



INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM

Encuentro Universitario del Agua

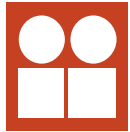
Economía del agua, inversión, financiamiento

Costos de la Desalación de Agua de Mar Opciones con Energías Renovables

(Proyecto IMPULSA del Instituto de Ingeniería)

Gerardo Hiriart L

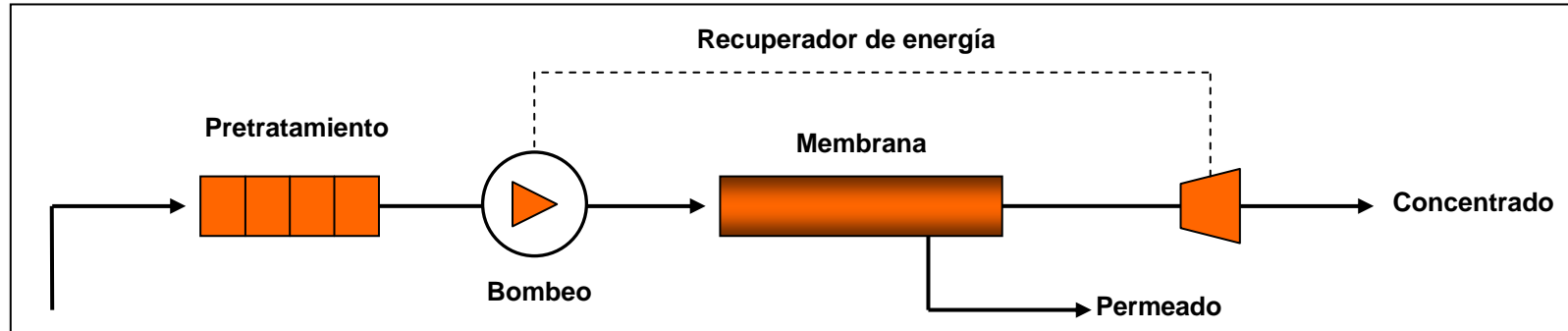
23 / Agosto/06



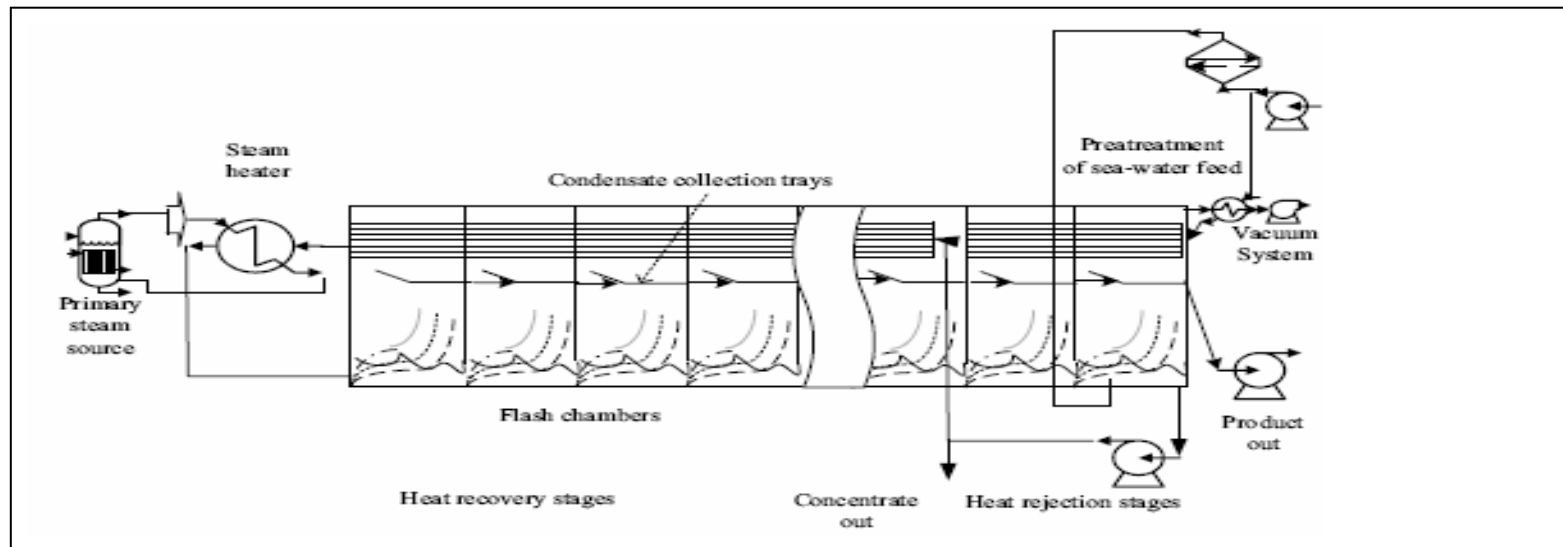
Parte de la Problemática

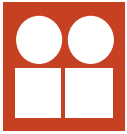
- Mala distribución (Abundante en el Sureste, escasa en el Noroeste y en el altiplano)
- Agotamiento de acuíferos (Sobre explotación de aguas subterráneas en 14 Estados)
- Intrusión salina en acuíferos junto al mar (Baja California, BCS, Sonora, Sinaloa, Guerrero)
- Incremento del consumo urbano (Tijuana, Ensenada, Hermosillo, Ixtapa, etc)
- Desarrollo de zonas hoteleras donde hay poca agua (Cozumel, Isla Mujeres, Los Cabos, etc)

Osmosis Inversa



Procesos térmicos (Destilación)





Comparación de Tecnologías

- **Osmosis Inversa**
(Alto consumo de
Energía Eléctrica)

**15 MW para 1m³/seg para
300 000 personas**

Inversión.....20%
Electricidad...50%
O&M.....20%
Rep. Memb...10%

Producto 500 ppm
Costo..\$8/m³

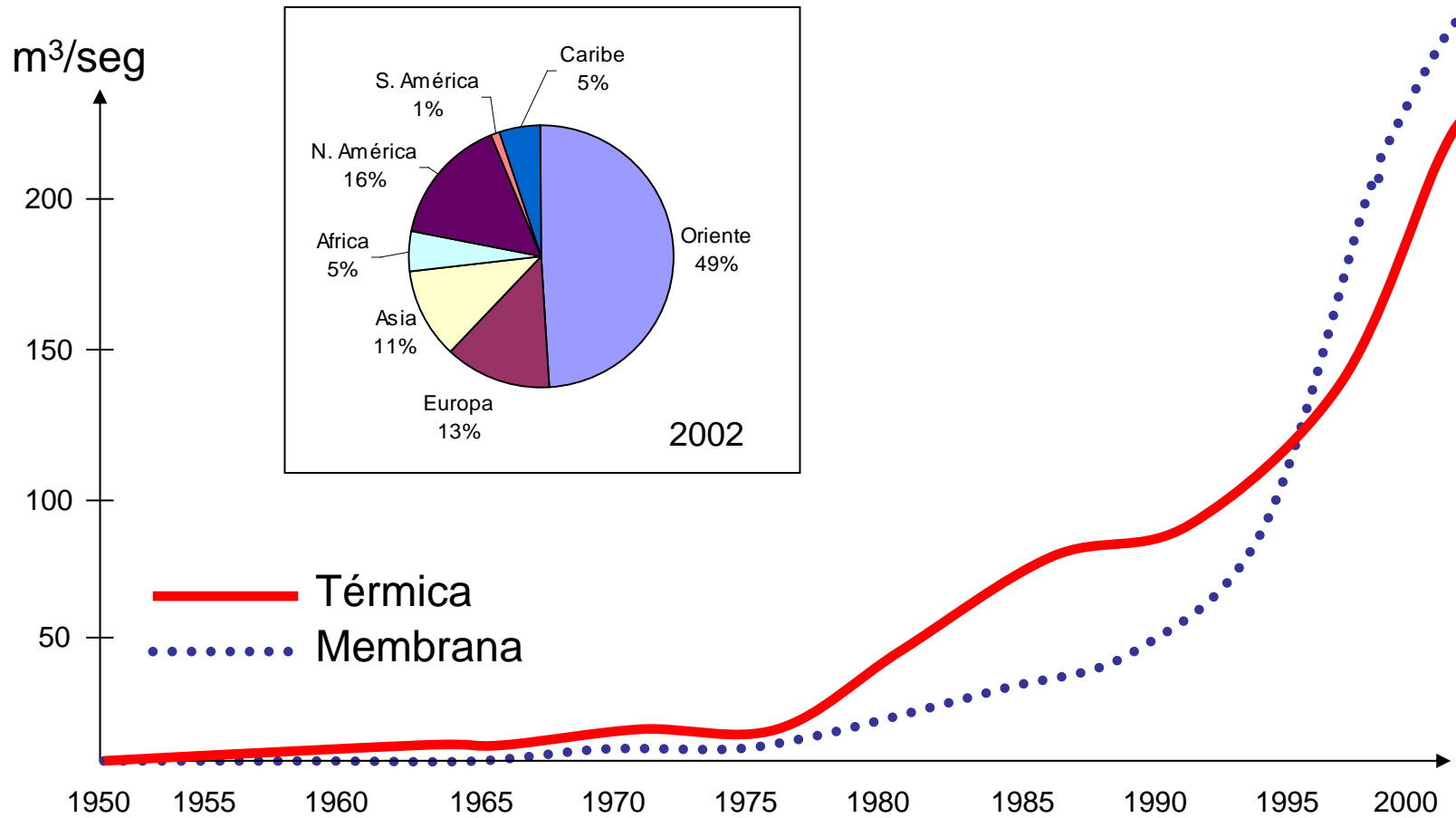
- **Térmicos**
(Consumo de vapor
y/o calor y energía
eléctrica)

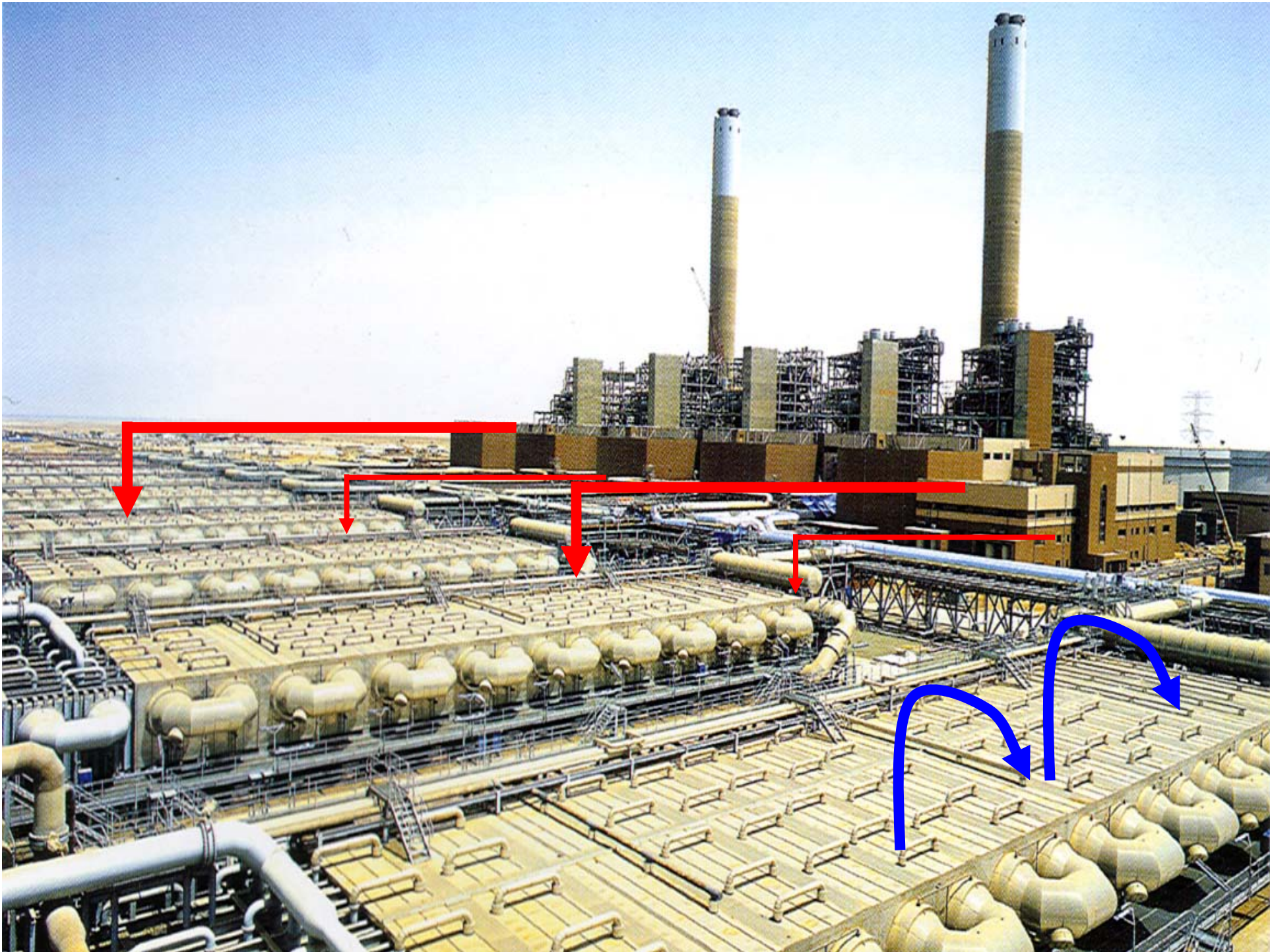
**400 ton/hora de vapor para
1m³/seg más 3 MW de
bombas**

Inversión...30%
Vapor y Elec. 50%
O&M.....20%

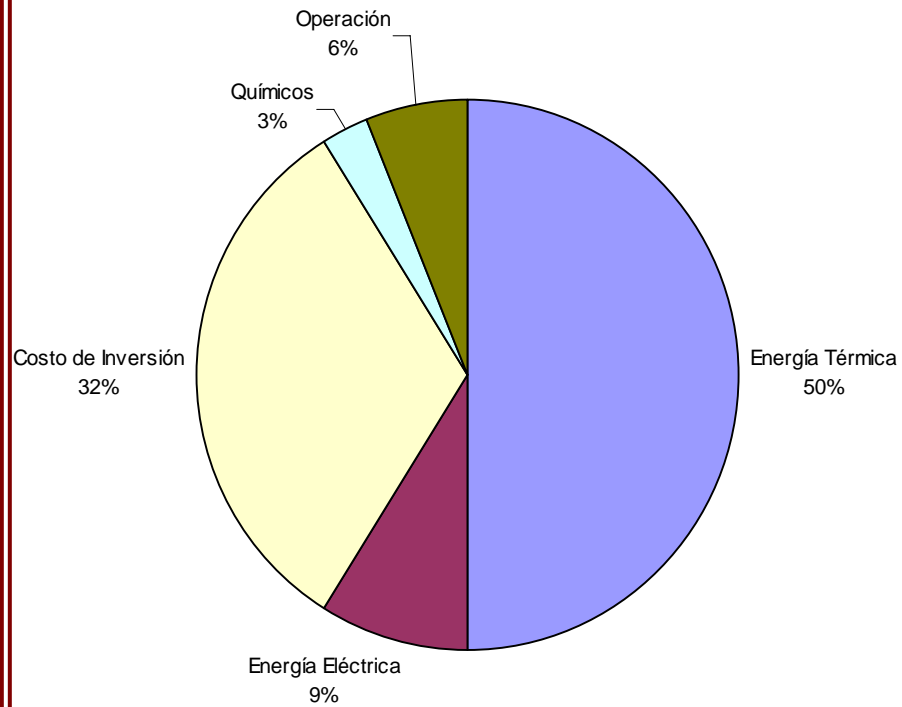
Producto..10 ppm
Costo \$ 12/m³

Capacidad de desalación instalada (m³/seg)

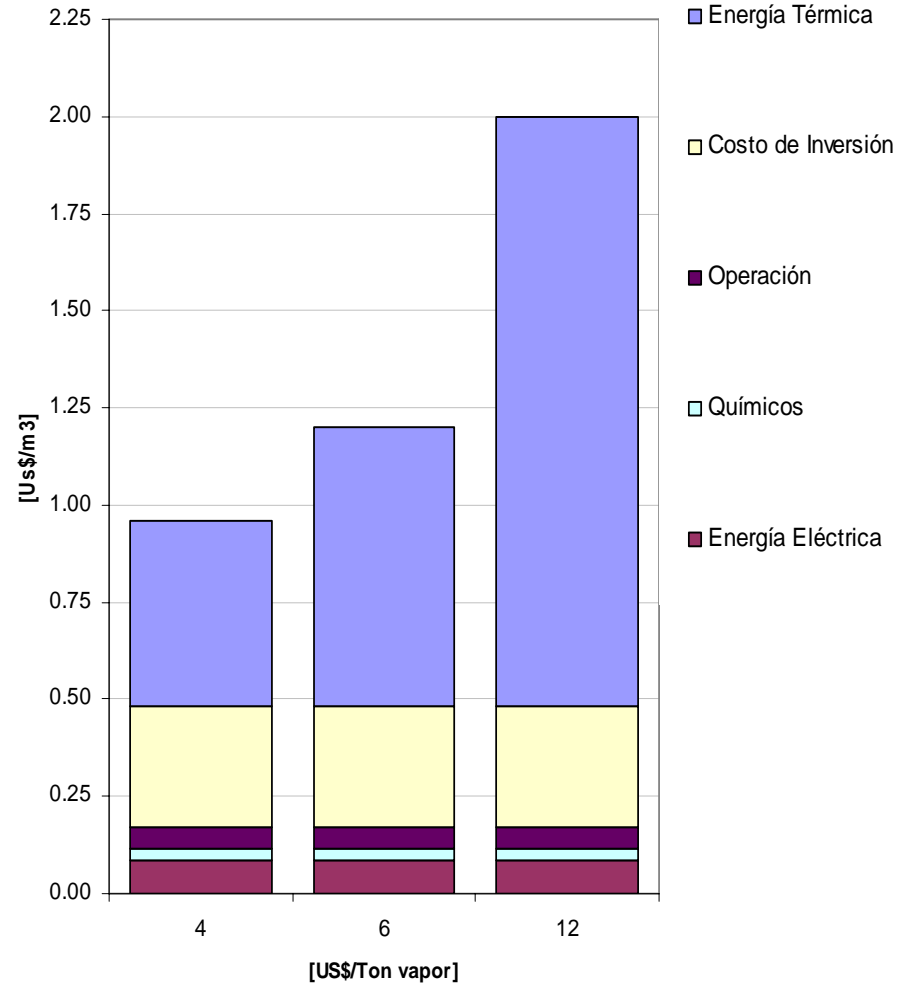


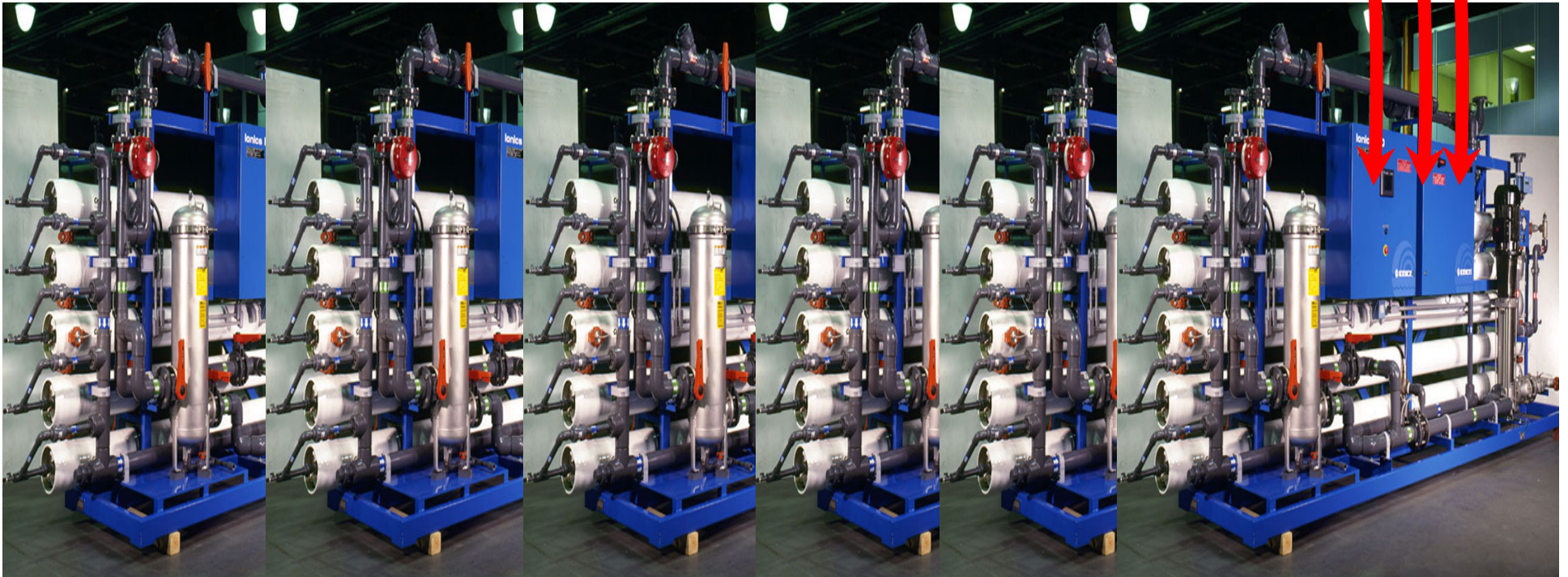


Proceso Térmico de desalación

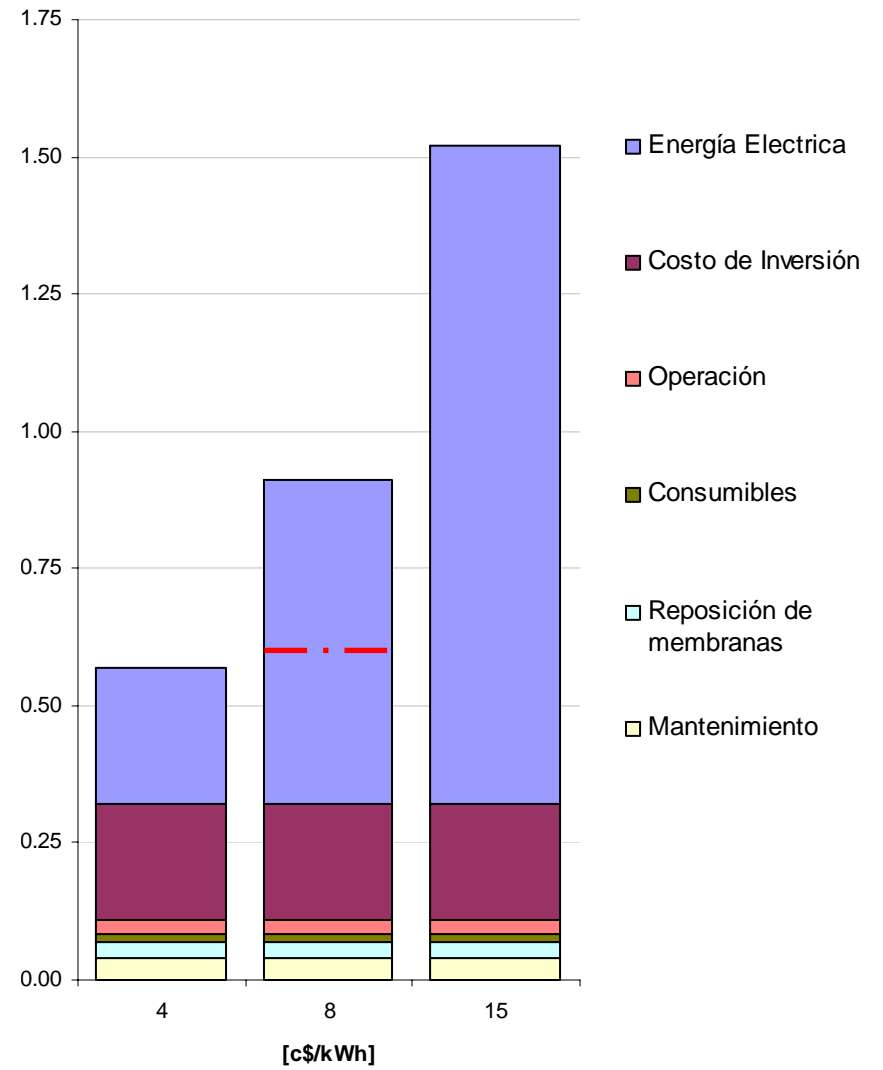
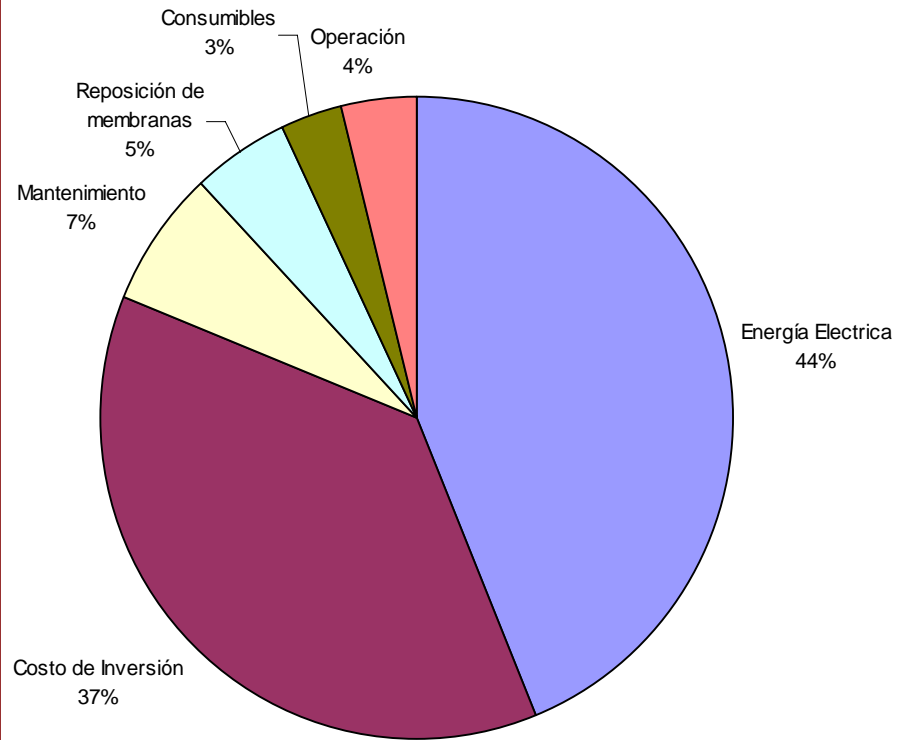


Proceso Térmico de desalación

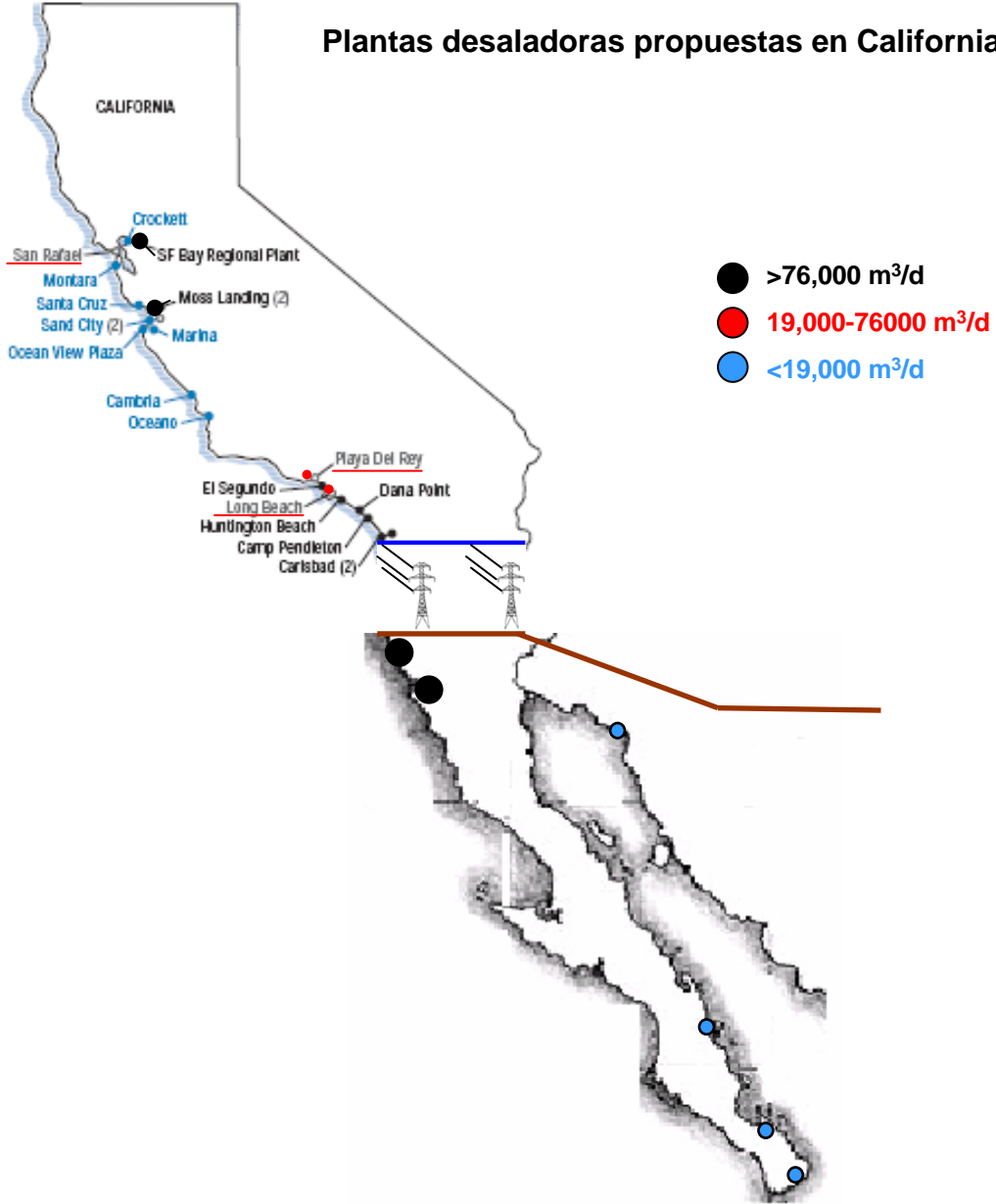




Ósmosis Inversa

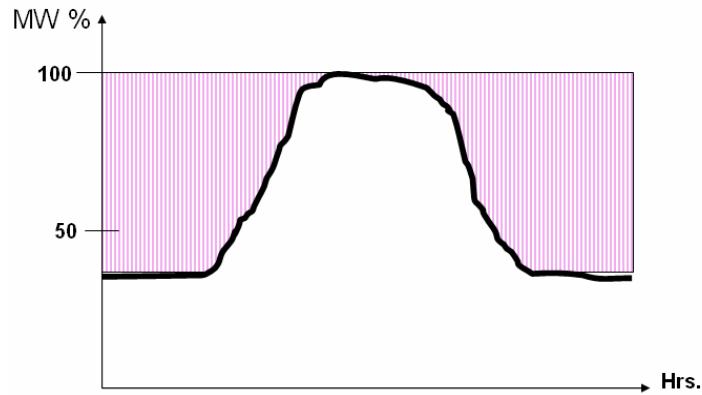


Plantas desaladoras propuestas en California (Estados Unidos) 2006



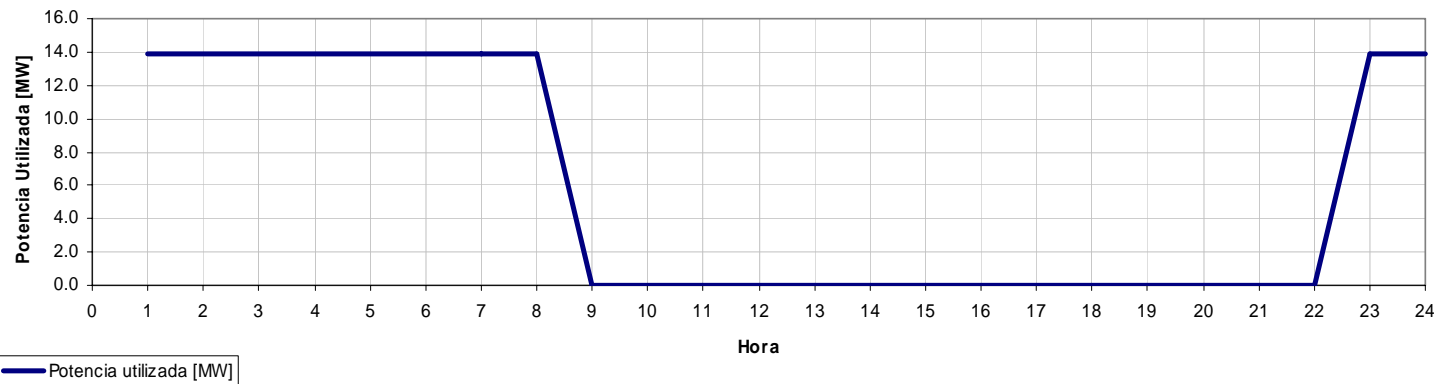
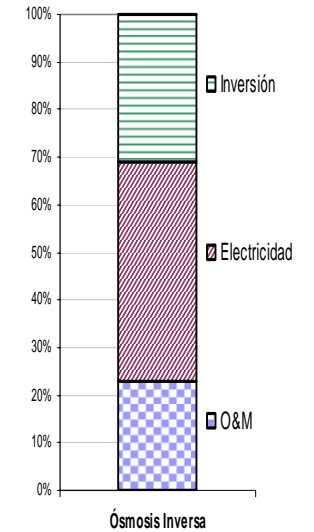
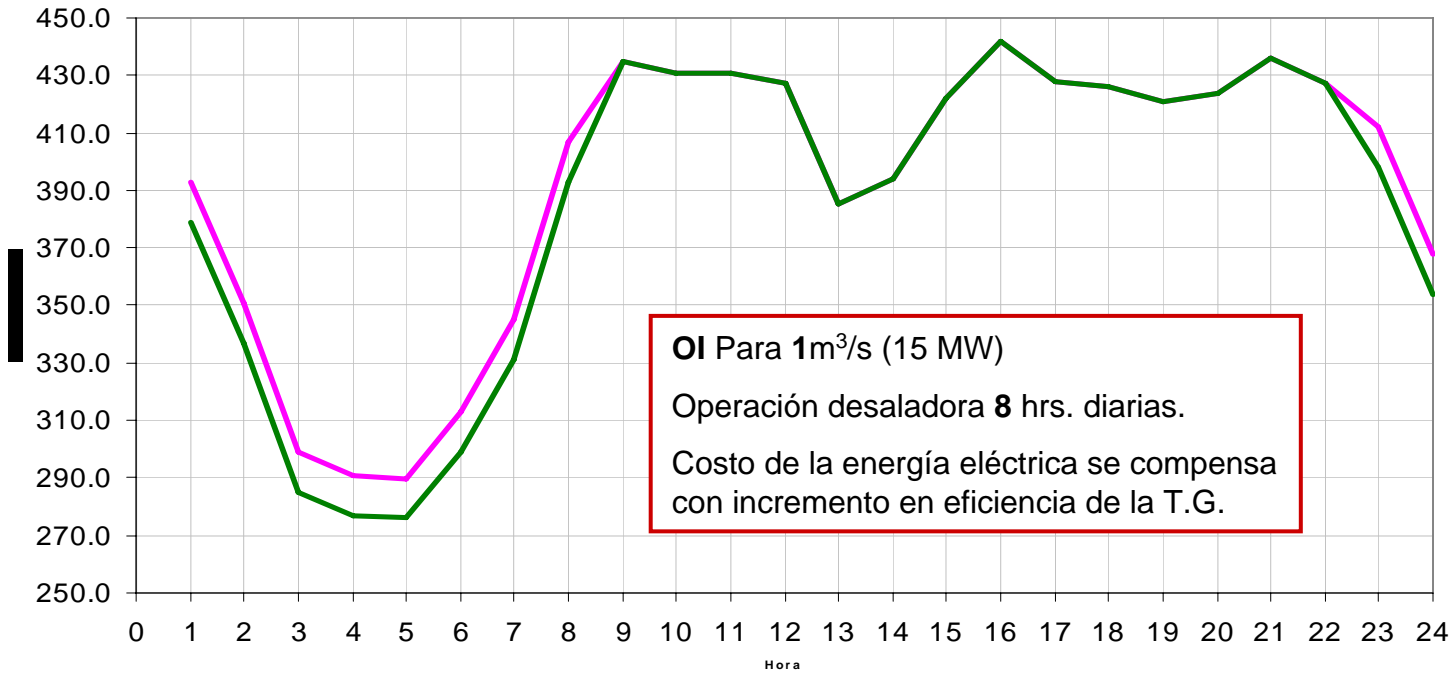
Cogeneración con desalación

Termoeléctrica de Rosarito

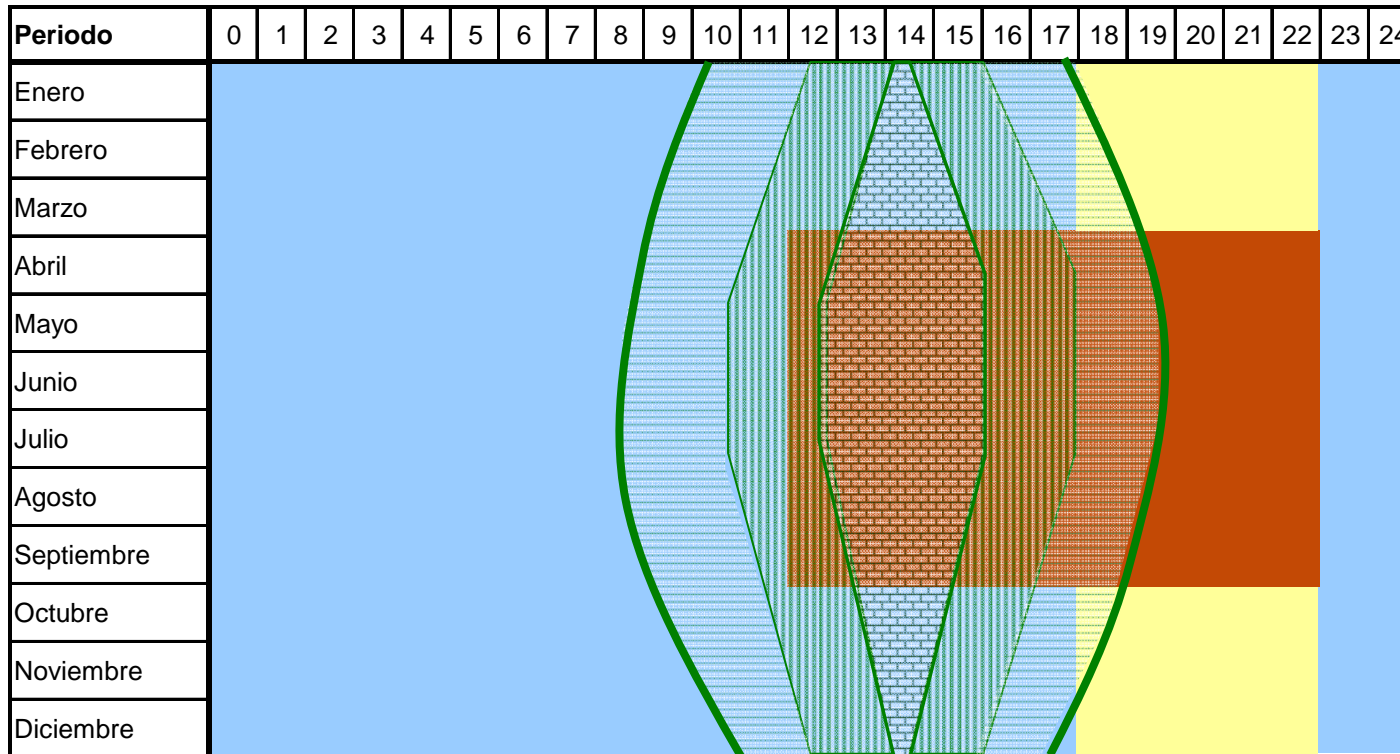





— Despacho c/ planta RO
 — Despacho

Despacho con y sin desaladora



Solar (Ahorro de energía eléctrica) Caso La Paz

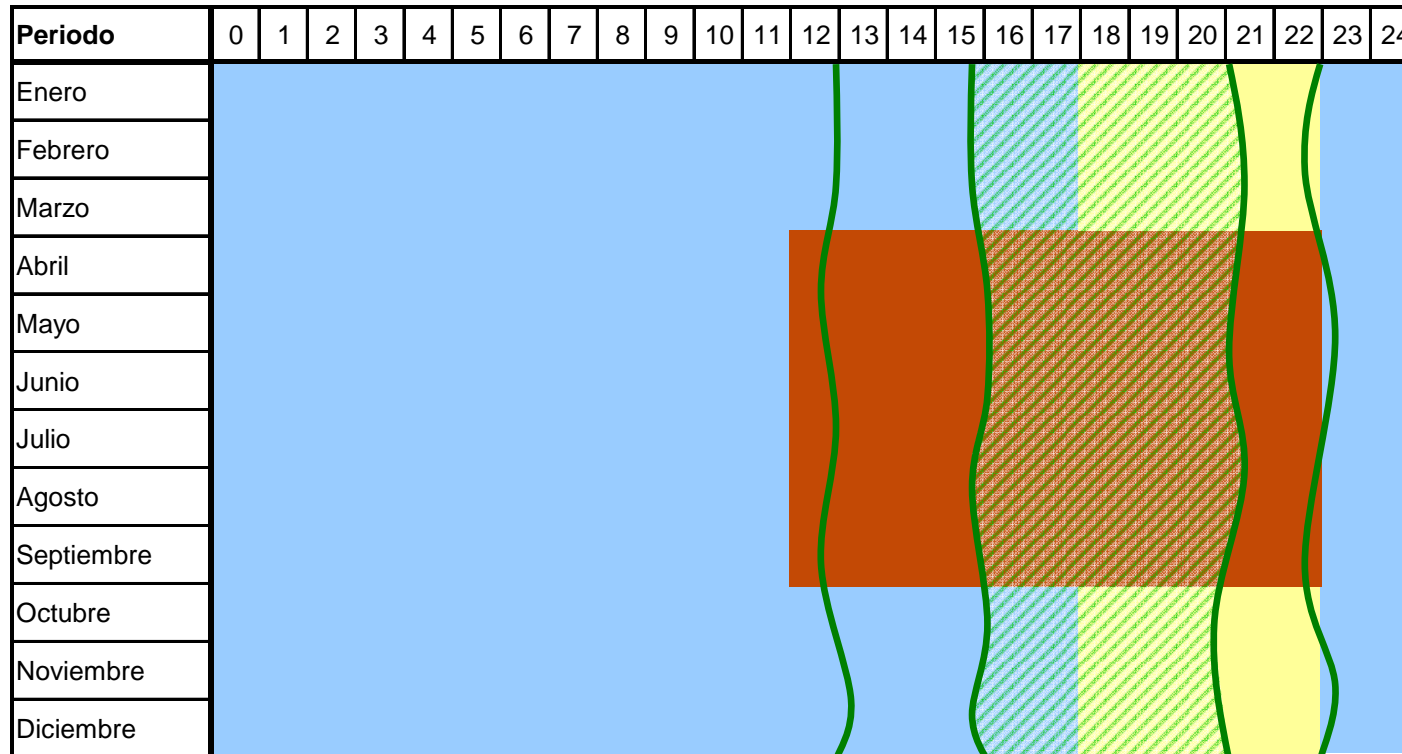





-  Base **0.57 M.N \$/kWh + IVA**
-  Intermedio **0.81 M.N \$/kWh + IVA**
-  Punta **1.70 M.N \$/kWh + IVA**

Estudiar el **costo evitado** de la generación complementaria con energía solar y evaluar subsidio necesario.

Demanda fija mensual **150 M.N \$/kW + IVA**

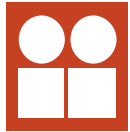
Eólico (Ahorro de energía eléctrica) Caso La Paz



	Base	0.57 M.N \$/kWh + IVA
	Intermedio	0.81 M.N \$/kWh + IVA
	Punta	1.70 M.N \$/kWh + IVA

Estudiar el **costo evitado** de la generación complementaria con energía eólica y evaluar subsidio necesario.

Demanda fija mensual **150 M.N \$/kW + IVA**



Proyecto IMPULSA

Objetivo

- Fomentar investigación a mediano y largo plazo
- Promover incorporación de estudiantes de doctorado
- Fomentar actividades multidisciplinarias
- Promover proyectos que aporten soluciones a problemas nacionales
- Promover colaboración con instituciones y organismos nacionales e internacionales

Condiciones:

- Participación de cuatro entidades universitarias (una Facultad)
- Contar con coordinador académico
- 3 años de duración mínima
- Ser aprobada por el Consejo Técnico de la Investigación Científica



Shoiba Power & Desalination Plant, Phase 2



Fuairah Water & Power Plant



Encontrar la forma más económica y práctica de incorporar las Energías Renovables a la desalación

Agua salobre y
buenos vientos



Excelente radiación
solar directa



Peculiaridades del País

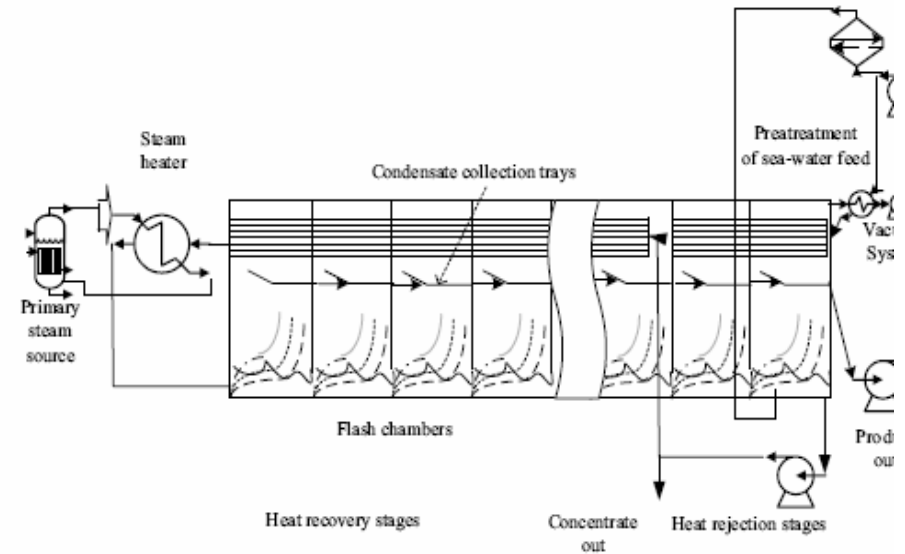
Algunos puntos que
pronto requerirán
desalación de agua



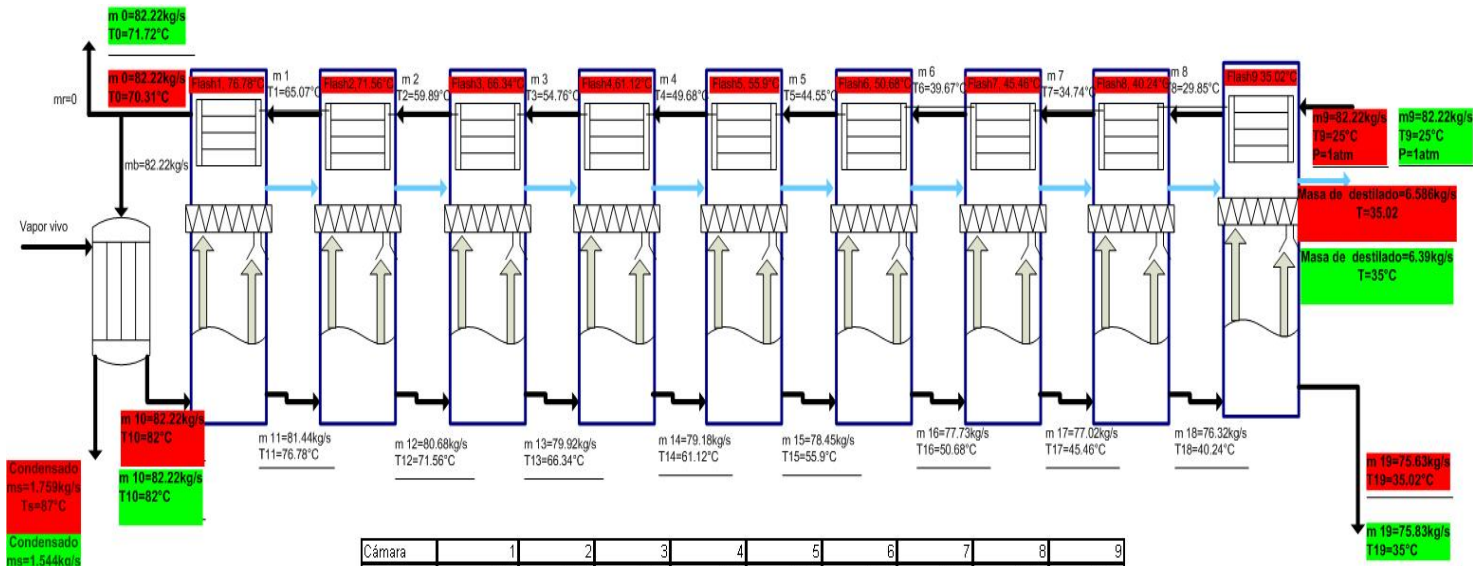
Puntos costeros con manifestaciones termales



Múltiple Flasheo



Programa de simulación desarrollado (MSF)



Condensado
 m=1.753kg/s
 T_s=87°C
 Condensado
 m=1.544kg/s
 T_s=87°C

h1(65.07°C)	272.4
h2(59.89°C)	250.7
h3(54.76°C)	229.3
h4(49.68°C)	208.1
h5(44.65°C)	187
h6(39.67°C)	166.2
h7(34.74°C)	145.6
h8(29.85°C)	125.1
h9(25°C)	104.8

Cámara	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U	1.97	1.968	1.944	1.93	1.914	1.897	1.879	1.861	1.843
Acon, m ²	103.7	103.1	103.5	104.6	106.4	109.2	112.8	117.5	123.4
hg (KJ/Kg)	2638	2629	2620	2611	2602	2592	2583	2574	2564
hf (KJ/Kg)	321.4	299.5	277.7	255.8	234	212.2	190.3	168.5	149.7

$$m_9 = m_0 = m_{10} = 82.22 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$m_{19} = 75.63 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

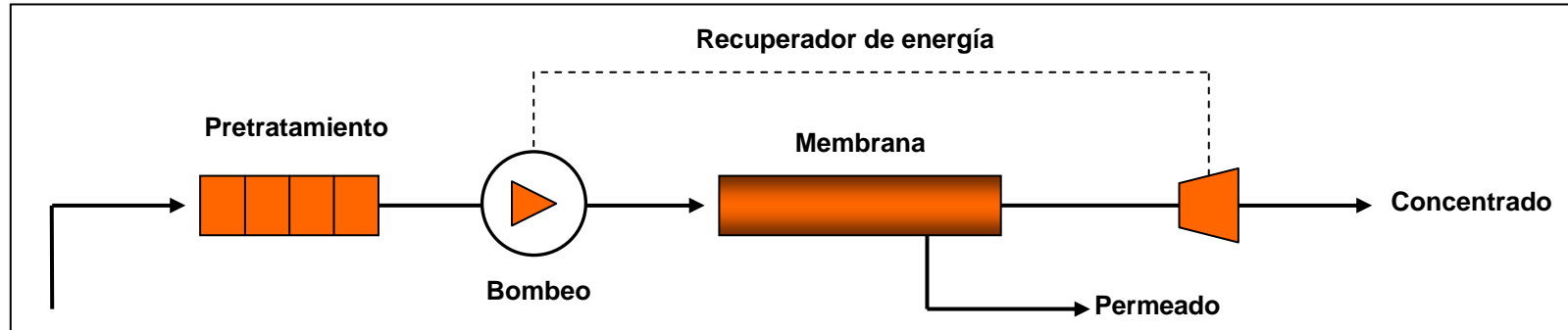
$$m_d = 6.586 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} = md1 + md2 \dots + md_{10}$$

$$X_{21} = X_{11} \left(\frac{m_{10}}{m_{19}} \right) = 0.035 \left(\frac{82.22}{75.63} \right) = 0.03805$$

DATOS DE MODELO

DATOS DE PLANTA ROSARITO

Osmosis Inversa

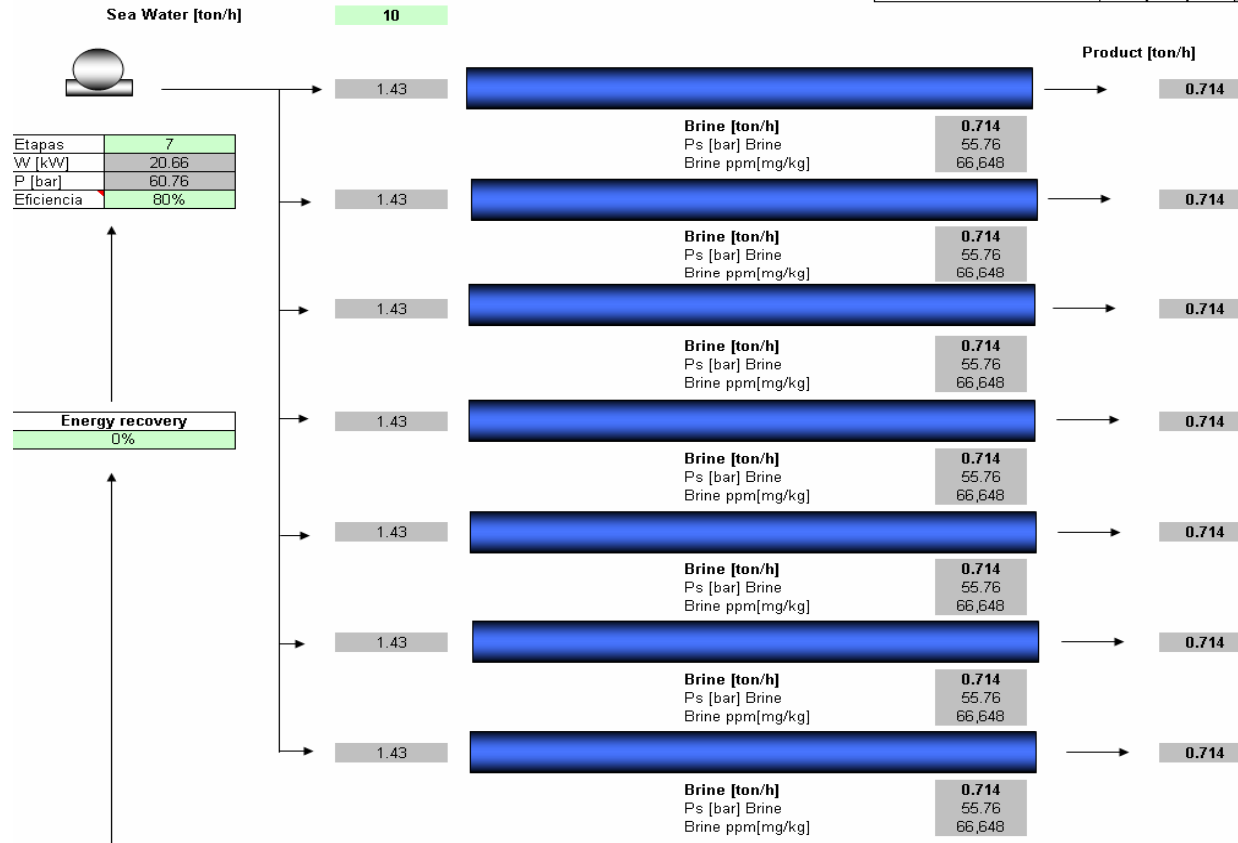


	ppm[mg/kg]	p.a[g/mol]	C[mol/l]
Na	10,770	23.0	0.4783
Cl	19,500	35.5	0.5616
Mg	1,290	24.3	0.0542
S	905	32.1	0.0288
Ca	412	40.1	0.0105
K	380	39.1	0.0099
Br	67	79.9	0.0009

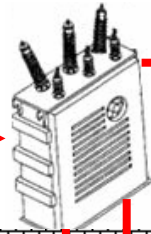
ppm[mg/kg]	33,324
Densidad[kg/m3]	1,021
Temperatura [°C]	24
C[mol/l]	1.14
R[l bar/K mol]	0.082
Ps [bar] S.W	27.88

Salt rejection	99%
Water recovery ratio	0.5
Over pressure [bar]	5

consumo energético	[kWh/m3]	4.22
Costo energía	[c\$/kWh]	4
consumo energético	[\$/m3]	0.1688
Distancia de la membrana	[m]	8
Area efectiva	[m ² /membrana]	35
membrane permeability	[m3/m2 s kPa]	3.13E-09
Longitud optima membrana	[m]	0.62
Longitud total membrana	[m]	4.31
Capacidad de la planta	[m ³ /d]	117.5
Total Product	[ton/h]	5.000
Product ppm	[mg/kg]	666.48
Total Brine	[ton/h]	5.000
Ps Brine	[bar]	55.76
Brine ppm	[mg/kg]	66,648
Sea Water intake	[m3/h]	9.79
Sea Water intake	[m3/d]	235.1



Sistema independiente de la red eléctrica para desalar agua salobre de pozos



Baterías? Compresores?



Pozo de agua salobre

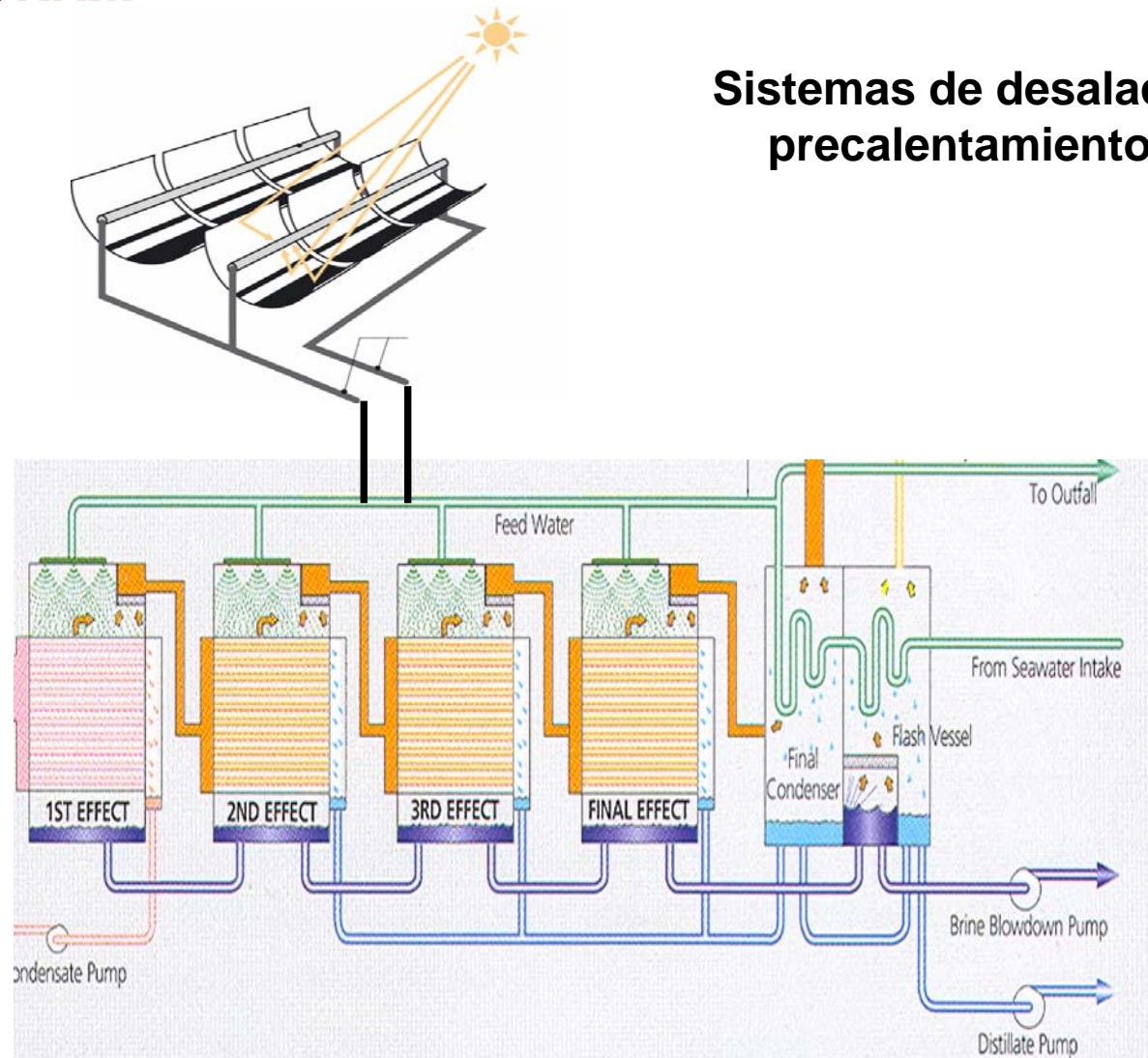
Solar (independiente de la red)

Sistema con paneles fotovoltaicos para desalar agua salobre de pozos



80 m³ / d
(20 m³ / d real)
12 kW
100 paneles

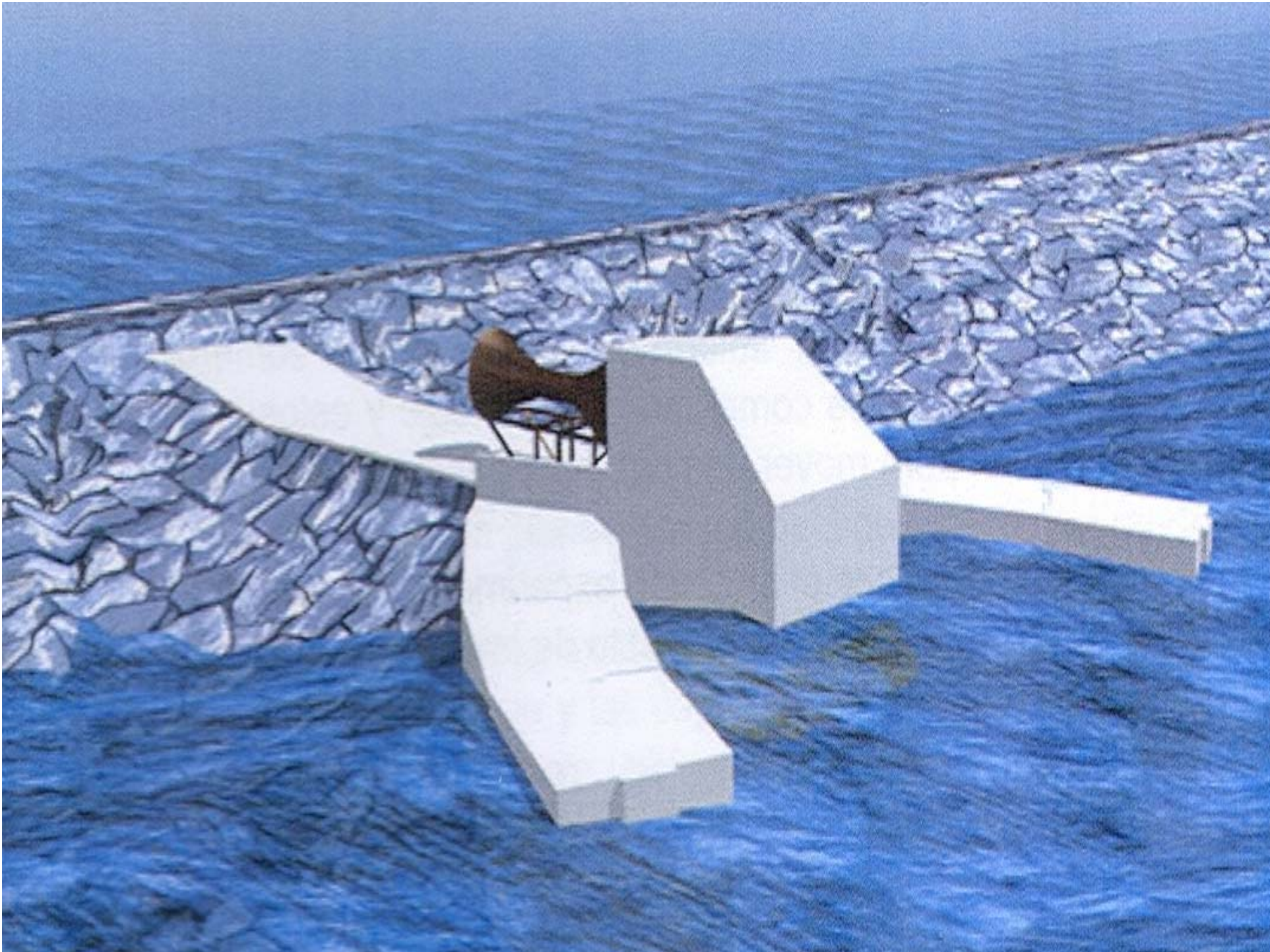
Sistemas de desalación con precalentamiento solar





© 2006 Europa Technologies
Image © 2006 NASA
Image © 2006 TerraMetrics

© 2006 Google™



Gracias

