PROGRAMA MAC 2007 - 2013
Cooperación Transnacional

Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

APRENMAC

APROVECHAMIENTO DE RECURSOS ENDOGENOS PARA EL DESARROLLO DE SECTORES DE ACTIVIDAD SOSTENIBLE Y DE ALTO VALOR AÑADIDO. BIOTECNOLOGIA, AGUA Y ENERGIA

Potencial de implantación de tecnologías de refrigeración accionadas con energía solar térmica

Pilar Navarro Rivero, privero@itccanarias.org
Jefe de Sección, Departamento de Energías Renovables
Instituto Tecnológico de Canarias, ITC, www.itccanarias.org

Jornada de Divulgación de Resultados del Proyecto APRENMAC
18 de noviembre de 2015 - Las Palmas de Gran Canaria

SOCIOS ESPAÑOLES

itc INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS (JEFE DE FILA)

Gobierno de Canarias

Mancomunidad del Sur Este Gran Canaria

SOCIOS DE CABO VERDE

Ministério Turismo, Investimentos e Desenvolvimento Empresarial

Ministério Ambiente, Habitação e Ordenamento do Território

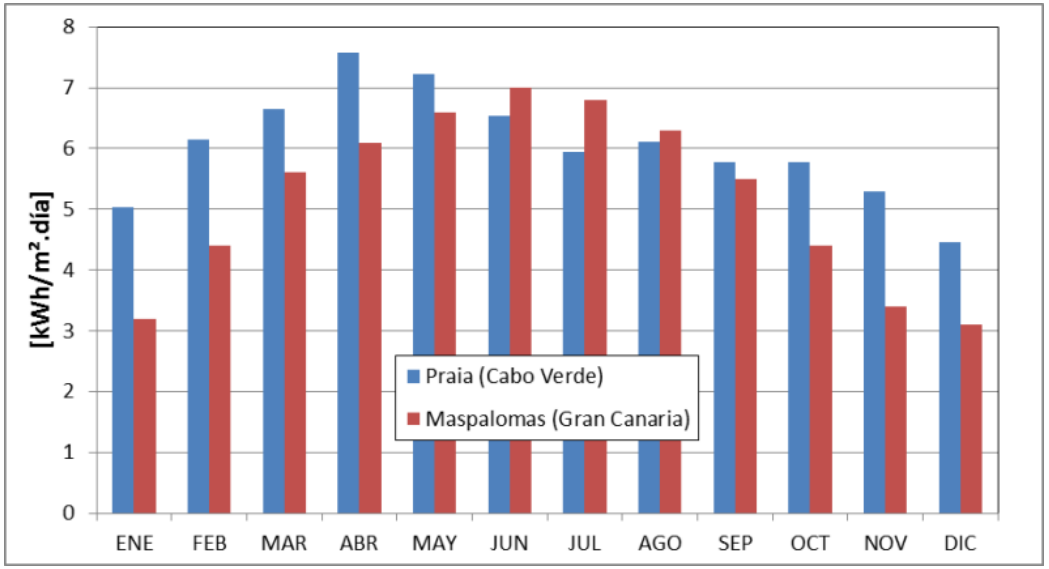
UNIVERSIDADE CABO VERDE uni

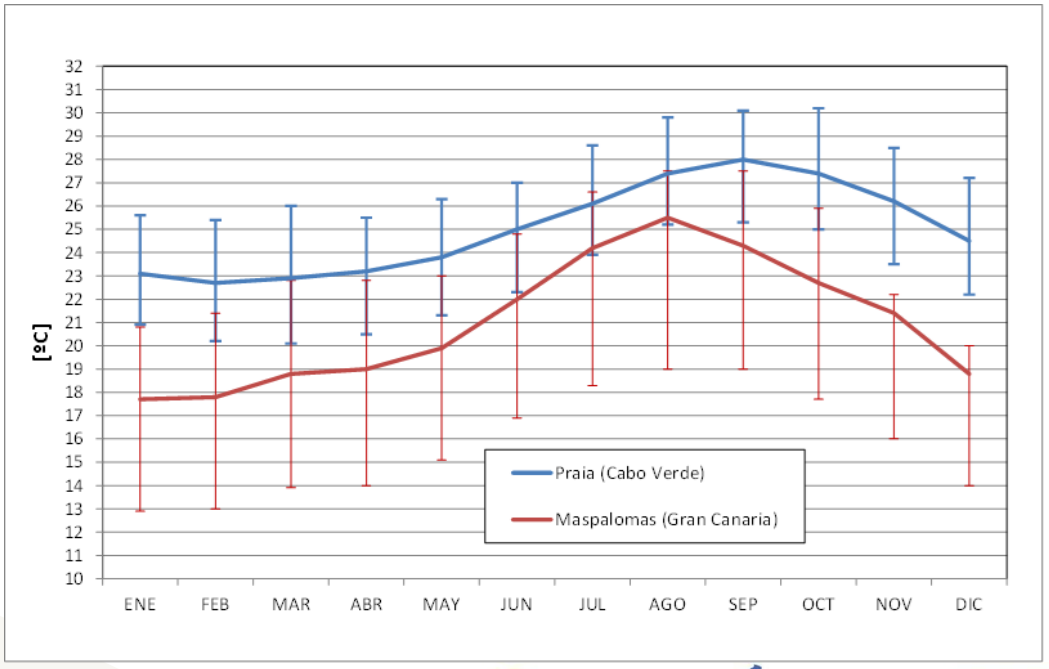
Câmara Municipal da Praia

Climatización Solar

- Demanda de refrigeración proporcional a intensidad de radiación solar, coincidiendo los periodos de máxima demanda con los de máxima radiación solar

- Condiciones climatológicas inmejorables para la integración de tecnologías de producción de frío accionadas con energía solar térmica





APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Climatización Solar

- Aumento gradual de temperaturas derivado del cambio climático global

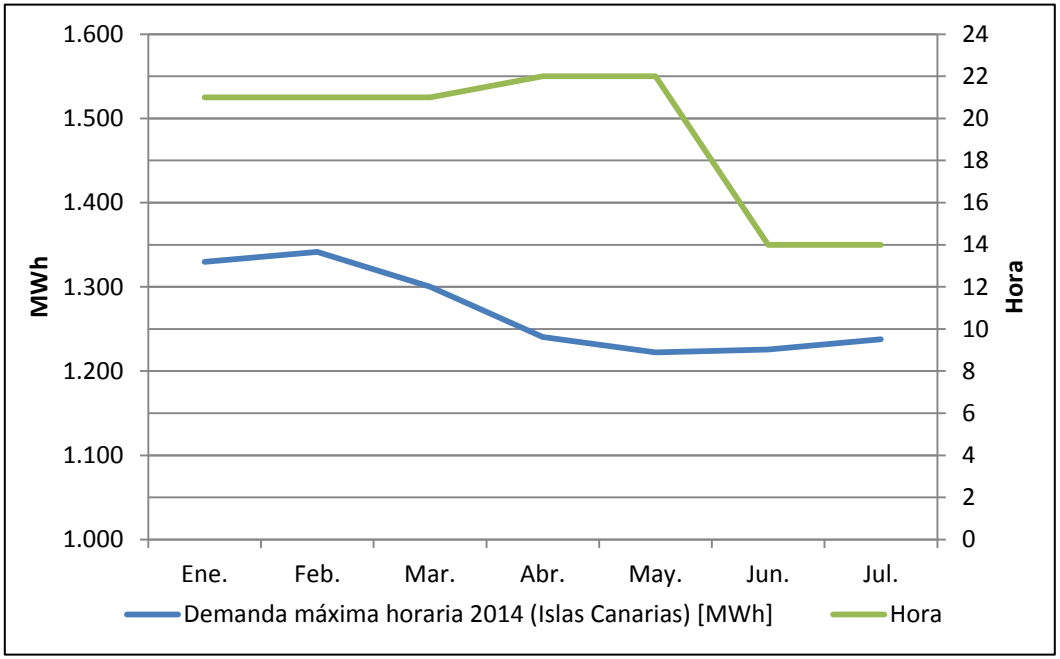
- Demanda energética creciente para alcanzar condiciones de confort térmico en las edificaciones

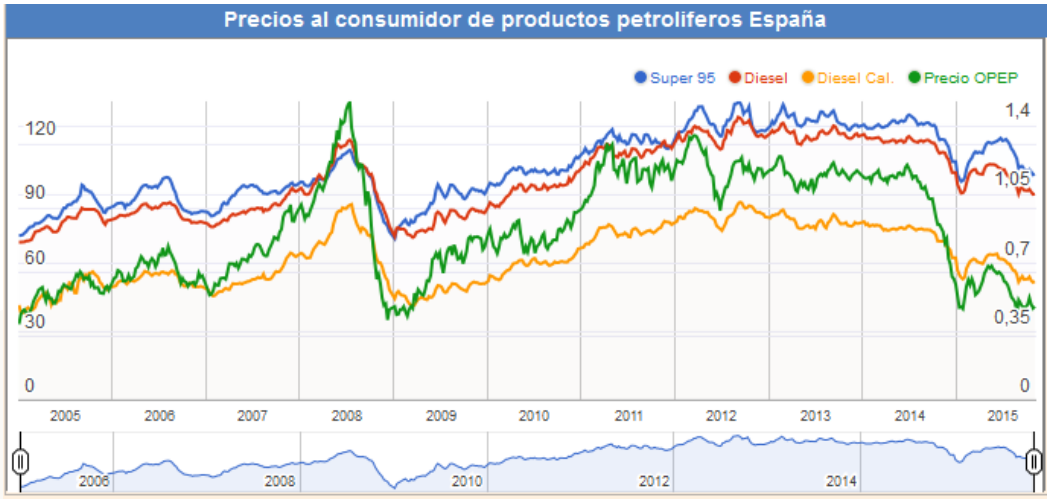
- Tecnología dominante: equipos frigoríficos de compresión mecánica accionados <u>eléctricamente</u>

APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Climatización Solar

- Redes eléctricas aisladas (insulares) con baja penetración de energías renovables
- Elevada dependencia energética exterior



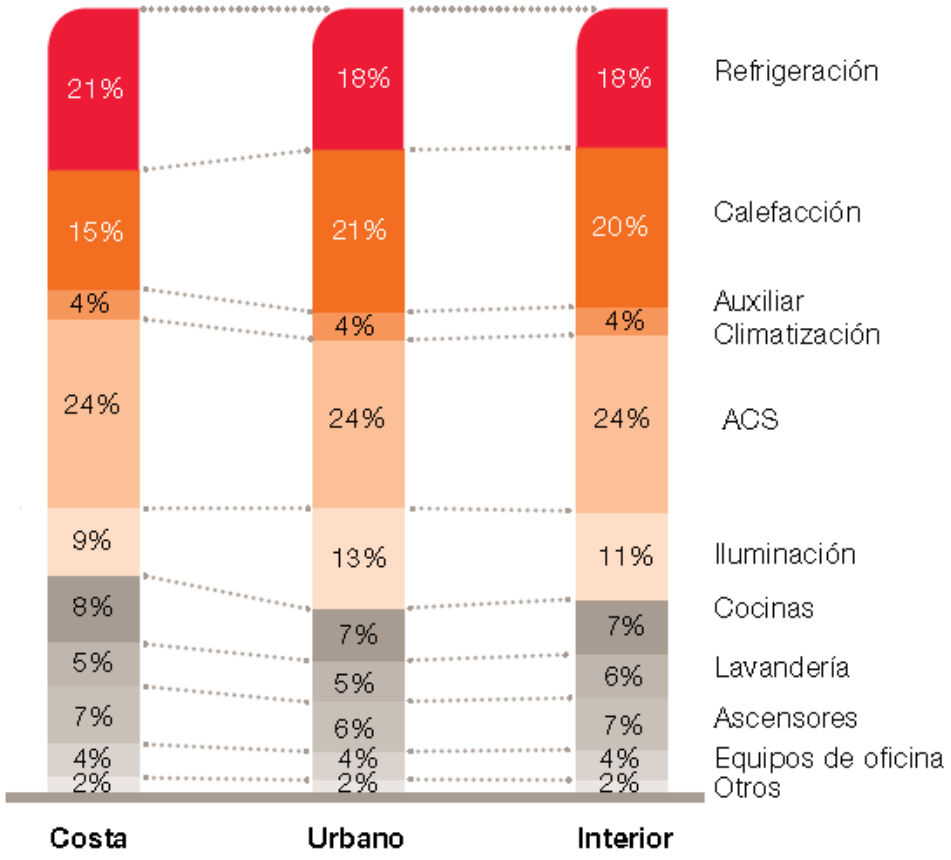


(2014/2015)
Gasóleo C: -24,30%

APRENMAC
MAC 2007 - 2013
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Caso particular: Consumos energéticos en instalaciones hoteleras

Los costes de aprovisionamientos energéticos y de agua suponen de media el 9% de los costes totales de explotación de un establecimiento hotelero



Consumos en hotel medio europeo según localización

*Fuente: IDAE, Hotel Energy Solutions. Extraído de "**Cómo impulsar la eficiencia energética. Sector hotelero español**" . PwC y Plataforma tecnológica española de eficiencia energética, 2013.*

APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Integración de Sistemas de Energía Solar Térmica

- Seguridad en el suministro energético
- Estabilidad de los precios de la energía
- Protección del clima
- Creación de empleo estable y local
- Líderes tecnológicos

APRENMAC
MAC 2007 - 2013
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Energía Solar Térmica. Aplicaciones

- Producción de agua caliente sanitaria
- Climatización de piscinas
- Climatización (refrigeración y calefacción)
- Calor de procesos industriales
- Climatización de invernaderos
- Secado de productos agrícolas

APRENMAC
MAC 2007 - 2013
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Certificación de captadores solares

Solar Keymark
http://www.estif.org/solarkeymarknew/

EN ISO 9806:2013

APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Marco regulatorio

Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre de 2013, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía" del **Código Técnico de la Edificación**, **CTE**, aprobado por Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo y posteriormente corregida por la disposición 11688 publicada en el BOE de 8 de noviembre de 2013. Sección HE4 "Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria"

Producción de ACS*: La contribución solar mínima anual es del 60% para un nivel de demanda de ACS en los edificios entre 50 y 5000 l/d y del 70% para demandas de ACS superiores.*
Climatización piscinas cubiertas*: La contribución solar mínima anual es del 70%.*

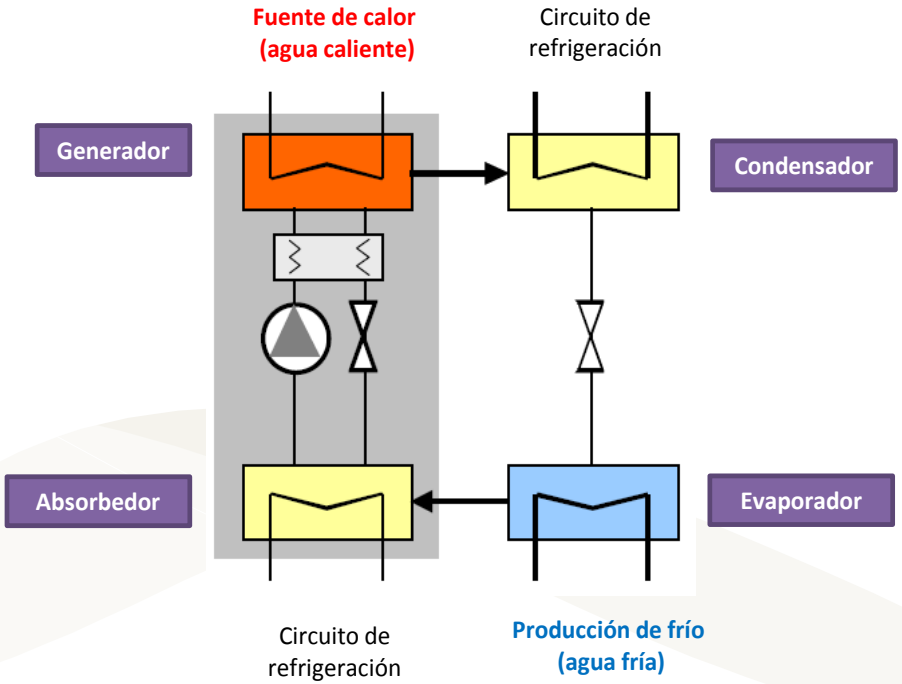
Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios, RITE, (Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio)

IT 1.2.4.6.3. Para el calentamiento de piscinas al aire libre sólo podrán utilizarse fuentes de energía renovable o residual.

Tecnologías de frío accionadas térmicamente: Equipos de absorción (simple efecto)

Pares refrigerante/absorbente:
H_2O/LiBr (más utilizado)
H_2O/LiCl
NH_3/ H_2O.

Temperatura de accionamiento: 85ºC
COP: 0,6-0,8.



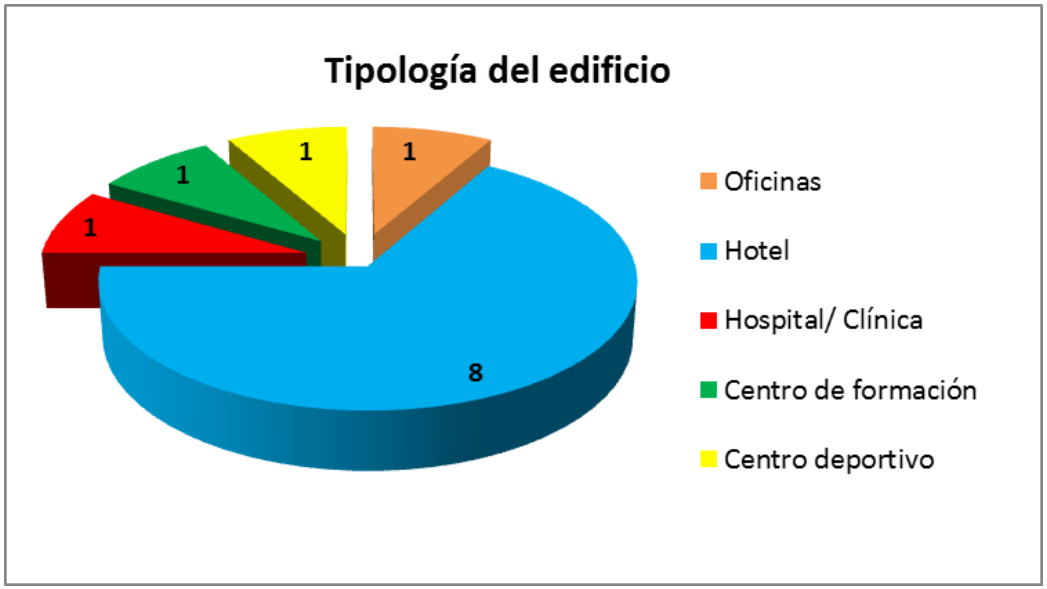
Potencia > 150 kW: Carrier, McQuay, Toshiba, Hitachi, Ebara, Misubishi, Entropie, York, Thermax, Colibri.

Potencia rango 30-150 kW: Yazaki, Thermax, Carrier.

Potencias entre 35-200 kW:
1126 - 419 €/kW

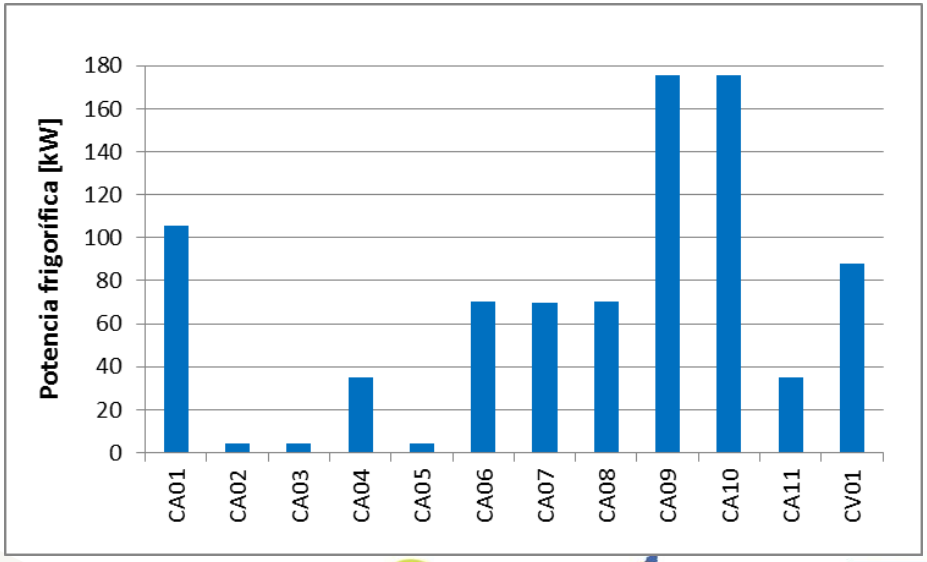
APRENMAC
MAC 2007 - 2013
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Instalaciones de refrigeración solar existentes



La relación entre capacidad frigorífica nominal y superficie refrigerada oscila entre 53 y 141 W/m².

Ratios: 2 a 2,5 m²/kW

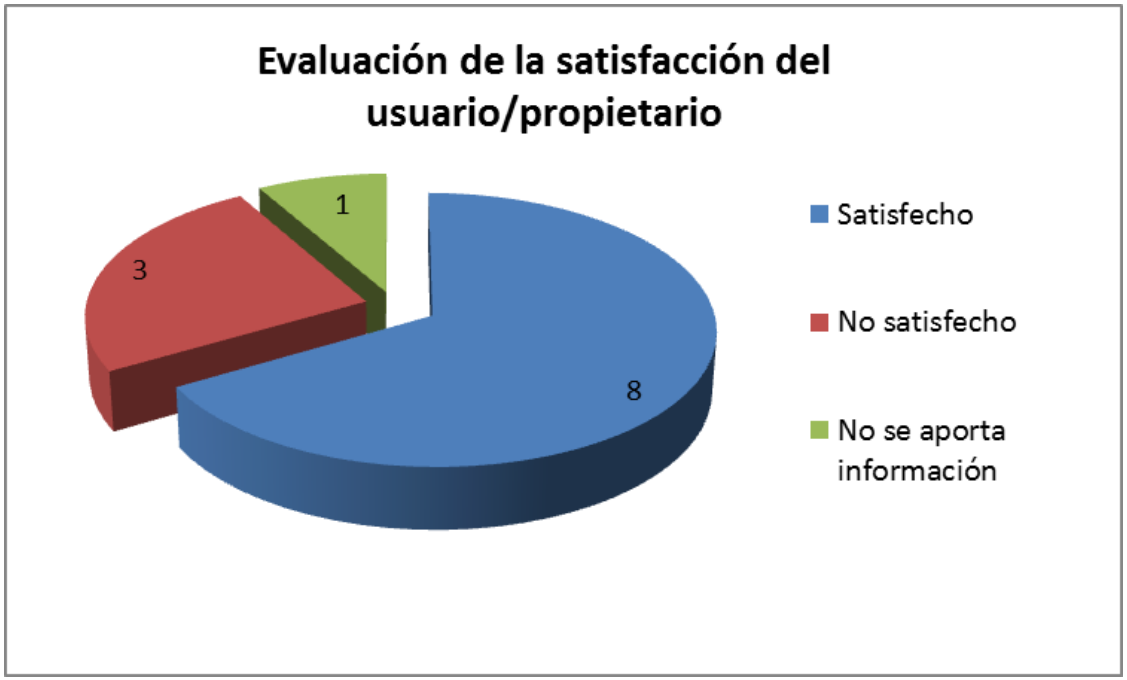


APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Instalaciones de refrigeración solar existentes

Aspectos positivos: Fiabilidad de equipos, reducción de consumos, aspectos positivos en la imagen y la estrategia de marketing de empresa

Aspectos negativos: torre de refrigeración en entornos hoteleros, incapacidad para gestionar la información o falta de información sobre los ahorros generados, se demandan más empresas con personal formado para realizar los mantenimientos



5 sistemas están actualmente operativos, 4 instalaciones que funcionan durante los meses de verano y 1 instalación operativa durante todo el año.

APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Producción de calor para ACS y climatización de piscinas con energía solar térmica en Canarias

Establecimiento hotelero de 4 estrellas y 561 plazas, Maspalomas
Piscina al exterior 300 m²

Demanda energética: 759 MWh_{th}/año
Combustible: Propano
Producción calor:
96.350 €/año
64.075 kg/año
209 tCO_2/año

<u>Sistema de energía solar propuesto</u>
Tecnología: Captadores solares planos
Rendimiento anual: 66,4%
Superficie solar: 585 m²
Aporte solar: 100% (piscina) 72% (ACS)
Energía solar aportada: 659 MWh_{th}/año

APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

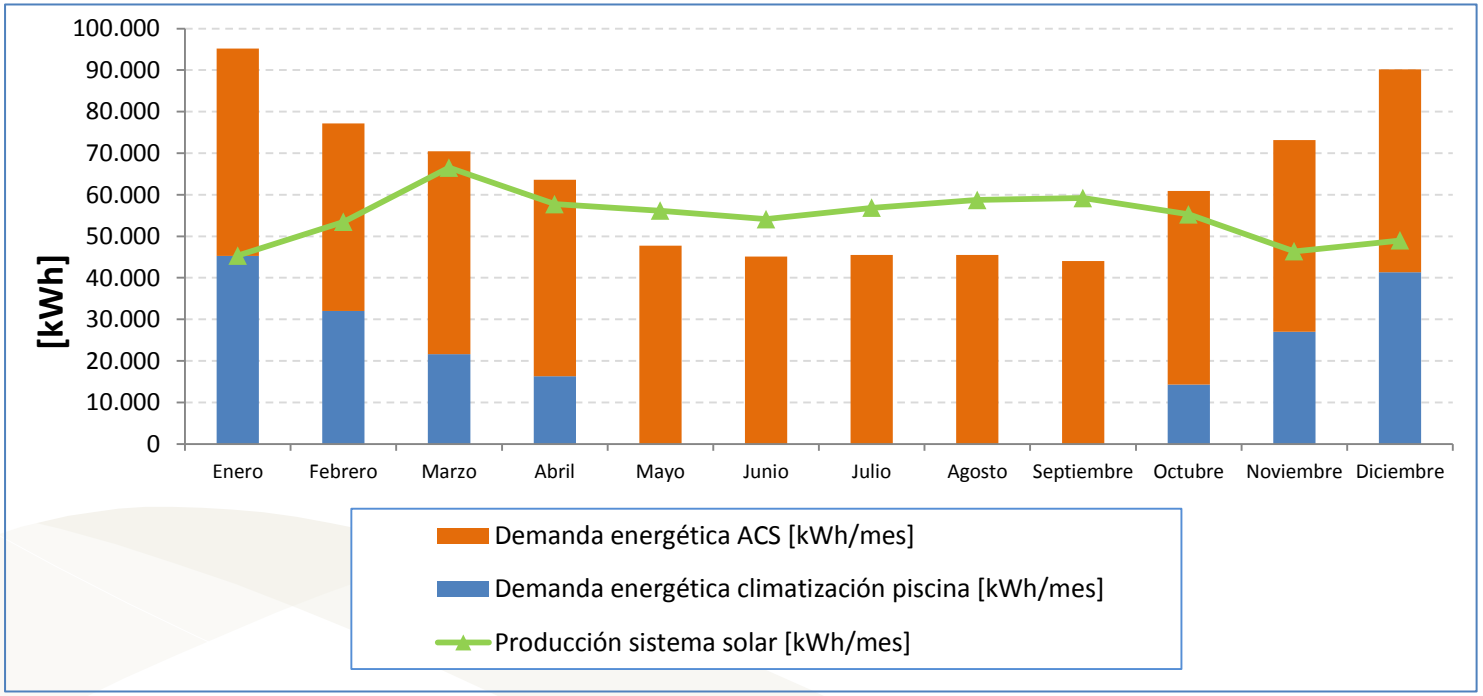
Producción de calor para ACS y climatización de piscinas con energía solar térmica en Canarias

Inversión estimada: 380.380 €

Ahorro en combustible: 83.646 €/año
55.628 kg/año
182 tCO_2/año

Periodo de retorno del capital: < 5 años

Calor solar: 0,043€/kWh_{th}



APRENMAC
MAC 2007 - 2013
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Análisis económico y emisiones. Producción de calor

	Coste [€/kWh$_{th}$]	Emisiones [kgCO$_2$/kWh]
Energía solar térmica	**0,043**	**0,000**
Caldera de biomasa	0,057	0,020
Caldera de alto rendimiento accionada con propano	0,127	0,276
Caldera de alto rendimiento accionada con gasóleo	0,089	0,346
Bomba de calor de condensación por aire (Aerotermia)	0,032	0,253
Bomba de calor de condensación por agua (Geotermia)	0,023	0,180

El coste de producción de calor con energía solar térmica se ha evaluado incluyendo el coste de inversión de los equipos requeridos y los costes de mantenimiento anuales del sistema durante toda su vida útil (aproximadamente 20 años). El coste de producción de calor con otras tecnologías se estima en función del precio actual del combustible y no incluye el coste de inversión e instalación del equipo de producción de calor y las infraestructuras adicionales que pueda precisar.

APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

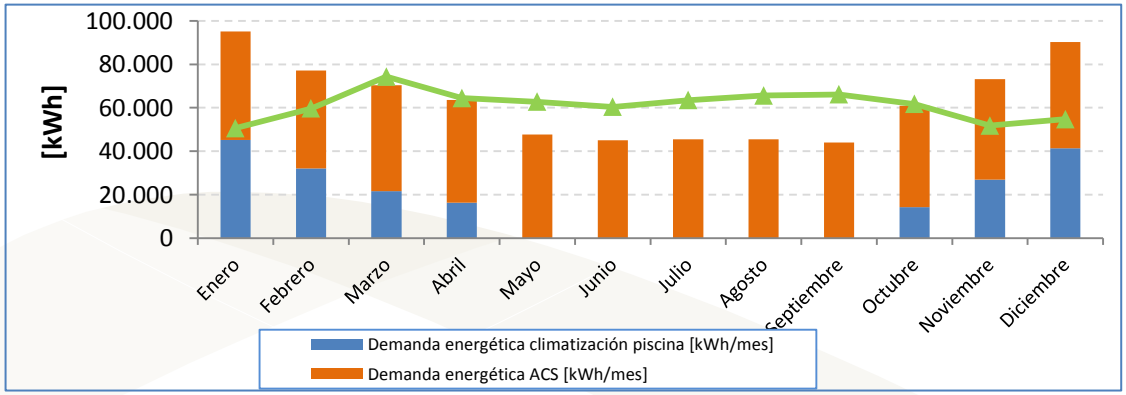
Refrigeración accionada con energía solar térmica en Canarias

No disipar calor ➔ Utilizar excedentes energéticos

100% piscina y 79% producción de ACS

Superficie solar: 654 m²
Producción energía solar: 736 MWh_{th}/año

<u>Climatización solar:</u>
Enfriadora de absorción 70 kW
Producción de frío: 63.292 kWh_{th}/año



Frío solar: 0,060 €/kWh_{th}

APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Análisis económico y emisiones. Refrigeración (Canarias)

	Coste [€/kWh$_{th}$]	Emisiones [kgCO$_2$/kWh]
Enfriadoras de agua de absorción (70 kW) accionada con energía solar térmica (excedentes de climatización de piscinas)	**0,060**	**0,000**
Enfriadoras de agua de compresión mecánica accionadas eléctricamente de condensación por aire	0,033	0,262
Enfriadoras de agua de compresión mecánica accionadas eléctricamente de condensación por agua	0,020	0,159

El coste de producción de calor con energía solar térmica se ha evaluado incluyendo el coste de inversión de los equipos requeridos y los costes de mantenimiento anuales del sistema durante toda su vida útil (aproximadamente 20 años). El coste de producción de calor con otras tecnologías se estima en función del precio actual del combustible y no incluye el coste de inversión e instalación del equipo de producción de calor y las infraestructuras adicionales que pueda precisar.

APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Evaluación de costes de producción de calor con energía solar térmica en Cabo Verde

Establecimiento hotelero de 4 estrellas y 561 plazas, Praia (Cabo Verde)
Demanda energética para producción de ACS: 451 MWh_{th}/año

Costes:
41.653 €/año,39.370 kg/año, 117 tCO_2/año (Butano)
139.565 €/año, 459.990 kWh_e/año, 158 tCO_2/año (Calentadores eléctricos)

<u>Sistema de energía solar propuesto</u>:
Tecnología: Captadores solares planos
Eficiencia captadores: 66,7%
Superficie solar: 258,4 m²
Aporte solar: 71,9% (324 MWh_{th})

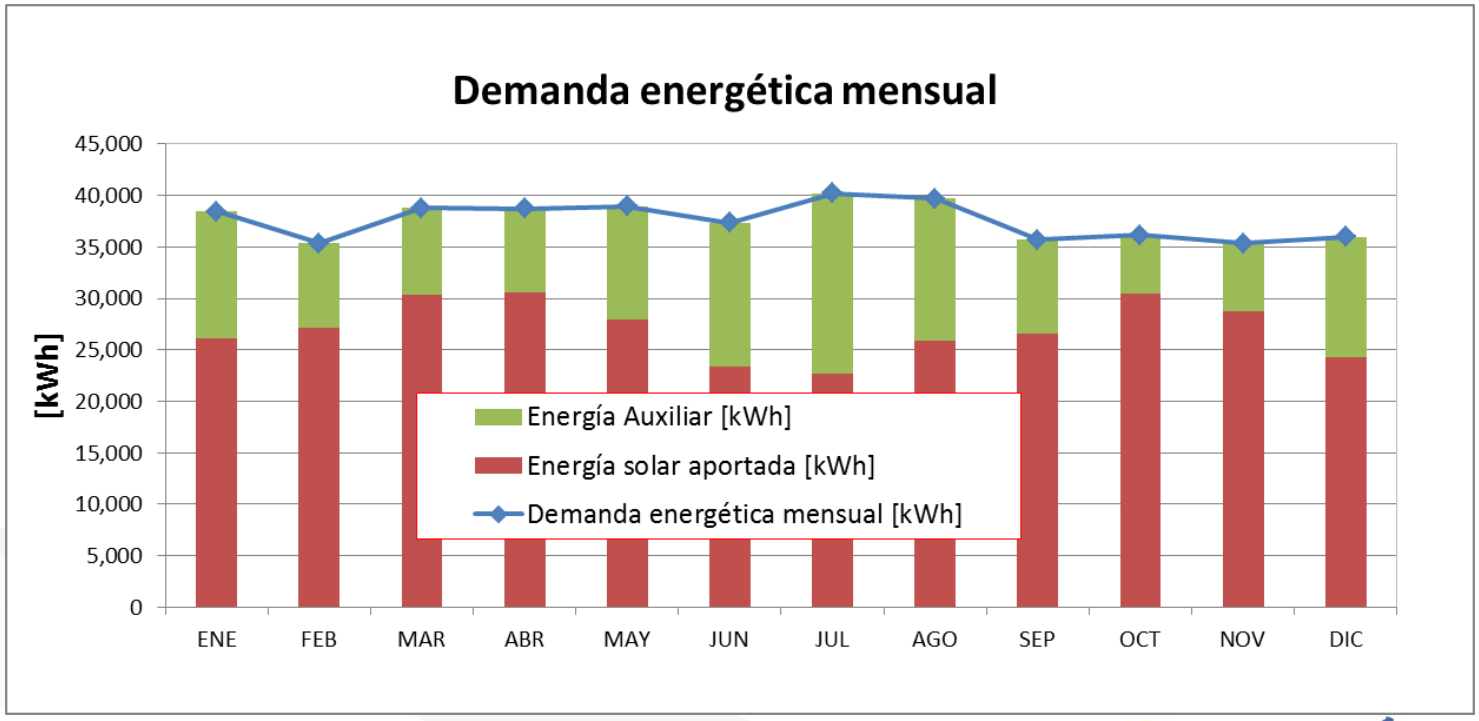
Ahorro obtenido:
29.953 €/año (Butano)
100.362 €/año (electricidad)

APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Evaluación de costes de producción de calor con energía solar térmica en Cabo Verde

Sustitución tecnología convencional:
Inversión estimada: 193.800€
Periodo de retorno del capital: 6 años (Butano), 1 año (Electricidad)

Coste de la producción de calor solar: 0.044 €/kWh_{th}



APRENMAC
MAC 2007 - 2013
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Análisis económico y emisiones
Producción de calor (Cabo Verde)

	Coste [ECV/kWh$_{th}$] [€/kWh$_{th}$]	Emisiones [tCO$_2$/tep]
Energía solar térmica	**0,044**	**0,00**
Caldera de alto rendimiento alimentada con butano	0,092	3,02
Calentadores eléctricos individuales (Joule)	0,310	4,08

El coste de producción de ACS con energía solar térmica se ha evaluado incluyendo el coste de inversión de los equipos requeridos y los costes de mantenimiento anuales del sistema durante toda su vida útil (aproximadamente 20 años).

El coste de producción de ACS con otras tecnologías se ha estimado en función del precio actual del combustible y no incluye el coste de inversión e instalación del equipo de producción de calor y las infraestructuras adicionales que pueda precisar.

APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Evaluación de costes de producción de frío con energía solar térmica en Cabo Verde

Edificio público, 1720 m² de superficie a refrigerar, Praia (Cabo Verde)
Demanda energética anual: 320 MWh_{th} (frío)
Sin demanda de ACS o insignificante

Coste generación de frío: 32.338 €/año, 106.726 kWh_e, 35 tCO_2/año

<u>Sistema de energía solar propuesto</u>:
Captadores solares planos
de alto rendimiento y enfriadora de
Agua de absorción (88 kW)

Superficie solar: 190 m²
Eficiencia captadores: 42,9%
Aporte solar: 50%

APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Evaluación de costes de producción de frío con energía solar térmica en Cabo Verde

Ahorro solar:
12.848 €/año
42.402 kWh_e
14 tCO_2/año

<u>Sustitución tecnología convencional</u>:

- Inversión estimada: 187.563€
- Periodo de retorno del capital:10-12 años

Producción de frío solar: 0,092 €/kWh_{th} (frío)

Instalación combinada de ACS y producción de frío:
0,059 €/kWh_{th} (frío)

APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Análisis económico y emisiones Refrigeración (Cabo Verde)

	Coste [ECV/kWh$_{th}$] [€/kWh$_{th}$]	Emisiones [tCO$_2$/tep]
Enfriadoras de agua de absorción (100 kW-200 kW) accionadas con energía solar térmica (SOLO FRÍO)	**0,092 – 0,076**	**0,00**
Enfriadoras de agua de absorción (100 kW) accionada con energía solar térmica (producción combinada de CALOR y FRÍO)	**0,059**	**0,00**
Enfriadoras de agua de compresión mecánica accionadas eléctricamente de condensación por aire	0,101	1,28
Enfriadoras de agua de compresión mecánica accionadas eléctricamente de condensación por agua	0,062	0,78

APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

¡Gracias por su atención!

Pilar Navarro-Rivero
privero@itccanarias.org

Instituto Tecnológico de Canarias, ITC
Playa de Pozo Izquierdo, s/n, E-35119,
Santa Lucía, Gran Canaria, Spain
www.itccanarias.org

Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro