

II JORNADAS DE  
TELECONTROL DEL  
CICLO INTEGRAL  
DEL AGUA

EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE  
DESALACIÓN:  
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN  
ESPAÑOLA

MIGUEL TORRES CORRAL  
CEDEX  
GRANADA 4 MARZO 2008

# EL AGUA EN EL MUNDO

**El agua cubre el 70% del planeta**

**\* 1.400 millones de Km.3**

**2.5% agua dulce y el resto agua salada**

**Distribucion del agua dulce**

**0.3 % lagos y rios**

**29.9 % subterranea**

**68.9 % glaciares y nieve permanente**

# PRINCIPALES FUENTES DE ABASTECIMIENTO

Rios, lagos y acuíferos poco profundos

**Volumen aprovechable : 200.000 Km<sup>3</sup>**

***menos de 1% del agua dulce***

***0.01 % del agua total del planeta***



# DISTRIBUCION GEOGRAFICA

Brasil, Canadá, Rusia, Estados Unidos, China e India poseen cerca del 50% de los recursos hídricos (agua dulce )

Amazonas, Ganges, Congo, Amarillo y Orinoco suman el 27% de los recursos (agua dulce )

*El concepto recurso está ligado ( indebidamente ) al termino calidad*

# RECURSO HIDRICO Y CALIDAD

La cantidad total de agua del planeta permanece constante

La calidad del recurso se deteriora lo que lleva a creer (erróneamente) que el recurso disminuye

*La salinización del recurso es la causa más importante de pérdida de calidad, pero no la única*

# CICLO AGUA DULCE-AGUA SALADA

El ciclo hidrológico siempre se establece sobre la cantidad

El sol ,con el mantenimiento del ciclo, también mantiene la calidad

*El cambio de estado del agua (congelación o evaporación ) devuelven la calidad perdida del recurso*



# DESALACIÓN : NUEVO TRATAMIENTO

- El agua de mar es un recurso natural igual que lo es el agua de un río, un acuífero o un lago
- La diferencia está en la mayor salinidad
- Los tratamientos que se dan al agua persiguen alcanzar la calidad requerida para el uso a que se destina
- Desalar es, por tanto, un tratamiento para reducir el contenido salino de un recurso natural

# DESALACIÓN: ¿EN QUÉ CONSISTE ?

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.

# ENERGÍA Y DESALACIÓN

- La energía mínima teórica depende de la concentración
- Se mide como energía desprendida al disolver la sal en agua.
- Para el agua de mar (35 g/l)

$$W_{\text{mín}} = 0,976 \text{ kWh/m}^3.$$

- La energía mínima teórica es independiente del proceso.
- La energía real sí depende del proceso y de la forma en que aplicamos la energía.

# ENERGÍA Y PROCESOS DE DESALACIÓN

ENERGÍA	PROCESO
Calor	Evaporación
Presión	Ósmosis inversa
Campo eléctrico	Electrodiálisis

# PROCESOS DE EVAPORACION

Destilacion solar

Tubos sumergidos S.T.

Multiefecto en tubos verticales V.T.E.

Súbita multietapa M.S.F

Multiefecto en tubos horizontales H.M.E.

Compresion mecánica de vapor M.V.C.

Eyectocompresión T.V.C.





Lanzarote I: 5.000 m<sup>3</sup>/día + 5 MW. MSF. Año 1973.  
Fuera de servicio en 1990.

# LAS PALMAS I





# LOS PROCESOS DE MEMBRANAS

**Osmosis Inversa**

**Electrodiálisis**

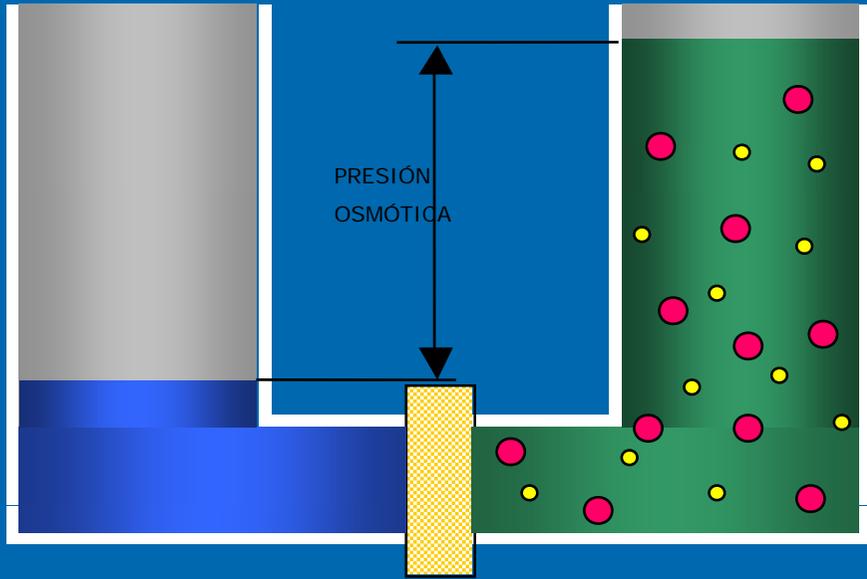


## PRINCIPIO DE LA OSMOSIS INVERSA

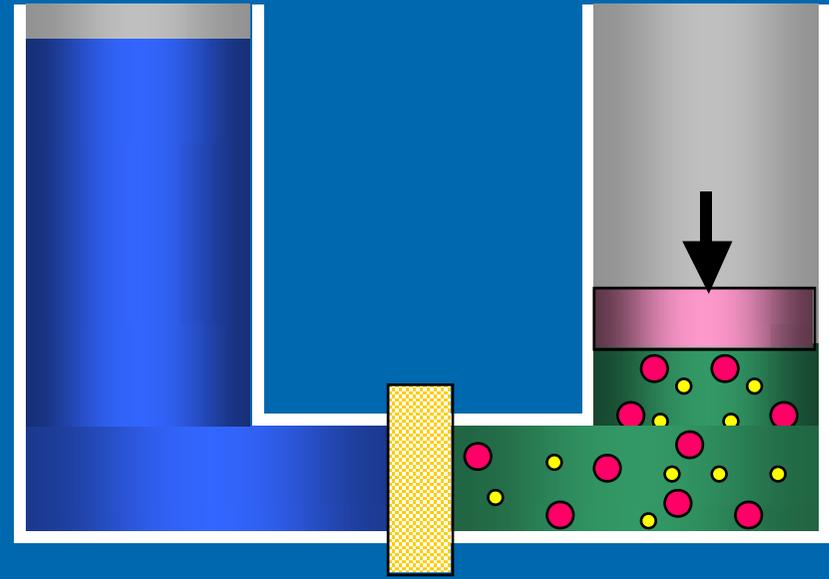


Vasos comunicantes



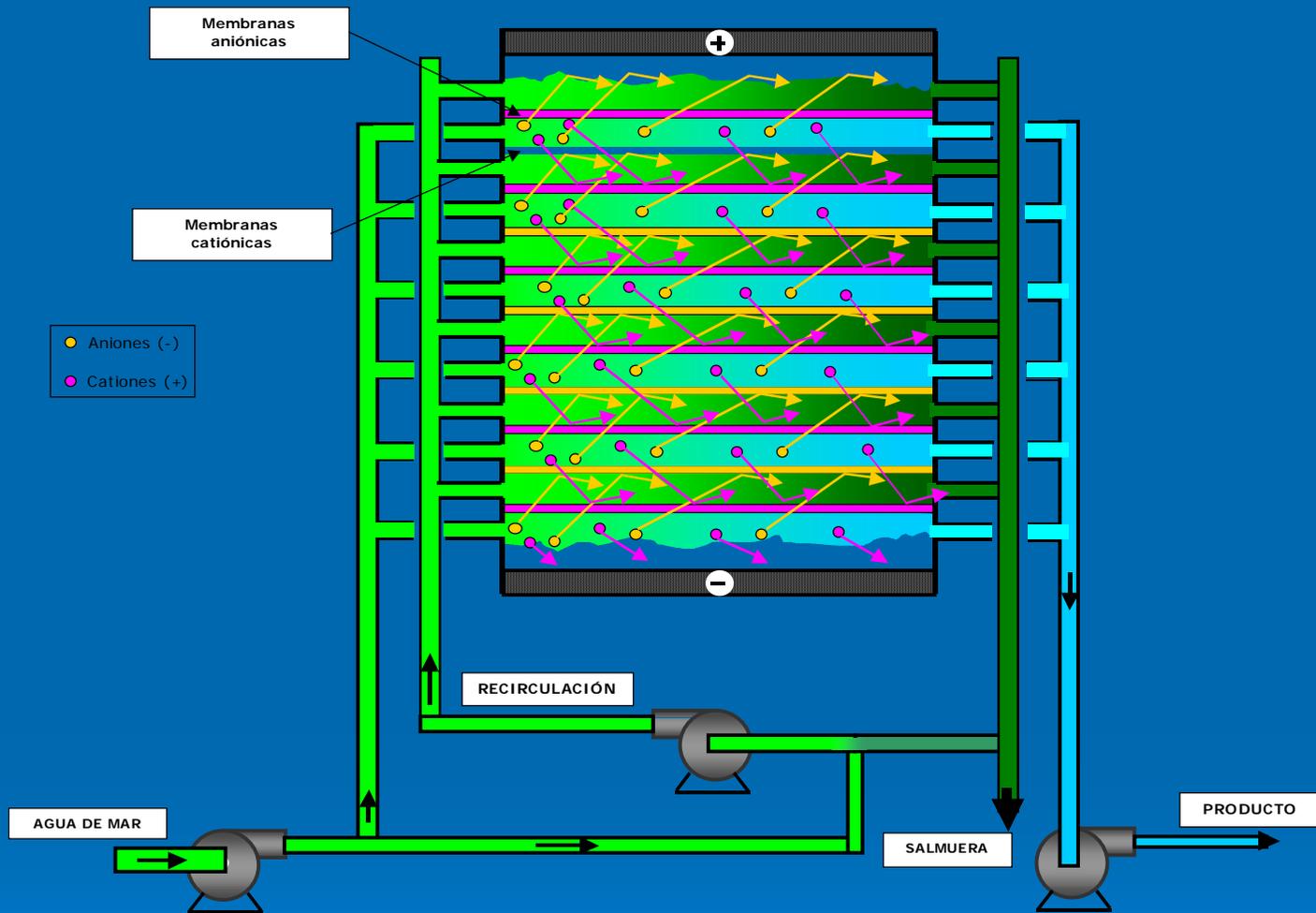


**OSMOSIS DIRECTA**



**OSMOSIS INVERSA**

PRESIÓN EJERCIDA > QUE LA PRESIÓN OSMÓTICA



PLANTA DE ELECTRODIÁLISIS



Bahía de Palma. 70.000 m<sup>3</sup>/día. Ósmosis Inversa. Año 2000



Carboneras (Almería). 120.000 m<sup>3</sup>/día. Ósmosis Inversa.  
Año 2002











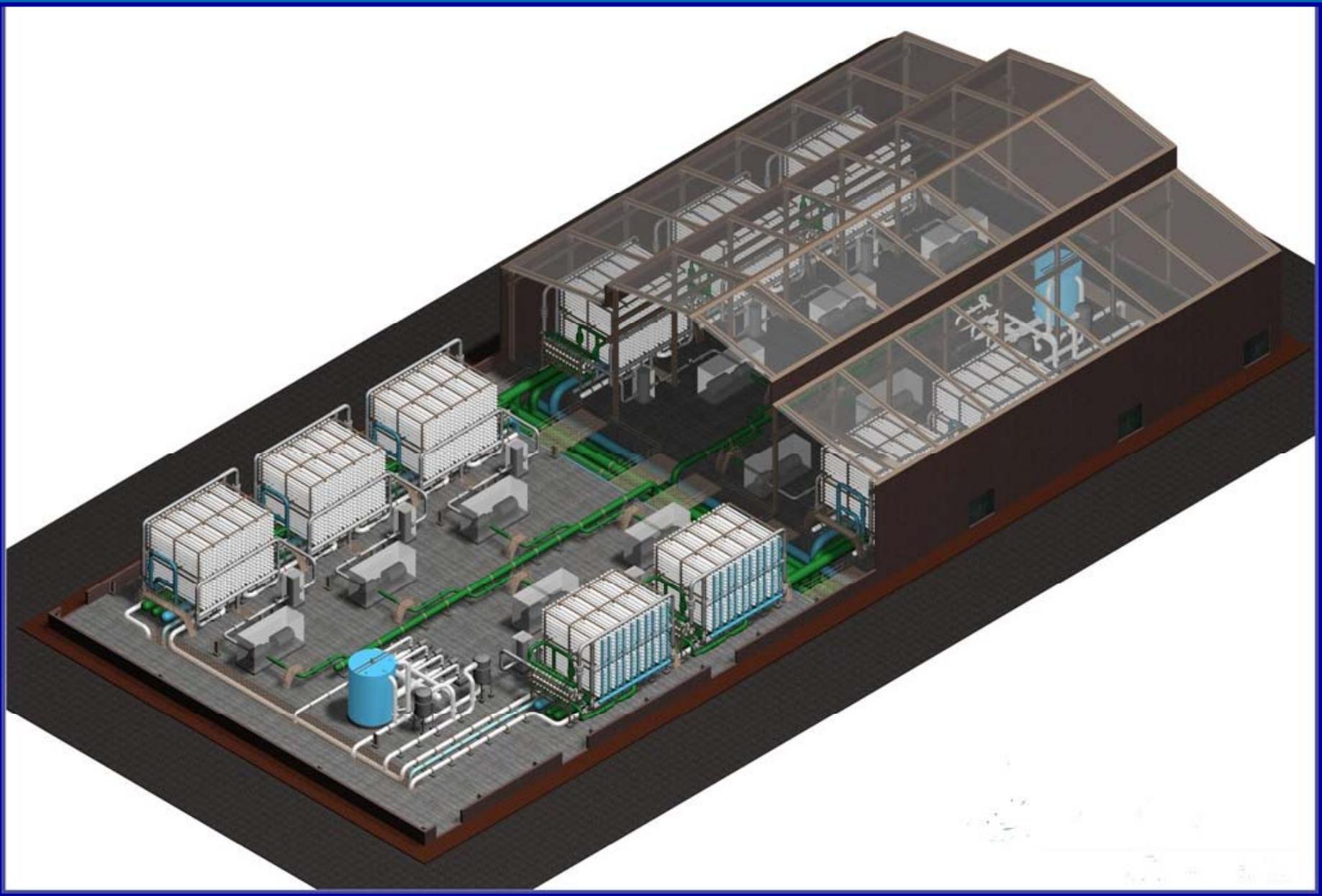






# IDAM Barcelona - 200,000 m<sup>3</sup>/día





# EVOLUCION DE LOS PROCESOS

1970 -- 1980

Predominio de los procesos de evaporacion  
MSF, MED , CV

1980 -- 1990

Convivencia de OI y CV

1990 – hasta hoy

Predominio casi absoluto de la OI

# 1970 – 1980

## PROCESOS DE EVAPORACIÓN : MSF , MED Y CV

Se distinguen dos periodos marcados por las crisis del petróleo :

ANTERIOR 1973

*Plantas Duales MSF ; Relacion de Produccion 6*

POSTERIOR 1973

*Plantas Duales,MSF,Relacion de produccion 10*

\* Se tiende a instalaciones de mayor inversión y menor consumo energético

# 1980-1990

## CONVIVENCIA OI y EVAPORACION

La tecnología de evaporación más utilizada es la  
COMPRESION DE VAPOR

### *CONSUMO ESPECIFICO :*

OSMOSIS INVERSA      8 – 9 kWh/m<sup>3</sup>

COMPRESION VAPOR      15 kWh/m<sup>3</sup>

**CONCLUSION :** una vez comprobado el correcto funcionamiento de las membranas se impone la OSMOSIS INVERSA

# 1990 hasta hoy

- Todas las plantas que se construyen son de OSMOSIS INVERSA
- No aparece en el horizonte ningún proceso nuevo

## *Objetivo perseguido:*

Bajar el coste del agua desalada :  
*instalaciones de mayor tamaño y más eficientes*

### \*\*\* ADVERTENCIA:

- *Hay que evitar trampas contables como forma de abaratar el coste del agua*
- *El agua más barata debe ser la que menos energía requiera para obtenerla*

# EVOLUCION DEL TAMAÑO

- Al disminuir el precio del agua desalada aumenta la demanda
- De forma inevitable en España y en el mundo nos encaminamos hacia plantas cada vez de mayor tamaño

## *1--VENTAJAS DEL AUMENTO DE TAMAÑO*

- 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
  - =unificar conducciones exteriores
- Se rebajan los costes de primera instalación

## *2--INCONVENIENTES DEL AUMENTO DE TAMAÑO*

-Aparecen problemas intrínsecos del tamaño

= grandes diámetros de válvulas no experimentadas

= equipos auxiliares nuevos de comportamiento incierto ( mezcladores estáticos ,  
equipos dosificadores,etc )

= comportamiento menos uniforme de las membranas dentro de un gran bastidor

= menor flexibilidad para ajustar la producción a la demanda

= son inevitables cuellos de botella difíciles de resolver para que no sea afectada la

= grandes equipos de bombeo de mejor rendimiento pero  
de funcionamiento más incierto

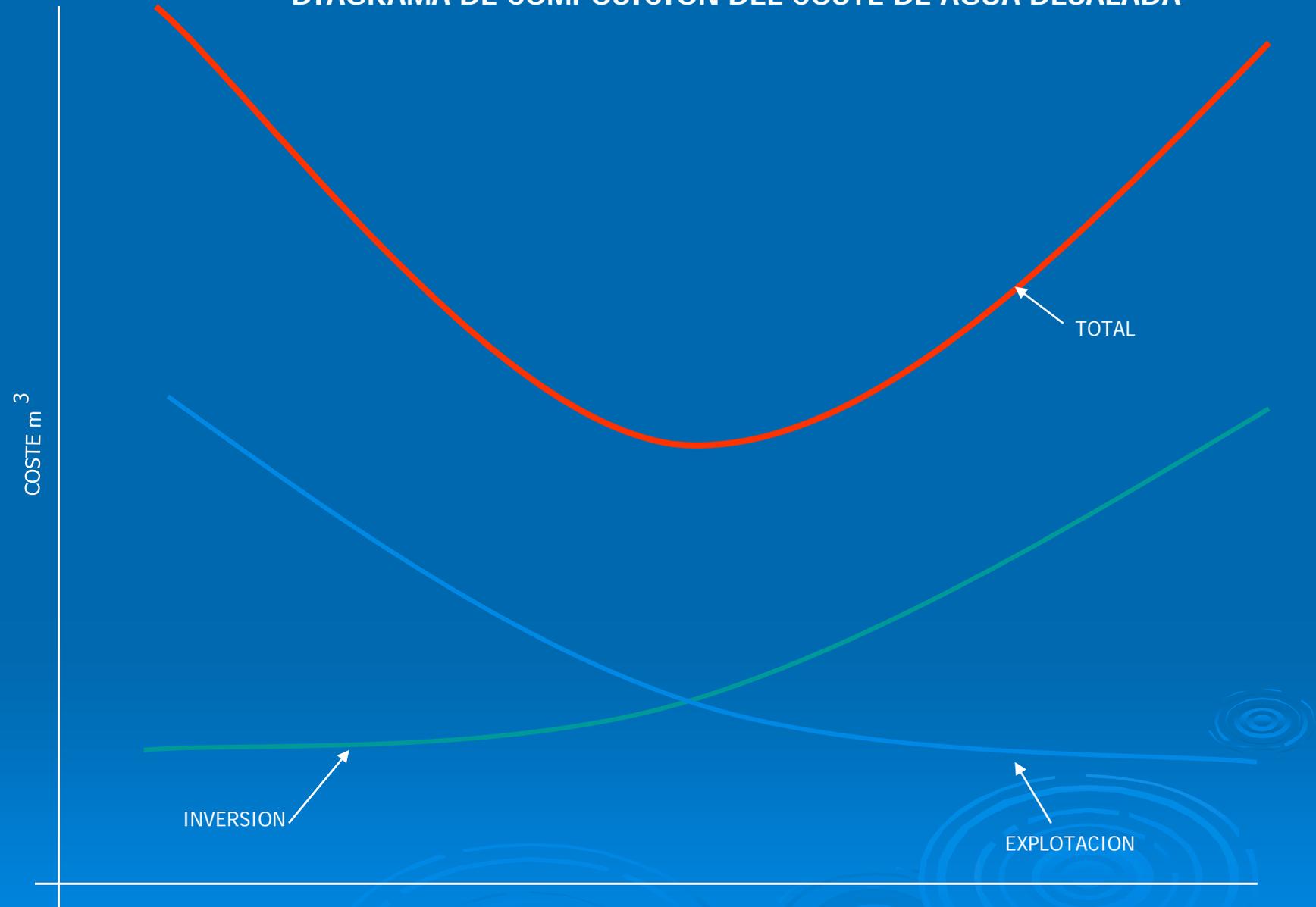
= es casi inevitable la toma de agua de mar abierta.

= como consecuencia de la toma abierta ,pretratamiento más complejo

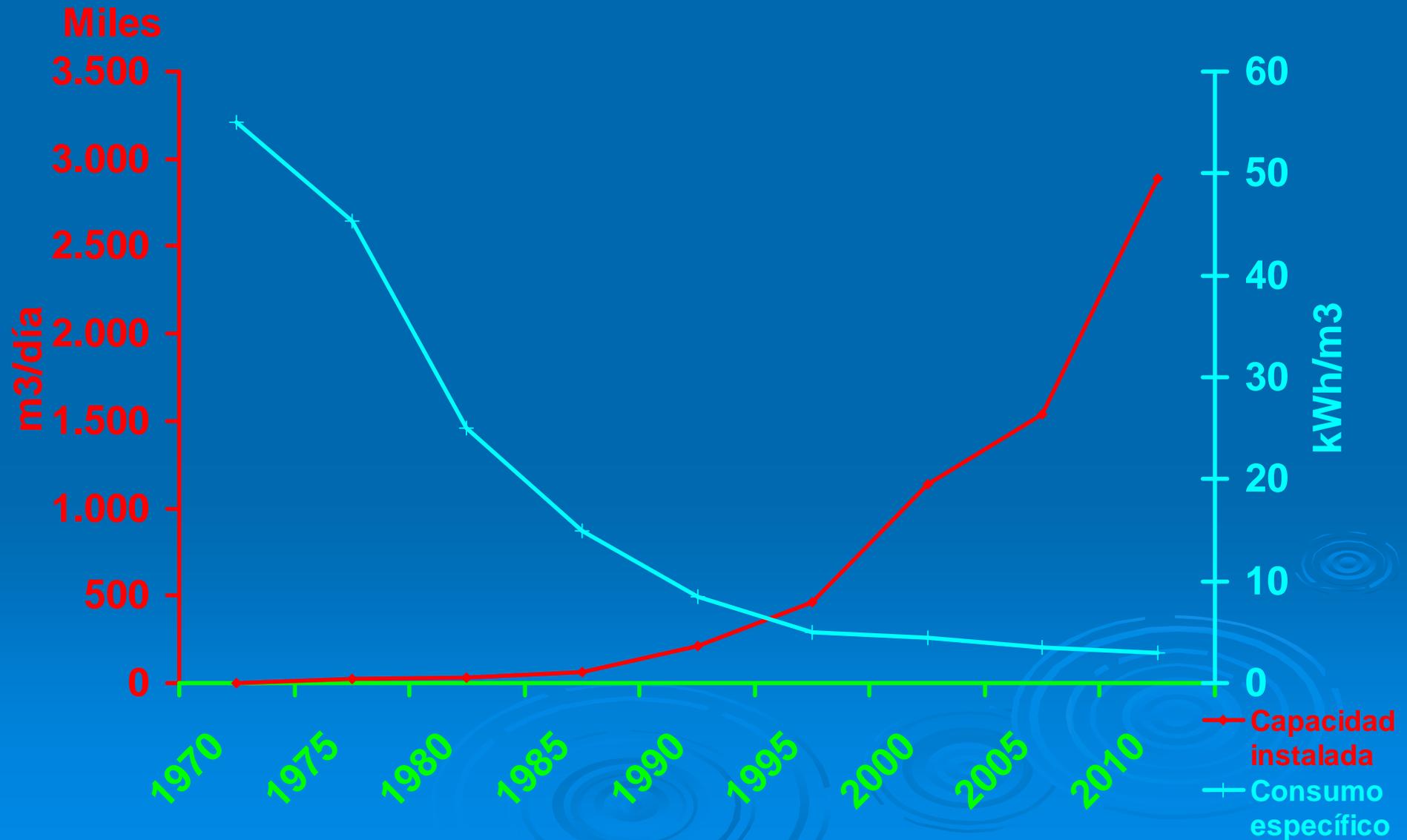
# DESALACION Y PLANIFICACION HIDROLOGICA

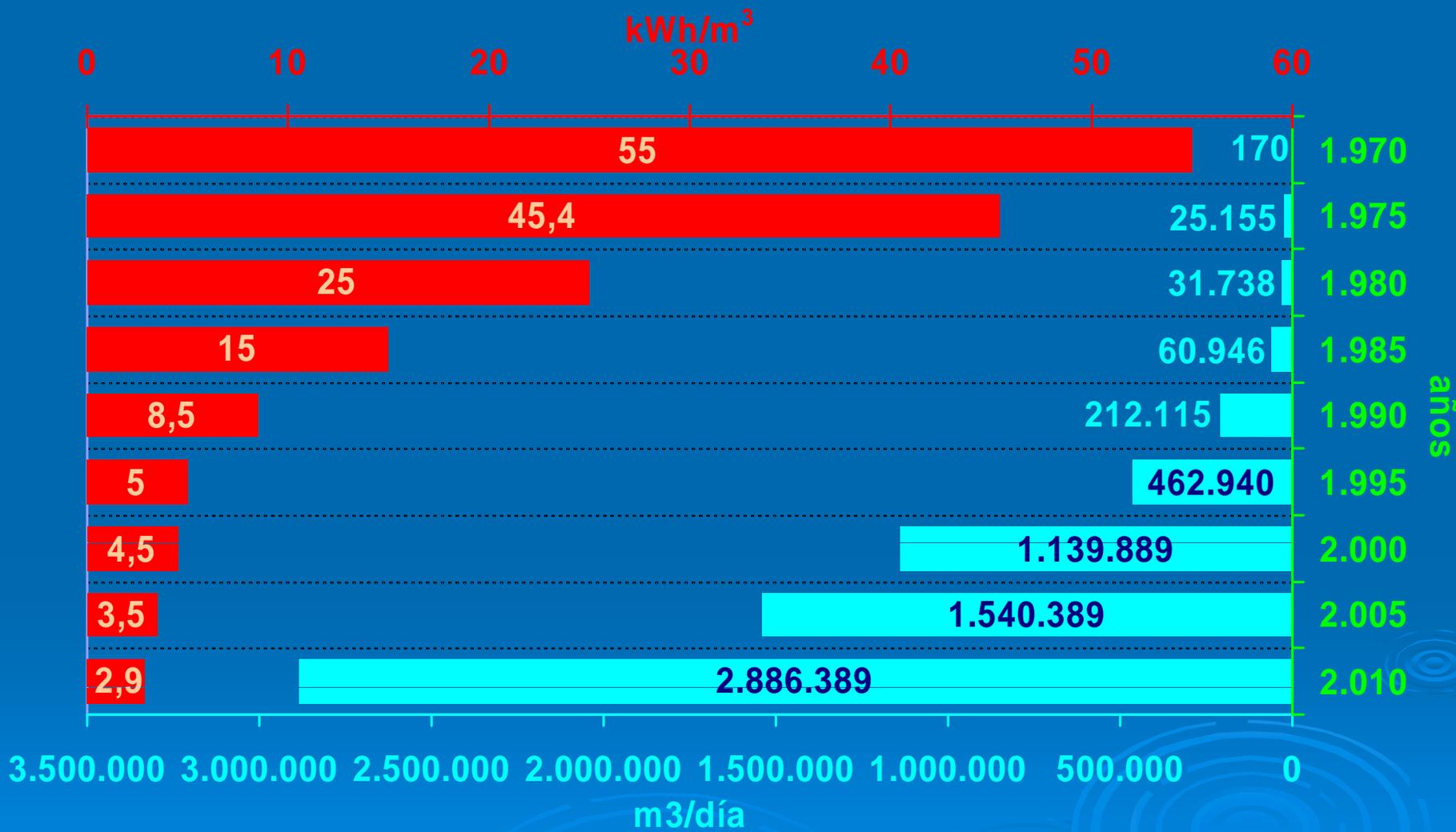


# DIAGRAMA DE COMPOSICION DEL COSTE DE AGUA DESALADA



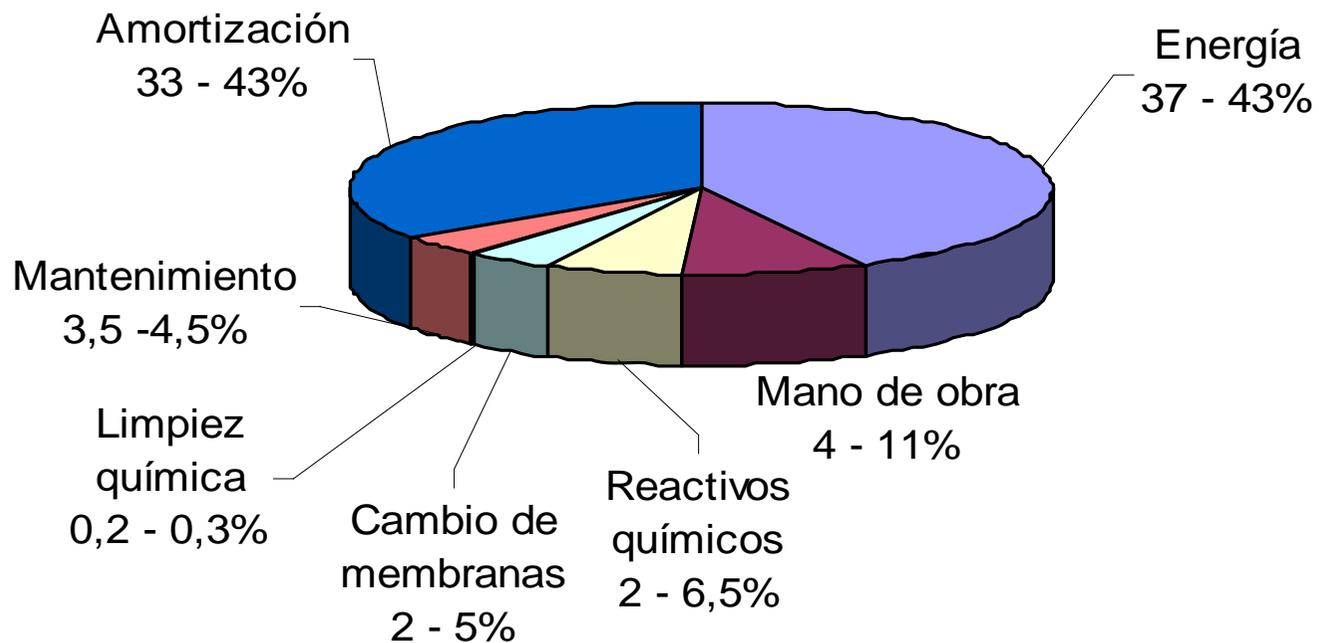
# EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA Y DEL CONSUMO ESPECÍFICO EN ESPAÑA





■ Capacidad instalada (m3/día) ■ Consumo específico (kWh/m3)

# DISTRIBUCIÓN DE COSTES

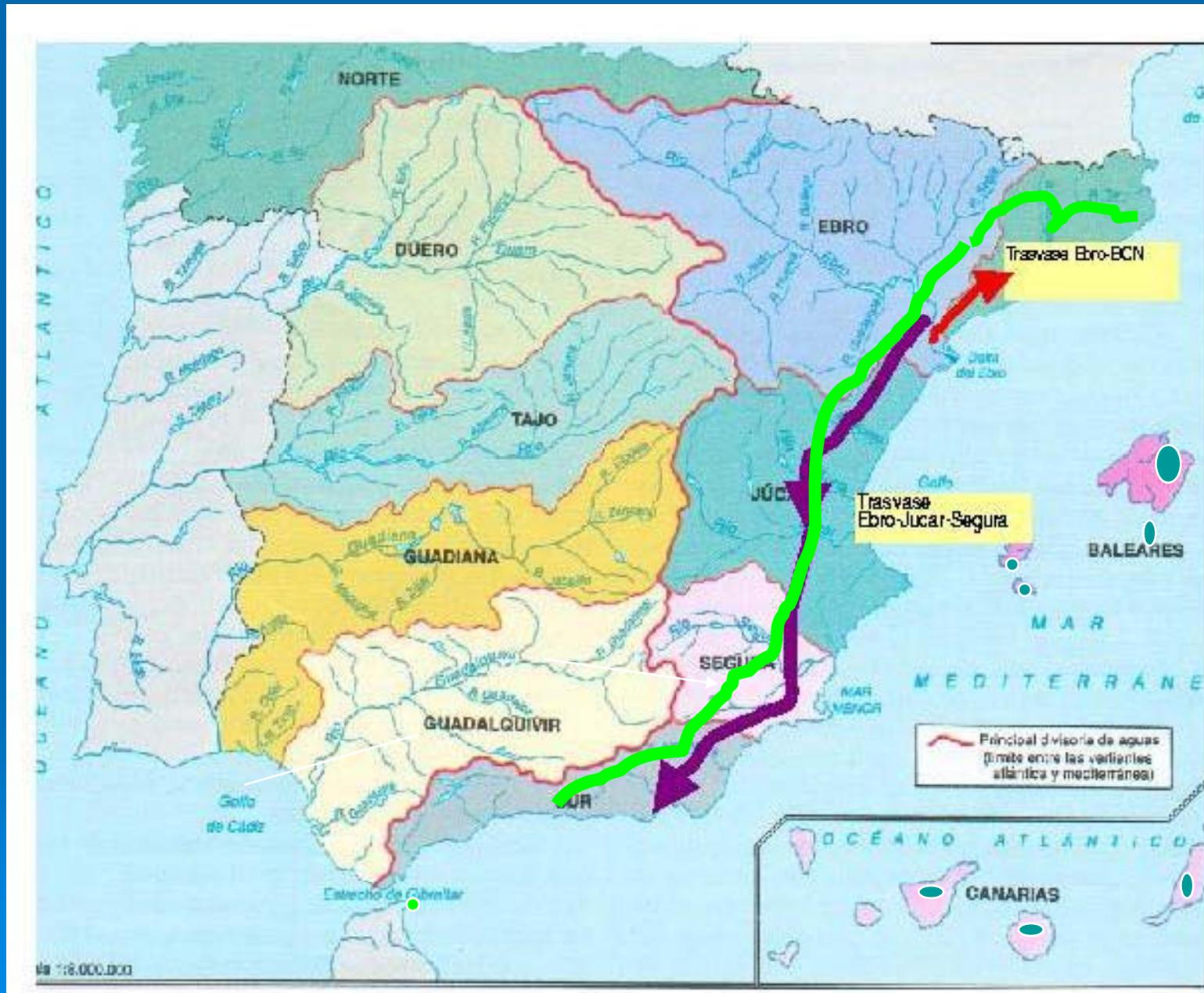


Fuente: <http://www.aedyr.com>

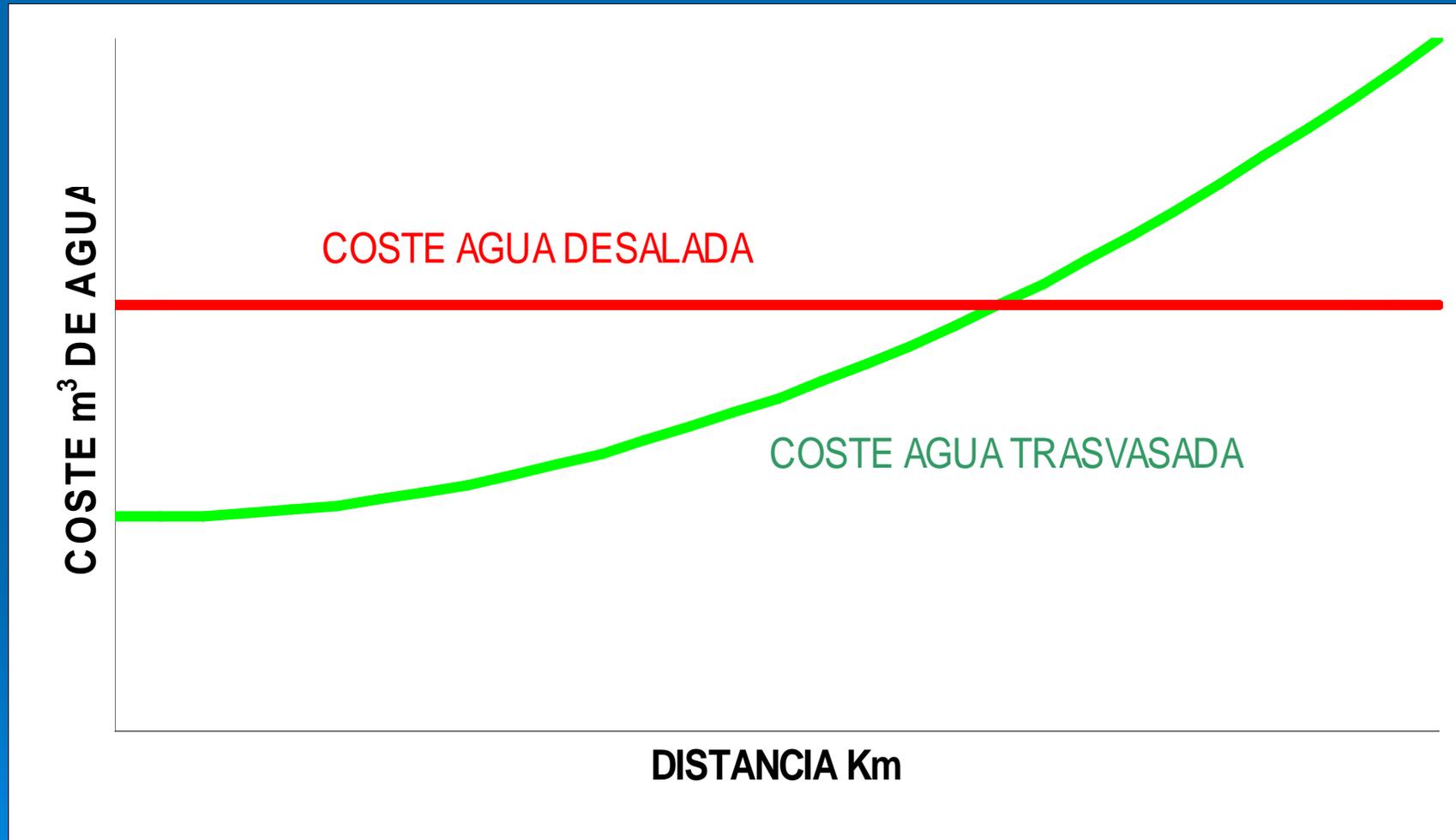
## 6- COSTES DEL AGUA DESALADA

<b>COSTES DEL AGUA DESALADA</b> (Agua de mar)					
<b>1. BASES DE CALCULO</b>		<b>1995</b>	<b>2002</b>	<b>2004</b>	<b>2010</b>
• Coste de Inversión	€/m <sup>3</sup> y día	890	610	600	590
• 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	Abierta	Abierta	Abierta	Abierta	Abierta
<b>2. COSTE AGUA DESALADA</b>					
• 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	0.028	0.028	0.030
• Mantenimiento y otros	€/m <sup>3</sup>	0.024	0.024	0.024	0.024
• Reposición de membrana	€/m <sup>3</sup>	0.018	0.018	0.016	0.014
<b>TOTAL EXPLOTACIÓN</b>		<b>0.516</b>	<b>0.302</b>	<b>0.270</b>	<b>0.232</b>
<b>AMORTIZACIÓN</b>		<b>0.337</b>	<b>0.170</b>	<b>0.168</b>	<b>0.165</b>
<b>COSTE TOTAL</b>	<b>€/m<sup>3</sup></b>	<b>0.853</b>	<b>0.472</b>	<b>0.438</b>	<b>0.397</b>

# GEOGRAFIA DEL TRASVASE//DESALACIÓN



# COSTE DEL AGUA



# ACTUACIONES PARA BAJAR EL COSTE

## 1 Bajar la inversión

- Aumento de tamaño
- Nuevos materiales
- Nuevos diseños con más elementos comunes

## 2 Bajar la explotación

- Bajar consumo específico con nuevas membranas y nuevos equipos más eficientes
- Aplicación de tarifas vigentes en otras actividades pero no de subvenciones
- Nuevas estrategias de gestión

# MEDIOAMBIENTE Y DESALACIÓN

## a) Emisiones de CO<sub>2</sub>

- Las desaladoras no emiten CO<sub>2</sub>
- La cuota de emisión de la desalación sería imputable al consumo de energía como cualquier otro consumidor
- Para la producción de 600 hm<sup>3</sup>/año la potencia eléctrica necesaria sería de 300 MW

# MEDIOAMBIENTE Y DESALACIÓN

## b) Vertido de salmuera

- La desalación no aporta sal al mar, devuelve la misma que antes se ha extraído
- Formas vertido:
  - Superficial:
    - directo
    - diluido: agua de mar, agua de refrigeración de central térmica, agua depurada

# FUTURO DE LA DESALACIÓN

- No hay procesos nuevos en el horizonte
  - Mejora de las membranas
    - ✓ Más selectivas al paso de ciertos iones (Ca, B)
    - ✓ Menor presión de funcionamiento
  - Mejora de los sistemas de recuperación de energía
- 