

# DOMESTIC HOT WATER WITH PV

**Prof. Dr. Pedro Vicente Quiles**

Universidad Miguel Hernández de Elche

[pedro.vicente@umh.es](mailto:pedro.vicente@umh.es)

<http://dime.umh.e>

**Dipl. Ing. Francisco J. Aguilar Valero**

Universidad Miguel Hernández de Elche

**Dipl. Ing. Simón Aledo Vives**

[simon@prointer.es](mailto:simon@prointer.es)

Prointer, S.L.

# 1. PREVIOUS WORK



## PERFORMANCE 100% HYBRID

### Inverter Unit

Cooling  
Capacity = 3,52 kW  
EER = 4,09

Heating  
Capacity = 3,81 kW  
COP = 3,83



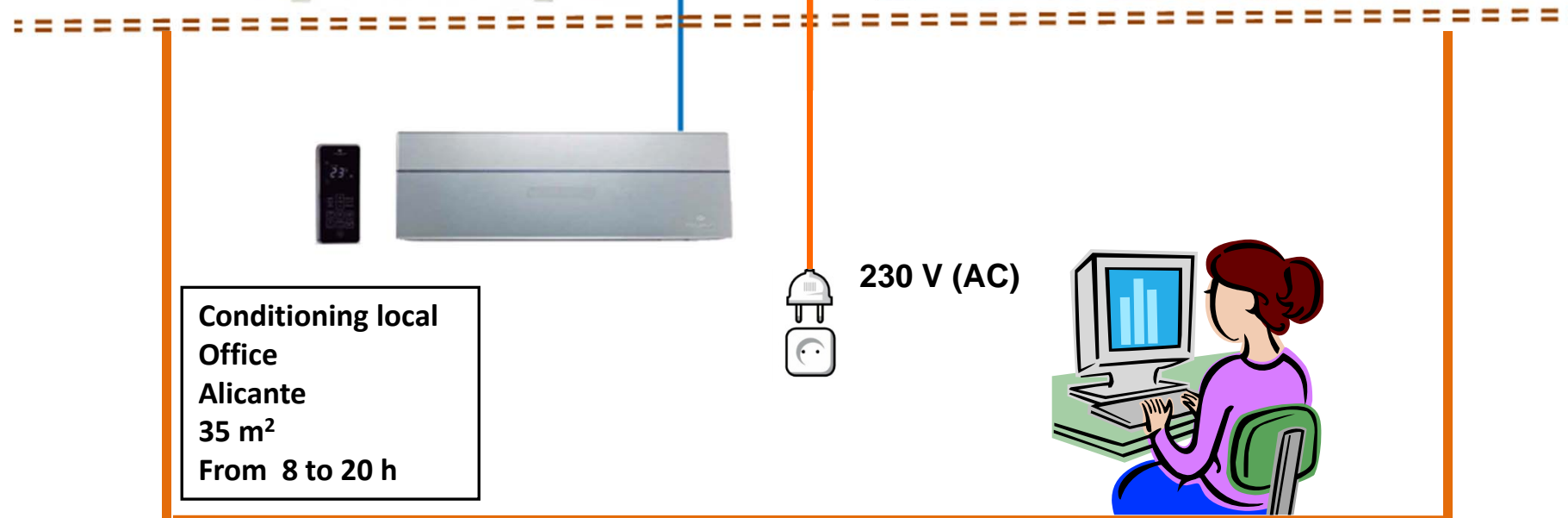
24 V (CC)

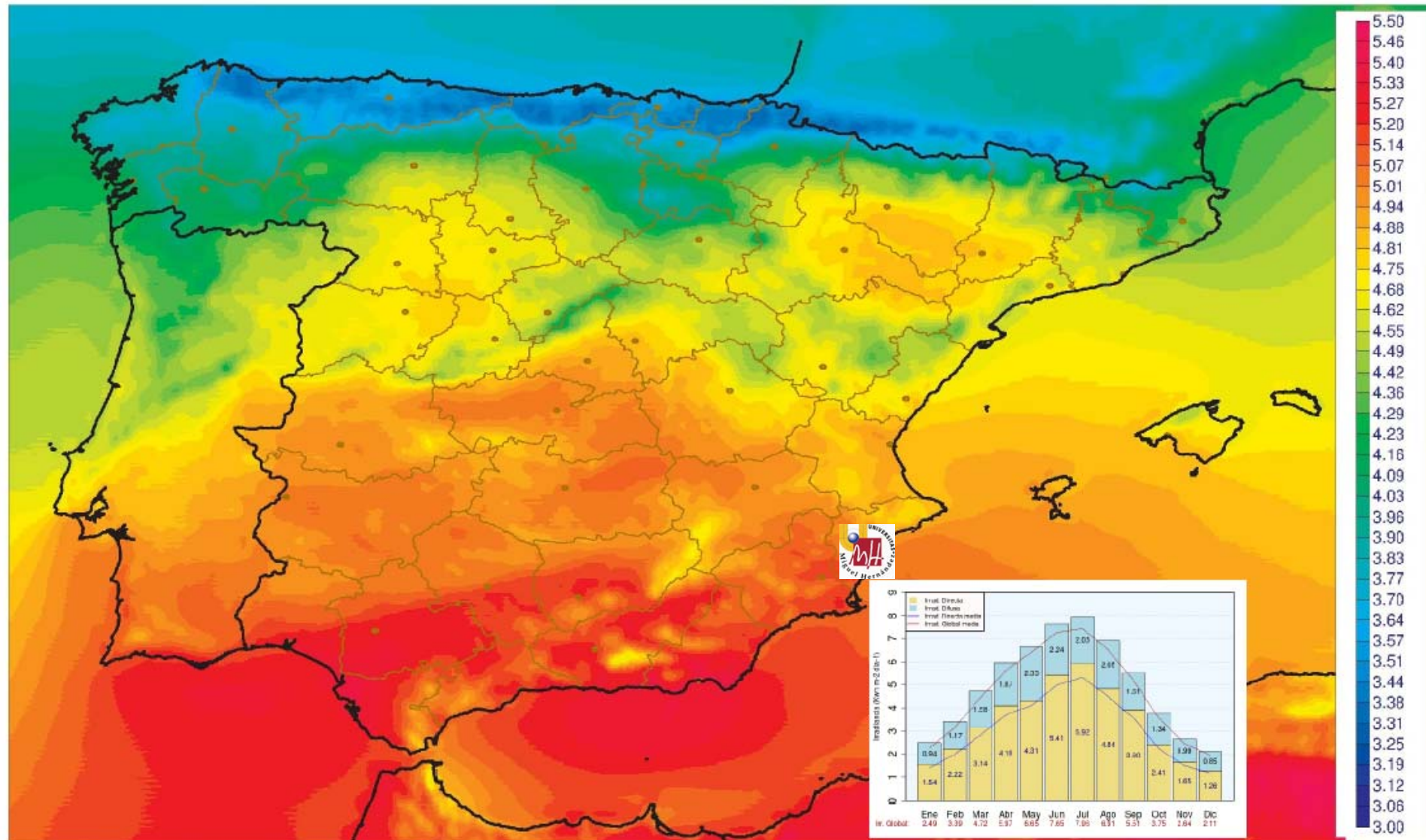
eurener  
energía solar

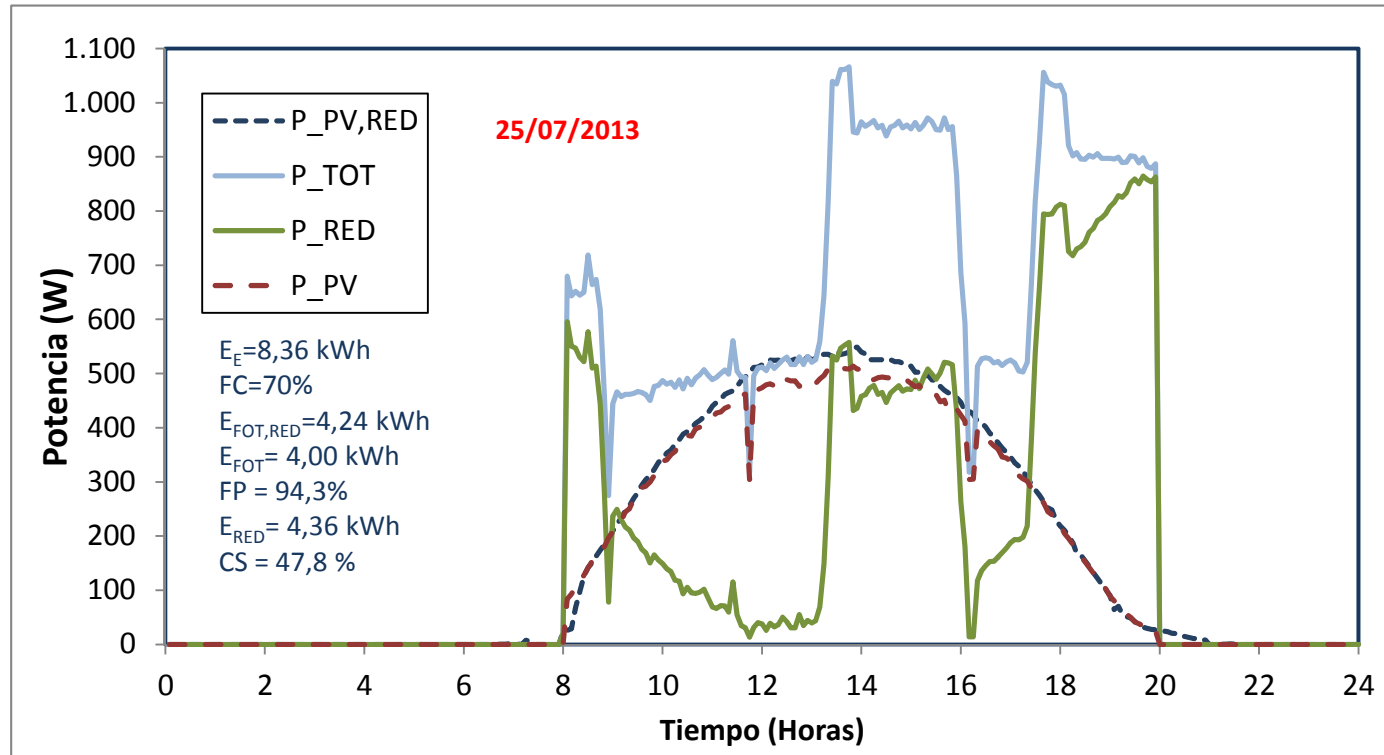


### PV Installation

N = 3 panels  
Power = 705 Wp  
A = 5 m<sup>2</sup>







$P_{PV}$  → Electrical power from photovoltaic panels

$P_{GRID}$  → Electrical power from the electrical grid

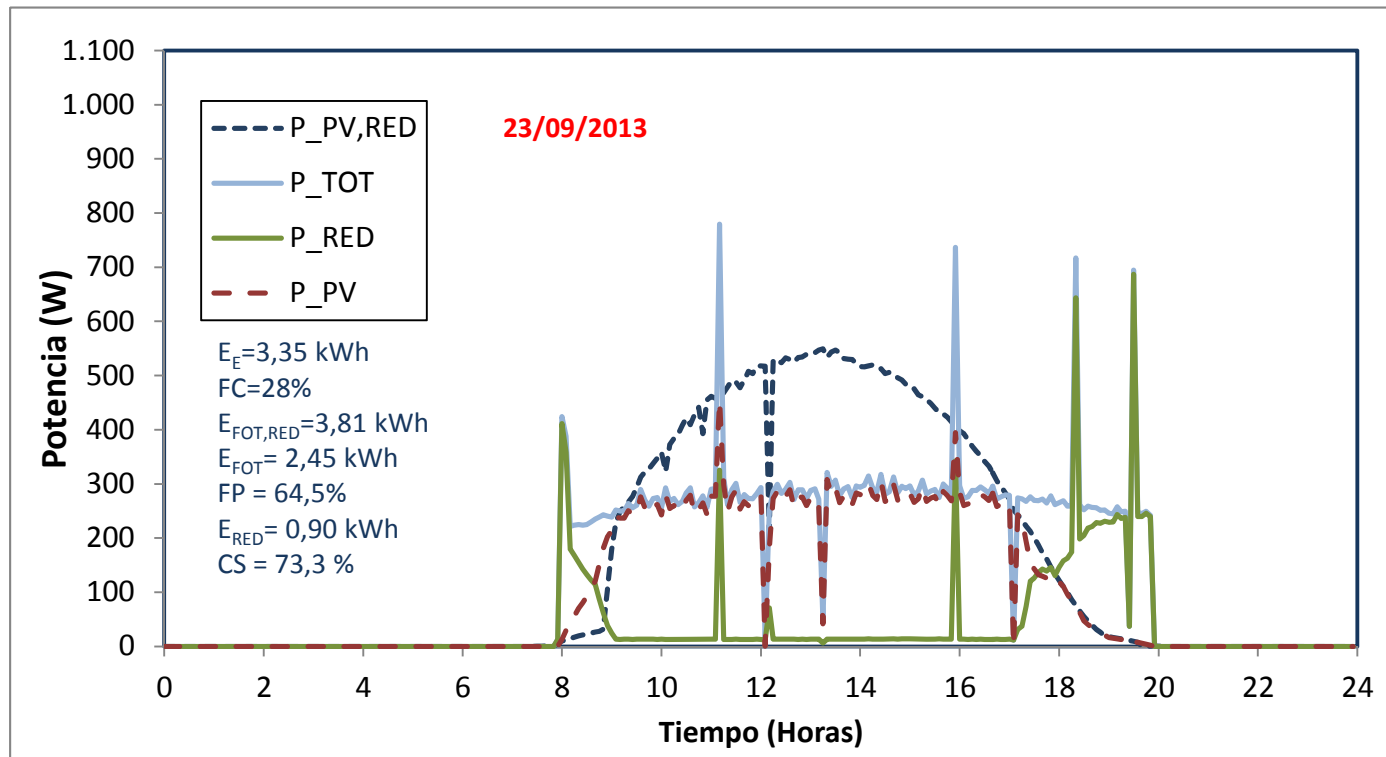
$P_{TOT}$  → Total Electrical power

$P_{PV,GRID}$  → Electrical power from photovoltaic panels connected to the electrical grid



Horario de 8 a 20 h	E_PV (kWh)	E_RED (kWh)	E_TOT (kWh)	E_PV,RED (kWh)	E_U (kWh)	EER_Maq (-)	EER_Inst (-)	Cont. Sol CS (%)	F. Prod F (%)	T_ext (°C)	T_int (°C)	MÁQUINA ENCENDIDA
01-jul	2,70	0,63	3,33	4,43	20,24	6,09	32,15	81,1%	60,9%	27,3	23,0	12 h
02-jul	2,66	0,86	3,52	4,14	20,48	5,82	23,73	75,5%	64,3%	27,9	23,7	12 h
03-jul	2,79	0,72	3,51	4,22	20,24	5,77	28,16	79,5%	66,0%	28,4	24,1	12 h
04-jul	2,65	0,82	3,47	4,19	20,60	5,94	25,22	76,5%	63,4%	28,9	24,2	12 h
05-jul	2,84	0,79	3,64	4,44	21,24	5,84	26,86	78,3%	64,1%	29,4	23,9	12 h
06-jul	2,25	0,22	2,47	4,48	14,21	5,76	63,67	91,0%	50,1%	29,2	23,8	8 h
07-jul	2,36	0,31	2,67	4,41	13,94	5,23	45,14	88,4%	53,5%	32,0	23,7	8 h
08-jul	3,00	0,96	3,96	4,33	20,70	5,22	21,60	75,8%	69,3%	32,0	24,1	12 h
09-jul	2,89	0,99	3,89	4,20	21,49	5,53	21,62	74,4%	68,9%	30,0	24,8	12 h
10-jul	2,95	1,83	4,78	4,10	22,99	4,81	12,53	61,6%	71,9%	30,8	25,0	12 h
11-jul	3,58	2,99	6,57	4,22	26,99	4,11	9,03	54,5%	84,8%	31,5	25,2	12 h
12-jul	2,88	1,22	4,10	3,88	22,08	5,39	18,07	70,2%	74,2%	29,7	24,8	12 h
13-jul	2,44	0,90	3,34	4,16	14,96	4,48	16,69	73,1%	58,7%	33,6	24,7	8 h
14-jul	2,34	1,05	3,39	4,28	15,93	4,70	15,12	69,0%	54,6%	31,0	25,1	8 h
15-jul	2,78	1,59	4,37	4,05	24,41	5,58	15,33	63,6%	68,7%	30,8	24,8	12 h
16-jul	3,19	2,16	5,35	4,35	23,80	4,45	11,00	59,6%	73,3%	31,9	25,1	12 h
17-jul	2,99	1,97	4,96	4,24	23,48	4,74	11,93	60,3%	70,5%	31,7	25,1	12 h
18-jul	3,87	7,71	11,58	4,19	36,09	3,12	4,68	33,4%	92,5%	31,6	26,1	12 h
19-jul	3,97	7,42	11,39	4,33	36,15	3,17	4,87	34,9%	91,6%	31,1	25,8	12 h
20-jul	3,19	5,08	8,27	4,30	24,82	3,00	4,89	38,6%	74,1%	32,8	26,5	8 h
21-jul	3,15	4,90	8,06	4,02	25,01	3,10	5,10	39,2%	78,4%	32,1	26,7	8 h
22-jul	3,70	6,10	9,79	4,01	31,16	3,18	5,11	37,8%	92,1%	33,1	25,4	12 h
23-jul	3,29	1,97	5,27	4,09	23,40	4,45	11,86	62,5%	80,5%	31,1	25,2	12 h
24-jul	3,26	2,17	5,44	4,14	23,96	4,41	11,02	60,0%	78,9%	31,6	25,3	12 h
25-jul	4,00	4,36	8,36	4,24	30,61	3,66	7,01	47,8%	94,3%	32,4	25,7	12 h
26-jul	3,22	3,77	6,99	3,76	27,40	3,92	7,27	46,1%	85,5%	32,2	25,7	12 h
27-jul	2,77	1,75	4,52	3,86	17,25	3,82	9,86	61,2%	71,7%	32,6	25,5	8 h
28-jul	2,41	1,47	3,88	3,43	15,32	3,95	10,42	62,1%	70,3%	31,9	25,6	8 h
29-jul	3,96	2,92	6,89	4,35	27,77	4,03	9,50	57,6%	91,2%	32,2	26,3	12 h
30-jul	3,78	3,54	7,32	4,38	29,11	3,98	8,22	51,6%	86,1%	30,2	25,9	12 h
31-jul	3,23	2,45	5,68	4,25	24,18	4,26	9,87	56,8%	76,0%	32,7	25,5	12 h
TOTAL	95,08	75,64	170,72	129,46	720,02	4,22	9,52	55,7%	73,4%	31,1	25,0	





$P_{PV}$  → Electrical power from photovoltaic panels

$P_{GRID}$  → Electrical power from the electrical grid

$P_{TOT}$  → Total Electrical power

$P_{PV,GRID}$  → Electrical power from photovoltaic panels connected to the electrical grid



## Annual data. Working time from 8 to 20 h

Horario de 8 a 20 h	E_PV (kWh)	E_RED (kWh)	E_TOT (kWh)	E_PV,RED (kWh)	E_U (kWh)	EER_Maq (-)	EER_Inst (-)	Cont. Sol CS (%)	F. Prod F (%)	T_ext (°C)	T_int (°C)
MAYO	66,0	25,8	91,8	116,8	519,5	6,50	23,12	82,5%	64,9%	24,0	23,3
JUNIO	67,1	18,7	85,7	125,1	514,1	6,00	27,54	78,2%	53,6%	26,8	23,1
JULIO	95,1	75,6	170,7	129,5	720,0	4,22	9,52	55,7%	73,4%	31,1	25,0
AGOSTO	84,8	57,0	141,8	114,7	655,2	4,62	11,49	59,8%	73,9%	30,6	25,0
SEPTIEMBRE	68,2	29,9	98,2	101,0	545,1	5,55	18,21	69,5%	67,5%	27,8	24,3
OCTUBRE	55,4	32,2	87,7	83,6	524,4	5,98	16,26	63,2%	66,3%	26,1	24,1
MODO FRÍO	436,5	239,3	675,8	670,7	3478,4	5,15	14,54	64,6%	65,1%	27,7	24,2

Horario de 8 a 20 h	E_PV (kWh)	E_RED (kWh)	E_TOT (kWh)	E_PV,RED (kWh)	E_U (kWh)	COP_Maq (-)	COP_Inst (-)	Cont. Sol CS (%)	F. Prod F (%)	T_ext (°C)	T_int (°C)
NOVIEMBRE	49,36	65,31	114,64	56,49	465,24	4,06	7,12	43,1%	87,4%	14,9	25,9
DICIEMBRE	51,73	89,47	141,18	56,44	551,67	3,91	6,17	36,6%	91,7%	15,2	24,1
ENERO	61,88	84,97	146,84	70,36	575,30	3,92	6,77	42,1%	87,9%	15,1	25,4
FEBRERO	63,98	83,02	147,00	75,74	532,98	3,63	6,42	43,5%	84,5%	13,6	25,2
MARZO	68,87	72,00	140,87	93,02	531,46	3,77	7,38	48,9%	74,0%	16,8	25,7
ABRIL	58,53	44,79	103,32	101,76	387,67	3,75	8,65	56,6%	57,5%	19,1	24,0
MODO CALOR	354,4	439,6	793,8	453,8	3044,3	3,83	6,93	44,6%	78,1%	15,8	25,0

TOTAL	790,9	678,9	1469,7	1124,5	6522,7	4,44	9,61	53,8%	70,3%	21,7	24,6
-------	-------	-------	--------	--------	--------	------	------	-------	-------	------	------





## Annual data. Working time from 9 to 17 h

Horario de 9 a 17 h	E_PV (kWh)	E_RED (kWh)	E_TOT (kWh)	E_PV,RED (kWh)	E_U (kWh)	EER_Maq (-)	EER_Inst (-)	Cont. Sol CS (%)	F. Prod F (%)	T_ext (°C)	T_int (°C)
MAYO	56,2	12,0	68,2	116,8	387,9	6,53	37,01	94,6%	55,3%	24,2	23,3
JUNIO	56,1	9,3	65,4	125,1	392,4	6,00	42,28	85,8%	44,8%	27,0	23,1
JULIO	80,8	45,9	126,7	129,5	523,8	4,13	11,40	63,7%	62,4%	31,2	25,0
AGOSTO	73,5	32,1	105,6	114,7	482,6	4,57	15,05	69,6%	64,1%	30,6	25,0
SEPTIEMBRE	59,7	12,7	72,3	102,4	399,6	5,53	31,57	82,5%	58,3%	27,9	24,3
OCTUBRE	49,9	13,2	63,1	83,9	381,7	6,05	28,93	79,2%	59,5%	26,2	24,1
MODO FRÍO	376,2	125,2	501,3	672,4	2567,9	5,12	20,52	75,1%	55,9%	27,8	24,1

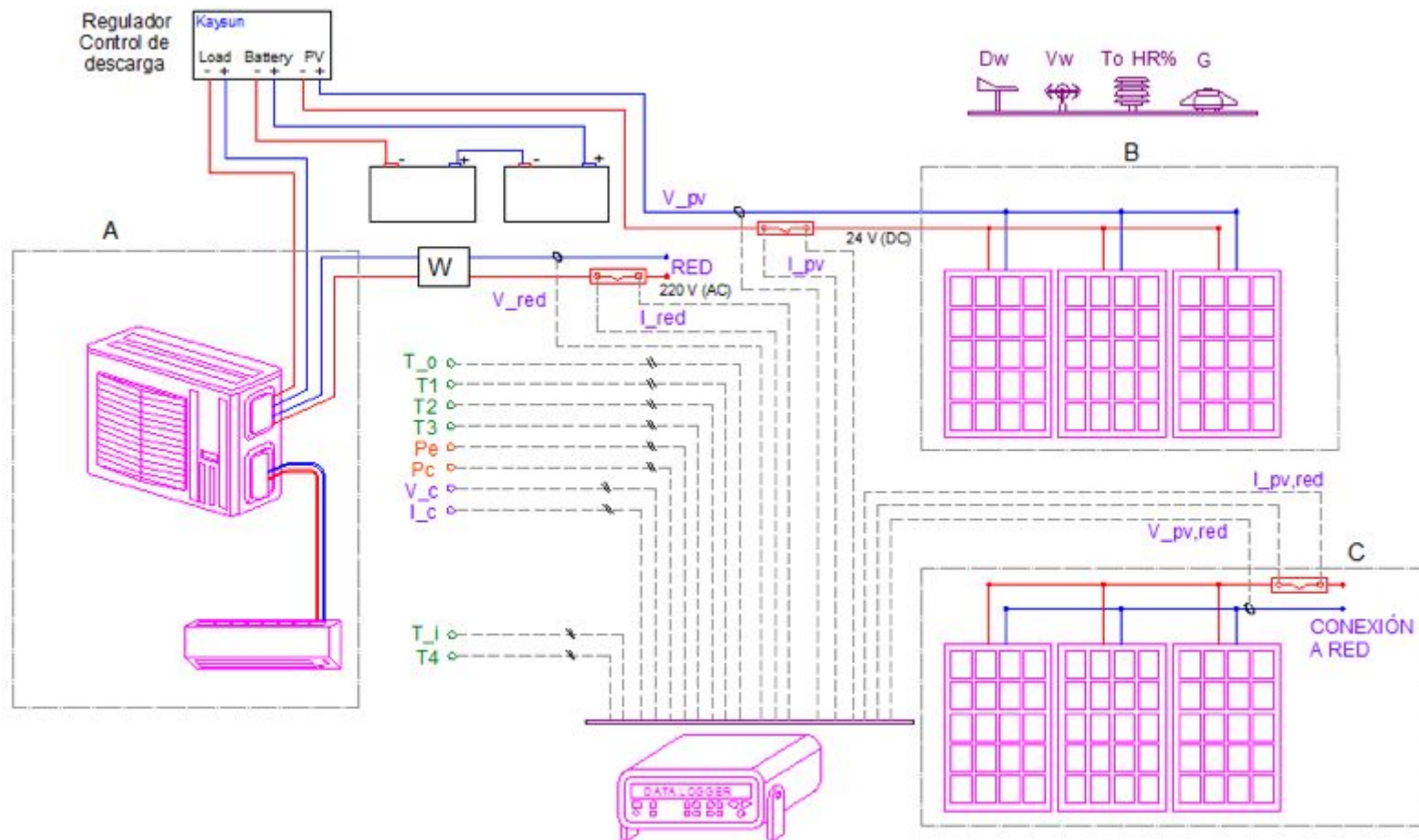
Horario de 9 a 17 h	E_PV (kWh)	E_RED (kWh)	E_TOT (kWh)	E_PV,RED (kWh)	E_U (kWh)	COP_Maq (-)	COP_Inst (-)	Cont. Sol CS (%)	F. Prod F (%)	T_ext (°C)	T_int (°C)
NOVIEMBRE	47,97	38,20	86,04	56,49	346,19	4,02	9,06	55,7%	84,9%	14,9	25,9
DICIEMBRE	50,84	55,48	106,25	56,44	403,96	3,80	7,28	47,9%	90,1%	15,2	24,1
ENERO	61,80	52,07	113,83	70,36	431,65	3,79	8,29	54,3%	87,8%	15,1	25,4
FEBRERO	62,78	55,34	118,12	75,74	417,61	3,54	7,55	53,2%	82,9%	13,6	25,2
MARZO	64,00	50,26	114,24	93,02	422,19	3,70	8,40	56,0%	68,8%	16,8	25,7
ABRIL	49,75	25,31	75,06	101,76	281,00	3,74	11,10	66,3%	48,9%	19,1	24,0
MODO CALOR	337,1	276,7	613,5	453,8	2302,6	3,75	8,32	55,0%	74,3%	15,8	25,0

TOTAL	713,4	401,8	1114,8	1126,2	4870,5	4,37	12,12	64,0%	63,3%	21,8	24,6
-------	-------	-------	--------	--------	--------	------	-------	-------	-------	------	------



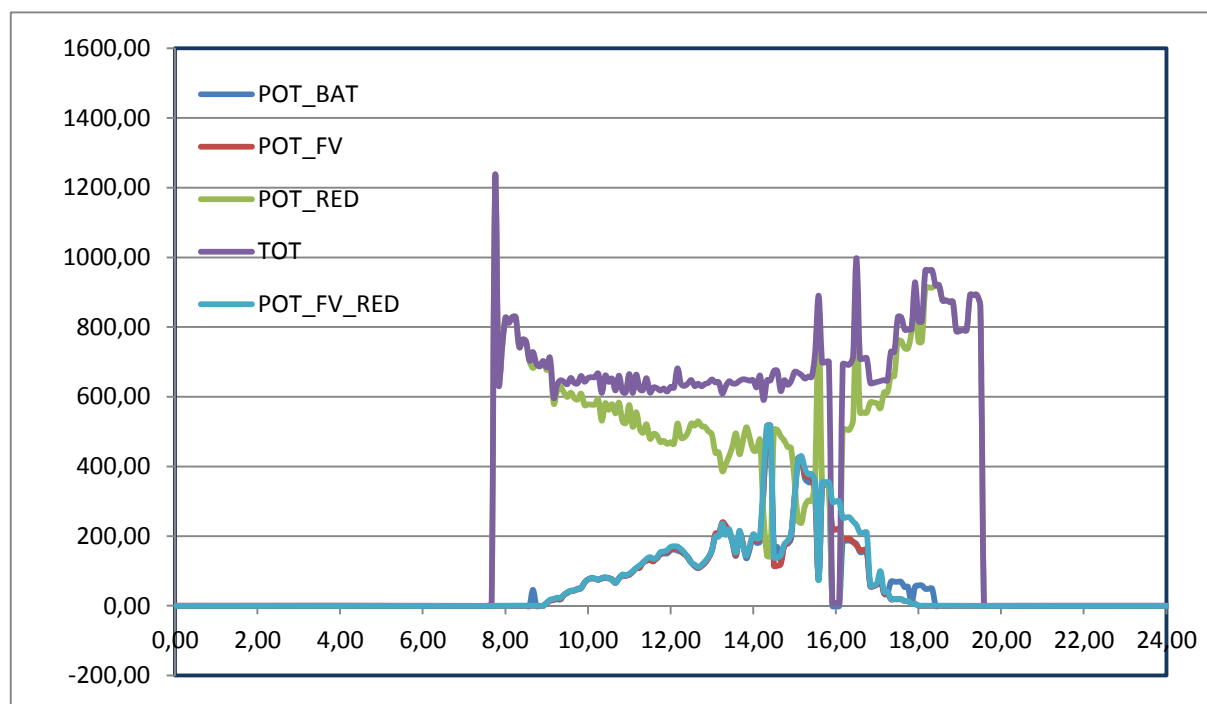
## **2. AIRCON UNIT WITH BATTERIES**

## UNIDAD DE BATERÍAS



## UNIDAD DE BATERÍAS

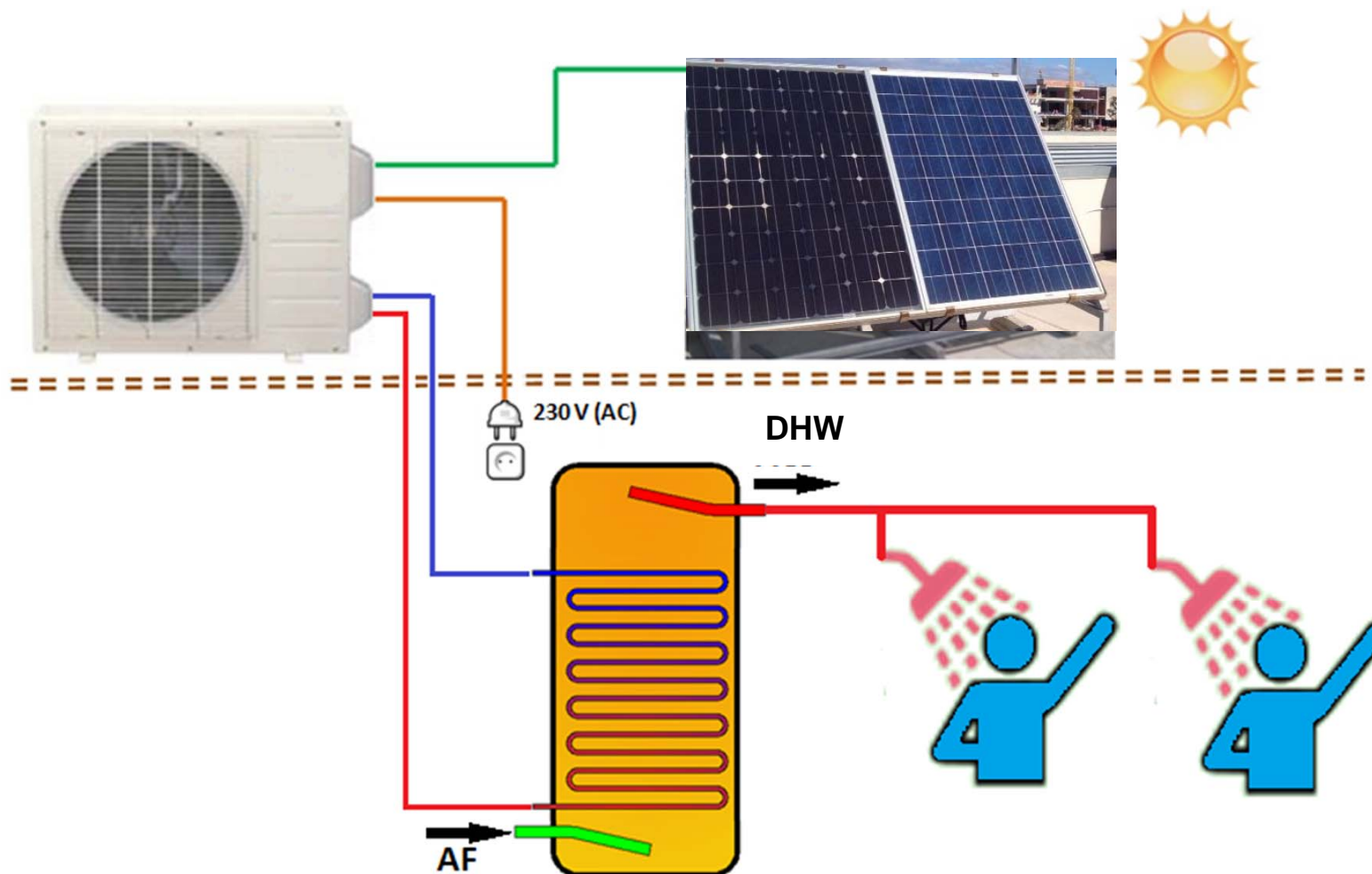
22/1/2014





### **3. DOMESTIC HOT WATER WITH PV**

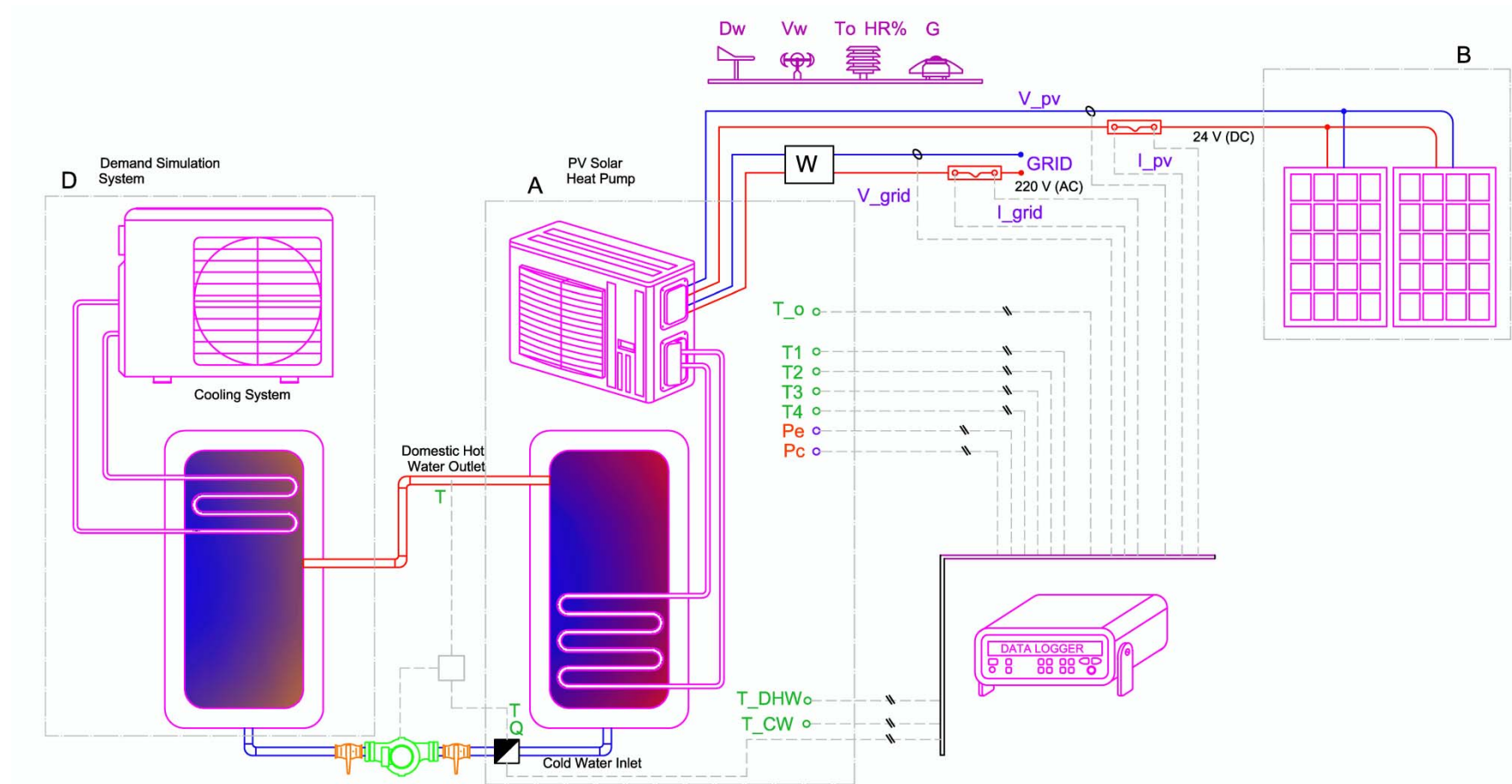
## DOMESTIC HOT WATER PRODUCTION WITH A HP CONECTED TO PV PANELS





## DOMESTIC HOT WATER PRODUCTION WITH A HP CONECTED TO PV PANELS

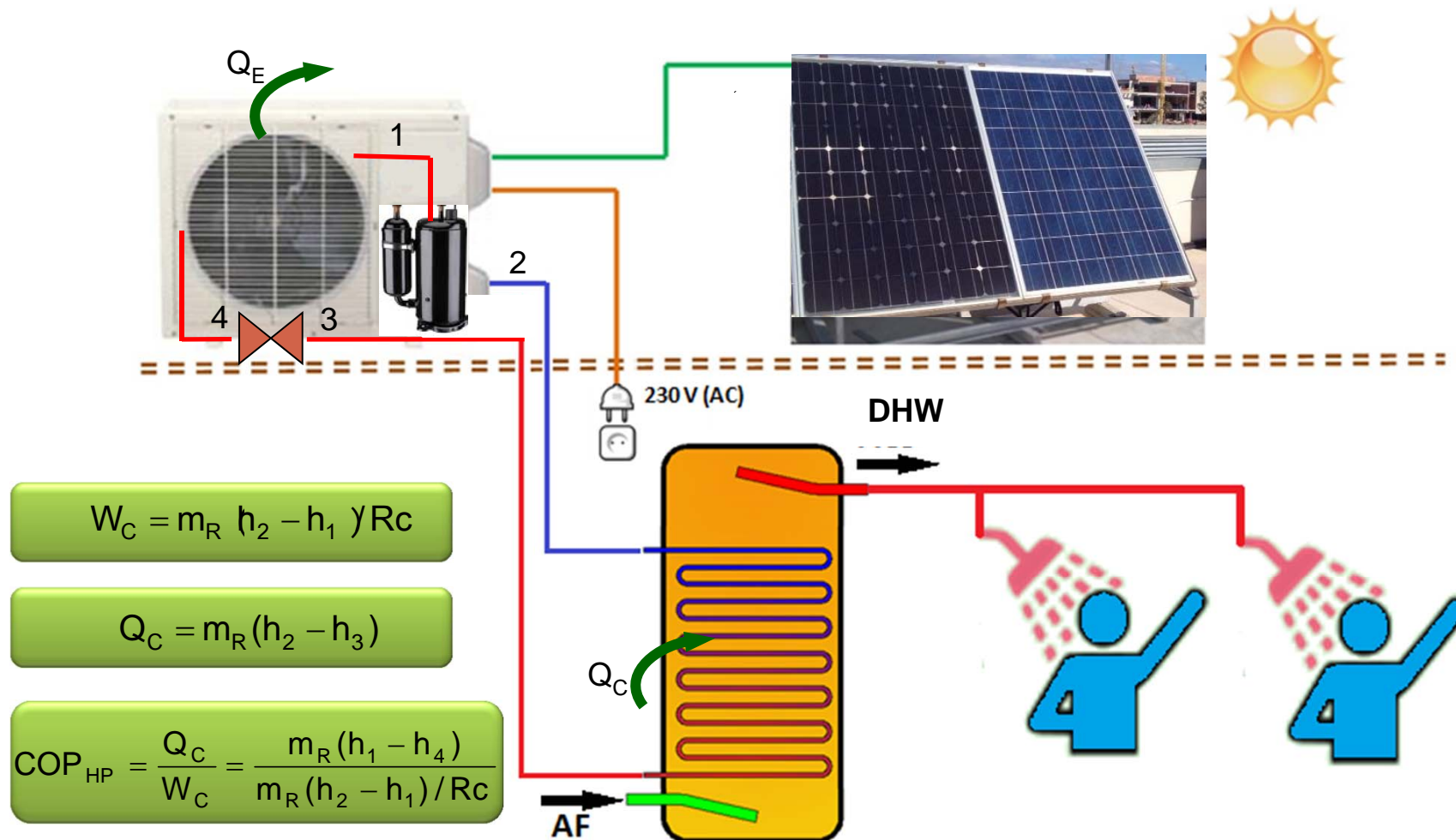






Description	Simbology	Value	Units
Compressor inlet temperature	$T_1$	9,1	°C
Compressor discharge temperature	$T_2$	58,5	°C
Condenser outlet temperature	$T_3$	30,6	°C
Evaporator inlet temperature	$T_4$	4,3	°C
Air temperature (inlet evaporator)	$T_O$	16,1	°C
Tank temperature	$T_I$	37,1	°C
Evaporating temperature	$T_E$	4,1	°C
Condensing temperature	$T_C$	42,2	°C
Power from Pv panels	$P_{PV}$	365,6	W
PV current	$I_{PV}$	12,4	A
PV voltage	$V_{PV}$	29,6	V
Flow rate	$V$	0	l/h
Inlet temperature	$T_{in}$	12	°C
Outlet temperature	$T_{out}$	35	°C
Solar irradiance	$G$	866	W/m <sup>2</sup>
Ext. Temperature	°C	15,4	°C
Relative humidity	HR	40,9	%
Wind speed	$V_w$	4,1	m/s
Wind direction	$D_w$	19	°

## DOMESTIC HOT WATER PRODUCTION WITH A HP CONECTED TO PV PANELS





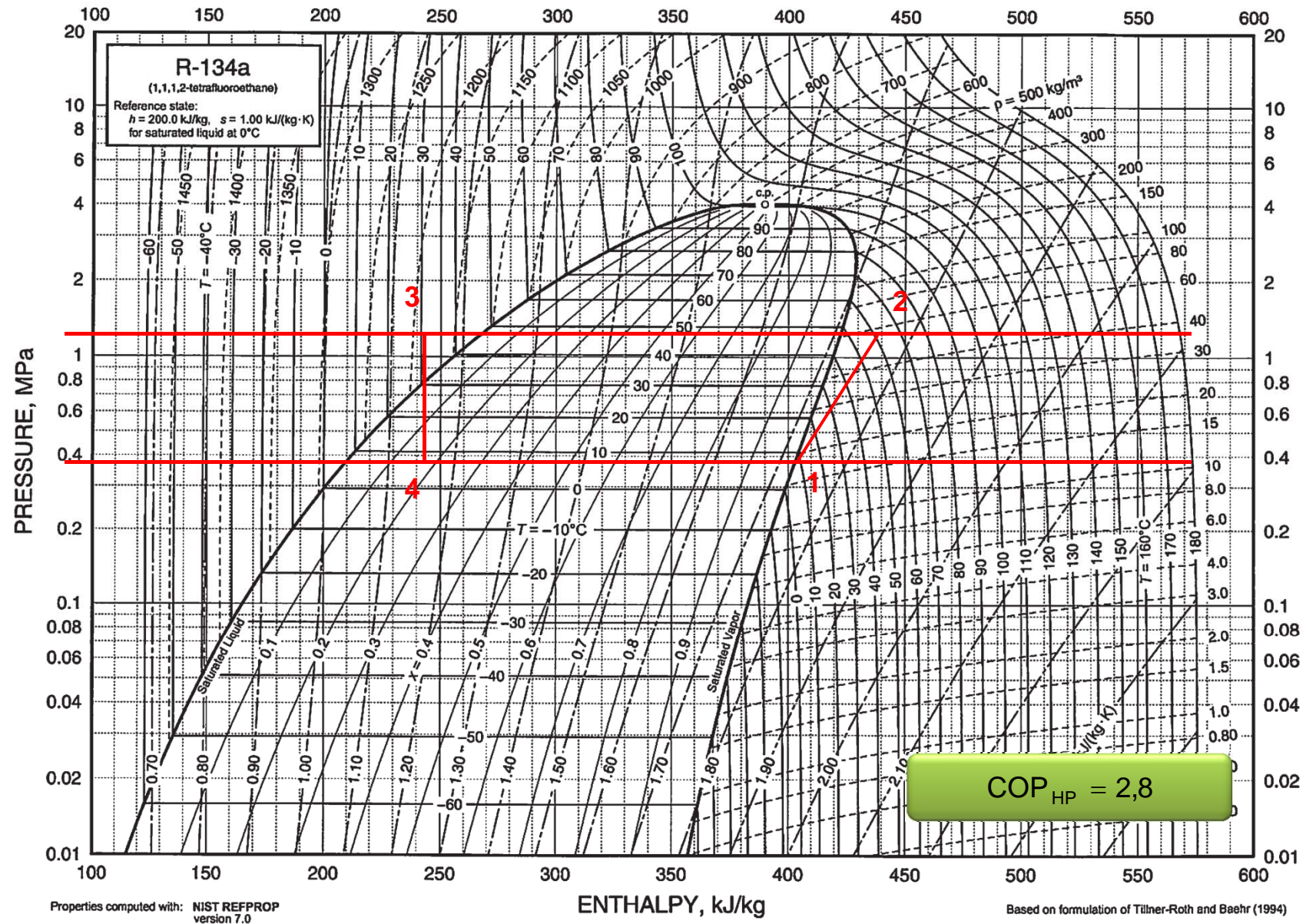


Fig. 8 Pressure-Enthalpy Diagram for Refrigerant 134a



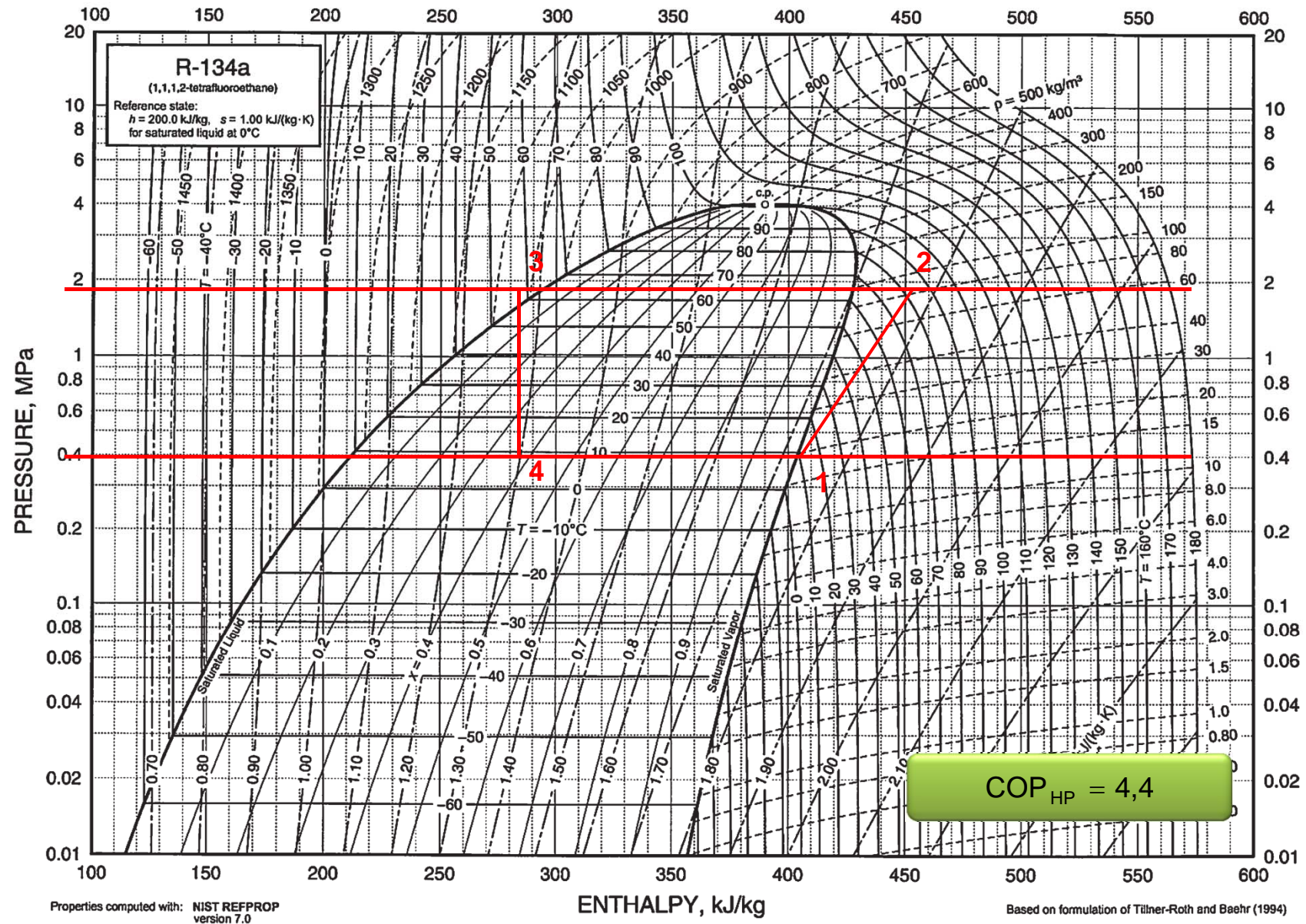


Fig. 8 Pressure-Enthalpy Diagram for Refrigerant 134a





Day	$P_{ELE,FOT\ GRID}$ (KWh)	$P_{ELE,TOT\ HP}$ (KWh)	$P_{ELE,GRID\ HP}$ (KWh)	$P_{ELE,FOT\ HP}$ (KWh)	$Q_{USE\ HP}$ (KWh)	$COP_{GRID\ HP}$ ( - )	PF (%)	SC ( % )	$COP_{TOT}$ ( - )	$T_{EXT}$ (°C)
18/02/2014	0,95	2,55	1,71	0,84	8,65	3,39	89,1%	33,1%	5,07	15,4
19/02/2014	2,68	2,80	0,64	2,16	9,97	3,56	80,3%	77,0%	15,49	16,2
20/02/2014	2,79	2,54	0,54	1,99	9,38	3,70	71,5%	78,5%	17,24	19,7
21/02/2014	2,32	2,75	0,84	1,91	9,91	3,60	82,2%	69,4%	11,78	18,3
22/02/2014	2,93	2,89	0,55	2,34	10,26	3,55	79,9%	81,0%	18,72	15,8
23/02/2014	2,82	2,85	0,67	2,18	10,20	3,58	77,2%	76,6%	15,28	16,8
24/02/2014	1,15	2,85	1,90	0,95	9,85	3,45	82,6%	33,4%	5,18	13,2
25/02/2014	2,45	2,60	0,63	1,97	9,40	3,62	80,2%	75,7%	14,91	16,8
26/02/2014	1,82	2,90	1,42	1,48	10,12	3,49	81,5%	51,2%	7,14	16,7
FEBRUARY	19,92	24,74	8,90	15,83	87,74	3,55	79,5%	64,0%	9,86	16,5

Day	$P_{ELE,FOT\ GRID}$ (KWh)	$P_{ELE,TOT\ HP}$ (KWh)	$P_{ELE,GRID\ HP}$ (KWh)	$P_{ELE,FOT\ HP}$ (KWh)	$Q_{USE\ HP}$ (KWh)	$COP_{GRID\ HP}$ ( - )	PF (%)	SC ( % )	$COP_{TOT}$ ( - )	$T_{EXT}$ (°C)
05/03/2014	2,71	2,75	0,53	2,22	9,99	3,63	81,8%	80,6%	18,73	19,6
06/03/2014	2,61	2,69	0,78	1,91	9,71	3,60	73,2%	70,9%	12,37	17,2
07/03/2014	2,91	2,74	0,58	2,15	9,90	3,62	74,0%	78,6%	16,94	16,9
08/03/2014	2,95	2,72	0,58	2,14	9,94	3,66	72,6%	78,7%	17,14	18,1
09/03/2014	2,91	2,89	0,65	2,25	10,43	3,61	77,1%	77,6%	16,12	17,8
10/03/2014	2,87	2,75	0,61	2,14	10,02	3,64	74,8%	77,9%	16,44	16,6
11/03/2014	2,58	2,73	0,83	1,90	9,80	3,60	73,5%	69,6%	11,82	17,2
12/03/2014	1,64	2,81	1,48	1,32	9,77	3,48	80,9%	47,1%	6,58	15,5
13/03/2014	1,56	2,78	1,57	1,21	9,66	3,48	77,6%	43,6%	6,16	15,9
MARCH	22,73	24,86	7,62	17,23	89,22	3,59	75,8%	69,3%	11,71	17,2

# CONCLUSION

- ✂ First results in a Heat pump unit for Domestic Hot Water Production show that annual Solar Contributions can be higher than 65%

# DOMESTIC HOT WATER WITH PV

**Prof. Dr. Pedro Vicente Quiles**

Universidad Miguel Hernández de Elche

[pedro.vicente@umh.es](mailto:pedro.vicente@umh.es)

<http://dime.umh.e>

**Dipl. Ing. Francisco J. Aguilar Valero**

Universidad Miguel Hernández de Elche

**Dipl. Ing. Simón Aledo Vives**

[simon@prointer.es](mailto:simon@prointer.es)

Prointer, S.L.