ Supondrá el 35 % del agua consumida en Adeje al año.

SANTAMARTA JUAN C.

## ESTACIÓN DESALADORA DE LA CALETA (2011)

- ✓ El 70 % del agua consumida será agua desalada y sólo el 30 % será de extracciones tradicionales.

SANTAMARTA JUAN C.

## 8. INCONVENIENTES

### INCONVENIENTES

- ✓ En el proceso de desalación , se producen residuos salinos y sustancias contaminantes que pueden perjudicar a la flora y la fauna.
- ✓ Suponen un gasto elevado de consumo eléctrico. Este es mas importante en medios insulares.

# REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- ✓ **FUNDACIÓN CENTRO CANARIO DEL AGUA.** Documentación sobre el agua en Canarias (en línea). (Tenerife, España), Enero 2009 (ref. de 6 Marzo 2009). Disponible en World Wide Web:<<http://www.fcca.es/>>
- ✓ **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS.** Documentación de los proyectos de innovación tecnológica (en línea). (Islas Canarias, España), (ref. Marzo 2006). Disponible en World Wide Web; <[www.itccanarias.org](http://www.itccanarias.org)>
- ✓ **VEZA, JM.;** *Introducción a la desalación de aguas.* Ed; Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.Año 2002. Pag 379. ISBN 84-95792-98-2.
- ✓ **MEDINA, JA. ;***Desalación de aguas salobres y de mar. Osmosis Inversa.* Madrid .Ediciones Mundi-Prensa.1999.396 p. ISBN 8471148498

# LICENCIA Y MÁS INFORMACIÓN

## CITAR ESTE CURSO /CITE THIS COURSE

- ✓ **Santamarta Cerezal , Juan Carlos. *Sistemas de recursos hidráulicos en medios volcánicos*. Otoño 2011.(Universidad de La Laguna). <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.**

## LICENCIA/LICENCE

- ✓ Para más información sobre el uso de estos materiales y la licencia Creative Commons, consulta nuestros Terminos de uso
- ✓ For more information about using these materials and the Creative Commons license, see our Terminos de uso.

SANTAMARTA JUAN C.

## PARA MÁS INFORMACIÓN

[jcsanta@ull.es](mailto:jcsanta@ull.es)

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>

<http://hidrogeotecnicas.blogspot.com/>

SANTAMARTA JUAN C.