

Sumari

A. CARACTERÍSTIQUES CONSTRUCTIVES	3
B. CONDICIONS INTERNES I EXTERNES	7
B.1. Condicions internes de l'edifici.....	7
B.2. Condicions externes	9
C. CÀLCUL DE LES NECESSITATS TÈRMiques	11
C.1. Càlcul de potència	11
C.1.1. Càlcul de la càrrega tèrmica de refrigeració (Q_R)	11
C.1.2. Càlcul de refrigeració en un dia ennuvolat ($Q_{Rn\acute{u}vol}$)	15
C.1.3. Càlcul de refrigeració de nit (Q_{Rnit}).....	15
C.1.4. Càlcul de les càrregues de calefacció sense calors interns (Q_{C1}).....	16
C.1.5. Càlcul de les càrregues de calefacció amb calors interns (Q_{C2})	16
C.2. Càlcul energètic	16
D. NORMATIVA APLICABLE	19
D.1. Normativa estatal.....	19
D.1.1. Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis (RITE).....	19
D.1.2. Codi Tècnic de l'Edificació (CTE).....	19
D.1.3. Normes UNE d'aplicació.....	21
D.2. Normativa autonòmica.....	21
D.3. Normatives en camps concrets	22
E. EL MÈTODE F-CHART	27
E.1. Necessitats tèrmiques	27
E.2. Elecció de la captació i el volum inicials	31
E.3. Càlcul de la radiació solar mensual incident R_{mes}	31
E.4. Càlcul del paràmetre D_1	33
E.5. Càlcul del paràmetre D_2	34
E.6. Càlcul de la contribució solar mensual f	36
E.7. Càlcul de la producció solar i la contribució anual F	37
F. CASOS DE COBERTURA SOLAR	41
F.1. Capacitat de la coberta	41
F.1.1. Distància entre files de captadors	41
F.1.2. Distància entre els captadors i els objectes de la coberta.....	42
F.1.3. Possibles distribucions dels captadors.....	42
F.2. Resultats de cobertura en diferents casos	45
F.3. Càlcul del consum energètic en diferents casos	46



G.	ESTALVI D'AIGUA DE LES TORRES DE REFRIGERACIÓ	49
H.	PRESSUPOST	51
I.	SUBVENCIONS	55
J.	RENTABILITAT ECONÒMICA	57
K.	INFORME DE L'IMPACTE AMBIENTAL	59
	K.1. Breu descripció del projecte	59
	K.2. Inventari ambiental.....	59
	K.3. Avaluació ambiental.....	59
	K.4. Mesures preventives i correctores.....	60
L.	PLÀNOLS	63
M.	ESPECIFICACIONS TÈCNIQUES	65



A. Característiques constructives

Aquest annex mostra el detall arquitectònic de les façanes, amb els seus aïllaments, etc.

La majoria dels laterals de l'edifici són façanes anomenades “ventilades” que consten de les següents parts (de l'exterior cap a l'interior): 3 cm de pedra flotant, 4 cm d'aire, 3 cm de poliuretà expandit, 15 cm de totxo massís i 1,3 cm de llana de roca i plaques de pladur. La resta són façanes tradicionals: 15 cm de totxo vist, 4 cm de cambra d'aire, 4 cm de poliuretà expandit, 5 cm de maó i 1cm de guix.

El següent llistat mostra els valors dels coeficients globals de transmissió de calor aplicats:

	K [kcal/h *m ² *K]	K [W*m ² *K]
Vidres exteriors dobles	2,6	3,02
Murs exteriors i coberta	1,5	1,74
Tabics	1,6	1,86
Sostre	1,4	1,63
Terra	1	1,16

Taula A.1. Coeficients globals de transmissió de calor



La taula següent mostra les característiques de cada tipologia d'habitació i cada sala comú a climatitzar, fent especial èmfasis en les mides de parets i vidres en cada orientació.

Tipus d'habitació	nº/planta	plantes	m ² hab.	Vidres					Murs exteriors					Tabics
				E	SE	S	O	NO	E	SE	S	O	NO	
1 NO	11	4	23					2,2					7,52	43,47
1 E	3	4	22	2,5					7,22					44,55
1SE	2	4	21		1,8					12,78				34,02
2 SE (minusvàlids)	1	4	25		2,7					22,41				39,69
2 O	1	4	24				2,2	3,4				11,57	5,8	32,265
2 E	1	4	32	2,2				5,5	10,49				25	31,32
3 S (sala de cures)	1	2	40	0,9			0,9		10,98		29,7	10,98		27
Sala de fisioteràpia	1	1	170		9			no		52,8			61,8	37,8
Sala polivalent	1	1	57										37,8	33,75
Vestuaris	1	1	24										19	61,05
Menjador personal + wc	1	1	9							12,45				24,9
Sala d'estar + Menjador	1	1	226		13,5			24,4		53,55			42,6	38,7
Recepció+vestíbul+postrecep.	1	1	112	11,8				6,4	15,15			4,8	42,5	58,8
Direcció + administració	1	1	41						8,91		31,35	8,4		31,2

Taula A.2. Característiques constructives de les diferents sales (àrea en m²)

B. Condicions internes i externes

B.1. Condicions internes de l'edifici

Les condicions internes es fixen segons el tipus de sala i l'ús que se'n fa, l'ocupació, les hores de funcionament, etc. La taula següent resumeix les condicions per a cada sala:

Tipus de sala	m ² /hab.	nº ocupants	pers/m ²	Característiques	Tint estiu [°C]	HRint estiu [%]	Tint hivern [°C]	HRint hivern [%]	Cabal ventil [m ³ /h]	K sens. pers [kcal/h *pers]	K sens. pers. [W*pers]	K lat. pers. [kcal/h *pers]	K lat. pers. [W/pers]	Característiques	K ilum. [W/m ²]	Característiques
habitacions tipus 1	22	2	0,09		25	50	21	40	54	55	63,9	35	40,6	(persona en repòs)	15	(bombetes baix consum)
habitacions tipus 2	25	2	0,08		25	50	21	40	54	55	63,9	35	40,6		15	
sales de cures	42	4	0,10		25	50	21	40	172	61	70,8	52	60,4	(treballador)	15	
sala fisioteràpia o gimnàs	179	96	0,54		23	60	21	40	3456	70	81,3	130	150,9	(ball tranquil)	30	(fluorescents)
sala polivalent	60	25	0,42	pq és activitat tranquil·la	24	55	21	40	750	61	70,8	52	60,4	(de peu, lent)	20	
Vestuaris	25	4	0,16		25	50	21	40	220	55	63,9	35	40,6		15	

Tipus de sala	m ² /hab	n ^o ocupants	pers/m ²	Característiques	Tint estiu [°C]	HRint estiu [%]	Tint hivern [°C]	HRint hivern [%]	Cabal ventil [m ³ /h]	K sens. pers [kcal/h *pers]	K sens. pers. [W*pers]	K lat. pers. [kcal/h *pers]	K lat. pers. [W/pers]	Característiques	K ilum. [W/m ²]	Característiques
Menjador de personal+wc	10	4	0,40	pq no sempre va	25	50	21	40	144	55	63,9	35	40,6		15	
Menjador-sala estar i lectura	220	80	0,36		24	55	21	40	2400	71	82,4	68	79	(restaurant)	30	
recepció+vestibul+postrecepció	116	15	0,13		25	50	21	40	450	60	69,7	40	46,4	(treball lleuger)	20	
Direcció+Administració	40	8	0,20		25	50	21	40	240	61	70,8	52	60,4	(treballador oficina)	15	

Taula B.1. Característiques internes de les diferents sales

Nota: Per a cada sala s'han fixat les temperatures interiors, humitats relatives interiors, cabals de ventilació, constants (K) per les càrregues internes (sensibles i latents de persones i sensibles de la il·luminació).

Pel càlcul dels cabals de ventilació de cada sala cal diferenciar entre dos mètodes, que són: considerar el nombre d'ocupants de la sala i considerar els metres quadrats de local. Valorats els dos, s'ha agafat sempre el màxim dels dos, és a dir el que resulta més desfavorable.

B.2. Condicions externes

Les condicions exteriors més desfavorables per a la refrigeració es donen a les 15h solars del mes de juliol, que per a la ciutat de Barcelona correspon a 31°C. De tota manera per aplicar el mètode de Carrier cal tenir la temperatura externa en les diferents hores del dia i per a cada mes.

$$T_e \text{ corregida} = T_e - ft_1 - ft_2 \quad (\text{Eq. B.1.})$$

On:

- ft_1 : factor de correcció de la temperatura exterior en funció de l'hora solar i la oscil·lació mitja diària (que a Barcelona és considera de 7,5°C). [font: Taula 2 del Manual de Carrier].

- ft_2 : factor de correcció de la temperatura exterior en funció del mes i de l'oscil·lació mitja anual (que a Barcelona és considera de 30°C). [font: Taula 3 del Manual de Carrier].

La taula següent mostra els factors aplicats en aquest cas:

Taula 2 de Carrier per OMD=7,5				Taula 3 de Carrier per OMA=30°	
hora solar	ft_1	hora solar	ft_1	Mesos	ft_2
1	8,2	13	2,46	gener	5,5
2	9,2	14	0,5	febrer	4,6
3	9,8	15	0	març	3,7
4	10,2	16	0,5	abril	2,8
5	9,2	17	0,8	maig	1,7
6	8,2	18	1,1	juny	0,5
7	7,2	19	2	juliol	0
8	6,2	20	3,2	agost	0
9	5,86	21	4,2	setembre	1,1
10	4,7	22	5,2	octubre	2,5
11	4,09	23	6,2	novembre	4,5
12	2,8	24	7,2	desembre	6,5

Taula B.2. Factors pel càlcul de les temperatures exteriors

Per exemple tenint una temperatura màxima a les 15h del juliol de 31°C, aplicant els factors ft_1 a les 8h de 6,2 es troba una temperatura a les 8h solars del matí de 24,8°C.





C. Càlcul de les necessitats tèrmiques

C.1. Càlcul de potència

Pel càlcul de la càrrega tèrmica s'utilitza el mètode de Carrier [5] on cal remarcar que les taules estan definides en unitats de kcal/h. De tota manera en el projecte s'ha treballat en unitats del Sistema Internacional.

Un cop es tenen les condicions internes i externes de cada sala es poden calcular les càrregues tèrmiques, tant per a calefacció com per a refrigeració.

Es prenen com a condicions de contorn en el càlcul:

	Pes específic [kg/m ²]
Mur exterior	300
Coberta assolellada	200

Taula C.1. Condicions de contorn

I una latitud de 40° com la que més s'aproxima a la real de Barcelona.

C.1.1. Càlcul de la càrrega tèrmica de refrigeració (Q_R)

La càrregues de refrigeració consten de dues parts: la càrrega sensible i la latent. Les expressions i les taules a usar en el càlcul són les següents:

$$Q_R = Q_{sens} + Q_{lat} \quad (\text{Eq. C.1})$$

A on:

Q_R: càrrega tèrmica global de refrigeració [W]

Q_{sens}: càrrega tèrmica sensible de refrigeració [W]

Q_{lat}: càrrega tèrmica latent de refrigeració [W]

La càrrega sensible està composta per cinc termes:



$$Q_{sens} = Q_{solar} + Q_{trans1} + Q_{trans2} + Q_{int_s} + Q_{v_s} \quad (\text{Eq. C.2})$$

1. Guany solar pels vidres (Q_{solar}) (en W)

$$Q_{solar} = A_{vidre} \cdot K_G \cdot f_c \cdot f_t \quad (\text{Eq. C.3})$$

- A_{vidre} : àrea de vidre d'una sala en una orientació determinada [m^2]
- K_G : coeficient d'aportació solar a través del vidre senzill [$W/m^2 = (4,18/3,6) \cdot kcal/h \cdot m^2$] (Taula 15 del Manual de Carrier. En funció de: la latitud, l'orientació, el mes i l'hora solar)
- f_c : coeficients correctors (Part inferior de la taula 15). En aquest cas: el coeficient aplicable és: 1,17 per a finestres de marc metàl·lic.
- f_t : factor total de guany solar a través del vidre (Taula 16). En aquest cas: el coeficient aplicable és: 0,61 pel vidre doble amb persiana interior.

2. Guany solar per transmissió de murs exteriors i coberta (Q_{trans1}) (en W)

$$Q_{trans1} = A_{mur} \cdot \Delta T_{equiv} \cdot K \quad (\text{Eq. C.4})$$

- A_{mur} : àrea del mur exterior d'una sala en una orientació determinada [m^2] o també àrea de la coberta en el cas d'una sala en contacte amb la coberta exterior.
- K : coeficient de transmissió del mur o la coberta (fixat per l'arquitectura, mirar annex A)
- ΔT_{equiv} : És la diferència de temperatura corregida (Taules 19, 20 en funció de: l'orientació, el pes del mur i l'hora solar) i (la correcció de la Taula 20.A, en funció de l'oscil·lació mitja diària i $\Delta T = T_e - T_i$, on T_e és a 15h del mes considerat). Si és una sala soterrada s'utilitza ΔT normal (com en el apartat 3. Q_{trans2}).

3. Guany per transmissió (excepte murs exteriors i coberta) (Q_{trans2}) (en W)



$$Q_{trans2} = A \cdot \Delta T \cdot K \quad (\text{Eq. C.5})$$

- A: àrea del mur interior, del terra o del sostre d'una sala [m²].
- K: coeficient de transmissió del mur, etc. (fixat per l'arquitectura, mirar Annex A)
- ΔT: És la diferència de temperatura entre l'exterior i l'interior [K]. Les superfícies (tabics, terres, sostres, etc.) en contacte amb una sala climatitzada es pren ΔT/2.

4. Calor intern sensible (Q_{int_s}) (en W)

$$Q_{int_s} = Q_{oc_s} + Q_{el} \quad (\text{Eq. C.6})$$

Q_{oc_s}: càrrega tèrmica sensible dels ocupants [W]

Q_{el}: càrrega tèrmica d'il·luminació i màquines [W]

$$Q_{oc_s} = N_p \cdot K_{ps} \quad (\text{Eq. C.7})$$

- N_p: nombre de persones que ocuparan la sala
- K_{ps}: coeficient de guanys de calor sensible dels ocupants (Taula 48) [W/pers = (4,18/3,6)*kcal/h*pers]

$$Q_{el_s} = A \cdot K_e \quad (\text{Eq. C.8})$$

- A: àrea del terra d'una sala [m²].
- K_e: coeficient de guanys de calor degut a la il·luminació i les màquines (Taula 49) [W/m² = (4,18/3,6)*kcal/h*m²]

5. Calor sensible de ventilació (Q_{v_s}) (en W)



$$Q_{v_s} = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_e - T_i) = q \cdot \frac{1}{v} \cdot c_p \cdot (T_e - T_i) = q \cdot 0.3 \cdot (T_e - T_i) \cdot \frac{4,18}{3,6} \quad (\text{Eq. C.9})$$

On:

- q: cabal d'aire exterior fixat per a la sala [m³/h]
- v: volum específic de l'aire, considerat un valor fix de 0,8 m³/kg
- C_v: calor específic de l'aire considerat un valor fix de 1,003 KJ/kg (0,24 kcal/kg)
- T_e i T_i: temperatura de l'aire exterior i interior respectivament [°C]

Es considera que tots els locals estan en sobrepressió. Això fa que l'aire sempre tendeixi a sortir del local i que per tant no s'hagi de considerar infiltracions en el càlcul.

La càrrega latent està composta de dos termes:

$$Q_{lat} = Q_{oc_i} + Q_{v_i} \quad (\text{Eq. C.10})$$

1. Calor latent dels ocupants (Q_{oc_i}) (en W)

$$Q_{oc_i} = N_p \cdot K_{pl} \quad (\text{Eq. C.11})$$

On:

- N_p: nombre de persones que ocuparan la sala
- K_{pl}: coeficient de guanys de calor latent dels ocupants (Taula 48) [W/pers = (4,18/3,6)*kcal/h*pers]

2. Calor latent de ventilació (Q_{v_i})

$$Q_{v_i} = \dot{m} \cdot c_v \cdot (w_e - w_i) = q \cdot \frac{1}{v} \cdot c_v \cdot (w_e - w_i) = q \cdot 0.7 \cdot (w_e - w_i) \cdot \frac{4,18}{3,6} \quad (\text{Eq. C.12})$$



On:

- q : cabal d'aire exterior fixat per a la sala [m^3/h]
- v : volum específic de l'aire, considerat un valor fix de $0,8 m^3/kg$
- C_v : calor latent de vaporització de l'aigua, considerat un valor fix de $2,26 W/kg$ ($0,54 kcal/kg$)
- w_e i w_i : humitat específica de l'aire exterior i interior respectivament [g/kg]

Al final d'aquest annex es mostra un exemple del full pel càlcul de les càrregues de refrigeració d'una habitació.

C.1.2. Càlcul de refrigeració en un dia ennuolat ($Q_{Rn\acute{u}vol}$)

Pel càlcul de la càrrega tèrmica de refrigeració en un dia ennuolat ($Q_{Rn\acute{u}vol}$) (en W), tots els termes de la càrrega latent es mantenen i els únics que varien són els de la càrrega sensible, on caldrà tenir en compte la radiació difusa sobre els vidres en lloc del guany solar sobre vidres (Q_{solar}) i murs (Q_{trans1}). Aquesta radiació s'aplica com un factor fix (K_D) de $44,12 W/m^2$ ($38 kcal/h \cdot m^2$) de vidre en el terme ($Q_{n\acute{u}vol}$).

$$Q_{Rn\acute{u}vol} = Q_{sens\ n\acute{u}vol} + Q_{lat} \quad (\text{Eq. C.13})$$

$$Q_{sens\ n\acute{u}vol} = Q_{n\acute{u}vol} + Q_{trans2} + Q_{int_s} + Q_{v_s} \quad (\text{Eq. C.14})$$

$$Q_{n\acute{u}vol} = A_{vidre} \cdot K_D \quad (\text{Eq. C.15})$$

C.1.3. Càlcul de refrigeració de nit (Q_{Rnit})

Pel càlcul de la càrrega de refrigeració de nit (Q_{Rnit}) (en W), tots els termes de la càrrega latent es mantenen i els únics que varien són els de la càrrega sensible, on sols es tindran en compte les càrregues per transmissió (excepte murs i coberta) (Q_{trans2}), les càrregues internes (Q_{int}) i les de ventilació (Q_v).



$$Q_{Rnit} = Q_{sens nit} + Q_{lat} \quad (\text{Eq. C. 16})$$

$$Q_{sens nit} = Q_{trans2} + Q_{int_s} + Q_{v_s} \quad (\text{Eq. C. 17})$$

C.1.4. Càlcul de les càrregues de calefacció sense calors interns (Q_{C1})

En general pel càlcul de les càrregues de calefacció no es tenen en compte les aportacions internes (Q_{int}) ni les solars (Q_{solar} i Q_{trans1}), ja que contribueixen a disminuir la potència demandada. Per tant utilitzant el mètode anterior explicat per a la refrigeració, sols es consideraran els termes de guanys per transmissió excepte murs i coberta (Q_{trans2}) i els de ventilació (Q_{vs}).

$$Q_{C1} = Q_{sens cale1} \quad (\text{Eq. C. 18})$$

$$Q_{sens cale1} = Q_{trans2} + Q_{v_s} \quad (\text{Eq. C. 19})$$

C.1.5. Càlcul de les càrregues de calefacció amb calors interns (Q_{C2})

El càlcul és semblant al de l'estiu però considerant que les càrregues internes en lloc de ser termes que sumen, són termes que resten en les necessitats globals.

$$Q_{C2} = Q_{sens cale2} \quad (\text{Eq. C. 20})$$

$$Q_{sens cale2} = Q_{trans2} - Q_{solar} - Q_{trans1} - Q_{int_s} + Q_{v_s} \quad (\text{Eq. C. 21})$$

C.2. Càlcul energètic

Tal com s'ha dit en la memòria un cop es tenen les potències horàries, per a un dia tipus de cada mes amb el mètode Carrier, fent la integral de barres de la corba es pot obtenir l'energia diària de cada mes, i multiplicant pels "N" dies de cada mes és té l'energia mensual necessària.



Full de càlcul càrregues de refrigeració d'habitació tipus:

Dades de partida:

local:	Hab. tipus 1 NO		JULIOL	hora solar	15
	a	b	S [m ²]	h [m]	V [m ³]
mides	-	-	22,9	2,7	61,83

Condicions	T.S.	%HR
exteriors	31	68
interiors	25	50
diferencia	6	

Aire de ventilació

persones	m ³ /h/pers	m ³ /h
2	27	54
S[m ²]	m ³ /h/m ²	m ³ /h
22,9		54

Màxim

54 m³/hCarrier T45 diu hab. hotel entre 42-51 m³/h per pers.taula J. diu 54 m³/h*localmin CTE 18m³/h*pers. en dormitoris

Càrregues sensibles

1. Guany solar vidre (Q_{solar})

Orient. (°)	marcador	S [m ²]	K _G [W/m ²]	factor	W
315	6	2,2	207,84	0,7137	326,336

2. Guany solar i transmissió murs i coberta (Q_{trans1})

orientació (°)	marcador	S [m ²]	Dif. Tequiv	K [W *m ² *K]	W
315	6	7,52	4,7	1,741666667	61,5574667

factorT19	5,5	AT	6	factor T20A	-0,8
-----------	-----	----	---	-------------	------

3. Guany transmissió excepte murs i coberta (Q_{trans2})

	S [m ²]	dif. T	K [W*m ² *K]	W
Total vidre	2,2	6	3,018	39,85
tabics	43,47	3	1,857	242,27
Sostre	22,9	3	1,625	111,67
Terra	22,9	3	1,161	79,77
Mitjaneres	no			
Altres				

4. Calor intern (Q_{int})

		cons	Carrier T48 en repòs a Tint=25°	W
persones	2	63,8	W*pers	127,7
màquines				
il·luminació	22,9	15	W/m ² (25% de reactiva)	369,2625
altres			bombetes baix consum	



Calor sensible del local SUBTOTAL 1358,448

5. Calor sensible de ventilació (Q_{vs})

	m ³ /h	°C	factor	
Aire exterior	54	6	0,348	112,86

Calor sensible efectiu del local SUBTOTAL 1471,3

Càrregues latents

1. Calor latent dels ocupants (Q_{ocs})

persones	2	40,64	W*pers.	81,277
altres				

calor latent del local SUBTOTAL 81,277

2. Calor latent de ventilació (Q_{vl})

	m ³ /h	g/kg	factor	
Aire exterior	54	9,8	0,8127	430,122

Calor latent efectiu del local SUBTOTAL 511,399

Calor total del local [W] TOTAL 1982,704



D. Normativa aplicable

Aquest projecte es planteja en base a la normativa i reglamentació vigent, així com als criteris més reconeguts del sector. La normativa que afecta la instal·lació projectada és presenta a continuació:

D.1. Normativa estatal

D.1.1. Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis (RITE)

- Reial Decret 1751 de 31/07/1998 pel que s'aprova el RITE i les seves Instruccions Tècniques Complementàries (IT).
- Correcció d'errors en el Reial decret 1751/1998, de 31 de juliol,
- Reial Decret 1218/2002 del 22 de novembre, pel qual es modifica el Reial Decret 1751/1998, de 31 de juliol,
- Actualització del RITE del 31/7/06.

D.1.2. Codi Tècnic de l'Edificació (CTE)

En el Reial Decret 314/2006 del 17 de març, s'aprova el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE) i els seus Documents Bàsics (DB) que ofereixen mètodes i solucions per complir les exigències del CTE. Especialment els apartats i subapartats:

- HS Salubritat "Higiene, salut i protecció del medi ambient".
 - HS 1 Protecció en front de la humitat // HS 3 Qualitat interior del aire // HS 4 Subministrament d'aigua // HS 5 Evacuació d'aigües.
- HE Estalvi d'energia.



- HE 1 Limitació de la demanda energètica // HE 2 Rendiment de les instal·lacions tèrmiques // HE 4 Contribució solar mínima d'aigua calenta sanitària.

I en segon terme els apartats:

- SI Seguretat en cas d'incendi.
- SU Seguretat d'utilització.
- HR De protecció en front del soroll.

El CTE substitueix les NBE (Normes Bàsiques de l'Edificació), seguint amb les recomanacions que marcava la LOE (Llei d'Ordenació de l'Edificació).

Normes d'utilitat per aquest tipus d'instal·lacions però ja derogades pel CTE:

- Reial Decret 2429/79, de 6 de juliol, pel qual s'aprova la norma bàsica de l'edificació NBE-CT-79, sobre condicions tèrmiques en els edificis.
- Reial Decret 2177/1996 del 4 d'octubre, pel qual s'aprova la norma bàsica de l'edificació NBE-CPI/96, sobre condicions de protecció contra incendis dels edificis. (RD 2177/1996)
- Normes bàsiques per instal·lacions interiors de subministrament d'aigua (NIA) (Ordre de 9 de desembre de 1975. BOE núm. 11 de 13/1/1976)
- La Norma NBE CA-88 (Condicions acústiques en els edificis) encara continuarà vigent 12 mesos des de l'aprovació de la DB HR relativa a la protecció davant del soroll (el 19/10/07).

També cal remarcar que el CTE reconeix una sèrie de documents tècnics independents de caràcter no reglamentari anomenats Documents Reconeguts (DR), com són les normes UNE.



D.1.3. Normes UNE d'aplicació

Normes UNE d'aplicació tan d'Energia solar tèrmica, climatització, com les incloses en el RITE i el CTE:

- UNE 100020/1M : 1999 Climatització. Sala de màquines.
- UNE 60601/1M : 2001 Instal·lació de calderes de gas per a calefacció o aigua calenta de consum calorífic nominal (potència nominal) superior a 70 kW.
- UNE 100030: 2001 IN Guia per a la prevenció, control de la proliferació i disseminació de la legionel·la a les instal·lacions.
- UNE 123001/2M: 2003 Xemeneies. Càlcul i disseny.
- UNE 100155:1988 IN Climatització. Càlcul de vasos d'expansió.
- UNE 100156: 1989 Climatització. Dilatadors. Criteris de disseny.
- UNE 100157: 1989 Climatització. Disseny dels sistemes d'expansió.
- UNE 100011: 1991 Climatització. La ventilació per una qualitat acceptable de l'aire en la climatització dels locals.

D.2. Normativa autonòmica

- Instrucció 3/2003 de la DGCSI per la qual es regulen els requisits de ventilació dels locals on s'instal·lin calderes de combustible líquid per a calefacció o aigua calenta sanitària de potència tèrmica nominal inferior o igual a 70kW.
- Ordre de 3 de maig de 1999, sobre el procediment d'actuació de les empreses instal·ladores de les entitats d'inspecció i control i dels titulars, instal·lacions regulades pel Reglament



d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis (RITE) i les seves Instruccions Tècniques Complementàries (IT).

- Resolució del 6 de maig de 1994 d'autorització per a la utilització d'equips de climatització pel cicle d'absorció.

D.3. Normatives en camps concrets

Les altres normes que s'han tingut en compte per a la realització d'aquest projecte són les següents:

Per a la prevenció de la legionel·la:

- Reial Decret 865/2003, del 4 de juliol, pel qual s'estableixen els criteris generals higienico-sanitaris per a la prevenció i control de la legionel·losis.
- Decret 352/2004 del 27 de juliol, pel que s'estableixen les condicions higièncio-sanitàries per a la prevenció i control de la legionel·losis
- Reial Decret 140/2003 del 7 de febrer, pel que s'estableixen els criteris sanitaris de la qualitat de l'aigua de consum humà.

Per a radiadors i convectors

- Ordre del 21 de juny del 2000 que modifica l'annex de l'Ordre del 10 de febrer de 1983, sobre normes tècniques dels tipus de radiadors i convectors de calefacció per mitjà de fluids i la seva homologació pel Ministeri d'Indústria i Energia.
- Reial Decret 363/1984 del 22 de febrer, que complementa les normes tècniques dels tipus de radiadors i convectors de calefacció per mitjà de fluids i la seva homologació pel Ministeri d'Indústria i Energia.



- Reial Decret 3089/1982 del 15 d'octubre, pel qual s'estableixen la subjecció a normes tècniques dels tipus de radiadors i convectors de calefacció per mitjà de fluids i la seva homologació pel Ministeri d'Indústria i Energia.

De seguretat

- Reial Decret 1627/1997, del 24 d'octubre pel qual s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres de construcció.

- Reial Decret 3099/1977 del 8 de setembre, pel qual s'aprova el Reglament de seguretat per a plantes i instal·lacions frigorífiques, així com les ordres que el modifiquen.

- Llei 31/1995 del 8 de novembre, de Prevenció de Riscos Laborals.

En el camp elèctric

- Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (Reial Decret 842 del 02/08/2002), així com les seves Instruccions Complementàries.

- Reglament de Verificacions Elèctriques i regulació del Subministrament d'Energia (Decret 12/03/54) i Reials Decrets que el modifiquen.

Per a Instal·lacions d'Energia Solar Tèrmica

- Plec de Condicions Tècniques d'Instal·lacions de Baixa Temperatura. IDAE. (Institut per a la Diversificació i l'estalvi d'Energia). Revisió d'Octubre 2002.

- Criteris de Qualitat en el Disseny d'Instal·lacions Solars Tèrmiques d'APERCA (Associació de Professionals de les Energies Renovables de Catalunya).

- Ordenança Solar Tèrmica de la ciutat de Barcelona (2006).



Per a generadors de calor: calderes, etc.

- Directiva 92/42/CEE del consell de la Unió Europea (Reial Decret 275/1995 del 24 de febrer): requisits mínims pels generadors de calor.
- Reial Decret 275/1995 que dicta les disposicions per aplicar la Directiva 92/42/CEE relativa als requisits de rendiment per calderes noves d'aigua calenta alimentada amb combustibles líquids o gasosos, modificada per la directiva 93/68/CEE.
- Reglament de Recipients a Pressió (RAP)

Protecció del Medi ambient

- Reglament (CE) n. 2037/2000 pel Parlament europeu i del consell del 29 de juny del 2000 sobre les substàncies que esgoten la capa d'ozó.
- Decret 18/1996 del 8 de febrer, pel que s'aprova el Reglament d'Activitats Classificades.
- Reglaments d'Activitats Molestes, Insalubres, Nocives i Perilloses (Decret 2414/61 del 30 de novembre) i Normes que el regulen (Ordre del 15/03/63) i decret 05/10/64.
- Llei autonòmica 3/1998 de la Intervenció Integral de l'Administració Ambiental.
- Decret 21/2006 del 14 de Febrer pel que es regula la adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència dels edificis de Catalunya
- Ordenança Municipal del Medi Ambient Urbà de Barcelona. Disposicions addicionals: 6.2.

Prevenició de la contaminació acústica

- Llei estatal 37/2003 (Llei del Soroll) i RD 1513/2005, pel que es desenvolupa la llei en relació a l'avaluació i la gestió del soroll ambiental.
- Llei autonòmica 16/2002 de protecció contra la contaminació acústica.



- Ordenança Municipal de Barcelona reguladora del soroll i les vibracions.

Impacte ambiental

- RD 1302/1986 d'avaluació de l'impacte ambiental.
- Decret 114/1988 d'avaluació de l'impacte ambiental

Existeixen altres normatives no precisament relacionades que podrien afectar aquesta instal·lació, com per exemple altres Ordenances municipals vigents d'aplicació, com són:

- Articles del 86 al 89 de les Ordenances Metropolitanes d'Edificació.
- Ordenança Municipal dels Usos del Paisatge Urbà.
- Articles 73, 75 i 231 de les Normes Urbanístiques del Pla General Metropolità.





E. El mètode F-chart

L'estimació de la producció energètica d'una instal·lació d'escalfament d'aigua amb energia solar és un procés en el qual intervenen múltiples factors.

Algunes d'aquestes variables defineixen les condicions meteorològiques de l'emplaçament (temperatures, radiació solar, etc.), altres depenen de les necessitats energètiques de l'edifici (quantitat d'aigua consumida, perfil temporal del consum, temperatures de partida de l'aigua, temperatura desitjada de l'aigua calenta, etc.) i, finalment, altres consisteixen en la definició de la pròpia instal·lació (característiques dels materials utilitzats, cabals de circulació, tipus de regulació, esquema hidràulic, etc.).

El procediment de càlcul per a la determinació de la superfície de captació solar necessària, per cobrir una determinada demanda energètica és el següent:

E.1. Necessitats tèrmiques

Les necessitats energètiques d'Aigua Calenta Sanitària (ACS) es poden calcular a partir de l'expressió següent:

$$Q = m \cdot ce \cdot \Delta T = m \cdot ce \cdot (T_{ref} - T_{AF}) = \rho \cdot q \cdot ce \cdot (T_{ref} - T_{AF}) \quad (\text{Eq. E.1})$$

A on:

Q: Necessitats energètiques d'ACS [kJ/dia]

q: cabal de consum d'ACS [litres/dia]

Prenent el consum d'ACS diari [litres/dia] que ja ha estat determinat anteriorment en el projecte.



Al punt 8 de l'Annex I de l'Ordenança Solar Tèrmica [6] de Barcelona s'indiquen les temperatures mensuals de l'aigua freda (T_{AF}) que s'han d'utilitzar pel càlcul (mirar Taula 7.3 de la memòria).

Cal dir que les necessitats tèrmiques de calefacció i refrigeració ja han estat explicades de forma detallada en altres apartats del projecte.

Per a la calefacció sols cal agafar els valors energètics mensuals del conjunt de tota la residència.

En canvi per a la refrigeració no s'ha d'agafar les necessitats energètiques de la residència sinó únicament l'energia necessària mensual a aportar pel funcionament de la màquina d'absorció. Aquesta energia es calcula de la manera següent:

Sabent que la màquina d'absorció triada (marca Yazaki model WFC-SC20) té una potència nominal de generació necessària de 100,4 kW, s'estima que funcionarà de forma continua 17h o 19h segons el mes de l'any, (que són el nombre d'hores on les necessitats de potència frigorífica son majors que els 70 kW que produeix la màquina d'absorció i que per tant és quan funcionarà). Amb aquesta energia diària calculada i multiplicant pels dies de cada mes, s'obté l'energia mensual a aportar a la màquina d'absorció.

La taula següent mostra els passos comentats i els resultats energètics obtinguts com a necessitats d'ACS, de calefacció, de generació en la màquina d'absorció, de refrigeració globals (refrigeració per màquina d'absorció i de refrigeració per refredadores elèctriques) i finalment les necessitats globals d'aigua calenta a tenir en compte en el càlcul de l'aportació solar.



	Carrega tèrmica ACS [kWh/mes]	Carrega tèrmica Calefacció [kWh/dia]	Carrega tèrmica per gen. maq abs. [kWh/dia]	Carrega tèrmica Refrig. tot [kWh/dia]	Càrrega de refrig. per abs [kWh/dia]	Carrega tèrmica Calefacció [kWh/mes]	Carrega tèrmica per gen. maq abs. [kWh/mes]	Carrega tèrmica Refrig. [kWh/mes]	Càrrega de refrig. per abs. [kWh/mes]	Carrega tèrmica refrig. per refredadores [kWh/mes]	Càrrega tèrmica tot [kWh/mes]
Gener	20.698	1.255				38.905	0				59.603
Febrer	18.526	1.004				28.107	0				46.633
Març	19.816	750				23.245	0				43.061
Abril	18.468	346	1.700	2.869	1.190	10.383	51.000	86.076	35.700	50.376	79.851
Maig	18.051		1.700	3.623	1.190	0	52.700	112.306	36.890	75.416	70.751
Juny	16.357		1.700	4.701	1.190	0	51.000	141.029	35.700	105.329	67.357
Juliol	16.270		1.900	5.796	1.330	0	58.900	179.679	41.230	138.449	75.170
Agost	15.633		1.900	5.984	1.330	0	58.900	185.498	41.230	144.268	74.533
Setembre	15.495		1.700	5.109	1.190	0	51.000	153.272	35.700	117.572	66.495
Octubre	17.036	141	1.700	3.956	1.190	4.361	52.700	122.623	36.890	85.733	74.097
Novembre	18.146	594				17.813	0				35.958
Desembre	20.103	1.055				32.715	0				52.819
TOTAL:	214.600	5.145	12.300	32.038		155.529	376.200	980.484	263.340	717.144	746.329

Taula E.1. Necessitats tèrmiques mensuals d'ACS, calefacció, refrigeració i finalment les globals d'aigua calenta.

E.2. Elecció de la captació i el volum inicials

L'elecció de la superfície de captació solar S_c és el mateix que l'elecció d'un nombre determinat de captadors d'un model i marca concrets. En aquest cas es compararà l'ús de dos captadors diferents: LBM 100 AR de Wagner Solar i captador de tubs de buit Vitosol300-H30 de Viessmann. Les característiques d'aquest captadors són les següents:

	Superfície obertura o útil [m ²]	dimensions a*h*w [mm]	η_0 : rend. òptic	k1: coef. pèrdues [W/m ² K]	k2: coef. pèrdues [W/m ² K ²]	pes [kg]
LBM 100 AR	9,3	5940*1700*120	0,832	2,43	0,018	180
Vitosol 300-H30	3,21	2159*2024*138	0,825	1,19	0,009	68

Taula E.2. Característiques captadors.

En quan al Volum d'acumulació solar inicial V s'agafa com a valor inicial de càlcul 7000 litres (veure apartat 8.3.3 de la memòria).

E.3. Càlcul de la radiació solar mensual incident R_{mes}

La determinació de l'energia incident en els captadors solars es pot realitzar a partir de les dades disponibles de radiació solar i la superfície de captadors solars.

L'Atlas de Radiació Solar de Catalunya [22] inclou dades mensuals de radiació solar incident R_{mes} sobre superfícies amb diferents inclinacions o orientacions.

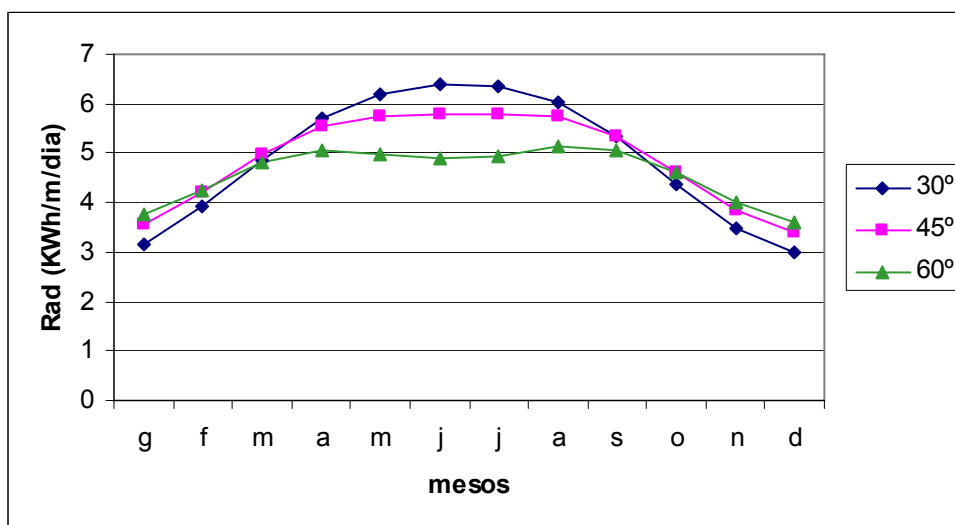
La taula següent mostra els diferents resultats de radiació de Barcelona a orientació sud i per a diferents inclinacions:



Mesos /inclin.	0°	20°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
g	1,89	2,81	3,17	3,32	3,45	3,56	3,65	3,71	3,75
f	2,68	3,58	3,91	4,03	4,13	4,21	4,25	4,28	4,27
m	3,85	4,64	4,87	4,93	4,97	4,98	4,96	4,91	4,82
a	5,15	5,65	5,70	5,68	5,62	5,52	5,40	5,23	5,04
m	6,18	6,32	6,20	6,08	5,93	5,74	5,52	5,26	4,98
j	6,67	6,63	6,39	6,23	6,03	5,79	5,52	5,21	4,89
j	6,49	6,53	6,35	6,20	6,02	5,80	5,55	5,27	4,95
a	5,67	6,04	6,03	5,97	5,87	5,73	5,56	5,36	5,12
s	4,46	5,17	5,34	5,38	5,38	5,35	5,28	5,19	5,06
o	3,17	4,06	4,37	4,48	4,56	4,62	4,64	4,64	4,61
n	2,15	3,10	3,46	3,61	3,74	3,85	3,92	3,98	4,00
d	1,68	2,60	2,97	3,13	3,27	3,39	3,48	3,55	3,60
anual	4,18	4,77	4,90	4,92	4,92	4,33	4,81	4,72	4,59

Taula E.3. Radiació [kWh/m²·dia] a Barcelona per diferents inclinacions (orientació sud).(font: Atlas de Radiació Solar)

El gràfic següent mostra aquestes mateixes radiacions de manera més clara:



Gràfic E.1. Radiació [kWh/m²·dia] a Barcelona per diferents inclinacions (orientació sud).(font: Atlas de Radiació Solar)

La corba a 60° és la més plana, això permet augmentar la radiació a l'hivern en detriment de la de l'estiu. La corba a 30° és a la inversa. Així es mostra la importància de la inclinació escollida, tal com es deia a la memòria.



L'energia incident sobre els captadors solars R_{mes} es pot calcular multiplicant els valors de la taula (canviant d'unitats si és necessari) per la superfície de captació S_c .

E.4. Càlcul del paràmetre D_1

El paràmetre D_1 expressa la relació entre l'energia absorbida pels captadors Ea_{mes} i la demanda energètica mensual considerada DE_{mes} :

$$D_1 = \text{Energia absorbida pel captador } (Ea_{mes}) / \text{Demanda mensual } (DE_{mes}) \quad (\text{Eq. E. 2})$$

A l'expressió anterior, l'energia absorbida pels captadors, Ea_{mes} , es pot calcular amb la fórmula següent:

$$Ea_{mes} = S_c \cdot F'_R(\tau\alpha) \cdot R_{mes} \quad (\text{Eq. E.3})$$

A on:

- Ea_{mes} és l'energia solar mensual absorbida pels captadors [kWh/mes]

- S_c és la superfície dels captadors solars [m^2]

- R_{mes} és l'energia solar mensual incident sobre la superfície dels captadors [$kWh/m^2 \text{ mes}$]

- $F'_R(\tau\alpha)$ és un factor adimensional, que es calcula amb la següent expressió:

$$F'_R(\tau\alpha) = F_R(\tau\alpha)_n \cdot [(\tau\alpha) / (\tau\alpha)_n] \cdot (F'_R / F_R) \quad (\text{Eq. E.4})$$



A on:

- $F_R(\tau\alpha)_n$ és el *Factor d'eficiència òptica* del captador o rendiment òptic (η_0). Aquest factor és característic del captador solar i el proporciona el fabricant. (El valor pel LBM 100 AR i pels tubs buit Vitosol 300 H30 triats es troben a la taula F.2. anterior).

- $[(\tau\alpha) / (\tau\alpha)_n]$ és l'anomenat *Modificador de l'angle d'incidència*. Per a captadors amb una coberta de vidre, es pot acceptar un valor de 0,96.

- F'_R/F_R és l'anomenat *Factor de correcció del conjunt captador-bescanviador*. En general, es pot acceptar un valor de 0,95.

E.5. Càlcul del paràmetre D_2

El paràmetre D_2 expressa la relació entre l'energia perduda pel captador EP_{mes} i la demanda energètica mensual de l'edifici DE_{mes} :

$$D_2 = \text{Energia perduda pel captador (EP}_{mes}) / \text{Demanda mensual (DE}_{mes}) \quad (\text{Eq. E.5})$$

Les pèrdues del captador es calculen amb l'expressió següent:

$$EP_{mes} = S_c \cdot F'_R \cdot U_L \cdot (100 - T_{AMB}) \cdot \Delta t \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (\text{Eq. E.6})$$

A on:

- EP_{mes} és l'energia solar mensual perduda pels captadors (kWh/mes)

- S_c és la superfície de captació solar [m^2]

$F'_R \cdot U_L$ és un factor que es calcula amb la següent expressió:



$$F'_{R L} U = F_{R L} U \cdot (F'_{R R} / F_{R R}) / 1000 \quad (\text{Eq. E.7})$$

A on:

- $F_{R L} U$ és el *coeficient global de pèrdues* del captador [$W/m^2 K$]. Aquest factor és característic del captador solar i el proporciona el fabricant. (El valor pel LBM 100 i pels tubs buit triats es troben a la taula F.2. anterior).

- $F'_{R R} / F_{R R}$ s'anomena *factor de correcció del conjunt captador-bescanviador*. Com a aproximació, es pot acceptar un valor de 0,95.

T_{AMB} és la temperatura mitjana mensual diürna de l'ambient (en °C). (CENSOLAR ha publicat un document amb aquestes temperatures per les ciutats més importants d'Espanya)

En el cas de la ciutat de Barcelona, les temperatures són les següents:

	Tambient [°C]
Gener	11
Febrer	12
Març	14
Abril	17
Maig	20
Juny	24
Juliol	26
Agost	26
Setembre	24
Octubre	20
Novembre	16
Desembre	12
TOTAL (promig)	18,05

Taula E.4. Temperatura ambient mitja diürna mensual per Barcelona (CENSOLAR).



Δt és el període de temps considerat, en segons. En cas de realitzar un càlcul mensual, és el nombre d'hores de cada mes de l'any passat a segons.

K_1 s'anomena *factor de correcció per emmagatzematge* i es pot calcular amb l'expressió següent:

$$K_1 = [V / (75 \cdot S_c)]^{-0,25} \quad (\text{Eq. E.8})$$

A on V és el volum de l'acumulació solar [litres].

K_2 és el factor de correcció per a instal·lacions de producció d'aigua calenta sanitària i es calcula amb l'expressió següent:

$$K_2 = (11,6 + 1,18 T_{ACS} + 3,86 T_{AF} - 2,32 T_{AMB}) / (100 - T_{AMB}) \quad (\text{Eq. E.9})$$

A on

- T_{AMB} és la temperatura mitjana mensual de l'ambient [°C],
- T_{ACS} és la temperatura de l'aigua calenta [°C]
- T_{AF} és la temperatura de l'aigua freda de la xarxa [°C]

E.6. Càlcul de la contribució solar mensual f

Una vegada coneguts els valors mensuals dels paràmetres D_1 i D_2 , es pot calcular la contribució solar mensual a partir de l'expressió següent:

$$f = 1,029 D_1 - 0,065 D_2 - 0,245 D_1^2 + 0,0018 D_2^2 + 0,0215 D_1^3 \quad (\text{Eq. E.10})$$



La producció energètica mensual de la instal·lació solar ES_{mes} es calcula amb l'expressió següent:

$$ES_{mes} = f \cdot DE_{mes} \quad (\text{Eq. E.11})$$

A on:

- ES_{mes} és l'energia solar mensual aportada [kWh/mes]
- f és la contribució solar mensual (en tan per un)
- DE_{mes} és la demanda energètica en [kWh/mes]

E.7. Càlcul de la producció solar i la contribució anual F

La contribució solar anual F és la relació entre la suma de la producció solar dels 12 mesos de l'any i la demanda energètica anual.

$$F = \frac{\sum ES_{mes}}{\sum DE_{mes}} \quad (\text{Eq. E.12})$$

En el cas que la contribució solar anual F no sigui admissible, es pot repetir el càlcul amb una nova superfície de captació solar Sc .

En alguns esquemes d'instal·lacions solars de producció d'aigua calenta sanitària, les pèrdues energètiques en els circuits de distribució i en els dipòsits d'acumulació poden arribar a ser importants. Per això pel compliment de l'Ordenança Solar de Barcelona la contribució solar obtinguda amb el mètode de càlcul f-chart s'haurà de multiplicar per 0,86.

Així, si la contribució solar mínima exigida en l'ordenança solar per a un edifici plurifamiliar és del 60% i s'utilitza un dels dos esquemes indicats, la instal·lació solar s'haurà de dissenyar per arribar a una contribució solar anual del 69,8% ($0,60 / 0,86 = 0,698$).

Tot i així, en aquest cas no s'aplicarà aquesta correcció donat que la cobertura que es vol calcular engloba totes les necessitats, no únicament l'ACS.



El procés de càlcul és iteratiu (per diferents valors de superfície de captació solar i de volum d'acumulació), fins que s'aconsegueixi obtenir una fracció solar adequada.

A continuació es mostra una taula exemple de les usades en el càlcul (pel cas de 22 captadors LBM a sud + 45° i inclinació 35°):

	Càrrega tèrmica ACS [kWh/mes]	Càrrega term. tot [kWh/mes]	Tamb [°C]	Tm [°C]	N [dies/mes]	Dt [s/mes]	Rmes [kWh/m ² ·dia]	Ea mes (energia absor-bida) [kWh/mes]	D1	K1	K2	Epmes (energia perduda) [kWh/mes]	D2	f tot [%]	Es mes (energia captada neta) [kWh/mes]
Gener	20.698,4	59.603,4	11	10,27	31	3E+06	2,8	13.475	0,23	1,22	1,08	41.272	0,69	17,62%	10.503
Febrer	18.526,2	46.633,2	12	10,72	28	2E+06	3,37	14.649	0,31	1,22	1,09	37.053	0,79	24,92%	11.622
Març	19.816,0	43.060,9	14	12,39	31	3E+06	4,3	20.694	0,48	1,22	1,14	41.795	0,87	37,59%	16.317
Abril	18.467,9	79.851,1	17	14,15	30	3E+06	5,23	24.358	0,31	1,22	1,60	55.026	0,69	24,78%	19.784
Maig	18.051,3	70.751,3	20	16,63	31	3E+06	5,87	28.250	0,40	1,22	1,69	57.977	0,82	32,11%	22.720
Juny	16.357,3	67.357,3	24	19,39	30	3E+06	6,15	28.643	0,43	1,22	1,80	56.675	0,84	34,15%	23.003
Juliol	16.269,9	75.169,9	26	20,91	31	3E+06	6,04	29.068	0,39	1,22	1,87	59.089	0,79	31,25%	23.494
Agost	15.633,1	74.533,1	26	22,44	31	3E+06	5,58	26.854	0,36	1,22	1,95	61.615	0,83	28,75%	21.424
Setembre	15.495,3	66.495,3	24	21,53	30	3E+06	4,47	22.076	0,33	1,22	1,91	60.094	0,90	25,81%	17.165
Octubre	17.035,7	74.096,7	20	19,07	31	3E+06	3,76	18.096	0,24	1,22	1,81	62.005	0,84	18,39%	13.624
Novembre	18.145,7	35.958,4	16	14,95	30	3E+06	3,01	14.019	0,39	1,22	1,23	42.625	1,19	29,07%	10.453
Desembre	20.103,2	52.818,5	12	11,7	31	3E+06	2,6	12.513	0,24	1,22	1,13	42.640	0,81	17,90%	9.455
TOTAL:	214.599,9	746.329,	18,05	16,18	365	3E+07	4,45	252.697				617.856			199.565

F (%)	26,74%
-------	---------------

Taula E.5. Taula exemple mètode f-chart

F. Casos de cobertura solar

F.1. Capacitat de la coberta

F.1.1. Distància entre files de captadors

La distància mínima entre les diferents files de captadors calculada al mig dia solar del dia més desfavorable (del solstici d'hivern), es determina amb les expressions següent:

$$d_1 = Z / \operatorname{tg}(67^\circ - L) \quad (\text{Eq. F.1})$$

$$Z = \text{long} \cdot \sin \beta \quad (\text{Eq. F.2})$$

On:

- d_1 : distància entre files [m]
- Z: projecció vertical del captador col·locat en la inclinació desitjada (m)
- long: longitud del captador [m]
- β : inclinació del captador
- L: Latitud del lloc (a Barcelona $L=41^\circ$)

Un càlcul aproximat és:

$$d_1 = K \cdot Z \quad (\text{Eq. F.3})$$

A on:

K: coeficient en funció de la latitud (per Barcelona $K=2,05$).

Pels captadors plans d'estudi (LBM 100 AR) posats en horitzontal (long = 1700 mm), contant la inclinació òptima trobada pel projecte (35°), es té una distància a deixar entre fileres és de 1,99 m.



Pels captadors de tub de buit (Vitosol 300 H30) la seva inclinació global òptima també és 35°, fet que implica una inclinació de cada tub de 25° i 10° d'inclinació de l'estructura. A efectes del càlcul de la distància sols cal tenir en compte els 10°, per tant per una long = 2159 mm la distància a deixar entre fileres és 0,76 m.

F.1.2. Distància entre els captadors i els objectes de la coberta

Per les xemeneies i la barana perifèrica cal deixar també una distància lliure per evitar les ombres sobre els captadors. Aquesta distància es defineix en la direcció sud/nord de la coberta i es calcula de la mateixa manera:

$$d_2 = k \cdot Z \quad (\text{Eq. F.4})$$

On K és el mateix valor d'abans i Z és l'alçada de l'objecte en qüestió.

Suposant que les baranes mesuren 1,35 m, la distància lliure a deixar és de 2,76 m, tot i que es prendrà 3 m per seguretat.

Val a dir que en el cas de posar pèrgoles per elevar els captadors ja no caldrà deixar aquest espai entre les baranes i els captadors.

Per les xemeneies de 3 m, la distància a deixar és de 6,15 m.

F.1.3. Possibles distribucions dels captadors

Els següents dibuixos fets amb Autocad, s'han realitzat per avaluar la possibilitat de col·locació dels captadors a la coberta, sense dibuixar les canonades corresponents. Els resultats són els següents:

Les primeres configuracions representen la coberta sense pèrgoles. Això vol dir que la sala de màquines es situa al sotano o bé a la coberta. En aquest segon cas, la sala de màquines tindria a sobre captadors col·locats en una marquesina (de manera que en la representació la sala no es mostra).



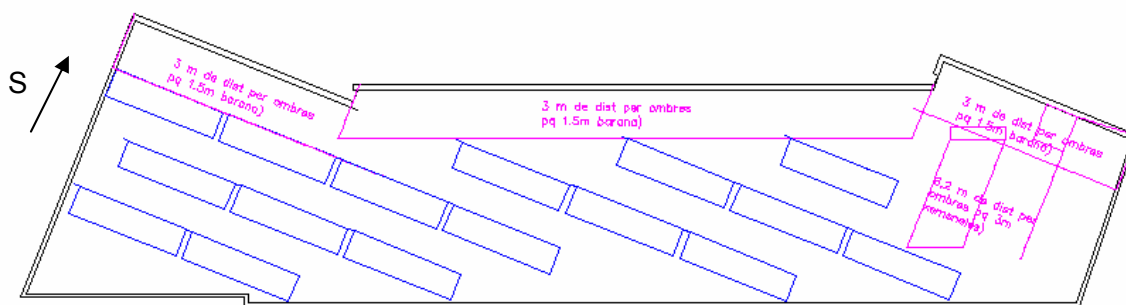


Fig. F.1. Configuració amb 16 captadors LBM 100 a 35° i al sud.

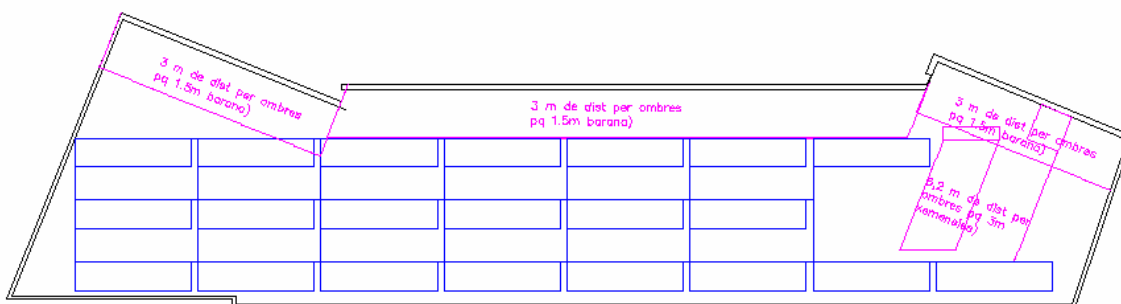


Fig. F.2. Configuració amb 21 captadors LBM 100 a 35° i al sud-est.

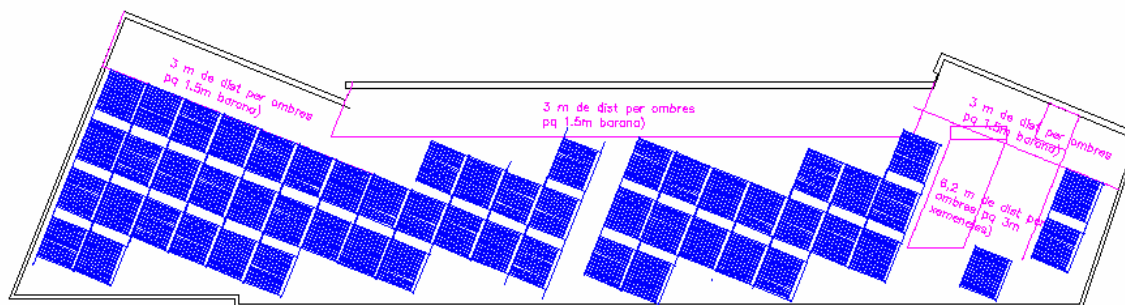


Fig. F.3. Configuració amb 55 captadors de tubs de buit Vitosol 300 H30 a 10° i al sud.

Les segones configuracions representen la coberta amb grans màquines (torres de refrigeració, refredadores elèctriques, etc.) que no poden anar cobertes per captadors en una marquesina. En aquest cas per arribar a un nombre de captadors suficient es fa



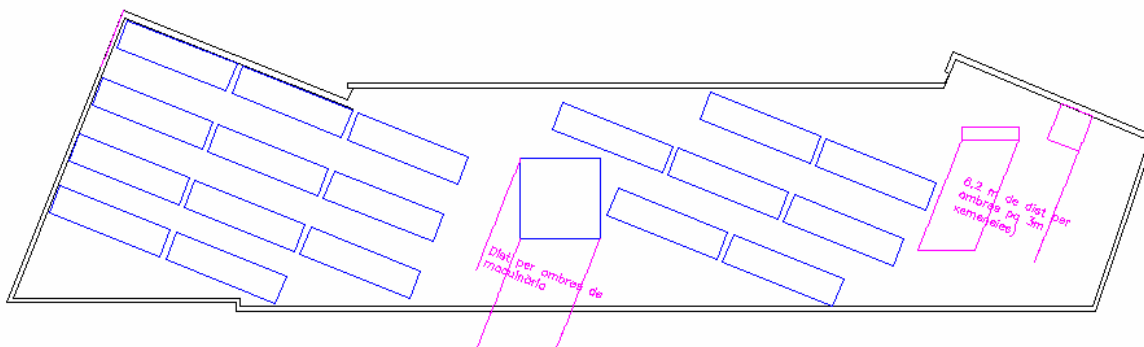


Fig. F.4. Configuració amb 18 captadors LBM 100 a 35° i al sud.

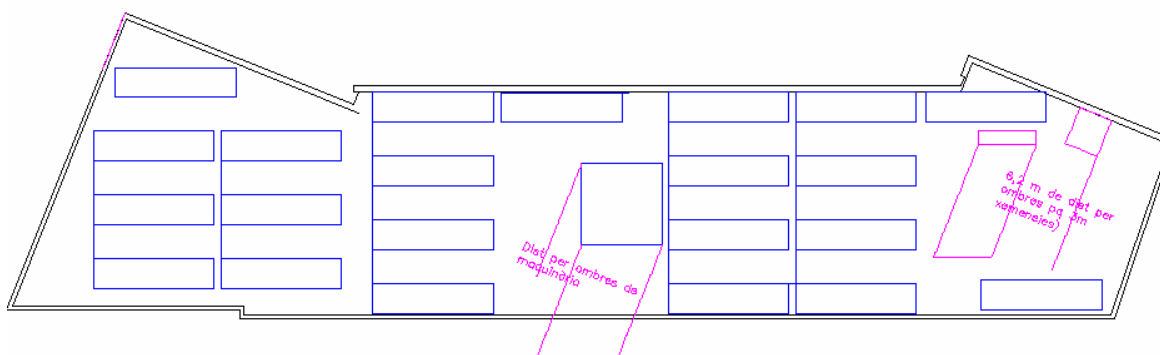


Fig. F.5. Configuració amb 22 captadors LBM 100 a 35° i al sud-est.

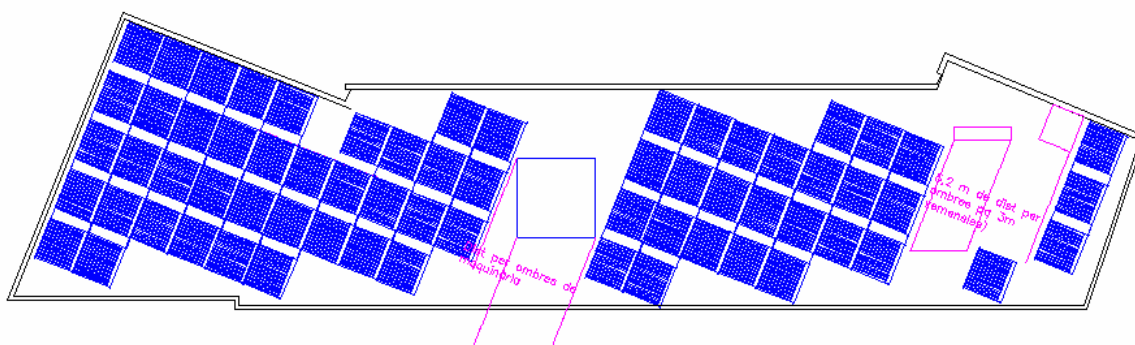


Fig. F.6. Configuració amb 66 captadors de tubs de buit Vitosol 300 H30 a 10° i al sud.



F.2. Resultats de cobertura en diferents casos

En la taula següent es mostren els resultats de cobertura solar en diferents configuracions, inclinacions, etc.

Instal·lació	tipus capt.	nº capt	orient	inclin.	E. Solar Neta [kWh/any]	Ftot [%]	Facs [%]	S/N*
Instal. Ref.	C20 CHF	60	sud	40°	127.592		59,46%	S
Instal. d'estudi	LBM	14	sud	35°	149.734	20,06%	59,89%	S
		16	sud	35°	168.648	22,60%	65,74%	S
		18	sud	35°	187.051	25,06%	71,03%	S*
		21	sud+45°	35°	191.768	25,69%	71,24%	S
		22	sud+45°	35°	199.565	26,74%	73,00%	S*
		23	sud+45°	35°	207.260	27,77%	74,57%	N
		23	sud	35°	230.925	30,94%	81,08%	N
		24	sud	35°	239.349	32,07%	82,43%	N
	25	sud	35°	247.658	33,18%	83,66%	N	
	Vitosol 300	55	sud	35°	210.703	28,23%	78,60%	S
		66	sud+45°	30	224.320	30,06%	79,16%	S*
		66	sud	20°	239.480	32,09%	81,20%	S*
		66	sud	30°	246.405	33,02%	84,08%	S*
		66	sud	35°	247.640	33,18%	85,14%	S*
		70	sud	35°	260.688	34,93%	86,89%	N
100		sud	35°	352.306	47,21%	95,05%	N	
130	sud	35°	433.531	58,09%	98,74%	N		

* S/N: Indica si és viable d'instal·lar-ho a la coberta.

S*: indica que cal pèrgola. (considerant ombres)

Taula F.1. Consums instal·lacions analitzades



F.3. Càlcul del consum energètic en diferents casos

En el diagrama següent es mostra un exemple del repartiment dels fluxos energètics per a la instal·lació d'estudi en la configuració escollida (22 captadors LBM a sud+45° i inclinació de 35°) i per a la instal·lació de referència. (Els valors energètiques estan en kWh/any)

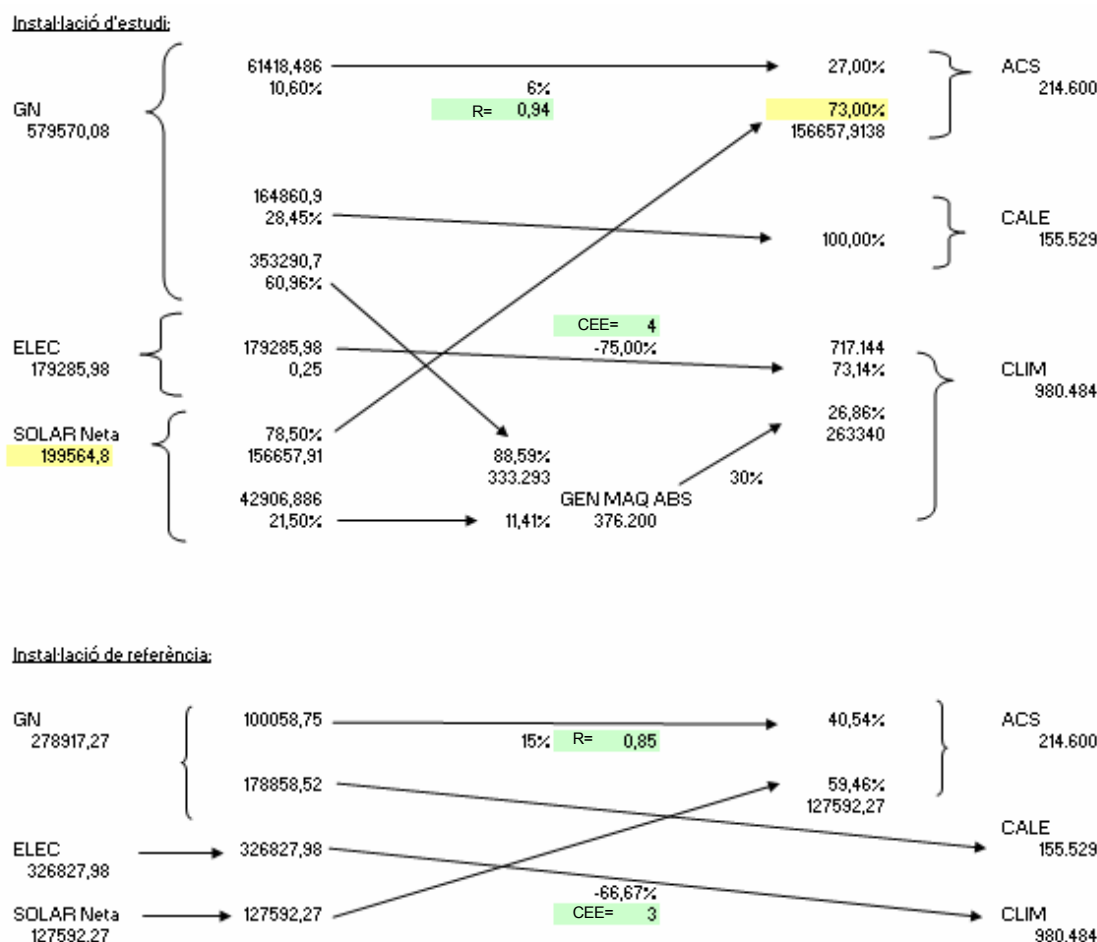


Fig. F.7. Fluxos energètics de les dues instal·lacions

S'observa com el flux energètic del gas natural és el que més difereix de en els dos casos. En la instal·lació de referència sols es divideix entre complement per l'ACS i tota la calefacció, en canvi en la instal·lació d'estudi es reparteix entre el suport a l'ACS, el suport per l'aigua



calenta necessària a la generació de la màquina d'absorció i per tota la calefacció. Cal remarcar que pel càlcul s'ha considerant les pèrdues per rendiment de la caldera, de les refredadores elèctriques i de la màquina d'absorció, tal com mostra la taula següents:

	Rend. Caldera	CEE Refredadora Elec.	CEE Maq. Absorció
Instal. de Referència	0,85	3	-
Instal. d'Estudi	0,94	4	0,7

Taula. F.2. Rendiments presos en el càlcul del diagrama de flux energètic





G. Estalvi d'aigua de les torres de refrigeració

S'estima que les torres obertes convencionals (VXT), per dissipar 4180 kJ, consumeixen 3,6 litres d'aigua totals: 1,8 litres d'aigua evaporada i 1,8 litres entre l'aigua que es va fent més concentrada a la bassa i que caldrà purgar.

Coneixent el CEE de les refredadores elèctriques i de la màquina d'absorció, i tenint la potència frigorífica per cada hora d'un dia tipus de cada mes (veure taula E.1), es pot calcular la potència a dissipar per cada hora d'un dia tipus de cada mes. Llavors, realitzant-ne la integral de barres i multiplicant pels N dies de cada mes, se'n pot obtenir l'energia anual a dissipar. Així es determina que caldrà dissipar 1.660 MWh/any. I contant que cal 3,6 litres d'aigua per 4180 kJ, s'obté que calen 5.139 m³/any.

Per assegurar-se de la validesa d'aquests resultats, es compara realitzant el càlcul aproximatiu següent:

Sabent que la potència a dissipar és de 818 kW, es pot saber els litres d'aigua que es consumirien per hora amb l'expressió:

$$\text{Consum aigua [l/h]} = \text{Potència a dissipar [kW]} * 3600 * 3,6 \text{ litres} / 4180 \text{ kJ} \quad (\text{Eq. G.1})$$

El consum per a la torre clàssica VXT és de 2536,2 litres/h = 2,5 m³/h.

Suposant que la torre funciona 14 hores diàries durant 7 mesos, es troba que anualment la torre consumeix 7.560 m³. Així es demostra com el primer mètode de càlcul és més acurat.

Pel càlcul del consum d'aigua de les altres dues torres (HXI i DFC), se sap que la torre híbrida HXI estalvia un 75% de l'aigua i que la DFC estalvia un 72% del que consumia la clàssica.

Per tant per saber l'estalvi d'aigua obtingut amb les torres HXI i la DFC, sols cal partir del consum total de la torre VXT i restar-li el corresponent a cadascuna de les torres no convencionals.





H. Pressupost

A continuació es detalla el pressupost de la instal·lació finalment escollida (22 captadors LBM 100 AR i torre de refrigeració híbrida HXI).

CAPTACIÓ SOLAR					
Element	Descripció	unitats	quantitat	cost unitari [€]	cost total [€]
Captadors	Wagner LBM 100 AR	ud.	22	3.506	77.129
Estructures	Adequades als captadors LBM	ud.	22	700	15.400
Vas expansió VE1	Adequat pel circuit solar	ud.	1	560	560
Dipòsit tampó solar	Adequat al volum desplaçat	ud.	1	1.000	1.000
Kit bombes B1 i filtres	Dimensionades segons la normativa	ud.	1	1.100	1.100
Bescanviador de plaques	Adequat a la potència d'intercanvi	ud.	1	847	847
Acumulador solar (dipòsit d'inèrcia)	PROMASOL 3500CA/TA LI	ud.	2	3.073	6.146
Aerotemo seguretat	Adequat a les necessitats	ud.	1	1.200	1.200
Subtotal					103.382

SISTEMA DE SUPORT					
Element	Descripció	unitats	quantitat	cost unitari [€]	cost total [€]
Caldera pressuritzada a GN	WOLF MKS-500	ud.	1	6.175	6.175
Regulació de gas	R 31-STAV	ud.	1	278	278
Cremador progressiu GN	C60 GX507 P20 T1	ud.	1	3.097	3.097
Kit de modulació i sonda immersió	RC6170	ud.	1	312	312
Posta en marxa cremador	C60 GX507 P20	ud.	1	274	274
Acumulador de la caldera amb serpentí	PROMASOL 2500CC/TA LI	ud.	1	2.696	2.696
Acumulador de la caldera	PROMASOL 2000CC/TA LI	ud.	1	2.174	2.174
Bescanviador de plaques	Adequat a la potència d'intercanvi	ud.	1	829	829
Kit bombes B3 i filtres	Dimensionades segons la normativa	ud.	1	1.100	1.100
Vas expansió VE3 caldera	Adequat al circuit de la caldera	ud.	1	290	290
Subtotal					17.225



SISTEMA D'ABSORCIÓ					
Element	Descripció	unitats	quantitat	cost unitari [€]	cost total [€]
Màquina d'absorció	YAZAKI WFC-SC20	ud.	1	30.000	30.000
				Subtotal	30.000

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓ PRINCIPAL					
Element	Descripció	unitats	quantitat	cost unitari [€]	cost total [€]
Vas expansió VE2 distribució	Adequat al circuit de distribució complet	ud.	1	600	600
Dipòsit tampó VT2 distribució	Dimensionat per protegir el vas d'expansió	ud.	1	300	300
Kit bombes distribució B2 i filtres	Dimensionades segons la normativa	ud.	1	1.000	1.000
				Subtotal	1.900

SISTEMA DE DISSIPACIÓ					
Element	Descripció	unitats	quantitat	cost unitari [€]	cost total [€]
Torre de refrigeració	Baltimore torre HXI	ud.	1	100.845	100.845
Kit bombes B6 i filtres	Dimensionades segons la normativa	ud.	1	900	900
				Subtotal	101.745

SISTEMA DE REFRIGERACIÓ					
Element	Descripció	unitats	quantitat	cost unitari [€]	cost total [€]
Refrigeradora convencional aigua/aigua	CARRIER 30RW-210	ud.	2	35.500	71.000
Acumulador de fred	PROMASOL 3000CA/TALIR	ud.	2	2.962	5.924
Kit bombes B4, B5 i filtres	Dimensionades segons la normativa	ud.	2	900	1.800
				Subtotal	78.724

SISTEMA CALEFACCIÓ					
Element	Descripció	unitats	quantitat	cost unitari [€]	cost total [€]
Bescanviador de calor de plaques	Dimensionades segons la normativa	ud.	1	1.500	1.500
Vas d'expansió VE4 circuit calefacció	Adequat al circuit de distribució de calefacció fins cada sala	ud.	1	400	400
Kit bombes B7 i filtres	Dimensionades segons la normativa	ud.	1	900	900



Subtotal	2.800
----------	-------

SISTEMA TERMINAL CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ					
Element	Descripció	unitats	quantitat	cost unitari [€]	cost total [€]
Fancoils habitacions (de 4 tubs)	Adequats a les necessitats de cada sala	ud.	78	400	31.200
Fancoils sales nobles (de 4 tubs)	Adequats a les necessitats de cada sala	ud.	6	2.700	16.200
Subtotal					47.400

SISTEMA AIGUA CALENTA SANITARIA					
Element	Descripció	unitats	quantitat	cost unitari [€]	cost total [€]
Acumuladors d'ACS amb serpentí i correx-up	SALVADOR ESCODA IMV3000SBC	ud.	1	5.809	5.809
Acumuladors d'ACS	PROMASOL 3000CA/TALI	ud.	1	2.962	2.962
Subtotal					8.771

ALTRES CONJUNTS					
Element		unitats	quantitat	cost unitari [€]	cost total [€]
Conjunt d'amortidors de canonades, col·lectors i bombes		ud.	1	4.000	4.000
Conjunt de vàlvules de seguretat pels diferents circuits		ud.	1	2.000	2.000
Conjunt de termòmetres regulació 0-100°C		ud.	1	3.400	3.400
Conjunt de manòmetres		ud.	1	3.000	3.000
Conjunt de canonades de calefacció i refrigeració		ud.	1	210.000	210.000
Conjunt de aïllaments de les canonades de calefacció i refrigeració		ud.	1	128.000	128.000
Conjunt de purgadors d'aire		ud.	1	700	700
Conjunt de compensadors de dilatació		ud.	1	12.000	12.000
Conjunt de vàlvules de bola		ud.	1	16.000	16.000
Conjunt de vàlvules de retenció		ud.	1	4.000	4.000
Conjunt de vàlvules equilibradores		ud.	1	6.300	6.300



Conjunt d'elements de mesura: sondes de T, termòstats, sondes d'immersió per vàlvules de 3 vies, sondes de radiació, etc.	ud.	1	8.000	8.000
Conjunt de quadres de control, pressòstats, servomotors, vàlvules 3 vies de regulació dels fancoils, centraletes, software, etc.	ud.	1	95.000	95.000
Conjunt de cables de la instal·lació	ud.	1	15.700	15.700
Conjunt de conductes d'aire	ud.	1	33.600	33.600
Conjunt de comportes, reixetes, caixes d'extracció, etc.	ud.	1	178.728	178.728
Conjunt de quadres elèctrics de refrigeració, calefacció i ACS	ud.	1	12.600	12.600
Lloguer de grua per fer la implantació, petit material, etc.	ud.	1	3.000	3.000
Conjunt de canonades i aïllaments del solar	ud.	1	30.000	30.000
Conjunt de canonades del circuit d'ACS	ud.	1	59.600	59.600
Conjunt de claus de pas del circuit d'ACS	ud.	1	8.000	8.000
Conjunt de canonades d'ACS a les habitacions, etc.	ud.	1	36.800	36.800
Equip de filtració, descalcificació i dosificació del clor	ud.	1	8.700	8.700
Equip de tractament preventiu de la legionel·la	ud.	1	2.400	2.400
Apantallament acústic	ud.	1	43.000	43.000
Sobrecost pèrgoles i reforç forjats	ud.	1	52.915	52.915
			Subtotal	977.443

SUBTOTAL MATERIAL I INSTAL·LACIÓ	1.369.390
-----------------------------------------	------------------

Honoraris Enginyeria	82.163
Control de Qualitat	13.694
Imprevistos	82.163

SUBTOTAL	1.547.411
-----------------	------------------

IVA (16%)	247.586
TOTAL	1.794.997



I. Subvencions

Hi ha dos tipus de subvencions de l'ICAEN en matèria de Energies Renovables a les que es pot acollir la instal·lació:

Aplicacions especials

Per aplicacions de refrigeració o altres aplicacions amb temperatura de disseny superior a 60 °C i irradiació $I = 800 \text{ W/m}^2$ sobre la corba quadràtica d'homologació. En el cas d'aquests sistemes s'hi aplicarà el 37% sobre el cost de referència, que és 1.450 €/kW (1.015 €/m²). El resultat és una subvenció de 536,5 €/kW (375,55 €/m²).

Projectes innovadors

Es consideren projectes innovadors els que compleixin els criteris definits en l'apartat d'energia solar tèrmica del Pla d'Energies Renovables 2005-2010 (PER), aprovat pel Consell de Ministres de l'Estat el 26 d'agost de 2005. En el cas d'aquests sistemes s'hi aplicarà el 37% sobre el cost de referència, que serà el resultat d'augmentar fins a un 50% més dels costos de referència definits anteriorment. El cost de referència és el 50% més de 1450 €/kW (1015 €/m²), que són 2175 €/kW (1522,5 €/m²). Per tan el 37% del cost de referència són: 804,75 €/kW (563,325 €/m²).

Aquestes subvencions es calcularan per a diferents configuracions del camp de captació per tal de determinar la inversió inicial necessària en cada cas.





J. Rentabilitat econòmica

Les expressions utilitzades en el càlcul de la rentabilitat econòmica són les següents:

Sobrecost inversió inicial = Inversió_{instal·lació d'estudi (sense IVA)} - Inversió_{instal·lació de referència (sense IVA)}

Energia convencional estalviada = E_{convencional}_{instal·lació d'estudi} - E_{conv}_{instal·lació de referència}

Estalvi econòmic anual_{any i} = Estalvi energètic_{any i} · Preu del combustible_{any i}

$$\text{Estalvi a temps } t: E_t = E_o \cdot \sum_1^t \left(\frac{(1+i_c)}{(1+i)} \right)^t \quad (\text{Eq. J.4})$$

(La mateixa formula és aplicable per l'estalvi d'aigua de la torre de refrigeració, considerant el preu de l'aigua).

$$\text{Costos de manteniment a temps } t: M_t = M_o \cdot \sum_1^t \left(\frac{(1+i_m)}{(1+i)} \right)^t \quad (\text{Eq. J.5})$$

On:

- E_t: Estalvi a temps t
- E_o: Estalvi any 0
- M_t: Cost de manteniment a temps t
- M_o: Cost de manteniment any 0
- i_c: inflació en el cost del combustible
- i_m: inflació en el cost del manteniment
- i: inflació en la resta d'elements





K. Informe de l'Impacte Ambiental

K.1. Breu descripció del projecte

Es tracta d'una instal·lació de climatització que engloba l'ACS, la calefacció i la refrigeració, amb una aportació per energia solar tèrmica (amb una màquina d'absorció) i l'altre per energies convencionals: gas natural (caldera d'alta eficiència) i electricitat (dues refredadores de compressió mecànica).

K.2. Inventari ambiental

Donat que el projecte es situarà al barri de Sant Andreu, de Barcelona, en una zona ja totalment urbanitzada, no té gaire sentit de fer un inventari ambiental detallat. Sols destacar que en quan a medi físic correspon a un terreny més aviat calcari per on no passa cap bossa freàtica important a nivell superficial. És un solar urbà en el que no hi ha cap població faunística o floral d'interès rellevant. A nivell socioeconòmic és un barri consolidat i ben comunicat (metro, etc.).

K.3. Avaluació ambiental

S'analitza ràpidament els impactes de la instal·lació en totes les seves fases: construcció, funcionament i desmantellament.

Degut a que es tracta d'un edifici nou, la fase de construcció de la instal·lació d'estudi es produirà en el mateix moment que la de tot l'edifici. Per tant es considerarà que les accions i els seus efectes corresponents, ja formen part del propi programa de les obres i que no cal considerar que el projecte n'augmenti l'impacte de forma destacada. A més aquests impactes tenen tots un caràcter temporal.

La fase de funcionament de la instal·lació és la més important, degut a que és la més llarga (aproximadament 20 anys de vida útil). Les accions que s'hi fan es poden dividir en dos tipus: el funcionament normal de la planta i el manteniment.



La primera comporta el consum de combustibles fòssils (gas natural en la caldera) i electricitat. Aquests al seu torn contribueixen en augmentar les emissions de gasos, els residus i l'esgotament del recursos (petroli, gas, urani, aigua, etc.), aquest últim marcat en bona part pel procés de producció de l'electricitat (mix de generació elèctric).

La pròpia instal·lació provocarà un impacte visual important degut a la situació de les torres de refrigeració i dels captadors a la coberta. A més les màquines produiran sorolls importants que podrien afectar força el confort dels usuaris i dels edificis veïns i que per tant caldrà mitigar.

Les accions de manteniment tenen com impactes la producció de residus, i afluents tòxics, l'emissió de gasos, etc. Val a dir que aquests impactes solen tenir un caràcter transitori i puntual, ja que únicament es produeixen en el moment de la visita de manteniment.

La fase de desmantellament comporta el desmuntatge de la instal·lació amb la corresponent producció de residus, afluents, etc. Aquests impactes també tenen un caràcter temporal i en general no seran especialment importants.

Per altra banda no s'ha parlat de la fase de fabricació dels equips, que no contribuiria en els impactes en el lloc de la instal·lació, però que si poden tenir un pes considerable en un estudi més ampli a nivell global, com el que es faria en un Anàlisi de Cicle de Vida (ACV).

K.4. Mesures preventives i correctores

En la fase de construcció, per tal de prevenir els possibles impactes caldrà plantejar un procediment de funcionament que inclogui el tractament de residus, el control del material sobrant i les altres mesures pròpies de les obres de construcció.

En la fase de funcionament s'instal·laran equips d'elevada eficiència i sistemes de monitorització per tal de controlar-ne la correcta producció en tot moment. El nivell sonor de la instal·lació serà mitigat mitjançant unes pantalles insonoritzants al voltant de les màquines que ho necessitin, deixant la distància suficient amb les màquines per assegurar el seu bon funcionament i facilitar-ne el manteniment.



També existirà un procediment de manteniment que indicarà la manera en que cal fer-lo per tal de disminuir els possibles efectes sobre el medi.

En la fase de desmantellament també es realitzarà un document de procediment per reduir les afectacions al medi, procurant de reciclar tot el que sigui possible.





L. Plànols

En aquest annex es poden consultar els plànols de la instal·lació d'estudi

- Plànol 1: Distribució a la coberta
- Plànol 2: Esquema hidràulic





M. Especificacions tècniques

CATÀLEGS MÉS IMPORTANTS:

- Màquina d'absorció de Yazaki model WFC-SC20
- Captadors plans antireflexius de Wagner Solar model LBM 100 AR
- Captadors de tub de buit de Viessmann model Vitosol 300 H30
- Caldera progressiva de Wolf model MKS 500
- Refredadora d'aigua condensada per aigua de Carrier model 30RH 210
- Acumuladors de Salvador Escoda
- Acumuladors de Promasol

