



Congreso Nacional del Medio Ambiente  
CUMBRE DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

---

**Sala Dinámica 18**  
OHL-INIMA

**David González Martínez.**

INIMA



**Inima**  
Grupo OHL

# Desalación: Costes y Financiación



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



**Inima**  
Grupo OHL



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

## Introducción a la desalación. Estructura de costes

David González Martínez  
29 de Noviembre 2006



## Introducción a la desalación. Estructura de costes

### Índice:

- 1.- Introducción: Disponibilidad de agua
- 2.- La **Desalación** como fuente alternativa
- 3.- Estructura de costes
- 4.- Conclusión - Reflexión





## Primera Parte.-

- **Introducción: Disponibilidad de Agua**





**Imprescindible para los seres vivos**



Todos los seres vivos están hechos de agua

**Imprescindible para nuestra propia vida**



El cuerpo humano está formado por 2/3 de agua. De esta cantidad entre un 5-10 % se renueva diariamente

**El agua es el motor básico del sistema en que se sustenta la vida**



**Imprescindible para la agricultura y ganadería**



También los alimentos que comemos están formados fundamentalmente por agua y la mayoría de los nutrientes penetran en nuestro organismo disueltos en agua

**Imprescindible para muchos procesos industriales**



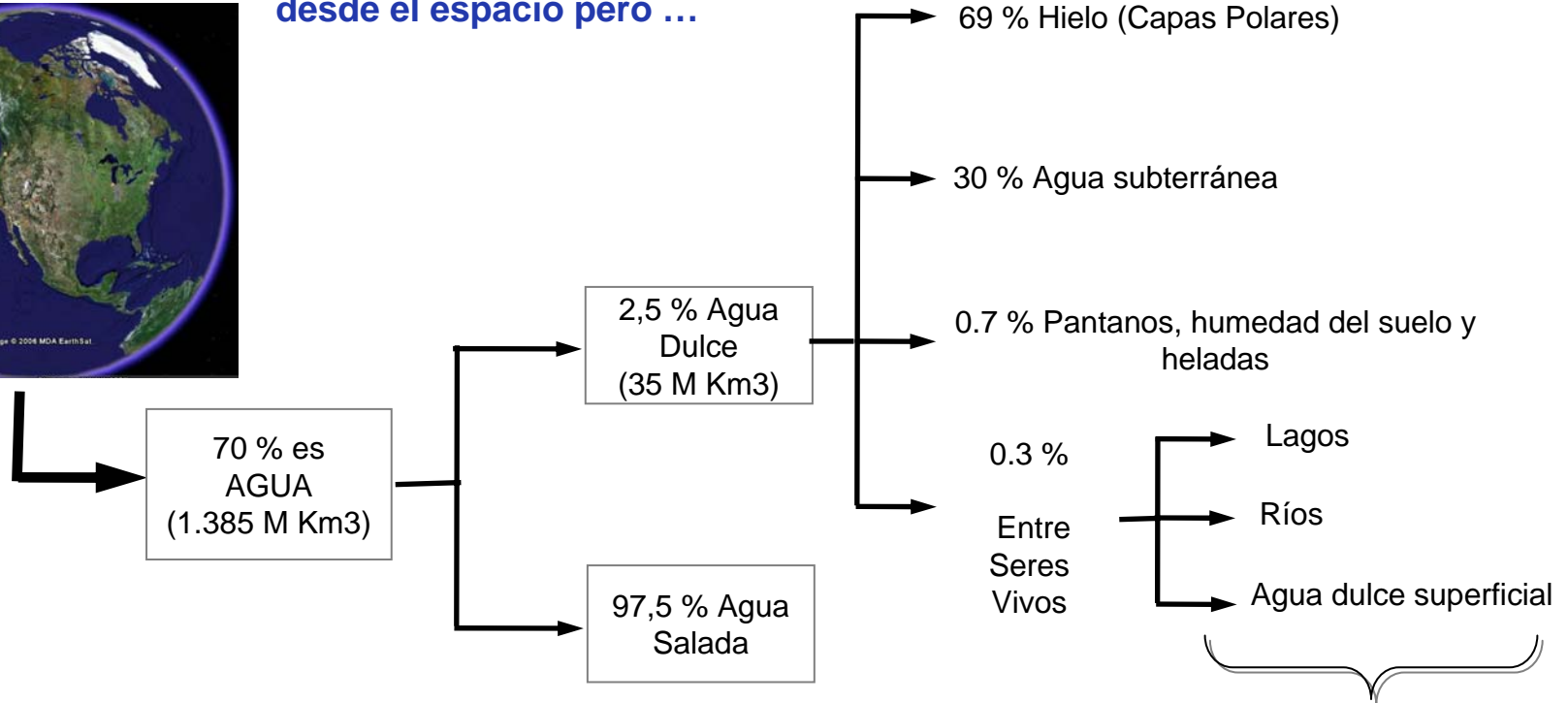
o de obtención de energía eléctrica







La Tierra aparece como un planeta azul vista desde el espacio pero ...



**Tan sólo un 3 % del agua del planeta es agua disponible y renovable**

... Sólo un 0,003% de la masa total de agua del planeta está fácilmente aprovechable para los usos humanos



A pesar del poco porcentaje de agua dulce en relación al total del planeta, esta sigue siendo abundante pero ....  
.... su **distribución es desigual**

Ejemplo de España



... **Desigual en tiempos**

Los años con abundancia de lluvias y los de sequía se suelen alternar

... **Desigual en áreas geográficas**

En la zona norte las precipitaciones son frecuentes y abundantes, mientras que la España seca tiene poca agua prácticamente siempre.

La España seca



**Una época prolongada de sequía agosta los campos, reduce las cosechas y agobia a la población**



.... su **distribución es desigual** también en todo el mundo.



Las zonas áridas y semiáridas del mundo constituyen el 40 % de la masa terrestre, y estas disponen solamente del 2% de la precipitación mundial.





## .... su consumo mundial es desigual también



### Límites del Consumo Humano per cápita

- Tribus Masai → 5 litros/día
- Los Ángeles → 500 litros/día

### Consumo por países y distribución del consumo

	m3/person	Agricultura %	Industrial %	Doméstico %
EEUU	1.834	42	45	13
ARABIA SAUDI	1.056	90	1	9
ESPAÑA	884	68	19	13
MÉXICO	812	78	5	17
JAPÓN	735	64	17	19
INDIA	592	92	3	5
ALEMANIA	579	20	69	11
FRANCIA	547	10	72	18
FINLANDIA	439	3	85	12
CHINA	439	78	18	5
REINO UNIDO	204	3	77	20

### CONSUMO MEDIO HUMANO

- 71% Agricultura
- 20% Uso industrial
- 9% Uso doméstico



**Por fortuna** el agua sigue siendo un ciclo de evaporación, precipitación y vuelta a los mares y océanos, por lo que está continuamente purificándose



Si no la contaminamos o sobreexplotamos tendremos un suministro continuo y barato de agua de muy buena calidad.



**Por desgracia** la tierra sufre de estrés hídrico y degradación. En otras palabras, EL ÍNDICE DE AGUA DISPONIBLE PER CÁPITA CAE POR DEBAJO DEL NIVEL DE SATISFACER LAS NECESIDADES DE UN PAÍS.

Las causas principales de dicha degradación.

1. Crecimiento demográfico

La población mundial es actualmente de 6.500 millones y llegará a los 8.000 millones en 2025.

2. Sobreexplotación de los recursos hídricos

Los recursos hídricos convencionales están siendo sobreexplotados en un 15% de los territorios continentales.

3. Manipulaciones físicas y químicas del territorio con fines productivos, que generan efectos colaterales en los flujos y la calidad del agua.

4. Aguas residuales que favorecen la degradación del sistema y de la biodiversidad. En los países en desarrollo, entre el 90 y 95% de las aguas residuales y el 70% de los desechos industriales se vierten sin ningún tratamiento.

Por lo tanto, debe garantizarse, la resistencia de los ecosistemas a diferentes tipos de estrés: contaminación, incendios, cambio climático, etc... de lo contrario....



... de lo contrario, se incrementarán cifras tan escalofriantes como las que se detallan y que forman parte de la sociedad actual en la que vivimos.



- a) “1.200 millones de personas en el mundo viven sin acceso a agua potable”.
- b) “2.400 millones de personas no tienen acceso al saneamiento adecuado”.
- c) “Más de 3 millones de personas mueren cada año a causa de enfermedades ocasionadas por la falta de agua potable de los cuales cerca de 1,8 millones son niños”.
- d) “A comienzos del siglo XXI, el agua sucia es la segunda causa de muertes infantiles en el mundo”.
- e) “En los países desarrollados, se pierde más agua en las cañerías que gotean, que la disponible al día para más de 1.000 millones de personas”.



Ante una situación tan compleja y crítica, la humanidad y los tecnólogos proponen diferentes opciones, aunque sólo la combinación de todas ellas y una buena gestión por parte de políticos y gobiernos, pueden hacer frente a tan complejo problema

### OPCIONES A LA CRISIS:

#### - Desalación



#### - Reciclaje del agua



#### - Estrategias de reducción de la demanda (ahorro y mejora del uso) y de la conservación de los ecosistemas acuáticos.







## Segunda Parte.-

- La desalación como fuente alternativa





## ULTIMOS 60 AÑOS

**Incremento Población**

**Mayor demanda per  
cápita**

Crecimiento muy fuerte y sostenido del  
consumo de agua

## CONSUMO MUNDIAL DE AGUA

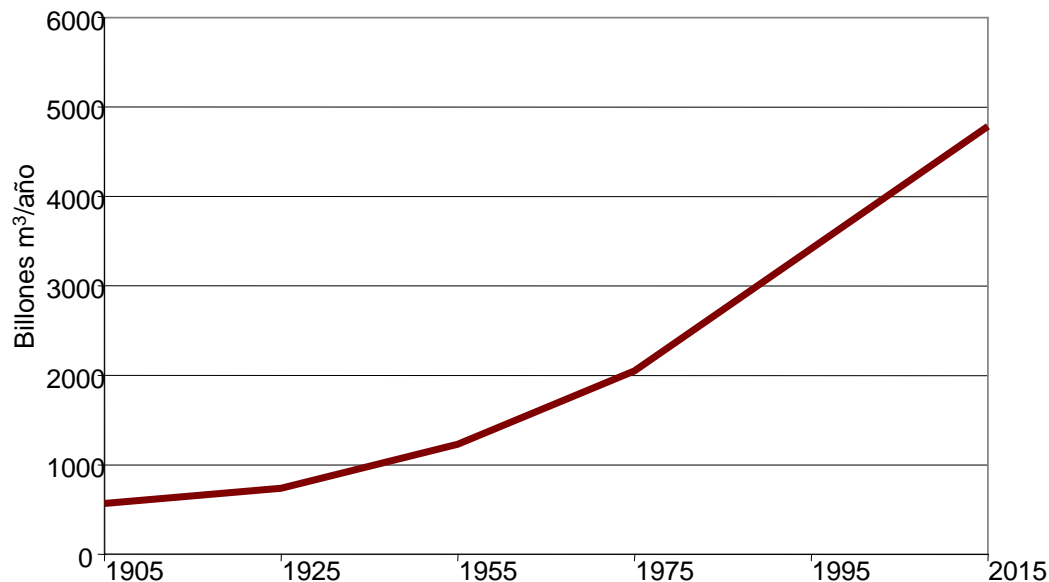
1945  
1.000 Km<sup>3</sup>/año

2005  
4.000 Km<sup>3</sup>/año



Aproximadamente 10%  
de la cantidad de agua  
dulce y disponible

## Incremento Población - Crecimiento consumo

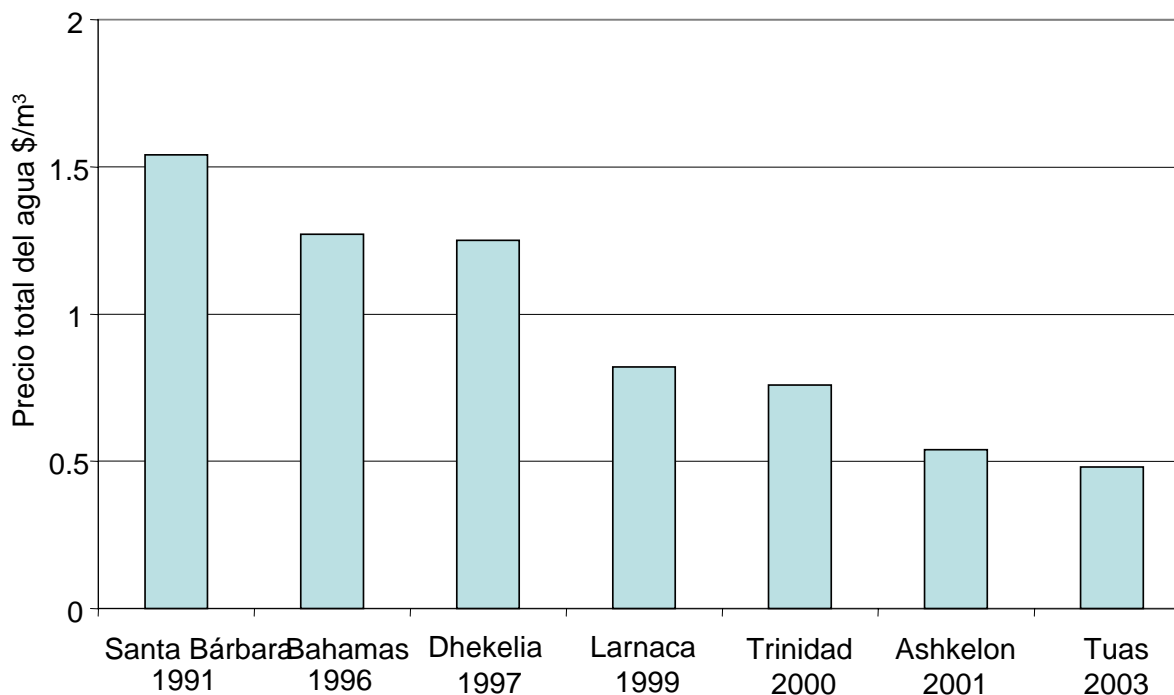




### LOS COSTES DE LA DESALACIÓN

El precio relativo de desalación en comparación con otras fuentes de suministro ha caído dramáticamente a lo largo de la década pasada. Esto es especialmente notable en ÓSMOSIS INVERSA donde el coste total de agua desalada (incluyendo costos de inversión amortizados sobre 25 años) ha caído desde \$1.50/m<sup>3</sup> (1990) **a menos de 0.50 \$** en la planta de Tuas (Singapur).

### TENDENCIA DE LOS COSTES DE LA DESALACIÓN POR ÓSMOSIS INVERSA



**Típicamente en 2005 uno esperaría que una planta de desalación entregará el agua en un coste de entre 0.5 €/m<sup>3</sup> y 0.8 €/m<sup>3</sup>**



## PLANETA



## TENDENCIAS DEL MERCADO MUNDIAL

- 1.- Incremento Población Mundial  
(Se estiman 8.000 M habitantes en el año 2050)
- 2.- Mayor consumo de agua para uso agrícola e industrial
- 3.- Disminución de recursos renovables por contaminación de procesos industriales y cambio climático

HA OBLIGADO A LA COMUNIDAD MUNDIAL A TOMAR MEDIDAS DE CONTROL DE USO DE AGUA Y A UTILIZAR FUENTES ALTERNATIVAS:

**LA DESALACIÓN REPRESENTA UNA ALTERNATIVA CONSOLIDADA POR SU VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA.**



La DESALACIÓN se consigue por medio de procesos de TECNOLOGÍA TERMAL y TECNOLOGÍA DE MEMBRANA.

1.- Los Procesos Termales abarcan la destilación “multi-stage flash” (**MSF**), destilación multiefecto (**MED**) y compresión de vapor (**MVC**). Los procesos de destilación imitan el ciclo natural del agua calentando el agua a desalar hasta producir un vapor que posteriormente condensado pasa a formar parte del agua de producto.

Es necesario conseguir calentar el agua hasta su punto de ebullición controlando este punto mediante la sucesiva reducción de la presión y temperatura de trabajo de las sucesivas etapas en donde se calienta el agua. Este control posibilita la ebullición múltiple y el control de incrustaciones en los intercambiadores del proceso.

2.- Los Procesos de Membranas abarcan la electrodiálisis (**ED**) y la ósmosis inversa (**OI**). La ósmosis inversa se utiliza para desalar aguas tanto salobres como de mar, utilizando la presión para la separación de las sales. La electrodiálisis se utiliza sólo para desalar agua salobre, utilizando la propiedad de la corriente eléctrica de atraer iones salinos disueltos en la solución.



**Alternativa consolidada y en fuerte crecimiento**

**De acuerdo al último inventario de la IDA (International Desalination Association) la capacidad mundial contratada hasta diciembre 2005 es de 47 Millones de m<sup>3</sup> comprendiendo 12.300 plantas desaladoras en 155 países.**





## Características principales de los procesos de desalación

Proceso	MSF	MED	MVC	OI	ED
Temperatura de operación (°C )	<120	<70	<70	<45	<45
Tipo de energía utilizada	Vapor	Vapor	Mecánica (Eléctrica)	Mecánica (Eléctrica)	Eléctrica
Consumo de energía agua de mar (termias/m <sup>3</sup> )	10-13 (*)	10-13 (*)	22	8	No aplicable
Calidad agua Producto (ppm TDS)	<10	<10	<10	<500	<500
Capacidad por Línea de Tratamiento (m <sup>3</sup> /d)	5000-70000	500-15000	10-2500	1-10000	1-10000



(\*) Considerando planta desaladora funcionando con vapor de grupo térmico



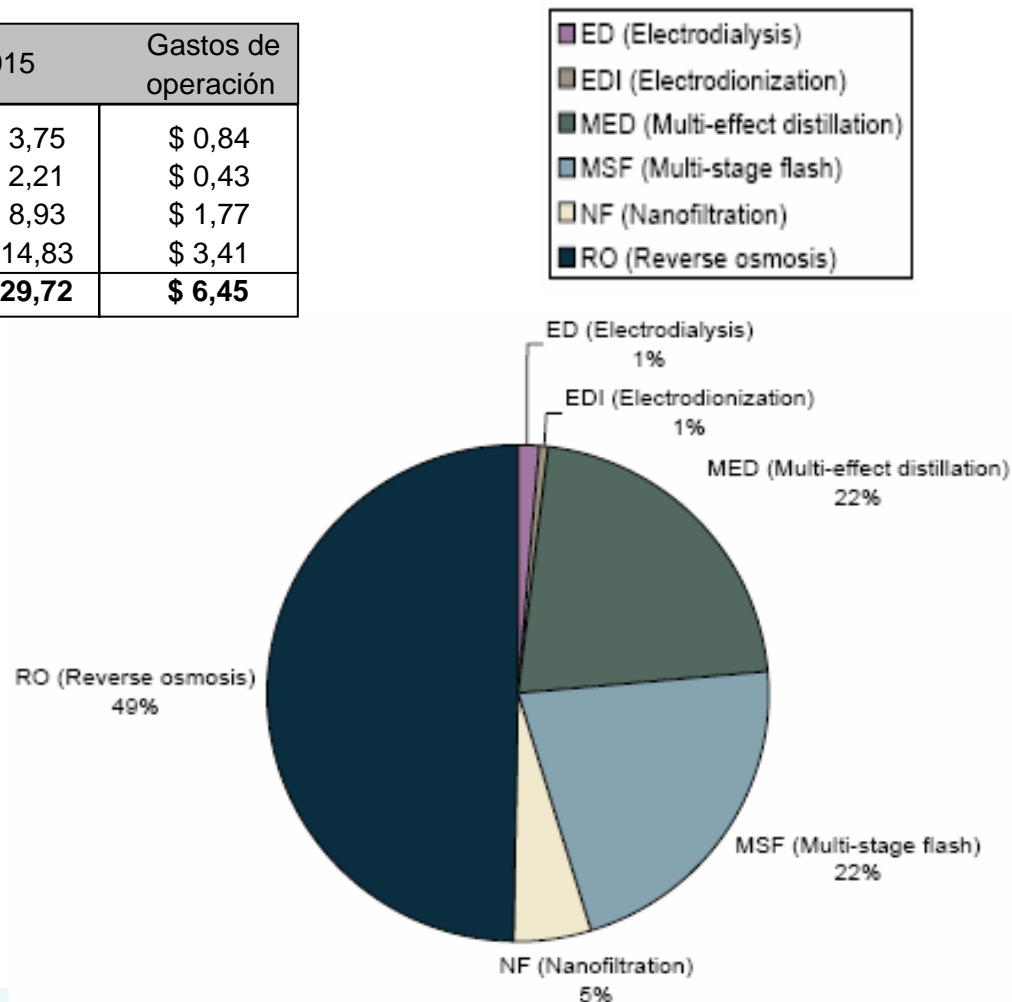
EN TÉRMINOS DE GASTO LOS MODELOS ESPERADOS POR ZONAS SERÍAN LOS SIGUIENTES  
(billones de \$)

Región	Inversión de capital 2005-2015			Gastos de operación
América	\$ 3,65	\$ 0,09	\$ 3,75	\$ 0,84
Asia	\$ 2,11	\$ 0,10	\$ 2,21	\$ 0,43
Mediterráneo	\$ 6,12	\$ 2,79	\$ 8,93	\$ 1,77
Golfo Pérsico y Mar rojo	\$ 5,05	\$ 9,78	\$ 14,83	\$ 3,41
<b>Total</b>	<b>\$ 16,93</b>	<b>\$ 12,76</b>	<b>\$ 29,72</b>	<b>\$ 6,45</b>

Fuente: GWI Desalination Markets 2005-2015

Como se puede deducir del gráfico, la **tendencia del mercado internacional son los procesos de membrana (Ósmosis Inversa)** exceptuando las regiones del Golfo y del Mar Rojo en donde aún se apuesta por los procesos termales (MSF). Aunque el incremento de plantas de O.I. sustituyendo a las antiguas de MSF es evidente.

Contracted capacity by technology (2001-2005)

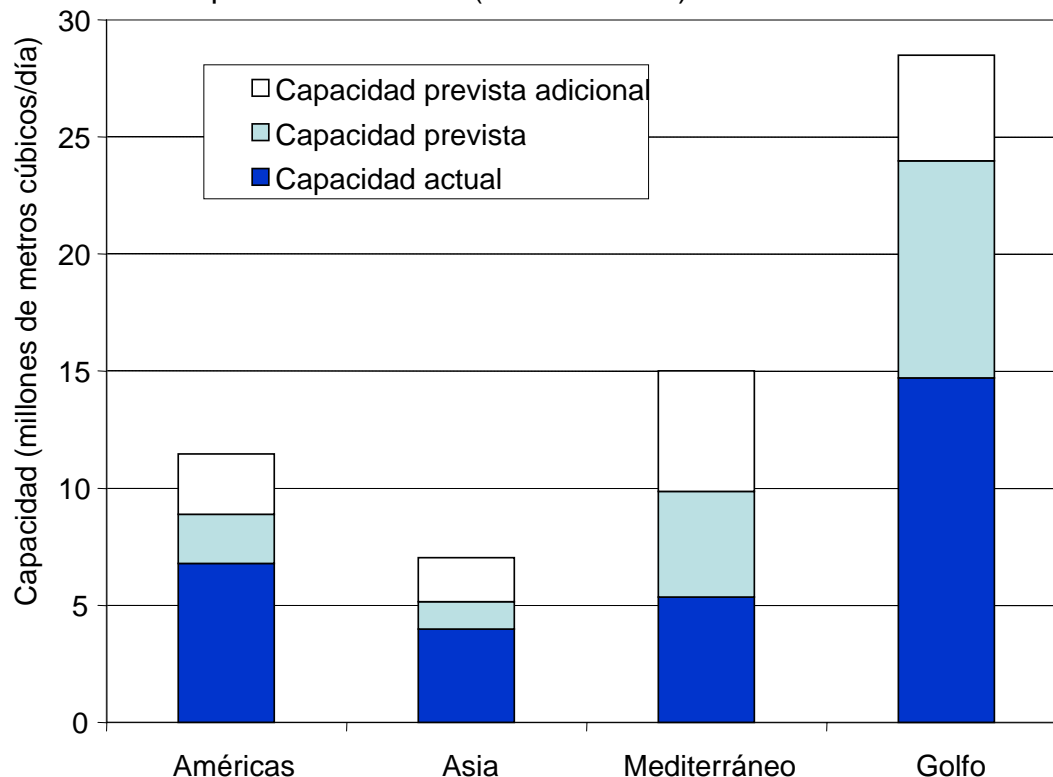




### Se divide el mundo en cuatro regiones para los objetivos del PRONOSTICO:

- **Las Américas:** Antigua, Bahamas, Barbada, Bermudas, islas Caimán, Chile, Antillas holandesas, México, Trinidad y Tobago, los Estados Unidos, otras áreas del norte y Sudamérica en resumen.
- **Asia:** Australia, China, India, Paquistán, Singapur; las áreas de Asia en resumen.
- **Mediterráneo:** Algeria, Chipre, Egipto, Israel, Italia, Libia, Marruecos, Palestina, España, y Túnez; otros estados con una costa mediterránea en resumen
- **La Región de Golfo:** Bahrein, Irán, Irak, Jordania, Kuwait, Omán, Qatar, Arabia Saudita, Emiratos Arabes Unidos Unidos, Yemen.

Pronóstico de los incrementos en capacidad de agua desalada en los próximos 10 años ( 2005 – 2015 )



**La capacidad total adicional esperada hacia 2015 es 31.1 M m³/día - un aumento de aprox. el 101 % sobre la capacidad instalada. De esta cantidad el 66 % sería desalación de agua de mar El 61 % será desalación por membrana y el 70 % será para uso municipal ).**



### LOS DIEZ MERCADOS MÁS IMPORTANTES PARA LA DESALACIÓN ( Membrana y Termal ) SERÁN:

Región	Inversión de capital	% Incremento
Arabia Saudí	5.400	83%
EAU	4.130	107%
EEUU	3.750	67%
Argelia	2.000	1042%
Libia	1.950	470%
Kuwait	1.750	117%
Israel	1.350	307%
España	1.300	93%
Italia	950	146%
China	650	160%

El mercado de la desalación durante los próximos diez años generará gastos en el mundo de **95 Billones de \$**, de los cuales alrededor de 48 B\$ ( excluyendo costos financieros-intereses) serán derivados de nuevas plantas ( 30 B\$ serán imputables a costos de inversión y 18B\$ a costos de explotación ).

Fuente: GWI Desalination Markets 2005-2015

El incremento más espectacular se llevará a cabo en Argelia (1042 % Incremento) donde existe una apuesta clara por la O.I.

INIMA contribuye a este crecimiento con la actual construcción de las plantas de Mostaganem ( 200.000 m<sup>3</sup>/d ) y de Cap Djinet ( 100.000 m<sup>3</sup>/d ) y de Canal de Alicante II ( 65.000 m<sup>3</sup>/d ) y Taunton River ( 18.900 m<sup>3</sup>/d ) .



## Tercera Parte.-

- Estructura de costes







- CONOCER LOS COSTES REALES DE DESALAR AGUA REQUIERE UN ESTUDIO DETALLADO DE CADA SITUACIÓN DEBIDO A LAS DIVERSAS CIRCUNSTANCIAS QUE INFLUYEN



**DAMOS UNOS LÍMITES**

- LAS PLANTAS SE HACEN A MEDIDA.

- COSTOS DEPENDEN DE MUCHOS FACTORES COMO...

- Tipo de agua ( salobre o mar )
- Calidad de la misma ( Pre-tratamiento )
- Salinidad de la misma
- Diseño de la instalación – calidad de agua a obtener ( post-tratamiento )
- Condiciones de su ubicación
- Tamaño de la instalación (economía de escala)
- Coste de energía ( Los avances tecnológicos van dirigidos al ahorro energético )
- Restricciones medioambientales ( No superan generalmente 5-10 % coste total )
- Colectores de distribución / bombeos intermedios / tanques almacenamiento.



- TECNOLÓGICAMENTE LA DESALACIÓN SIEMPRE ES VIABLE PERO LOS COSTOS EN CADA CASO SON DIFERENTES Y LO QUE PUEDE SERVIR PARA UN CASO PUEDE NO SER ÚTIL EN OTROS.

- LA DESALACIÓN ES UNA TECNOLOGÍA FLEXIBLE QUE:

- Se adapta a cada uso
- Permite incorporar los avances tecnológicos que se van produciendo y además incrementar la capacidad en función de las necesidades



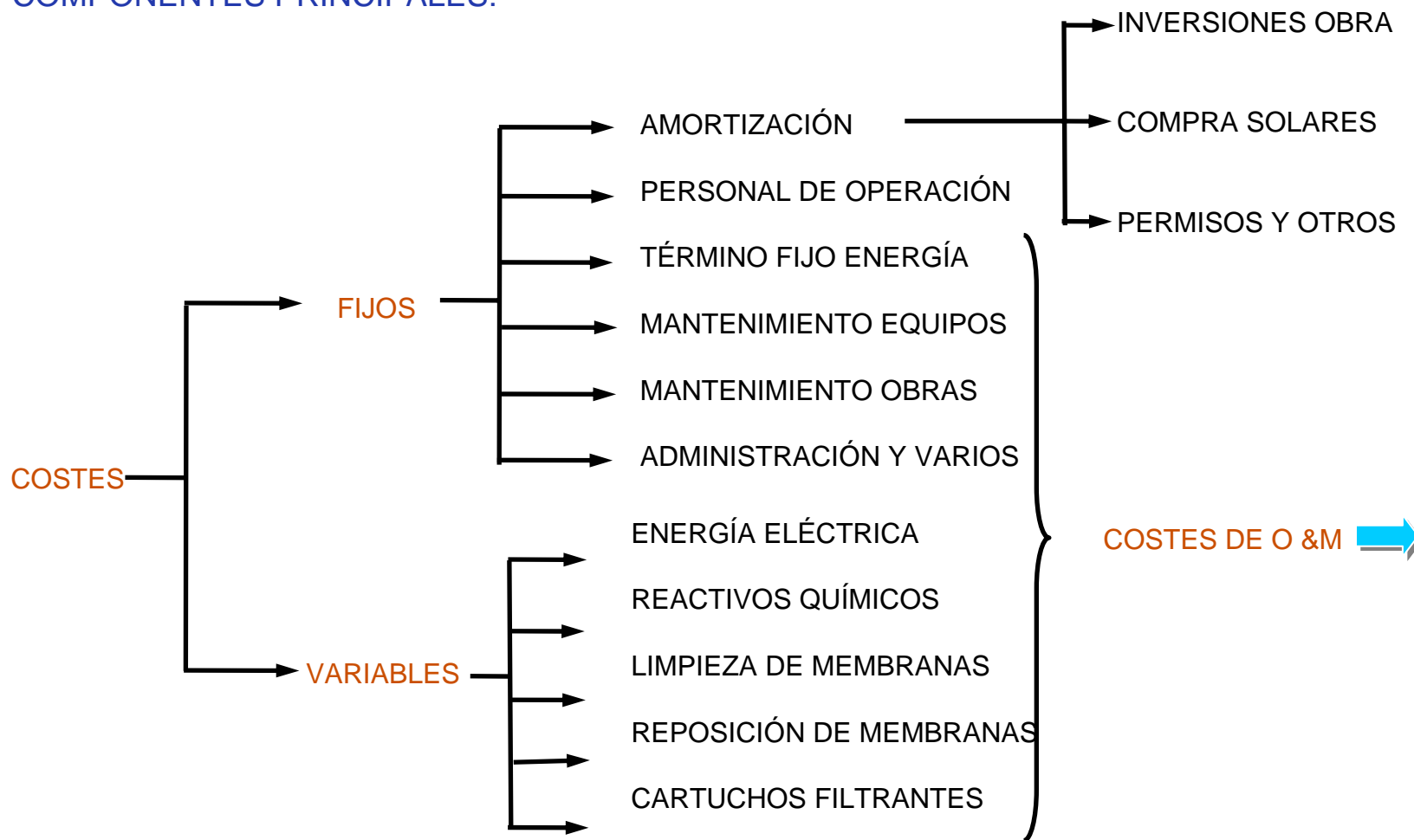
**POSIBILITA LA ULTERIOR REDUCCIÓN DE COSTES**

Ejemplo: Las Palmas III ( España )

	Producción ( m <sup>3</sup> /día )	Consumo ( kWh/m <sup>3</sup> )
1990	36.000	6,15
hoy	63.000	4,30



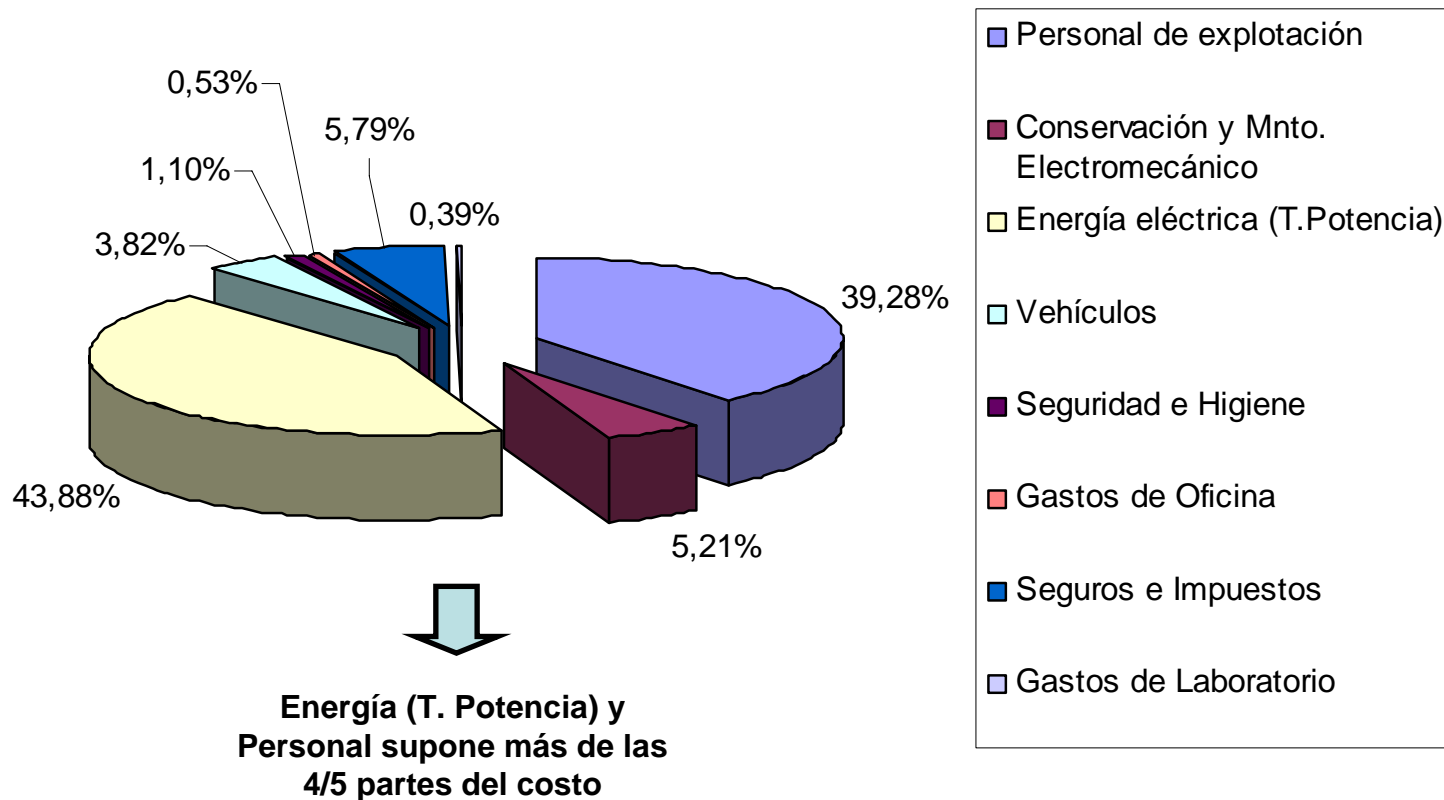
- LA ESTRUCTURA DE COSTES DEL AGUA DESALADA INCLUYE LOS SIGUIENTES COMPONENTES PRINCIPALES:





● TÍPICA DISTRIBUCIÓN DE COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO:

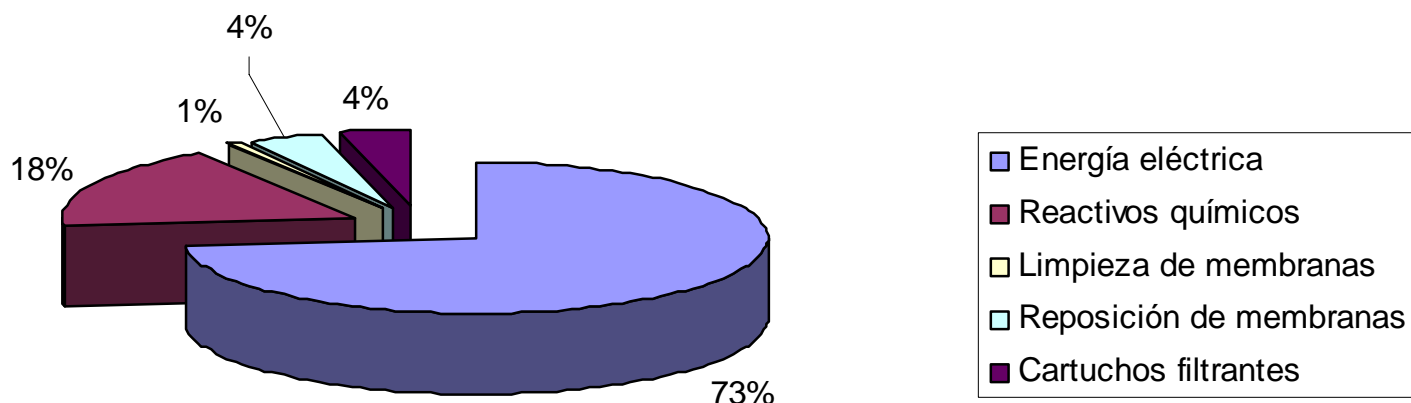
DISTRIBUCIÓN COSTES FIJOS





● TÍPICA DISTRIBUCIÓN DE COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO:

DISTRIBUCIÓN COSTES VARIABLES



**Energía eléctrica y reactivos  
químicos supone más de las  
4/5 partes del costo**



### ● **COSTES DE INVERSIÓN:** Factores que pueden afectar a la inversión ...

**TAMAÑO INSTALACIÓN** -> Incidencia directa en los costes de amortización (Economía escala)

Ejemplo:

DESALADORAS DE AGUA DE MAR	
Contribución porcentual	
Obra civil	12 - 20 %
Equipos electromecánicos	55 - 70 %
Equipos eléctricos	5 - 8 %
Otros	6 - 10 %

Inversión Especif. ↓ Si ↑ tamaño planta

Ahora bien, una vez fijado el tamaño, pueden producirse variaciones notables de precio en función de las opciones adoptadas ....

### OPCIONES ADOPTADAS CON MAYOR REPERCUSIÓN

#### A.- Captación de agua:

- Abierta (Para grandes tamaños)
- Pozos

Toma en canal

Emisario submarino  
(Solución + cara, sobre todo cuando el fondo marino es rocoso y las corrientes fuertes)

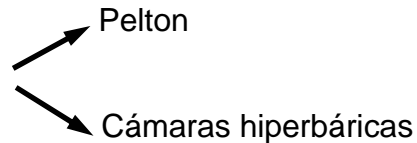




### B.- Pre-tratamiento:

- Puede ser más o menos complejo en función del agua de entrada (siendo entonces más o menos caro)
- En general siempre se trata de captar el agua de la mejor calidad posible (pozo)
- Salvo en contadas situaciones suele ser totalmente convencional no alterando en exceso la inversión a realizar respecto al valor medio

### C.- Recuperadores de energía



La inversión con CIP es aprox. 2,5 veces en comparación con la opción Pelton, sin embargo los ahorros en C.esp pueden ser del entorno de 0,3 Kwh/m<sup>3</sup>



### D.- Post-tratamiento:

- El agua desalada (permeado) es muy blanda, corrosiva y con muy pocos bicarbonatos no pudiendo utilizarse directamente ni para bebida ni riego.
- Si el agua es destinada para consumo se le añade  $\text{Ca}^{++}$ , en forma de lechada de cal y  $\text{CO}_2$  gaseoso forando bicarbonato cálcico. Además se desinfecta con cloro (hipoclorito sódico)
- Si el agua es para riego hay que rebajar su SAR (Razón de Absorción de Sodio), añadiéndole  $\text{Ca}^{++}$  en forma de lechada de cal.
- La diferencia de inversión entre ambos sistemas no son significativas pero si lo son los costes de explotación. (dosis de  $\text{CO}_2$  es alto y su coste elevado)

### E.- Obra civil

- La obra civil en desaladoras suele ser muy convencional (Hormigón prefabricado para reducir la corrosión ya que tanto agua de mar como salmuera son altamente agresivos.
- Las variaciones debidas a la obra civil no suelen alterar en exceso la inversión necesaria (edificios) lo que si puede alterarla de forma significativa es la obra marítima que habría que realizar si hay que ganar terreno al mar, etc.



### F.- Bombeo al exterior de agua producida:

- La situación ideal sería construir la planta lo más cerca posible de la costa y a su vez lo más cerca posible de los puntos de consumo. (NO siempre posible)

- Instalaciones a abastecimientos urbanos (+ caro). Infraestructura más cara (tuberías, depósitos para garantizar suministro continuo de agua).

### G.- Evacuación de la salmuera de rechazo

- La salmuera del rechazo es el elemento de mayor impacto ambiental de una desaladora si no se dispersa adecuadamente.

- Existen distintas posibilidades técnicas en función del tipo de costa disponible (rocosa, arenosa), estado de la mar, forma y pendiente del fondo.

- La adopción de una técnica u otra de dispersión puede significar un aumento o reducción importante de la inversión.



### H.- Tratamiento de efluentes:

- A peor calidad de agua bruta mayor y más complejo tratamiento de efluentes, con superior inversión y costos de explotación.

### I.- Electricidad:

- Las desaladoras son grandes consumidoras de energía eléctrica y por tanto requieren a su alrededor de líneas de transporte de energía eléctrica.

Si no la hay, la realización de dichas obras altera de forma importante la inversión.



● COSTES DE INVERSIÓN:

COSTE PROMEDIO DE PLANTA DE O.I. DE AGUA SALOBRE	
Producción (m <sup>3</sup> /d)	Coste (€/m <sup>3</sup> día)
2.000 – 5.000	370 - 250
> 5.000	200

COSTE PROMEDIO DE PLANTA DE O.I. DE AGUA DE MAR	
Producción (m <sup>3</sup> /d)	Coste (€/m <sup>3</sup> día)
1.500 – 15.000	1.500 - 1000
> 60.000	700 - 1000



	PRECIO MM US \$	CAPACIDAD m³/día	TIPO	PAIS	PRECIO UNITARIO \$/m³
ARGELIA ESTE	100	100.000	O.I.	ARGELIA	1000
ARGELIA OESTE	100	100.000	O.I.	ARGELIA	1000
HAMMAM	225	200.000	O.I.	ARGELIA	1125
ORÁN	100	100.000	O.I.	ARGELIA	1000
SKIKDA	100	100.000	O.I.	ARGELIA	1000
CHANNAI MINJUR	330	300.000	O.I.	INDIA	1100
ASHDOD	90	123.000	O.I.	ISRAEL	732
ASHKELON	225	281.000	O.I.	ISRAEL	801
HAIFA	90	123.000	O.I.	ISRAEL	732
PALMAHIM	90	123.000	O.I.	ISRAEL	732
SHOMRAT	90	123.000	O.I.	ISRAEL	732
KARACHI	60	95.000	O.I.	PAKISTÁN	622
Taweela	330	227.000	O.I.	ABU DHABI	1454
CARLSBAD	270	189.000	O.I.	EEUU	1429
CORPUS CHRISTI	125	95.000	O.I.	EEUU	1316
DANA POINT	130	100.000	O.I.	EEUU	1316
FREEPORT	125	95.000	O.I.	EEUU	1300
HUNTINGTON	240	189.000	O.I.	EEUU	1316
PORT EVERGLADES	79	95.000	O.I.	EEUU	1270
PORT BROWSVILLE	125	95.000	O.I.	EEUU	832
WEST BASIN	125	76.000	O.I.	EEUU	1316
CARBONERAS	140	120.000	O.I.	ESPAÑA	1167
TUAS	150	136.000	O.I.	SINGAPUR	1103

**COSTE MEDIO A NIVEL  
MUNDIAL DE LA INVERSIÓN  
GRANDES PLANTAS DE O.I.**

**1.050      \$/m³**

**820      €/m³**



**La inversión de una  
desaladora por O.I. de agua  
de mar de unos 100.000 m³/d,  
debe rondar los 82 Mill. €**



### ● COSTES DE AMORTIZACIÓN:

#### 1) Periodo de amortización:

- Hace algún tiempo se pensaba que la evolución tecnológica podía dejar obsoleta una planta desaladora por lo que su período de amortización debía coincidir con el de la vida tecnológica (unos 15 años)
- Desaladoras como la de Las Palmas III han demostrado lo contrario.  
Ya que la inversión necesaria para la actualización tecnológica se ha financiado con la economía generada por dicha innovación en los costes de producción
- Dada la calidad y nobleza de los materiales utilizados en la construcción de las desaladoras, no es descabellado amortizar las desaladoras en 25 o 30 años y no en 15 como se pensó guiados por la obsolescencia tecnológica.

#### 2) Tipos de interés:

- Hay que distinguir entre el tipo de interés que puede conseguir el Estado y el que podría obtener una empresa privada: 4, 5 , 6 y 7 %

Fijando una tasa de interés del 6% y unos periodos de vida útil de:

- |                      |         |
|----------------------|---------|
| - Obra Civil         | 20 años |
| - Equipos mecánicos  | 20 años |
| - Equipos eléctricos | 20 años |
| - Membranas          | 20 años |
| - Otros              | 20 años |



Planta O.I. de agua salobre	
0,09 - 0,11	€/m <sup>3</sup>

Planta O.I. de agua de mar	
0,22 - 0,27	€/m <sup>3</sup>





### COSTES DE FUNCIONAMIENTO (O&M):

#### 1) Energía:

- A lo largo de los años se ha producido un importante descenso en el consumo energético:
  - \* Mejoras membranas
  - \* Mejoras equipos mecánicos
  - \* Mejoras diseños

Evolución de los consumos energéticos y costes de la desalación de agua de mar en España	
Año	KWh/m <sup>3</sup>
1970	22
1980	18
1985	15
1988	13
1990	8,5
1992	7,8
1994	6,2
1996	5,3
1998	4,8
1999	4,5
2000	4,0
2001	3,7
2002	3,5
2003	3,1
2004	2,8



*Consumo directamente relacionado con la salinidad*

TÍPICOS CONSUMOS ESPECÍFICOS		
Proceso	Resto bombeos	Total
(kWh/m³)	(kWh/m³)	(kWh/m³)
1 - 2	0,5 - 1	1,5 - 3
3 - 3,5	1 - 1,8	4 - 5,3



***Tamaño instalación tiene incidencia directa en dichos costes***

**A mayor tamaño**

- Equipos más eficientes
- Acoger a tarifas más ventajosas



### COSTES DE FUNCIONAMIENTO (O&M):

#### 2) Mano de obra:

- Las plantas requieren funcionar 24 h/d con vigilancia permanente.
- Se abarata bastante a medida que aumenta la capacidad: Para instalaciones pequeñas son necesarios al menos 5 personas para cubrir turnos.



Incidencia Típica Mano Obra	
0,02 - 0,30	€/m <sup>3</sup>

#### 3) Productos químicos:

- El acondicionamiento químico en plantas de O.I. es de suma importancia (Coagulantes, regulación de pH mediante acidificación y adición de antiincrustantes,...etc).



Incidencia Típica Productos Químicos	
0,02 - 0,06	€/m <sup>3</sup>

*En caso de agua de mar, tiene una gran incidencia el que la toma sea abierta (importante riesgo contaminación bacteriológica) o pozo con pozo costero.*



### COSTES DE FUNCIONAMIENTO (O&M):

#### 4) Reposición de membranas:

- La reposición de membranas para mantener constantes los parámetros de la instalación pueden cifrarse en un 8-10% anual.



Incidencia Típica Reposición Membranas	
0,002 - 0,40	€/m <sup>3</sup>

#### 5) Lavado membranas:

- Lavado cada dos o tres meses son normales y mensuales excesivos.



Incidencia Típica Lavado Membranas	
0,001 - 0,0024	€/m <sup>3</sup>

#### 6) Otros gastos:

- Mantenimientos, repuestos y reparaciones mecánicas

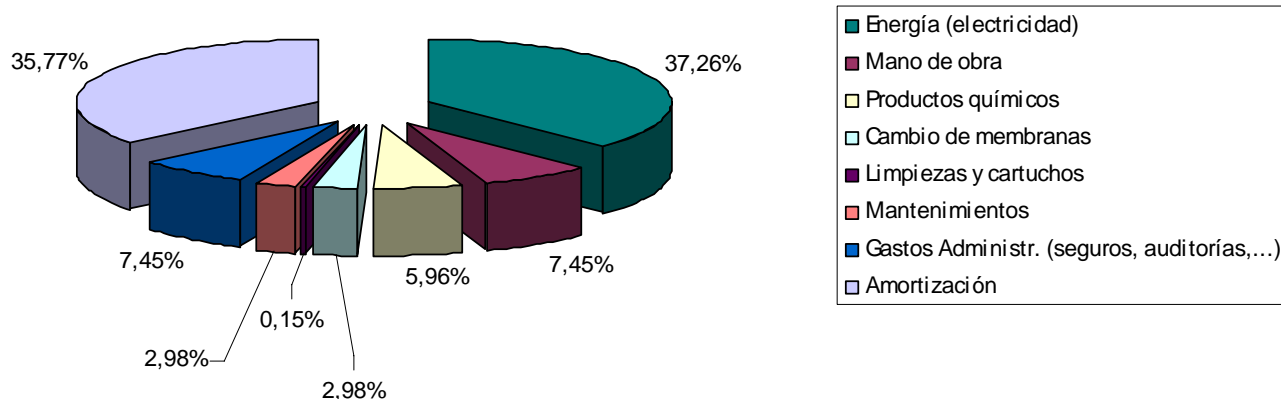


Incidencia Típica Otros	
0,001 - 0,002	€/m <sup>3</sup>



LA DISTRIBUCIÓN MEDIA DE LOS COSTES DE DESALACIÓN DE AGUA DE MAR POR O.I. (Plantas grandes):

DESALACIÓN DE AGUA DE MAR POR OSMOSIS INVERSA (€/m3)					
	RANGO			EJEMPLO	(%)
Energía (electricidad)	0.22	-	0.27	<b>0.25</b>	37.26%
Mano de obra	0.018	-	0.081	<b>0.05</b>	7.45%
Productos químicos	0.021	-	0.054	<b>0.04</b>	5.96%
Cambio de membranas	0.002	-	0.036	<b>0.02</b>	2.98%
Limpiezas y cartuchos	0.001	-	0.002	<b>0.001</b>	0.15%
Mantenimientos	0.018	-	0.032	<b>0.02</b>	2.98%
Gastos Administr. (seguros, auditorías,...)	0.03	-	0.1	<b>0.05</b>	7.45%
Amortización	0.18	-	0.24	<b>0.24</b>	35.77%
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>0.49</b>	-	<b>0.82</b>	<b>0.671</b>	<b>100.00%</b>





	AÑOS	CAPACIDAD m³/día	TIPO	PAIS	TARIFAS \$/m³
ARGELIA ESTE	25	100.000	O.I.	ARGELIA	0,6796
ARGELIA OESTE	25	100.000	O.I.	ARGELIA	0,6796
HAMMAM	25	200.000	O.I.	ARGELIA	0,6608
ORÁN	25	100.000	O.I.	ARGELIA	0,6796
SIKIDA	25	100.000	O.I.	ARGELIA	0,6796
CHANNAI MINJUR	25	300.000	O.I.	INDIA	N/A
ASHDOD	25	123.000	O.I.	ISRAEL	0,6877
ASHKELON	25	281.000	O.I.	ISRAEL	0,6997
HAIFA	25	123.000	O.I.	ISRAEL	0,6877
PALMAHIM	25	123.000	O.I.	ISRAEL	N/A
SHOMRAT	25	123.000	O.I.	ISRAEL	N/A
KARACHI	25	95.000	O.I.	PAKISTÁN	0,6815
TAWELA	30	227.000	O.I.	ABU DHABI	0,6586
CARLSBAD	30	189.000	O.I.	EEUU	0,6619
CORPUS CHRISTI	30	95.000	O.I.	EEUU	0,6815
DANA POINT	30	100.000	O.I.	EEUU	0,6796
FREEPORT	30	95.000	O.I.	EEUU	0,6815
HUNTINGTON	30	189.000	O.I.	EEUU	0,6619
PORT EVERGLADES	30	95.000	O.I.	EEUU	0,6815
PORT BROWSVILLE	30	95.000	O.I.	EEUU	0,6815
WEST BASIN	30	76.000	O.I.	EEUU	0,6914
CARBONERAS	25	120.000	O.I.	ESPAÑA	0,6733
TUAS	25	136.000	O.I.	SINGAPUR	0,6697

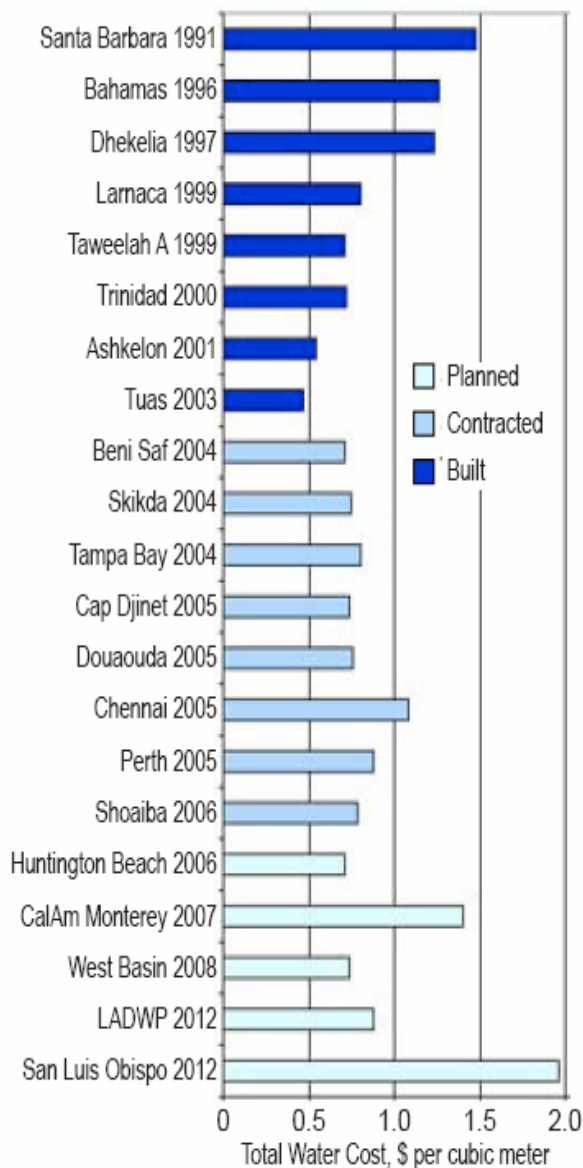
**TARIFA MEDIA  
( 25 Años )**

0,6798 \$/m³

**0,53 €m³**



REDUCCIÓN



AUMENTO

¿ CUAL ES LA TENDENCIA DE LOS  
COSTOS DE DESALACIÓN?



???????



???????



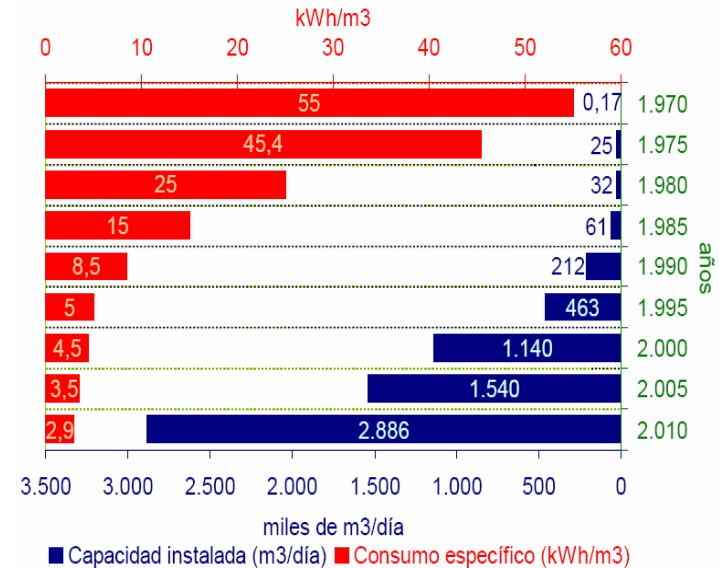
### REDUCCIÓN DE COSTOS IMPORTANTE EN DICHO PERIODO DEBIDO FUNDAMENTALMENTE A:

- 1.- Mejoras técnicas
- 2.- Mejoras energéticas
- 3.- Reducción precio de la electricidad.
- 4.- Aumento periodo de amortización y mejor tipo de interés

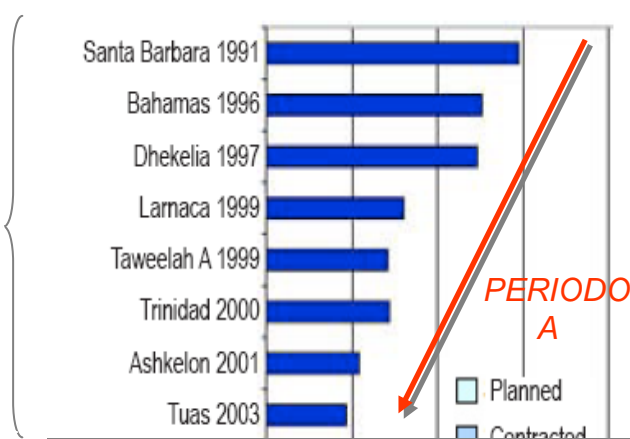
- a) Membranas
- b) Sistemas de recuperación de energía



### *ELECTRICIDAD - CLAVE*



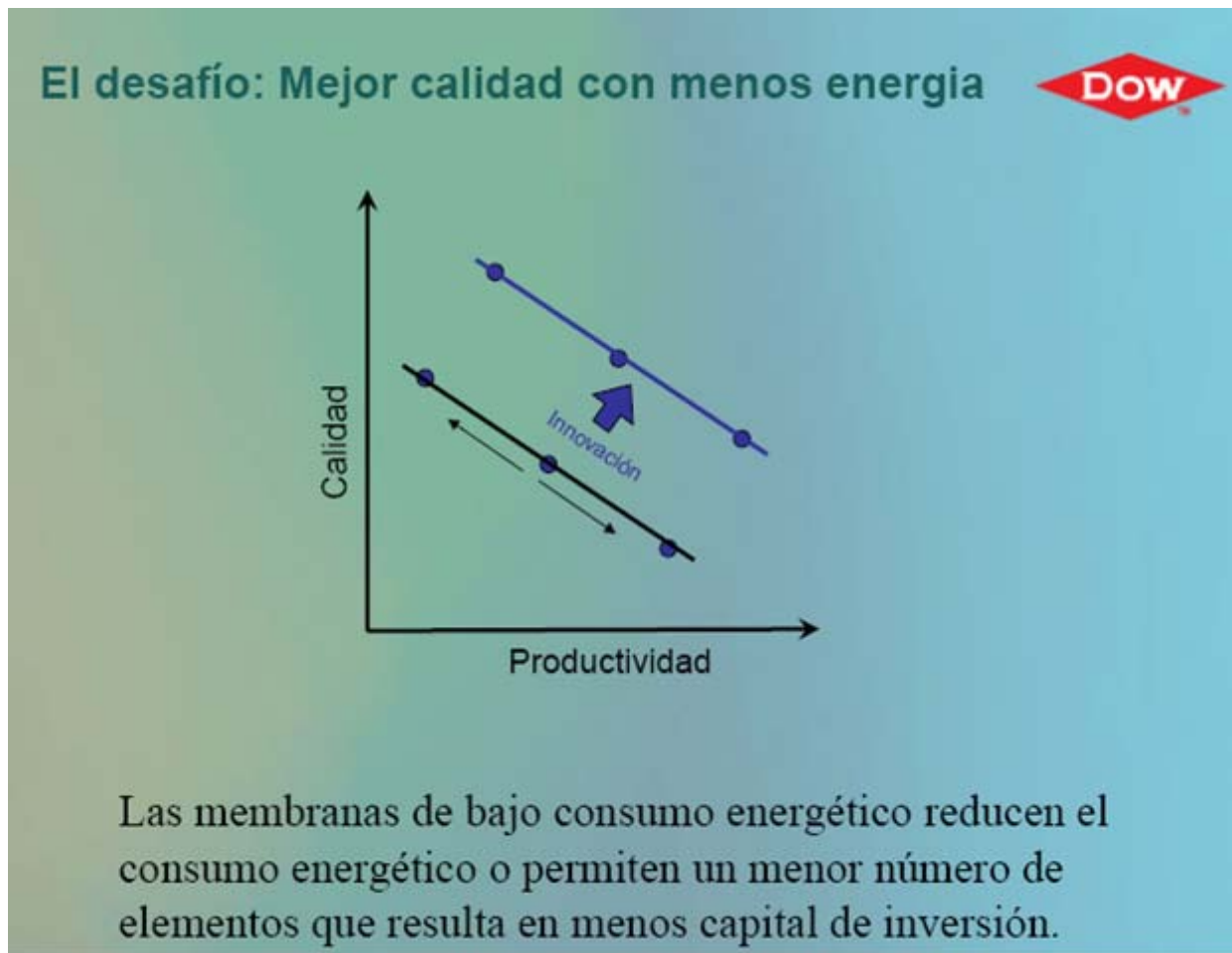
**REDUCCIÓN**





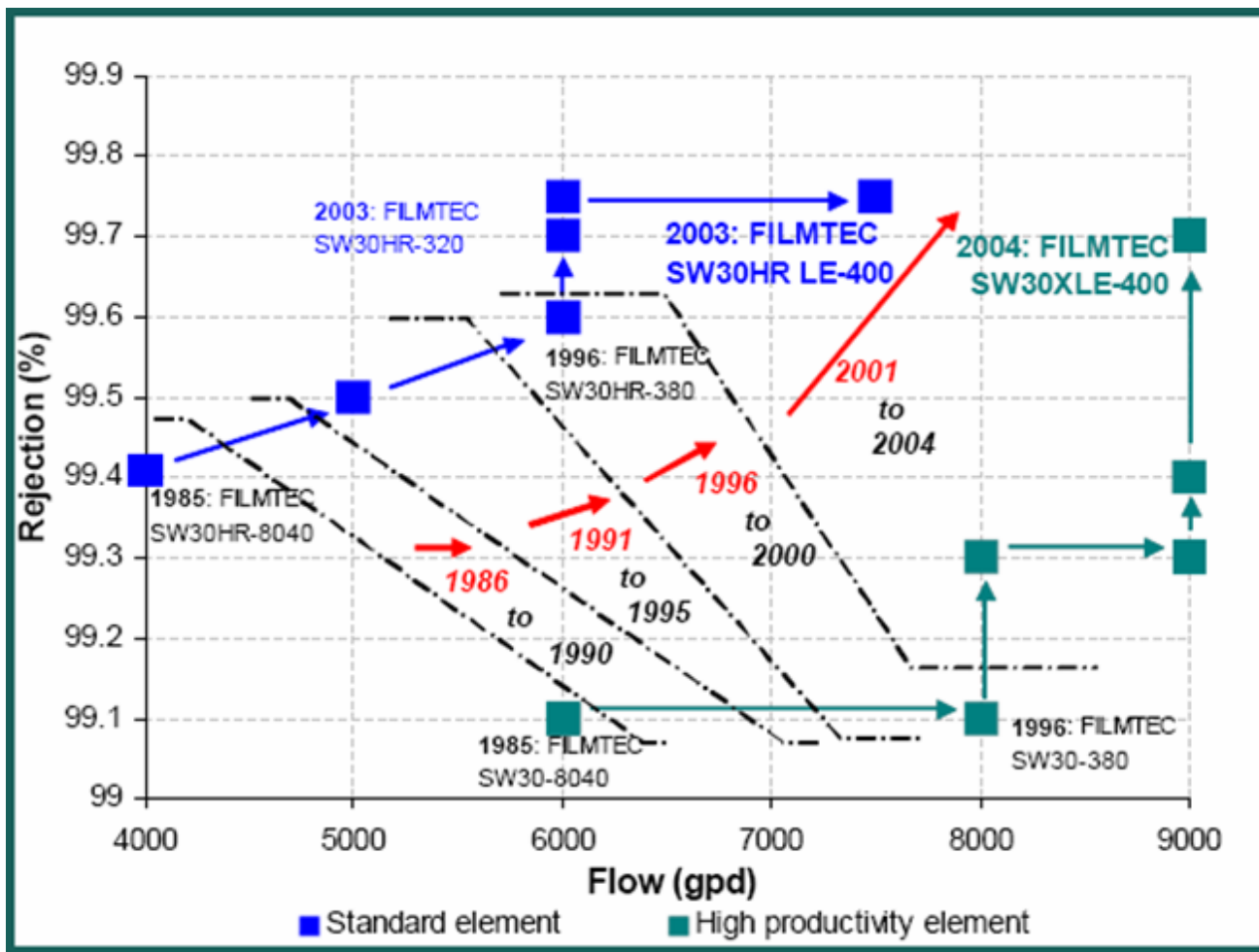


### a) MEMBRANAS – EVOLUCIÓN CONSTANTE





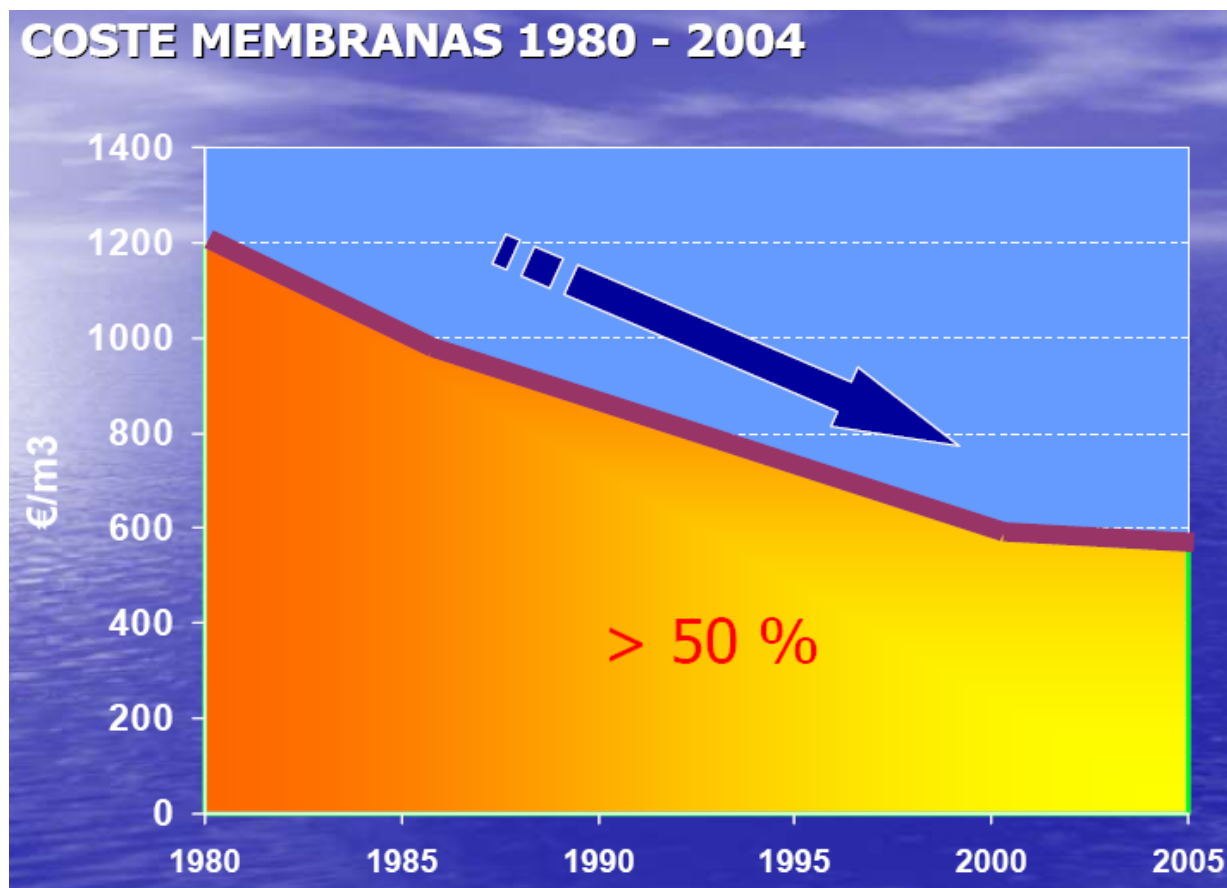
### a) MEMBRANAS – EVOLUCIÓN CONSTANTE





### a) MEMBRANAS – EVOLUCIÓN CONSTANTE

*Aunque la inversión es superior, los costes específicos se han reducido considerablemente*

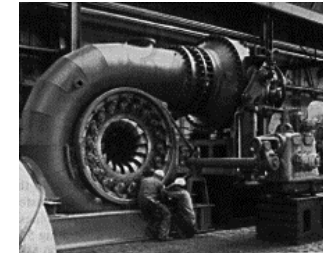




### b) CÁMARAS DE INTERCAMBIO DE PRESIÓN – REVOLUCIÓN EN EL AHORRO ENERGÉTICO

- b.1. – Válvula reductora de presión en la salmuera para romper carga antes de envío al mar.
- Primeras plantas, de tamaño muy pequeño.

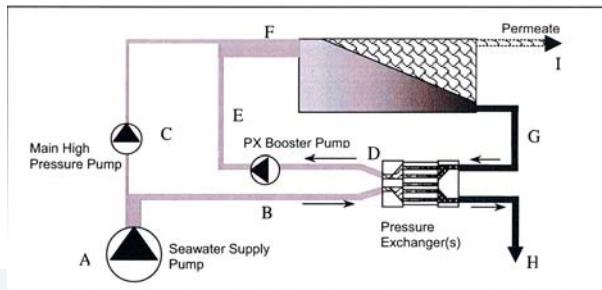
- b.2. – Bomba invertida (T. Francis).
- Sistema poco flexible (Definido por curva Q-H).
  - Requiriendo by-pass con válvula reductora de presión.
  - Necesidad contrapresión en descarga para evitar cavitación.
  - Rendimiento = 77%



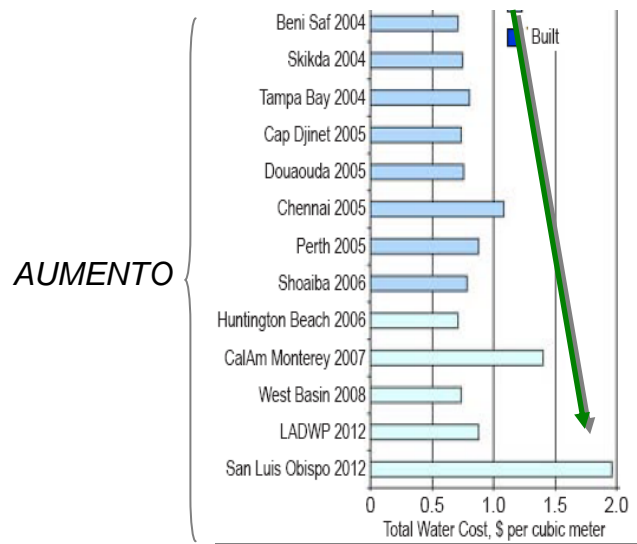
- b.3. – Turbina Pelton.
- Sistema más flexible (área de operación)
  - Aprovecha toda la energía presión que trae (descarga Patm).
  - Rendimiento = 88%



- b.4. – Cámaras de intercambio de presión.
- Rendimiento real = 94% (teórico 96%)



*Aunque la inversión es superior.  
(La solución de ir con CIP es  
aprox. 2,5 veces más cara que ir  
con Pelton)  
**Los costes específicos se han  
reducido considerablemente***



**PERIODO B**

En los últimos 2 años se han firmado contratos promediando una cifra de más de \$0.70/m<sup>3</sup>.

¿Qué está invirtiendo la tendencia a la baja del mercado?

### 1) Subida precio de la energía

- Petróleo

- \$15 / barril (Enero 2004)
- \$65 / barril (Enero 2006)

Para el mismo periodo:

- Aumento del 50% del precio Gas Natural
- Aumento del 40% del precio Electricidad.

### 3) Factores externos al proceso de desalar

- Coste de las tomas y las descargas
- Permisos costeros
- Costes financieros y economías de escala

### 2) Subida precio de la materia prima

- Acero sube 33% (Entre enero 2004 y enero 2006)  
(Aunque alcanza su pico 70% en Noviembre 2004)

Para el mismo periodo:

- Aumento del 102% del precio del cobre
- Aumento del 191% del precio del Titanio.

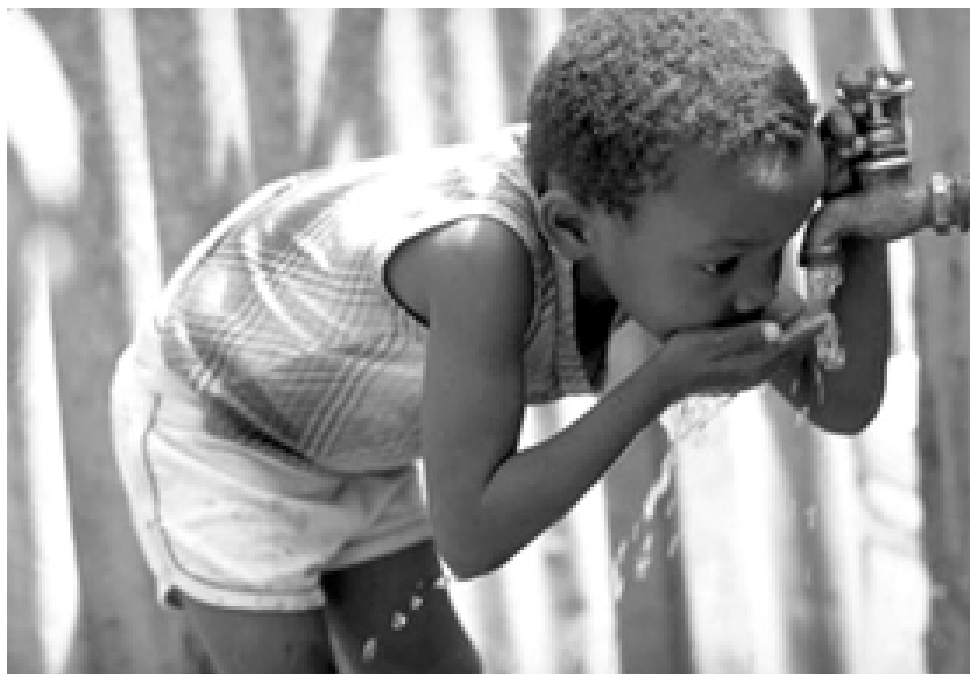
**LA CONCLUSIÓN DE ESTE ANÁLISIS ES QUE, ES PROBABLE QUE SE NECESITEN UNOS 4 AÑOS PARA QUE EL PRECIO LOGRADO EN TUAS SEA SUPERADO POR OTRO PROYECTO.**

**EN CUALQUIER CASO ESTO NO AFECTARÁ AL CRECIMIENTO DEL MERCADO Y SU TENDENCIA HACIA LA DESALACIÓN POR ÓSMOSIS INVERSA**



## Cuarta Parte.-

- **Conclusión - Reflexión**





Una **persona** necesita **50 litros/día** para atender sus necesidades alimenticias y de higiene básica personal

$$50 \text{ l/d} \times 0,00067 \text{ €/l} = \\ = \mathbf{0,0335 \text{ €/persona y día}}$$

DESALACIÓN DE AGUA DE MAR POR OSMOSIS INVERSA (€/m³)					
	RANGO		EJEMPLO		(%)
Energía (electricidad)	0,22	-	0,27	0,25	37,26%
Mano de obra	0,018	-	0,081	0,05	7,45%
Productos químicos	0,021	-	0,054	0,04	5,96%
Cambio de membranas	0,002	-	0,036	0,02	2,98%
Limpiadores y cartuchos	0,001	-	0,002	0,001	0,15%
Mantenimientos	0,018	-	0,032	0,02	2,98%
Gastos Administr. (seguros, auditorías,...)	0,03	-	0,1	0,05	7,45%
Amortización	0,18	-	0,24	0,24	35,77%
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>0,49</b>	<b>-</b>	<b>0,815</b>	<b>0,671</b>	<b>100,00%</b>

El coste de la desalación (ejem. Anterior):  
 $0,67\text{€/m}^3 = \mathbf{0,00067\text{€/litro}}$

**Agua para 3.900 millones de personas**

**Coste diario guerra de Irak**

El coste diario de la guerra de Irak se estima en

**130 millones de euros**



**Misil Tomahawk**

El primer día de bombardeos sobre Irak se lanzaron 40 misiles de este tipo, lo que equivale a

**56 millones de euros**



**Agua para 1.600 millones de personas**

**Más de 1.000 millones de personas se ven privadas del derecho al agua limpia**





*Ninguna medida haría más por reducir las enfermedades y salvar vidas en los países en desarrollo que facilitar un acceso general al agua potable y a los servicios de saneamiento.*

*Kofi Annan, secretario general de la ONU,  
Informe del Milenio*

## Gracias por su atención



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