



NOTIFICACIÓ DE REGISTRE

REFERÈNCIES

Núm. Exp. Mpal:	N/D	Núm. Procediment GIOS:	2017/0413
Titular:	PATRONAT MUNICIPAL DE L'HABITATGE DE BARCELONA		
Emplaçament:	S'AGARÓ, N° S/N, BLOC H.UA3		
Títol:	IST EDIFICI PLURIFAMILIAR (83 HABITATGES)		
Tipus de permís:	Sol·licitud de llicència d'obres		

ATESA la documentació justificativa presentada a l'Agència d'Energia de Barcelona el dia 02/08/2017, per en JOAN FONT I ARMENGOL en representació de PATRONAT MUNICIPAL DE L'HABITATGE DE BARCELONA, en compliment del títol 8 sobre Energia Solar de l'Ordenança del Medi Ambient de Barcelona(OMA), s'emet la següent:

NOTIFICACIÓ

- a) El titular HA PRESENTAT l'esmentada documentació requerida per a l'obtenció del corresponent Informe Solar que ha d'emetre l'Agència d'Energia de Barcelona abans de l'inici de les obres,
- b) L'emissió del corresponent Informe Solar es realitzarà quan el representant del titular o projectista notifiqui a l'Agència d'Energia de Barcelona mitjançant el Gestor Integral de la Ordenança Solar o per correu electrònic, el número d'Expedient Municipal facilitat per Urbanisme, a l'acceptació de la sol·licitud de llicència,
- c) En el termini aproximat de dues setmanes a partir de la introducció al gestor del nº d'Expedient Municipal, l'Agència d'Energia de Barcelona emetrà l'Informe Solar amb la resolució sobre el compliment de la normativa aplicable.

d) Observacions

Data de validació 02/08/2017

Fermín Jiménez
Director de projectes

NOTES:

- 1) Aquest informe correspon a les condicions a les que s'han d'ajustar les instal·lacions d'energia solar tèrmica per a complir amb l' Ordenança de Medi Ambient de Barcelona dins del procés de tramitació de les llicències municipals.
- 2) L'Ajuntament de Barcelona podrà modificar els termes del present informe per consideracions que es poden establir en compliment d'altres normatives vigents.

- 3) Es recomana utilitzar el gestor on-line (www.barcelona.cat/energia/gios) per complir les tramitacions de les llicències d'obra i primera ocupació i / o tramitacions d'altres projectes i les consultes escaients.
- 4) L'interessat podrà fer les al·legacions que estimi oportunes sobre aquest informe en el termini màxim de 15 dies, d'acord a la reglamentació vigent.

PROJECTE TÈCNIC D'INSTAL·LACIÓ
D'ENERGIA SOLAR TÈRMICA D'UN EDIFICI
PLURIFAMILIAR DE 83 HABITATGES

Carrer S'Agaró, s/n, Bloc H. UA3
Barcelona, Trinitat Nova
(08033)

PROPIETAT
PATRONAT MUNICIPAL DE
L'HABITATGE DE BARCELONA

JULIOL 2017
K172373



FONT I ARMENGOL

Enginyeria d'instal·lacions
Poligon Industrial les Saleres, Nau 3
08513 Prats de Lluçanès
T. 93 856 00 28 | F. 93 856 00 07
oficina@fia.cat | www.fia.cat



ÍNDEX

I. MEMÒRIA

- 1. OBJECTE
- 2. IDENTIFICACIÓ
- 3. DESCRIPCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ
- 4. DESCRIPCIÓ DE L'EDIFICI
- 5. DETERMINACIÓ DE LA DEMANDA ENERGÈTICA DE REFERÈNCIA
- 6. DESCRIPCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA
- 7. BALANÇ ENERGÈTIC
- 8. NORMATIVA APLICABLE
- 9.- RENDERS 3D POSICIÓ CAPTADORSSOLARS
- 10. PRESSUPOST

II. ANNEXES

III. PRESSUPOST

IV. PLÀNOLS



I. MEMÒRIA



1. OBJECTE

L’objectiu d’aquest projecte, és el disseny i el càlcul de les instal·lacions d’energia solar tèrmica centralitzada per l’escalfament d’aigua calenta sanitària d’un edifici d’habitatges plurifamiliar, amb un total de 83 habitatges.

Els 83 habitatges s’agrupen en un total de 5 escales, es per això que en el projecte es contemplen cadascuna de les escales per separat, justificant en cada cas les necessitats de cada escala.

2. IDENTIFICACIÓ

2.1 Tipus d’actuació

Es tracta d’un edifici de nova construcció.

2.2 Adreça de l’edifici

L’edifici està ubicat al municipi de Barcelona, Carrer S'Agaró, s/n, Bloc H. UA3. Trinitat Nova, 08033, (Nou Barris). La referència cadastral es 2292310DF3829C.

2.3 Utilització de l’edifici

Es tracta d’un solar de sol urbà consolidat, en el que s'ha d'enderrocar part d'un bloc existent, no ocupat i en estat ruïnós, disposat perpendicularment a l’edifici projectat.

El solar te exactament la geometria i ubicació del perímetre regulador per desenvolupar el bloc de projecte segons el esmentat PERI. Es rectangular de 97x21m = 2037m2. La ocupació d’aquest solar segons el PERI es del 100%.

La orientació es quasi N-S en la direcció longitudinal. Aquesta mateixa orientació es la del carrer S'Agaró en el qual li dona la façana del 97ml.

Per el que fa a la topografia, el desnivell en la façana del carrer s’Agaró de aproximadament 10m. El desnivell en la part superior del solar en la cara de ponent, es de 2,20 aproximadament. Per tant, es un solar, topogràficament en forta pendent en tota la seva vessant de naixent.

L’ús principal de l’edifici es el d’habitatge de protecció oficial, disposant en la planta baixa, d’un total de 6 locals sense ús.

2.4 Dades del titular

El promotor és:
PATRONAT MUNICIPAL DE L’HABITATGE DE BARCELONA
NIF: P 5801915 I
C/ D. Aiguader, 24-36
08003 Barcelona

El representant legal és:

Pilar Florensa Suriñach
DNI: 37.674.273-C



2.5 Dades del projectista de la instal·lació solar tèrmica

JOAN FONT ARMENGOL
Enginyer Tècnic Industrial, Col·legiat núm. 10.852 - CETIB
Poligon Industrial les Saleres, nau 3, 08513 Prats de Lluçanes
Tel: 93.856.00.28
oficina@fia.cat

3. DESCRIPCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ

3.1 Característiques principals

Cada escala, disposarà de la instal·lació adequada per a cobrir les necessitats en funció del nº d'habitatges i consum diari. En qualsevol cas, el tipus d'instal·lació, materials i solucions tècniques per a cada escala seran les mateixes, variant únicament la superfície de captació, el volum d'acumulació així com el diàmetre de canonades i elements de circulació o dissipació, els quals s'ajustaran a les necessitats particulars de cada escala.

La instal·lació estarà formada per el corresponent camp de captació solar tèrmica per mitjà de captadors solars de tubs de buit tipus ROCA AR-30 instal·lats sobre subestructura metàl·lica en coberta, formant una porxada i deixant lliure l'accés a les cobertes per manteniment, accés a altres espais d'instal·lacions (comptadors de gas, armari de telecomunicacions, etc...).

Aquests captadors disposaran d'un circuit primari tancat, el qual es quedarà a l'interior de la sala de màquines situada en planta coberta. Per mitjà dels interacumuladors que faran la funció de dipòsits d'inèrcia de la instal·lació i seran tipus Salvador Escoda vitrificats model CS, el camp de captació cedirà l'energia a l'aigua del circuit secundari.

La protecció contra sobre escalfaments del sistema, es realitzarà mitjançant un aeroterm dissipador tipus ESCOSOL gama BD de potència adequada al nº de captadors instal·lats en cada escala.

El circuit secundari, estarà format per un circuit tancat que permetrà l'entrega d'energia de manera instantània als diferents habitatges per mitjà de bescanviadors de plaques, els quals preescalfaran l'aigua freda de xarxa abans de que aquesta entri a la caldera de gas, per tal de que aquesta, si es necessari, acabi d'escalfar l'aigua a la temperatura òptima de consum.

En funció de cada escala i de la demanda diària d'ACS, es preveu un camp de captadors específic, amb unes superfícies de captació que es poden veure en la següent taula, aquestes superfícies es justifiquen més endavant amb el càlcul de cobertura solar tèrmica en base als paràmetres de càlcul resultants més desfavorables de les demandes diàries de les tres normatives d'aplicació.

ESCALA	DEMANDA l/dia	Nº CAPTADORS	SUPERFÍCIE ABSORVIDOR (m²)	TOTAL SUPERFÍCIE (m²)
1	1.755,35	5	3,22	16,10
2	2.094,26	6	3,22	19,32
3	2.156,85	6	3,22	19,32
4	1.856,73	6	3,22	19,32
5	1.333,55	4	3,22	12,88

3.2 Objectiu energètic

L'objectiu energètic, segons indicacions de l'article 4 de l'ordenança solar tèrmica, es cobrir la demanda energètica per aigua calenta sanitària de l'edifici en funció dels paràmetres indicats en el citat article. En aquest cas, es compleixen amb els paràmetres de disseny específics per al recolzament mitjançant un equip de suport de gas.

No obstant, com es pot veure justificat en l'apartat 5 de la present memòria, els valors més restrictius de càlcul no venen donats per l'ordenança, sinó per el Decret d'Ecoeficiència.

4. DESCRIPCIÓ DE L'EDIFICI

4.1 Característiques arquitectòniques

L'edifici, disposa d'un total de 5 escales on es reparteixen el total dels 83 habitatges. Les escales de la 1 a la 4, tenen una alçada de PB+6, mentre que l'escala 5, te una alçada de PB+4.

Les superfícies generals de l'edifici son les següents:

QUADRE DE SUPERFÍCIES CONSTRUÏDES TOTALS						
PLANTES	APARCAMENT	LOCALS	HABITATGES	EECC	ET	Sup. Total CONSTRUÏDA
PS-2	796,80					796,80
PS-1	1.388,80				x	1.388,80
P.BAIXA	28,17	600,02	337,33	313,59		1.279,11
P1			494,07	161,60		655,67
P2			1.520,72	195,86		1.716,58
P3			1.520,72	195,86		1.716,58
P4			1.520,72	195,86		1.716,58
P5			639,29	115,12		754,41
P6			639,29	115,12		754,41
PC						0,00
TOTAL	2.213,77	600,02	6.672,14	1.293,01	0,00	10.778,94

La distribució d'habitatges per cadascuna de les escales es la següent:

Escala 1

Nº DORMITORIS	Nº HABITATGES
1	0
2	0
3	15
4	0
5	0
6	0
6 o +	0
TOTALS	15



Escala 2

Nº DORMITORIS	Nº HABITATGES
1	0
2	10
3	10
4	0
5	0
6	0
6 o +	0
TOTALS	20

Escala 3

Nº DORMITORIS	Nº HABITATGES
1	0
2	9
3	10
4	0
5	0
6	0
6 o +	0
TOTALS	19

Escala 4

Nº DORMITORIS	Nº HABITATGES
1	0
2	8
3	9
4	0
5	0
6	0
6 o +	0
TOTALS	17

Escala 5

Nº DORMITORIS	Nº HABITATGES
1	0
2	6
3	6
4	0
5	0
6	0
6 o +	0
TOTALS	12

Cada escala disposa d'un local comercial, amb excepció de l'escala 3 que en te 2. D'aquesta manera els locals queden repartits de la següent manera:



QUADRE DE SUPERFÍCIES ÚTILS DELS LOCALS		
Local	Escala	Superfícies construïda (m²)
1	1	54,41
2	2	97,90
3	3	87,80
4	4	128,40
5	5	114,61
6	3	116,90

4.2 Ús de l'edifici

L'edifici, està destinat a habitatge, es disposa en planta baixa de 6 locals sense ús definit així com dues plantes soterrani per aparcament de cotxes, places vinculades als propis habitatges.

Es disposa de diferents tipologies d'habitatges, on bàsicament es distingeixen 2 tipologies clares, habitatges de 2 i 3 habitacions. En els plànols adjunts es podrà veure la distribució i la situació dels mateixos .

Degut a que es tracta d'habitatges, es preveu una utilització continuada al llarg de tot l'any amb les corresponents particularitats per aquest tipus d'ús.

Es preveu un disseny d'instal·lació per una demanda constant per tot l'any, sense preferències d'hivern o estiu.

Les zones comuns no disposaran de punts de consum d'aigua calenta sanitària.

Seguint el que indica la vigent ordenança Solar Tèrmica de Barcelona, es faran les previsions per consum d'ACS en els diferents locals, a raó de 1,37 l/dia per m² de superfície de local.

5. DETERMINACIÓ DE LA DEMANDA ENERGÈTICA DE REFERÈNCIA

5.1 Demanada energètica per a la producció d'ACS

A continuació es descriuen les unitats privatives de l'edifici en quant a usuaris i consum per a cada escala. Aquests son:

ESCALA 1					TOTAL PERSONES SEGONS		
Nº DORMITORIS	Nº HABITATGES	DECRET ECO	CTE	OS-BCN	DECRET ECO	CTE	OS-BCN
1	0	2	1,5	1,5	0	0	0
2	0	3	3	3	0	0	0
3	15	4	4	4	40	40	40
4	0	6	5	6	0	0	0
5	0	7	6	7	0	0	0
6	0	8	6	8	0	0	0
6 o +	0	9	7	9	0	0	0
TOTALS	15				60	60	60



ESCALA 2					TOTAL PERSONES SEGONS		
Nº DORMITORIS	Nº HABITATGES	DECRET ECO	CTE	OS-BCN	DECRET ECO	CTE	OS-BCN
1	0	2	1,5	1,5	0	0	0
2	10	3	3	3	30	30	30
3	10	4	4	4	40	40	40
4	0	6	5	6	0	0	0
5	0	7	6	7	0	0	0
6	0	8	6	8	0	0	0
6 o +	0	9	7	9	0	0	0
TOTALS	20				70	70	70

ESCALA 3					TOTAL PERSONES SEGONS		
Nº DORMITORIS	Nº HABITATGES	DECRET ECO	CTE	OS-BCN	DECRET ECO	CTE	OS-BCN
1	0	2	1,5	1,5	0	0	0
2	9	3	3	3	27	27	27
3	10	4	4	4	40	40	40
4	0	6	5	6	0	0	0
5	0	7	6	7	0	0	0
6	0	8	6	8	0	0	0
6 o +	0	9	7	9	0	0	0
TOTALS	19				67	67	67

ESCALA 4					TOTAL PERSONES SEGONS		
Nº DORMITORIS	Nº HABITATGES	DECRET ECO	CTE	OS-BCN	DECRET ECO	CTE	OS-BCN
1	0	2	1,5	1,5	0	0	0
2	8	3	3	3	24	24	24
3	9	4	4	4	36	36	36
4	0	6	5	6	0	0	0
5	0	7	6	7	0	0	0
6	0	8	6	8	0	0	0
6 o +	0	9	7	9	0	0	0
TOTALS	17				60	60	60

ESCALA 5					TOTAL PERSONES SEGONS		
Nº DORMITORIS	Nº HABITATGES	DECRET ECO	CTE	OS-BCN	DECRET ECO	CTE	OS-BCN
1	0	2	1,5	1,5	0	0	0
2	6	3	3	3	18	18	18
3	6	4	4	4	24	24	24
4	0	6	5	6	0	0	0
5	0	7	6	7	0	0	0
6	0	8	6	8	0	0	0
6 o +	0	9	7	9	0	0	0
TOTALS	12				42	42	42

Amb els valors dels usuaris de l'edifici i altres unitats privatives, es determina quins seran els valors objectiu de càlcul en base a les tres normatives d'aplicació per cadascuna de les escales. Es mostren els resultats a continuació:



Escala 1

DADES		Segons Decret ECO Tº acumulació [ºC]	60
Ce	calor específic de l'aigua [Kcal/ºC*Kg]		1
Ts	temperatura de servei [ºC]		60
Te	temperatura aigua entrada inst. [ºC]		16,18
d	densitat de l'aigua [kg/l]		1
habitatge	litres/personaxdia		28
	nº persones		60
local comercial	litres/dia		75,35
Cs [60ºC]	consum litres/dia		1.755,35
Fs	contribució solar [%]		0,5
E - ACS	energia total per generar ACS [kcal/h]		76.920,90
E - ACS+Solar	energia aportar plaques solars [Kcal/h]		38.460,45
Demanda ACS	Demanda generació ACS [Kwh/dia]		89,31
Demanda ACS+Solar	Demanda generació ACS+Solar [Kwh/dia]		44,65

DADES		Segons CTE Tº acumulació [ºC]	60
Ce	calor específic de l'aigua [Kcal/ºC*Kg]		1
Ts	temperatura de servei [ºC]		60
Te	temperatura aigua entrada inst. [ºC]		16,18
d	densitat de l'aigua [kg/l]		1
habitatge	litres/personaxdia		28
	nº persones		60
local comercial	litres/dia		75,35
Cs [60ºC]	consum litres/dia		1.755,35
Fs	contribució solar [%]		0,3
E - ACS	energia total per generar ACS [kcal/h]		76.920,90
E - ACS+Solar	energia aportar plaques solars [Kcal/h]		23.076,27
Demanda ACS	Demanda generació ACS [Kwh/dia]		89,31
Demanda ACS+Solar	Demanda generació ACS+Solar [Kwh/dia]		26,79

DADES		Segons Ordenança Solar BCN Tº acumulació [ºC]	60
Ce	calor específic de l'aigua [Kcal/ºC*Kg]		1
Ts	temperatura de servei [ºC]		60
Te	temperatura aigua entrada inst. [ºC]		16,18
d	densitat de l'aigua [kg/l]		1
habitatge	litres/personaxdia		22
	nº persones		60
local comercial	litres/dia		75,35
Cs [60ºC]	consum litres/dia		1.395,35



Fs	contribució solar	[%]	0,6
E - ACS	energia total per generar ACS	[kcal/h]	61.145,40
E - ACS+Solar	energia aportar plaques solars	[Kcal/h]	36.687,24
Demanda ACS	Demanda generació ACS	[Kwh/dia]	70,99
Demanda ACS+Solar	Demanda generació ACS+Solar	[Kwh/dia]	42,59

Contabilització de Consums del Local Comercial		
Ts	temperatura de servei [°C]	60
Te	temperatura aigua entrada inst. [°C]	16,18
local comercial	rati segons Ordenança Solar [litres / dia x m2]	1,37
	Superfície del local [m2]	55
Cs [60°C]	consum [litres/dia]	75,35

En els tres casos, s’han fixat temperatures de referència de 60 °C i els seus corresponents consums associats per cadascuna de les normes indicades. Per la temperatura d’aigua freda, s’ha utilitzat la mitja anual indicada en el punt 8 de l’article 1 de l’Annex I de l’Ordenança Solar de Barcelona.

Com es pot observar, dels tres càlculs possibles, s’obté el més desfavorable en aplicar el **Decret d’Ecoeficiència**, on cal garantir una cobertura del 50 %, i considerar un consum per usuari de 28 litres/dia.

Amb les dades de la primera taula es realitzen els càlculs i simulacions energètics per a justificar la cobertura exigida.

Del càlcul realitzat, s’obtenen els següents valors en quant a demanda energètica derivada de la producció d’aigua calenta sanitària. Els valors son els que es mostren a continuació:

	Perfil consum (%)	Consum ACS	Consum ACS	Temperatura d'aigua freda (°C)	Demanda d'energia ACS (kWh/mes)
		(litres/día)	(litres/mes)		
Gener	100	1.811,30	56.152,00	10,3	3.245
Febrer	100	1.811,30	50.718,00	10,7	2.908
Març	100	1.811,30	56.152,00	12,4	3.108
Abril	100	1.811,30	54.340,00	14,2	2.894
Maig	100	1.811,30	56.152,00	16,6	2.834
Juny	100	1.811,30	54.340,00	19,4	2.565
Juliol	100	1.811,30	56.152,00	20,9	2.553
Agost	100	1.811,30	56.152,00	22,4	2.455
Setembre	100	1.811,30	54.340,00	21,5	2.433
Octubre	100	1.811,30	56.152,00	19,1	2.671
Novembre	100	1.811,30	54.340,00	15	2.843
Desembre	100	1.811,30	56.152,00	11,7	3.154
					33.661


El consum d’ACS real de l’edifici es de 1.755,35 litres dia, no obstant com es consideren unes pèrdues per distribució del 3 %, el programa de càlcul les reflexa com un increment del consum diari en aquest percentatge, es a dir que 1.755,35 litres/dia x 3 % = 1.811,3 litres/dia. Es per aquest motiu que en la taula anterior es mostra el consum diari incrementat en un 3 %.



Escala 2

DADES	Segons Decret ECO Tº acumulació [°C]	60
Ce	calor específic de l'aigua [Kcal/°C*Kg]	1
Ts	temperatura de servei [°C]	60
Te	temperatura aigua entrada inst. [°C]	16,18
d	densitat de l'aigua [kg/l]	1
habitatge	litres/personaxdia	28
	nº persones	70
local comercial	litres/dia	134,26
Cs [60°C]	consum [litres/dia]	2.094,26
Fs	contribució solar [%]	0,5
E - ACS	energia total per generar ACS [kcal/h]	91.772,22
E - ACS+Solar	energia aportar plaques solars [Kcal/h]	45.886,11
Demanda ACS	Demanda generació ACS [Kwh/dia]	106,55
Demanda ACS+Solar	Demanda generació ACS+Solar [Kwh/dia]	53,27

DADES	Segons CTE Tº acumulació [°C]	60
Ce	calor específic de l'aigua [Kcal/°C*Kg]	1
Ts	temperatura de servei [°C]	60
Te	temperatura aigua entrada inst. [°C]	16,18
d	densitat de l'aigua [kg/l]	1
habitatge	litres/personaxdia	28
	nº persones	70
local comercial	litres/dia	134,26
Cs [60°C]	consum litres/dia]	2.094,26
Fs	contribució solar [%]	0,3
E - ACS	energia total per generar ACS [kcal/h]	91.772,22
E - ACS+Solar	energia aportar plaques solars [Kcal/h]	27.531,67
Demanda ACS	Demanda generació ACS [Kwh/dia]	106,55
Demanda ACS+Solar	Demanda generació ACS+Solar [Kwh/dia]	31,96

DADES	Segons Ordenança Solar BCN Tº acumulació [°C]	60
Ce	calor específic de l'aigua [Kcal/°C*Kg]	1
Ts	temperatura de servei [°C]	60
Te	temperatura aigua entrada inst. [°C]	16,18
d	densitat de l'aigua [kg/l]	1
habitatge	litres/personaxdia	22
	nº persones	70
local comercial	litres/dia	134,26
Cs [60°C]	consum litres/dia]	1.674,26
Fs	contribució solar [%]	



E - ACS	energia total per generar ACS [kcal/h]	73.367,47
E - ACS+Solar	energia aportar plaques solars [Kcal/h]	44.020,48
Demanda ACS	Demanda generació ACS [Kwh/dia]	85,18
Demanda ACS+Solar	Demanda generació ACS+Solar [Kwh/dia]	51,11

Contabilització de Consums del Local Comercial		
Ts	temperatura de servei [°C]	60
Te	temperatura aigua entrada inst. [°C]	16,18
local comercial	rati segons Ordenança Solar [litres / dia x m2]	1,37
	Superfície del local [m2]	98
Cs [60°C]	consum [litres/dia]	134,26

En els tres casos, s’han fixat temperatures de referència de 60 °C i els seus corresponents consums associats per cadascuna de les normes indicades. Per la temperatura d’aigua freda, s’ha utilitzat la mitja anual indicada en el punt 8 de l’article 1 de l’Annex I de l’Ordenança Solar de Barcelona.

Com es pot observar, dels tres càlculs possibles, s’obté el més desfavorable en aplicar el **Decret d’Ecoeficiència**, on cal garantir una cobertura del 50 %, i considerar un consum per usuari de 28 litres/dia.

Amb les dades de la primera taula es realitzen els càlculs i simulacions energètics per a justificar la cobertura exigida.

Del càlcul realitzat, s’obtenen els següents valors en quant a demanda energètica derivada de la producció d’aigua calenta sanitària. Els valors son els que es mostren a continuació:

	Perfil consum (%)	Consum ACS	Consum ACS	Temperatura d'aigua freda (°C)	Demanda d'energia ACS (kWh/mes)
		(litres/día)	(litres/mes)		
Gener	100	2.162,00	67.024,00	10,3	3.873
Febrer	100	2.162,00	60.538,00	10,7	3.470
Març	100	2.162,00	67.024,00	12,4	3.710
Abril	100	2.162,00	64.862,00	14,2	3.454
Maig	100	2.162,00	67.024,00	16,6	3.382
Juny	100	2.162,00	64.862,00	19,4	3.062
Juliol	100	2.162,00	67.024,00	20,9	3.047
Agost	100	2.162,00	67.024,00	22,4	2.930
Setembre	100	2.162,00	64.862,00	21,5	2.904
Octubre	100	2.162,00	67.024,00	19,1	3.188
Novembre	100	2.162,00	64.862,00	15	3.394
Desembre	100	2.162,00	67.024,00	11,7	3.764
					40.178

El consum d’ACS real de l’edifici es de 2.094,26 litres dia, no obstant com es consideren unes pèrdues per distribució del 3 %, el programa de càlcul les reflexa com un increment del consum diari en aquest percentatge, es a dir que 2.094,26 litres/dia x 3 % = 2.162 litres/dia. Es per aquest motiu que en la taula anterior es mostra el consum diari incrementat en un 3 %.



Escala 3

DADES	Segons Decret ECO Tº acumulació [°C]	60
Ce	calor específic de l'aigua [Kcal/°C*Kg]	1
Ts	temperatura de servei [°C]	60
Te	temperatura aigua entrada inst. [°C]	16,18
d	densitat de l'aigua [kg/l]	1
habitatge	litres/personaxdia	28
	nº persones	67
local comercial	litres/dia	280,85
Cs [60°C]	consum [litres/dia]	2.156,85
Fs	contribució solar [%]	0,5
E - ACS	energia total per generar ACS [kcal/h]	94.514,96
E - ACS+Solar	energia aportar plaques solars [Kcal/h]	47.257,48
Demanda ACS	Demanda generació ACS [Kwh/dia]	109,73
Demanda ACS+Solar	Demanda generació ACS+Solar [Kwh/dia]	54,87

DADES	Segons CTE Tº acumulació [°C]	60
Ce	calor específic de l'aigua [Kcal/°C*Kg]	1
Ts	temperatura de servei [°C]	60
Te	temperatura aigua entrada inst. [°C]	16,18
d	densitat de l'aigua [kg/l]	1
habitatge	litres/personaxdia	28
	nº persones	67
local comercial	litres/dia	280,85
Cs [60°C]	consum [litres/dia]	2.156,85
Fs	contribució solar [%]	0,3
E - ACS	energia total per generar ACS [kcal/h]	94.514,96
E - ACS+Solar	energia aportar plaques solars [Kcal/h]	28.354,49
Demanda ACS	Demanda generació ACS [Kwh/dia]	109,73
Demanda ACS+Solar	Demanda generació ACS+Solar [Kwh/dia]	32,92

DADES	Segons Ordenança Solar BCN Tº acumulació [°C]	60
Ce	calor específic de l'aigua [Kcal/°C*Kg]	1
Ts	temperatura de servei [°C]	60
Te	temperatura aigua entrada inst. [°C]	16,18
d	densitat de l'aigua [kg/l]	1
habitatge	litres/personaxdia	22
	nº persones	67
local comercial	litres/dia	280,85
Cs [60°C]	consum [litres/dia]	1.756,85



Fs	contribució solar	[%]	0,6
E - ACS	energia total per generar ACS	[kcal/h]	76.898,99
E - ACS+Solar	energia aportar plaques solars	[Kcal/h]	46.139,39
Demanda ACS	Demanda generació ACS	[Kwh/dia]	89,28
Demanda ACS+Solar	Demanda generació ACS+Solar	[Kwh/dia]	53,57

Contabilització de Consums del Local Comercial		
Ts	temperatura de servei	[°C]
Te	temperatura aigua entrada inst.	[°C]
local comercial	rati segons Ordenança Solar	[litres / dia x m2]
	Superfície del local	[m2]
Cs [60°C]	consum	[litres/dia]

En els tres casos, s’han fixat temperatures de referència de 60 °C i els seus corresponents consums associats per cadascuna de les normes indicades. Per la temperatura d’aigua freda, s’ha utilitzat la mitja anual indicada en el punt 8 de l’article 1 de l’Annex I de l’Ordenança Solar de Barcelona.

Com es pot observar, dels tres càlculs possibles, s’obté el més desfavorable en aplicar el **Decret d’Ecoeficiència**, on cal garantir una cobertura del 50 %, i considerar un consum per usuari de 28 litres/dia.

Amb les dades de la primera taula es realitzen els càlculs i simulacions energètics per a justificar la cobertura exigida.

Del càlcul realitzat, s’obtenen els següents valors en quant a demanda energètica derivada de la producció d’aigua calenta sanitària. Els valors son els que es mostren a continuació:

	Perfil consum (%)	Consum ACS	Consum ACS	Temperatura d'aigua freda (°C)	Demanda d'energia ACS (kWh/mes)
		(litres/día)	(litres/mes)		
Gener	100	2.230,00	69.127,00	10,3	3.995
Febrer	100	2.230,00	62.437,00	10,7	3.579
Març	100	2.230,00	69.127,00	12,4	3.826
Abril	100	2.230,00	66.897,00	14,2	3.563
Maig	100	2.230,00	69.127,00	16,6	3.488
Juny	100	2.230,00	66.897,00	19,4	3.158
Juliol	100	2.230,00	69.127,00	20,9	3.143
Agost	100	2.230,00	69.127,00	22,4	3.022
Setembre	100	2.230,00	66.897,00	21,5	2.995
Octubre	100	2.230,00	69.127,00	19,1	3.288
Novembre	100	2.230,00	66.897,00	15	3.500
Desembre	100	2.230,00	69.127,00	11,7	3.882
					41.439

El consum d’ACS real de l’edifici es de 2.156,85 litres dia, no obstant com es consideren unes pèrdues per distribució del 3 %, el programa de càlcul les reflexa com un increment del consum diari en aquest percentatge, es a dir que 2.156,85 litres/dia x 3 % = 2.230 litres/dia. Es per aquest motiu que en la taula anterior es mostra el consum diari incrementat en un 3 %.



Escala 4

DADES	Segons Decret ECO Tº acumulació [°C]	60
Ce	calor específic de l'aigua	[Kcal/°C*Kg]
Ts	temperatura de servei	[°C]
Te	temperatura aigua entrada inst.	[°C]
d	densitat de l'aigua	[kg/l]
habitatge	litres/personaxdia	28
	nº persones	60
local comercial	litres/dia	176,73
Cs [60°C]	consum	litres/dia
Fs	contribució solar	[%]
E - ACS	energia total per generar ACS	[kcal/h]
E - ACS+Solar	energia aportar plaques solars	[Kcal/h]
Demanda ACS	Demanda generació ACS	[Kwh/dia]
Demanda ACS+Solar	Demanda generació ACS+Solar	[Kwh/dia]

DADES	Segons CTE Tº acumulació [°C]	60
Ce	calor específic de l'aigua	[Kcal/°C*Kg]
Ts	temperatura de servei	[°C]
Te	temperatura aigua entrada inst.	[°C]
d	densitat de l'aigua	[kg/l]
habitatge	litres/personaxdia	28
	nº persones	60
local comercial	litres/dia	176,73
Cs [60°C]	consum	litres/dia
Fs	contribució solar	[%]
E - ACS	energia total per generar ACS	[kcal/h]
E - ACS+Solar	energia aportar plaques solars	[Kcal/h]
Demanda ACS	Demanda generació ACS	[Kwh/dia]
Demanda ACS+Solar	Demanda generació ACS+Solar	[Kwh/dia]

DADES	Segons Ordenança Solar BCN Tº acumulació [°C]	60
Ce	calor específic de l'aigua	[Kcal/°C*Kg]
Ts	temperatura de servei	[°C]
Te	temperatura aigua entrada inst.	[°C]
d	densitat de l'aigua	[kg/l]
habitatge	litres/personaxdia	22
	nº persones	60
local comercial	litres/dia	176,73
Cs [60°C]	consum	litres/dia



Fs	contribució solar	[%]	0,6
E - ACS	energia total per generar ACS	[kcal/h]	65.587,96
E - ACS+Solar	energia aportar plaques solars	[Kcal/h]	39.352,77
Demanda ACS	Demanda generació ACS	[Kwh/dia]	76,15
Demanda ACS+Solar	Demanda generació ACS+Solar	[Kwh/dia]	45,69

Contabilització de Consums del Local Comercial		
Ts	temperatura de servei [°C]	60
Te	temperatura aigua entrada inst. [°C]	16,18
local comercial	rati segons Ordenança Solar [litres / dia x m2]	1,37
	Superfície del local [m2]	129
Cs [60°C]	consum [litres/dia]	176,73

En els tres casos, s’han fixat temperatures de referència de 60 °C i els seus corresponents consums associats per cadascuna de les normes indicades. Per la temperatura d’aigua freda, s’ha utilitzat la mitja anual indicada en el punt 8 de l’article 1 de l’Annex I de l’Ordenança Solar de Barcelona.

Com es pot observar, dels tres càlculs possibles, s’obté el més desfavorable en aplicar el **Decret d’Ecoeficiència**, on cal garantir una cobertura del 50 %, i considerar un consum per usuari de 28 litres/dia.

Amb les dades de la primera taula es realitzen els càlculs i simulacions energètics per a justificar la cobertura exigida.

Del càlcul realitzat, s’obtenen els següents valors en quant a demanda energètica derivada de la producció d’aigua calenta sanitària. Els valors son els que es mostren a continuació:

	Perfil consum (%)	Consum ACS	Consum ACS	Temperatura d'aigua freda (°C)	Demanda d'energia ACS (kWh/mes)
		(litres/día)	(litres/mes)		
Gener	100	1.918,00	59.462,00	10,3	3.436
Febrer	100	1.918,00	53.708,00	10,7	3.079
Març	100	1.918,00	59.462,00	12,4	3.291
Abril	100	1.918,00	57.544,00	14,2	3.064
Maig	100	1.918,00	59.462,00	16,6	3.001
Juny	100	1.918,00	57.544,00	19,4	2.717
Juliol	100	1.918,00	59.462,00	20,9	2.703
Agost	100	1.918,00	59.462,00	22,4	2.600
Setembre	100	1.918,00	57.544,00	21,5	2.576
Octubre	100	1.918,00	59.462,00	19,1	2.828
Novembre	100	1.918,00	57.544,00	15	3.011
Desembre	100	1.918,00	59.462,00	11,7	3.339
		35.646			

El consum d’ACS real de l’edifici es de 1.856,76 litres dia, no obstant com es consideren unes pèrdues per distribució del 3 %, el programa de càlcul les reflexa com un increment del consum diari en aquest percentatge, es a dir que 1.856,73 litres/dia x 3 % = 1.918 litres/dia. Es per aquest motiu que en la taula anterior es mostra el consum diari incrementat en un 3 %.



Escala 5

DADES	Segons Decret ECO Tº acumulació [ºC]	60
Ce	calor específic de l'aigua [Kcal/ºC*Kg]	1
Ts	temperatura de servei [ºC]	60
Te	temperatura aigua entrada inst. [ºC]	16,18
d	densitat de l'aigua [kg/l]	1
habitatge	litres/personaxdia	28
	nº persones	42
local comercial	litres/dia	157,55
Cs [60ºC]	consum litres/dia]	1.333,55
Fs	contribució solar [%]	0,5
E - ACS	energia total per generar ACS [kcal/h]	58.437,27
E - ACS+Solar	energia aportar plaques solars [Kcal/h]	29.218,64
Demanda ACS	Demanda generació ACS [Kwh/dia]	67,85
Demanda ACS+Solar	Demanda generació ACS+Solar [Kwh/dia]	33,92

DADES	Segons CTE Tº acumulació [°C]	60
Ce	calor específic de l'aigua [Kcal/°C*Kg]	1
Ts	temperatura de servei [°C]	60
Te	temperatura aigua entrada inst. [°C]	16,18
d	densitat de l'aigua [kg/l]	1
habitatge	litres/personaxdia	28
	nº persones	42
local comercial	litres/dia	157,55
Cs [60°C]	consum litres/dia]	1.333,55
Fs	contribució solar [%]	0,3
E - ACS	energia total per generar ACS [kcal/h]	58.437,27
E - ACS+Solar	energia aportar plaques solars [Kcal/h]	17.531,18
Demanda ACS	Demanda generació ACS [Kwh/dia]	67,85
Demanda ACS+Solar	Demanda generació ACS+Solar [Kwh/dia]	20,35

DADES	Segons Ordenança Solar BCN Tº acumulació [°C]		60
Ce	calor específic de l'aigua	[Kcal/°C*Kg]	1
Ts	temperatura de servei	[°C]	60
Te	temperatura aigua entrada inst.	[°C]	16,18
d	densitat de l'aigua	[kg/l]	1
habitatge	litres/personaxdia		22
	nº persones		42
local comercial	litres/dia		157,55
Cs [60°C]	consum	litres/dia]	1.084,55



Fs	contribució solar	[%]	0,6
E - ACS	energia total per generar ACS	[kcal/h]	47.394,42
E - ACS+Solar	energia aportar plaques solars	[Kcal/h]	28.436,65
Demanda ACS	Demanda generació ACS	[Kwh/dia]	55,02
Demanda ACS+Solar	Demanda generació ACS+Solar	[Kwh/dia]	33,01

Contabilització de Consums del Local Comercial			
Ts	temperatura de servei	[°C]	60
Te	temperatura aigua entrada inst.	[°C]	16,18
local comercial	rati segons Ordenança Solar	[litres / dia x m2]	1,37
	Superfície del local	[m2]	115
Cs [60°C]	consum	[litres/dia]	157,55

En els tres casos, s’han fixat temperatures de referència de 60 °C i els seus corresponents consums associats per cadascuna de les normes indicades. Per la temperatura d’aigua freda, s’ha utilitzat la mitja anual indicada en el punt 8 de l’article 1 de l’Annex I de l’Ordenança Solar de Barcelona.

Com es pot observar, dels tres càlculs possibles, s’obté el més desfavorable en aplicar el **Decret d’Ecoeficiència**, on cal garantir una cobertura del 50 %, i considerar un consum per usuari de 28 litres/dia.

Amb les dades de la primera taula es realitzen els càlculs i simulacions energètics per a justificar la cobertura exigida.

Del càlcul realitzat, s’obtenen els següents valors en quant a demanda energètica derivada de la producció d’aigua calenta sanitària. Els valors son els que es mostren a continuació:

	Perfil consum (%)	Consum ACS	Consum ACS	Temperatura d'aigua freda (°C)	Demanda d'energia ACS (kWh/mes)
		(litres/día)	(litres/mes)		
Gener	100	1.378,00	42.729,00	10,3	2.469
Febrer	100	1.378,00	38.594,00	10,7	2.213
Març	100	1.378,00	42.729,00	12,4	2.365
Abril	100	1.378,00	41.351,00	14,2	2.202
Maig	100	1.378,00	42.729,00	16,6	2.156
Juny	100	1.378,00	41.351,00	19,4	1.952
Juliol	100	1.378,00	42.729,00	20,9	1.943
Agost	100	1.378,00	42.729,00	22,4	1.868
Setembre	100	1.378,00	41.351,00	21,5	1.851
Octubre	100	1.378,00	42.729,00	19,1	2.032
Novembre	100	1.378,00	41.351,00	15	2.164
Desembre	100	1.378,00	42.729,00	11,7	2.400
					25.615

El consum d’ACS real de l’edifici es de 1.333,55 litres dia, no obstant com es consideren unes pèrdues per distribució del 3 %, el programa de càlcul les reflexa com un increment del consum diari en aquest percentatge, es a dir que 1.333,55 litres/dia x 3 % = 1.378 litres/dia. Es per aquest motiu que en la taula anterior es mostra el consum diari incrementat en un 3 %.



5.2 Demanada energètica per l’escalfament d’aigua de piscines cobertes

No es l’objecte d’aquest projecte.

5.3 Demanada energètica per l’escalfament d’aigua de processos industrials

No es l’objecte d’aquest projecte.

6. DESCRIPCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA

6.1 Objectiu energètic

D’acord amb les dades indicades en el punt 5.1 de la memòria, la determinació de la contribució solar mínima exigida ve donada per el Decret d’Ecoeficiència. D’aquesta manera:

- La cobertura solar mínima sobre la demanda d’energia per a la producció d’ACS serà del 50 %, d’acord amb el consum i situació de la instal·lació.
- El consum de l’edifici es determina en base a 28 litres dia i usuari per l’ús habitatge plurifamiliar
- El consum dels locals comercials es te en compte a raó de 1,37 l/dia per m² de local.

El resultat final de la demanda d’aigua calenta de l’edifici a 60 °C es el que s’indica en la taula següent:

ESCALA	USUARIS	L/DIA USUARI	TOTAL USUARIS	LOCAL (m²)	L/DIA X m² LOCAL	TOTAL LOCALS	TOTAL REAL	TOTAL VALOR DE CàLCUL(*)
1	60	28	1.680	55	1,37	75,35	1.755,35	1.811,3
2	70	28	1.960	98	1,37	134,26	2.094,26	2.162
3	67	28	1.876	205	1,37	280,85	2.156,85	2.230
4	60	28	1.680	129	1,37	176,76	1.856,76	1.918
5	42	28	1.176	115	1,37	157,55	1.333,55	1.378

(*) En les taules del projecte així com els resultats de càlcul aquest valor s’incrementa en un 3 % degut a les pèrdues per distribució considerades, com així s’indica en la taula anterior de manera que quedin clars els valors dels annexes de càlcul considerats.

6.2 Sistema triat

A continuació es descriu el sistema escollit per a la producció d’ACS per mitjà de captadors solars tèrmics. Es fan descripcions de sistemes, els quals son els mateixos per cadascuna de les 5 escales de l’edifici, i es diferencia donant dades més concretes cadascuna de les escales quant es parla de m² de captació, volum d’acumulació, etc...

S’opta per un sistema centralitzat de producció d’aigua calenta per mitjà de captadors solars. Aquets disposarà d’un circuit primari, desde el camp de captació fins al local tècnic de planta coberta, on s’instal·larà el dipòsit interacumulador d’aigua. Aquest dipòsit, realitzarà la funció de dipòsit d’inèrcia. Un segon primari, partint desde el dipòsit interacumulador fins a l’intercanvi amb l’aigua sanitària en els habitatges, tancarà el circuit de producció d’aigua calenta a traves del camp de captació solar.

Els dos circuits primaris seran circuits tancats amb aigua de no consum, i per tant no serà necessari la comptabilització de consums d’aigua de xarxa a nivell comunitari.

Es preveuen un total de 5 instal·lacions, una per cadascuna de les escales.



6.3 Captació solar

La superfície total de captació de l'edifici es desglossa en la taula següent per cadascuna de les 5 escales, obtenint un sumatori final de 86,94 m² que seria la superfície total de captació de la promoció d'habitatges:

ESCALA	DEMANDA l/dia	Nº CAPTADORS	SUPERFICIE ABSORVIDOR (m²)	TOTAL SUPERFICIE (m²)
1	1.755,35	5	3,22	16,10
2	2.094,26	6	3,22	19,32
3	2.156,85	6	3,22	19,32
4	1.856,73	6	3,22	19,32
5	1.333,55	4	3,22	12,88
TOTAL	-	-	-	86,94

S'utilitzaran captadors solars de tubs de buit de les següents característiques:

Tipus captador: CAPTADOR TUBS DE BUIT
Marca: BAXI ROCA
Model: AR-30
Certificació: GPS-8555
Organisme: Direcció General d'Energia, Mines i Seguretat Industrial
validesa fins a: 21/11/2018
segons RD 891/1980 de 14 d'abril i Ordre de 28 de juliol de 1980
Superfície captador : 4,15 m²
Superfície d'obertura : 3,22 m²
Coeficients de rendiment:
η0: 0,8320
a1: 1,14 Wm²/K
a2: 0,0144 Wm²/K²

D'acord amb la taula anterior, seran necessaris entre 4 i 6 captadors per escala per a poder garantir el compliment de les exigències. En qualsevol cas, tots els captadors s'instal·laran sempre en paral·lel, no es faran agrupacions en sèrie entre ells. Cada captador disposarà de vàlvules de tall i vàlvules d'equilibrat al retorn, així com de vàlvula de seguretat de 7 bars i purgadors a l'entrada i sortida del captador.

En els annexes de la present memòria, s'adjunta la documentació relativa a l'assaig i proves del captador que certifiquen les dades indicades en els apartats anteriors.

El tipus de captador a instal·lar, s'instal·larà 8,9º a l'oest, per tal d'alinejar-lo amb l'orientació de la coberta. Degut a la inexistència d'edificacions veïnes d'alçada superior, no es preveuen perdudes significatives per ombres en les escales de la 1 a la 4. En l'escala 5, donat que l'edifici disposa de 2 plantes menys, es preveuen unes pèrdues per ombres superiors, tot i així, aquestes son admissibles i estan dins dels límits normatius.

En el càlcul, per mitjà d'un programa tipus f-chart, els resultats del qual s'adjunten en el punt 7 del present document, es justifica que les perdudes totals per orientació i inclinació son, per cada escala, les que es mostren en les taules següents:

ESCALA	PERDUDES ORIENTACIÓ/INCLINACIÓ	PERDUDES PER OMBRES	DINS NORMA (SI/NO)
1	0,29 %	0,30 %	SI
2	0,29 %	0,32 %	SI
3	0,29 %	0,32 %	SI
4	0,29 %	0,32 %	SI
5	0,29 %	0,40 %	SI



6.4 Bescanvi i acumulació

El sistema d'acumulació solar estarà constituït per un dipòsit interacumulador d'acer vitrificat amb protecció catòdica tipus Correx-Up electrònica permanent. El volum d'acumulació varia en funció de cada escala, en qualsevol cas, cada escala disposa sempre d'un sol dipòsit. Aquest estarà situat en una sala tècnica específica en la planta coberta de l'edifici.

Les acumulacions previstes per cadascuna de les escales son:

ESCALA	VOLUM ACUMULACIÓ (L)	Nº DE DIPÒSITS	SUPERFICIE DE BESCANVI	MODEL
1	1.500	1	4,38	CS-1500
2	2.000	1	6,08	CS-2000
3	2.000	1	6,08	CS-2000
4	2.000	1	6,08	CS-2000
5	1.000	1	3,12	CS-1000

Les característiques dels dipòsits Inter acumuladors seran les següents:

Dipòsits de 1.000 litres

Tipus de dipòsit: ACUMULADOR D'ACER VITRIFICAT
Marca: SALVADOR ESCODA
Model: CS-1000
Capacitat: 1.000 litres
Boca de registre: 400 mm
Superfície intercanvi: 3,12 m²
Protecció catòdica: SI
Mides:
Alçada: 2,46metres
Diàmetre: 0,79 metres
Temp màxima dipòsit: 95 °C
Pressió màx. dipòsit: 8 bar
Temp màxima primari: 100 °C
Pressió màx. primari: 10 bar

Dipòsits de 1.500 litres

Tipus de dipòsit: ACUMULADOR D'ACER VITRIFICAT
Marca: SALVADOR ESCODA
Model: CS-1500
Capacitat: 1.500 litres
Boca de registre: 400 mm
Superfície intercanvi: 4,38 m²
Protecció catòdica: SI
Mides:
Alçada: 2,325metres
Diàmetre: 1,00 metres
Temp màxima dipòsit: 95 °C
Pressió màx. dipòsit: 8 bar
Temp màxima primari: 100 °C
Pressió màx. primari: 10 bar



Dipòsits de 2.000 litres

Tipus de dipòsit:	ACUMULADOR D'ACER VITRIFICAT
Marca:	SALVADOR ESCODA
Model:	CS-2000
Capacitat:	2.000 litres
Boca de registre:	400 mm
Superfície intercanvi:	6,08 m²
Protecció catòdica:	SI
Mides:	
Alçada:	2,13metres
Diàmetre:	1,25 metres
Temp màxima dipòsit:	95 °C
Pressió màx. dipòsit:	8 bar
Temp màxima primari:	100 °C
Pressió màx. primari:	10 bar

Els dipòsits disposaran d'aïllament de poliuretà flexible de 100 mm de gruix, amb recobriment de PVC gris.

Cada dipòsit disposarà de termòmetre, claus de tall i seccionament de primari i secundari, vàlvula de buidat, vàlvula de seguretat i dipòsit d'expansió.

L'acumulador estarà certificat d'acord amb la Directiva Europea 97/23/CEE d'Equips de Pressió i incorporarà una placa de característiques, amb la informació del fabricant, identificació de l'equip a pressió, volum, pressions i pèrdues de càrrega del mateix. La placa de característiques indicarà, a més, la superfície de bescanvi tèrmic en m2 i la pressió màxima de treball del circuit primari.

Els acumuladors projectats, estan preparats per a treballar com a dipòsits d'inèrcia per energia solar tèrmica.

Cada habitatge disposarà d'un kit de producció d'A.C.S. instantània, compostat per un bescanviador de plaques entre altres elements de regulació. El sistema es un conjunt premuntat, de la marca Baxi Roca model Platinum Compact i s'ha dissenyat per un funcionament de 650 l/h en el costat primari del bescanviador, i un cabal de 800 l/h en el costat secundari o de consum. El disseny de temperatures, s'ha realitzat en base a les recomanacions i especificacions tècniques del fabricant.

6.5 Circuits hidràulics

El circuit primari uneix els captadors solars amb el sistema de bescanvi i inèrcia situat en la planta coberta.

Tot el circuit està constituït per canonades de coure formant tot el conjunt un circuit tancat. Les unions seran soldades per mitjà de soldadura forta.

Les canonades del circuit primari, aniran aïllades en tot el seu traçat. El gruix de l'aïllament serà el que estableix el vigent reglament d'instal·lacions tèrmiques en els edificis per canonades que transporten fluid calent per l'exterior dels edificis. D'aquesta manera l'aïllament serà del tipus escuma elastomèrica de 40 mm de gruix.

La totalitat de canonades exteriors, disposaran de protecció de l'aïllament per mitjà de recobriment de planxa o alumini.



Les vàlvules d'acord amb les funcions que desenvolupin seran de material compatible amb les canonades i són les indicades en els plànols de la instal·lació corresponents. Segons la seva funció seran:

- Aïllament: vàlvules d'esfera
- Equilibrat de circuits: vàlvules de seient
- Buidat: vàlvules d'esfera o de mascle
- Omplert: vàlvules d'esfera
- Purga d'aire: vàlvules d'esfera o de mascle
- Seguretat: vàlvula de resort
- Retenció: vàlvules de disc de doble comporta o de clapeta

El fluid utilitzat en el primari de solar serà aigua amb barreja de propilenglicol al 30 %, aconseguint una temperatura de protecció de -15 °C com a mínim.

El circuit secundari està format per un conjunt de canonades, construïnt un segon circuit tancat i independent del circuit primari. Aquesta part de la instal·lació es la que aporta l'energia produïda per els camps de captadors a cadascun dels habitatges.

Cada habitatge disposa d'un kit de bescanvi d'energia format per un intercanviador de plaques que s'adapta a la caldera. El kit cedirà l'energia a la aigua en el moment que hi hagi consum. Si el kit no cedeix suficient energia, la caldera de gas de condensació acabarà d'escalfar l'aigua a la temperatura de consum.

El circuit secundari, disposa de dues bombes en paral·lel, tipus electròniques i amb variador de freqüència incorporat. D'aquesta manera es permet una autoregulació del cabal en funció de la pressió diferencial del circuit, pressió que varia en funció del número de pisos consumidors en cada moment.

Les canonades del circuit secundari, aniran aïllades en tot el seu traçat. El gruix de l'aïllament serà el que estableix el vigent reglament d'instal·lacions tèrmiques en els edificis per canonades que transporten fluid calent per l'interior dels edificis. D'aquesta manera l'aïllament serà del tipus escuma elastomèrica de 30 mm de gruix.

El fluid caloportador del circuit secundari serà aigua de xarxa, degut a la no necessitat d'incorporar agents químics per evitar gelades, ja que tot el traçat es interior.

6.6 Regulació i mesura

El sistema de control instal·lat assegura el correcte funcionament de la instal·lació obtenint un bon aprofitament de l'energia solar i assegurant un ús adequat de l'energia auxiliar.

La RTU rebrà tota la informació de les sondes i actuarà sobre les bombes circuladores tant del circuit primari com del secundari i distribució.

El control de funcionament normal de les bombes del circuit actua en funció de la radiació solar i de la diferència entre la temperatura del fluid portador en la sortida de la bateria dels captadors i la del retorn dels dipòsits d'acumulació.

El sistema de control està ajustat de manera que les bombes no estiguin en marxa quan la diferència de temperatures sigui menor de 2 °C i no estiguin parades quan la diferència sigui superior a 7 °C. La diferència de temperatures entre els punts d'arrencada i de parada de termòstat diferencial no serà menor de 2 °C.



Les sondes de temperatura pel control diferencial es col·locaran a la part superior dels captadors de forma que representin la màxima temperatura del circuit de captació. El sensor de temperatura de l'acumulació es col·locarà al propi dipòsit en el terç inferior.

El sistema de control assegura que en cap cas s'assoleixin temperatures superiors als 95 °C, que son les màximes suportades pels materials, components i tractaments dels circuits, i que en cap punt la temperatura del fluid de treball descendeixi per sota d'una temperatura 4 °C superior a la de congelació del fluid.

EL circuit de distribució es posarà en marxa sempre que la sonda de temperatura del dipòsit d'acumulació estigui per sobre de 30 °C, i s'aturarà quant aquesta sonda registri una temperatura per sota dels 20 °C.

Com a marges de seguretat, si la temperatura del dipòsit es superior a 80 °C, les bombes del circuit de distribució s'aturaran, de igual manera si la temperatura de l'acumulador baixa dels 4 °C, les bombes es posaran en marxa com a protecció en front de glaçades.

La instal·lació disposa dels suficients aparells de mesura de pressió i temperatura que permetin el seu correcte funcionament.

Es disposa d'un sistema analògic de mesura local i registre de dades que indiqui com a mínim les següents variables:

- Temperatura d'entrada aigua freda de xarxa
- Temperatura de l'acumulador solar
- Comptatge de litres per emplenat circuits tancats.

Seguint allò que indica l'annex I.5 Sistemes de control, de la vigent ordenança solar tèrmica de Barcelona, es preveu que tots els habitatges, en la zona comú, es pugui incorporar un equip per el comptatge de l'energia consumida. De igual manera, es preveu instal·lar 1 comptador d'energia per un dels habitatges de cada escala.

6.7 Monitoratge de la instal·lació

No es objecte del projecte, per tant no es preveu cap element de camp ni control que permeti la monitorització de la instal·lació.

6.8 Aportació d'energia auxiliar

Es disposa un equip d'energia convencional auxiliar per a complementar la contribució solar subministrant l'energia necessària per a cobrir la demanda prevista i garantir la continuïtat del subministrament d'aigua calenta en els casos de poca radiació solar o demanda superior a la prevista.

El sistema convencional auxiliar està dissenyat per a cobrir el servei com si no es disposés del sistema solar. Només entrarà en funcionament quan sigui estrictament necessari i de forma que s'aprofitei el màxim possible l'energia extreta del camp de captació.

Cada habitatge disposarà d'un kit amb bescanviador instantani, el qual preescalfarà l'aigua freda sanitària. En els casos de gran radiació solar i suficient energia emmagatzemada, es pot donar el cas de no ser necessària l'entrada en funcionament del sistema auxiliar.

Posterior al kit de bescanvi, l'aigua freda preescalfada passarà per la caldera de condensació de gas, la qual permetrà assolir, en cas de que el sistema d'energia solar tèrmica no sigui capaç, la temperatura de consum desitjada.



Es preveu la instal·lació de una caldera gas de condensació de 24 kW de potència nominal de la marca BAXI ROCA model Patinium Compact Eco 24/24 F ECO a cada habitatge.

7. BALANÇ ENERGÈTIC

Pel càlcul de la demanda, s'han considerat els valors unitaris de consum en litres d'A.C.S. per dia establerts al Decret 21/2006 (Decret d'eficiència).

Aquests valors han de ser mensuals, pel que s'han multiplicat pel número de dies de cada mes.

S'ha escollit una temperatura a l'acumulador final de 60 °C, segons el que s'especifica en al Decret 21/2006 (Decret d'eficiència).

El càlcul de la demanda energètica es realitza mitjançant la següent expressió, per a cada més de l'any, expressat en kWh/mes:

$$DE_{mes} = Q_{dia} \times N \times (T_{ACS} - T_{AF}) \times 1,16 \times 10^{-3}$$

essent:

DE _{mes}	demanda energètica, en kWh/mes
Q _{dia}	consum diari d'aigua calenta sanitària a la temperatura de referència T _{A.C.S.} , en l/dia
N	número de dies del mes considerat, dies/mes,
T _{A.C.S.}	temperatura de referència utilitzada per a la quantificació del consum d'aigua calenta, en °C
T _{AF}	temperatura de l'aigua freda de la xarxa, en °C

Es determina el percentatge de la demanda energètica mensual, o fracció solar mensual, com a relació entre dos magnituds adimensionals D₁ i D₂, mitjançant la fórmula següent:

$$f = 1,029D_1 - 0,065D_2 - 0,245D_1^2 + 0,0018D_2^2 + 0,0215D_1^3$$

La seqüència que s'ha seguit en el càlcul és la següent:

1. Càlcul de la radiació solar mensual incident H_{mes} sobre la superfície inclinada dels captadors
2. Càlcul del paràmetre D₁
3. Càlcul del paràmetre D₂
4. Determinació de la fracció energètica mensual f aportada pel sistema de captació solar, mitjançant gràfiques o equacions
5. Valoració de la cobertura solar anual, grau de cobertura solar o fracció solar anual F

El càlcul de la radiació solar disponible als captadors solars s'efectua segons la següent fórmula:

$$H_{mes} = k_{mes} \times H_{dia} \times N$$

essent:

H _{mes}	irradiació, o radiació solar incident per m ² de superfície dels captadors per mes, en kWh/(m ² mes)
k _{mes}	coeficient funció del mes, de la latitud i de la inclinació de la superfície de captació solar
H _{dia}	irradiació, o radiació solar incident per m ² de superfície dels captadores per dia, en kWh/(m ² dia)
N	número de dies del mes.



Les pèrdues per orientació, inclinació i ombres de la superfície de captació s’ha avaluat d’acord amb allò estipulat a la Sección HE4 del DB HE del CTE, per a considerar els límits màxims admissibles.

La valoració de les pèrdues per inclinació s’han realitzar segons les taules del Anexo X del Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, que defineixen un factor de correcció k pera superfícies inclinades, que representa el quocient entre l’energia total incident en un dia sobre una superfície orientada cap a l’equador i inclinada un determinat angle, i altra horitzontal, per a totes les latituds del territori espanyol.
Les correccions degudes a les ombres i a l’angle d’azimut s’han realitzat segons els esquemes del CTE, i es recullen a l’annex del Càlcul.

El paràmetre D₁ expressa la relació entre l’energia absorbida pel captador pla EA_{mes} i la demanda o càrrega energètica mensual de l’edifici durant un mes, DE_{mes}.

$$D_1 = \frac{EA_{mes}}{DE_{mes}}$$

L’expressió de l’energia absorbida pel captador, EA_{mes}, és la següent:

$$EA_{mes} = S_c \times F'_R (\tau \alpha) \times H_{mes}$$

essent:

EA_{mes} energia solar mensual absorbida pels captadors, en kWh/mes
S_c superfície de captació, en m²
H_{mes} energia solar mensual incident sobre la superfície dels captadors, en kWh/(m².mes)
F'_R(τ α) factor adimensional, l’expressió del qual és:

$$F'_R (\tau \alpha) = F_R (\tau \alpha)_n \times \left[\frac{(\tau \alpha)}{(\tau \alpha)_n} \right] \times \frac{F'_R}{F_R}$$

on:

F_R (τ α)_n factor de eficiència òptica del captador, ordenada en origen de la corba característica del captador, dada que ha de proporcionar el fabricant
[(τ α)/(τ α)_n] modificador de l’angle d’incidència. En general es pot prendre com a constant:
0,96 superfície transparent senzilla, o
0,94 superfície transparent doble
F'_R/ F_R factor de correcció del conjunt captador-bescanviador. Es recomana prendre el valor 0,95

El paràmetre D₂ expressa la relació entre l’energia perduda pel captador EP_{mes}, per a una determinada temperatura, i la demanda energètica mensual de l’edifici DE_{mes}.

$$D_2 = \frac{EP_{mes}}{DE_{mes}}$$

L’expressió de les pèrdues del captador és la següent:

$$EP_{mes} = S_c \times F'_R U_L \times (100 - T_{AMB}) \times \Delta t \times K_1 \times K_2$$



essent:

EP_{mes} energia solar mensual perduda pels captadors, en kWh/mes
S_c superfície de captació solar, en m²
F'_RU_L factor, en kWh/(m² K), l’expressió del qual és:

$$F'_R U_L = F_R U_L \times \frac{F'_R}{F_R} \times 10^{-3}$$

on:

F_RU_L coeficient global de pèrdues del captador, també denominat U₀, en W/(m² K), pendent de la corba característica del captador solar, dada proporcionada pel fabricant
F'_R/F_R factor de correcció del conjunt captador–bescanviador. Es recomana prendre el valor 0,95

T_{AMB} temperatura mitja mensual de l’ambient en °C
Δt període del temps considerat, en hores

K₁ factor de correcció en emmagatzematge:

$$K_1 = \left[\frac{V}{75 \times S_c} \right]^{-0,25}$$

on:

V volum d’acumulació solar, en litres. Es recomana que el valor V sigui tal que compleixi la condició 50 < V/Sc < 100

K₂ factor de correcció per a A.C.S. que relaciona les diferents temperatures

$$K_2 = \frac{(11,6 + 1,18 T_{AC} + 3,86 T_{AF} - 2,32 T_{AMB})}{(100 - T_{AMB})}$$

on:

T_{AC} temperatura mínima de l’agua calenta sanitària, que s’estableix en l’apartat 1.1 de la Sección HE4 del DB HE, en 60 °C
T_{AF} temperatura de l’aigua de la xarxa, en °C
T_{AMB} temperatura mitja mensual de l’ambient, en °C.

S’han emprat les taules del Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE.

La fracció solar anual es calcula per la raó entre la suma d’aportacions solars mensuals i la suma de les demandes energètiques de cada mes:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{12} EU_{mes}}{\sum_{i=1}^{12} DE_{mes}}$$



essent:

EU_{mes} energia útil mensual aportada per la instal·lació solar per a la producció de l'aigua calenta sanitària de l'edifici, en kWh/mes, determinada per la següent expressió:

EU_{mes} = f_{mes} × DE_{mes}

f_{mes} fracció solar mensual
DE_{mes} demanda energètica, en kWh/mes.

Una vegada realitzat el càlcul de la superfície de captadors solars S_c que compleixin la contribució solar mínima requerida, es podrà calcular la producció solar prevista definitiva EU_{mes} a partir de la demanda energètica DE_{mes} i la fracció solar mensual. A continuació es mostren els resultats per escales:

Escala 1

	Consum ACS (litres/mes)	Demanda d'energia ACS (kWh/mes)	Aportació Solar (kWh/dia)	Aportació Solar (kWh/mes)	Fracció Solar ACS (%)
Gener	56.152,00	3.245	34	1.038	31,98
Febrer	50.718,00	2.908	42	1.167	40,15
Març	56.152,00	3.108	49	1.525	49,08
Abril	54.340,00	2.894	54	1.631	56,35
Maig	56.152,00	2.834	57	1.773	62,56
Juny	54.340,00	2.565	57	1.721	67,07
Juliol	56.152,00	2.553	57	1.759	68,92
Agost	56.152,00	2.455	54	1.688	68,75
Setembre	54.340,00	2.433	50	1.508	62,00
Octubre	56.152,00	2.671	45	1.383	51,80
Novembre	54.340,00	2.843	36	1.090	38,34
Desembre	56.152,00	3.154	31	965	30,60
TOTAL	661.142,00	33.661		17.248	51,24%

Escala 2

	Consum ACS (litres/mes)	Demanda d'energia ACS (kWh/mes)	Aportació Solar (kWh/dia)	Aportació Solar (kWh/mes)	Fracció Solar ACS (%)
Gener	67.024,00	3.873	40	1.247	0,32
Febrer	60.538,00	3.470	50	1.402	0,40
Març	67.024,00	3.710	59	1.831	0,49
Abril	64.862,00	3.454	65	1.958	0,57
Maig	67.024,00	3.382	69	2.128	0,63
Juny	64.862,00	3.062	69	2.065	0,67
Juliol	67.024,00	3.047	68	2.111	0,69
Agost	67.024,00	2.930	65	2.026	0,69



Setembre	64.862,00	2.904	60	1.811	0,62
Octubre	67.024,00	3.188	54	1.661	0,52
Novembre	64.862,00	3.394	44	1.309	0,39
Desembre	67.024,00	3.764	37	1.158	0,31
TOTAL	789.154,00	40.178		20.707	51,54%

Escala 3

	Consum ACS (litres/mes)	Demanda d'energia ACS (kWh/mes)	Aportació Solar (kWh/dia)	Aportació Solar (kWh/mes)	Fracció Solar ACS (%)
Gener	69.127,00	3.995	40	1.250	0,31
Febrer	62.437,00	3.579	50	1.407	0,39
Març	69.127,00	3.826	59	1.840	0,48
Abril	66.897,00	3.563	66	1.968	0,55
Maig	69.127,00	3.488	69	2.141	0,61
Juny	66.897,00	3.158	69	2.079	0,66
Juliol	69.127,00	3.143	69	2.126	0,68
Agost	69.127,00	3.022	66	2.040	0,67
Setembre	66.897,00	2.995	61	1.822	0,61
Octubre	69.127,00	3.288	54	1.670	0,51
Novembre	66.897,00	3.500	44	1.314	0,38
Desembre	69.127,00	3.882	38	1.161	0,30
TOTAL	813.914,00	41.439		20.818	50,24%

Escala 4

	Consum ACS (litres/mes)	Demanda d'energia ACS (kWh/mes)	Aportació Solar (kWh/dia)	Aportació Solar (kWh/mes)	Fracció Solar ACS (%)
Gener	59.462,00	3.436	40	1.232	0,36
Febrer	53.708,00	3.079	49	1.381	0,45
Març	59.462,00	3.291	58	1.797	0,55
Abril	57.544,00	3.064	64	1.914	0,62
Maig	59.462,00	3.001	67	2.074	0,69
Juny	57.544,00	2.717	67	2.008	0,74
Juliol	59.462,00	2.703	66	2.051	0,76
Agost	59.462,00	2.600	63	1.967	0,76
Setembre	57.544,00	2.576	59	1.764	0,68
Octubre	59.462,00	2.828	53	1.627	0,58
Novembre	57.544,00	3.011	43	1.290	0,43
Desembre	59.462,00	3.339	37	1.144	0,34
TOTAL	700.118,00	35.646		20.250	56,81%



Escala 5

	Consum ACS (litres/mes)	Demanda d'energia ACS (kWh/mes)	Aportació Solar (kWh/dia)	Aportació Solar (kWh/mes)	Fracció Solar ACS (%)
Gener	42.729,00	2.469	26	819	0,33
Febrer	38.594,00	2.213	33	923	0,42
Març	42.729,00	2.365	39	1.208	0,51
Abril	41.351,00	2.202	43	1.290	0,59
Maig	42.729,00	2.156	45	1.401	0,65
Juny	41.351,00	1.952	45	1.358	0,70
Juliol	42.729,00	1.943	45	1.388	0,71
Agost	42.729,00	1.868	43	1.331	0,71
Setembre	41.351,00	1.851	40	1.191	0,64
Octubre	42.729,00	2.032	35	1.092	0,54
Novembre	41.351,00	2.164	29	860	0,40
Desembre	42.729,00	2.400	25	764	0,32
TOTAL	503.101,00	25.615		13.625	53,19%

8. NORMATIVA APLICABLE

8.1 Normativa estatal aplicable

- RD 314/2006 Código Técnico de la Edificación, documento básico DB HE, Ahorro de energía, Sección HE 4, Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- Real decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) y se crea la Comisión asesora para las instalaciones térmicas de los edificios.
- Corrección de errores del Real Decreto 1027/2007. Publicado el 28 de febrero de 2008, BOE 51.
- Real Decreto 865/2003, de 4 de noviembre, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionel·losi.

8.2 Normativa autonómica aplicable

- Decreto 21/2006, de 14 de febrero, por el que se regula la adopción de criterios ambientales y de eficiencia energética en los edificios.
- Instrucción 7/2008 de la secretaria de industria y empresa, que se aprueba el procedimiento administrativo para la puesta en servicio provisional para pruebas de las instalaciones térmicas en los edificios.
- Instrucción 5/2008, de la secretaria de industria y empresa, que aprueba los modelos normalizados de impresos para la tramitación administrativa de las instalaciones térmicas en los edificios.
- Instrucción 4/2008, de la secretaria de industria y empresa, que regula los requerimientos que han de cumplir las instalaciones térmicas en los edificios en Cataluña.
- Instrucción 5/2009 de la secretaria de industria y empresa, de modificación de la instrucción 4/2008.
- Instrucción 2/2007, de la secretaria de industria y empresa, de aclaramientos sobre los requisitos de diseño de instalaciones térmicas en los edificios en relación al CTE y al Decreto 21/2006 sobre criterios ambientales y de eficiencia energética en los edificios.
- Instrucción 4/2005, de la dirección general de energía y mines y seguridad industrial, de aclaramiento sobre los requisitos de diseño de instalaciones térmicas en los edificios y de instalaciones frigoríficas para la prevención de la legionel·losi.



- Decreto 352/2004, de 27 de julio, por el que se establecen las condiciones higiénico-sanitarias para la prevención y el control de la legionel·losi.
- Orden de 3 de mayo de 1999, sobre el procedimiento de actuación de las empresas instaladoras de las entidades de inspección y control y de los titulares, instalaciones reguladas por el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE).

8.3 Normas UNE

- Norma UNE EN ISO 9.488/00. Energía Solar. Vocabulario
- Norma UNE EN 12.975/01. Sistemas solares térmicos y sus componentes
- Norma UNE EN 12.976/01. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas prefabricados.
- Norma UNE EN 12.977/02. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida.
- Norma UNE 94.002/05. Instalaciones solares térmicas para producción de ACS. Cálculo de la demanda térmica.
- Norma UNE 100.030/2005 IN Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de la legionel·la en las instalaciones.
- Norma UNE 100.155/2004 IN Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión.
- 157001/2002 Criterios generales para la elaboración de proyectos.

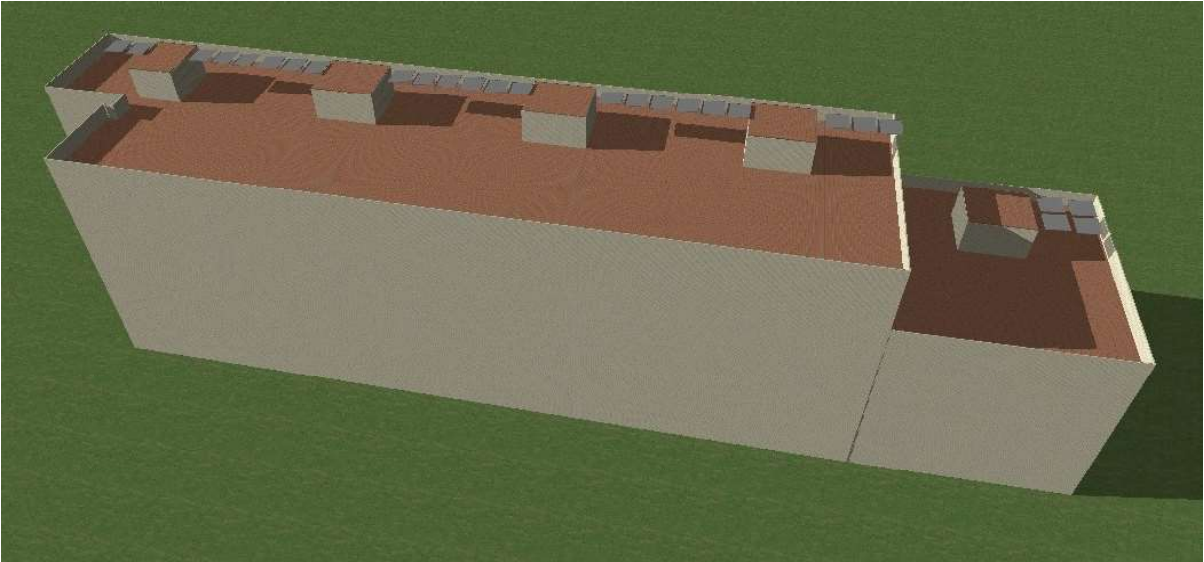
8.4 Ordenanzas municipales

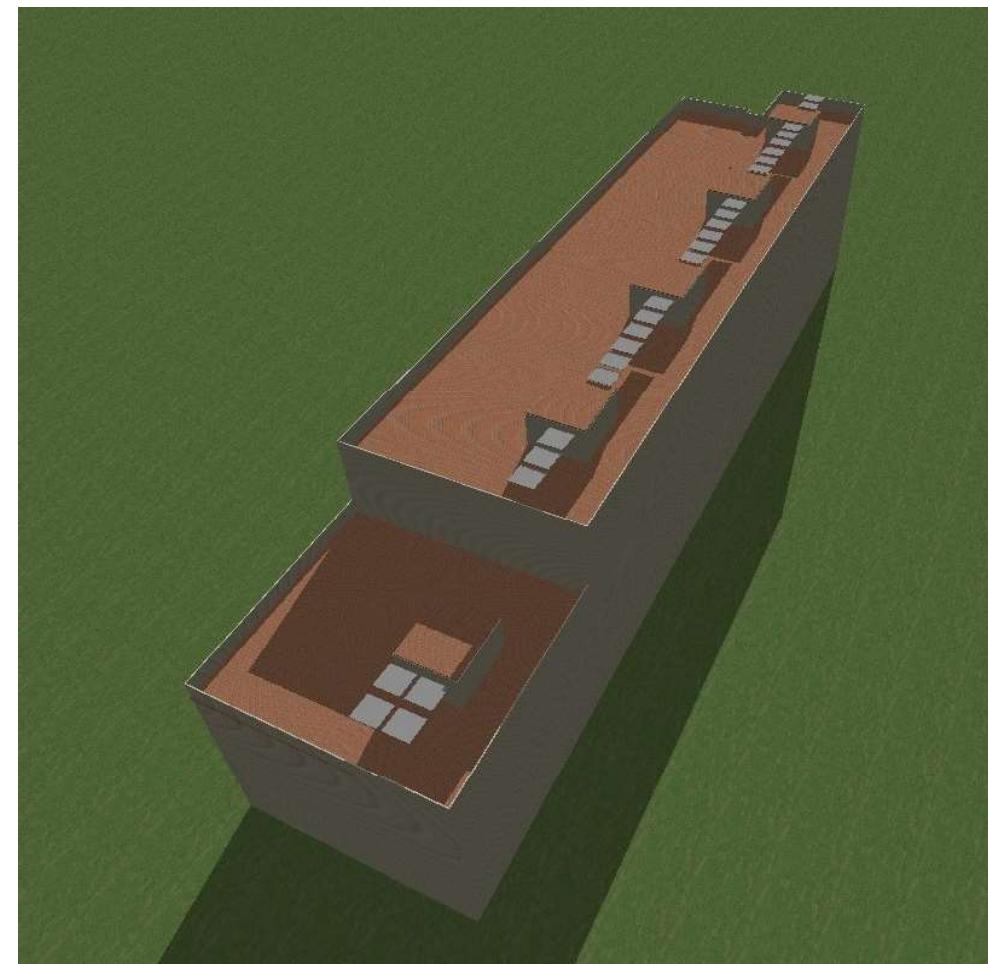
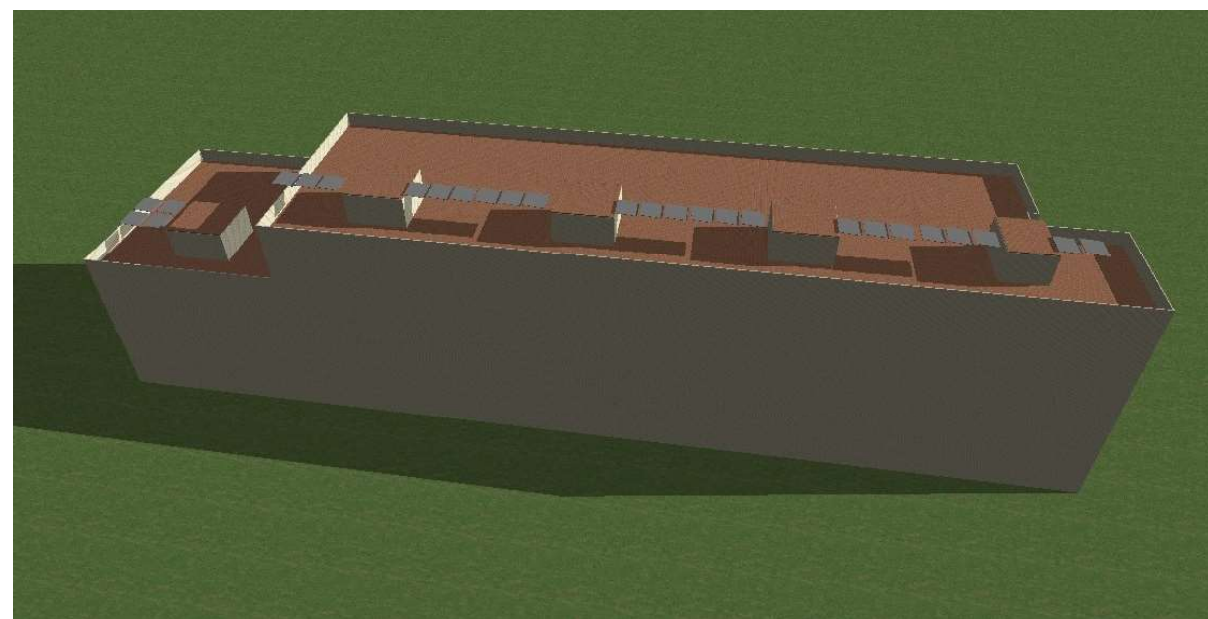
- Ordenanza solar térmica de Barcelona(OST), agosto 2000
- Modificación integral de la anexa sobre captación solar térmica de la ordenanza General de Medio Ambiente Urbán de la Ayuntamiento de Barcelona, del 24 de febrero de 2006.

9. RENDERS 3D POSICIÓN CAPTADORES

En las siguientes imágenes se muestra la posición de los captadores solares sobre el edificio modelado en trazo básico en 3D.

Como se aprecia, la escala 5, bloque más bajo del edificio, tiene más pérdidas por sombras que el resto de escalas, dada la diferencia de altura. No obstante, como se ha justificado en los cálculos, estas son admisibles y están dentro de los límites establecidos.





10. PRESSUPOST

El pressupost total per a la realització de la instal·lació de plaques solars tèrmiques per a aigua calenta sanitària, a l'efecte de complir les exigències tècniques administratives, es considera estimatiu en:

Instal·lació plaques solars tèrmiques.....21.387,24 Euros

El total del pressupost de les instal·lacions és de **VINT-I-UN MIL TRES-CENTS VUITANTA-SET EUROS AMB VINT-I-QUATRE CÈNTIMS**

Barcelona, juliol de 2017

Joan Font Armengol
Col·legiat 10.852 – CETIB
Enginyer Tècnic Industrial



II. ANNEXES



CÀLCULS ESCALA 1

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

1.- DATOS DE DISEÑO

1.1.- DATOS RELATIVOS AL EMPLAZAMIENTO

Emplazamiento:	Barcelona-Dades ordenança V2
Altitud sobre el nivel del mar:	95
Temperatura mínima histórica:	-7
Zona climática:	II
Latitud:	41° 24' Norte
Longitud:	2° 12' Este

	VALORES MENSUALES DE DISEÑO		
	H (KJ/m²·día)	Kt	Ta (°C)
Enero	6.800	0,44	9,4
Febrero	9.650	0,50	9,9
Marzo	13.880	0,51	12,3
Abril	18.540	0,53	14,6
Mayo	22.250	0,54	17,7
Junio	24.030	0,55	21,6
Julio	23.370	0,55	24,4
Agosto	20.420	0,52	24,2
Septiembre	16.050	0,51	21,7
Octubre	11.400	0,53	17,5
Noviembre	7.730	0,44	13,5
Diciembre	6.040	0,46	10,2

H: Media mensual de radiación diaria sobre superficie horizontal (en kJ/m²·día).

Kt: Índice de nubosidad.

Ta: Temperatura ambiente media mensual (en °C).

Los datos relativos a la radiación solar y a la temperatura ambiente se han tomado de la norma UNE 94003:2007. Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas.

1.2.- CARGA DE CONSUMO DE AGUA CALIENTE SANITARIA

La siguiente tabla muestra los distintos tipos de consumo que se presentan en el edificio:

Tipo de consumo	Unidad	Nº Uds	Consumo Litros/días	Consumo Total (l/d)
Vivenda-Decret Ecoeficiència	persona	60	28,0 a 60,0°C	1.680,0
Locals comercials-Ordenança Solar Barcelona	m2	55	1,4 a 60,0°C	77,0

La acumulación se realizará a 60,0°C y el rendimiento térmico de la instalación de distribución del A.C.S. se considera igual al 97%.

Teniendo en cuenta un perfil de consumo mensual de tipo "Demanda constante anual" y los valores de temperatura de agua fría de red disponibles para la localidad, los valores medios mensuales de consumo total diario de A.C.S. en el edificio y el consumo energético mensual para calentamiento del agua de uso sanitario resultantes serán los que se muestran en la tabla siguiente:

	Perfil consumo (%)	Consumo ACS (litros/día)	Consumo ACS (litros/mes)	Temperatura agua fría (°C)	Demanda energía ACS (MJ/mes)
Enero	100	1.811	56.152	10,3	11.682
Febrero	100	1.811	50.718	10,7	10.467
Marzo	100	1.811	56.152	12,4	11.188
Abril	100	1.811	54.340	14,2	10.418
Mayo	100	1.811	56.152	16,6	10.201
Junio	100	1.811	54.340	19,4	9.235
Julio	100	1.811	56.152	20,9	9.190
Agosto	100	1.811	56.152	22,4	8.838
Septiembre	100	1.811	54.340	21,5	8.758
Octubre	100	1.811	56.152	19,1	9.614
Noviembre	100	1.811	54.340	15,0	10.236
Diciembre	100	1.811	56.152	11,7	11.353

Lo que representa un consumo medio diario de 1.811,3 litros, medio mensual de 55.094,9 litros y un consumo total anual de 661.139,2 litros.

1.3.- PARÁMETROS DE DISEÑO

Se proyecta una instalación solar térmica constituida por un campo de captadores solares orientados en dirección Sur desviación 8,9° Oeste, y con una inclinación respecto a la horizontal de 5,0°. El índice de reflectividad del entorno donde se situarán los captadores se toma igual a 0,15.

El sistema se diseña para que se cubra al menos un 50,0% de la demanda de energía anual. Este parámetro servirá para el dimensionamiento del campo de captadores y de la capacidad de acumulación.

2.- CONFIGURACIÓN ELEGIDA

La instalación estará constituida por un conjunto de captadores solares que reciben la radiación solar y la transforman en energía térmica, elevando la temperatura del fluido que circula por su interior. La energía captada se transfiere a continuación a un depósito acumulador de agua caliente. Después de éste se instala en serie un equipo convencional de apoyo o auxiliar, cuya potencia térmica es suficiente para que pueda proporcionar la energía necesaria para la producción total demandada.

Se elige un sistema del tipo circulación forzada con intercambiador de calor en el acumulador solar, que tiene las siguientes características:

Superficie total de captación (A):	16,1 m²
Volumen total de acumulación solar (V):	1.500 litros
Fracción solar (por método f-chart):	51,2 %
Consumo medio diario en los meses de verano (M):	1.821 litros/día

2.1.- RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN A LARGO PLAZO

La simulación a largo plazo del sistema utilizando el método de f-chart produce los resultados siguientes:

	Demanda (MJ/día)	Demanda (MJ/Mes)	Aporte Solar (MJ/día)	Aporte Solar (MJ/mes)	Fracción Solar ACS (%)
Enero	377	11.682	121	3.736	32,0

	Demanda (MJ/día)	Demanda (MJ/Mes)	Aporte Solar (MJ/día)	Aporte Solar (MJ/mes)	Fracción Solar ACS (%)
Febrero	374	10.467	150	4.202	40,1
Marzo	361	11.188	177	5.491	49,1
Abril	347	10.418	196	5.871	56,4
Mayo	329	10.201	206	6.382	62,6
Junio	308	9.235	206	6.194	67,1
Julio	296	9.190	204	6.334	68,9
Agosto	285	8.838	196	6.076	68,7
Septiembre	292	8.758	181	5.430	62,0
Octubre	310	9.614	161	4.980	51,8
Noviembre	341	10.236	131	3.924	38,3
Diciembre	366	11.353	112	3.474	30,6

2.2.- PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS

Teniendo en cuenta la situación y colocación de los módulos solares respecto de los elementos arquitectónicos, se considera que nos encontramos en el caso “General”.

El cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación se realiza según el apartado 3.5 del documento básico HE4, obteniéndose el valor siguiente:

Pérdidas por orientación e inclinación: 0,29%

Para obtener el valor de las pérdidas por sombras se utiliza un método analítico basado en el trazado de rayos, más exacto que el método gráfico aproximado descrito en el apartado 3.6 del HE4.

Este método consiste en determinar el porcentaje de la radiación solar que no incide sobre la superficie de los captadores debido a los obstáculos, respecto de la que incidiría de no existir sombra, repitiendo el proceso para cada hora de un día representativo de cada mes.

La superficie de cada captador solar se divide en 100 elementos rectangulares iguales y se comprueba geométricamente si el rayo trazado desde el centro de cada rectángulo hasta la posición solar, corta el volumen ocupado por alguno de los obstáculos o con alguno de los restantes captadores solares.

En caso de que un obstáculo se interponga en el camino del rayo, se considera que todo el rectángulo está en sombra, y se contabilizan las pérdidas correspondientes a la energía que no se recibe, teniendo en cuenta que esta energía es diferente dependiendo de la hora solar. Es decir, la sombra producida al medio día provoca más pérdidas que la misma extensión de sombra producida a primera o última hora del día.

Siguiendo este criterio se obtienen unas pérdidas de radiación solar por sombras de 0,30%

2.3.- RELACIONES ENTRE LAS PRINCIPALES DIMENSIONES

A continuación se muestran las relaciones entre las principales magnitudes de la instalación:

Relación entre el área de captación y el consumo medio diario en los meses estivales:

100·A/M = 0,88

Relación entre el volumen de agua acumulada y el consumo medio diario:

V/M = 0,82

Volumen del depósito de acumulación por cada metro cuadrado de superficie de captación

debe mantener la relación:

V/A = 93,17

El caudal de fluido portador, calculado a partir de la superficie total de captadores instalados, teniendo en cuenta el tipo de conexionado serie o paralelo, es de 1,81 l/s por cada 100 m² de superficie de captadores.

3.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

3.1.- SISTEMA DE CAPTACIÓN

El campo de colectores estará formado por 5 unidades con una superficie total de captación igual a 16,1 m², orientados en dirección Sur desviación 8,9° Oeste e inclinados 5,0° respecto de la horizontal.

Los captadores se conectarán entre sí en paralelo.

Todos los grupos estarán compuestos por el mismo número de elementos y se situarán formado filas paralelas y bien alineadas.

En la documentación gráfica del proyecto se muestra la disposición final del campo de colectores.

Los captadores solares serán planos de baja temperatura, modelo BAXI ROCA AR-30 cumpliendo todos los requerimientos de la norma UNE 94101 y con las siguientes características:

Contraseña de homologación:	GPS-8208
Superficie del absorbedor:	3,22 m²
Presión máxima de servicio:	8,0 bar
Contenido de fluido calo-portante:	5,6 litros
Dimensiones externas:	2,00x2,13 m
Caudal de diseño:	60,00 litros/hora/m²
Curva de rendimiento:	0,8320 - 1,1400 · (Tm-Ta)/l

Con objeto de evitar calentamientos excesivos se dotará a la instalación de equipos específicos que permitan disipar los excedentes térmicos.

3.2.- SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR

El sistema de acumulación tendrá una capacidad total de 1.500 litros y estará compuesto por un único depósito de capacidad suficiente.

Los depósitos acumuladores seleccionados son del tipo INTERACUMULADORS ESCOSOL CS con las características que se detallan a continuación:

Presión máxima de servicio:	8,0 bar
Material:	Acero vitrificado
Aislamiento:	Poliuretano flexible de 100 mm con recubrimiento de PVC gris
Espesor del aislamiento:	100 mm
Capacidad:	1.500 litros
Dimensiones:	Ø1.000x2.325 m

3.3.- SISTEMA DE INTERCAMBIO

El sistema cuenta con un intercambiador de calor de tipo serpentín instalado en el interior del

depósito de acumulación. La superficie total de intercambio es de: 4,38 m², superior a 15% de la superficie total de captación.

3.4.- CIRCUITOS HIDRÁULICOS

3.4.1.- CIRCUITO PRIMARIO

El circuito primario está compuesto por las tuberías que conectan a los captadores solares entre sí, y a estos con el sistema de acumulación/intercambio. Se realizará con tubería de tipo Cobre UNE-37-141-76 de diferentes diámetros.

En cada batería de captadores la entrada del fluido térmico se realiza por el extremo inferior del primer colector y la salida por el extremo superior del último. La entrada tendrá una pendiente ascendente en el sentido del avance del fluido del 1 %.

La conexión entre los captadores solares se ha diseñado utilizando el sistema de retorno invertido, de manera que el circuito resulta equilibrado hidráulicamente.

Se ha calculado el circuito hidráulico para un caudal de diseño de 65,00 l/h/m², lo que supone un caudal total de 1.046,50 l/h y una pérdida de carga de 4,05 mmca.

Para las condiciones de simulación, con una radiación incidente de 1.000 w/m², una temperatura del fluido térmico a la entrada del campo de captadores de 45°C y una temperatura exterior de 20°C, las pérdidas térmicas en la red de tuberías suponen un 3,9% de la potencia total generada por la instalación.

La documentación gráfica del proyecto incluye un esquema de conexonado de los distintos elementos que componen el sistema, con indicación de los diámetros utilizados en cada tramo.

Los anejos de cálculo contienen una descripción del método de cálculo hidráulico empleado y el detalle de los resultados obtenidos.

Fluido caloportante:

De acuerdo con los datos climatológicos disponibles para el emplazamiento, y dado que existe riesgo de heladas, se decide utilizar como fluido térmico agua desmineralizada con anticongelantes e inhibidores de la corrosión no tóxicos, utilizando para esta aplicación una mezcla al 25,0% de propilenglicol, que tiene una temperatura de congelación inferior a -15 °C.

El calor específico del fluido térmico es de 3.722,9 KJ/Kg·K.

Circulador:

Se elige un circulador modelo CIRCULADOR ESTANDAR de las siguientes características:

Caudal nominal:	1.047 litros/hora
Presión nominal:	4,1 m.c.a.
Potencia nominal:	25,0 w
Tensión de funcionamiento:	II - 230 V – 50 Hz

Depósito de expansión cerrado:

Se instalará un depósito de expansión cerrado de tipo indirecto (con diafragma), de las siguientes características:

Capacidad total:	80 litros
Presión máxima de trabajo:	6,0 bar
Presión de llenado:	0,8 bar

Presión tarado válvula de seguridad: 6,0 bar

3.5.- SISTEMA DE CONTROL

El control de funcionamiento normal de las bombas será siempre de tipo diferencial y debe actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de colectores y la del depósito de acumulación.

El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor que 2°C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor que 7°C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada del termostato diferencial no será menor que 2°C.

ANEXOS DE CÁLCULO

1.- CÁLCULO DE LA COBERTURA SOLAR

Se ha seguido el método de cálculo denominado de las curvas-f (f-charts), que consiste en utilizar las correlaciones obtenidas mediante simulaciones por ordenador, que relacionan las variables adimensionales más importantes del sistema térmico solar y el rendimiento que este sistema tiene a lo largo de un periodo de tiempo suficientemente prolongado.

Como resultado se obtiene el valor *f* o fracción de la demanda energética que es posible cubrir mediante la energía solar recibida por el sistema de captación.

f = 1,029·Y - 0,065·X - 0,245·Y² + 0,0018·X² + 0,0215·Y³

Las relaciones adimensionales que aparecen en la ecuación anterior tienen el siguiente significado físico:

X expresa la relación entre las pérdidas de energía del captador solar y la demanda térmica total.

X = (Ac · FR'UL · (Tref - Ta) Δt) / LTOT

Y representa la relación entre la energía absorbida por el captador solar y la demanda total de energía.

Y = (Ac · FR'(τα) · HT · NM) / Ltot

Donde:

- Ac Área total de captación solar.
- FR'UL Factor de pérdidas térmicas del captador solar (W/m²·K).
- FR'(τα) Factor de ganancias del captador solar.
- Tref Temperatura de referencia igual a 100°C.
- Ta Temperatura del ambiente exterior (°C).
- HT Radiación solar media mensual diaria en superficie inclinada (KJ/día·m²).
- Δt Periodo de tiempo en segundos (segundos/mes).
- Nm Periodo de tiempo en días (días/mes).
- Ltot enertgía total demandada (MJ/mes)

A la hora de aplicar el método de cálculo se tienen en cuenta los factores de corrección introducidos por las siguientes causas:

- Eficiencia del intercambiador.
- Orientación de los captadores solares fuera del rango 15°OESTE a 15° ESTE.
- Inclinaciones de los captadores solares diferentes a la latitud ±15°.
- Caudales de circulación fuera del rango 3,6 a 7,2 litros/hora/m²
- Capacidades de acumulación distintas a 75 litros/m² de superficie de captación.

La radiación solar diaria como media mensual se calcula teniendo en cuenta la superficie de abertura de los captadores solares, su orientación respecto a la dirección SUR y su inclinación respecto a la horizontal.

El cálculo se realiza computando la posición solar para cada hora de un día representativo de cada mes y obteniendo la radiación solar media mensual horaria incidente (IT):

HT = Σ I_T (from h=0 to 24)

IT = Ib · Rb + Id · ((1 + cos β) / 2) + I · ρg · ((1 - cos β) / 2)

Donde:

- Ib Componente directa de la radiación solar.
- Rb Factor dependiente del ángulo de incidencia de los rayos solares.
- Id Radiación solar difusa.
- I Radiación global sobre superficie horizontal.
- ρg Reflectancia difusa hacia el entorno.
- β Ángulo de la superficie inclinada.

A continuación se resumen los principales valores resultantes del cálculo:

- Orientación de captadores: -8,9 °
- Inclinación de captadores: 5,0 °
- Ac, Área total de captación solar: 16,1 m²
- FR'UL, Factor de pérdidas térmicas del captador solar: 1,133 (W/m²·K).
- FR'(τα), Factor de ganancias del captador solar: 0,827
- ε, efectividad del intercambiador: 1,00
- Factor corrector del conjunto captador-intercambiador: 1,000
- Factor corrector por volumen de acumulación: 0,947

	LTOT (MJ/mes)	Ht (MJ/mes)	FACS	X/Ac	Y/Ac	f (%)
Enero	11.682,0	5.544,4	1,11	0,024	0,023	0,320
Febrero	10.466,6	6.296,9	1,12	0,024	0,029	0,401
Marzo	11.188,4	8.390,1	1,16	0,025	0,036	0,491
Abril	10.418,0	9.155,0	1,21	0,027	0,042	0,564
Mayo	10.201,2	10.163,7	1,28	0,029	0,048	0,626
Junio	9.235,2	10.044,7	1,37	0,031	0,052	0,671
Julio	9.190,5	10.349,4	1,41	0,032	0,054	0,689
Agosto	8.837,9	9.979,8	1,49	0,036	0,054	0,687
Septiembre	8.757,5	8.743,7	1,47	0,035	0,048	0,620
Octubre	9.613,6	7.794,3	1,40	0,034	0,039	0,518
Noviembre	10.236,1	5.938,7	1,26	0,029	0,028	0,383
Diciembre	11.352,9	5.178,7	1,16	0,026	0,022	0,306

LTOT: Demanda de energía total mensual (MJ/mes).
HT: Radiación diaria media mensual para superficie inclinada (MJ/mes).
FACS: Factor de corrección para agua caliente sanitaria.
X: Parámetro f-charts que relaciona las pérdidas de los captadores y la carga calorífica total.
Y: Parámetro f-charts de relación entre ganancias solares y carga calorífica total.
f: Fracción de la demanda mensual que es aportada por el sistema solar.
Ac. Área de captación solar.

- Demanda energética anual: 121.179,8 MJ
- Energía solar útil anual: 62.094,0 MJ
- Rendimiento total del sistema: 63,63 %
- Cobertura solar total anual ACS: 51,24 %

2.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS

El principio de cálculo usado para la selección del diámetro de las tuberías y para el cómputo

de sus pérdidas de carga es el siguiente:

1- Determinación del caudal de cada tramo en función de la superficie de captadores solares a los que alimenta, teniendo en cuenta que el caudal de diseño elegido es de 65,00 litros/hora/m².

2- Selección de los diámetros de tubería en base a admitir una pérdida de carga máxima por unidad de longitud de tubería igual a 40,0 mm.c.a./m .

3- Para el cálculo de las pérdidas de carga en las tuberías se ha tenido en cuenta la fórmula de Prandtl-Colebrook.

$$V = -2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot J} \cdot \log_{10} \left(\frac{k_a}{371 \cdot D} + \frac{2.51 \cdot \nu}{D \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot J}} \right)$$

Donde:

- J

=

Pérdida de carga, en m.c.a./m;
- D

=

Diámetro interior de la tubería, en m;
- V

=

Velocidad media del agua, en m/s;
- Qr

=

Caudal por la rama en m³/s;
- ka

=

Rugosidad uniforme equivalente, en m.;
- ν

=

Viscosidad cinemática del fluido, (1'31x10-6 m²/s para agua a 10°C);
- g

=

Aceleración de la gravedad, 9'8 m/s²;

4- Se tienen en cuenta las longitudes equivalentes a tubería recta de igual diámetro de los accesorios (tes, codos, reducciones...) de interconexión entre tuberías, para calcular las pérdidas de carga que producen.

5- Las caídas de presión en las válvulas y en los restantes dispositivos de la instalación se calculan por medio de los gráficos del fabricante.

6- Para el cálculo de las pérdidas térmicas en cada tramo se ha empleado la siguiente expresión:

$$Pt = \frac{L}{\left(\frac{1}{he \cdot dext \cdot \pi} \right) + 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \log \left(\frac{dext}{d \text{ int}} \right)} \cdot \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_0 \right)$$

Donde:

- t₀

Temperatura ambiente exterior (°C)
- t₁

Temperatura de entrada en la tubería (°C)
- t₂

Temperatura de salida de la tubería (°C)
- λ

Conductividad térmica del aislamiento (w/°C•m)
- L

Longitud real de la tubería (m)
- dext

Diámetro exterior total incluido el aislamiento (m)
- dint

Diámetro interior de la tubería (m)
- he

Coefficiente de convección térmica en w/(m²•K)

2.1.- CIRCUITO PRIMARIO

Se dimensiona el circuito primario para que sea capaz de transportar hasta el sistema de acumulación toda la potencia recibida por el campo de captadores en forma de radiación solar.

2.1.1.- CÁLCULO DE TUBERÍAS

A continuación se listan los resultados del cálculo hidráulico de los diferentes tramos que componen la instalación:

TRAMO	Diámetro	Long. (m)	Leqv. (m)	Q (l/h)	V (m/s)	ΔPu	ΔPt (mmca)
Tramo [1-2]	26x28	12,8	0,8	1.046,5	0,55	23,8	321,2
Tramo [3-1]	26x28	7,2	0,8	1.046,5	0,55	23,8	190,0
Tramo [4-5]	26x28	6,5	0,8	1.046,5	0,55	23,8	171,9
Tramo [6-4]	26x28	1,8	0,8	1.046,5	0,55	23,8	60,6
Tramo [7-3]	26x28	0,4	0,8	1.046,5	0,55	23,8	27,8
Tramo [2-15]	26x28	3,2	0,0	1.046,5	0,55	23,8	76,9
Tramo [5-16]	26x28	8,4	0,8	1.046,5	0,55	23,8	217,3
Tramo [23-22]	13x15	0,4	0,8	209,3	0,44	40,1	48,1
Tramo [15-24]	26x28	3,9	0,3	837,2	0,44	16,2	67,6
Tramo [24-25]	20x22	3,9	0,3	627,9	0,56	34,1	142,4
Tramo [26-23]	20x22	3,9	0,4	418,6	0,37	17,1	72,7
Tramo [16-27]	26x28	20,6	0,8	1.046,5	0,55	23,8	507,2
Tramo [24-20]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [27-28]	26x28	0,4	0,8	1.046,5	0,55	23,8	27,8
Tramo [25-29]	20x22	3,9	0,3	418,6	0,37	17,1	71,3
Tramo [30-26]	20x22	3,9	0,4	627,9	0,56	34,1	145,2
Tramo [28-30]	26x28	3,9	0,8	837,2	0,44	16,2	75,3
Tramo [23-31]	13x15	3,9	0,4	209,3	0,44	40,1	170,5
Tramo [15-32]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [31-37]	13x15	0,4	0,6	209,3	0,44	40,1	41,3
Tramo [25-38]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [26-39]	13x15	0,4	0,8	209,3	0,44	40,1	48,1
Tramo [45-44]	13x15	0,2	0,6	209,3	0,44	40,1	35,2
Tramo [28-46]	13x15	0,4	0,4	209,3	0,44	40,1	32,1
Tramo [29-45]	13x15	3,9	1,0	209,3	0,44	40,1	192,6
Tramo [29-51]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [30-52]	13x15	0,4	0,8	209,3	0,44	40,1	48,1

Long: Longitud real en metros.
Leqv: Longitud equivalente de accesorios en metros.
V: Velocidad en metros/segundo.
Q: Caudal en litros/hora.
ΔPu: Pérdida de carga unitaria (mmca/m).
ΔPt: Pérdida de carga total (mmca).

2.1.2.- BOMBA DE CIRCULACIÓN

Se dimensiona la bomba de circulación para mover el caudal total que circula por el sistema de captación, que para una superficie total de colectores de 16,1 m² y un caudal de diseño de 65,0 litros/hora/m², alcanza un valor de 1.046,5 litros/hora.

La presión que debe suministrar la bomba será aquella que sea capaz de mover el caudal total del circuito a través del lazo de máximas pérdidas de carga. Este lazo es el que va desde el Intercambiador CIRCUITO PRIMARIO [13-14] hasta el captador solar C.Solar [33-34] y vuelve hasta el punto de partida.

A continuación se desglosan las pérdidas de carga que se producen en cada uno de los dispositivos situados a lo largo del lazo:

TRAMO	Q (l/h)	V (m/s)	Ø	ΔPu (mmca)	Long. (m)	Tipo de acces.	Leqv (m) ó Kv	L. total (m)	ΔPt (mca)
N1-N2	1.047	0,59	1"			V. BOLA	0,00		0,005
						EX1 [12-11]			
			1"			V. BOLA	0,00		0,005
N2-N3	1.047					BC1 [9-10]			0,000
N3-N4	1.047	0,47	1"			V. RETENCIÓN	3,36		0,064
						Reducción	0,75		
			1"			V. BOLA	0,00		0,005
			26x28	23,8	0,4	Tubería		1,17	0,028
						Codo	0,77		
			26x28	23,8	7,2	Tubería		8,00	0,190
						Codo	0,77		
			26x28	23,8	12,8	Tubería		13,53	0,321
						Codo	0,77		
			26x28	23,8	3,2	Tubería		3,24	0,077
N4-N5	209	0,44	13x15	40,1	0,2	Tubería		2,13	0,085
						Te división	1,25		
						Codo	0,63		
			1/2"			V. BOLA	0,00		0,003
						VS1 [35-33]			
N5-N6	209	0,15				C.Solar [33-34]			0,059
N6-N7	209					VP1 [34-36]			0,000
			1/2"			V. BOLA	0,00		0,016
						Unión	0,63		
			13x15	40,1	0,4	Tubería		1,03	0,041
						Codo	0,63		
			13x15	40,1	3,9	Tubería		4,25	0,171
						Codo	0,40		
N7-N8	419	0,37	20x22	17,1	3,9	Tubería		4,25	0,073
						Te unión	0,40		
N8-N9	628	0,56	20x22	34,1	3,9	Tubería		4,25	0,145
						Te unión	0,40		
N9-N10	837	0,44	26x28	16,2	3,9	Tubería		4,65	0,075
						Te unión	0,80		
N10-N11	1.047	0,55	26x28	23,8	0,4	Tubería		1,17	0,028
						Te unión	0,77		
			26x28	23,8	20,6	Tubería		21,35	0,507
						Codo	0,77		
			26x28	23,8	8,4	Tubería		9,15	0,217
						Codo	0,77		
			26x28	23,8	6,5	Tubería		7,24	0,172
						Codo	0,77		

			26x28	23,8	1,8	Tubería		2,55	0,061
						Codo	0,75		
			1"			V. BOLA	0,00		0,005
N11-N12	1.047					CIRCUITO PRIMARIO [13-14]			1,700
TOTAL									4,050

Long: Longitud real en metros.
Leqv: Longitud equivalente de accesorios en metros.
Ø: Diámetro nominal.
V: Velocidad en metros/segundo.
Q: Caudal en litros/hora.
ΔPu: Pérdida de carga unitaria (mmca/m).
ΔPt: Pérdida de carga total (mca).
Kv: Constante válvulas de control.

Se ha tenido en cuenta un coeficiente de seguridad para el cálculo de las caídas de presión en las tuberías igual al 10,0 %.

Atendiendo a los valores anteriores se elige una bomba de circulación cuya curva característica contiene un punto de funcionamiento con los siguientes valores nominales:

Caudal: 1.046,5 litros/hora
Presión: 4,1 m.c.a.
Potencia: 25,0 w.

2.1.3.- DEPÓSITO DE EXPANSIÓN

Este procedimiento de cálculo se basa en la normativa UNE- 100-155-88: Cálculo de vasos de expansión.

El volumen o capacidad útil que debe tener el depósito debe ser al menos de:

$$Vu = V \cdot \alpha$$

Donde:

Vu = Volumen o capacidad útil del depósito en litros.
V = Volumen de agua total de la instalación en litros.
α = Coeficiente de dilatación del fluido térmico en %.

El volumen total de fluido en la instalación es la suma del contenido en el Intercambiador, en los captadores solares, y la capacidad de las tuberías de todo el circuito:

$$V.Total = 22,0 + 28,0 + 42,9 = 92,9 \text{ litros.}$$

Tomando un factor de seguridad del 10% se obtiene un volumen total de:

$$V = 92,9 \times 1,1 = 102,2 \text{ litros.}$$

Para una temperatura máxima de 140,0 °C y un porcentaje de anticongelante del 25% se tiene un incremento de volumen del 9,018%.

Dado que el fluido caloportante puede evaporarse en condiciones de estancamiento, también se tendrá en cuenta el volumen vaporizable, que será aproximadamente el situado en el interior de los captadores solares y sus tuberías de unión, incrementados un 10%.

Por tanto el volumen útil del depósito deber ser de:

$$Vu = 102,2 \cdot 9,018 / 100 + 28,0 \times 1,1 = 40,0 \text{ litros}$$

El coeficiente de presión del gas relaciona la presión máxima de trabajo (PM) y la presión de llenado del gas (Pm), ambas como presiones absolutas:

$$C_p = P_M / (P_M - P_m)$$

Dado que la altura de la instalación sobre el vaso de expansión es de 3,0 m., la presión de llenado de la cámara de gas será:

$$P_m = 0,5 + 1,01325 \cdot 3,0 / 10 = 0,8 \text{ bar.}$$

Como mínimo se toma una presión de llenado de 0,5 bar en el punto más alto de la instalación con objeto de evitar la entrada de aire. Por otra parte eligiendo una presión máxima de trabajo $P_M = 6,0$ bar se obtiene:

$$C_p = (6,0 + 1,01325) / (6,0 - 0,8) = 1,350$$

Por tanto la capacidad total del depósito debe ser:

$$V_t = V_u \cdot C_p = 40,0 \cdot 1,350 = 54,0 \text{ litros}$$

Se elige un depósito de expansión cerrado con las siguientes características:

Capacidad total:	80,0 litros
Presión máxima de trabajo:	6,0 bar.
Presión de llenado:	0,8 bar.
Presión de tarado de la válvula de seguridad:	6,0 bar.

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

1.- DATOS DE DISEÑO

1.1.- DATOS RELATIVOS AL EMPLAZAMIENTO

Emplazamiento:	Barcelona-Dades ordenança
Altitud sobre el nivel del mar:	95
Temperatura mínima histórica:	-7
Zona climática:	II
Latitud:	41° 24' Norte
Longitud:	2° 12' Este

VALORES MENSUALES DE DISEÑO			
	H (KJ/m²·día)	Kt	Ta (°C)
Enero	6.800	0,44	9,4
Febrero	9.650	0,50	9,9
Marzo	13.880	0,51	12,3
Abril	18.540	0,53	14,6
Mayo	22.250	0,54	17,7
Junio	24.030	0,55	21,6
Julio	23.370	0,55	24,4
Agosto	20.420	0,52	24,2
Septiembre	16.050	0,51	21,7
Octubre	11.400	0,53	17,5
Noviembre	7.730	0,44	13,5
Diciembre	6.040	0,46	10,2

H: Media mensual de radiación diaria sobre superficie horizontal (en kJ/m²·día).

Kt: Índice de nubosidad.

Ta: Temperatura ambiente media mensual (en °C).

Los datos relativos a la radiación solar y a la temperatura ambiente se han tomado de la norma UNE 94003:2007. Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas.

1.2.- CARGA DE CONSUMO DE AGUA CALIENTE SANITARIA

La siguiente tabla muestra los distintos tipos de consumo que se presentan en el edificio:

Tipo de consumo	Unidad	Nº Uds	Consumo Litros/días	Consumo Total (l/d)
Vivenda-Decret Ecoeficiència	persona	70	28,0 a 60,0°C	1.960,0
Locals comercials-Ordenança Solar Barcelona	m2	98	1,4 a 60,0°C	137,2

La acumulación se realizará a 60,0°C y el rendimiento térmico de la instalación de distribución del A.C.S. se considera igual al 97%.

Teniendo en cuenta un perfil de consumo mensual de tipo "Demanda constante anual" y los valores de temperatura de agua fría de red disponibles para la localidad, los valores medios mensuales de consumo total diario de A.C.S. en el edificio y el consumo energético mensual para calentamiento del agua de uso sanitario resultantes serán los que se muestran en la tabla siguiente:

	Perfil consumo (%)	Consumo ACS (litros/día)	Consumo ACS (litros/mes)	Temperatura agua fría (°C)	Demanda energía ACS (MJ/mes)
Enero	100	2.162	67.024	10,3	13.944
Febrero	100	2.162	60.538	10,7	12.493
Marzo	100	2.162	67.024	12,4	13.355
Abril	100	2.162	64.862	14,2	12.435
Mayo	100	2.162	67.024	16,6	12.176
Junio	100	2.162	64.862	19,4	11.023
Julio	100	2.162	67.024	20,9	10.970
Agosto	100	2.162	67.024	22,4	10.549
Septiembre	100	2.162	64.862	21,5	10.453
Octubre	100	2.162	67.024	19,1	11.475
Noviembre	100	2.162	64.862	15,0	12.218
Diciembre	100	2.162	67.024	11,7	13.551

Lo que representa un consumo medio diario de 2.162,1 litros, medio mensual de 65.762,7 litros y un consumo total anual de 789.152,6 litros.

1.3.- PARÁMETROS DE DISEÑO

Se proyecta una instalación solar térmica constituida por un campo de captadores solares orientados en dirección Sur desviación 8,9° Oeste, y con una inclinación respecto a la horizontal de 5,0°. El índice de reflectividad del entorno donde se situarán los captadores se toma igual a 0,15.

El sistema se diseña para que se cubra al menos un 50,0% de la demanda de energía anual. Este parámetro servirá para el dimensionamiento del campo de captadores y de la capacidad de acumulación.

2.- CONFIGURACIÓN ELEGIDA

La instalación estará constituida por un conjunto de captadores solares que reciben la radiación solar y la transforman en energía térmica, elevando la temperatura del fluido que circula por su interior. La energía captada se transfiere a continuación a un depósito acumulador de agua caliente. Después de éste se instala en serie un equipo convencional de apoyo o auxiliar, cuya potencia térmica es suficiente para que pueda proporcionar la energía necesaria para la producción total demandada.

Se elige un sistema del tipo circulación forzada con intercambiador de calor en el acumulador solar, que tiene las siguientes características:

Superficie total de captación (A):	19,3 m²
Volumen total de acumulación solar (V):	2.000 litros
Fracción solar (por método f-chart):	51,5 %
Consumo medio diario en los meses de verano (M):	2.174 litros/día

2.1.- RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN A LARGO PLAZO

La simulación a largo plazo del sistema utilizando el método de f-chart produce los resultados siguientes:

	Demanda (MJ/día)	Demanda (MJ/Mes)	Aporte Solar (MJ/día)	Aporte Solar (MJ/mes)	Fracción Solar ACS (%)
Enero	450	13.944	145	4.488	32,2

	Demanda (MJ/día)	Demanda (MJ/Mes)	Aporte Solar (MJ/día)	Aporte Solar (MJ/mes)	Fracción Solar ACS (%)
Febrero	446	12.493	180	5.047	40,4
Marzo	431	13.355	213	6.593	49,4
Abril	415	12.435	235	7.047	56,7
Mayo	393	12.176	247	7.660	62,9
Junio	367	11.023	248	7.434	67,4
Julio	354	10.970	245	7.601	69,3
Agosto	340	10.549	235	7.292	69,1
Septiembre	348	10.453	217	6.518	62,4
Octubre	370	11.475	193	5.981	52,1
Noviembre	407	12.218	157	4.714	38,6
Diciembre	437	13.551	134	4.169	30,8

2.2.- Pérdidas por Orientación, Inclinación y Sombras

Teniendo en cuenta la situación y colocación de los módulos solares respecto de los elementos arquitectónicos, se considera que nos encontramos en el caso “General”.

El cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación se realiza según el apartado 3.5 del documento básico HE4, obteniéndose el valor siguiente:

Pérdidas por orientación e inclinación: 0,29%

Para obtener el valor de las pérdidas por sombras se utiliza un método analítico basado en el trazado de rayos, más exacto que el método gráfico aproximado descrito en el apartado 3.6 del HE4.

Este método consiste en determinar el porcentaje de la radiación solar que no incide sobre la superficie de los captadores debido a los obstáculos, respecto de la que incidiría de no existir sombra, repitiendo el proceso para cada hora de un día representativo de cada mes.

La superficie de cada captador solar se divide en 100 elementos rectangulares iguales y se comprueba geométricamente si el rayo trazado desde el centro de cada rectángulo hasta la posición solar, corta el volumen ocupado por alguno de los obstáculos o con alguno de los restantes captadores solares.

En caso de que un obstáculo se interponga en el camino del rayo, se considera que todo el rectángulo está en sombra, y se contabilizan las pérdidas correspondientes a la energía que no se recibe, teniendo en cuenta que esta energía es diferente dependiendo de la hora solar. Es decir, la sombra producida al medio día provoca más pérdidas que la misma extensión de sombra producida a primera o última hora del día.

Siguiendo este criterio se obtienen unas pérdidas de radiación solar por sombras de 0,32%

2.3.- Relaciones entre las Principales Dimensiones

A continuación se muestran las relaciones entre las principales magnitudes de la instalación:

Relación entre el área de captación y el consumo medio diario en los meses estivales:

100·A/M = 0,89

Relación entre el volumen de agua acumulada y el consumo medio diario:

V/M = 0,92

Volumen del depósito de acumulación por cada metro cuadrado de superficie de captación

debe mantener la relación:

V/A = 103,52

El caudal de fluido portador, calculado a partir de la superficie total de captadores instalados, teniendo en cuenta el tipo de conexionado serie o paralelo, es de 1,81 l/s por cada 100 m² de superficie de captadores.

3.- Descripción de la Instalación

3.1.- Sistema de Captación

El campo de colectores estará formado por 6 unidades con una superficie total de captación igual a 19,3 m², orientados en dirección Sur desviación 8,9° Oeste e inclinados 5,0° respecto de la horizontal.

Los captadores se conectarán entre sí en paralelo.

Todos los grupos estarán compuestos por el mismo número de elementos y se situarán formado filas paralelas y bien alineadas.

En la documentación gráfica del proyecto se muestra la disposición final del campo de colectores.

Los captadores solares serán planos de baja temperatura, modelo BAXI ROCA AR-30 cumpliendo todos los requerimientos de la norma UNE 94101 y con las siguientes características:

Contraseña de homologación:	GPS-8208
Superficie del absorbedor:	3,22 m²
Presión máxima de servicio:	8,0 bar
Contenido de fluido calo-portante:	5,6 litros
Dimensiones externas:	2,00x2,13 m
Caudal de diseño:	60,00 litros/hora/m²
Curva de rendimiento:	0,8320 - 1,1400 · (Tm-Ta)/l

Con objeto de evitar calentamientos excesivos se dotará a la instalación de equipos específicos que permitan disipar los excedentes térmicos.

3.2.- Sistema de Acumulación Solar

El sistema de acumulación tendrá una capacidad total de 2.000 litros y estará compuesto por un único depósito de capacidad suficiente.

Los depósitos acumuladores seleccionados son del tipo INTERACUMULADORS ESCOSOL CS con las características que se detallan a continuación:

Presión máxima de servicio:	8,0 bar
Material:	Acero vitrificado
Aislamiento:	Poliuretano flexible con recubrimiento de PVC
Espesor del aislamiento:	100 mm
Capacidad:	2.000 litros
Dimensiones:	Ø1.250x2.130 m

3.3.- Sistema de Intercambio

El sistema cuenta con un intercambiador de calor de tipo serpentín instalado en el interior del depósito de acumulación. La superficie total de intercambio es de: 6,08 m², superior a 15%

de la superficie total de captación.

3.4.- CIRCUITOS HIDRÁULICOS

3.4.1.- CIRCUITO PRIMARIO

El circuito primario está compuesto por las tuberías que conectan a los captadores solares entre sí, y a estos con el sistema de acumulación/intercambio. Se realizará con tubería de tipo Cobre UNE-37-141-76 de diferentes diámetros.

En cada batería de captadores la entrada del fluido térmico se realiza por el extremo inferior del primer colector y la salida por el extremo superior del último. La entrada tendrá una pendiente ascendente en el sentido del avance del fluido del 1 %.

La conexión entre los captadores solares se ha diseñado utilizando el sistema de retorno invertido, de manera que el circuito resulta equilibrado hidráulicamente.

Se ha calculado el circuito hidráulico para un caudal de diseño de 65,00 l/h/m², lo que supone un caudal total de 1.255,80 l/h y una pérdida de carga de 5,10 mmca.

Para las condiciones de simulación, con una radiación incidente de 1.000 w/m², una temperatura del fluido térmico a la entrada del campo de captadores de 45°C y una temperatura exterior de 20°C, las pérdidas térmicas en la red de tuberías suponen un 3,6% de la potencia total generada por la instalación.

La documentación gráfica del proyecto incluye un esquema de conexonado de los distintos elementos que componen el sistema, con indicación de los diámetros utilizados en cada tramo.

Los anejos de cálculo contienen una descripción del método de cálculo hidráulico empleado y el detalle de los resultados obtenidos.

Fluido caloportante:

De acuerdo con los datos climatológicos disponibles para el emplazamiento, y dado que existe riesgo de heladas, se decide utilizar como fluido térmico agua desmineralizada con anticongelantes e inhibidores de la corrosión no tóxicos, utilizando para esta aplicación una mezcla al 30,0% de propilenglicol, que tiene una temperatura de congelación inferior a -15 °C.

El calor específico del fluido térmico es de 3.722,9 KJ/Kg·K.

Circulador:

Se elige un circulador modelo CIRCULADOR ESTANDAR de las siguientes características:

Caudal nominal:	1.256 litros/hora
Presión nominal:	5,1 m.c.a.
Potencia nominal:	35,0 w
Tensión de funcionamiento:	II - 230 V – 50 Hz

Depósito de expansión cerrado:

Se instalará un depósito de expansión cerrado de tipo indirecto (con diafragma), de las siguientes características:

Capacidad total:	80 litros
Presión máxima de trabajo:	6,0 bar
Presión de llenado:	0,8 bar
Presión tarado válvula de seguridad:	6,0 bar

3.5.- SISTEMA DE CONTROL

El control de funcionamiento normal de las bombas será siempre de tipo diferencial y debe actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de colectores y la del depósito de acumulación.

El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor que 2°C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor que 7°C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada del termostato diferencial no será menor que 2°C.

ANEXOS DE CÁLCULO

1.- CÁLCULO DE LA COBERTURA SOLAR

Se ha seguido el método de cálculo denominado de las curvas-f (f-charts), que consiste en utilizar las correlaciones obtenidas mediante simulaciones por ordenador, que relacionan las variables adimensionales más importantes del sistema térmico solar y el rendimiento que este sistema tiene a lo largo de un periodo de tiempo suficientemente prolongado.

Como resultado se obtiene el valor *f* o fracción de la demanda energética que es posible cubrir mediante la energía solar recibida por el sistema de captación.

f = 1,029·Y - 0,065·X - 0,245·Y² + 0,0018·X² + 0,0215·Y³

Las relaciones adimensionales que aparecen en la ecuación anterior tienen el siguiente significado físico:

X expresa la relación entre las pérdidas de energía del captador solar y la demanda térmica total.

X = (Ac · FR'UL · (Tref - Ta) Δt) / LTOT

Y representa la relación entre la energía absorbida por el captador solar y la demanda total de energía.

Y = (Ac · FR'(τα) · HT · Nm) / Ltot

Donde:

- Ac Área total de captación solar.
- FR'UL Factor de pérdidas térmicas del captador solar (W/m²·K).
- FR'(τα) Factor de ganancias del captador solar.
- Tref Temperatura de referencia igual a 100°C.
- Ta Temperatura del ambiente exterior (°C).
- HT Radiación solar media mensual diaria en superficie inclinada (KJ/día·m²).
- Δt Periodo de tiempo en segundos (segundos/mes).
- Nm Periodo de tiempo en días (días/mes).
- Ltot enertgía total demandada (MJ/mes)

A la hora de aplicar el método de cálculo se tienen en cuenta los factores de corrección introducidos por las siguientes causas:

- Eficiencia del intercambiador.
- Orientación de los captadores solares fuera del rango 15°OESTE a 15° ESTE.
- Inclinaciones de los captadores solares diferentes a la latitud ±15°.
- Caudales de circulación fuera del rango 3,6 a 7,2 litros/hora/m²
- Capacidades de acumulación distintas a 75 litros/m² de superficie de captación.

La radiación solar diaria como media mensual se calcula teniendo en cuenta la superficie de abertura de los captadores solares, su orientación respecto a la dirección SUR y su inclinación respecto a la horizontal.

El cálculo se realiza computando la posición solar para cada hora de un día representativo de cada mes y obteniendo la radiación solar media mensual horaria incidente (IT):

HT = Σ I_T from h=0 to 24

IT = Ib · Rb + Id · ((1 + cos β) / 2) + I · ρg · ((1 - cos β) / 2)

Donde:

- Ib Componente directa de la radiación solar.
- Rb Factor dependiente del ángulo de incidencia de los rayos solares.
- Id Radiación solar difusa.
- I Radiación global sobre superficie horizontal.
- ρg Reflectancia difusa hacia el entorno.
- β Ángulo de la superficie inclinada.

A continuación se resumen los principales valores resultantes del cálculo:

- Orientación de captadores: -8,9 °
- Inclinación de captadores: 5,0 °
- Ac, Área total de captación solar: 19,3 m²
- FR'UL, Factor de pérdidas térmicas del captador solar: 1,133 (W/m²·K).
- FR'(τα), Factor de ganancias del captador solar: 0,827
- ε, efectividad del intercambiador: 1,00
- Factor corrector del conjunto captador-intercambiador: 1,000
- Factor corrector por volumen de acumulación: 0,923

	L _{TOT} (MJ/mes)	H _T (MJ/mes)	F _{ACS}	X/Ac	Y/Ac	f (%)
Enero	13.943,9	6.650,3	1,11	0,020	0,019	0,322
Febrero	12.493,2	7.556,3	1,12	0,020	0,024	0,404
Marzo	13.354,8	10.068,1	1,16	0,021	0,030	0,494
Abril	12.435,2	10.985,9	1,21	0,022	0,035	0,567
Mayo	12.176,4	12.196,5	1,28	0,024	0,040	0,629
Junio	11.023,4	12.053,6	1,37	0,026	0,044	0,674
Julio	10.970,0	12.419,3	1,41	0,026	0,045	0,693
Agosto	10.549,1	11.975,7	1,49	0,029	0,045	0,691
Septiembre	10.453,2	10.492,5	1,47	0,029	0,040	0,624
Octubre	11.475,0	9.353,1	1,40	0,027	0,033	0,521
Noviembre	12.218,0	7.125,2	1,26	0,023	0,023	0,386
Diciembre	13.551,2	6.203,6	1,16	0,021	0,018	0,308

LTOT: Demanda de energía total mensual (MJ/mes).
HT: Radiación diaria media mensual para superficie inclinada (MJ/mes).
FACS: Factor de corrección para agua caliente sanitaria.
X: Parámetro f-charts que relaciona las pérdidas de los captadores y la carga calorífica total.
Y: Parámetro f-charts de relación entre ganancias solares y carga calorífica total.
f: Fracción de la demanda mensual que es aportada por el sistema solar.
Ac. Área de captación solar.

- Demanda energética anual: 144.643,3 MJ
- Energía solar útil anual: 74.545,0 MJ
- Rendimiento total del sistema: 63,67 %
- Cobertura solar total anual ACS: 51,54 %

2.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS

El principio de cálculo usado para la selección del diámetro de las tuberías y para el cómputo

de sus pérdidas de carga es el siguiente:

1- Determinación del caudal de cada tramo en función de la superficie de captadores solares a los que alimenta, teniendo en cuenta que el caudal de diseño elegido es de 65,00 litros/hora/m².

2- Selección de los diámetros de tubería en base a admitir una pérdida de carga máxima por unidad de longitud de tubería igual a 40,0 mm.c.a./m .

3- Para el cálculo de las pérdidas de carga en las tuberías se ha tenido en cuenta la fórmula de Prandtl-Colebrook.

$$V = -2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot J} \cdot \log_{10} \left(\frac{k_a}{3 \cdot 71 \cdot D} + \frac{2 \cdot 51 \cdot \nu}{D \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot J}} \right)$$

Donde:

- J

=

Pérdida de carga, en m.c.a./m;
- D

=

Diámetro interior de la tubería, en m;
- V

=

Velocidad media del agua, en m/s;
- Qr

=

Caudal por la rama en m³/s;
- ka

=

Rugosidad uniforme equivalente, en m.;
- ν

=

Viscosidad cinemática del fluido, (1'31x10-6 m²/s para agua a 10°C);
- g

=

Aceleración de la gravedad, 9'8 m/s²;

4- Se tienen en cuenta las longitudes equivalentes a tubería recta de igual diámetro de los accesorios (tes, codos, reducciones...) de interconexión entre tuberías, para calcular las pérdidas de carga que producen.

5- Las caídas de presión en las válvulas y en los restantes dispositivos de la instalación se calculan por medio de los gráficos del fabricante.

6- Para el cálculo de las pérdidas térmicas en cada tramo se ha empleado la siguiente expresión:

$$Pt = \frac{L}{\left(\frac{1}{he \cdot dext \cdot \pi} \right) + 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \log \left(\frac{dext}{d \text{ int}} \right)} \cdot \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_0 \right)$$

Donde:

- t_0

Temperatura ambiente exterior (°C)
- t_1

Temperatura de entrada en la tubería (°C)
- t_2

Temperatura de salida de la tubería (°C)
- λ

Conductividad térmica del aislamiento (w/°C•m)
- L

Longitud real de la tubería (m)
- $dext$

Diámetro exterior total incluido el aislamiento (m)
- $dint$

Diámetro interior de la tubería (m)
- he

Coefficiente de convección térmica en w/(m²•K)

2.1.- CIRCUITO PRIMARIO

Se dimensiona el circuito primario para que sea capaz de transportar hasta el sistema de acumulación toda la potencia recibida por el campo de captadores en forma de radiación solar.

2.1.1.- CÁLCULO DE TUBERÍAS

A continuación se listan los resultados del cálculo hidráulico de los diferentes tramos que componen la instalación:

TRAMO	Diámetro	Long. (m)	Leqv. (m)	Q (l/h)	V (m/s)	ΔPu	ΔPt (mmca)
Tramo [2-1]	26x28	12,8	0,8	1.255,8	0,66	32,5	440,0
Tramo [1-3]	26x28	7,2	0,8	1.255,8	0,66	32,5	260,3
Tramo [5-4]	26x28	6,5	0,8	1.255,8	0,66	32,5	235,4
Tramo [6-4]	26x28	1,8	0,8	1.255,8	0,66	32,5	83,0
Tramo [7-3]	26x28	0,4	0,8	1.255,8	0,66	32,5	38,1
Tramo [2-15]	26x28	3,2	0,0	1.255,8	0,66	32,5	105,3
Tramo [16-5]	26x28	8,4	0,8	1.255,8	0,66	32,5	297,7
Tramo [22-23]	13x15	0,4	0,8	209,3	0,44	40,1	48,1
Tramo [15-24]	26x28	3,9	0,3	1.046,5	0,55	23,8	99,1
Tramo [24-25]	26x28	3,9	0,3	837,2	0,44	16,2	67,6
Tramo [23-26]	20x22	3,9	0,4	418,6	0,37	17,1	72,7
Tramo [16-27]	26x28	24,4	0,8	1.255,8	0,66	32,5	820,0
Tramo [24-20]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [25-28]	20x22	3,9	0,3	627,9	0,56	34,1	142,4
Tramo [26-29]	20x22	3,9	0,4	627,9	0,56	34,1	145,2
Tramo [29-30]	26x28	3,9	0,4	837,2	0,44	16,2	68,9
Tramo [31-23]	13x15	3,9	0,4	209,3	0,44	40,1	170,5
Tramo [15-32]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [37-31]	13x15	0,4	0,6	209,3	0,44	40,1	41,3
Tramo [25-38]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [39-26]	13x15	0,4	0,8	209,3	0,44	40,1	48,1
Tramo [49-29]	13x15	0,4	0,8	209,3	0,44	40,1	48,1
Tramo [28-47]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [51-50]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [52-30]	13x15	0,4	0,8	209,3	0,44	40,1	48,1
Tramo [28-51]	20x22	3,9	0,3	418,6	0,37	17,1	71,3
Tramo [62-63]	13x15	0,4	0,4	209,3	0,44	40,1	32,1
Tramo [64-60]	13x15	0,2	0,6	209,3	0,44	40,1	35,2
Tramo [27-63]	26x28	0,4	0,8	1.255,8	0,66	32,5	38,1
Tramo [30-63]	26x28	3,9	0,8	1.046,5	0,55	23,8	110,5
Tramo [51-64]	13x15	3,9	1,0	209,3	0,44	40,1	192,6

Long: Longitud real en metros.
Leqv: Longitud equivalente de accesorios en metros.
V: Velocidad en metros/segundo.
Q: Caudal en litros/hora.
ΔPu: Pérdida de carga unitaria (mmca/m).
ΔPt: Pérdida de carga total (mmca).

2.1.2.- BOMBA DE CIRCULACIÓN

Se dimensiona la bomba de circulación para mover el caudal total que circula por el sistema de captación, que para una superficie total de colectores de 19,3 m² y un caudal de diseño de 65,0 litros/hora/m², alcanza un valor de 1.255,8 litros/hora.

La presión que debe suministrar la bomba será aquella que sea capaz de mover el caudal total del circuito a través del lazo de máximas pérdidas de carga. Este lazo es el que va desde el Intercambiador CIRCUITO PRIMARIO [13-14] hasta el captador solar C.Solar [33-

34] y vuelve hasta el punto de partida.
A continuación se desglosan las pérdidas de carga que se producen en cada uno de los dispositivos situados a lo largo del lazo:

TRAMO	Q (l/h)	V (m/s)	Ø	ΔPu (mmca)	Long. (m)	Tipo de acces.	Leqv (m) ó Kv	L. total (m)	ΔPt (mca)
N1-N2	1.256	0,71	1"			V. BOLA	0,00		0,007
						EX1 [12-11]			
			1"			V. BOLA	0,00		0,007
N2-N3	1.256					BC1 [9-10]			0,000
N3-N4	1.256	0,57	1"			V. RETENCIÓN	3,36		0,087
						Reducción	0,75		
			1"			V. BOLA	0,00		0,007
			26x28	32,5	0,4	Tubería		1,17	0,038
						Codo	0,77		
			26x28	32,5	7,2	Tubería		8,00	0,260
						Codo	0,77		
			26x28	32,5	12,8	Tubería		13,53	0,440
						Codo	0,77		
			26x28	32,5	3,2	Tubería		3,24	0,105
N4-N5	209	0,44	13x15	40,1	0,2	Tubería		2,13	0,085
						Te división	1,25		
						Codo	0,63		
			1/2"			V. BOLA	0,00		0,003
						VS1 [35-33]			
N5-N6	209	0,15				C.Solar [33-34]			0,059
N6-N7	209					VP1 [34-36]			0,000
			1/2"			V. BOLA	0,00		0,016
						Unión	0,63		
			13x15	40,1	0,4	Tubería		1,03	0,041
						Codo	0,63		
			13x15	40,1	3,9	Tubería		4,25	0,171
						Te unión	0,40		
N7-N8	419	0,37	20x22	17,1	3,9	Tubería		4,25	0,073
						Te unión	0,40		
N8-N9	628	0,56	20x22	34,1	3,9	Tubería		4,25	0,145
						Te unión	0,40		
N9-N10	837	0,44	26x28	16,2	3,9	Tubería		4,25	0,069
						Te unión	0,40		
N10-N11	1.047	0,55	26x28	23,8	3,9	Tubería		4,65	0,111
						Te unión	0,80		
N11-N12	1.256	0,66	26x28	32,5	0,4	Tubería		1,17	0,038
						Te unión	0,77		

			26x28	32,5	24,4	Tubería		25,21	0,820
						Codo	0,77		
			26x28	32,5	8,4	Tubería		9,15	0,298
						Codo	0,77		
			26x28	32,5	6,5	Tubería		7,24	0,235
						Codo	0,77		
			26x28	32,5	1,8	Tubería		2,55	0,083
						Codo	0,75		
			1"			V. BOLA	0,00		0,007
N12-N13	1.256					CIRCUITO PRIMARIO [13-14]			1,900
TOTAL									5,103

Long: Longitud real en metros.
Leqv: Longitud equivalente de accesorios en metros.
Ø: Diámetro nominal.
V: Velocidad en metros/segundo.
Q: Caudal en litros/hora.
ΔPu: Pérdida de carga unitaria (mmca/m).
ΔPt: Pérdida de carga total (mca).
Kv: Constante válvulas de control.

Se ha tenido en cuenta un coeficiente de seguridad para el cálculo de las caídas de presión en las tuberías igual al 10,0 %.

Atendiendo a los valores anteriores se elige una bomba de circulación cuya curva característica contiene un punto de funcionamiento con los siguientes valores nominales:

Caudal: 1.255,8 litros/hora
Presión: 5,1 m.c.a.
Potencia: 35,0 w.

2.1.3.- DEPÓSITO DE EXPANSIÓN

Este procedimiento de cálculo se basa en la normativa UNE- 100-155-88: Cálculo de vasos de expansión.

El volumen o capacidad útil que debe tener el depósito debe ser al menos de:

$$Vu = V \cdot \alpha$$

Donde:

Vu = Volumen o capacidad útil del depósito en litros.
V = Volumen de agua total de la instalación en litros.
α = Coeficiente de dilatación del fluido térmico en %.

El volumen total de fluido en la instalación es la suma del contenido en el Intercambiador, en los captadores solares, y la capacidad de las tuberías de todo el circuito:

$$V.Total = 24,0 + 33,6 + 49,1 = 106,7 \text{ litros.}$$

Tomando un factor de seguridad del 10% se obtiene un volumen total de:

$$V = 106,7 \times 1,1 = 117,4 \text{ litros.}$$

Para una temperatura máxima de 140,0 °C y un porcentaje de anticongelante del 25% se tiene un incremento de volumen del 9,018%.

Dado que el fluido caloportante puede evaporarse en condiciones de estancamiento, también se tendrá en cuenta el volumen vaporizable, que será aproximadamente el situado en el

interior de los captadores solares y sus tuberías de unión, incrementados un 10%.

Por tanto el volumen útil del depósito deber ser de:

$$V_u = 117,4 \cdot 9,018 / 100 + 33,6 \times 1,1 = 47,5 \text{ litros}$$

El coeficiente de presión del gas relaciona la presión máxima de trabajo (PM) y la presión de llenado del gas (Pm), ambas como presiones absolutas:

$$C_p = P_M / (P_M - P_m)$$

Dado que la altura de la instalación sobre el vaso de expansión es de 3,0 m., la presión de llenado de la cámara de gas será:

$$P_m = 0,5 + 1,01325 \cdot 3,0 / 10 = 0,8 \text{ bar.}$$

Como mínimo se toma una presión de llenado de 0,5 bar en el punto más alto de la instalación con objeto de evitar la entrada de aire. Por otra parte eligiendo una presión máxima de trabajo $P_M = 6,0$ bar se obtiene:

$$C_p = (6,0 + 1,01325) / (6,0 - 0,8) = 1,350$$

Por tanto la capacidad total del depósito debe ser:

$$V_t = V_u \cdot C_p = 47,5 \cdot 1,350 = 64,2 \text{ litros}$$

Se elige un depósito de expansión cerrado con las siguientes características:

Capacidad total: 80,0 litros

Presión máxima de trabajo: 6,0 bar.

Presión de llenado: 0,8 bar.

Presión de tarado de la válvula de seguridad: 6,0 bar.

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

1.- DATOS DE DISEÑO

1.1.- DATOS RELATIVOS AL EMPLAZAMIENTO

Emplazamiento:	Barcelona-Dades ordenança
Altitud sobre el nivel del mar:	95
Temperatura mínima histórica:	-7
Zona climática:	II
Latitud:	41° 24' Norte
Longitud:	2° 12' Este

	VALORES MENSUALES DE DISEÑO		
	H (KJ/m²·día)	Kt	Ta (°C)
Enero	6.800	0,44	9,4
Febrero	9.650	0,50	9,9
Marzo	13.880	0,51	12,3
Abril	18.540	0,53	14,6
Mayo	22.250	0,54	17,7
Junio	24.030	0,55	21,6
Julio	23.370	0,55	24,4
Agosto	20.420	0,52	24,2
Septiembre	16.050	0,51	21,7
Octubre	11.400	0,53	17,5
Noviembre	7.730	0,44	13,5
Diciembre	6.040	0,46	10,2

H: Media mensual de radiación diaria sobre superficie horizontal (en kJ/m²·día).

Kt: Índice de nubosidad.

Ta: Temperatura ambiente media mensual (en °C).

Los datos relativos a la radiación solar y a la temperatura ambiente se han tomado de la norma UNE 94003:2007. Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas.

1.2.- CARGA DE CONSUMO DE AGUA CALIENTE SANITARIA

La siguiente tabla muestra los distintos tipos de consumo que se presentan en el edificio:

Tipo de consumo	Unidad	Nº Uds	Consumo Litros/días	Consumo Total (l/d)
Vivenda-Decret Ecoeficiència	persona	67	28,0 a 60,0°C	1.876,0
Locals comercials-Ordenança Solar Barcelona	m2	205	1,4 a 60,0°C	287,0

La acumulación se realizará a 60,0°C y el rendimiento térmico de la instalación de distribución del A.C.S. se considera igual al 97%.

Teniendo en cuenta un perfil de consumo mensual de tipo "Demanda constante anual" y los valores de temperatura de agua fría de red disponibles para la localidad, los valores medios mensuales de consumo total diario de A.C.S. en el edificio y el consumo energético mensual para calentamiento del agua de uso sanitario resultantes serán los que se muestran en la tabla siguiente:

	Perfil consumo (%)	Consumo ACS (litros/día)	Consumo ACS (litros/mes)	Temperatura agua fría (°C)	Demanda energía ACS (MJ/mes)
Enero	100	2.230	69.127	10,3	14.381
Febrero	100	2.230	62.437	10,7	12.885
Marzo	100	2.230	69.127	12,4	13.774
Abril	100	2.230	66.897	14,2	12.825
Mayo	100	2.230	69.127	16,6	12.558
Junio	100	2.230	66.897	19,4	11.369
Julio	100	2.230	69.127	20,9	11.314
Agosto	100	2.230	69.127	22,4	10.880
Septiembre	100	2.230	66.897	21,5	10.781
Octubre	100	2.230	69.127	19,1	11.835
Noviembre	100	2.230	66.897	15,0	12.601
Diciembre	100	2.230	69.127	11,7	13.976

Lo que representa un consumo medio diario de 2.229,9 litros, medio mensual de 67.826,0 litros y un consumo total anual de 813.912,4 litros.

1.3.- PARÁMETROS DE DISEÑO

Se proyecta una instalación solar térmica constituida por un campo de captadores solares orientados en dirección Sur desviación 8,9° Oeste, y con una inclinación respecto a la horizontal de 5,0°. El índice de reflectividad del entorno donde se situarán los captadores se toma igual a 0,15.

El sistema se diseña para que se cubra al menos un 50,0% de la demanda de energía anual. Este parámetro servirá para el dimensionamiento del campo de captadores y de la capacidad de acumulación.

2.- CONFIGURACIÓN ELEGIDA

La instalación estará constituida por un conjunto de captadores solares que reciben la radiación solar y la transforman en energía térmica, elevando la temperatura del fluido que circula por su interior. La energía captada se transfiere a continuación a un depósito acumulador de agua caliente. Después de éste se instala en serie un equipo convencional de apoyo o auxiliar, cuya potencia térmica es suficiente para que pueda proporcionar la energía necesaria para la producción total demandada.

Se elige un sistema del tipo circulación forzada con intercambiador de calor en el acumulador solar, que tiene las siguientes características:

Superficie total de captación (A):	19,3 m²
Volumen total de acumulación solar (V):	2.000 litros
Fracción solar (por método f-chart):	50,2 %
Consumo medio diario en los meses de verano (M):	2.242 litros/día

2.1.- RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN A LARGO PLAZO

La simulación a largo plazo del sistema utilizando el método de f-chart produce los resultados siguientes:

	Demanda (MJ/día)	Demanda (MJ/Mes)	Aporte Solar (MJ/día)	Aporte Solar (MJ/mes)	Fracción Solar ACS (%)
--	------------------	------------------	-----------------------	-----------------------	------------------------

	Demanda (MJ/día)	Demanda (MJ/Mes)	Aporte Solar (MJ/día)	Aporte Solar (MJ/mes)	Fracción Solar ACS (%)
Enero	464	14.381	145	4.501	31,3
Febrero	460	12.885	181	5.066	39,3
Marzo	444	13.774	214	6.623	48,1
Abril	428	12.825	236	7.085	55,2
Mayo	405	12.558	249	7.707	61,4
Junio	379	11.369	249	7.484	65,8
Julio	365	11.314	247	7.654	67,7
Agosto	351	10.880	237	7.343	67,5
Septiembre	359	10.781	219	6.559	60,8
Octubre	382	11.835	194	6.011	50,8
Noviembre	420	12.601	158	4.731	37,5
Diciembre	451	13.976	135	4.180	29,9

2.2.- PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS

Teniendo en cuenta la situación y colocación de los módulos solares respecto de los elementos arquitectónicos, se considera que nos encontramos en el caso “General”.

El cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación se realiza según el apartado 3.5 del documento básico HE4, obteniéndose el valor siguiente:

Pérdidas por orientación e inclinación: 0,29%

Para obtener el valor de las pérdidas por sombras se utiliza un método analítico basado en el trazado de rayos, más exacto que el método gráfico aproximado descrito en el apartado 3.6 del HE4.

Este método consiste en determinar el porcentaje de la radiación solar que no incide sobre la superficie de los captadores debido a los obstáculos, respecto de la que incidiría de no existir sombra, repitiendo el proceso para cada hora de un día representativo de cada mes.

La superficie de cada captador solar se divide en 100 elementos rectangulares iguales y se comprueba geométricamente si el rayo trazado desde el centro de cada rectángulo hasta la posición solar, corta el volumen ocupado por alguno de los obstáculos o con alguno de los restantes captadores solares.

En caso de que un obstáculo se interponga en el camino del rayo, se considera que todo el rectángulo está en sombra, y se contabilizan las pérdidas correspondientes a la energía que no se recibe, teniendo en cuenta que esta energía es diferente dependiendo de la hora solar. Es decir, la sombra producida al medio día provoca más pérdidas que la misma extensión de sombra producida a primera o última hora del día.

Siguiendo este criterio se obtienen unas pérdidas de radiación solar por sombras de 0,32%

2.3.- RELACIONES ENTRE LAS PRINCIPALES DIMENSIONES

A continuación se muestran las relaciones entre las principales magnitudes de la instalación:

Relación entre el área de captación y el consumo medio diario en los meses estivales:

100·A/M = 0,86

Relación entre el volumen de agua acumulada y el consumo medio diario:

V/M = 0,89

Volumen del depósito de acumulación por cada metro cuadrado de superficie de captación debe mantener la relación:

V/A = 103,52

El caudal de fluido portador, calculado a partir de la superficie total de captadores instalados, teniendo en cuenta el tipo de conexionado serie o paralelo, es de 1,81 l/s por cada 100 m² de superficie de captadores.

3.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

3.1.- SISTEMA DE CAPTACIÓN

El campo de colectores estará formado por 6 unidades con una superficie total de captación igual a 19,3 m², orientados en dirección Sur desviación 8,9° Oeste e inclinados 5,0° respecto de la horizontal.

Los captadores se conectarán entre sí en paralelo.

Todos los grupos estarán compuestos por el mismo número de elementos y se situarán formado filas paralelas y bien alineadas.

En la documentación gráfica del proyecto se muestra la disposición final del campo de colectores.

Los captadores solares serán planos de baja temperatura, modelo BAXI ROCA AR-30 cumpliendo todos los requerimientos de la norma UNE 94101 y con las siguientes características:

Contraseña de homologación:	GPS-8208
Superficie del absorbedor:	3,22 m²
Presión máxima de servicio:	8,0 bar
Contenido de fluido calo-portante:	5,6 litros
Dimensiones externas:	2,00x2,13 m
Caudal de diseño:	60,00 litros/hora/m²
Curva de rendimiento:	0,8320 - 1,1400 · (Tm-Ta)/l

Con objeto de evitar calentamientos excesivos se dotará a la instalación de equipos específicos que permitan disipar los excedentes térmicos.

3.2.- SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR

El sistema de acumulación tendrá una capacidad total de 2.000 litros y estará compuesto por un único depósito de capacidad suficiente.

Los depósitos acumuladores seleccionados son del tipo INTERACUMULADORS ESCOSOL CS con las características que se detallan a continuación:

Presión máxima de servicio:	8,0 bar
Material:	Acero vitrificado
Aislamiento:	Poliuretano flexible con recubrimiento de PVC
Espesor del aislamiento:	100 mm
Capacidad:	2.000 litros
Dimensiones:	Ø1.250x2.130 m

3.3.- SISTEMA DE INTERCAMBIO

El sistema cuenta con un intercambiador de calor de tipo serpentín instalado en el interior del

depósito de acumulación. La superficie total de intercambio es de: 6,08 m², superior a 15% de la superficie total de captación.

3.4.- CIRCUITOS HIDRÁULICOS

3.4.1.- CIRCUITO PRIMARIO

El circuito primario está compuesto por las tuberías que conectan a los captadores solares entre sí, y a estos con el sistema de acumulación/intercambio. Se realizará con tubería de tipo Cobre UNE-37-141-76 de diferentes diámetros.

En cada batería de captadores la entrada del fluido térmico se realiza por el extremo inferior del primer colector y la salida por el extremo superior del último. La entrada tendrá una pendiente ascendente en el sentido del avance del fluido del 1 %.

La conexión entre los captadores solares se ha diseñado utilizando el sistema de retorno invertido, de manera que el circuito resulta equilibrado hidráulicamente.

Se ha calculado el circuito hidráulico para un caudal de diseño de 65,00 l/h/m², lo que supone un caudal total de 1.255,80 l/h y una pérdida de carga de 5,10 mmca.

Para las condiciones de simulación, con una radiación incidente de 1.000 w/m², una temperatura del fluido térmico a la entrada del campo de captadores de 45°C y una temperatura exterior de 20°C, las pérdidas térmicas en la red de tuberías suponen un 3,6% de la potencia total generada por la instalación.

La documentación gráfica del proyecto incluye un esquema de conexonado de los distintos elementos que componen el sistema, con indicación de los diámetros utilizados en cada tramo.

Los anejos de cálculo contienen una descripción del método de cálculo hidráulico empleado y el detalle de los resultados obtenidos.

Fluido caloportante:

De acuerdo con los datos climatológicos disponibles para el emplazamiento, y dado que existe riesgo de heladas, se decide utilizar como fluido térmico agua desmineralizada con anticongelantes e inhibidores de la corrosión no tóxicos, utilizando para esta aplicación una mezcla al 30,0% de propilenglicol, que tiene una temperatura de congelación inferior a -15 °C.

El calor específico del fluido térmico es de 3.722,9 KJ/Kg·K.

Circulador:

Se elige un circulador modelo CIRCULADOR ESTANDAR de las siguientes características:

Caudal nominal:	1.256 litros/hora
Presión nominal:	5,1 m.c.a.
Potencia nominal:	35,0 w
Tensión de funcionamiento:	II - 230 V – 50 Hz

Depósito de expansión cerrado:

Se instalará un depósito de expansión cerrado de tipo indirecto (con diafragma), de las siguientes características:

Capacidad total:	80 litros
Presión máxima de trabajo:	6,0 bar
Presión de llenado:	0,8 bar

Presión tarado válvula de seguridad: 6,0 bar

3.5.- SISTEMA DE CONTROL

El control de funcionamiento normal de las bombas será siempre de tipo diferencial y debe actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de colectores y la del depósito de acumulación.

El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor que 2°C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor que 7°C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada del termostato diferencial no será menor que 2°C.

ANEXOS DE CÁLCULO

1.- CÁLCULO DE LA COBERTURA SOLAR

Se ha seguido el método de cálculo denominado de las curvas-f (f-charts), que consiste en utilizar las correlaciones obtenidas mediante simulaciones por ordenador, que relacionan las variables adimensionales más importantes del sistema térmico solar y el rendimiento que este sistema tiene a lo largo de un periodo de tiempo suficientemente prolongado. Como resultado se obtiene el valor *f* o fracción de la demanda energética que es posible cubrir mediante la energía solar recibida por el sistema de captación.

f = 1,029·Y - 0,065·X - 0,245·Y² + 0,0018·X² + 0,0215·Y³

Las relaciones adimensionales que aparecen en la ecuación anterior tienen el siguiente significado físico: *X* expresa la relación entre las pérdidas de energía del captador solar y la demanda térmica total.

X = (Ac · FR'UL · (Tref - Ta) Δt) / LTOT

Y representa la relación entre la energía absorbida por el captador solar y la demanda total de energía.

Y = (Ac · FR'(τα) · HT · Nm) / Ltot

- Donde:
- Ac Área total de captación solar.
 - FR'UL Factor de pérdidas térmicas del captador solar (W/m²·K).
 - FR'(τα) Factor de ganancias del captador solar.
 - Tref Temperatura de referencia igual a 100°C.
 - Ta Temperatura del ambiente exterior (°C).
 - HT Radiación solar media mensual diaria en superficie inclinada (KJ/día·m²).
 - Δt Periodo de tiempo en segundos (segundos/mes).
 - Nm Periodo de tiempo en días (días/mes).
 - Ltot enertgía total demandada (MJ/mes)

A la hora de aplicar el método de cálculo se tienen en cuenta los factores de corrección introducidos por las siguientes causas:

- Eficiencia del intercambiador.
- Orientación de los captadores solares fuera del rango 15°OESTE a 15° ESTE.
- Inclinaciones de los captadores solares diferentes a la latitud ±15°.
- Caudales de circulación fuera del rango 3,6 a 7,2 litros/hora/m²
- Capacidades de acumulación distintas a 75 litros/m² de superficie de captación.

La radiación solar diaria como media mensual se calcula teniendo en cuenta la superficie de abertura de los captadores solares, su orientación respecto a la dirección SUR y su inclinación respecto a la horizontal.

El cálculo se realiza computando la posición solar para cada hora de un día representativo de cada mes y obteniendo la radiación solar media mensual horaria incidente (IT):

HT = Σ I_T (from h=0 to 24)

IT = Ib · Rb + Id · ((1 + cos β) / 2) + I · ρg · ((1 - cos β) / 2)

- Donde:
- Ib Componente directa de la radiación solar.
 - Rb Factor dependiente del ángulo de incidencia de los rayos solares.
 - Id Radiación solar difusa.
 - I Radiación global sobre superficie horizontal.
 - ρg Reflectancia difusa hacia el entorno.
 - β Ángulo de la superficie inclinada.

A continuación se resumen los principales valores resultantes del cálculo:

- Orientación de captadores: -8,9 °
- Inclinación de captadores: 5,0 °
- Ac, Área total de captación solar: 19,3 m²
- FR'UL, Factor de pérdidas térmicas del captador solar: 1,133 (W/m²·K).
- FR'(τα), Factor de ganancias del captador solar: 0,827
- ε, efectividad del intercambiador: 1,00
- Factor corrector del conjunto captador-intercambiador: 1,000
- Factor corrector por volumen de acumulación: 0,923

	LTOT (MJ/mes)	Ht (MJ/mes)	FACS	X/Ac	Y/Ac	f (%)
Enero	14.381,4	6.650,3	1,11	0,019	0,018	0,313
Febrero	12.885,1	7.556,3	1,12	0,019	0,023	0,393
Marzo	13.773,8	10.068,1	1,16	0,020	0,029	0,481
Abril	12.825,4	10.985,9	1,21	0,021	0,034	0,552
Mayo	12.558,4	12.196,5	1,28	0,023	0,039	0,614
Junio	11.369,2	12.053,6	1,37	0,025	0,042	0,658
Julio	11.314,2	12.419,3	1,41	0,026	0,044	0,677
Agosto	10.880,1	11.975,7	1,49	0,028	0,044	0,675
Septiembre	10.781,2	10.492,5	1,47	0,028	0,039	0,608
Octubre	11.835,0	9.353,1	1,40	0,027	0,032	0,508
Noviembre	12.601,4	7.125,2	1,26	0,023	0,023	0,375
Diciembre	13.976,3	6.203,6	1,16	0,020	0,018	0,299

LTOT: Demanda de energía total mensual (MJ/mes).
HT: Radiación diaria media mensual para superficie inclinada (MJ/mes).
FACS: Factor de corrección para agua caliente sanitaria.
X: Parámetro f-charts que relaciona las pérdidas de los captadores y la carga calorífica total.
Y: Parámetro f-charts de relación entre ganancias solares y carga calorífica total.
f: Fracción de la demanda mensual que es aportada por el sistema solar.
Ac. Área de captación solar.

- Demanda energética anual: 149.181,6 MJ
- Energía solar útil anual: 74.943,1 MJ
- Rendimiento total del sistema: 64,01 %
- Cobertura solar total anual ACS: 50,24 %

2.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS

El principio de cálculo usado para la selección del diámetro de las tuberías y para el cómputo

de sus pérdidas de carga es el siguiente:

1- Determinación del caudal de cada tramo en función de la superficie de captadores solares a los que alimenta, teniendo en cuenta que el caudal de diseño elegido es de 65,00 litros/hora/m².

2- Selección de los diámetros de tubería en base a admitir una pérdida de carga máxima por unidad de longitud de tubería igual a 40,0 mm.c.a./m .

3- Para el cálculo de las pérdidas de carga en las tuberías se ha tenido en cuenta la fórmula de Prandtl-Colebrook.

$$V = -2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot J} \cdot \log_{10} \left(\frac{k_a}{3 \cdot 71 \cdot D} + \frac{2 \cdot 51 \cdot \nu}{D \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot J}} \right)$$

Donde:

- J

=

Pérdida de carga, en m.c.a./m;
- D

=

Diámetro interior de la tubería, en m;
- V

=

Velocidad media del agua, en m/s;
- Qr

=

Caudal por la rama en m³/s;
- ka

=

Rugosidad uniforme equivalente, en m.;
- ν

=

Viscosidad cinemática del fluido, (1'31x10-6 m²/s para agua a 10°C);
- g

=

Aceleración de la gravedad, 9'8 m/s²;

4- Se tienen en cuenta las longitudes equivalentes a tubería recta de igual diámetro de los accesorios (tes, codos, reducciones...) de interconexión entre tuberías, para calcular las pérdidas de carga que producen.

5- Las caídas de presión en las válvulas y en los restantes dispositivos de la instalación se calculan por medio de los gráficos del fabricante.

6- Para el cálculo de las pérdidas térmicas en cada tramo se ha empleado la siguiente expresión:

$$Pt = \frac{L}{\left(\frac{1}{he \cdot dext \cdot \pi}\right) + 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \log\left(\frac{dext}{dint}\right)} \cdot \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_0\right)$$

Donde:

- t_0

Temperatura ambiente exterior (°C)
- t_1

Temperatura de entrada en la tubería (°C)
- t_2

Temperatura de salida de la tubería (°C)
- λ

Conductividad térmica del aislamiento (w/°C•m)
- L

Longitud real de la tubería (m)
- $dext$

Diámetro exterior total incluido el aislamiento (m)
- $dint$

Diámetro interior de la tubería (m)
- he

Coefficiente de convección térmica en w/(m²•K)

2.1.- CIRCUITO PRIMARIO

Se dimensiona el circuito primario para que sea capaz de transportar hasta el sistema de acumulación toda la potencia recibida por el campo de captadores en forma de radiación solar.

2.1.1.- CÁLCULO DE TUBERÍAS

A continuación se listan los resultados del cálculo hidráulico de los diferentes tramos que componen la instalación:

TRAMO	Diámetro	Long. (m)	Leqv. (m)	Q (l/h)	V (m/s)	ΔPu	ΔPt (mmca)
Tramo [1-2]	26x28	12,8	0,8	1.255,8	0,66	32,5	440,0
Tramo [3-1]	26x28	7,2	0,8	1.255,8	0,66	32,5	260,3
Tramo [4-5]	26x28	6,5	0,8	1.255,8	0,66	32,5	235,4
Tramo [6-4]	26x28	1,8	0,8	1.255,8	0,66	32,5	83,0
Tramo [7-3]	26x28	0,4	0,8	1.255,8	0,66	32,5	38,1
Tramo [2-15]	26x28	3,2	0,0	1.255,8	0,66	32,5	105,3
Tramo [5-16]	26x28	8,4	0,8	1.255,8	0,66	32,5	297,7
Tramo [23-22]	13x15	0,4	0,8	209,3	0,44	40,1	48,1
Tramo [15-24]	26x28	3,9	0,3	1.046,5	0,55	23,8	99,1
Tramo [24-25]	26x28	3,9	0,3	837,2	0,44	16,2	67,6
Tramo [26-23]	20x22	3,9	0,4	418,6	0,37	17,1	72,7
Tramo [16-27]	26x28	24,4	0,8	1.255,8	0,66	32,5	820,0
Tramo [24-20]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [25-28]	20x22	3,9	0,3	627,9	0,56	34,1	142,4
Tramo [29-26]	20x22	3,9	0,4	627,9	0,56	34,1	145,2
Tramo [30-29]	26x28	3,9	0,4	837,2	0,44	16,2	68,9
Tramo [23-31]	13x15	3,9	0,4	209,3	0,44	40,1	170,5
Tramo [15-32]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [31-37]	13x15	0,4	0,6	209,3	0,44	40,1	41,3
Tramo [25-38]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [26-39]	13x15	0,4	0,8	209,3	0,44	40,1	48,1
Tramo [29-49]	13x15	0,4	0,8	209,3	0,44	40,1	48,1
Tramo [28-47]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [51-50]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [30-52]	13x15	0,4	0,8	209,3	0,44	40,1	48,1
Tramo [28-51]	20x22	3,9	0,3	418,6	0,37	17,1	71,3
Tramo [63-62]	13x15	0,4	0,4	209,3	0,44	40,1	32,1
Tramo [64-60]	13x15	0,2	0,6	209,3	0,44	40,1	35,2
Tramo [27-63]	26x28	0,4	0,8	1.255,8	0,66	32,5	38,1
Tramo [63-30]	26x28	3,9	0,8	1.046,5	0,55	23,8	110,5
Tramo [51-64]	13x15	3,9	1,0	209,3	0,44	40,1	192,6

Long: Longitud real en metros.
Leqv: Longitud equivalente de accesorios en metros.
V: Velocidad en metros/segundo.
Q: Caudal en litros/hora.
ΔPu: Pérdida de carga unitaria (mmca/m).
ΔPt: Pérdida de carga total (mmca).

2.1.2.- BOMBA DE CIRCULACIÓN

Se dimensiona la bomba de circulación para mover el caudal total que circula por el sistema de captación, que para una superficie total de colectores de 19,3 m² y un caudal de diseño de 65,0 litros/hora/m², alcanza un valor de 1.255,8 litros/hora.

La presión que debe suministrar la bomba será aquella que sea capaz de mover el caudal total del circuito a través del lazo de máximas pérdidas de carga. Este lazo es el que va desde el Intercambiador CIRCUITO PRIMARIO [13-14] hasta el captador solar C.Solar [33-

34] y vuelve hasta el punto de partida.

A continuación se desglosan las pérdidas de carga que se producen en cada uno de los dispositivos situados a lo largo del lazo:

TRAMO	Q (l/h)	V (m/s)	Ø	ΔPu (mmca)	Long. (m)	Tipo de acces.	Leqv (m) ó Kv	L. total (m)	ΔPt (mca)
N1-N2	1.256	0,71	1"			V. BOLA	0,00		0,007
						EX1 [12-11]			
			1"			V. BOLA	0,00		0,007
N2-N3	1.256					BC1 [9-10]			0,000
N3-N4	1.256	0,57	1"			V. RETENCIÓN	3,36		0,087
						Reducción	0,75		
			1"			V. BOLA	0,00		0,007
			26x28	32,5	0,4	Tubería		1,17	0,038
						Codo	0,77		
			26x28	32,5	7,2	Tubería		8,00	0,260
						Codo	0,77		
			26x28	32,5	12,8	Tubería		13,53	0,440
						Codo	0,77		
			26x28	32,5	3,2	Tubería		3,24	0,105
N4-N5	209	0,44	13x15	40,1	0,2	Tubería		2,13	0,085
						Te división	1,25		
						Codo	0,63		
			1/2"			V. BOLA	0,00		0,003
						VS1 [35-33]			
N5-N6	209	0,15				C.Solar [33-34]			0,059
N6-N7	209					VP1 [34-36]			0,000
			1/2"			V. BOLA	0,00		0,016
						Unión	0,63		
			13x15	40,1	0,4	Tubería		1,03	0,041
						Codo	0,63		
			13x15	40,1	3,9	Tubería		4,25	0,171
						Codo	0,40		
N7-N8	419	0,37	20x22	17,1	3,9	Tubería		4,25	0,073
						Te unión	0,40		
N8-N9	628	0,56	20x22	34,1	3,9	Tubería		4,25	0,145
						Te unión	0,40		
N9-N10	837	0,44	26x28	16,2	3,9	Tubería		4,25	0,069
						Te unión	0,40		
N10-N11	1.047	0,55	26x28	23,8	3,9	Tubería		4,65	0,111
						Te unión	0,80		
N11-N12	1.256	0,66	26x28	32,5	0,4	Tubería		1,17	0,038
						Te unión	0,77		

			26x28	32,5	24,4	Tubería		25,21	0,820
						Codo	0,77		
			26x28	32,5	8,4	Tubería		9,15	0,298
						Codo	0,77		
			26x28	32,5	6,5	Tubería		7,24	0,235
						Codo	0,77		
			26x28	32,5	1,8	Tubería		2,55	0,083
						Codo	0,75		
			1"			V. BOLA	0,00		0,007
N12-N13	1.256					CIRCUITO PRIMARIO [13-14]			1,900
TOTAL									5,103

Long: Longitud real en metros.
Leqv: Longitud equivalente de accesorios en metros.
Ø: Diámetro nominal.
V: Velocidad en metros/segundo.
Q: Caudal en litros/hora.
ΔPu: Pérdida de carga unitaria (mmca/m).
ΔPt: Pérdida de carga total (mca).
Kv: Constante válvulas de control.

Se ha tenido en cuenta un coeficiente de seguridad para el cálculo de las caídas de presión en las tuberías igual al 10,0 %.

Atendiendo a los valores anteriores se elige una bomba de circulación cuya curva característica contiene un punto de funcionamiento con los siguientes valores nominales:

Caudal: 1.255,8 litros/hora
Presión: 5,1 m.c.a.
Potencia: 35,0 w.

2.1.3.- DEPÓSITO DE EXPANSIÓN

Este procedimiento de cálculo se basa en la normativa UNE- 100-155-88: Cálculo de vasos de expansión.

El volumen o capacidad útil que debe tener el depósito debe ser al menos de:

$$Vu = V \cdot \alpha$$

Donde:

Vu = Volumen o capacidad útil del depósito en litros.
V = Volumen de agua total de la instalación en litros.
α = Coeficiente de dilatación del fluido térmico en %.

El volumen total de fluido en la instalación es la suma del contenido en el Intercambiador, en los captadores solares, y la capacidad de las tuberías de todo el circuito:

$$V.Total = 24,0 + 33,6 + 49,1 = 106,7 \text{ litros.}$$

Tomando un factor de seguridad del 10% se obtiene un volumen total de:

$$V = 106,7 \times 1,1 = 117,4 \text{ litros.}$$

Para una temperatura máxima de 140,0 °C y un porcentaje de anticongelante del 25% se tiene un incremento de volumen del 9,018%.

Dado que el fluido caloportante puede evaporarse en condiciones de estancamiento, también se tendrá en cuenta el volumen vaporizable, que será aproximadamente el situado en el

interior de los captadores solares y sus tuberías de unión, incrementados un 10%.

Por tanto el volumen útil del depósito deber ser de:

$$V_u = 117,4 \cdot 9,018 / 100 + 33,6 \times 1,1 = 47,5 \text{ litros}$$

El coeficiente de presión del gas relaciona la presión máxima de trabajo (PM) y la presión de llenado del gas (Pm), ambas como presiones absolutas:

$$C_p = P_M / (P_M - P_m)$$

Dado que la altura de la instalación sobre el vaso de expansión es de 3,0 m., la presión de llenado de la cámara de gas será:

$$P_m = 0,5 + 1,01325 \cdot 3,0 / 10 = 0,8 \text{ bar.}$$

Como mínimo se toma una presión de llenado de 0,5 bar en el punto más alto de la instalación con objeto de evitar la entrada de aire. Por otra parte eligiendo una presión máxima de trabajo $P_M = 6,0$ bar se obtiene:

$$C_p = (6,0 + 1,01325) / (6,0 - 0,8) = 1,350$$

Por tanto la capacidad total del depósito debe ser:

$$V_t = V_u \cdot C_p = 47,5 \cdot 1,350 = 64,2 \text{ litros}$$

Se elige un depósito de expansión cerrado con las siguientes características:

Capacidad total: 80,0 litros

Presión máxima de trabajo: 6,0 bar.

Presión de llenado: 0,8 bar.

Presión de tarado de la válvula de seguridad: 6,0 bar.

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

1.- DATOS DE DISEÑO

1.1.- DATOS RELATIVOS AL EMPLAZAMIENTO

Emplazamiento:	Barcelona-Dades ordenança
Altitud sobre el nivel del mar:	95
Temperatura mínima histórica:	-7
Zona climática:	II
Latitud:	41° 24' Norte
Longitud:	2° 12' Este

VALORES MENSUALES DE DISEÑO			
	H (KJ/m²·día)	Kt	Ta (°C)
Enero	6.800	0,44	9,4
Febrero	9.650	0,50	9,9
Marzo	13.880	0,51	12,3
Abril	18.540	0,53	14,6
Mayo	22.250	0,54	17,7
Junio	24.030	0,55	21,6
Julio	23.370	0,55	24,4
Agosto	20.420	0,52	24,2
Septiembre	16.050	0,51	21,7
Octubre	11.400	0,53	17,5
Noviembre	7.730	0,44	13,5
Diciembre	6.040	0,46	10,2

H: Media mensual de radiación diaria sobre superficie horizontal (en kJ/m²·día).

Kt: Índice de nubosidad.

Ta: Temperatura ambiente media mensual (en °C).

Los datos relativos a la radiación solar y a la temperatura ambiente se han tomado de la norma UNE 94003:2007. Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas.

1.2.- CARGA DE CONSUMO DE AGUA CALIENTE SANITARIA

La siguiente tabla muestra los distintos tipos de consumo que se presentan en el edificio:

Tipo de consumo	Unidad	Nº Uds	Consumo Litros/días	Consumo Total (l/d)
Vivenda-Decret Ecoeficiència	persona	60	28,0 a 60,0°C	1.680,0
Locals comercials-Ordenança Solar Barcelona	m2	129	1,4 a 60,0°C	180,6

La acumulación se realizará a 60,0°C y el rendimiento térmico de la instalación de distribución del A.C.S. se considera igual al 97%.

Teniendo en cuenta un perfil de consumo mensual de tipo "Demanda constante anual" y los valores de temperatura de agua fría de red disponibles para la localidad, los valores medios mensuales de consumo total diario de A.C.S. en el edificio y el consumo energético mensual para calentamiento del agua de uso sanitario resultantes serán los que se muestran en la tabla siguiente:

	Perfil consumo (%)	Consumo ACS (litros/día)	Consumo ACS (litros/mes)	Temperatura agua fría (°C)	Demanda energía ACS (MJ/mes)
Enero	100	1.918	59.462	10,3	12.371
Febrero	100	1.918	53.708	10,7	11.084
Marzo	100	1.918	59.462	12,4	11.848
Abril	100	1.918	57.544	14,2	11.032
Mayo	100	1.918	59.462	16,6	10.803
Junio	100	1.918	57.544	19,4	9.780
Julio	100	1.918	59.462	20,9	9.732
Agosto	100	1.918	59.462	22,4	9.359
Septiembre	100	1.918	57.544	21,5	9.274
Octubre	100	1.918	59.462	19,1	10.180
Noviembre	100	1.918	57.544	15,0	10.840
Diciembre	100	1.918	59.462	11,7	12.022

Lo que representa un consumo medio diario de 1.918,1 litros, medio mensual de 58.343,6 litros y un consumo total anual de 700.122,7 litros.

1.3.- PARÁMETROS DE DISEÑO

Se proyecta una instalación solar térmica constituida por un campo de captadores solares orientados en dirección Sur desviación 8,9° Oeste, y con una inclinación respecto a la horizontal de 5,0°. El índice de reflectividad del entorno donde se situarán los captadores se toma igual a 0,15.

El sistema se diseña para que se cubra al menos un 50,0% de la demanda de energía anual. Este parámetro servirá para el dimensionamiento del campo de captadores y de la capacidad de acumulación.

2.- CONFIGURACIÓN ELEGIDA

La instalación estará constituida por un conjunto de captadores solares que reciben la radiación solar y la transforman en energía térmica, elevando la temperatura del fluido que circula por su interior. La energía captada se transfiere a continuación a un depósito acumulador de agua caliente. Después de éste se instala en serie un equipo convencional de apoyo o auxiliar, cuya potencia térmica es suficiente para que pueda proporcionar la energía necesaria para la producción total demandada.

Se elige un sistema del tipo circulación forzada con intercambiador de calor en el acumulador solar, que tiene las siguientes características:

Superficie total de captación (A):	19,3 m²
Volumen total de acumulación solar (V):	2.000 litros
Fracción solar (por método f-chart):	56,8 %
Consumo medio diario en los meses de verano (M):	1.929 litros/día

2.1.- RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN A LARGO PLAZO

La simulación a largo plazo del sistema utilizando el método de f-chart produce los resultados siguientes:

	Demanda (MJ/día)	Demanda (MJ/Mes)	Aporte Solar (MJ/día)	Aporte Solar (MJ/mes)	Fracción Solar ACS (%)
Enero	399	12.371	143	4.434	35,8

	Demanda (MJ/día)	Demanda (MJ/Mes)	Aporte Solar (MJ/día)	Aporte Solar (MJ/mes)	Fracción Solar ACS (%)
Febrero	396	11.084	178	4.971	44,8
Marzo	382	11.848	209	6.468	54,6
Abril	368	11.032	230	6.891	62,5
Mayo	348	10.803	241	7.467	69,1
Junio	326	9.780	241	7.229	73,9
Julio	314	9.732	238	7.384	75,9
Agosto	302	9.359	228	7.082	75,7
Septiembre	309	9.274	212	6.352	68,5
Octubre	328	10.180	189	5.857	57,5
Noviembre	361	10.840	155	4.644	42,8
Diciembre	388	12.022	133	4.120	34,3

2.2.- PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS

Teniendo en cuenta la situación y colocación de los módulos solares respecto de los elementos arquitectónicos, se considera que nos encontramos en el caso “General”.

El cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación se realiza según el apartado 3.5 del documento básico HE4, obteniéndose el valor siguiente:

Pérdidas por orientación e inclinación: 0,29%

Para obtener el valor de las pérdidas por sombras se utiliza un método analítico basado en el trazado de rayos, más exacto que el método gráfico aproximado descrito en el apartado 3.6 del HE4.

Este método consiste en determinar el porcentaje de la radiación solar que no incide sobre la superficie de los captadores debido a los obstáculos, respecto de la que incidiría de no existir sombra, repitiendo el proceso para cada hora de un día representativo de cada mes.

La superficie de cada captador solar se divide en 100 elementos rectangulares iguales y se comprueba geométricamente si el rayo trazado desde el centro de cada rectángulo hasta la posición solar, corta el volumen ocupado por alguno de los obstáculos o con alguno de los restantes captadores solares.

En caso de que un obstáculo se interponga en el camino del rayo, se considera que todo el rectángulo está en sombra, y se contabilizan las pérdidas correspondientes a la energía que no se recibe, teniendo en cuenta que esta energía es diferente dependiendo de la hora solar. Es decir, la sombra producida al medio día provoca más pérdidas que la misma extensión de sombra producida a primera o última hora del día.

Siguiendo este criterio se obtienen unas pérdidas de radiación solar por sombras de 0,32%

2.3.- RELACIONES ENTRE LAS PRINCIPALES DIMENSIONES

A continuación se muestran las relaciones entre las principales magnitudes de la instalación:

Relación entre el área de captación y el consumo medio diario en los meses estivales:

100·A/M = 1,00

Relación entre el volumen de agua acumulada y el consumo medio diario:

V/M = 1,04

Volumen del depósito de acumulación por cada metro cuadrado de superficie de captación

debe mantener la relación:

V/A = 103,52

El caudal de fluido portador, calculado a partir de la superficie total de captadores instalados, teniendo en cuenta el tipo de conexionado serie o paralelo, es de 1,81 l/s por cada 100 m² de superficie de captadores.

3.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

3.1.- SISTEMA DE CAPTACIÓN

El campo de colectores estará formado por 6 unidades con una superficie total de captación igual a 19,3 m², orientados en dirección Sur desviación 8,9° Oeste e inclinados 5,0° respecto de la horizontal.

Los captadores se conectarán entre sí en paralelo.

Todos los grupos estarán compuestos por el mismo número de elementos y se situarán formado filas paralelas y bien alineadas.

En la documentación gráfica del proyecto se muestra la disposición final del campo de colectores.

Los captadores solares serán planos de baja temperatura, modelo BAXI ROCA AR-30 cumpliendo todos los requerimientos de la norma UNE 94101 y con las siguientes características:

Contraseña de homologación:	GPS-8208
Superficie del absorbedor:	3,22 m²
Presión máxima de servicio:	8,0 bar
Contenido de fluido calo-portante:	5,6 litros
Dimensiones externas:	2,00x2,13 m
Caudal de diseño:	60,00 litros/hora/m²
Curva de rendimiento:	0,8320 - 1,1400 · (Tm-Ta)/l

Con objeto de evitar calentamientos excesivos se dotará a la instalación de equipos específicos que permitan disipar los excedentes térmicos.

3.2.- SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR

El sistema de acumulación tendrá una capacidad total de 2.000 litros y estará compuesto por un único depósito de capacidad suficiente.

Los depósitos acumuladores seleccionados son del tipo INTERACUMULADORS ESCOSOL CS con las características que se detallan a continuación:

Presión máxima de servicio:	8,0 bar
Material:	Acero vitrificado
Aislamiento:	Poliuretano flexible con recubrimiento de PVC
Espesor del aislamiento:	100 mm
Capacidad:	2.000 litros
Dimensiones:	Ø1.250x2.130 m

3.3.- SISTEMA DE INTERCAMBIO

El sistema cuenta con un intercambiador de calor de tipo serpentín instalado en el interior del depósito de acumulación. La superficie total de intercambio es de: 6,08 m², superior a 15%

de la superficie total de captación.

3.4.- CIRCUITOS HIDRÁULICOS

3.4.1.- CIRCUITO PRIMARIO

El circuito primario está compuesto por las tuberías que conectan a los captadores solares entre sí, y a estos con el sistema de acumulación/intercambio. Se realizará con tubería de tipo Cobre UNE-37-141-76 de diferentes diámetros.

En cada batería de captadores la entrada del fluido térmico se realiza por el extremo inferior del primer colector y la salida por el extremo superior del último. La entrada tendrá una pendiente ascendente en el sentido del avance del fluido del 1 %.

La conexión entre los captadores solares se ha diseñado utilizando el sistema de retorno invertido, de manera que el circuito resulta equilibrado hidráulicamente.

Se ha calculado el circuito hidráulico para un caudal de diseño de 65,00 l/h/m², lo que supone un caudal total de 1.255,80 l/h y una pérdida de carga de 5,10 mmca.

Para las condiciones de simulación, con una radiación incidente de 1.000 w/m², una temperatura del fluido térmico a la entrada del campo de captadores de 45°C y una temperatura exterior de 20°C, las pérdidas térmicas en la red de tuberías suponen un 3,6% de la potencia total generada por la instalación.

La documentación gráfica del proyecto incluye un esquema de conexonado de los distintos elementos que componen el sistema, con indicación de los diámetros utilizados en cada tramo.

Los anejos de cálculo contienen una descripción del método de cálculo hidráulico empleado y el detalle de los resultados obtenidos.

Fluido caloportante:

De acuerdo con los datos climatológicos disponibles para el emplazamiento, y dado que existe riesgo de heladas, se decide utilizar como fluido térmico agua desmineralizada con anticongelantes e inhibidores de la corrosión no tóxicos, utilizando para esta aplicación una mezcla al 30,0% de propilenglicol, que tiene una temperatura de congelación inferior a -15 °C.

El calor específico del fluido térmico es de 3.722,9 KJ/Kg·K.

Circulador:

Se elige un circulador modelo CIRCULADOR ESTANDAR de las siguientes características:

Caudal nominal:	1.256 litros/hora
Presión nominal:	5,1 m.c.a.
Potencia nominal:	35,0 w
Tensión de funcionamiento:	II - 230 V – 50 Hz

Depósito de expansión cerrado:

Se instalará un depósito de expansión cerrado de tipo indirecto (con diafragma), de las siguientes características:

Capacidad total:	80 litros
Presión máxima de trabajo:	6,0 bar
Presión de llenado:	0,8 bar
Presión tarado válvula de seguridad:	6,0 bar

3.5.- SISTEMA DE CONTROL

El control de funcionamiento normal de las bombas será siempre de tipo diferencial y debe actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de colectores y la del depósito de acumulación.

El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor que 2°C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor que 7°C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada del termostato diferencial no será menor que 2°C.

ANEXOS DE CÁLCULO

1.- CÁLCULO DE LA COBERTURA SOLAR

Se ha seguido el método de cálculo denominado de las curvas-f (f-charts), que consiste en utilizar las correlaciones obtenidas mediante simulaciones por ordenador, que relacionan las variables adimensionales más importantes del sistema térmico solar y el rendimiento que este sistema tiene a lo largo de un periodo de tiempo suficientemente prolongado. Como resultado se obtiene el valor *f* o fracción de la demanda energética que es posible cubrir mediante la energía solar recibida por el sistema de captación.

f = 1,029·Y - 0,065·X - 0,245·Y² + 0,0018·X² + 0,0215·Y³

Las relaciones adimensionales que aparecen en la ecuación anterior tienen el siguiente significado físico:
X expresa la relación entre las pérdidas de energía del captador solar y la demanda térmica total.

X = (Ac · FR'UL · (Tref - Ta) Δt) / LTOT

Y representa la relación entre la energía absorbida por el captador solar y la demanda total de energía.

Y = (Ac · FR'(τα) · HT · Nm) / Ltot

- Donde:
- Ac Área total de captación solar.
 - FR'UL Factor de pérdidas térmicas del captador solar (W/m²·K).
 - FR'(τα) Factor de ganancias del captador solar.
 - Tref Temperatura de referencia igual a 100°C.
 - Ta Temperatura del ambiente exterior (°C).
 - HT Radiación solar media mensual diaria en superficie inclinada (KJ/día·m²).
 - Δt Periodo de tiempo en segundos (segundos/mes).
 - Nm Periodo de tiempo en días (días/mes).
 - Ltot enertgía total demandada (MJ/mes)

A la hora de aplicar el método de cálculo se tienen en cuenta los factores de corrección introducidos por las siguientes causas:

- Eficiencia del intercambiador.
- Orientación de los captadores solares fuera del rango 15°OESTE a 15° ESTE.
- Inclinaciones de los captadores solares diferentes a la latitud ±15°.
- Caudales de circulación fuera del rango 3,6 a 7,2 litros/hora/m²
- Capacidades de acumulación distintas a 75 litros/m² de superficie de captación.

La radiación solar diaria como media mensual se calcula teniendo en cuenta la superficie de abertura de los captadores solares, su orientación respecto a la dirección SUR y su inclinación respecto a la horizontal.

El cálculo se realiza computando la posición solar para cada hora de un día representativo de cada mes y obteniendo la radiación solar media mensual horaria incidente (IT):

HT = Σ I_T (from h=0 to 24)

IT = Ib · Rb + Id · ((1 + cos β) / 2) + I · ρg · ((1 - cos β) / 2)

- Donde:
- Ib Componente directa de la radiación solar.
 - Rb Factor dependiente del ángulo de incidencia de los rayos solares.
 - Id Radiación solar difusa.
 - I Radiación global sobre superficie horizontal.
 - ρg Reflectancia difusa hacia el entorno.
 - β Ángulo de la superficie inclinada.

A continuación se resumen los principales valores resultantes del cálculo:

- Orientación de captadores: -8,9 °
- Inclinación de captadores: 5,0 °
- Ac, Área total de captación solar: 19,3 m²
- FR'UL, Factor de pérdidas térmicas del captador solar: 1,133 (W/m²·K).
- FR'(τα), Factor de ganancias del captador solar: 0,827
- ε, efectividad del intercambiador: 1,00
- Factor corrector del conjunto captador-intercambiador: 1,000
- Factor corrector por volumen de acumulación: 0,923

	L _{TOT} (MJ/mes)	H _T (MJ/mes)	F _{ACS}	X/Ac	Y/Ac	f (%)
Enero	12.370,8	6.650,3	1,11	0,022	0,021	0,358
Febrero	11.083,7	7.556,3	1,12	0,022	0,027	0,448
Marzo	11.848,1	10.068,1	1,16	0,023	0,034	0,546
Abril	11.032,3	10.985,9	1,21	0,025	0,040	0,625
Mayo	10.802,7	12.196,5	1,28	0,027	0,045	0,691
Junio	9.779,8	12.053,6	1,37	0,029	0,049	0,739
Julio	9.732,4	12.419,3	1,41	0,030	0,051	0,759
Agosto	9.359,0	11.975,7	1,49	0,033	0,051	0,757
Septiembre	9.273,9	10.492,5	1,47	0,033	0,045	0,685
Octubre	10.180,4	9.353,1	1,40	0,031	0,037	0,575
Noviembre	10.839,6	7.125,2	1,26	0,026	0,026	0,428
Diciembre	12.022,3	6.203,6	1,16	0,023	0,021	0,343

LTOT: Demanda de energía total mensual (MJ/mes).
HT: Radiación diaria media mensual para superficie inclinada (MJ/mes).
FACS: Factor de corrección para agua caliente sanitaria.
X: Parámetro f-charts que relaciona las pérdidas de los captadores y la carga calorífica total.
Y: Parámetro f-charts de relación entre ganancias solares y carga calorífica total.
f: Fracción de la demanda mensual que es aportada por el sistema solar.
Ac. Área de captación solar.

- Demanda energética anual: 128.325,1 MJ
- Energía solar útil anual: 72.900,0 MJ
- Rendimiento total del sistema: 62,27 %
- Cobertura solar total anual ACS: 56,81 %

2.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS

El principio de cálculo usado para la selección del diámetro de las tuberías y para el cómputo

de sus pérdidas de carga es el siguiente:

1- Determinación del caudal de cada tramo en función de la superficie de captadores solares a los que alimenta, teniendo en cuenta que el caudal de diseño elegido es de 65,00 litros/hora/m².

2- Selección de los diámetros de tubería en base a admitir una pérdida de carga máxima por unidad de longitud de tubería igual a 40,0 mm.c.a./m .

3- Para el cálculo de las pérdidas de carga en las tuberías se ha tenido en cuenta la fórmula de Prandtl-Colebrook.

$$V = -2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot J} \cdot \log_{10} \left(\frac{k_a}{3 \cdot 71 \cdot D} + \frac{2 \cdot 51 \cdot \nu}{D \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot J}} \right)$$

Donde:

- J

=

Pérdida de carga, en m.c.a./m;
- D

=

Diámetro interior de la tubería, en m;
- V

=

Velocidad media del agua, en m/s;
- Qr

=

Caudal por la rama en m³/s;
- ka

=

Rugosidad uniforme equivalente, en m.;
- ν

=

Viscosidad cinemática del fluido, (1'31x10-6 m²/s para agua a 10°C);
- g

=

Aceleración de la gravedad, 9'8 m/s²;

4- Se tienen en cuenta las longitudes equivalentes a tubería recta de igual diámetro de los accesorios (tes, codos, reducciones...) de interconexión entre tuberías, para calcular las pérdidas de carga que producen.

5- Las caídas de presión en las válvulas y en los restantes dispositivos de la instalación se calculan por medio de los gráficos del fabricante.

6- Para el cálculo de las pérdidas térmicas en cada tramo se ha empleado la siguiente expresión:

$$Pt = \frac{L}{\left(\frac{1}{he \cdot dext \cdot \pi} \right) + 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \log \left(\frac{dext}{d \text{ int}} \right)} \cdot \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_0 \right)$$

Donde:

- t_0

Temperatura ambiente exterior (°C)
- t_1

Temperatura de entrada en la tubería (°C)
- t_2

Temperatura de salida de la tubería (°C)
- λ

Conductividad térmica del aislamiento (w/°C•m)
- L

Longitud real de la tubería (m)
- $dext$

Diámetro exterior total incluido el aislamiento (m)
- $dint$

Diámetro interior de la tubería (m)
- he

Coefficiente de convección térmica en w/(m²•K)

2.1.- CIRCUITO PRIMARIO

Se dimensiona el circuito primario para que sea capaz de transportar hasta el sistema de acumulación toda la potencia recibida por el campo de captadores en forma de radiación solar.

2.1.1.- CÁLCULO DE TUBERÍAS

A continuación se listan los resultados del cálculo hidráulico de los diferentes tramos que componen la instalación:

TRAMO	Diámetro	Long. (m)	Leqv. (m)	Q (l/h)	V (m/s)	ΔPu	ΔPt (mmca)
Tramo [2-1]	26x28	12,8	0,8	1.255,8	0,66	32,5	440,0
Tramo [1-3]	26x28	7,2	0,8	1.255,8	0,66	32,5	260,3
Tramo [5-4]	26x28	6,5	0,8	1.255,8	0,66	32,5	235,4
Tramo [6-4]	26x28	1,8	0,8	1.255,8	0,66	32,5	83,0
Tramo [7-3]	26x28	0,4	0,8	1.255,8	0,66	32,5	38,1
Tramo [2-15]	26x28	3,2	0,0	1.255,8	0,66	32,5	105,3
Tramo [16-5]	26x28	8,4	0,8	1.255,8	0,66	32,5	297,7
Tramo [22-23]	13x15	0,4	0,8	209,3	0,44	40,1	48,1
Tramo [15-24]	26x28	3,9	0,3	1.046,5	0,55	23,8	99,1
Tramo [24-25]	26x28	3,9	0,3	837,2	0,44	16,2	67,6
Tramo [23-26]	20x22	3,9	0,4	418,6	0,37	17,1	72,7
Tramo [16-27]	26x28	24,4	0,8	1.255,8	0,66	32,5	820,0
Tramo [24-20]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [25-28]	20x22	3,9	0,3	627,9	0,56	34,1	142,4
Tramo [26-29]	20x22	3,9	0,4	627,9	0,56	34,1	145,2
Tramo [29-30]	26x28	3,9	0,4	837,2	0,44	16,2	68,9
Tramo [31-23]	13x15	3,9	0,4	209,3	0,44	40,1	170,5
Tramo [15-32]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [37-31]	13x15	0,4	0,6	209,3	0,44	40,1	41,3
Tramo [25-38]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [39-26]	13x15	0,4	0,8	209,3	0,44	40,1	48,1
Tramo [49-29]	13x15	0,4	0,8	209,3	0,44	40,1	48,1
Tramo [28-47]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [51-50]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [52-30]	13x15	0,4	0,8	209,3	0,44	40,1	48,1
Tramo [28-51]	20x22	3,9	0,3	418,6	0,37	17,1	71,3
Tramo [62-63]	13x15	0,4	0,4	209,3	0,44	40,1	32,1
Tramo [64-60]	13x15	0,2	0,6	209,3	0,44	40,1	35,2
Tramo [27-63]	26x28	0,4	0,8	1.255,8	0,66	32,5	38,1
Tramo [30-63]	26x28	3,9	0,8	1.046,5	0,55	23,8	110,5
Tramo [51-64]	13x15	3,9	1,0	209,3	0,44	40,1	192,6

Long: Longitud real en metros.
Leqv: Longitud equivalente de accesorios en metros.
V: Velocidad en metros/segundo.
Q: Caudal en litros/hora.
ΔPu: Pérdida de carga unitaria (mmca/m).
ΔPt: Pérdida de carga total (mmca).

2.1.2.- BOMBA DE CIRCULACIÓN

Se dimensiona la bomba de circulación para mover el caudal total que circula por el sistema de captación, que para una superficie total de colectores de 19,3 m² y un caudal de diseño de 65,0 litros/hora/m², alcanza un valor de 1.255,8 litros/hora.

La presión que debe suministrar la bomba será aquella que sea capaz de mover el caudal total del circuito a través del lazo de máximas pérdidas de carga. Este lazo es el que va desde el Intercambiador CIRCUITO PRIMARIO [13-14] hasta el captador solar C.Solar [33-

34] y vuelve hasta el punto de partida.

A continuación se desglosan las pérdidas de carga que se producen en cada uno de los dispositivos situados a lo largo del lazo:

TRAMO	Q (l/h)	V (m/s)	Ø	ΔPu (mmca)	Long. (m)	Tipo de acces.	Leqv (m) ó Kv	L. total (m)	ΔPt (mca)
N1-N2	1.256	0,71	1"			V. BOLA	0,00		0,007
						EX1 [12-11]			
			1"			V. BOLA	0,00		0,007
N2-N3	1.256					BC1 [9-10]			0,000
N3-N4	1.256	0,57	1"			V. RETENCIÓN	3,36		0,087
						Reducción	0,75		
			1"			V. BOLA	0,00		0,007
			26x28	32,5	0,4	Tubería		1,17	0,038
						Codo	0,77		
			26x28	32,5	7,2	Tubería		8,00	0,260
						Codo	0,77		
			26x28	32,5	12,8	Tubería		13,53	0,440
						Codo	0,77		
			26x28	32,5	3,2	Tubería		3,24	0,105
N4-N5	209	0,44	13x15	40,1	0,2	Tubería		2,13	0,085
						Te división	1,25		
						Codo	0,63		
			1/2"			V. BOLA	0,00		0,003
						VS1 [35-33]			
N5-N6	209	0,15				C.Solar [33-34]			0,059
N6-N7	209					VP1 [34-36]			0,000
			1/2"			V. BOLA	0,00		0,016
						Unión	0,63		
			13x15	40,1	0,4	Tubería		1,03	0,041
						Codo	0,63		
			13x15	40,1	3,9	Tubería		4,25	0,171
						Te unión	0,40		
N7-N8	419	0,37	20x22	17,1	3,9	Tubería		4,25	0,073
						Te unión	0,40		
N8-N9	628	0,56	20x22	34,1	3,9	Tubería		4,25	0,145
						Te unión	0,40		
N9-N10	837	0,44	26x28	16,2	3,9	Tubería		4,25	0,069
						Te unión	0,40		
N10-N11	1.047	0,55	26x28	23,8	3,9	Tubería		4,65	0,111
						Te unión	0,80		
N11-N12	1.256	0,66	26x28	32,5	0,4	Tubería		1,17	0,038
						Te unión	0,77		

			26x28	32,5	24,4	Tubería		25,21	0,820
						Codo	0,77		
			26x28	32,5	8,4	Tubería		9,15	0,298
						Codo	0,77		
			26x28	32,5	6,5	Tubería		7,24	0,235
						Codo	0,77		
			26x28	32,5	1,8	Tubería		2,55	0,083
						Codo	0,75		
			1"			V. BOLA	0,00		0,007
N12-N13	1.256					CIRCUITO PRIMARIO [13-14]			1,900
TOTAL									5,103

Long: Longitud real en metros.
Leqv: Longitud equivalente de accesorios en metros.
Ø: Diámetro nominal.
V: Velocidad en metros/segundo.
Q: Caudal en litros/hora.
ΔPu: Pérdida de carga unitaria (mmca/m).
ΔPt: Pérdida de carga total (mca).
Kv: Constante válvulas de control.

Se ha tenido en cuenta un coeficiente de seguridad para el cálculo de las caídas de presión en las tuberías igual al 10,0 %.

Atendiendo a los valores anteriores se elige una bomba de circulación cuya curva característica contiene un punto de funcionamiento con los siguientes valores nominales:

Caudal: 1.255,8 litros/hora
Presión: 5,1 m.c.a.
Potencia: 35,0 w.

2.1.3.- DEPÓSITO DE EXPANSIÓN

Este procedimiento de cálculo se basa en la normativa UNE- 100-155-88: Cálculo de vasos de expansión.

El volumen o capacidad útil que debe tener el depósito debe ser al menos de:

$V_u = V \cdot \alpha$

Donde:

Vu = Volumen o capacidad útil del depósito en litros.
V = Volumen de agua total de la instalación en litros.
α = Coeficiente de dilatación del fluido térmico en %.

El volumen total de fluido en la instalación es la suma del contenido en el Intercambiador, en los captadores solares, y la capacidad de las tuberías de todo el circuito:

$V.Total = 24,0 + 33,6 + 49,1 = 106,7$ litros.

Tomando un factor de seguridad del 10% se obtiene un volumen total de:

$V = 106,7 \times 1,1 = 117,4$ litros.

Para una temperatura máxima de 140,0 °C y un porcentaje de anticongelante del 25% se tiene un incremento de volumen del 9,018%.

Dado que el fluido caloportante puede evaporarse en condiciones de estancamiento, también se tendrá en cuenta el volumen vaporizable, que será aproximadamente el situado en el

interior de los captadores solares y sus tuberías de unión, incrementados un 10%.

Por tanto el volumen útil del depósito deber ser de:

$$V_u = 117,4 \cdot 9,018 / 100 + 33,6 \times 1,1 = 47,5 \text{ litros}$$

El coeficiente de presión del gas relaciona la presión máxima de trabajo (PM) y la presión de llenado del gas (Pm), ambas como presiones absolutas:

$$C_p = P_M / (P_M - P_m)$$

Dado que la altura de la instalación sobre el vaso de expansión es de 3,0 m., la presión de llenado de la cámara de gas será:

$$P_m = 0,5 + 1,01325 \cdot 3,0 / 10 = 0,8 \text{ bar.}$$

Como mínimo se toma una presión de llenado de 0,5 bar en el punto más alto de la instalación con objeto de evitar la entrada de aire. Por otra parte eligiendo una presión máxima de trabajo $P_M = 6,0$ bar se obtiene:

$$C_p = (6,0 + 1,01325) / (6,0 - 0,8) = 1,350$$

Por tanto la capacidad total del depósito debe ser:

$$V_t = V_u \cdot C_p = 47,5 \cdot 1,350 = 64,2 \text{ litros}$$

Se elige un depósito de expansión cerrado con las siguientes características:

Capacidad total: 80,0 litros

Presión máxima de trabajo: 6,0 bar.

Presión de llenado: 0,8 bar.

Presión de tarado de la válvula de seguridad: 6,0 bar.

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

1.- DATOS DE DISEÑO

1.1.- DATOS RELATIVOS AL EMPLAZAMIENTO

Emplazamiento:	Barcelona-Dades ordenança
Altitud sobre el nivel del mar:	95
Temperatura mínima histórica:	-7
Zona climática:	II
Latitud:	41° 24' Norte
Longitud:	2° 12' Este

VALORES MENSUALES DE DISEÑO			
	H (KJ/m²·día)	Kt	Ta (°C)
Enero	6.800	0,44	9,4
Febrero	9.650	0,50	9,9
Marzo	13.880	0,51	12,3
Abril	18.540	0,53	14,6
Mayo	22.250	0,54	17,7
Junio	24.030	0,55	21,6
Julio	23.370	0,55	24,4
Agosto	20.420	0,52	24,2
Septiembre	16.050	0,51	21,7
Octubre	11.400	0,53	17,5
Noviembre	7.730	0,44	13,5
Diciembre	6.040	0,46	10,2

H: Media mensual de radiación diaria sobre superficie horizontal (en kJ/m²·día).

Kt: Índice de nubosidad.

Ta: Temperatura ambiente media mensual (en °C).

Los datos relativos a la radiación solar y a la temperatura ambiente se han tomado de la norma UNE 94003:2007. Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas.

1.2.- CARGA DE CONSUMO DE AGUA CALIENTE SANITARIA

La siguiente tabla muestra los distintos tipos de consumo que se presentan en el edificio:

Tipo de consumo	Unidad	Nº Uds	Consumo Litros/días	Consumo Total (l/d)
Vivenda-Decret Ecoeficiència	persona	42	28,0 a 60,0°C	1.176,0
Locals comercials-Ordenança Solar Barcelona	m2	115	1,4 a 60,0°C	161,0

La acumulación se realizará a 60,0°C y el rendimiento térmico de la instalación de distribución del A.C.S. se considera igual al 97%.

Teniendo en cuenta un perfil de consumo mensual de tipo "Demanda constante anual" y los valores de temperatura de agua fría de red disponibles para la localidad, los valores medios mensuales de consumo total diario de A.C.S. en el edificio y el consumo energético mensual para calentamiento del agua de uso sanitario resultantes serán los que se muestran en la tabla siguiente:

	Perfil consumo (%)	Consumo ACS (litros/día)	Consumo ACS (litros/mes)	Temperatura agua fría (°C)	Demanda energía ACS (MJ/mes)
Enero	100	1.378	42.729	10,3	8.889
Febrero	100	1.378	38.594	10,7	7.965
Marzo	100	1.378	42.729	12,4	8.514
Abril	100	1.378	41.351	14,2	7.928
Mayo	100	1.378	42.729	16,6	7.763
Junio	100	1.378	41.351	19,4	7.028
Julio	100	1.378	42.729	20,9	6.994
Agosto	100	1.378	42.729	22,4	6.725
Septiembre	100	1.378	41.351	21,5	6.664
Octubre	100	1.378	42.729	19,1	7.315
Noviembre	100	1.378	41.351	15,0	7.789
Diciembre	100	1.378	42.729	11,7	8.639

Lo que representa un consumo medio diario de 1.378,4 litros, medio mensual de 41.924,8 litros y un consumo total anual de 503.097,9 litros.

1.3.- PARÁMETROS DE DISEÑO

Se proyecta una instalación solar térmica constituida por un campo de captadores solares orientados en dirección Sur desviación 8,9° Oeste, y con una inclinación respecto a la horizontal de 5,0°. El índice de reflectividad del entorno donde se situarán los captadores se toma igual a 0,15.

El sistema se diseña para que se cubra al menos un 50,0% de la demanda de energía anual. Este parámetro servirá para el dimensionamiento del campo de captadores y de la capacidad de acumulación.

2.- CONFIGURACIÓN ELEGIDA

La instalación estará constituida por un conjunto de captadores solares que reciben la radiación solar y la transforman en energía térmica, elevando la temperatura del fluido que circula por su interior. La energía captada se transfiere a continuación a un depósito acumulador de agua caliente. Después de éste se instala en serie un equipo convencional de apoyo o auxiliar, cuya potencia térmica es suficiente para que pueda proporcionar la energía necesaria para la producción total demandada.

Se elige un sistema del tipo circulación forzada con intercambiador de calor en el acumulador solar, que tiene las siguientes características:

Superficie total de captación (A):	12,9 m²
Volumen total de acumulación solar (V):	1.000 litros
Fracción solar (por método f-chart):	53,2 %
Consumo medio diario en los meses de verano (M):	1.386 litros/día

2.1.- RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN A LARGO PLAZO

La simulación a largo plazo del sistema utilizando el método de f-chart produce los resultados siguientes:

	Demanda (MJ/día)	Demanda (MJ/Mes)	Aporte Solar (MJ/día)	Aporte Solar (MJ/mes)	Fracción Solar ACS (%)
Enero	287	8.889	95	2.949	33,2

	Demanda (MJ/día)	Demanda (MJ/Mes)	Aporte Solar (MJ/día)	Aporte Solar (MJ/mes)	Fracción Solar ACS (%)
Febrero	284	7.965	119	3.322	41,7
Marzo	275	8.514	140	4.348	51,1
Abril	264	7.928	155	4.644	58,6
Mayo	250	7.763	163	5.043	65,0
Junio	234	7.028	163	4.889	69,6
Julio	226	6.994	161	4.998	71,5
Agosto	217	6.725	155	4.792	71,3
Septiembre	222	6.664	143	4.287	64,3
Octubre	236	7.315	127	3.931	53,7
Noviembre	260	7.789	103	3.096	39,7
Diciembre	279	8.639	89	2.751	31,8

2.2.- Pérdidas por Orientación, Inclinación y Sombras

Teniendo en cuenta la situación y colocación de los módulos solares respecto de los elementos arquitectónicos, se considera que nos encontramos en el caso “General”.

El cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación se realiza según el apartado 3.5 del documento básico HE4, obteniéndose el valor siguiente:

Pérdidas por orientación e inclinación: 0,29%

Para obtener el valor de las pérdidas por sombras se utiliza un método analítico basado en el trazado de rayos, más exacto que el método gráfico aproximado descrito en el apartado 3.6 del HE4.

Este método consiste en determinar el porcentaje de la radiación solar que no incide sobre la superficie de los captadores debido a los obstáculos, respecto de la que incidiría de no existir sombra, repitiendo el proceso para cada hora de un día representativo de cada mes.

La superficie de cada captador solar se divide en 100 elementos rectangulares iguales y se comprueba geométricamente si el rayo trazado desde el centro de cada rectángulo hasta la posición solar, corta el volumen ocupado por alguno de los obstáculos o con alguno de los restantes captadores solares.

En caso de que un obstáculo se interponga en el camino del rayo, se considera que todo el rectángulo está en sombra, y se contabilizan las pérdidas correspondientes a la energía que no se recibe, teniendo en cuenta que esta energía es diferente dependiendo de la hora solar. Es decir, la sombra producida al medio día provoca más pérdidas que la misma extensión de sombra producida a primera o última hora del día.

Siguiendo este criterio se obtienen unas pérdidas de radiación solar por sombras de 0,40%

2.3.- Relaciones entre las Principales Dimensiones

A continuación se muestran las relaciones entre las principales magnitudes de la instalación:

Relación entre el área de captación y el consumo medio diario en los meses estivales:

100·A/M = 0,93

Relación entre el volumen de agua acumulada y el consumo medio diario:

V/M = 0,72

Volumen del depósito de acumulación por cada metro cuadrado de superficie de captación

debe mantener la relación:

V/A = 77,64

El caudal de fluido portador, calculado a partir de la superficie total de captadores instalados, teniendo en cuenta el tipo de conexionado serie o paralelo, es de 1,81 l/s por cada 100 m² de superficie de captadores.

3.- Descripción de la Instalación

3.1.- Sistema de Captación

El campo de colectores estará formado por 4 unidades con una superficie total de captación igual a 12,9 m², orientados en dirección Sur desviación 8,9° Oeste e inclinados 5° respecto de la horizontal.

Los captadores se conectarán entre sí en paralelo.

Todos los grupos estarán compuestos por el mismo número de elementos y se situarán formado filas paralelas y bien alineadas.

En la documentación gráfica del proyecto se muestra la disposición final del campo de colectores.

Los captadores solares serán planos de baja temperatura, modelo BAXI ROCA AR-30 cumpliendo todos los requerimientos de la norma UNE 94101 y con las siguientes características:

Contraseña de homologación:	GPS-8208
Superficie del absorbedor:	3,22 m²
Presión máxima de servicio:	8,0 bar
Contenido de fluido calo-portante:	5,6 litros
Dimensiones externas:	2,00x2,13 m
Caudal de diseño:	60,00 litros/hora/m²
Curva de rendimiento:	0,8320 - 1,1400 · (Tm-Ta)/l

Con objeto de evitar calentamientos excesivos se dotará a la instalación de equipos específicos que permitan disipar los excedentes térmicos.

3.2.- Sistema de Acumulación Solar

El sistema de acumulación tendrá una capacidad total de 1.000 litros y estará compuesto por un único depósito de capacidad suficiente.

Los depósitos acumuladores seleccionados son del tipo INTERACUMULADORS ESCOSOL CS con las características que se detallan a continuación:

Presión máxima de servicio:	8,0 bar
Material:	Acero vitrificado
Aislamiento:	Poliuretano flexible de 100 mm con recubrimiento de PVC gris
Espesor del aislamiento:	100 mm
Capacidad:	1.000 litros
Dimensiones:	Ø790x2.460 m

3.3.- Sistema de Intercambio

El sistema cuenta con un intercambiador de calor de tipo serpentín instalado en el interior del

depósito de acumulación. La superficie total de intercambio es de: 3,12 m², superior a 15% de la superficie total de captación.

3.4.- CIRCUITOS HIDRÁULICOS

3.4.1.- CIRCUITO PRIMARIO

El circuito primario está compuesto por las tuberías que conectan a los captadores solares entre sí, y a estos con el sistema de acumulación/intercambio. Se realizará con tubería de tipo Cobre UNE-37-141-76 de diferentes diámetros.

En cada batería de captadores la entrada del fluido térmico se realiza por el extremo inferior del primer colector y la salida por el extremo superior del último. La entrada tendrá una pendiente ascendente en el sentido del avance del fluido del 1 %.

La conexión entre los captadores solares se ha diseñado utilizando el sistema de retorno invertido, de manera que el circuito resulta equilibrado hidráulicamente.

Se ha calculado el circuito hidráulico para un caudal de diseño de 65,00 l/h/m², lo que supone un caudal total de 837,20 l/h y una pérdida de carga de 3,33 mmca.

Para las condiciones de simulación, con una radiación incidente de 1.000 w/m², una temperatura del fluido térmico a la entrada del campo de captadores de 45°C y una temperatura exterior de 20°C, las pérdidas térmicas en la red de tuberías suponen un 5,0% de la potencia total generada por la instalación.

La documentación gráfica del proyecto incluye un esquema de conexionado de los distintos elementos que componen el sistema, con indicación de los diámetros utilizados en cada tramo.

Los anejos de cálculo contienen una descripción del método de cálculo hidráulico empleado y el detalle de los resultados obtenidos.

Fluido caloportante:

De acuerdo con los datos climatológicos disponibles para el emplazamiento, y dado que existe riesgo de heladas, se decide utilizar como fluido térmico agua desmineralizada con anticongelantes e inhibidores de la corrosión no tóxicos, utilizando para esta aplicación una mezcla al 30,0% de propilenglicol, que tiene una temperatura de congelación inferior a -15 °C.

El calor específico del fluido térmico es de 3.722,9 KJ/Kg·K.

Circulador:

Se elige un circulador modelo CIRCULADOR ESTANDAR de las siguientes características:

Caudal nominal:	837 litros/hora
Presión nominal:	3,3 m.c.a.
Potencia nominal:	15,0 w
Tensión de funcionamiento:	II - 230 V – 50 Hz

Depósito de expansión cerrado:

Se instalará un depósito de expansión cerrado de tipo indirecto (con diafragma), de las siguientes características:

Capacidad total:	50 litros
Presión máxima de trabajo:	6,0 bar
Presión de llenado:	0,8 bar

Presión tarado válvula de seguridad: 6,0 bar

3.5.- SISTEMA DE CONTROL

El control de funcionamiento normal de las bombas será siempre de tipo diferencial y debe actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de colectores y la del depósito de acumulación.

El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor que 2°C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor que 7°C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada del termostato diferencial no será menor que 2°C.

ANEXOS DE CÁLCULO

1.- CÁLCULO DE LA COBERTURA SOLAR

Se ha seguido el método de cálculo denominado de las curvas-f (f-charts), que consiste en utilizar las correlaciones obtenidas mediante simulaciones por ordenador, que relacionan las variables adimensionales más importantes del sistema térmico solar y el rendimiento que este sistema tiene a lo largo de un periodo de tiempo suficientemente prolongado. Como resultado se obtiene el valor *f* o fracción de la demanda energética que es posible cubrir mediante la energía solar recibida por el sistema de captación.

f = 1,029·Y - 0,065·X - 0,245·Y² + 0,0018·X² + 0,0215·Y³

Las relaciones adimensionales que aparecen en la ecuación anterior tienen el siguiente significado físico:
X expresa la relación entre las pérdidas de energía del captador solar y la demanda térmica total.

X = (Ac · FR'UL · (Tref - Ta) Δt) / LTOT

Y representa la relación entre la energía absorbida por el captador solar y la demanda total de energía.

Y = (Ac · FR'(τα) · HT · Nm) / Ltot

- Donde:
- Ac Área total de captación solar.
 - FR'UL Factor de pérdidas térmicas del captador solar (W/m²·K).
 - FR'(τα) Factor de ganancias del captador solar.
 - Tref Temperatura de referencia igual a 100°C.
 - Ta Temperatura del ambiente exterior (°C).
 - HT Radiación solar media mensual diaria en superficie inclinada (KJ/día·m²).
 - Δt Periodo de tiempo en segundos (segundos/mes).
 - Nm Periodo de tiempo en días (días/mes).
 - Ltot enertgía total demandada (MJ/mes)

A la hora de aplicar el método de cálculo se tienen en cuenta los factores de corrección introducidos por las siguientes causas:

- Eficiencia del intercambiador.
- Orientación de los captadores solares fuera del rango 15°OESTE a 15° ESTE.
- Inclinaciones de los captadores solares diferentes a la latitud ±15°.
- Caudales de circulación fuera del rango 3,6 a 7,2 litros/hora/m²
- Capacidades de acumulación distintas a 75 litros/m² de superficie de captación.

La radiación solar diaria como media mensual se calcula teniendo en cuenta la superficie de abertura de los captadores solares, su orientación respecto a la dirección SUR y su inclinación respecto a la horizontal.
El cálculo se realiza computando la posición solar para cada hora de un día representativo de cada mes y obteniendo la radiación solar media mensual horaria incidente (*IT*):

H_T = Σ_{h=0}^{24} I_T

I_T = I_b · R_b + I_d · ((1 + cos β) / 2) + I · ρ_g · ((1 - cos β) / 2)

- Donde:
- I_b Componente directa de la radiación solar.
 - R_b Factor dependiente del ángulo de incidencia de los rayos solares.
 - I_d Radiación solar difusa.
 - I Radiación global sobre superficie horizontal.
 - P_g Reflectancia difusa hacia el entorno.
 - β Ángulo de la superficie inclinada.

A continuación se resumen los principales valores resultantes del cálculo:

- Orientación de captadores: -8,9 °
- Inclinación de captadores: 5,0 °
- Ac, Área total de captación solar: 12,9 m²
- FR'UL, Factor de pérdidas térmicas del captador solar: 1,133 (W/m²·K).
- FR'(τα), Factor de ganancias del captador solar: 0,827
- ε, efectividad del intercambiador: 1,00
- Factor corrector del conjunto captador-intercambiador: 1,000
- Factor corrector por volumen de acumulación: 0,991

	L _{TOT} (MJ/mes)	H _T (MJ/mes)	F _{ACS}	X/Ac	Y/Ac	f (%)
Enero	8.889,5	4.412,5	1,11	0,033	0,030	0,332
Febrero	7.964,6	5.022,7	1,12	0,033	0,038	0,417
Marzo	8.513,9	6.712,1	1,16	0,035	0,047	0,511
Abril	7.927,7	7.324,0	1,21	0,037	0,055	0,586
Mayo	7.762,7	8.131,0	1,28	0,040	0,063	0,650
Junio	7.027,6	8.035,7	1,37	0,043	0,068	0,696
Julio	6.993,5	8.279,5	1,41	0,044	0,071	0,715
Agosto	6.725,3	7.983,8	1,49	0,049	0,071	0,713
Septiembre	6.664,1	6.995,0	1,47	0,049	0,063	0,643
Octubre	7.315,5	6.223,0	1,40	0,046	0,051	0,537
Noviembre	7.789,2	4.729,7	1,26	0,040	0,036	0,397
Diciembre	8.639,1	4.136,4	1,16	0,035	0,029	0,318

L_{TOT}: Demanda de energía total mensual (MJ/mes).
H_T: Radiación diaria media mensual para superficie inclinada (MJ/mes).
F_{ACS}: Factor de corrección para agua caliente sanitaria.
X: Parámetro f-charts que relaciona las pérdidas de los captadores y la carga calorífica total.
Y: Parámetro f-charts de relación entre ganancias solares y carga calorífica total.
f: Fracción de la demanda mensual que es aportada por el sistema solar.
Ac. Área de captación solar.

- Demanda energética anual: 92.212,5 MJ
- Energía solar útil anual: 49.050,1 MJ
- Rendimiento total del sistema: 62,90 %
- Cobertura solar total anual ACS: 53,19 %

2.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS

El principio de cálculo usado para la selección del diámetro de las tuberías y para el cómputo

de sus pérdidas de carga es el siguiente:

1- Determinación del caudal de cada tramo en función de la superficie de captadores solares a los que alimenta, teniendo en cuenta que el caudal de diseño elegido es de 65,00 litros/hora/m².

2- Selección de los diámetros de tubería en base a admitir una pérdida de carga máxima por unidad de longitud de tubería igual a 40,0 mm.c.a./m .

3- Para el cálculo de las pérdidas de carga en las tuberías se ha tenido en cuenta la fórmula de Prandtl-Colebrook.

$$V = -2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot J} \cdot \log_{10} \left(\frac{k_a}{3 \cdot 71 \cdot D} + \frac{2 \cdot 51 \cdot \nu}{D \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot J}} \right)$$

Donde:

- J

=

Pérdida de carga, en m.c.a./m;
- D

=

Diámetro interior de la tubería, en m;
- V

=

Velocidad media del agua, en m/s;
- Qr

=

Caudal por la rama en m³/s;
- ka

=

Rugosidad uniforme equivalente, en m.;
- ν

=

Viscosidad cinemática del fluido, (1'31x10-6 m²/s para agua a 10°C);
- g

=

Aceleración de la gravedad, 9'8 m/s²;

4- Se tienen en cuenta las longitudes equivalentes a tubería recta de igual diámetro de los accesorios (tes, codos, reducciones...) de interconexión entre tuberías, para calcular las pérdidas de carga que producen.

5- Las caídas de presión en las válvulas y en los restantes dispositivos de la instalación se calculan por medio de los gráficos del fabricante.

6- Para el cálculo de las pérdidas térmicas en cada tramo se ha empleado la siguiente expresión:

$$Pt = \frac{L}{\left(\frac{1}{he \cdot dext \cdot \pi} \right) + 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \log \left(\frac{dext}{ dint} \right)} \cdot \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_0 \right)$$

Donde:

- t₀

Temperatura ambiente exterior (°C)
- t₁

Temperatura de entrada en la tubería (°C)
- t₂

Temperatura de salida de la tubería (°C)
- λ

Conductividad térmica del aislamiento (w/°C•m)
- L

Longitud real de la tubería (m)
- dext

Diámetro exterior total incluido el aislamiento (m)
- dint

Diámetro interior de la tubería (m)
- he

Coefficiente de convección térmica en w/(m²•K)

2.1.- CIRCUITO PRIMARIO

Se dimensiona el circuito primario para que sea capaz de transportar hasta el sistema de acumulación toda la potencia recibida por el campo de captadores en forma de radiación solar.

2.1.1.- CÁLCULO DE TUBERÍAS

A continuación se listan los resultados del cálculo hidráulico de los diferentes tramos que componen la instalación:

TRAMO	Diámetro	Long. (m)	Leqv. (m)	Q (l/h)	V (m/s)	ΔPu	ΔPt (mmca)
Tramo [1-2]	26x28	13,2	0,8	837,2	0,44	16,2	226,6
Tramo [3-1]	26x28	7,2	0,8	837,2	0,44	16,2	129,5
Tramo [4-5]	26x28	6,5	0,8	837,2	0,44	16,2	117,2
Tramo [6-4]	26x28	1,8	0,8	837,2	0,44	16,2	41,3
Tramo [7-3]	26x28	0,4	0,8	837,2	0,44	16,2	18,9
Tramo [2-15]	26x28	7,5	0,0	837,2	0,44	16,2	120,7
Tramo [5-16]	26x28	9,0	0,8	837,2	0,44	16,2	158,9
Tramo [15-17]	20x22	3,9	0,3	418,6	0,37	17,1	71,3
Tramo [19-18]	20x22	7,8	0,4	418,6	0,37	17,1	139,4
Tramo [16-18]	26x28	9,3	0,8	837,2	0,44	16,2	163,8
Tramo [17-20]	13x15	3,9	1,0	209,3	0,44	40,1	192,6
Tramo [22-21]	13x15	3,9	0,8	209,3	0,44	40,1	186,6
Tramo [17-23]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [21-24]	13x15	0,4	0,6	209,3	0,44	40,1	41,3
Tramo [22-34]	13x15	0,4	0,4	209,3	0,44	40,1	32,1
Tramo [20-32]	13x15	0,2	0,6	209,3	0,44	40,1	35,2
Tramo [19-22]	20x22	0,2	0,6	418,6	0,37	17,1	14,5
Tramo [36-35]	13x15	0,2	0,6	209,3	0,44	40,1	35,2
Tramo [38-37]	13x15	0,4	0,4	209,3	0,44	40,1	32,1
Tramo [49-48]	13x15	0,4	0,6	209,3	0,44	40,1	41,3
Tramo [50-46]	13x15	0,2	1,9	209,3	0,44	40,1	85,3
Tramo [38-49]	13x15	3,9	0,8	209,3	0,44	40,1	186,6
Tramo [50-36]	13x15	3,9	1,0	209,3	0,44	40,1	192,6
Tramo [51-15]	20x22	4,0	1,9	418,6	0,37	17,1	101,2
Tramo [51-50]	20x22	3,9	0,0	418,6	0,37	17,1	65,9
Tramo [52-38]	20x22	0,2	0,6	418,6	0,37	17,1	14,5
Tramo [52-53]	20x22	7,8	0,6	418,6	0,37	17,1	143,3
Tramo [53-18]	20x22	4,0	0,8	418,6	0,37	17,1	82,7

Long: Longitud real en metros.
Leqv: Longitud equivalente de accesorios en metros.
V: Velocidad en metros/segundo.
Q: Caudal en litros/hora.
ΔPu: Pérdida de carga unitaria (mmca/m).
ΔPt: Pérdida de carga total (mmca).

2.1.2.- BOMBA DE CIRCULACIÓN

Se dimensiona la bomba de circulación para mover el caudal total que circula por el sistema de captación, que para una superficie total de colectores de 12,9 m² y un caudal de diseño de 65,0 litros/hora/m², alcanza un valor de 837,2 litros/hora.

La presión que debe suministrar la bomba será aquella que sea capaz de mover el caudal total del circuito a través del lazo de máximas pérdidas de carga. Este lazo es el que va desde el Intercambiador CIRCUITO PRIMARIO [13-14] hasta el captador solar C.Solar [43-44] y vuelve hasta el punto de partida.

A continuación se desglosan las pérdidas de carga que se producen en cada uno de los

dispositivos situados a lo largo del lazo:

TRAMO	Q (l/h)	V (m/s)	Ø	ΔPu (mmca)	Long. (m)	Tipo de acces.	Leqv (m) ó Kv	L. total (m)	ΔPt (mca)
N1-N2	837	0,47	1"			V. BOLA	0,00		0,003
						EX1 [12-11]			
			1"			V. BOLA	0,00		0,003
N2-N3	837					BC1 [9-10]			0,000
N3-N4	837	0,38	1"			V. RETENCIÓN	3,36		0,043
						Reducción	0,75		
			1"			V. BOLA	0,00		0,003
			26x28	16,2	0,4	Tubería		1,17	0,019
						Codo	0,77		
			26x28	16,2	7,2	Tubería		8,00	0,130
						Codo	0,77		
			26x28	16,2	13,2	Tubería		13,99	0,227
						Codo	0,77		
			26x28	16,2	7,5	Tubería		7,46	0,121
N4-N5	419	0,37	20x22	17,1	4,0	Tubería		5,92	0,101
						Codo	1,25		
						Te división	0,63		
			20x22	17,1	3,9	Tubería		3,85	0,066
N5-N6	209	0,44	13x15	40,1	0,2	Tubería		2,13	0,085
						Te división	1,25		
						Codo	0,63		
			1/2"			V. BOLA	0,00		0,003
						VS1 [45-43]			
N6-N7	209	0,15				C.Solar [43-44]			0,059
N7-N8	209					VP1 [44-47]			0,000
			1/2"			V. BOLA	0,00		0,016
						Unión	0,63		
			13x15	40,1	0,4	Tubería		1,03	0,041
						Codo	0,63		
			13x15	40,1	3,9	Tubería		4,65	0,187
						Codo	0,80		
N8-N9	419	0,37	20x22	17,1	0,2	Tubería		0,85	0,014
						Te unión	0,63		
			20x22	17,1	7,8	Tubería		8,38	0,143
						Codo	0,63		
			20x22	17,1	4,0	Tubería		4,84	0,083
						Te unión	0,80		
N9-N10	837	0,44	26x28	16,2	9,3	Tubería		10,12	0,164
						Te unión	0,77		
			26x28	16,2	9,0	Tubería		9,81	0,159
						Codo	0,77		

			26x28	16,2	6,5	Tubería		7,24	0,117
						Codo	0,77		
			26x28	16,2	1,8	Tubería		2,55	0,041
						Codo	0,75		
			1"			V. BOLA	0,00		0,003
N10-N11	837					CIRCUITO PRIMARIO [13-14]			1,500
TOTAL									3,330

Long: Longitud real en metros.
Leqv: Longitud equivalente de accesorios en metros.
Ø: Diámetro nominal.
V: Velocidad en metros/segundo.
Q: Caudal en litros/hora.
ΔPu: Pérdida de carga unitaria (mmca/m).
ΔPt: Pérdida de carga total (mca).
Kv: Constante válvulas de control.

Se ha tenido en cuenta un coeficiente de seguridad para el cálculo de las caídas de presión en las tuberías igual al 10,0 %.

Atendiendo a los valores anteriores se elige una bomba de circulación cuya curva característica contiene un punto de funcionamiento con los siguientes valores nominales:

Caudal: 837,2 litros/hora
Presión: 3,3 m.c.a.
Potencia: 15,0 w.

2.1.3.- DEPÓSITO DE EXPANSIÓN

Este procedimiento de cálculo se basa en la normativa UNE- 100-155-88: Cálculo de vasos de expansión.

El volumen o capacidad útil que debe tener el depósito debe ser al menos de:

$V_u = V \cdot \alpha$

Donde:

Vu = Volumen o capacidad útil del depósito en litros.
V = Volumen de agua total de la instalación en litros.
α = Coeficiente de dilatación del fluido térmico en %.

El volumen total de fluido en la instalación es la suma del contenido en el Intercambiador, en los captadores solares, y la capacidad de las tuberías de todo el circuito:

$V.Total = 20,0 + 22,4 + 41,5 = 83,9$ litros.

Tomando un factor de seguridad del 10% se obtiene un volumen total de:

$V = 83,9 \times 1,1 = 92,3$ litros.

Para una temperatura máxima de 140,0 °C y un porcentaje de anticongelante del 25% se tiene un incremento de volumen del 9,018%.

Dado que el fluido caloportante puede evaporarse en condiciones de estancamiento, también se tendrá en cuenta el volumen vaporizable, que será aproximadamente el situado en el interior de los captadores solares y sus tuberías de unión, incrementados un 10%.

Por tanto el volumen útil del depósito deber ser de:

$V_u = 92,3 \cdot 9,018 / 100 + 22,4 \times 1,1 = 33,0$ litros

El coeficiente de presión del gas relaciona la presión máxima de trabajo (PM) y la presión de llenado del gas (Pm), ambas como presiones absolutas:

$$C_p = P_M / (P_M - P_m)$$

Dado que la altura de la instalación sobre el vaso de expansión es de 3,0 m., la presión de llenado de la cámara de gas será:

$$P_m = 0,5 + 1,01325 \cdot 3,0 / 10 = 0,8 \text{ bar.}$$

Como mínimo se toma una presión de llenado de 0,5 bar en el punto más alto de la instalación con objeto de evitar la entrada de aire. Por otra parte eligiendo una presión máxima de trabajo $P_M = 6,0$ bar se obtiene:

$$C_p = (6,0 + 1,01325) / (6,0 - 0,8) = 1,350$$

Por tanto la capacidad total del depósito debe ser:

$$V_t = V_u \cdot C_p = 33,0 \cdot 1,350 = 44,5 \text{ litros}$$

Se elige un depósito de expansión cerrado con las siguientes características:

Capacidad total:	50,0 litros
Presión máxima de trabajo:	6,0 bar.
Presión de llenado:	0,8 bar.
Presión de tarado de la válvula de seguridad:	6,0 bar.

CONTRASEÑA DE CERTIFICACIÓN GPS-8555
FECHA DE LA RESOLUCION INICIAL 14/10/2010
FECHA DEL CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE LA PRODUCCION La fecha de la firma electrónica
FECHA CADUCIDAD DEL CERTIFICADO Dos años después dela fecha del certificado de conformidad de la producción

**RESOLUCIÓN DE CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN DEL
SIGUIENTE PRODUCTO FABRICADO POR KINGSPAN ENVIRONMENTAL LIMITED:
PANELES SOLARES, MARCA Y MODELOS BAXI AR20 Y AR30**

Recibida en la Dirección General de Energía, Minas y Seguridad Industrial, del Departamento de Empresa y Conocimiento, de la Generalitat de Catalunya, la solicitud presentada por **BAXI CALEFACCION, S.L.U.**, con NIF B-63772305 y domicilio social en la calle Salvador Espriu, 9, municipio de L'Hospitalet de Llobregat, provincia de Barcelona, para la conformidad de la producción del siguiente producto fabricado por **KINGSPAN ENVIRONMENTAL LIMITED**, en sus instalaciones industriales ubicadas en 180 Gifford Road, Portadown (Reino Unido) correspondiente a la contraseña de certificación **GPS-8555**: PANELES SOLARES.

Resultando que el interesado ha presentado la documentación exigida por la legislación vigente que afecta al producto cuya conformidad de la producción se solicita, haciendo constar que el tipo o modelo seleccionado continúa cumpliendo todas las especificaciones técnicas establecidas y la permanencia de la idoneidad del sistema de control de calidad utilizado en la fabricación del/los dicho/s tipo/s o modelo/s.

De acuerdo con lo establecido por el Real Decreto 891/1980, de 2 de abril (BOE 12/05/80), la Orden ITC/71/2007, de 22 de enero (BOE 26/01/07), el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre (BOE 6-2-96), modificado por el Real Decreto 411/97, de 21 de marzo (BOE 26-4-97), y con la Orden, del Departamento de Industria y Energía, de 5 de marzo de 1986, de asignación de funciones en el campo de la homologación y la aprobación de prototipos, tipos y modelos modificada por la Orden de 30 de mayo de 1986,

HE RESUELTO:

Certificar la conformidad de la producción del producto, marca BAXI, tipo y modelos siguientes:

MARCA: Baxi
TIPO: Tubo de vacío
MODELOS: AR 20, AR 30

Disponer como fecha límite para que el interesado solicite un nuevo certificado de conformidad de la producción dos años después de la fecha de esta resolución de certificación, sin cuyo requisito se considerará caducada la certificación de los mencionados tipos o modelos.

Esta certificación de conformidad de la producción se hace, únicamente, en relación con el Reglamento citado anteriormente, en consecuencia y con independencia del mismo, tendrá que cumplirse cualquier otro Reglamento o Disposición que le sea aplicable. La vigencia de esta certificación será la indicada en el encabezamiento, salvo que se publique cualquier disposición que derogue o modifique la normativa legal aplicable en la fecha de la certificación.

El incumplimiento de cualquiera de las condiciones fundamentales en las que se basa la concesión de esta certificación dará lugar a la suspensión cautelar de la misma, independientemente de su posterior anulación, en su caso, y sin perjuicio de las responsabilidades legales que de ello pudieran derivarse.

Esta resolución de certificación solamente puede ser reproducida en su totalidad.

Contra esta Resolución, que no pone fin a la vía administrativa, se puede interponer recurso de alzada ante el secretario de Empresa y Competitividad, en el plazo de un mes, a contar desde el día siguiente de su notificación, sin perjuicio de poder interponer cualquier otro recurso que se considere oportuno.

Barcelona, la fecha de esta resolución de certificación es la fecha de la firma electrónica.



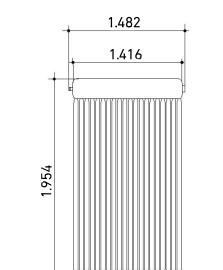
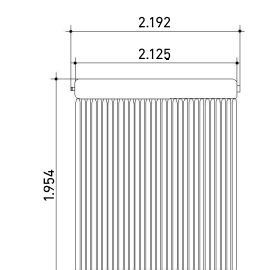
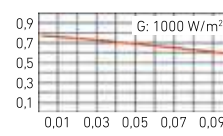
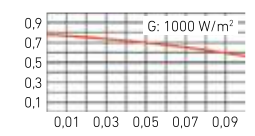
CPISR-1 Isidre Masalles Roman

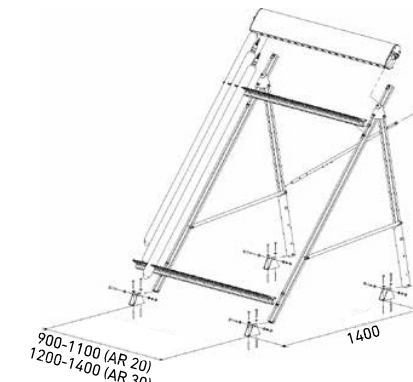
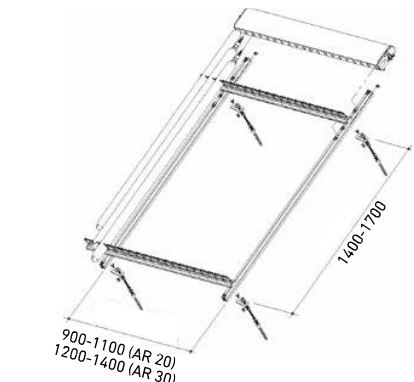
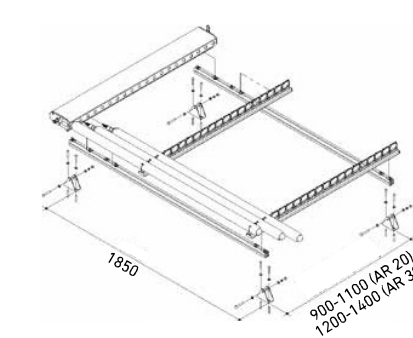
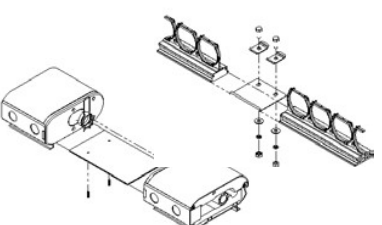
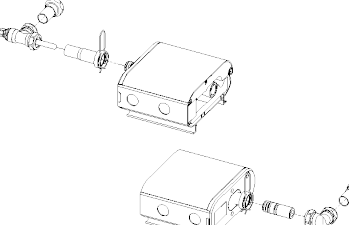
Signat digitalment per CPISR-1 Isidre Masalles Roman
DN: c=E5, o=Departament d'Empresa i Ocupació, ou=Departament d'Empresa i Ocupació,
ou=Serveis Publics de Certificació CPISR-1, ou=Vegeu https://www.catcert.cat/verCPISR-1
(c)03, sn=Masalles Roman, givenName=Isidre, serialNumber=36915127N, cn=CPISR-1 Isidre
Masalles Roman
Data: 2016.11.21 16:14:13 +01'00'

Isidre Masalles Roman

Subdirector General de Seguridad Industrial,
*por delegación de competencias, según la Resolución EMO/991/2011,
de 12 de abril (DOGC nº 5865, de 26.04.2011)*

N/R: CF / CB DICT08-00029887-2016

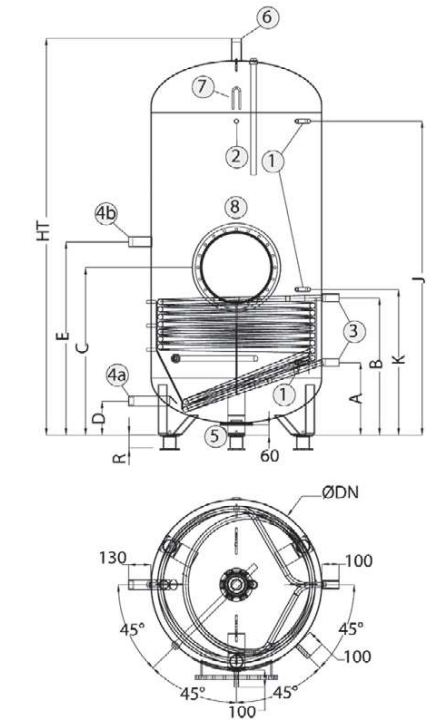
AR 20		AR 30	
			
Instalación	Vertical / Horizontal	Vertical / Horizontal	Vertical / Horizontal
Superficie total	m² 2,77	4,15	
Colectores por fila	Hasta 4	Hasta 4	
Absorbedor	De cobre, con tratamiento altamente selectivo	De cobre, con tratamiento altamente selectivo	
Absorbancia	% 95	95	
Emitancia	% 5	5	
Circuito hidráulico	Flujo directo	Flujo directo	
Colector hidráulico	Cobre con aislamiento de lana de vidrio	Cobre con aislamiento de lana de vidrio	
Superficie total	m² 2,77	4,15	
Superficie de apertura	m² 2,15	3,22	
Capacidad	l 3,8	5,6	
Peso vacío	kg 53	79	
Presión máxima de trabajo	bar 8	8	
Temperatura de estancamiento	°C 313	313	
Garantía (*)	años 10	10	
			
Curva de rendimiento			
Ecuación característica	$\eta = 0,768 - 1,36 T^* - 0,0053 GT^{*2}$	$\eta = 0,768 - 1,36 T^* - 0,0053 GT^{*2}$	
Contraseña certificación	GPS-8555	GPS-8555	
Referencia	144808000	144808001	
PVP	1.751 €	2.627 €	
(*) Ver condiciones de garantía en la tarjeta que se adjunta con el producto			

Soporte cubierta plana		Soporte tejado inclinado	
Para 1 colector		Para 1 colector	
Referencia	7214594	7215561	
PVP	335 €	284 €	
			
Soporte para fachada/horizontal		Kit interconexión colectores	Acoplamientos hidráulicos
Para 1 colector			1 acoplamiento por fila
Referencia	7214597	7214588	7214587
PVP	232 €	46,40 €	62 €
			



01

DEPÓSITOS DE GRAN CAPACIDAD
VITRIFICADOS



1. Vainas para termostato o sonda de temperatura

2. Manguito para termómetro

3. Entrada/salida del serpentín

4a Entrada de agua fría

4b Retorno de bucle

5. Conexión de vaciado

6. Salida de agua caliente

7. Anillo de elevación

8. Brida / boca de hombre

Garantía de la cuba 5 años*

- Nueva serie, serpentín fijo, CS y sólo acumulación CH
- Presión de servicio: 8 bar
- Temperatura de almacenamiento: 95°C
- Aislamiento de poliuretano flexible 100 mm con recubrimiento PVC GRIS (en el de 3000 lts. a suministrar desmontado)
- Protección de la cuba: vitrificado 0,2 mm
- Protección catódica: ánodo de magnesio
- Boca de hombre DN 400
- Portes debidos a pie de obra sobre camión, ver condiciones en página portes N23

Código	Artículo	€
INTERACUMULADORES SERPENTÍN FIJO		
CC 01 312	CS 1000	2.965,00
CC 01 313	CS 1500	3.401,00
CC 01 314	CS 2000	4.233,00
ACUMULADORES		
CC 01 317	CH 1000	2.315,00
CC 01 318	CH 1500	2.548,00
CC 01 319	CH 2000	3.228,00
CC 01 332	CH 2500	3.797,00
CC 01 320	CH 3000	3.970,00
ACUMULADORES BAJA SILUETA		
CC 01 335	CH 1000 TB	2.330,00
CC 01 336	CH 1500 TB	2.670,00
CC 01 337	CH 2500 TB	3.990,00
CC 01 338	CH 3000 TB	4.233,00

* De acuerdo con las indicaciones de aplicación de la garantía especificadas en el manual que se adjunta con el depósito.

Características Técnicas:

		CS			CH								
		1000	1500	2000	1000	1000T B	1500	1500T B	2000	2500	2500T B	3000	3000T B
Volumen	l	1000	1500	2000	1000	1000	1500	1500	2000	2500	2500	3000	3000
Peso en vacio	kg	235	350	485	185	215	275	320	390	445	500	510	565
Dn	mm	790	1000	1250	790	1000	1000	1250	1250	1250	1500	1250	1500
Altura HT	mm	2460	2325	2130	2460	1690	2325	1695	2130	2490	1906	2915	2126
HT+R	mm	2595	2410	2215	2545	1775	2410	1780	2215	2575	1991	3000	2211
Intecamb.	m²	3,12	4,38	6,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	mm	367	442	627	350	425	425	491	491	491	558	491	558
B	mm	965	1083	1240	835	700	855	777	901	976	983	1076	1018
C	mm	1108	1183	749	780	733	733	799	799	799	866	799	866
D	mm	200	320	320	200	320	320	320	320	320	320	320	320
J	mm	2050	1840	1581	2050	1205	1840	1146	1581	1941	1288	2366	1508
K	mm	1020	1135	1266	890	750	910	830	961	1036	1033	1136	1068
1 & 2		H 1/2"	H 1/2"		H 1/2"	H 1/2"							
3		H 1-1/4"	H 1-1/4"		M 1-1/2"	M 2"							
4 & 6		H 1-1/2"	M 2"		M 1-1/2"	M 2"							

1. Vainas para termostato o sonda de temperatura

2. Manguito para termómetro

3. Entrada/salida de red primaria

4a Entrada de agua fría

4b Retorno de bucle

5. Conexión de vaciado

6. Salida de agua caliente

7. Anillo de elevación

8. Brida DN400

DIPÒSITS INTER ACUMULADORS



13

SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRECALENTAMIENTO

• Disipadores de calor dinámicos

Nueva gama de disipadores de calor para instalaciones de energía solar térmica escosol. Especialmente diseñados para instalar a la intemperie. Ventiladores helicoidales con rejilla protectora. Sistema de soportación incorporado para fijar a la pared en los modelos más pequeños (hasta el BD 64) y con zócalo para suelo el resto de la gama.

Los equipos de mayores dimensiones (BD 72 a BD 400) se fabricaran con perfileraí acaba-do exterior chapa pintada RAL 9006.

Baterías de disipación fabricadas en tubo de cobre, aleta de aluminio geometría 38. Reja de protección en la salida de aire.



BD 08 ... BD 32



BD 40

Código	Artículo	m² colector	Potencia disip. kW	€
SO 13 021	BD 08	10	8	644,00
SO 13 022	BD 16	20	16	806,00
SO 13 023	BD 24	30	24	1.109,00
SO 13 024	BD 32	40	32	1.139,00
SO 13 025	BD 40	50	40	1.457,00
SO 13 026	BD 48	60	48	1.558,00
SO 13 027	BD 56	70	56	1.620,00
SO 13 028	BD 64	80	64	1.776,00
SO 13 029	BD 72	90	72	2.151,00
SO 13 030	BD 80	100	80	2.327,00
SO 13 031	BD 96	120	96	2.702,00
SO 13 032	BD 112	140	112	2.960,00
SO 13 033	BD 120	150	120	3.408,00
SO 13 034	BD 144	180	144	3.514,00
SO 13 035	BD 160	200	160	3.877,00
SO 13 036	BD 184	230	184	4.207,00
SO 13 037	BD 200	250	200	4.660,00
SO 13 038	BD 224	280	224	4.780,00
SO 13 039	BD 240	300	240	5.230,00
SO 13 040	BD 264	330	264	5.530,00
SO 13 041	BD 288	350	288	6.320,00

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Modelo	Q agua L/H	Tª Salida °C	P.C. m.c.d.a.	Ventilador Nº x Pot. W 220V II	Dimensiones (mm) L x H x A	Ø Conex. hidrául.
BD 08	600	76,76	0,13	1 x 100	200 x 425 x 525	3/4"
BD 16	1.200	77,19	0,27	1 x 140	200 x 500 x 600	1"
BD 24	1.800	77,33	0,74	1 x 150	200 x 575 x 680	1"
BD 32	2.400	77,38	0,72	1 x 180	200 x 650 x 770	1-1/4"
BD 40	3.000	77,60	1,19	2 x 140	200 x 690 x 800	1-1/4"
BD 48	3.600	77,70	1,83	1 x 250	200 x 730 x 850	1-1/4"
BD 56	4.200	77,47	0,95	1 x 250	200 x 800 x 880	1-1/4"
BD 64	4.800	77,54	1,45	1 x 420	200 x 880 x 1000	1-1/4"
BD 72	5.400	77,18	1,37	1 x 330	237 x 950 x 1065	1-1/2"
BD 80	6.000	76,96	1,23	1 x 500	237 x 1065 x 1165	1-1/2"
BD 96	7.200	78,19	1,32	1 x 560	237 x 1065 x 1165	2"
BD 112	8.400	77,79	0,72	2 x 420	237 x 1165 x 1290	2"
BD 120	9.000	76,86	0,87	2 x 500	237 x 1165 x 1290	2"
BD 144	10.800	78,00	1,04	2 x 550	237 x 1290 x 1385	2"
BD 160	12.000	77,44	1,17	2 x 520	430 x 1290 x 1385	2"
BD 184	13.800	77,69	1,41	2 x 520	430 x 1320 x 1485	2"
BD 200	15.000	77,23	1,54	4 x 250	430 x 1420 x 1595	2-1/2"
BD 224	16.800	77,55	1,79	4 x 420	430 x 1490 x 1645	2-1/2"
BD 240	18.000	77,11	1,92	4 x 500	430 x 1570 x 1720	2-1/2"
BD 264	19.800	77,29	2,13	4 x 500	652 x 1640 x 1790	2-1/2"
BD 288	21.600	77,31	2,42	4 x 500	652 x 1720 x 1870	2-1/2"
BD 320	24.000	77,39	2,79	4 x 500	652 x 1800 x 1940	2-1/2"
BD 360	27.000	77,64	1,11	4 x 520	652 x 1870 x 2030	3"
BD 400	30.000	77,52	1,24	6 x 500	652 x 1950 x 2130	4"

Condiciones de cálculo: T. entrada del fluido 90°C; T. entrada del aire 35°C



AEROTERMO