

---

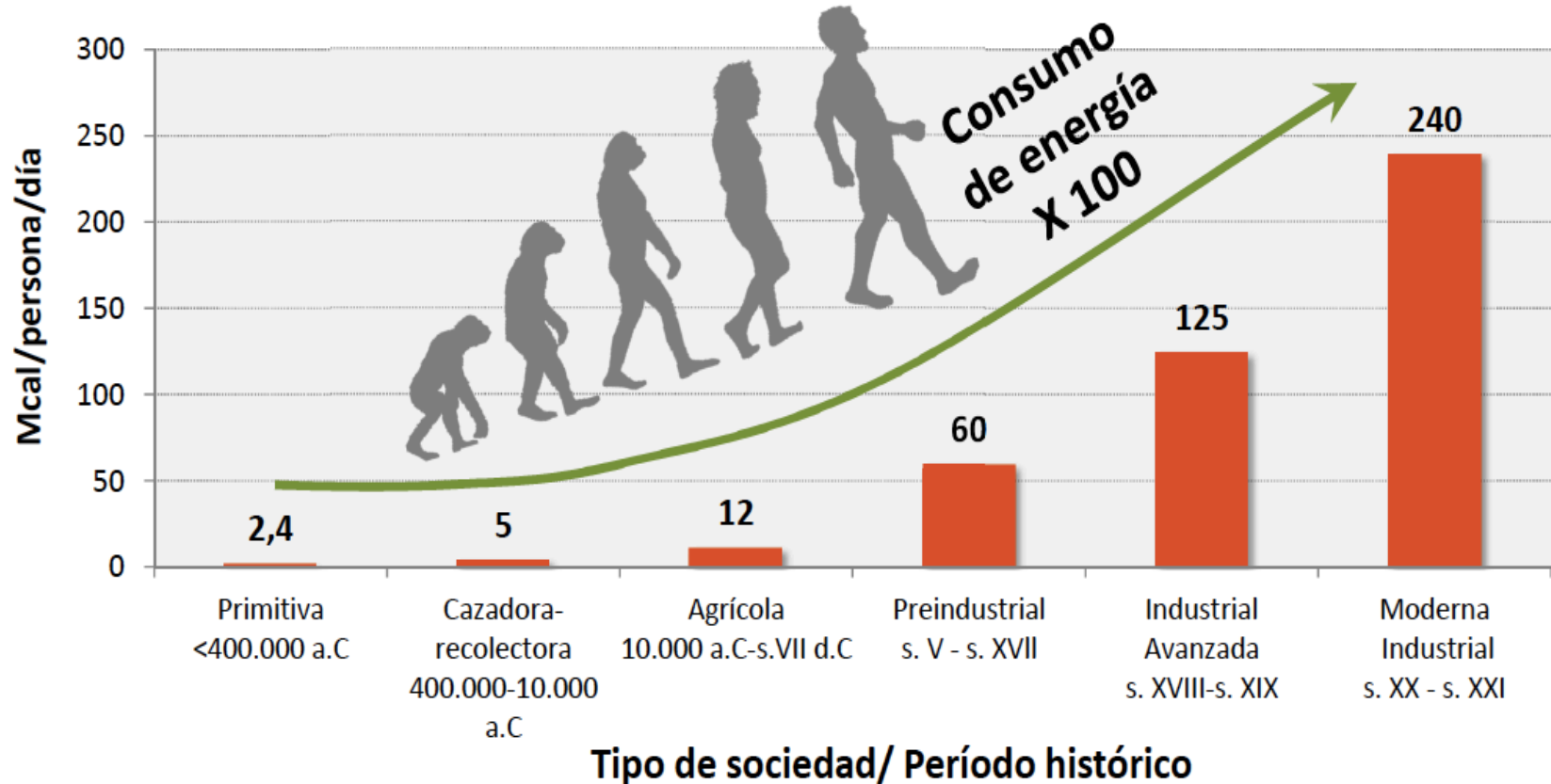
# **EI AGUA DE MAR COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE EN LA CLIMATIZACIÓN**

Joaquín Rodríguez Carabias  
- Dr. Ingeniero

Barcelona-12 /06/2015

# Introducción

## Evolución del consumo energético humano

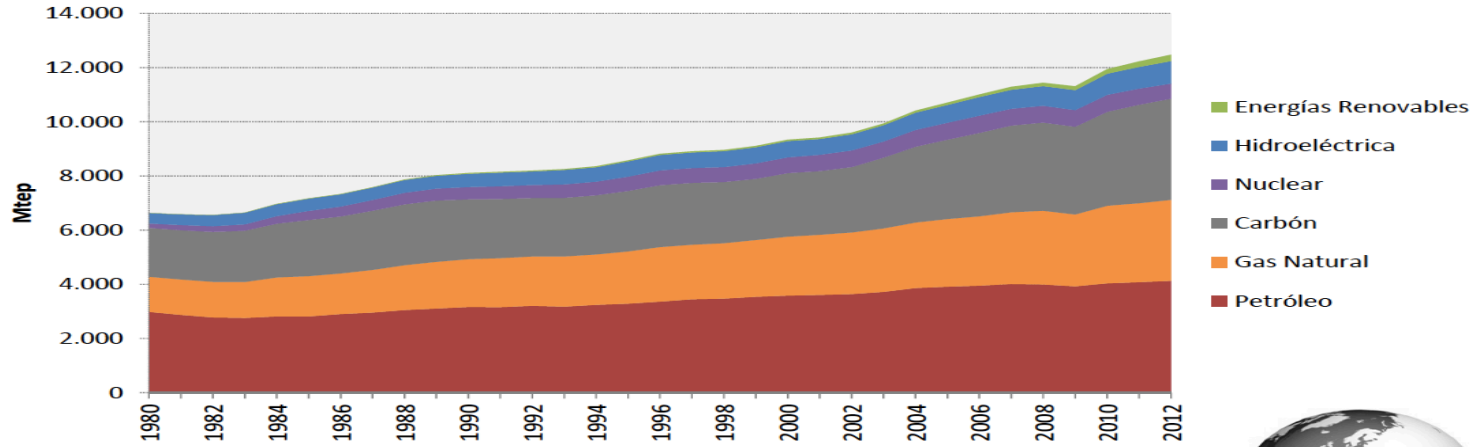


Fuente: IAPG, 2003

**El consumo energético humano es indicativo del grado de evolución de un país**

# Contexto Energético Actual

## Evolución del mix de energía primaria en el mundo

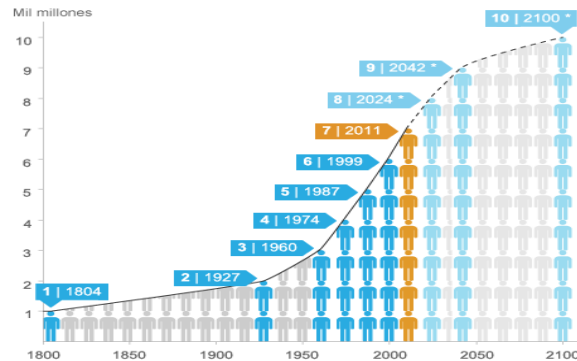


Fuente: BP Statistical Review 2013

- Importantes incrementos en el consumo de gas natural
- Incremento moderado del consumo de petróleo y carbón
- Tímido incremento de las energías renovables

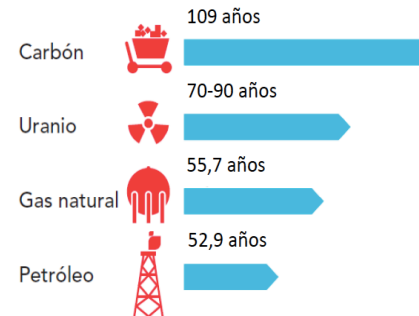


## Crecimiento de la población mundial: alcanzando 7 mil millones

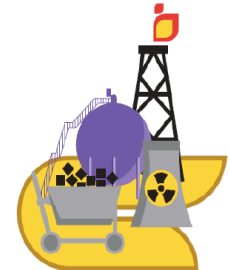


\* Cifras poblacionales futuras basadas en las predicciones de la ONU con una variante media  
FUENTE: Fondo de Población de la ONU

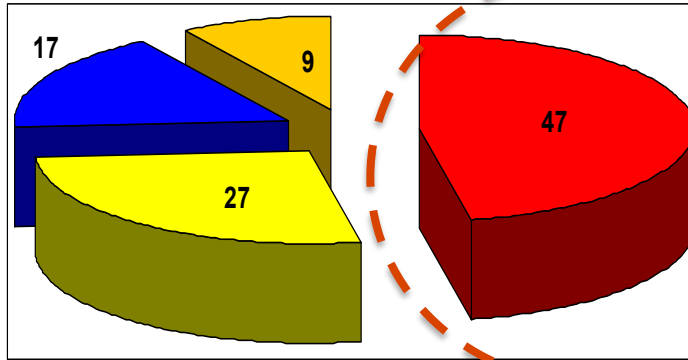
## Reservas probadas de combustibles fósiles



Fuente: BP Statistical Review 2013

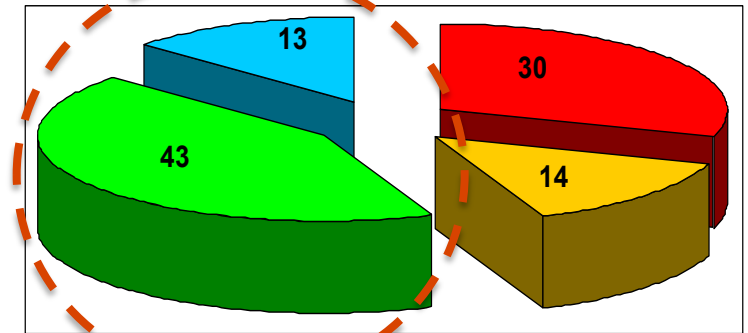


# Contexto Energético Actual



■ Calor ■ Transporte ■ Electricidad ■ Usos no energéticos

➤ La demanda de energía para calor a nivel global constituye el 47% de la energía final.



■ Industria alta T ■ Industria baja T  
■ Viviendas ■ Servicios

➤ Un 43% de esa demanda de calor corresponde a calefacción y ACS de las viviendas y un 44 % a procesos industriales.

# Consumo De Energía En El Sector Terciario

Con un consumo del orden del 28% del consumo total de energía, es uno de los sectores con más potencial de ahorro, y adecuado para aplicar las energías renovables

## Retos de la sociedad tecnológica y científica actual:

- Reducir el consumo de energías fósiles y la contaminación medio ambiental, **sin reducir la calidad de vida de los ciudadanos.**

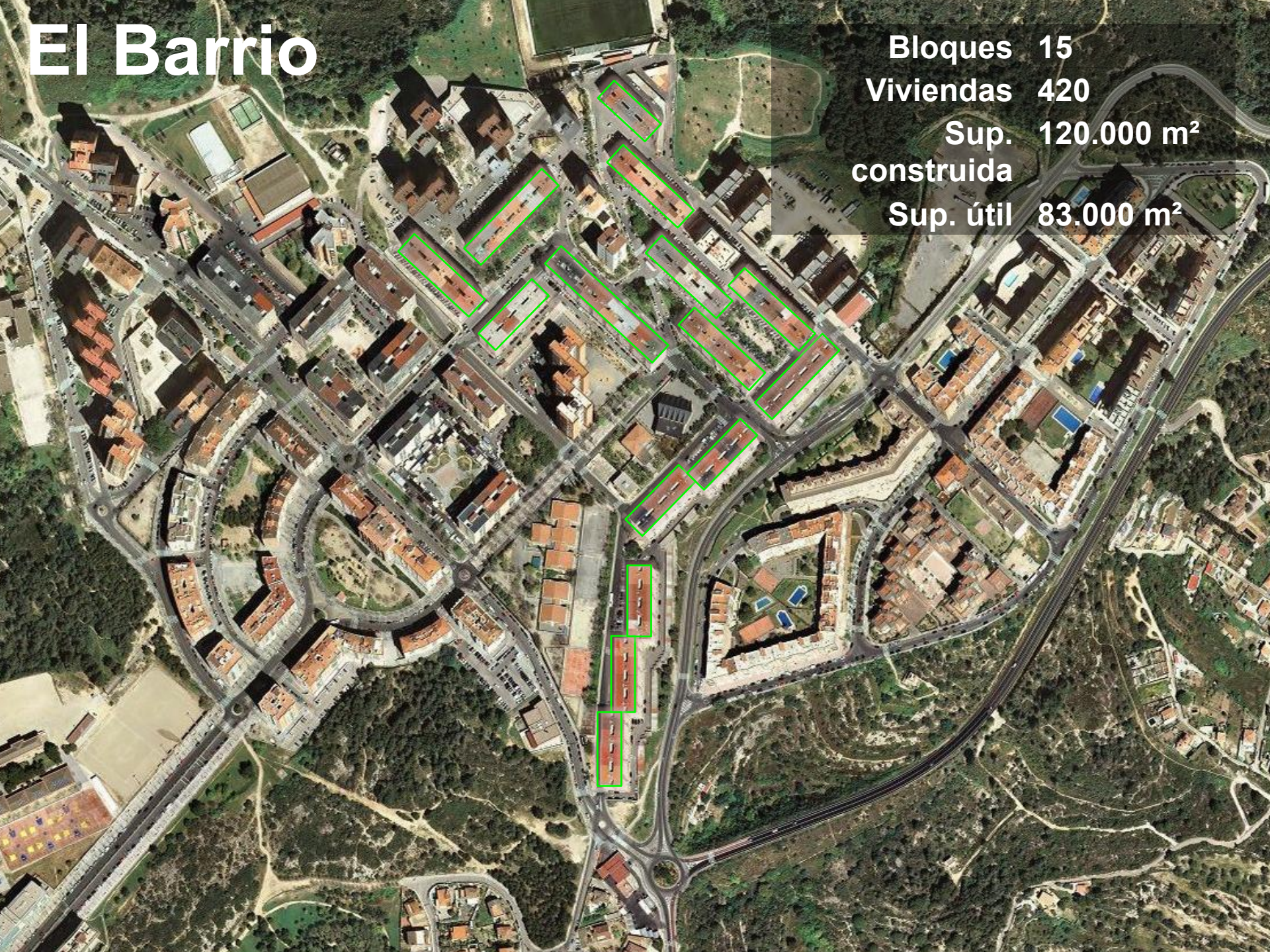
## Líneas básicas de actuación:

- Aplicación de medidas pasivas en los edificios.
- Mejorar la eficiencia energética de los sistemas de climatización:
  - Nuevos equipos y sistemas más eficientes
  - Equipos terminales de baja temperatura
- Integración de las energías renovables dentro de los sistemas convencionales.



# El Barrio

Bloques	15
Viviendas	420
Sup. construida	120.000 m <sup>2</sup>
Sup. útil	83.000 m <sup>2</sup>

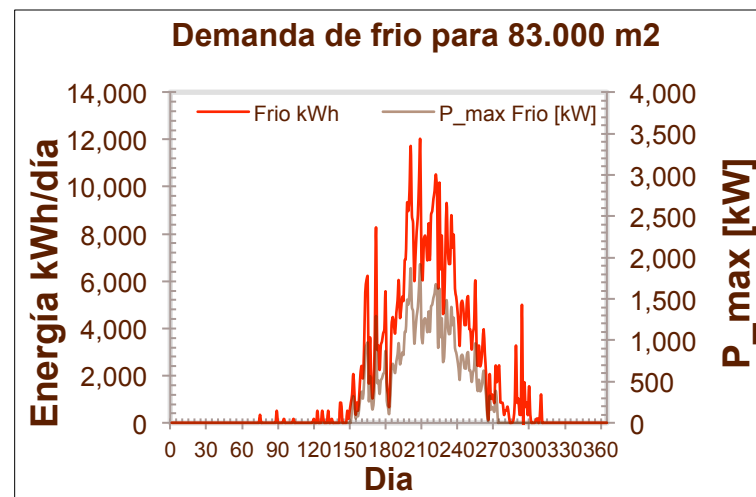
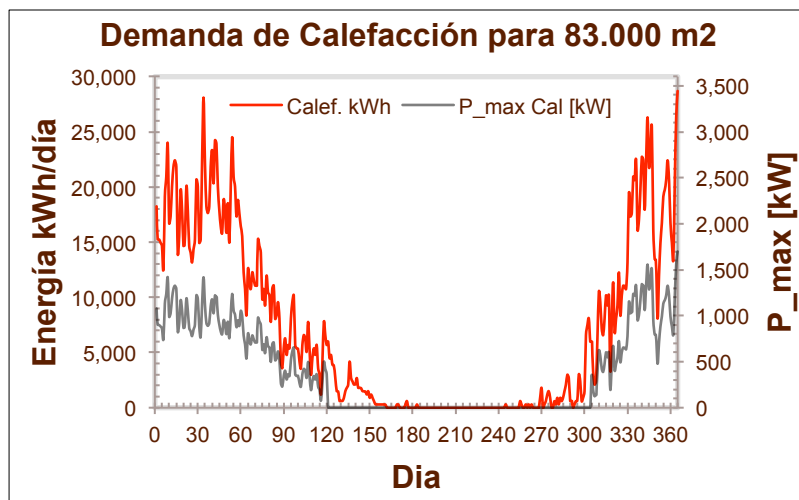




# Consumo De Energía En Los Edificios Del Barrio De Referencia



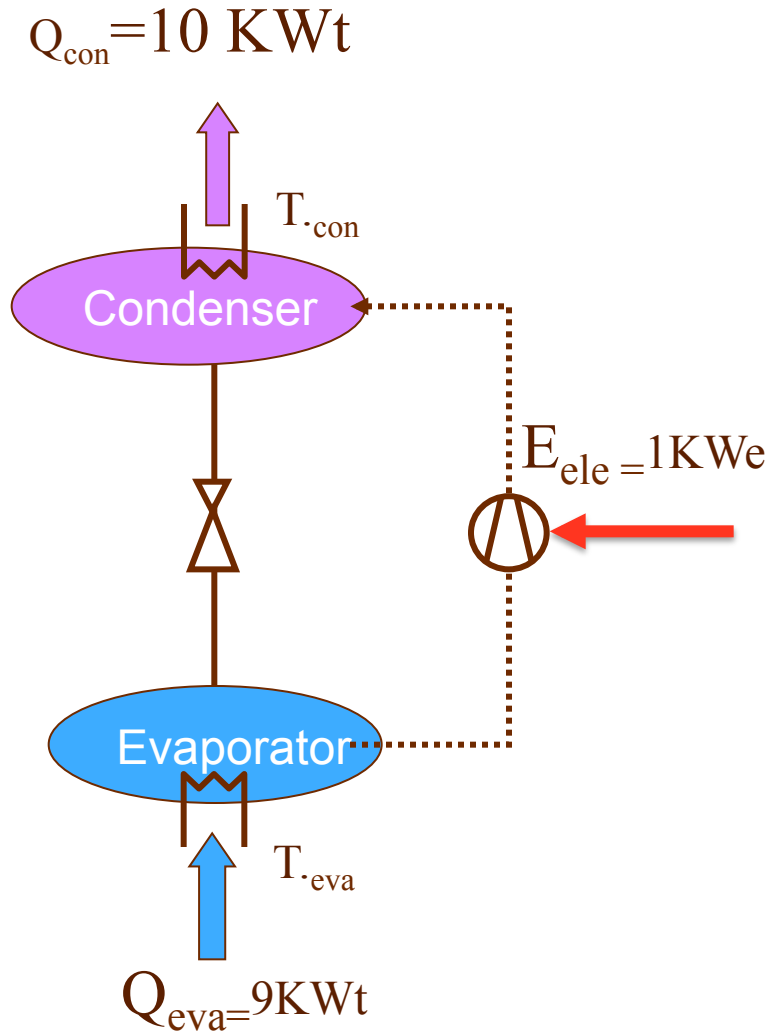
Demanda energética de referencia según diferentes fuentes			
Fuente	Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	Refrigeración(kWh/m <sup>2</sup> ·año)	Total (kWh/m <sup>2</sup> ·año)
Consumos reales	95,47	(28,90)	147,77
IDEA 2011 <sup>1</sup>	62,80	28,90	104,10
ICAEN 2005 <sup>2</sup>	41,18	13,73	73,97
CTE Demanda de referencia Ed.San Joan	26,49	15,54	65,43
CTE Demanda nuevos edificios	15,00	15,00	53,4
<b>Demanda prevista tras rehabilitación</b>	<b>31,4</b>	<b>7,7</b>	<b>48,4</b>
<b>Demanda anual tras rehabilitación (kWh/m2.a)</b>	<b>2606200</b>	<b>639100</b>	<b>3245300</b>



<sup>1</sup>IDAIE: Escala de calificación energética para edificios existentes. IDEA, Madrid, mayo 2011

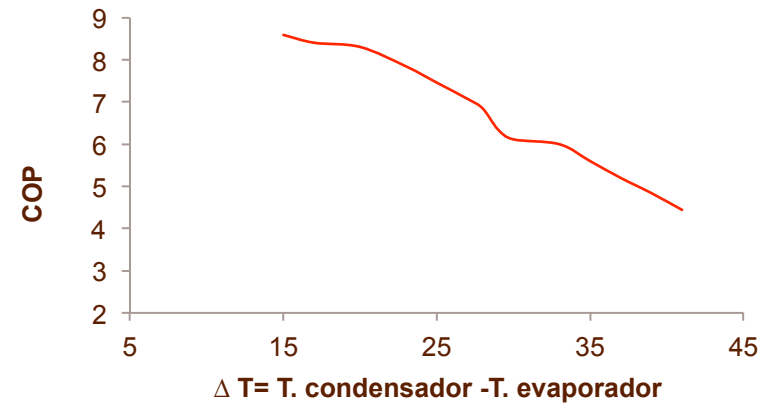
<sup>2</sup>ICAEN: "Estudi del potencial de microgeneració a Catalunya". ICAEN, Badalona, abril 2005

# Utilización Del Agua de Mar Como Sumidero/Foco De Calor



$$COP = \frac{Q_{con}}{E_{ele}} = \frac{10}{1} = 10$$

Evolución del COP en función T.evaporador, manteniendo T.condensador a 35°C

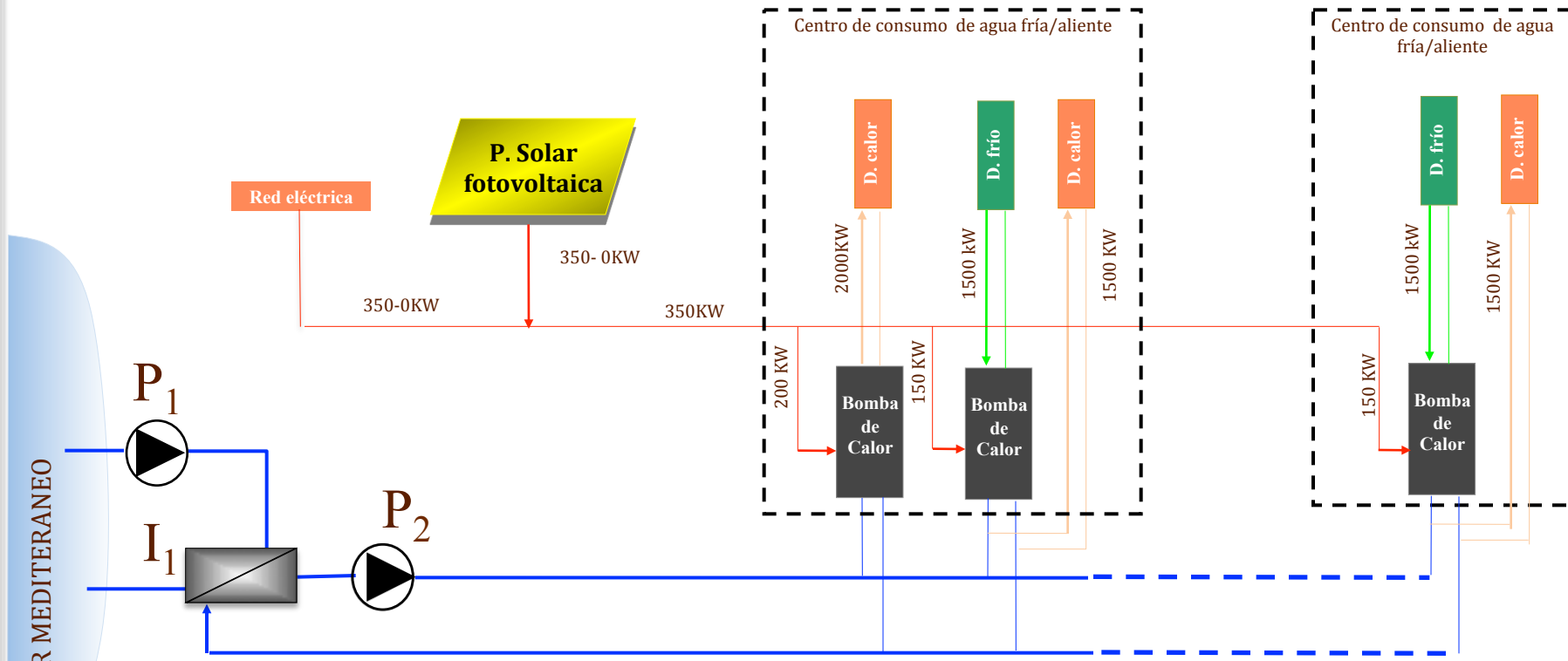


*COP*—Coefficient Of Performance



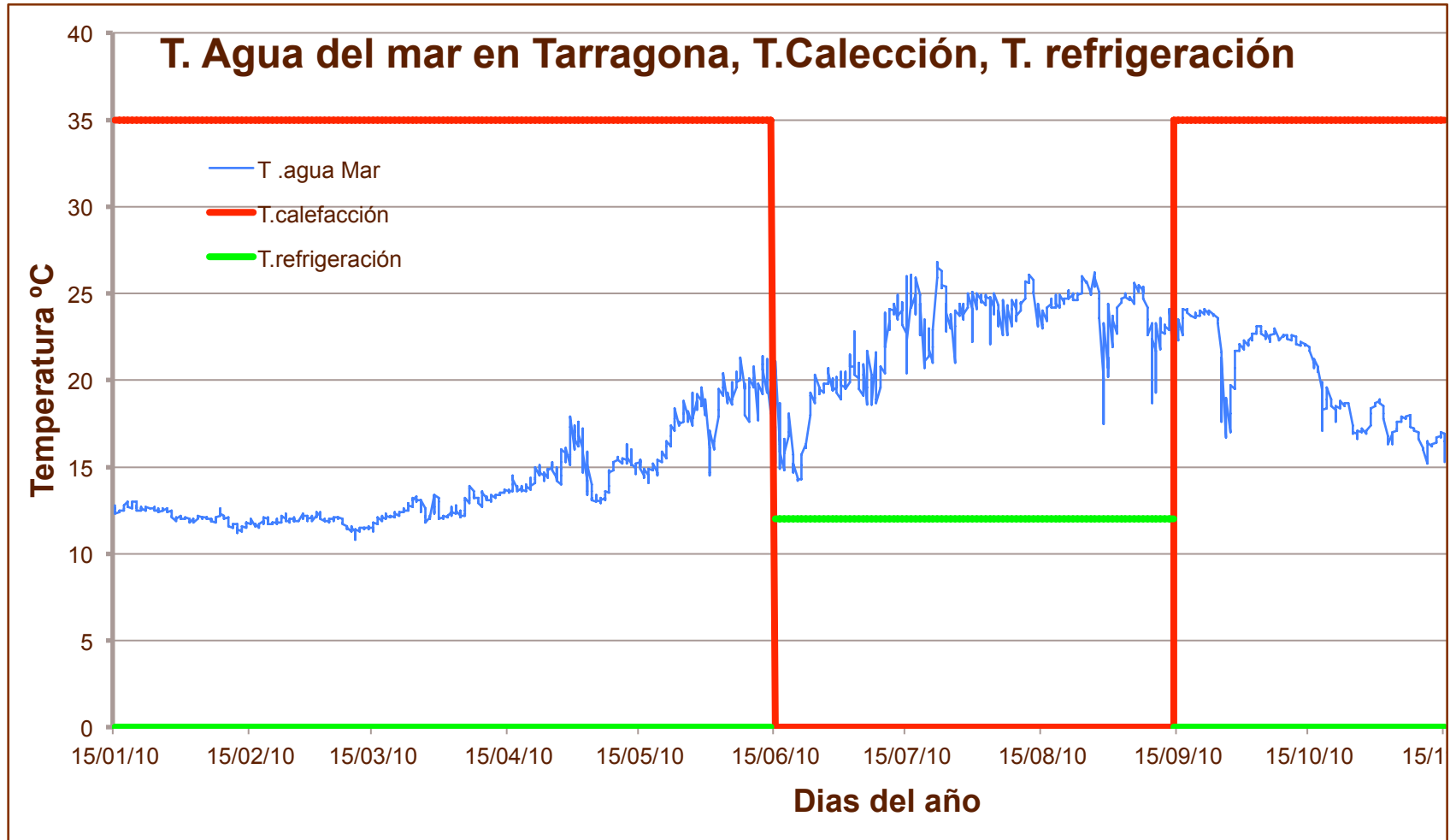
# Utilización Del Agua de Mar Como Sumidero/Foco De Calor

El Sistema pensado para aplicar en ciudades cerca del mar, y trabajar con radiadores de baja temperatura (tipo Jaga) y/o suelos radiantes.



	Temperatura impulsión	
	Calefacción	Refrigeración
Suelo radiante	35	14
Radiadores baja T.	38	12

# Utilización Del Agua de Mar Como Sumidero/Foco De Calor



*Suelo Radiante ..... T. Impulsión 35°C;  $\Delta T$  20°C*  
*Suelo Refrescante ..... T. Impulsión 14°C;  $\Delta T$  10°C*

# Utilización Del Agua de Mar Como Sumidero/Foco De Calor



## Bombas de calor de alta temperatura agua/agua

### POTENCIAS CALORÍFICAS

Tª de salida de agua fría en °C		Tª de salida de agua caliente en °C													
		35		40		45		50		55		60		65	
		Pc kW	Pa kW	Pc kW	Pa kW	Pc kW	Pa kW	Pc kW	Pa kW	Pc kW	Pa kW	Pc kW	Pa kW	Pc kW	Pa kW
Solución al 40% de monopropilén-glicol	-6	11,1	2,5	11,1	2,6	10,9	3,0	10,7	3,5	10,5	4,1				
	-4	12,1	2,5	11,9	2,8	11,7	3,2	11,5	3,7	11,3	4,2	10,8	4,9		
	-2	13,0	2,5	12,8	2,8	12,7	3,2	12,4	3,6	12,2	4,2	11,8	4,9		
	0	14,0	2,5	13,8	2,8	13,6	3,2	13,3	3,6	13,0	4,2	12,6	4,9		
	2	15,0	2,5	14,8	2,8	14,6	3,2	14,3	3,5	14,0	4,0	13,6	4,7	13,4	5,0
50H Agua corriente COP=7.8	5	15,9	2,6	16,2	2,8	15,9	3,2	15,6	3,6	15,3	4,0	14,9	4,6	14,5	5,0
	6	16,5	2,6	16,7	2,9	16,6	3,2	16,2	3,6	15,8	4,0	15,3	4,6	14,8	4,9
	7	17,8	2,6	17,2	2,9	17,0	3,2	16,6	3,6	16,1	4,1	15,7	4,5	15,2	4,9
	8	18,4	2,6	17,8	2,9	17,5	3,3	17,0	3,7	16,6	4,2	16,1	4,5	15,6	5,0
	10	19,4	2,6	18,8	2,9	18,5	3,2	18,0	3,6	17,5	4,1	16,9	4,5	16,4	5,0
	12	20,4	2,6	19,8	2,9	19,4	3,3	18,9	3,6	18,3	4,0	17,8	4,5	17,2	5,0
	15	21,6	2,6	21,0	3,0	20,4	3,3	19,9	3,7	19,4	4,1	18,9	4,5	18,3	5,0
	18	22,7	2,7	22,0	3,0	21,4	3,4	20,8	3,7	20,2	4,1	19,7	4,5	19,1	5,0
	20	23,2	2,7	22,5	3,1	21,9	3,4	21,2	3,7	20,6	4,1	20,0	4,5	19,4	4,7

AGEO CALEO



# Utilización Del Agua de Mar Como Sumidero/Foco De Calor



## Bombas de calor reversibles agua / agua

AGEO

### POTENCIAS FRIGORIFICAS Y CALORIFICAS EN MODO CALOR

Tª salida agua fría en °C		Tª Salida agua caliente en °C																		
		30			35			40			45			50			55			
		Pf kW	Pa kW	Pc kW	Pf kW	Pa kW	Pc kW	Pf kW	Pa kW	Pc kW	Pf kW	Pa kW	Pc kW	Pf kW	Pa kW	Pc kW	Pf kW	Pa kW	Pc kW	
65HT	Solución con 40% de mono-propileno glicol	-6	10,7	3,1	13,7	10,1	3,49	13,4	9,4	3,9	13,1	8,7	4,4	12,9	7,9	4,9	12,5	7,0	5,5	12,2
		-4	11,5	3,2	14,6	10,9	3,52	14,3	10,2	3,9	14,0	9,5	4,4	13,7	8,7	4,9	13,3	7,8	5,5	13,0
		-2	12,4	3,2	15,5	11,7	3,54	15,2	11,0	4,0	14,8	10,3	4,42	14,5	9,5	4,9	14,1	8,6	5,5	13,8
		0	13,4	3,2	16,4	12,7	3,57	16,1	11,9	4,0	15,8	11,1	4,5	15,4	10,3	5,0	15,0	9,4	5,5	14,6
		2	14,4	3,2	17,5	13,6	3,60	17,1	12,8	4,0	16,7	12,0	4,5	16,3	11,1	5,0	15,9	10,2	5,6	15,4
		5	16,7	3,2	19,8	15,6	3,7	19,2	14,8	4,1	18,7	13,8	4,6	18,2	12,8	5,1	17,7	11,8	5,6	17,2
		6	17,1	3,3	20,3	16,2	3,7	19,7	15,3	4,1	19,2	14,3	4,6	18,7	13,3	5,1	18,2	12,2	5,6	17,6
		7	17,6	3,3	20,8	16,7	3,7	20,3	15,8	4,1	19,8	14,8	4,6	19,2	13,8	5,1	18,7	12,7	5,7	18,1
		8	18,2	3,3	21,4	17,3	3,7	20,9	16,3	4,1	20,3	15,3	4,6	19,7	14,3	5,1	19,2	13,2	5,7	18,6
		10	19,5	3,3	22,7	18,5	3,7	22,1	17,5	4,1	21,5	16,4	4,6	20,9	15,3	5,1	20,2	14,1	5,7	19,6
	12	20,8	3,3	24,0	19,7	3,7	23,3	18,6	4,2	22,7	17,5	4,6	22,0	16,3	5,2	21,3	15,1	5,7	20,6	
	15	22,8	3,4	26,1	21,7	3,8	25,4	20,5	4,2	24,6	19,2	4,7	23,8	18,0	5,2	23,0	16,8	5,8	22,3	
	18	25,1	3,4	28,5	23,8	3,8	27,6	22,5	4,2	26,7	21,2	4,7	25,8	19,8	5,2	24,9	18,4	5,8	24,0	
	20	26,5	3,4	29,9	25,2	3,8	28,9	24,0	4,2	28,1	22,4	4,7	27,0	21,0	5,3	26,1	19,5	5,8	25,2	

COP=6.3

COP=6.3

Agua pura

# Utilización Del Agua de Mar Como Sumidero/Foco De Calor

CWW/TTY 4002-1

Enfriadora de agua agua/agua



OFERTA: 1		Versión: 1		CANTIDAD: 1	
DATOS GENERALES DE LA UNIDAD				Verano	Invierno
Capacidad de enfriamiento	kW	781,0			
Capacidad de calefacción	kW				
Potencia absorbida compresor	kW	111,3			
Refrigerante	Tipo	R134a			
Compresor	Tipo	Turbocor			
Compresor / Circuito frigorífico	n°	2 / 1			
Parcialización	%	stepless			
Carga refrigerante	kg	308,0			
ESEER			10,19		

*SEER- Razón de eficiencia energética estacional (Seasonal Energy Efficiency Ratio)*

# Utilización Del Agua de Mar Como Sumidero/Foco De Calor



CWW/TTY 1601-1÷14406-1 - CWW/TTY/DR 1501-1÷6004

COOLING CAPACITY  
VERSION FOR COOLING TOWER

RENDIMENTOS EN ENFRIAMIENTO  
VERSIÓN PARA TORRE DE EVAPORACIÓN

RESE IN RAFFREDDAMENTO  
VERSIONE PER TORRE EVAPORATIVA

PUISSANCE FRIGORIFIQUE  
VERSION POUR TOUR ÉVAPORATIVE

MOD.	To (°C)	CONDENSER LEAVING WATER TEMPERATURE °C / TEMPERATURA ACQUA USCITA CONDENSATORE °C TEMPERATURA DEL AGUA EN SALIDA DEL CONDENSADOR °C / TEMPERATURE SORTIE EAU CONDENSEUR °C											
		30			32			35			38		
		kWf	kWe	kWt	kWf	kWe	kWt	kWf	kWe	kWt	kWf	kWe	kWt
1601-1	5	303	44	347	303	49	352	291	53	344	281	56	337
	6	308	42	350	306	45	351	292	49	341	289	55	344
	<b>7</b>	311	40	351	309	42	351	<b>292</b>	<b>47</b>	<b>339</b>	292	55	347
	8	313	38	351	311	40	351	303	46	349	303	52	355
	9	318	36	354	314	38	352	309	45	354	309	51	360
	10	321	34	355	316	38	354	315	44	359	315	49	364
2001-1	5	398	58	456	398	63	461	384	68	452	372	72	444
	6	404	55	459	402	58	460	385	63	448	381	70	451
	<b>7</b>	407	53	460	405	56	461	<b>385</b>	<b>61</b>	<b>446</b>	385	70	455
	8	410	50	460	407	53	460	398	60	458	398	67	465
	9	415	48	463	411	51	462	405	59	464	405	65	470
	10	419	46	465	414	50	464	413	58	471	413	64	477

COP=9.1

COP=8.1



# Consumos De Energías Fósiles Y Emisiones De CO2

Para determinar el ahorro de consumo de gas y de emisiones de CO2, partimos de los siguientes valores:

- COP estacional de las B. de calor refrigeradas por aire..... 4
- COP estacional de las B. de calor refrigeradas por agua de mar ..... 10
- Rendimiento estacional de las calderas de gas .....80%
- Rendimiento eléctrico de las Centrales C.C. .... 50%
- Emisiones de CO2 por kWh de gas consumido..... 0.215 kgCO2/kWh<sub>GN</sub>
- Emisiones de CO2 por kWh eléctrico producido ..... 0.181kgCO2/kWh<sub>ele</sub>

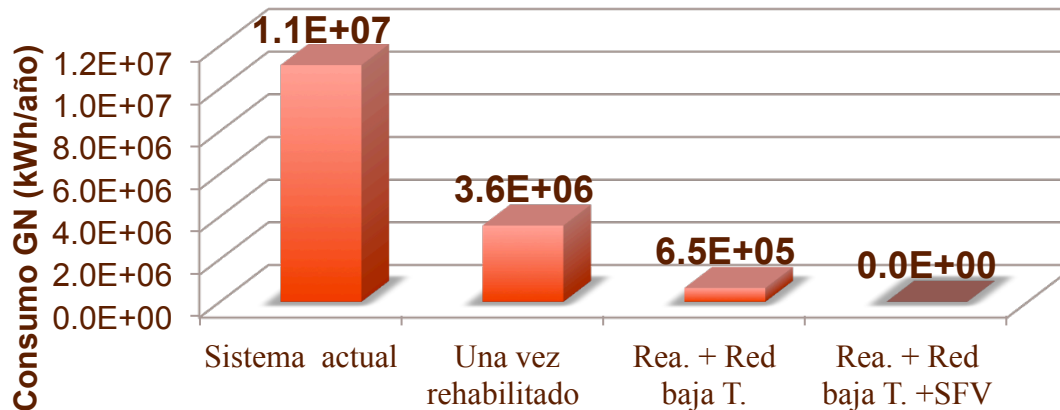
# Determinación Del Consumo De Energía Y Emisiones De CO2

Consumo de gas natural y emisiones de CO2, en función del sistema de producción de agua fría y agua caliente									
Sistema utilizado	E.T para calefacción (kWh/año)	E.T para refrigeración (kWh/año)	Consumo de gas Caldera (kWh/año)	Consumo de E.E de la red (kWh/año)	Consumo de E.E de la PVS (kWh/año)	Consumo gas Central C.C* (kWh/año)	Consumo total de gas (kWh/año)	Emisiones de CO2 (Kg/año)	Gastos energéticos de operación (€/año)
<b>Consumos actuales</b> (Caldera de gas y bombas de calor individuales, refrigeradas por aire )	7918200	2398700	9897750	599675	0	1199350	<b>11,097,100</b>	<b>2,236,557</b>	<b>533,835</b>
<b>Una vez rehabilitado</b> (Caldera de gas y bombas de calor individuales, refrigeradas por aire )	2606200	639100	3257750	159775	0	319550	<b>3,577,300 (32%)</b>	<b>729,336 (32%)</b>	<b>167,058 (31%)</b>
<b>Una vez rehabilitado</b> (Sistema centralizado con bombas de calor refrigeradas por agua de mar)	2606200	639100	0	324530	0	649060	<b>649,060 (5.8%)</b>	<b>58,740 (2.6)</b>	<b>74,642 (14%)</b>
<b>Una vez rehabilitado</b> (Sistema centralizado con bombas de calor refrigeradas por agua de mar) + (Planta Solar Fotovoltaica)	2606200	639100	0	0	324530	0	0	0	0

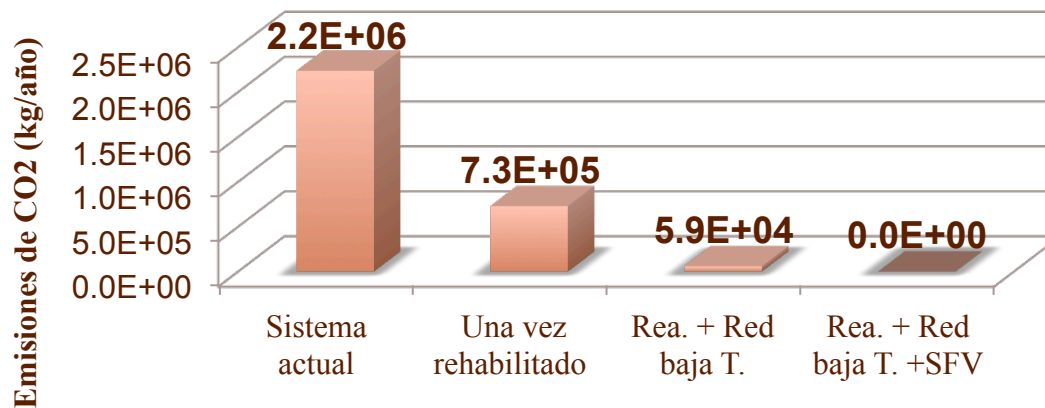
\*Asumimos que la energía eléctrica de la red, es producida con una central de ciclo combinado ( C.C.C)

# Determinación Del Consumo De Energía Y Emisiones De CO2

## Consumo GN. (kWh/año)



## Emisiones de CO2 (kg/año)





# Capacidad Calorífica De Las Redes De Baja Temperatura

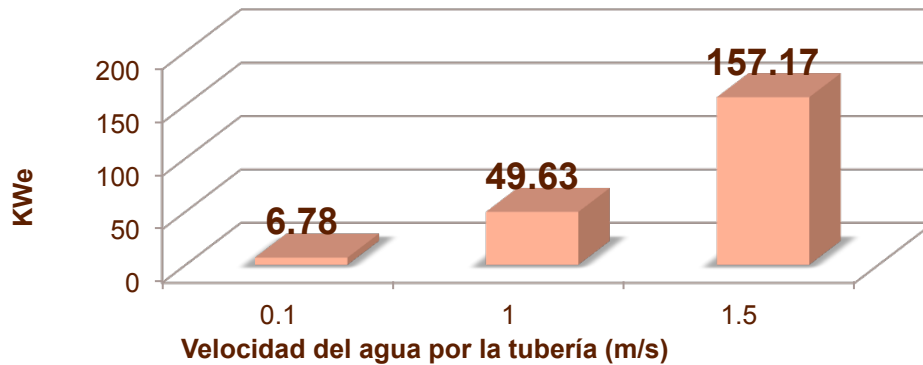
Dado que la distancia es importante (10 km de tubería) utilizamos como conducto de circulación de agua una tubería con baja pérdida de carga [**PVC orientado DN-800; PN-20; DI-750 mm**]

**Potencia calorífica de la red y consumo de E. Eléctrica para circular el agua, en función del caudal de agua**

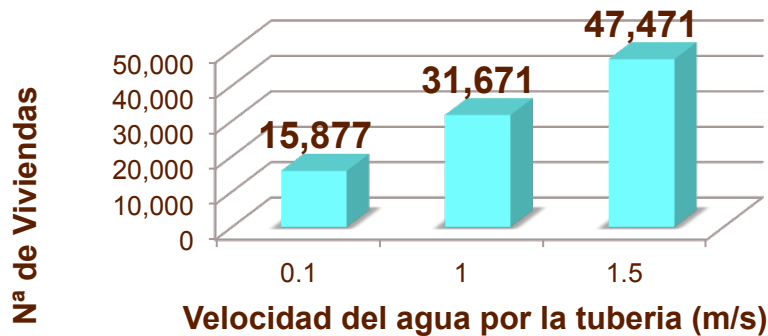
V(m/s) del agua por la tubería	Caudal de agua (m3/s)	Coste zanja (€)	Coste tubería (€)	P. E. Bombas circulación de agua (KW)	Potencia calorífica de la red (kW)	E. Aportada por el agua del mar (kWh/año)	E. Eléctrica consumida (kWh/año)	Nº viviendas que se pueden climatizar (100m2-CTE)	Coste de una planta solar para producir la E.E requerida en la instalación (€)
0.5	0.226	600,000	1,200,000	<b>6.78</b>	6613	<b>57,134,246</b>	5,713,425	<b>15,871</b>	3,174,125
1	0.451			49.61	13196	114,015,686	11,401,569	31,671	6,334,205
1.5	0.676			<b>157.17</b>	19780	<b>170,897,126</b>	17,089,713	<b>47,471</b>	9,494,285

# Capacidad Calorífica De Las Redes De Baja Temperatura

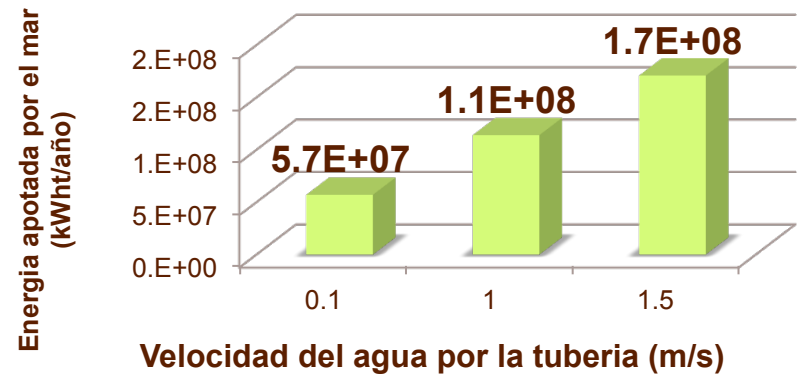
P.Eléctrica Bombas circulación del agua (kWe)



Nº de viviendas que se pueden climatizar (100 m2-CTE)



E. Aportada por el agua de mar (kWh/año)



**Gracias Por Su  
Atención**