

# iENER'18

## I Congreso Ingeniería Energética



**Refrigeración solar fotovoltaica con suelo radiante: resultados experimentales y reducción de emisiones.**

**Marcelo Izquierdo Millán**

Logo de la  
empresa/entida



[www.aeespain.org](http://www.aeespain.org)



Fundación de la Energía  
de la Comunidad de Madrid

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

## Índice

- 1 INTRODUCCIÓN: EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN; **TECNOLOGÍAS**
- 2 **EL SISTEMA.**
- 3 RESULTADOS EXPERIMENTALES DE DOS DÍA DEL VERANO DE 2012.
- 4 RESULTADOS EXPERIMENTALES DEL VERANO DE 2013.
- 5 **REDUCCIÓN DE LA EMISIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO.**
- 6 CONCLUSIONES.
- 7 **AGRADECIMIENTOS.**



# **EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN**

**Ahorro de energía y reducción de emisiones en los edificios**

## **LINEA DE INVESTIGACIÓN**

**Tecnologías de climatización con energía solar .**

### **1. Conversión térmica de la energía solar.**

**Tecnologías de refrigeración de bajo impacto ambiental: prototipos de máquinas de absorción de LiBr de baja potencia (3-15 kW) enfriadas por aire.**

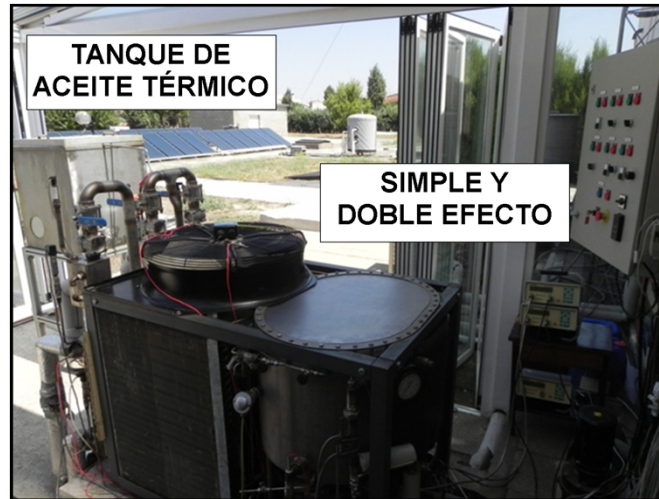
### **2. Conversión fotovoltaica**

**Generación de frío y calor con máquina frigorífica de compresión mecánica de vapor.**

# TECNOLOGÍAS SOLARES



# TECNOLOGÍAS FRIGORÍFICAS DE ABSORCIÓN



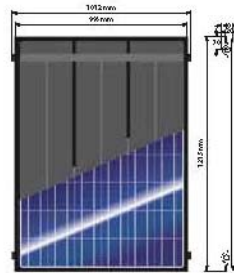
## EL SISTEMA I





## EL SISTEMA II

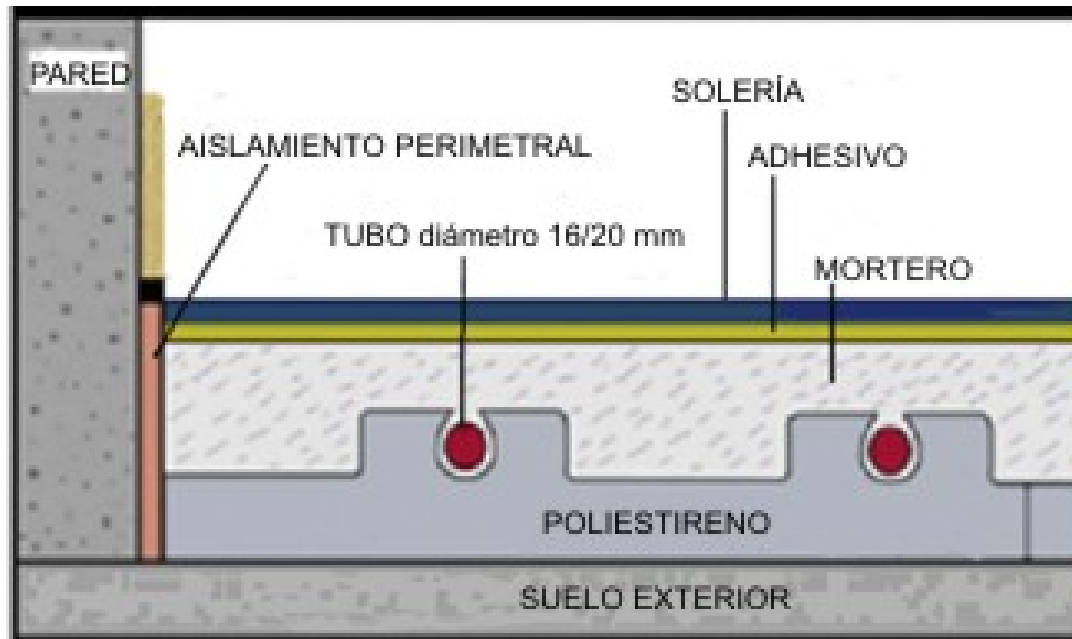
# Características del módulo fotovoltaico



Module Properties	
Maximum system voltage	1000V
Output tolerance	-0/+3%
Cell size	156 x 156 mm
Number of cells and type	48, polycrystalline, 8 x 6
NOCT (nominal operating cell temperature)	48 °C ± 2 °C
Temperature coefficient $I_{sc}$	+ 0.04 % / °C
Temperature coefficient $I_{oc}$	- 0.35 % / °C
Temperature coefficient $P_{mpt}$	- 0.5 % / °C
External dimensions L x W x H	1315 x 1012 (996) x 20 mm
Weight	37 kg
Glass thickness	3.2 mm
Permissible module load	5400 Pa
Connection system	MC4
Product warranty	2 years
Performance warranty, electrical	90/80% - 10/25 years
Protection class	II
TÜV / Keymark / ANSI / UL	IEC 61215 / IEC 61730 / 1703

Thermal Properties	
Receptive surface	1.1 m <sup>2</sup>
Connections	DN18
Liquid capacity	5 l
Operating pressure	max 1.5 bar
Test pressure	max 3.0 bar
Flow rate	30 - 100 l/h and module
Delta T	approx. 5K bei STB
Operating temperature	approx. 10 °C bis 60 °C
Idle temperature	approx. 35 °C above natural outdoor temperature
Thermal efficiency $\eta_{TD}$	approx. 55%
Collector energy output	approx. 550 Wh/m <sup>2</sup>

			PVT170P	PVT175P	PVT180P	PVT185P
Peak power	$P_{max} (STC)$	$W_p$	170	175	180	185
MPP voltage	$U_{MPP}$	V	23.3	23.6	23.8	24.0
MPP current	$I_{MPP}$	A	7.30	7.42	7.58	7.71
Short circuit current	$I_{sc}$	A	8.05	8.21	8.32	8.48
Open circuit voltage	$U_{oc}$	V	27.80	28.02	28.56	28.8
Cell efficiency	%		14.65	15.00	15.41	15.83
Module efficiency	%		12.87	13.35	13.73	14.11







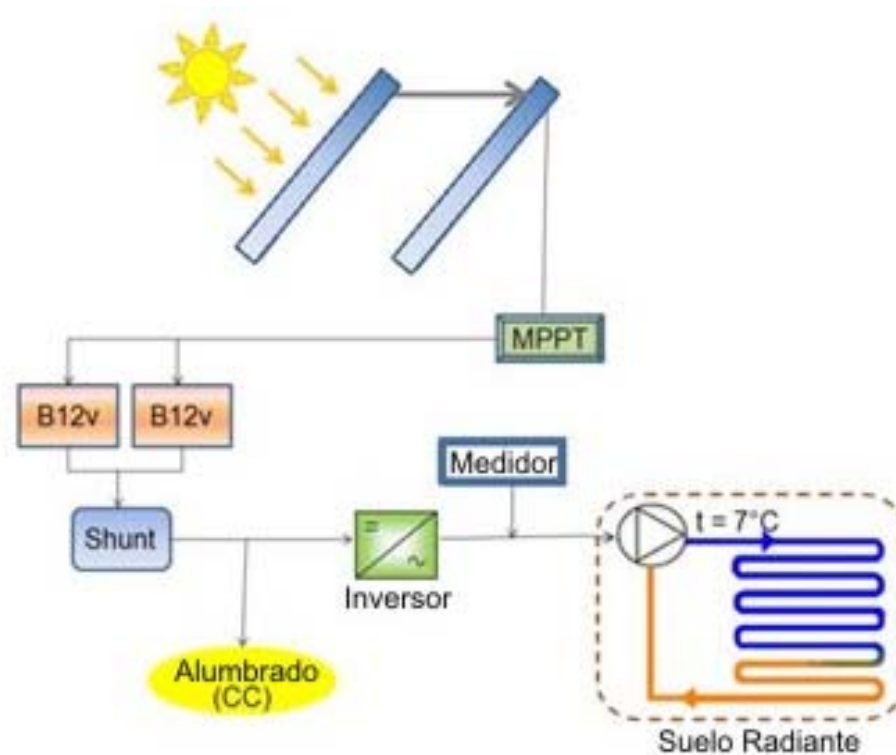
EL SISTEMA IV

Máquina frigorífica (enfriadora de agua)



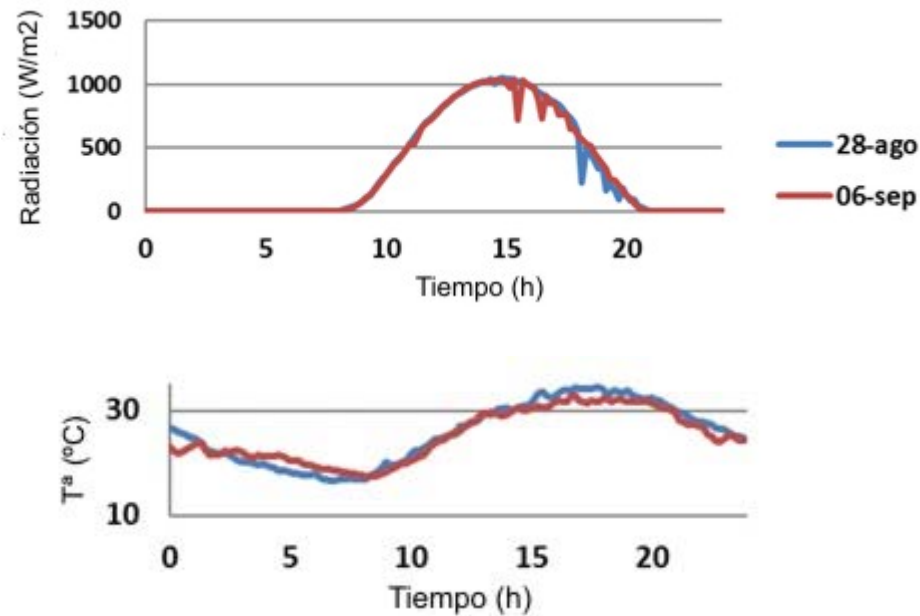
## EL SISTEMA V

Diagrama simplificado del sistema de refrigeración



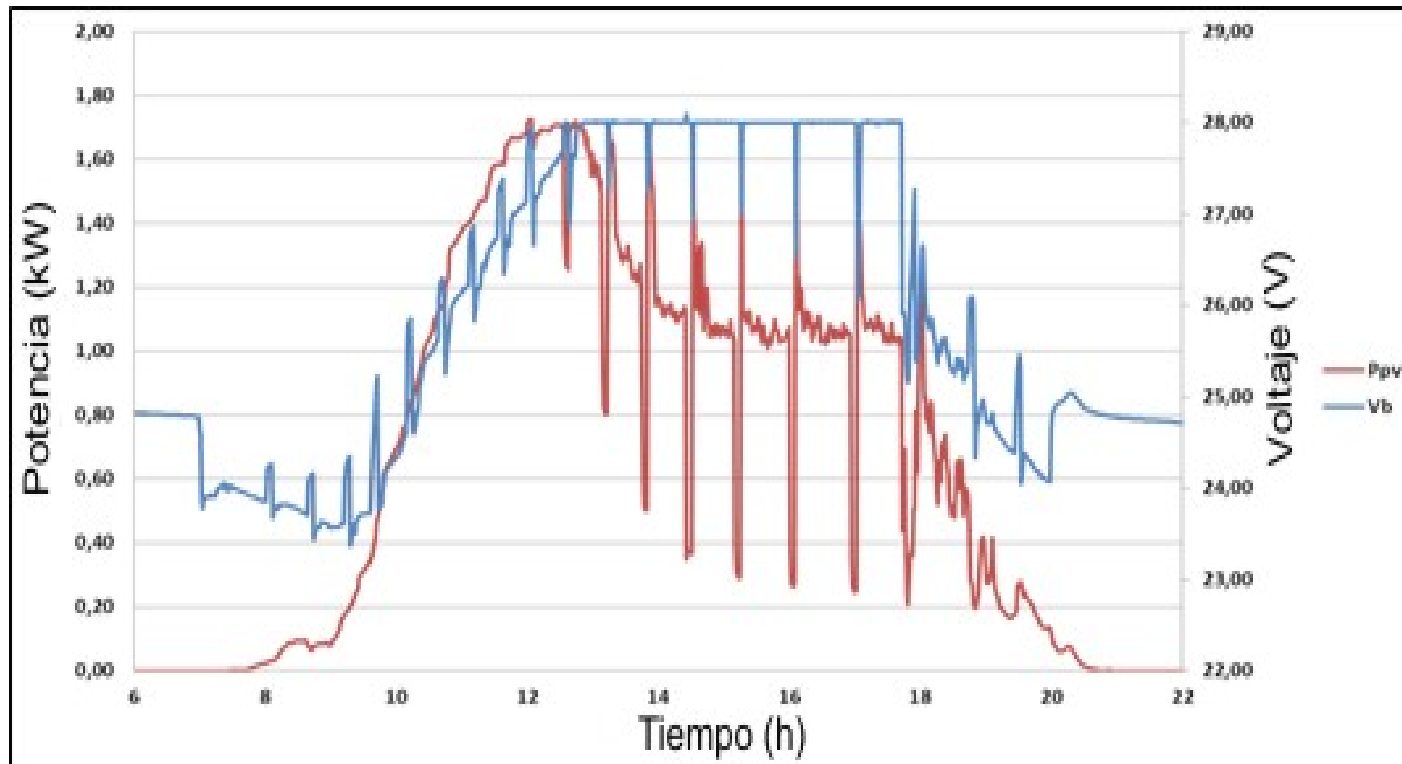
# RESULTADOS EXPERIMENTALES DE DOS DÍAS DE 2012, I

## Variables meteorológicas 28/8 y 6/9



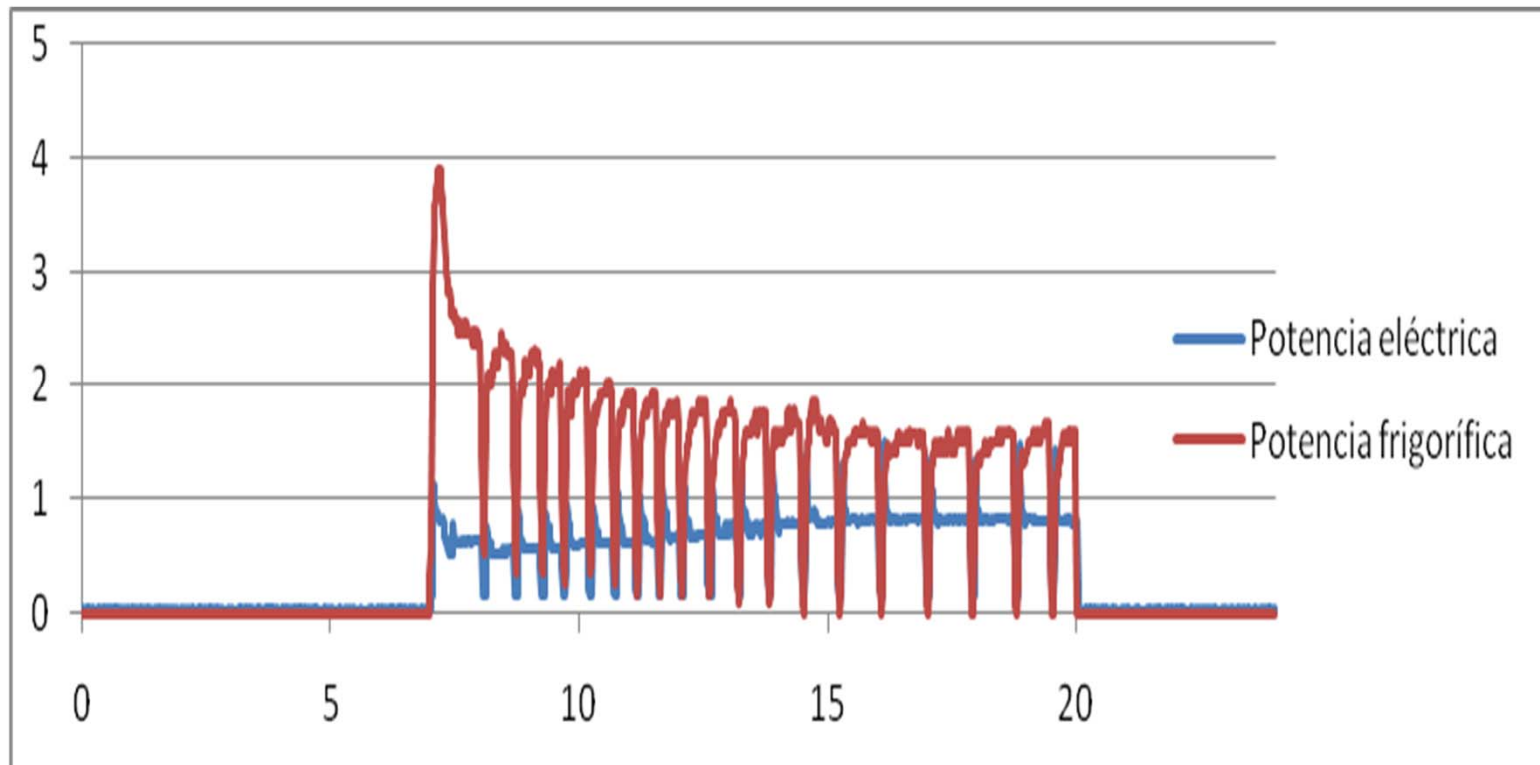
## RESULTADOS EXPERIMENTALES DE DOS DÍAS II

### Electricidad generada y diferencia de potencial



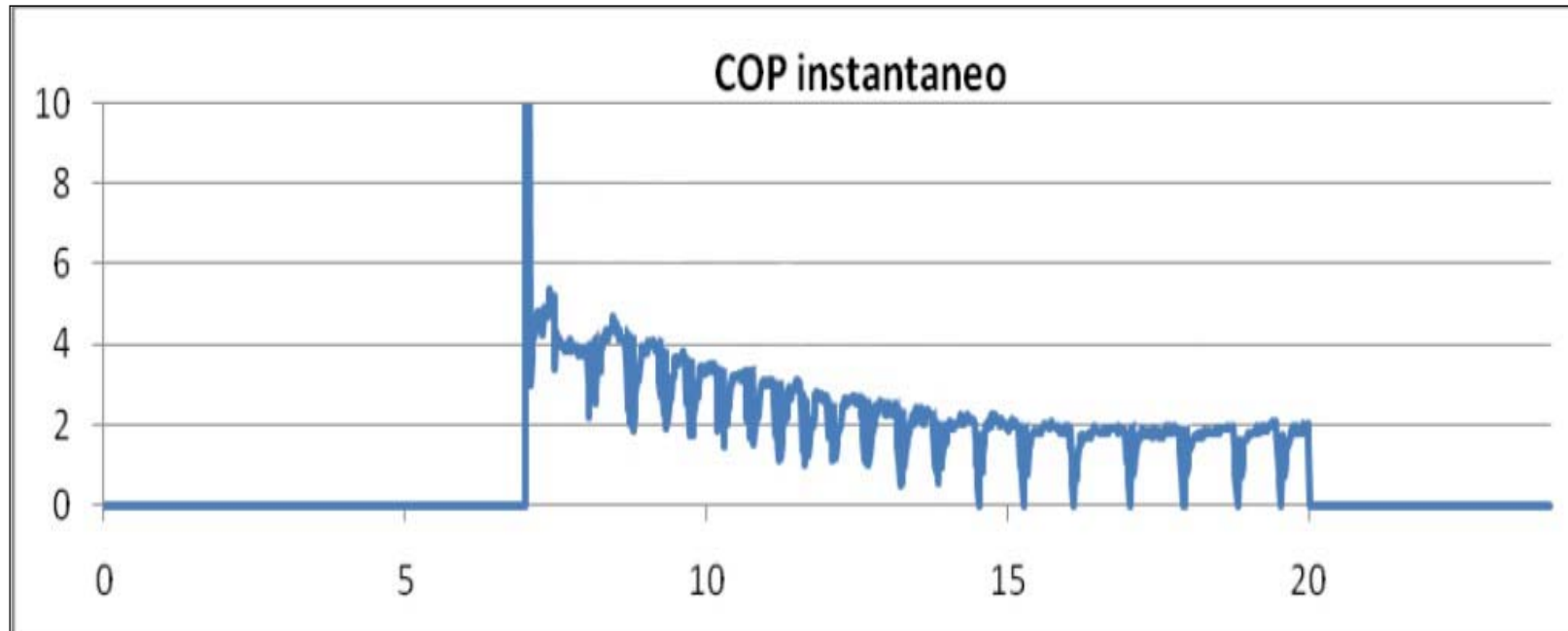
## RESULTADOS EXPERIMENTALES DE DOS DÍAS III

Potencia absorbida (kW) y potencia frigorífica (kW)



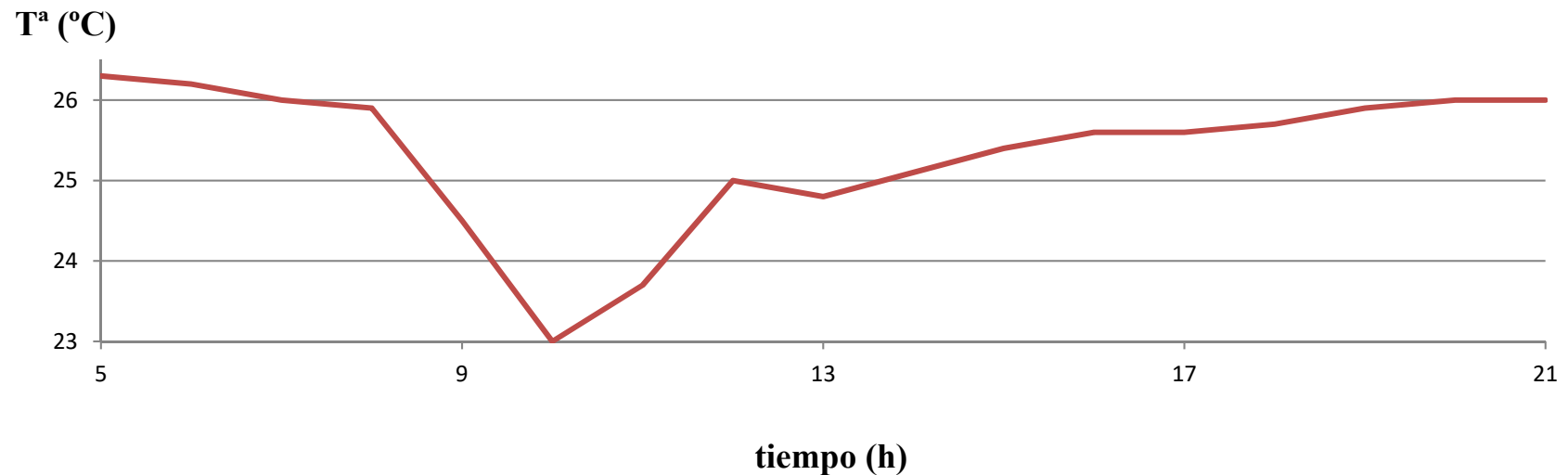
## RESULTADOS EXPERIMENTALES DE DOS DÍAS IV

Coeficiente de Eficiencia Energética (CEE, 28/08/2012)

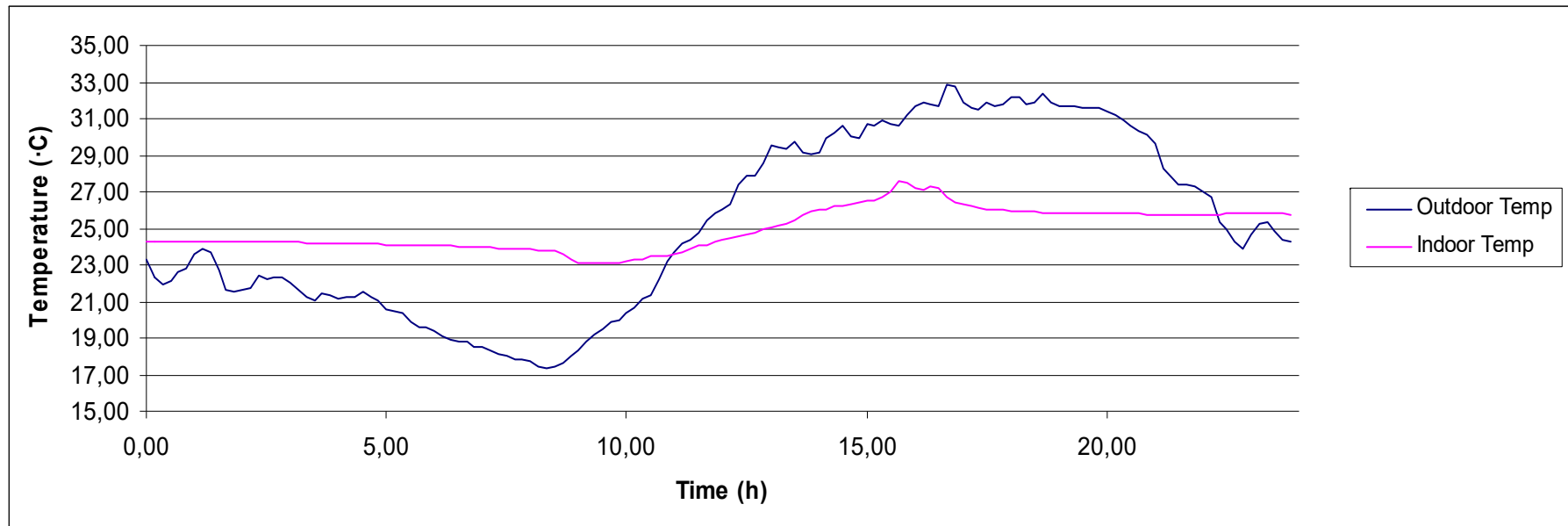


## RESULTADOS EXPERIMENTALES DE DOS DÍAS V

### Temperatura interior 28/08/2012



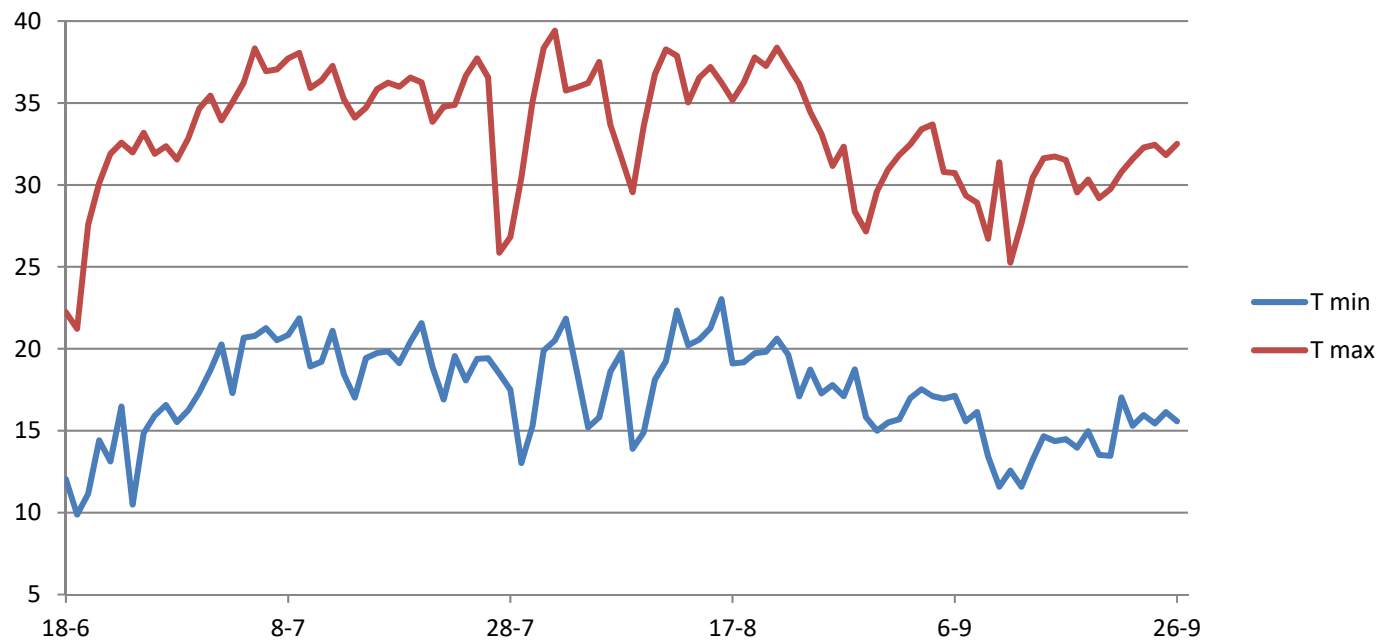
## RESULTADOS EXPERIMENTALES DE DOS DÍAS VI Temperatura exterior e interior 06/09/2012





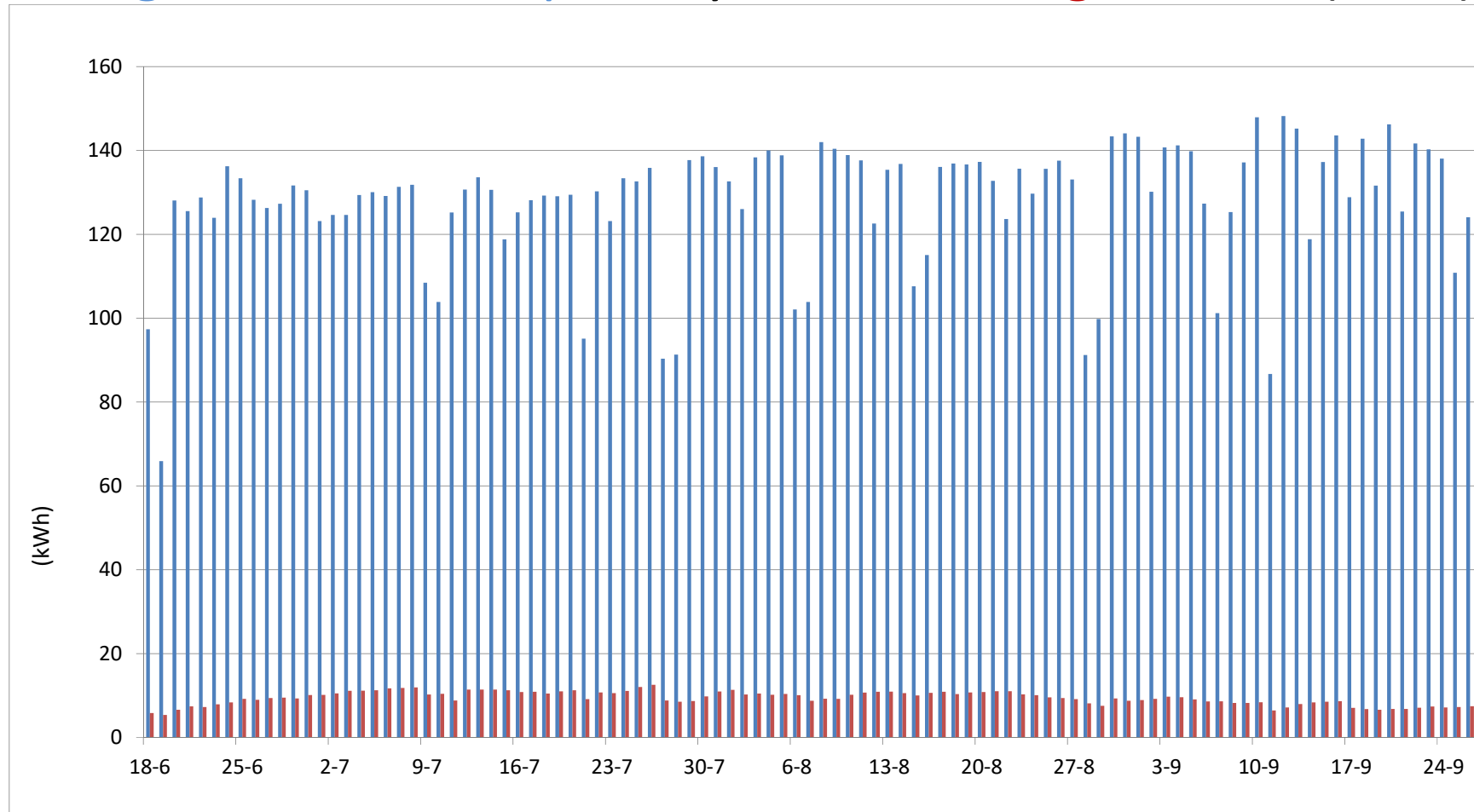
## RESULTADOS EXPERIMENTALES

Verano de 2013: Temperatura máxima y mínima



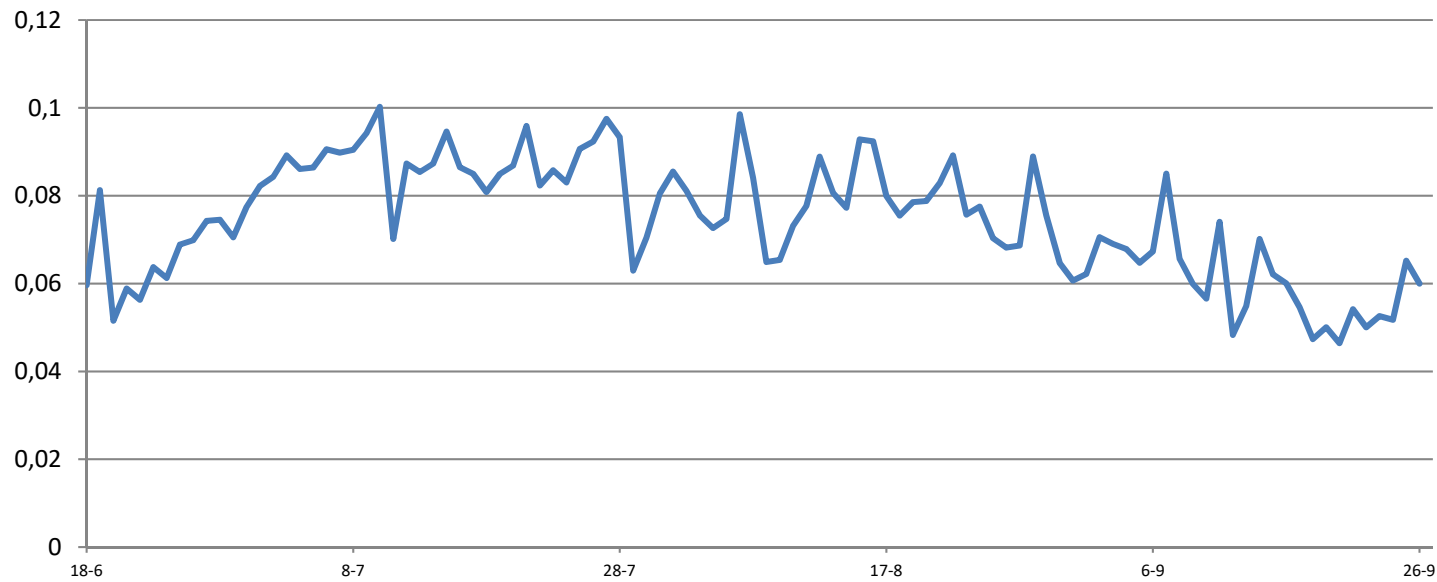
## RESULTADOS EXPERIMENTALES (2013)

### Energía solar interceptada y electricidad generada (kWh)



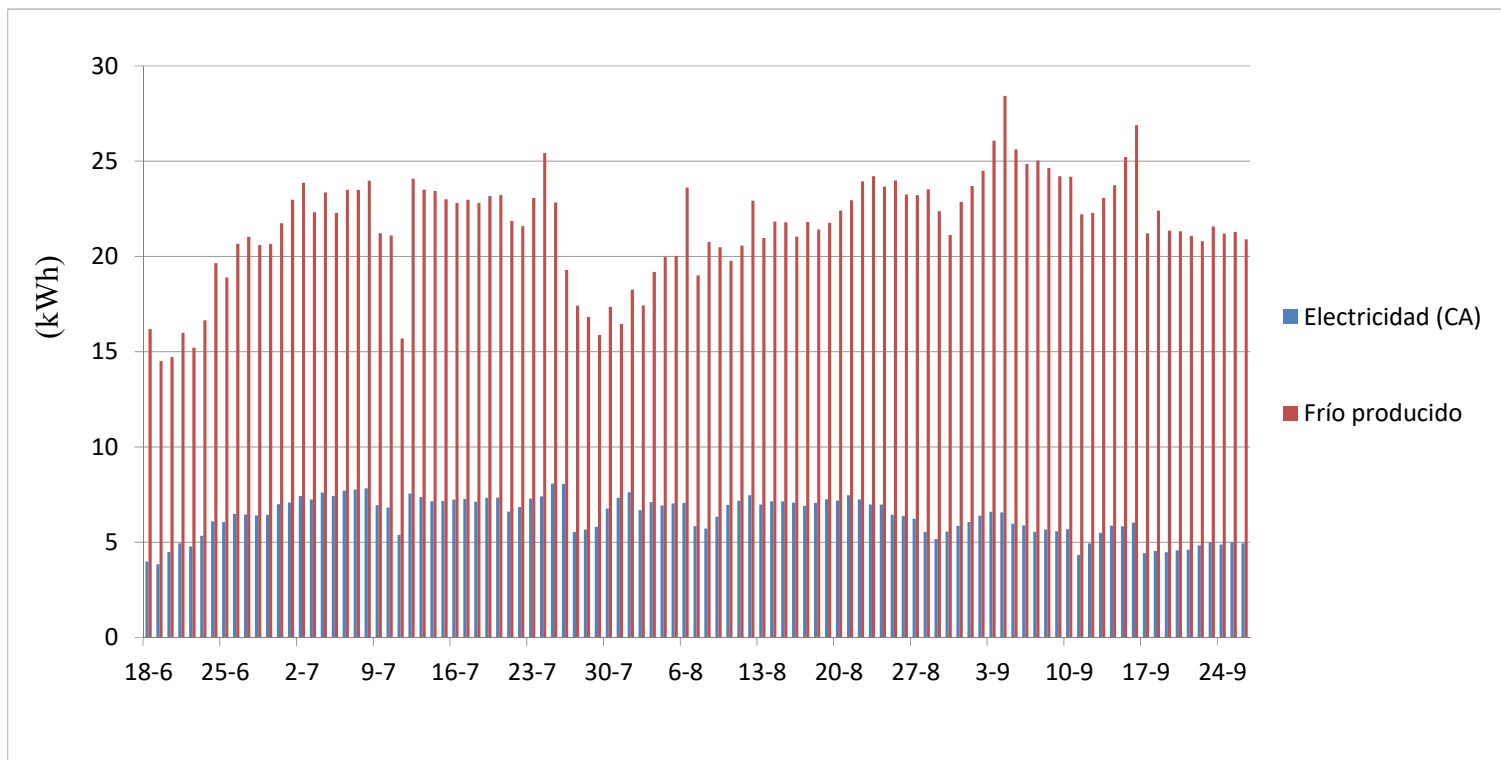
# RESULTADOS EXPERIMENTALES (2013)

**Rendimiento del generador fotovoltaico**



## RESULTADOS EXPERIMENTALES (2013)

Electricidad suministrada a la máquina frigorífica y frío producido (kWh)



# RESULTADOS EXPERIMENTALES (2013)

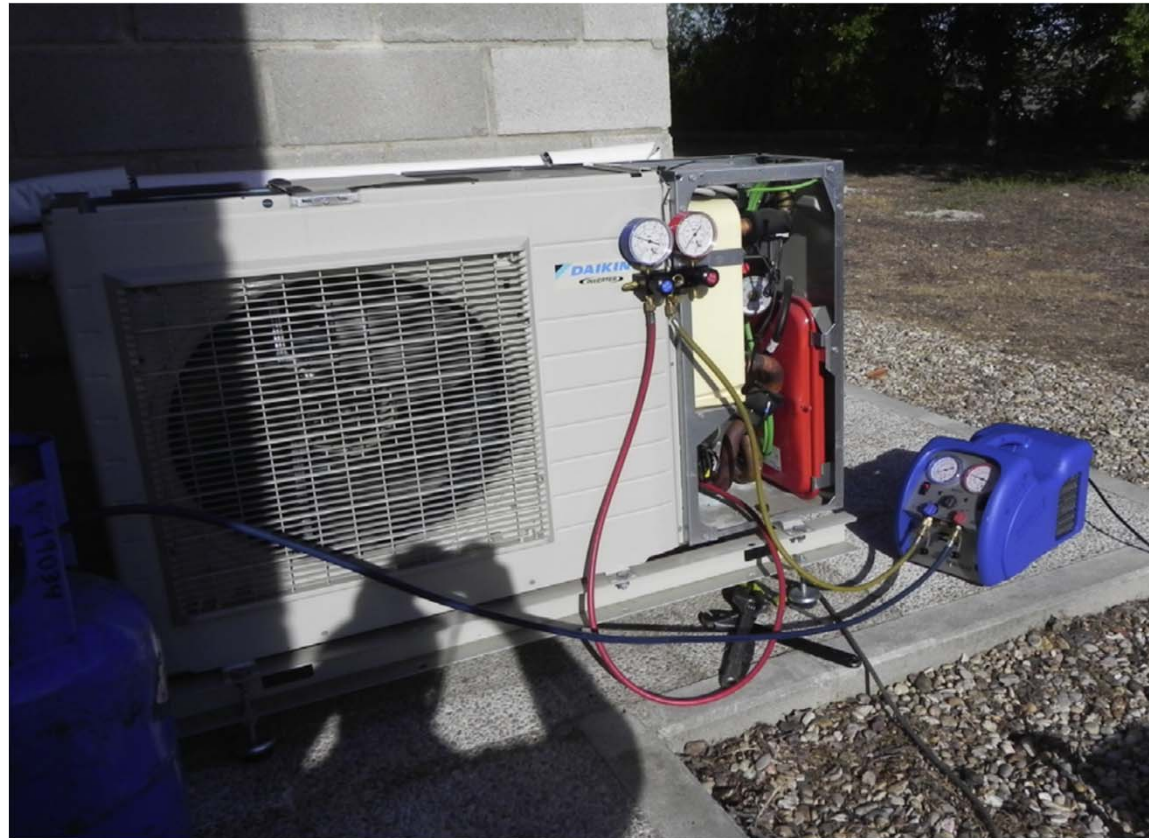
## Coeficiente de Eficiencia Energética

CEE



# REDUCCIÓN EMISIONES I (PEID, PEII)

## Metodología para determinar el PEID





## REDUCCIÓN EMISIONES II

PEID R410A: 4.200 kgeCO<sub>2</sub>

Fecha de carga, Marzo 2012; carga: 1,7 kg

Emisión de refrigerante hasta Abril 2013: 0,031 kg; 2%.

Emisión en kgeCO<sub>2</sub>: 130 kg.

Fin del experimento: Final de Septiembre de 2013.

Extrapolación: kgeCO<sub>2</sub>: 162

### PEII

Electricidad fotovoltaica suministrada: 700 kWh.

Reducción emisión de :  $700 \times 0,35 = 240$  kgCO<sub>2</sub>.

**Reducción global de la emisión: entre 78 y 102kgeCO<sub>2</sub>**

## CONCLUSIONES

- El CEE diario fue 2,8 (28/08/2012) y 3,1 (06/09/2012).
- El CEE diario arranca con valores entre 4 y 5 y se estabiliza entre 2 y 2,2 cuando la máquina alcanza el régimen permanente.
- El rendimiento medio del generador fotovoltaico en 100 días de operación (CC) fue del 7,5%.
- La energía eléctrica (CA) ahorrada durante el verano de 2013 fue 700 kWh.
- La emisión de CO<sub>2</sub> ahorrada fue 240 kg.
- La emisión de R410A hasta Abril de 2013 fue 130 kgeCO<sub>2</sub>

**Reducción global de la emisión: entre 78 y 102kgeCO<sub>2</sub>**





## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores quieren mostrar su agradecimiento al Ministerio de Economía y Competitividad de España por su apoyo económico al Proyecto de Investigación: Diseño, construcción y evaluación experimental de un sistema de refrigeración solar y trigeneración de alta eficiencia para edificios e invernaderos (ENE2010-20650-CO2-01).

# iENER'18

## I Congreso Ingeniería Energética



### GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Logo de la  
empresa/enti



[www.aeespain.org](http://www.aeespain.org)



Fundación de la Energía  
de la Comunidad de Madrid

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