

**AVALUACIÓ DE LA IMPLANTACIÓ  
D'UN SISTEMA DE CLIMATITZACIÓ  
AMB ENERGIA SOLAR A LA  
FACULTAT DE CIÈNCIES DE LA  
UdG**

Marc Guasch Capsada

Sadurní Morera Carbonell



**Projecte final de carrera.  
Ciències ambientals. 2009**





Aquest projecte ha estat revisat i compta amb el vist-i-plau de Miquel Rigola Lapeña (tutor tècnic).

Data:

Signatura:





## ÍNDEX MEMÒRIA

<b>A.-Bases del projecte.....</b>	<b>7-14</b>
- conveniència de l'actuació.....	8-9
- objectius.....	10
- selecció del sistema.....	11-12
- legislació vigent.....	13-14
<b>B.- Anàlisi tècnic.....</b>	<b>15-79</b>
<b>Capítol 1: Descripció de l'edifici.....</b>	<b>16-20</b>
1.1 Elements principals dels mòduls C1 i C2.....	17-18
1.2 Elements principals del mòdul C3.....	18-20
<b>Capítol 2: Avaluació de les necessitats tèrmiques al C3.....</b>	<b>21-24</b>
2.1 Concepte i paràmetres vinculats a la càrrega tèrmica.....	21-23
2.2 Anàlisi condicions exteriors .....	23
2.3 Anàlisi condicions interiors.....	23
2.4 Càlcul de les càrregues tèrmiques de l'edifici.....	24
<b>Capítol 3: La climatització amb bomba de calor.....</b>	<b>25-26</b>
3.1 Característiques i funcionament.....	25-26
3.2 El sistema instal·lat actualment al mòdul C3.....	26
<b>Capítol 4: La refrigeració per absorció.....</b>	<b>27-29</b>
4.1 Les diverses alternatives.....	27
4.2 Característiques i funcionament del sistema de refrigeració amb aigua i bromur de liti.....	27-28
4.3 Altres elements de la instal·lació.....	29
4.4 El sistema de refrigeració proposat.....	29
<b>Capítol 5: La calefacció tèrmica.....</b>	<b>30-34</b>
5.1 Característiques i funcionament.....	30
5.2 Sistemes de captació.....	30-34
<b>Capítol 6: Càlculs del sistema de climatització proposta.....</b>	<b>35-65</b>
6.1 La potència solar rebuda sobre una superfície inclinada.....	35-37
6.2 Elecció de la inclinació de les plaques més favorable.....	37-38
6.3 Comparativa dels rendiments dels diferents models de captadors solars.....	38-40
6.4 Càlcul de les necessitats tèrmiques reals.....	40-42
6.5 Càlcul de l'energia a aportar per part de les plaques.....	42-43
6.6 Càlcul de l'energia aportada pel camp de col·lectors solars.....	44-52
6.7 Càlcul de l'aportació per altres fonts.....	52-55
6.8 Càlcul de les hores de funcionament de les instal·lacions.....	55-58
6.9 Consum elèctric anual.....	58-60
6.10 Energia que s'ha d'aportar amb gas.....	60-62
6.11 Càlcul de la demanda energètica de la instal·lació actual.....	62-63
6.12 Elecció dels acumuladors.....	64



6.13 Elecció de la torre de refrigeració.....	65
6.14 Elecció dels aerorefrigeradors.....	65
<b>Capítol 7: Emissions de CO<sub>2</sub>.....</b>	<b>66-67</b>
7.1 Estimació de les emissions.....	66-67
7.2 Aproximació econòmica per a les emissions de CO <sub>2</sub> .....	67
<b>Capítol 8: Avaluació econòmica comparativa.....</b>	<b>68-71</b>
<b>Capítol 9: Sistema proposta definitiu.....</b>	<b>72</b>
<b>Capítol 10: Pla de seguiment.....</b>	<b>73-74</b>
<b>Capítol 11: Conclusions.....</b>	<b>75-77</b>
<b>Capítol 12: Bibliografia.....</b>	<b>78-80</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>81-93</b>



# **A.- BASES DEL PROJECTE**





## CONVENIÈNCIA DE L'ACTUACIÓ

El canvi climàtic és una realitat. El model energètic mundial centrat en els combustibles fòssils mostra signes de defalliment. La demanda no para d'augmentar mentre les reserves minven i l'oferta es fa més inestable.

En aquests temps de canvi, es plantegen alternatives ja conegudes com l'augment de l'energia nuclear juntament amb altres que es podrien resumir en dos conceptes: l'eficiència i les energies renovables.

L'energia nuclear, una de les opcions, arrossega encara dos grans conflictes: l'alt risc i els residus. Pel que fa a les energies renovables, trobem molts sistemes en desenvolupament. A Espanya les principals fonts energètiques renovables són la hidràulica i l'eòlica.

El Sol és la principal font d'energia a la terra, motor de les altres fonts energètiques existents i és la que fa possible la vida al planeta. Dels  $3,7 \cdot 10^{23}$  kW d'energia generats pel Sol, n'arriben a la Terra  $1,7 \cdot 10^{14}$  kW, aquesta energia equival a unes 5.000 vegades el total del consum energètic de la població de la Terra. Es calcula que al Sol li queden més de cinc mil milions d'anys d'existència<sup>1</sup>.

Espanya per la seva situació privilegiada es veu afavorida respecte a la resta de països d'Europa pel que fa a la radiació incident. Es calcula que de mitjana sobre cada metre quadrat de sòl de l'estat incideixen a l'any 1500 kWh d'energia, una xifra similar a la de moltes regions d'Amèrica Central i del Sud<sup>2</sup>. Per això, els sistemes energètics que funcionen a partir d'energia solar, han de tenir un gran protagonisme en les alternatives energètiques en el futur immediat.

A més, els sistemes energètics d'aprofitament solar encaixen amb un dels conceptes claus, que s'ha de tenir en compte si es planteja un canvi de model energètic i social: el concepte d'autosuficiència.

---

<sup>1</sup> Energia solar tèrmica. Rosas Casals, Martí et al. Edicions UPC. 1<sup>a</sup> edició: 2001.

<sup>2</sup> Censolar: Centro de Estudios de la Energía Solar.

*Avaluació i implantació d'un sistema de climatització amb energia solar a la facultat de ciències de la UdG.*



Així doncs, els sistemes d'aprofitament de l'energia solar s'han de concebre com a instal·lacions en edificis i construccions encarades a l'autosuficiència energètica. I no en forma d'hortes solars que tenen un efecte més negatiu en el consum de territori, en els efectes estètics i en la flora i la fauna del lloc, amb certs interrogants encara sobre alguns aspectes. Per exemple: quin efecte té la radiació residual sobre la vegetació de sota la coberta de plaques?

Tot i l'augment a Espanya de la producció d'energia a partir de l'aprofitament solar: a augmentat de 22 ktep al 1990 a 937 ktep al 2006<sup>3</sup>. Està lluny de la producció obtinguda amb altres fonts renovables com ara l'eòlica (1990 ktep al 2006) o la hidràulica (2198 ktep)<sup>3</sup>. A l'estat, les fonts energètiques disponibles són molt limitades; la producció d'energia va caure un 2,3% al 2007, situant el grau d'autosuficiència energètica a l'entorn d'un 20,9% de l'energia consumida<sup>4</sup>. Aquesta es sustenta principalment en la producció d'energia nuclear (46,9 % de l'energia produïda a l'estat) en l'aportació de les energies renovables (33,4%) i a l'energia produïda a partir de carbó (19,2 %)<sup>4</sup>.

Sota aquestes premisses neix la idea d'aquest treball que ens ha de servir a nosaltres, Sadurní Morera i Marc Guasch per a realitzar el projecte de final de carrera. Aquest projecte vol ser un reflex de la nostra preocupació vers el futur incert. El projecte parteix de la il·lusió per tal que pugui ser d'alguna utilitat com a base per a futurs projectes o estudis. I que s'arribés a tenir en compte un sistema d'aprofitament solar quan es realitzés o reformés una edificació a la UdG. En definitiva, que pugui representar una petita aportació cap a l'estudi i divulgació dels sistemes d'aprofitament d'energia solar. Sistemes que encaixen amb la idea d'un canvi de model energètic i social que ha de tendir cap a l'autosuficiència.

<sup>3</sup> IDAE: Instituto para el Desarrollo i el Ahorro Energetico.

<sup>4</sup> La energia 2008. Foro de la Industria Nuclear Española.

*Avaluació i implantació d'un sistema de climatització amb energia solar a la facultat de ciències de la UdG.*



## **OBJECTIUS**

En aquest projecte l'objectiu principal és:

- Valorar la viabilitat i conveniència d'un sistema de climatització a partir d'un sistema de refrigeració per absorció que funcioni amb energia solar a la facultat de ciències de la universitat de Girona. Comparant-lo amb un sistema de bomba de calor que hi ha instal·lat actualment.

Però per tal d'assolir aquest objectiu cal complir uns objectius secundaris, però no per això menys importants, aquests objectius són:

- Valorar les diferents possibilitats de disseny que permet el sistema de refrigeració per absorció i tria de l'opció més rendible des d'un punt de vista global.
- Avaluar el sistema de captació i calefacció a combinar amb el sistema de refrigeració

Per l'avaluació global del sistema final proposat:

- Determinar el consum energètic i aportacions de les fonts externes.
- Avaluar les emissions de CO<sub>2</sub>.
- Estudiar la viabilitat econòmica.

\*Al no tractar-se d'un projecte constructiu no s'han tingut en compte les instal·lacions complementàries (canonades, vàlvules...) i costos derivats d'aquestes i s'ha considerat que són iguals en els dos casos. A priori, aquests no han de diferir de forma considerable ja que poden funcionar amb els mateixos elements en la distribució.



## **SELECCIÓ DEL SISTEMA**

Els sistemes de refrigeració per absorció, amb una instal·lació adequada, permeten l'aprofitament de l'energia generada pels captadors solars per a climatitzar edificis. Tenen l'avantatge de funcionar principalment a l'estiu, quan més energia hi ha disponible i que és compatible amb un sistema d'aigua calenta sanitària i/o calefacció solar a l'hivern.

Actualment degut a la importància que estan agafant els sistemes d'energia renovable i el fet de ser important la minimització de les emissions de CO<sub>2</sub>, han sorgit en els últims anys diferents convenis i acords internacionals com és el protocol de Kioto. Protocol de Kioto del Conveni Marc sobre Canvi Climàtic de la ONU. 1997. L'objectiu és reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle respecte els nivells de 1990 pel període 2008-2012. L'estat a incomplert flagrantment les quotes establertes d'emissions de CO<sub>2</sub>.

Ferdinand Carré, va ser el primer en construir i comercialitzar la primera màquina d'absorció, destinada principalment a la fabricació de gel. Utilitzava amoníac com a refrigerant i aigua com absorbent. La màquina va ser patentada al 1859 i va obtenir el premi de l'exposició universal de Londres 1862. Al 1875 un vaixell equipat amb la màquina de Carré va transportar per primera vegada carn congelada des de Buenos Aires fins a Le Havre.

Fins als mitjans del segle XX aquesta tècnica es va desenvolupar especialment als Estats Units, centrat en l'ús frigorífic.

Actualment les tecnologies d'aprofitament energètic solar es troben en una fase d'expansió, degut a la importància creixent de les energies renovables a la nostra societat. Això fa que actualment hi hagi un interès i uns esforços institucionals creixents en estudiar i impulsar en més profunditat les tecnologies d'aprofitament de l'energia solar.

Existeixen diverses versions de la màquina de refrigeració amb diferents sistemes d'aportació energètica. Les que utilitzen l'energia continguda en l'aigua



calenta són les que permeten ser combinades més fàcilment amb sistemes de captació d'energia solar o sistemes d'aprofitament d'energia residual.

La tecnologia d'aprofitament solar tèrmic està també àmpliament estesa al mercat i podem trobar instal·lacions adaptades a usos de calefacció i/o d'aigua calenta sanitària que obtenen bons rendiments a partir de costos relativament baixos ( si es compara, per exemple amb l'energia fotovoltaica).

Alguns exemples d'implantació de sistemes d'absorció utilitzant captadors solars els trobem, per exemple, a les instal·lacions existents a la Moncloa o a l'escola superior d'enginyers de la Universitat de Sevilla. Que combinen l'energia solar amb el gas natural per tal d'aconseguir una bona refrigeració.



## **LEGISLACIÓ VIGENT**

Fruit de l'augment de l'interès per les tecnologies d'energia renovable en general i de la importància social que està adquirint el canvi climàtic sobre nosaltres han sorgit en els últims anys una legislació que afecta a l'hora de plantejar-se aquest projecte:

Legislació comunitària:

- Directiva 91/2002 de la UE relativa a la eficiència energètica dels edificis transposada a la legislació pròpia de cada estat.

Legislació estatal:

- Real decret 314/2006. Codi tècnic de l'edificació.  
Cal destacar l'apartat HE dedicat a l'estalvi d'energia. Concretament en la secció 4 (HE4) que preveu l'obligació d'instal·lar plaques tèrmiques en les edificacions noves i rehabilitades per tal de cobrir part de la demanda de l'energia necessària per aigua calenta sanitària.  
En canvi, pel que fa a l'ús dels captadors solars per a calefacció només es limita a certes recomanacions. No hi ha cap referència a la refrigeració solar.
- Real decret 1027/2007. Reglament d'instal·lacions tèrmiques en edificis.  
Transposició de la directiva europea. És un element que marca tots els paràmetres i normes a seguir referents a la climatització d'edificacions, molts d'aquests de plena aplicació en aquest projecte, convertint-se en una referència constant.
- Real decret 47/2007 sobre el procediment per a la certificació d'eficiència energètica en edificis de nova construcció.  
Aquest reglament obliga a que els edificis es divideixin en categories, per tal que l'usuari final pugui conèixer l'eficiència del seu edifici.
-



- Real Decret 865/2003 sobre els criteris higiènics i sanitaris per a la prevenció i control de la legionel·losi. I altra reglamentació relacionada amb la prevenció de la legionel·losi.

Afecten al sistema de dissipació d'energia, principalment a la torre de refrigeració, d'incorporació en els sistemes de proposta. Tot i això aquestes normatives afecten a la instal·lació d'aquests sistemes: canonades, col·locació de la torre etc... i no són d'aplicació en aquest projecte.

Legislació autonòmica:

- Regulació de l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis.

Concreta les condicions d'obligat compliment per a edificis nous/rehabilitats que proposa el CTE.

També inclou la refrigeració i la calefacció a partir d'energies renovables com a paràmetres a tenir en compte a l'hora de valorar l'ecoeficiència dels edificis. S'han de complir amb un mínim de paràmetres d'ecoeficiència per a què l'edifici es consideri acceptable.



# **B.- ANÀLISI TÈCNIC**



## 1. DESCRIPCIÓ DE L'EDIFICI

La facultat de ciències de la UdG està situada al campus de Montilivi a la ciutat de Girona. La façana principal limita amb el carrer de la universitat i la façana posterior amb la facultat de dret. L'edifici consta de 3 mòduls (C1, C2 i C3).

El mòdul C3 és l'utilitzat per a realitzar la comparació dels dos sistemes de climatització. Tot i que els altres mòduls poden ser usats en altres aspectes com és la superfície disponible per a la col·locació de captadors solars (Veure capítol 5). El mòdul C3 usa una bomba de calor (Veure capítol 3) com a sistema de climatització independent de la resta de mòduls. Aquest sistema permet tan la refrigeració com la calefacció i treballa amb energia elèctrica amb gran eficiència. Aquestes característiques converteixen el mòdul C3, en un bon objecte d'estudi per tal d'avaluar la possible implantació del sistema de climatització solar proposat.



Figura 1: situació facultat de ciències. Font: UdG



## **1.1.- DESCRIPCIÓ DELS PRINCIPALS ELEMENTS DELS MÒDULS C1 I C2**

El mòdul C1 té una superfície de 4268,12 m<sup>2</sup>, repartits en quatre plantes: 1699,4 al nivell 0, 1319,2 a l'entresol, 620,5 al nivell 1 i 629,7 al nivell 2. El mòdul C2 té una superfície total de 2370,65 m<sup>2</sup> repartits en 750,05 al nivell 0, 651,6 al nivell 1, 747,3 al nivell 2 i 221,7 al nivell 3.

### A) Façanes exteriors:

-Façana principal: encaixada entre dos murs de formigó vist, formada amb murs vidrats amb vidre "Climalit" format per dues fulles de 6+4 mm i una cambra de 8 mm, amb gruix total de 28 mm fixats sobre perfil·leria metàl·lica d'alumini. Per davant de la vidriera hi ha un brise-soleil de fusta de pi tractada.

-Façana ponent: doble façana de formigó vist. La façana exterior és de formigó vist massissa de 30 cm de gruix. La façana interior no aparent està formada per doble ceràmica de 10 cm i cambra d'aire amb aïllament.

-Façana migdia: El sector de planta baixa donant al carrer està format per un mur de formigó vist de 30 cm de gruix. Un finestral corregut d'alumini separa aquest mur de formigó de la part superior de la façana formada per paret ceràmica de 15cm de gruix, aïllament de poliuretà projectat de 4 cm de gruix, cambra d'aire ventilada i planxa metàl·lica prelacada de 0,6 mm.

-Façana de llevant: es compon de dues parts, la més baixa i al costat de la façana principal és feta amb mur de formigó vist de 30 cm de gruix. La part del pont i del costat del migdia està formada per paret ceràmica de 30 cm.

-Façanes pati interior: les dues ales de laboratoris, tenen una façana correguda amb la mateixa solució constructiva descrita per la part superior de la façana migdia. A la façana donant a nord i en planta baixa, el mur de tancament està format per una capa ventilada tractada amb plafó de fusta.



## B) Cobertes

Totes les cobertes de l'edifici són planes i invertides. Formades de formigó per a la formació de les pendents i graveta de protecció.

## C) Interiors

Les divisòries interiors són d'envà ceràmic i enguixat. El paviment de tota les superfícies interiors d'aquests mòduls és fet de rajola ceràmica vitrificada de 40x40 i 12,5mm de gruix. I El paviment dels replans entremitjos d'escales i els graonats de les mateixes són de terrasso de 50 mm de gruix.

### **1.2.- DESCRIPCIÓ DEL MÒDUL C3**

El mòdul C3 de la facultat de ciències, té una superfície total construïda entre les dues plantes de 1994,16 m<sup>2</sup>, dels quals 1778,11 m<sup>2</sup> són superfície útil i d'aquests, 1323 m<sup>2</sup> són de zona climatitzada, repartits en 405 m<sup>2</sup> a la planta baixa i 918 m<sup>2</sup> a la primera planta.

Al nivell 0 hi ha dos concessionaris, dos serveis sanitaris, tres zones de circulacions, tres aules, un local tècnic, dos zones d'administració, tres aules d'informàtica, tres laboratoris, i un arxiu. En aquest nivell hi ha majoritàriament activitat docent, junt amb altres serveis (fotocòpies, magatzems, serveis sanitaris). També hi ha totes les aules informàtiques de la facultat.

Al nivell 1, que és bàsicament una zona de despatxos, hi ha una única zona de circulacions, tres laboratoris de recerca, vint-i-vuit despatxos de professors, sis despatxos d'administració i dos serveis sanitaris.

## A) Façanes exteriors:

-Façana principal al pati: a la planta baixa hi ha una façana vidrada agafada amb perfil·leria d'alumini. El vidre és "Climalit" format per una fulla de 8 mm una cambra de 8 mm i un laminar de 6+4 mm.

A la planta primera hi ha un mur de gero de 15 cm de gruix col·locat a la part interior, aïllament d'escuma de poliuretà projectat de 4 cm i un revestiment exterior format per taulons de fusta de Flandes. A la part intermitja de la façana



es col·loca un finestral corregut format per una corredora d'alumini de 50 cm d'alçada a la part inferior amb vidre CLIMALIT (4+8+4) .

-Façana posterior: d'un sol nivell i assentada sobre un mur de formigó de 30 cm de gruix que i aplacat de pissarra 30x60. La part superior corresponent a les oficines està formada per un mur de gero de 15 cm, aïllament de 4 cm de poliuretà projectat i planxa metàl·lica prelacada de 0,6 mm tipus "COPERFIL-RV 48".

-Façana llevant: Forma un mur vidrat amb vidres STADIP de 8+6 mm que es recolza sobre una estructura metàl·lica.

-Façana migdia: A la part interior es retorna l'aplacat amb taulons de fusta de Flandes.

#### B) Coberta:

La coberta es contínua, inclinada, d'un sol aiguavés cap al pati. Està formada per unes encavallades d'acer i corretges sobre les que s'hi recolza una planxa prelacada de 0,6 mm tipus COPERFIL RV-48 amb un aïllament a la part inferior d'escuma de poliuretà projectat de 5 cm. La coberta és lleugerament corbada cap a la canal i cap a la façana posterior.

#### C)Fusteria i serralleria:

-Fusteria exterior: la fusteria exterior és d'alumini. El vidre de tancament és "Climalit". El portal de sortida d'emergència és d'alumini.

-Fusteria interior.

Totes les portes interiors són de fusta prefabricada formada per dues plaques DM de 10 mm, separades 25 mm. Al costat de les xarneres hi ha una tarja de vidre vertical, transparent STADIP de 3+3 mm.

La porta de la sortida d'emergència al final del passadís és RF-60, però tractada igual que la resta.



D) Interiors:

Les divisòries interiors de l'edifici són de tipus PLADUR de 10 cm de gruix amb aïllament de llana de roca. Els paviments interiors estan formats per terrasso.



## **2. AVALUACIÓ DE LES NECESSITATS TÈRMiques AL C3**

### **2.1.- CONCEPTE I PARÀMETRES VINCULATS A LA CÀRREGA TÈRMICA**

Una càrrega tèrmica és l'energia en forma de calor que cal aportar o extreure d'un edifici, ja sigui un habitatge com una cambra frigorífica, per tal d'aconseguir unes condicions tèrmiques que ens proposem. Pel càlcul de les càrregues tèrmiques cal tenir en compte tota una sèrie de conceptes:

-Orientació de l'edifici: és important saber com està orientat l'edifici, perquè segons l'orientació de l'edifici es rep més o menys energia solar, i per tant hi ha més o menys augment de calor per l'aportació del Sol.

-El volum i el cabal d'aire que hi ha a l'edifici: és important saber-lo ja que com més gran sigui el volum i el cabal d'aire que hi circula major haurà de ser l'energia a aportar per tal d'aconseguir les condicions idònies.

-Les temperatures interiors i exteriors: són importants per saber el salt tèrmic que hi ha entre l'exterior i l'interior i saber com i de quant serà la transmissió de calor de l'exterior a l'edifici o viceversa.

-La humitat: cal saber-la per saber l'energia a aportar, ja que a major humitat major energia caldrà aportar.

-El grau d'ocupació de l'edifici i aparells que puguin generar calor, són uns aspectes molt importants a tenir en compte, ja que les persones generem certa calor i les màquines també. Aquesta aportació cal saber de quan és per tenir-la en compte i així aplicar les mesures correctes. És tan important, perquè en una situació on no s'ha tingut en compte això correctament pot provocar que hi hagi un excés de calor, provocant incomoditat als usuaris o el cas contrari que hi faci massa fred, provocant d'aquesta manera també una incomoditat als usuaris. A més això fa que hi hagi un consum d'energia innecessari.



-La latitud del lloc: és important saber-la, ja que segons on estigui situat el nostre lloc, el Sol hi incideix de forma més o menys directa aportant més o menys energia.

-La conductivitat tèrmica dels materials de construcció de l'edifici, és clau pel càlcul de les càrregues tèrmiques, ja que segons la transmissió dels materials hi haurà més o menys pèrdua de calor a l'exterior a l'hivern i a l'inversa a l'estiu. Per tal que l'edifici estigui el màxim d'aïllat possible tèrmicament (és a dir que tingui el mínim de pèrdues d'energia) ens interessa que la transmissió de calor sigui el més petita possible. Per això quan es vol intentar modificar un edifici per a que sigui més eficient en el tema de la climatització sempre s'ha de fer baixar la transmissió dels materials amb que està construït aquell edifici.

Sabent la conductivitat tèrmica dels materials de construcció, el gruix de cada material que forma una tancament en concret, i els coeficients de resistència tèrmica superficial exterior i interior (que varia segons la posició del tancament) es pot calcular el coeficient de transmissió de la calor. Ara bé, s'ha de tenir en compte de quin tipus de tancament es tracta, si és un tancament format per un sol material, es calcula d'una forma una mica diferent, que si està format per més d'un material, si hi ha càmera d'aire, o hi ha heterogeneïtats repartides regularment. Les equacions per calcular-ho s'han extret de "manual de aislamiento en la edificación" de Isover.

Ex: càlcul de tancament compost (Més d'un material).

$$\frac{1}{K} = \sum \frac{L}{\lambda} + \left( \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right)$$

L: gruix material.

$h_i$ ,  $h_e$ : coeficients de transmissió de calor. (veure taula annex-1)

$\lambda$ : conductivitat tèrmica del material. (veure taula annex-2)

K: coeficient de transmissió de calor. (veure taula annex-3)

$$\frac{1}{K} = \frac{0,05}{0,21} + \frac{0,15}{0,76} + \frac{0,04}{0,023} + 0,17 = 2,34 \Rightarrow K = 0,4265$$



-La superfície de les parets i de les habitacions és important saber-la, per saber el total de calor que s'escaparà d'aquella habitació, i per tant, saber quina quantitat hi caldrà aplicar.

## 2.2.- ANÀLISI DE LES CONDICIONS EXTERIORS:

La ciutat de Girona es troba situada a una latitud de 41,38° nord i una altitud de 70 m sobre el nivell del mar. Amb una temperatura mitjana anual de 16,3 °C

Mes	Temperatura (°C)
Gener	7,8
Febrer	8,4
Març	12,5
Abril	14,8
Maig	18,1
Juny	24,6
Juliol	25,1
Agost	24,9
Setembre	20,3
Octubre	16,2
Novembre	12,5
Desembre	8,6
<b>Mitjana anual</b>	<b>16,3</b>

*Taula 1: Temperatura mitjana mensual i anual a Girona. Font: elaboració pròpia a partir de dades de 2002 i 2003 del Servei Meteorològic de Catalunya.*

## 2.3.- ANÀLISI DE LES CONDICIONS INTERIORS

La climatització es preveu que funcionarà de 7 del matí a 9 de la nit, hora d'obertura i tancament de la facultat.

L'ocupació màxima que es preveu és de 26 persones a cada aula d'informàtica, de 2 persones al concessionari, 1 persona al local tècnic, entre 80 i 20 a les aules segons la seva grandària, cap persona a les circulacions, 1 o 2 persones als laboratoris de recerca, i als despatxos entre 2 o 3 persones segons la grandària del despatx. A partir d'aquests valors s'obté una ocupació màxima de 343 persones entre les dues plantes.





## **2.4.- CÀLCUL CÀRREGUES TÈRMIQUES DE L'EDIFICI**

El càlcul de les càrregues s'ha fet per corroborar les càrregues tèrmiques que es donen en el projecte de la bomba de calor. S'ha fet elegint la pitjor situació possible, que és un 15 de juliol, i només s'ha calculat per l'estiu ja que la potència necessària a l'estiu sempre és major que la de l'hivern. Els càlculs s'han fet mitjançant una aplicació d'excel fet entre nosaltres i Lorena Manonelles (arquitecte tècnic) i s'ha fet tenint en compte tots els conceptes explicats anteriorment. (Veure exemple de càlcul a annex-4). Segons els nostres càlculs el total de potència frigorífica necessària és de 341.091 W. Aquest valor és superior al valor que es dona al projecte que es va fer de la bomba (323.029 W), i tant el trobat amb els nostres càlculs com el valor donat al projecte és més gran que la potència que es va instal·lar finalment. Per això, aquesta última ha estat elegida per fer els càlculs ja que s'ha considerat que la potència que hi ha instal·lada actualment ja és suficient per cobrir la demanda que hi ha al mòdul.



### **3. LA CLIMATITZACIÓ AMB BOMBA DE CALOR.**

#### **3.1.- CARACTERÍSTIQUES I FUNCIONAMENT**

La bomba de calor és un aparell capaç de generar fred i calor, basat en el cicle de compressió i que funciona amb energia elèctrica.

La bomba de calor és un dels sistemes de climatització que usa l'energia elèctrica més eficientment. Això es degut a que no tota l'energia que necessita per produir el fred o la calor la treu de l'electricitat sinó que gran part la treu de l'exterior, normalment de l'aire.

El procés de refrigeració consisteix en treure la calor del lloc que vulguem refrigerar i deixar-la anar a l'exterior. Una bomba de calor es compon bàsicament d'un compressor, un condensador, una vàlvula d'expansió, un evaporador i una vàlvula reversible, la funció de la qual es canviar el mode en que treballa la bomba de calor. El cicle del funcionament es podria dividir en quatre fases diferents:

-Una primera fase en la que el refrigerant s'evapora a l'evaporador, és en aquesta etapa del procés en la que s'aconsegueix refrigerar el lloc, ja que el refrigerant per tal d'evaporar-se treu energia en forma de calor de l'aire que té a l'exterior.

-Una segona fase en la que el gas que surt de l'evaporador i passa al compressor. La funció del compressor consisteix en augmentar la pressió del gas sense augmentar-ne l'entropia.

-En la següent etapa el gas a alta pressió passa al condensador, on es condensa a estat líquid i on el refrigerant cedeix la calor a l'exterior.

-Un cop està condensat el refrigerant travessa la vàlvula d'expansió on es baixa la pressió i la temperatura del fluid, i el refrigerant ja està apunt per tornar a iniciar el cicle de refrigeració.

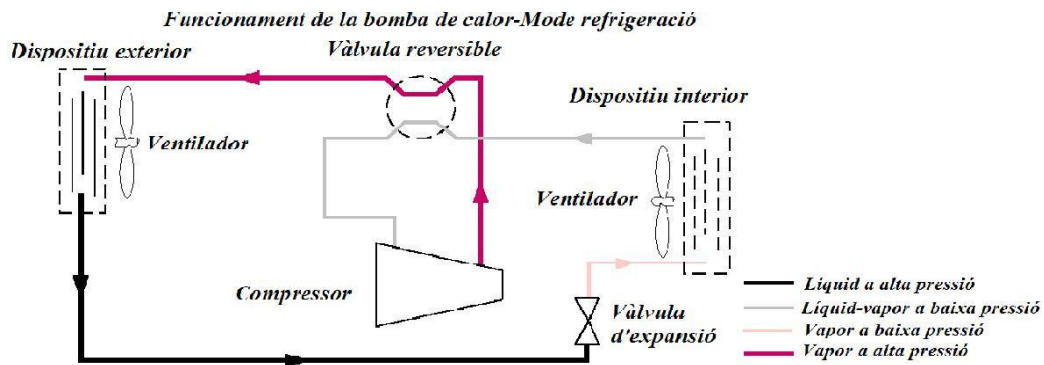


Figura 2: Esquema del funcionament mode refrigeració.

Font: Refrigeration cycles ppt

Per al procés de calefacció el cycle és el mateix que el de refrigeració però a més de treure la calor del lloc que es vulgui refrigerar i deixar-la anar a l'exterior, la calor s'agafaria de l'exterior i es deixaria anar al lloc en que es vol augmentar la temperatura.

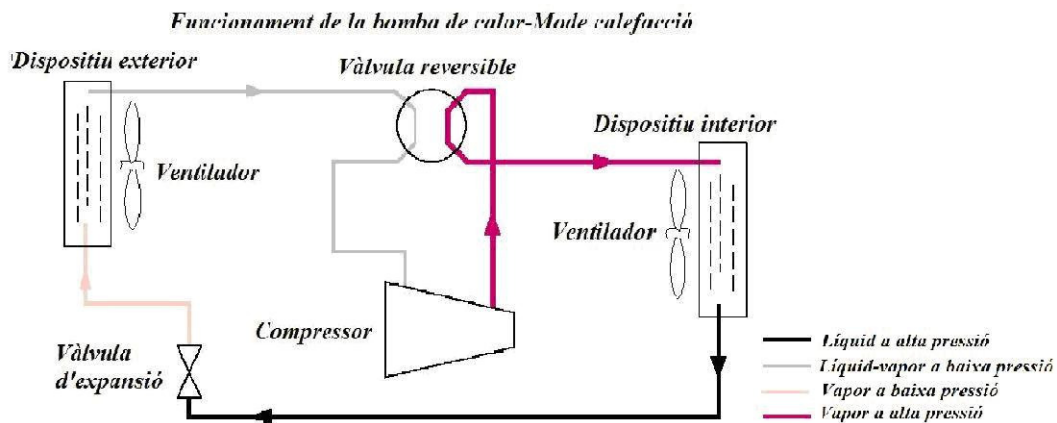


Figura 3: Esquema del funcionament mode calefacció.

Font: Refrigeration cycles ppt

### **3.2.- EL SISTEMA INSTAL·LAT ACTUALMENT AL MÒDUL C3:**

Bombes de calor aire-aigua marca FERROLI mod. Neptuno 110.

Potència frigorífica: 106,3 kw.

Potència calorífica: 125 kw.

Potència absorbida: 40,9 kw.

Nº bombes: 2.

Potència frigorífica total: 212,6 kw.

Potència calorífica total: 212,6 kw.



## **4. LA REFRIGERACIÓ PER ABSORCIÓ.**

### **4.1- LES DIVERSES ALTERNATIVES**

Per tal de determinar quin era el millor sistema d'absorció amb aprofitament solar a instal·lar es van estudiar diverses alternatives: sistema d'absorció amoníac-aigua, sistema d'absorció amoníac-aigua amb hidrogen substituint el motor i sistema d'absorció aigua-bromur de liti.

El sistema d'absorció amoníac-aigua amb hidrogen, es va tenir en compte perquè era un sistema que ens permetia funcionar només amb energia solar i no dependre de cap altra font d'energia, però finalment es va descartar, perquè era un sistema que encara no es trobava gaire estès comercialment i no permetia cobrir unes superfícies gaire grans.

Els sistemes d'absorció amoníac-aigua estan comercialment molt estesos i amb anterioritat als de aigua-bromur de liti. Però finalment es va optar pel segon tipus ja que permeten treballar amb diferències de pressió menors (fent les exigències de disseny d'aquests sistemes menors), i perquè utilitzen l'aigua com a refrigerant prescindint del amoníac que és un compost més contaminant i tòxic.

### **4.2.- CARACTERÍSTIQUES I FUNCIONAMENT DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓ AMB AIGUA-BROMUR DE LITI.**

La refrigeració per absorció, es basa en el cicle d'evaporació-condensació de determinades substàncies químiques. La màquina d'absorció es compon de quatre elements: evaporador, absorbidor, generador (també anomenat separador), i condensador, i utilitza una barreja d'aigua i bromur de liti (en diverses concentracions a cada element del cicle), amb l'aigua com a refrigerant i el bromur de liti com a absorbent.

L'evaporador és un recinte tancat que treballa a baixes pressions, on l'aigua s'introdueix en fase líquida i s'evapora prenent calor de l'aigua del circuit de refrigeració de l'edifici. Aquesta aigua del circuit de refrigeració entra a l'evaporador a temperatures de 12-15 °C i en surt a 3-7 °C.

Posteriorment l'aigua evaporada es barreja i condensa a l'absorbidor amb bromur de liti. I aquesta barreja en fase líquida és bombejada cap al generador.

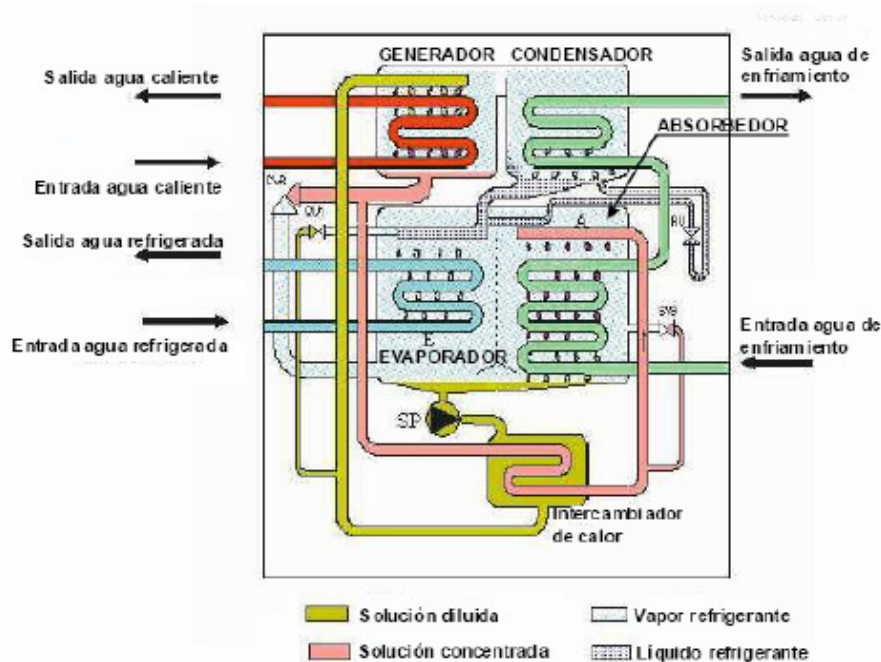
Al generador es fa servir una font de calor externa, que pot provenir d'un sistema solar tèrmic, per tornar a separar l'aigua del bromur de liti, mitjançant una evaporació i reconcentrar la solució.

Finalment, l'aigua obtinguda al generador passa al condensador on, a baixes pressions cedeix temperatura i s'obté pura en fase líquida per tancar el cicle d'evaporació-condensació.

Bomba de l'evaporador, fa circular a pressió el refrigerant en els tubs de la secció de l'evaporador.

Bombes de la solució, bombegen la solució de sal fins el generador i també fins el col·lector de polvorització de l'absorbidor.

Intercanviador de calor, on la solució diluïda es bombeja fins el generador des de l'absorbidor es calenta per la solució calenta concentrada que es retornada a l'absorbidor.





#### **4.3.- ALTRES ELEMENTS DE LA INSTAL·LACIÓ**

Una instal·lació d'un sistema de refrigeració per absorció consta a part de la màquina principal d'altres circuits: el circuit primari transporta l'energia necessària des de l'aport d'energia exterior (camp de plaques solars, energia sobrant d'altres processos...) cap a l'acumulador, el bescanviador o directament al generador de la màquina. L'acumulador i el bescanviador no són elements d'obligada instal·lació, però l'acumulador ens pot ser necessari quan es requereixi major quantitat d'energia de la que aporta el circuit primari i el bescanviador ens pot ser útil per millorar l'eficiència de la instal·lació i com a seguretat per la possible barrejar entre els diferents compostos.

També hi ha un circuit de refrigeració d'obligada instal·lació per tal de treure la calor de la màquina a l'absorbidor i al condensador. Aquest circuit necessita de la instal·lació d'una torre de refrigeració.

#### **4.4.- SISTEMA DE REFRIGERACIÓ PROPOSAT.**

El sistema alternatiu a comparar es basa en el sistema de refrigeració per absorció de bromur de liti-aigua. La instal·lació necessitaria dues màquines d'absorció del model LWM-W004 de la marca LS Mtron distribuïts per ibersolar. (Veure capítol 9). El sistema per portar l'energia necessària al generador es proposa mitjançant una instal·lació de captadors tèrmics solars.

## 5. LA CALEFACCIÓ TÈRMICA.

### 5.1 CARACTERÍSTIQUES I FUNCIONAMENT

L'element bàsic de qualsevol sistema tèrmic solar són els captadors solars, és allí on el fluid o gas caloportador obté la energia provinent de la radiació solar.

A l'intercanviador l'energia es transmet al caloportador definitiu que ja estarà preparat pel consum. Normalment també s'usa un acumulador per tal de poder disposar de la energia en el moment que sigui necessari i no tenir que dependre del temps en el moment d'ús.

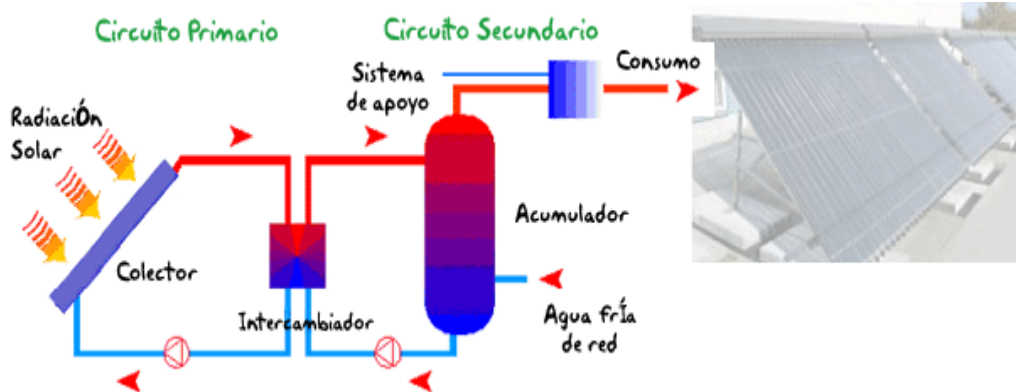


Figura 4: esquema de funcionament d'un sistema de calefacció/a.c.s amb energia tèrmica.

Font: Sapre. Energias renovables S.A.

Tot i poder usar la captació tèrmica solar per a diversitat d'aplicacions, les més comuns són les aplicacions per a obtenir aigua calenta sanitària, climatització de piscines i calefacció.

### 5.2.- SISTEMES DE CAPTACIÓ

La part fonamental dels sistemes de captació són els captadors solars tèrmics. Són els encarregats d'absorbir l'energia que reben del Sol per tal d'escalfar el fluid o gas caloportador (aigua o aire principalment).

Trobem diversitat de tipus de captadors solars. Per al nostre cas d'estudi ens interessen els captadors solars de placa plana i els captadors de buit amb tub de calor (sistema "heat pipe"). Aquests captadors poden funcionar amb aigua com a caloportador i es troben diversitat de models d'aquests al mercat. Les instal·lacions amb captadors de buit no són tant habituals al nostre territori però estan molt esteses a altres països on la radiació solar que arriba és menor (com Alemanya o Suïssa).

#### a) Captadors plans d'aigua:

Poden estar fabricats de diferents materials, per exemple acer, alumini, plàstic...

El seu funcionament es basa en l'anomenat efecte hivernacle: capten l'energia solar i impedeixen la sortida a l'exterior de la placa d'aquesta energia per tal de transferir-la a l'aigua que circula pels captadors.

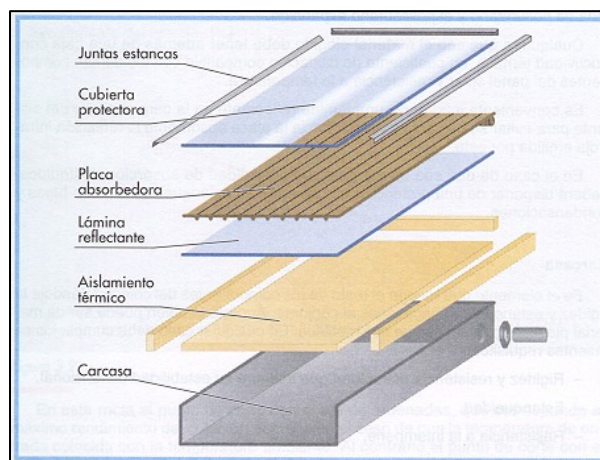


Figura 5: Parts del captador solar pla.

Els elements bàsics d'un captador pla són:

- Coberta transparent

Es col·loca sobre la mateixa placa i té com a objectius reduir les pèrdues, crear l'efecte hivernacle i protegir de la intempèrie la placa solar. S'han comercialitzat captadors amb més d'una coberta transparent de vidre i de materials plàstics, però el més habitual és





trobar-los amb una sola coberta de vidre amb un baix contingut de ferro per tal de limitar les pèrdues energètiques i d'un gruix mínim de 4 mm.

- Superfície captadora

És l'element vital del captador solar. Sol estar feta de coure o combinat amb alumini i/o plàstics especials. La superfície està formada per una sèrie de tubs o conductes pels que hi circula l'aigua que s'ha d'escalfar i una superfície de captació selectiva que transfereix l'energia solar als tubs en forma de calor. La superfície que pateix la incidència de la radiació solar compta amb un tractament selectiu, aplicat per a cada fabricant, per aconseguir la màxima absorció. La configuració més habitual es basa en graelles de tubs i aletes.

- Làmina reflectant

Es col·loca entre la placa absorbidora i l'aïllant tèrmic. La seva missió és la de redirigir cap a la placa absorbidora algunes radiacions residuals i actuar també com a barrera anticondensació.

- Aïllament tèrmic

El captador incorpora materials aïllants en el fons del panell, en la superfície absorbent i els laterals per tal de reduir les pèrdues de calor des de la superfície absorbent a la carcassa.

Els materials més habituals són la fibra de vidre, la llana de roca, l'escuma rígida de poliuretà i el poliestirè expandit. A part de tenir una baixa conductivitat tèrmica, el material ha de tenir un coeficient de dilatació compatible amb els altres components, i una bona resistència a la temperatura.

- Carcassa

Element que recull la resta dels components del captador, aportant rigidesa al conjunt. Sol està formada de material metàl·lic, però també pot ser de plàstic. Ha de complir, a més, els següents requisits:

- Rigidesa i resistència estructural
- Resistència a la intempèrie



## **b) Captadors de Buit amb tub de calor:**

Aquests tipus de captadors aprofiten el buit creat al seu interior per eliminar les pèrdues per convecció i augmentar així la temperatura del fluid portador de calor amb menys necessitats de superfície de captació efectiva.

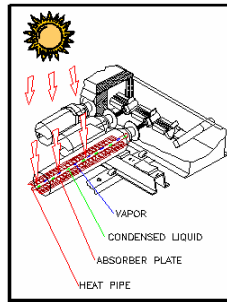
El tub de calor és l'encarregat de l'intercanvi de calor. Es tracta d'un tub tancat pels dos extrems, sotmès al buit i amb una petita quantitat de fluid vaporitzant (mescla d'alcohol) en l'interior.

La radiació solar incident escalfa la placa i provoca l'evaporació del fluid, absorbint calor i transferint-lo a la part superior. Allà el vapor es refreda, en un condensador, pel pas de l'aigua freda de la xarxa, cedint-li el seu calor latent de condensació. El fluid condensat retorna a la seva posició original a la part inferior del tub per gravetat, i el cicle es va repetint.

La transferència de calor es realitza sempre en un sol sentit, des de l'absorbent fins l'aigua, i mai a l'inrevés. El cicle d'evaporació-condensació té lloc mentre no s'arriba a la temperatura crítica del fluid vaporitzant. Així s'eviten els riscos d'augment incontrolat de la temperatura en l'interior dels tubs.

L'intercanvi de calor es realitza en sec, és a dir, sense contacte directe dels líquids, cosa que els fa adequats en àrees amb qualitats desfavorables de l'aigua. A més, aquests tipus de captadors tenen un coeficient de pèrdues menor (al trobar-se al buit) i un aprofitament major de la radiació difusa. Aquestes característiques els fan especialment aptes quan la diferència de temperatures entre el captador i l'ambient és elevada o quan la disponibilitat de radiació solar és baixa.

El buit, a part de contribuir a la reducció de pèrdues, també minimitza la influència de les condicions climàtiques sobre els materials utilitzats, evitant el seu deteriorament i millorant la durabilitat i rendiment global del sistema.



*Figura 6: captador de buit. Heat pipe. Font: Ibersolar S.L.*

## **6. CÀLCULS PER DEFINIR EL SISTEMA PROPOSTA**

### **6.1 LA POTÈNCIA SOLAR REBUDA SOBRE UNA SUPERFÍCIE INCLINADA**

Per tal de saber la potència solar rebuda sobre una superfície inclinada, cal tenir en compte que no tota la potència que envia el Sol a la Terra arriba a la superfície i que, a més, la llum solar pateix un seguit d'interaccions i canvis, fent que l'energia que arriba a la superfície sigui força diferent de l'energia Solar extraterrestre.

El càlcul de la potència solar sobre les plaques es pot fer de diverses maneres, aquí a Catalunya un dels mètodes que se sol utilitzar més és el mètode que s'explica en el llibre “Energia solar tèrmica” de Martí Rosas Casals i Jaime Cendra Garreta. Que és basa en tots el conceptes explicats seguidament a més de la mitjana mensual que es rep sobre una superfície plana.

El primer que s'ha de fer, per tal d'arribar a trobar la potència que es rep, es saber la radiació que arriba a una unitat de superfície exposada perpendicularment als raigs del Sol, fora de l'atmosfera. Això es calcula mitjançant la constant solar extraterrestre o constant solar i afegint una petita variació deguda a l'excentricitat de la Terra.

$$I_e(n) = I_{cs} * \left[ 1 + 0,034 * \cos\left(\frac{360 * n}{365}\right) \right] \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

On:

$I_{cs}$ : constant solar (1353 W/m<sup>2</sup>)

n: dia de l'any

És necessari saber també la declinació, aquest és l'angle entre l'equador terrestre i el pla orbital marcat per la línia Sol-Terra. I ens serveix per saber si la radiació solar ens ve més o menys perpendicularment. La declinació ens ve donada per la següent expressió:



$$\delta \cong 23,45^{\circ} * \sin \left[ 360^{\circ} * \left( \frac{284 + n}{365} \right) \right]$$

La posició relativa del Sol al firmament també és important de saber, i ens ve donada per dos angles: l'altitud solar, que es l'angle entre la línia que passa per un punt en concret i el Sol, i la línia que passa pel punt i és tangent a la superfície terrestre. I l'azimut solar, que és l'angle entre la línia anterior, la tangent a la superfície terrestre, i la línia coincident amb el meridià local, en direcció nord-sud terrestre.

L'angle horari es defineix com a 0 en el moment del migdia solar i augmenta de 15° en 15° per cada hora que resti per arribar al migdia solar i disminueix de 15° en 15° per cada hora que passi del migdia solar. També és important l'angle de sortida o posta del Sol i es calcula com a:

$$\omega_{sp} = \arccos(-\operatorname{tg}\phi * \operatorname{tg}\delta)$$

On:

$\omega_{sp}$ : és l'angle de sortida o posta del Sol.

$\phi$ : és la latitud del lloc on s'està.

$\delta$ : és la declinació solar.

També cal tenir en compte l'orientació del captador que queda definida pel seu azimut, mesurat des del meridià local cap a l'equador (positiu cap a l'est i negatiu cap a l'oest pels dos hemisferis). I a més, per la seva inclinació respecte l'horitzontal (com a molt la latitud geogràfica menys 10° si es vol treballar més a l'estiu, i la latitud geogràfica més 10° si es vol treballar més al hivern. Per instal·lacions en que es vol treballar de forma més o menys constant al llarg de l'any la inclinació és la mateixa que la latitud geogràfica). I per l'angle d'incidència solar relatiu a la superfície inclinada.

Per últim i com hem comentat a l'inici del capítol, la insolació diària a la superfície de la Terra està força allunyada de la que arriba a l'atmosfera, degut a l'absorció, la reflexió i la dispersió de radiació per part de núvols i de la resta



d'elements químics en suspensió i de la biosfera, i la transformen en radiació difusa que pot arribar a representar valors importants de la radiació que rep el captador. Per això es diferencia entre la radiació directa del Sol, que és la radiació que arriba directa del Sol sense passar per cap altre procés i la radiació difusa, que és la radiació que hi ha a l'atmosfera gràcies als diferents fenòmens de reflexió i refracció que hi ha a conseqüència dels núvols i d'altres elements atmosfèrics i terrestres.

Tot i que es va intentar trobar l'energia rebuda mitjançant aquest mètode al final es va descartar, ja que amb aquest mètode s'obté la mitjana diària de cada mes d'energia rebuda al captador, essent de més utilitat un altre tipus de dades on es veu la variació de la irradiància al llarg del dia i es pot calcular el rendiment de les plaques en diferents moments del dia.

Finalment es va optar per les dades obtingudes de l' Institut per l'energia d'Europa en la qual es pot veure l'evolució de la irradiància rebuda al llarg del dia de qualsevol. (Veure annex-5).

## **6.2.- ELECCIÓ DE LA INCLINACIÓ DE LES PLAQUES MÉS FAVORABLE**

Per tal d'aprofitar al màxim la irradiància del Sol és necessari trobar la millor inclinació de les plaques per la nostra aplicació. Si es vol una instal·lació que doni el màxim de si a l'estiu, la inclinació en que ha d'estar la placa és la latitud geogràfica menys un cert número de graus, amb un màxim de menys 10, segons ve marcat per la legislació. Si pel contrari es vol que la instal·lació doni el màxim de si mateixa a l'hivern, la placa s'ha de ficar a una inclinació igual a la geogràfica més un cert nombre de graus, que segons marca la legislació ha de ser de com a molt 10 graus més que la latitud geogràfica. Si es vol una instal·lació que treballi d'una manera més o menys constant al llarg de l'any, la inclinació en que es fica la placa és la mateixa que la latitud geogràfica.

En el projecte es va calcular quina seria la millor inclinació per la nostra instal·lació, i tot i que al principi es va proposar una instal·lació en que les plaques canviessin la inclinació segons si era hivern o estiu, finalment es va optar per ficar les



plaques a la latitud geogràfica de Girona ja que era la que treballava d'una forma més constant al llarg de l'any i s'estalviava diners en la instal·lació.

### 6.3.- COMPARATIVA DELS RENDIMENTS DELS DIFERENTS MODELS DE CAPTADORS SOLARS

A partir de la radiació incident (veure annex-5) es poden comparar els rendiments obtinguts durant tot l'any.

Per obtenir els valors de rendiment i, per tant, l'energia que aportarien els diferents models de captadors, s'ha usat la metodologia per al càlcul simplificat de l'energia obtinguda de petits sistemes tèrmics solars proposat per l' ESTIF<sup>5</sup>:

$$n = n_0 - \frac{a_1 * (T_m - T_a)}{G} - \frac{a_2 * (T_m - T_a)^2}{G}$$

$n$ : rendiment

$n_0$ : rendiment òptic

$a_1$ : coeficient de pèrdua de calor

$a_2$ : coeficient de pèrdua de calor quadràtic

$T_m$ : Temperatura mitja al captador (°C)

$T_a$ : Temperatura ambient mitja (°C)

$G$ : Irradiació solar (W/m<sup>2</sup>)

Els valors del rendiment òptic i dels coeficients de pèrdua de calor venen determinats pels fabricants i són diferents per a cada model.

Exemple de càlcul pel model de placa cpc-12 distribuïda per Ibersolar Energia S.A. a les 13 hores d'un dia representatiu de gener:

$$n = 0,646 - \frac{0,885 * (60 - 11,8)}{530} - \frac{0,001 * (60 - 11,8)^2}{530}$$

$$n = 0,557$$

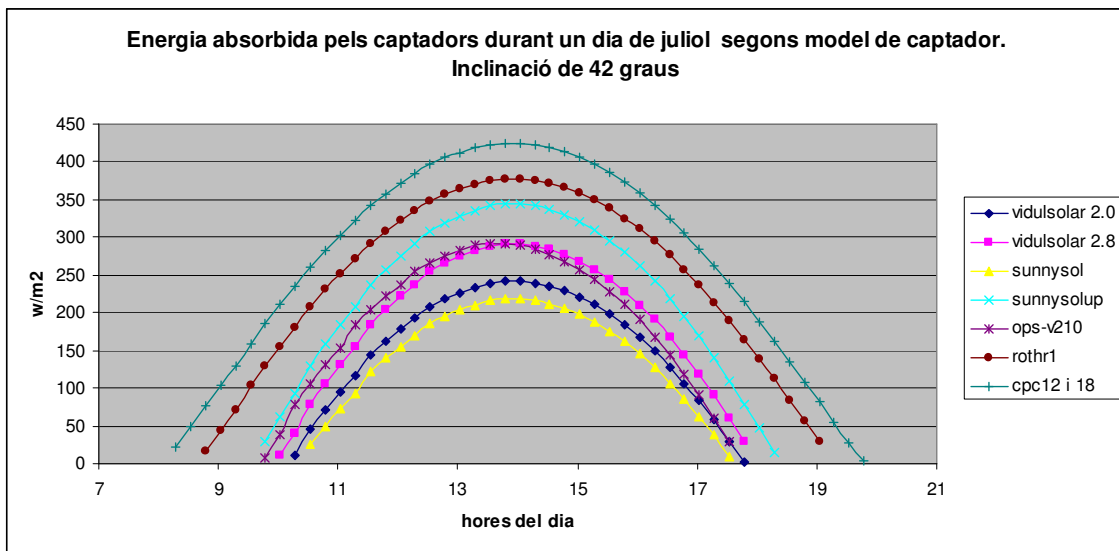
El rendiment del captador seria del 55,7%.

<sup>5</sup> European Solar Thermal Industry Federation.

*Avaluació i implantació d'un sistema de climatització amb energia solar a la facultat de ciències de la UdG.*

Per tal d'escollir el millor tipus de captador s'han comparat els rendiments de diversos models i marques de captadors solars. S'han comparat tan captadors de placa plana com captadors de buit (heat pipe). (veure annex-6)

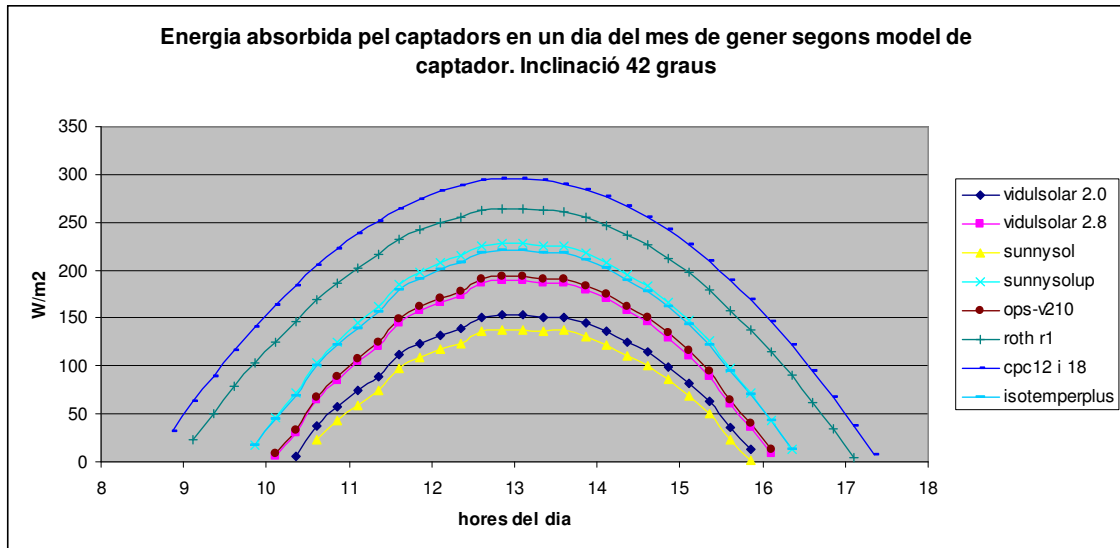
El rendiment depèn de la irradiació que arriba en cada moment i de la temperatura ambient. Per això s'ha fet una aproximació del rendiment de cada model de captador per una inclinació del captador de 42 graus, a partir dels valors de l'evolució de la irradiància i la temperatura al llarg d'un dia característic de cada mes (Annex-5 i annex-7). A continuació es mostren els resultats obtinguts pels mesos de juliol i gener, que representen les dues situacions més extremes pel que fa a refrigeració i calefacció.



Gràfic1: Energia absorbida segons hora del dia per una inclinació del captador de 42graus i per un dia característic de juliol segons model de captador.

Font: Elaboració pròpia.





Gràfic 2: Energia absorbida segons hora del dia per una inclinació del captador de 42graus i per un dia característic de gener segons model de captador.

Font: Elaboració pròpia

Els càlculs realitzats constaten que els captadors al buit tenen un millor rendiment. Això es deu a la temperatura relativament alta que necessitem per a fer funcionar la màquina de refrigeració a l'estiu, i l'hivern a la disminució de la irradiació que arriba. Però també són captadors més cars. Degut al factor limitant que representa la superfície captadora disponible, al final, s'ha optat per escollir els models amb millor rendiment, són els models CPC 12 i CPC 18 distribuïts per Ibersolar Energia S.A.

#### **6.4.- CÀLCUL DE LES NECESSITATS TÈRMiques REALS**

Un cop s'ha estudiat quina és la millor inclinació i la millor placa a instal·lar, cal fer una aproximació a la potència calorífica o de refrigeració que es necessitarà. Una primera aproximació ja es fa quan es calculen les càrregues tèrmiques de l'edifici, i es pot dimensionar la instal·lació per tal que es puguin cobrir les necessitats tèrmiques en la situació més crítica, però seguint aquest mètode es pot arribar a fer una instal·lació sobredimensionada. Per això i pel fet que no corresponen les càrregues tèrmiques que s'han calculat, ni amb la potència que hi ha realment instal·lada ni amb la del projecte de la bomba de calor, en el aquest projecte s'ha optat per fer un mètode aproximatiu.

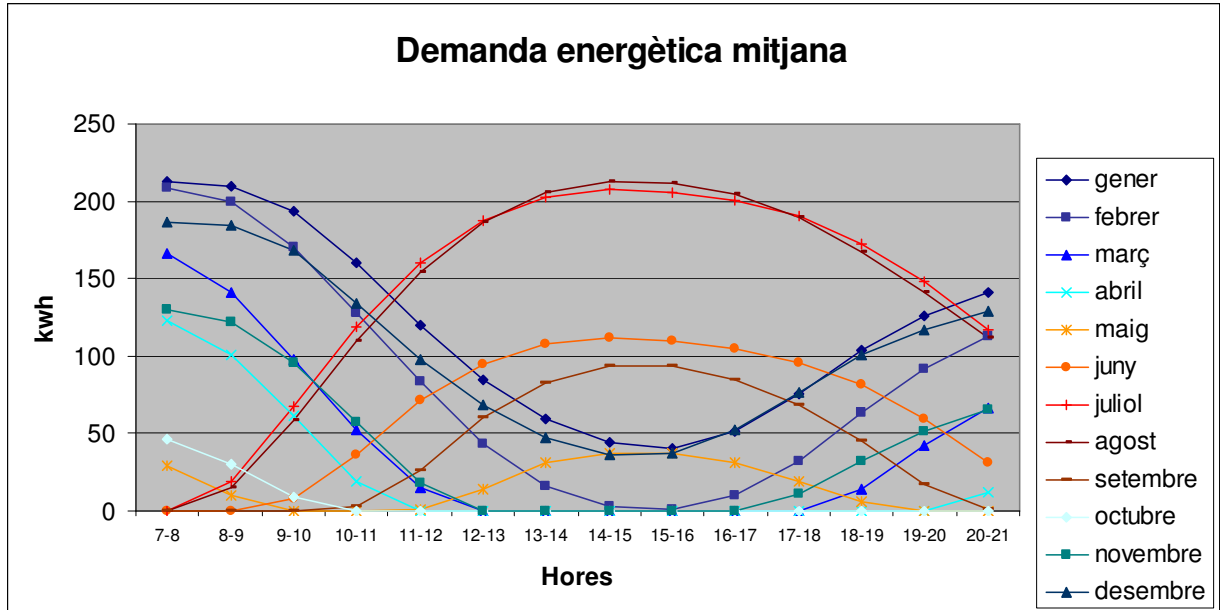


En aquest mètode, s'ha considerat que la potència que hi ha actualment instal·lada ja és suficient, i a partir, de les corbes de l'evolució dels graus al llarg d'un dia característic de cada mes (Annex-7) s'ha fet una estimació, hora per hora, de la potència frigorífica o calorífica necessària. Per fer-ho s'ha suposat que en la pitjor situació (temperatura mínima a l'hivern i màxima a l'estiu) la instal·lació de la bomba funciona al seu màxim de potència, per donar la temperatura que es vol obtenir (15 graus a l'hivern i 21 a l'estiu) i per les altres temperatures s'ha fet una aproximació, són 15 graus a l'hivern perquè es suposa que dins de l'edifici ja hi ha certa calor aportada per les persones o màquines i per tant no cal aportar energia com per arribar als 20 o 21 graus, i a l'estiu són 21, que és una temperatura més baixa de la que es vol en realitat per la mateixa raó. També cal dir que aquesta tècnica de càlcul tampoc és una tècnica molt exacta, ja que s'hauria hagut de tindre en compte les pròpies inèrcies de l'edifici pel que fa a retenció de la calor, ja que en l'edifici mai hi arribarà a haver la mateixa temperatura que a l'exterior, sempre serà una mica més alta a l'hivern i una mica més baixa a l'estiu.

Demanda mitjana fred i calor (Kwh)												
Hora	gener	febrer	març	abril	maig	juny	juliol	agost	setembre	octubre	novembre	desembre
7-8	212,6	208,3	166,0	122,6	29,3	0,0	0,0	0,0	0,0	46,6	130,2	186,6
8-9	209,3	199,6	141,0	100,9	9,8	0,0	19,4	15,6	0,0	30,4	121,5	184,4
9-10	193,1	170,3	97,6	61,8	0,0	7,8	67,4	58,3	0,0	8,7	95,5	168,1
10-11	160,5	128,0	52,1	19,5	0,0	36,3	119,3	110,2	2,6	0,0	57,5	134,5
11-12	120,4	83,5	15,2	0,0	1,3	71,3	160,7	154,3	25,9	0,0	18,4	97,6
12-13	84,6	43,4	0,0	0,0	14,3	94,6	188,0	186,7	60,9	0,0	0,0	68,3
13-14	59,7	16,3	0,0	0,0	31,1	107,6	202,2	206,1	83,0	0,0	0,0	47,7
14-15	44,5	3,3	0,0	0,0	37,6	111,5	207,4	212,6	93,3	0,0	0,0	35,8
15-16	40,1	1,1	0,0	0,0	37,6	110,2	206,1	211,3	93,3	0,0	0,0	36,9
16-17	51,0	9,8	0,0	0,0	31,1	105,0	200,9	204,8	84,3	0,0	0,0	52,1
17-18	75,9	32,5	0,0	0,0	19,4	95,9	190,6	189,3	68,7	0,0	10,8	77,0
18-19	104,1	64,0	14,1	0,0	6,5	81,7	172,4	167,2	45,4	0,0	32,5	100,9
19-20	125,8	92,2	42,3	0,0	0,0	59,6	147,8	141,3	16,9	0,0	51,0	117,1
20-21	141,0	112,8	66,2	11,9	0,0	31,1	116,7	111,5	1,3	0,0	65,1	129,1

Taula 1: Demanda mitja de fred i calor.

Font: Elaboració pròpia



Gràfic 3: Demanda energètica horària en ells diferents mesos.

Font: Elaboració pròpia

Com es pot observar al gràfic hi ha dos situacions ben diferenciades. La situació en que hi ha una demanda de calor, que es veu reflectit en les corbes dels mesos de gener, febrer, març, abril, octubre, novembre i desembre, i l'altra situació en que hi ha una demanda de fred, que es veu en els mesos de maig, juny, juliol, agost i setembre. En la primera situació s'observa que quan hi ha una major demanda és a les primeres hores d'obertura, baixant de forma clara a les hores del migdia i tornant a pujar a la nit. En canvi, a la segona situació la tendència es contrària i les primeres hores es quan hi ha una demanda més baixa, pujant al migdia i a primera hora de la tarda i disminuint un altre cop a mesura que avança la tarda. Amb aquesta informació es decideix que les màquines que es proposaran instal·lar són dues màquines de refrigeració per absorció de 133,6 kw de capacitat frigorífica cada una, i que a l'hivern les plaques aportaran una part de l'energia que es necessita i que la que sigui necessària s'aportarà amb la instal·lació que hi ha actualment.

### **6.5.- CÀLCUL DE L'ENERGIA A APORTAR PER PART DE LES PLAQUES**

Després de saber quines són les necessitats tèrmiques a cobrir, a l'estiu s'ha de mirar quina serà la demanda d'aigua calenta per tal que la màquina de refrigeració per absorció pugui cobrir la demanda de fred que hi ha en aquell moment.



Per realitzar-ho, la primera cosa que cal tenir en compte és que la màquina quan funciona ho fa al seu màxim de potència i estarà més o menys temps funcionant en funció de les necessitats a cobrir.

S'ha calculat que cada màquina necessita 188,1 kw (Veure càlcul annex-8) i sabent la potència que cal cobrir per la demanda cada hora es pot saber el temps que estaran les màquines funcionant durant aquella hora. Després es multiplica el temps en que funcionarà pels kw que necessita per funcionar, i llavors es troba l'energia que han d'aportar les plaques durant aquella hora.

Demanda d'energia a les plaques per a la màquina de refrigeració (kwh)					
Hora	maig	juny	Juliol	agost	setembre
7-8	0	0	0	0	0
8-9	0	0	27,4	21,9	0
9-10	0	11,0	94,9	82,1	0
10-11	0	51,1	167,9	155,1	3,7
11-12	1,8	100,4	226,3	217,2	36,5
12-13	20,1	133,2	264,6	262,8	85,8
13-14	43,8	151,5	284,7	290,2	116,8
14-15	52,9	157,0	292,0	299,3	131,4
15-16	52,9	155,1	290,2	297,5	131,4
16-17	43,8	147,8	282,9	288,4	118,6
17-18	27,4	135,1	268,3	166,5	96,7
18-19	9,1	115,0	242,7	235,4	63,9
19-20	0	84,0	208,1	198,9	23,7
20-21	0	43,8	164,3	157,0	1,8

Taula 2: Demanda d'energia a les plaques a diversos mesos, en que s'utilitza la màquina de refrigeració.

Font: Elaboració pròpia.



## **6.6.- CÀLCUL DE L'ENERGIA APORTADA PEL CAMP DE COL·LECTORS SOLARS**

Primerament cal mirar quina és la superfície de plaques que es podrà instal·lar al teulat. Per això és necessari saber quina és la superfície de la que es disposa al teulat i quins obstacles hi ha que puguin fer ombra a les plaques.

Al teulat es disposa d'una superfície total bruta de 1080 m<sup>2</sup>, però té una alta ocupació per les bombes de calor que hi ha instal·lades i sortides d'aire, la qual cosa fa que la superfície útil es redueixi molt. Per això es proposa de fer una instal·lació amb les plaques elevades per sobre d'aquestes sortides i així aprofitar al màxim la superfície del teulat, de la qual caldrà treure-hi la superfície d'ombra generada per la paret de la zona on hi ha els laboratoris del C2, que és de 3,5 m (Veure annex 9.1.). També s'han deixat dos metres a cada un dels dos teulats per circulacions havent-hi al final una superfície útil de 865 m<sup>2</sup> per instal·lar plaques.

En segon lloc cal saber com es distribuiran les plaques solars instal·lades. En aquest cas s'ha decidit que les plaques solars estaran col·locades amb una inclinació de 30 graus per tal d'estar encarades totalment al sud, ja que per la bibliografia se sap que és quan les plaques obtenen majors rendiments i per tant aporten més energia.

Finalment s'ha de calcular el número de plaques que es poden instal·lar al teulat. Per fer-ho cal saber quantes files de captadors poden col·locar-se als teulats del C1 i C2 i quina mida té cada fila.

Per saber el número de files s'ha de saber la inclinació en la que s'han de col·locar les files de plaques (30 graus com s'ha dit anteriorment), i la distància que hi ha d'haver entre les files del col·lectors, que en el nostre cas és de 3,95 m (Veure annex 9.2.).

A continuació es mostren els resultats obtinguts, en número de fila mida de la fila i número de plaques per fila.



Mòdul C1		
Fila	Mida (m)	Nº plaques
1	3,64	2
2	11,55	7
3	11,55	7
4	11,55	7
5	11,55	7
6	11,55	7
7	11,55	7
8	11,55	7
9	11,55	7
10	11,55	7
11	11,55	7
12	11,547	7
13	11,547	7
14	11,547	7
15	2,3	1
Total plaques		94

Mòdul C2		
Fila	Mida (m)	Nº plaques
1	3,64	2
2	11,55	7
3	11,55	7
4	11,55	7
5	11,55	7
6	11,55	7
7	11,55	7
8	11,55	7
9	11,55	7
Total plaques		58

Taula 3: Distribució de les plaques.

Font: Elaboració pròpia

Les taules mostren que entre els dos mòduls hi ha capacitat per 24 files, la majoria de 11,55. Per tant, en total, es poden instal·lar 152 plaques.

Tenint en compte que cada placa té una superfície útil de 3 m<sup>2</sup> la superfície total de plaques que es pot instal·lar és de 456 m<sup>2</sup>.



Coneguda la superfície total de plaques que es pot instal·lar i el rendiment que tenen aquestes plaques (Veure apartat 6.3.), cal esbrinar la irradiància que arribarà al sistema i l'energia total que ens aportarà el camp de col·lectors.

És necessari conèixer també a partir de quina hora arribarà energia solar a les plaques, ja que degut a la situació de la universitat, no és quan surt el Sol. El mateix passa quan el Sol es pon. Pel fet que la facultat no està situada en un espai que estigui completament lliure d'obstacles, ja que tant per una banda com per l'altra hi ha una sèrie de petits turons, s'ha estimat que l'angle que ha de formar el Sol amb l'horitzontal per a què comenci a arribar la irradiància al camp de col·lectors solars és de 20 graus al matí. I Quan el Sol assoleix aquest mateix angle al vespre deixa d'aportar energia al sistema, per la mateixa raó que al matí.

Sabent l'angle podem conèixer a partir de quina hora es rep la irradiància, i el fet de saber l'hora, ens permet estimar la franja horària per realitzar els càlculs d'irradiància; sempre tenint en compte que la franja horària d'irradiància varia en funció del mes de l'any en que ens trobem.

Mes	Hora en que comença a incidir la irradiància	Hora en que deixa d'incidir la irradiància
Gener	10h 41m	15h 16m
Febrer	9h 52m	16h 15m
Març	8h 56m	17h 0m
Abril	9h 4m 4m	18h 35m
Maig	8h 27m	19h 3m
Juny	8h 16m	19h 21m
Juliol	8h 28m	19h 20m
Agost	8h 53m	18h 53m
Setembre	9h 24m	18h 4m
Octubre	10h 5m	17h 4m
Novembre	11h 0m	15h 7m
Desembre	12h 43m	14h 39m

Taula 4: Horaris d'inici i final de la aportació solar a les plaques.

Font: Elaboració pròpia



(Veure càlcul annex-9)

Ara ja es pot saber quina és l'energia que aporta el camp de col·lectors a la instal·lació.

A continuació es mostra una taula amb el resum de l'energia de tot l'any

Mes	Hora	Mitja d'energia aportada (kwh)
gener	10:00-11:00	25
	11:00-12:00	117
	12:00-13:00	132
	13:00-14:00	132
	14:00-15:00	118
	15:00-16:00	25
Febrer	9:00-10:00	20
	10:00-11:00	101
	11:00-12:00	129
	12:00-13:00	143
	13:00-14:00	144
	14:00-15:00	131
	15:00-16:00	104
	16:00-17:00	20
Març	9:00-10:00	92
	10:00-11:00	134
	11:00-12:00	163
	12:00-13:00	178
	13:00-14:00	179
	14:00-15:00	164
	15:00-16:00	136
	16:00-17:00	95
Abril	9:00-10:00	62
	10:00-11:00	99





*Instal·lacions energètiques sostenibles*

	11:00-12:00	135
	12:00-13:00	160
	13:00-14:00	172
	14:00-15:00	173
	15:00-16:00	160
	16:00-17:00	136
	17:00-18:00	101
	18:00-19:00	65
Maig	8:00-9:00	7
	9:00-10:00	52
	10:00-11:00	93
	11:00-12:00	126
	12:00-13:00	149
	13:00-14:00	161
	14:00-15:00	161
	15:00-16:00	149
	16:00-17:00	127
	17:00-18:00	95
	18:00-19:00	55
Juny	8:00-9:00	27
	9:00-10:00	61
	10:00-11:00	103
	11:00-12:00	137
	12:00-13:00	161
	13:00-14:00	174
	14:00-15:00	174
	15:00-16:00	162
	16:00-17:00	138
	17:00-18:00	104
	18:00-19:00	62
	19:00-20:00	15
Juliol	8:00-9:00	14



*Instal·lacions energètiques sostenibles*

	9:00-10:00	66
	10:00-11:00	113
	11:00-12:00	151
	12:00-13:00	178
	13:00-14:00	191
	14:00-15:00	191
	15:00-16:00	178
	16:00-17:00	152
	17:00-18:00	114
	18:00-19:00	68
	19:00-20:00	31
	Agost	9:00-10:00
10:00-11:00		107
11:00-12:00		147
12:00-13:00		175
13:00-14:00		189
14:00-15:00		189
15:00-16:00		175
16:00-17:00		148
17:00-18:00		108
18:00-19:00		61
Setembre	9:00-10:00	47
	10:00-11:00	91
	11:00-12:00	135
	12:00-13:00	166
	13:00-14:00	182
	14:00-15:00	166
	15:00-16:00	136
	16:00-17:00	93
	17:00-18:00	16
Octubre	10:00-11:00	102
	11:00-12:00	137



	12:00-13:00	160
	13:00-14:00	168
	14:00-15:00	160
	15:00-16:00	138
	16:00-17:00	103
Novembre	10:00-11:00	104
	11:00-12:00	125
	12:00-13:00	132
	13:00-14:00	126
	14:00-15:00	106
Desembre	10:00-11:00	25
	11:00-12:00	114
	12:00-13:00	125
	13:00-14:00	122
	14:00-15:00	81

Taula 5: Energia mitja aportada el sistema per hora i mes.

Font: Elaboració pròpia

Com es pot observar a la taula, no sempre es cobreix la demanda d'energia necessària, per aquest fet es canvia la proposta inicial i es proposa, per la situació d'estiu, la instal·lació d'una única màquina de refrigeració per absorció, a més d'una caldera que porti l'energia suplementària necessària.

Quan la demanda de fred és superior a la que la màquina de refrigeració per absorció pot aportar es proposa la instal·lació d'una bomba de calor igual que les utilitzades actualment. Tot i que en un principi aquest projecte s'ha pensat com un sistema per complementar la instal·lació que hi ha actualment, també s'ha cregut interessant anar una mica més enllà i mirar les diferents opcions que amb les quals podíem fer també una climatització adequada, per això a l'hivern es proposen dues opcions: la instal·lació de dues bombes de calor (igual que la instal·lació que hi ha actualment), o l'aprofitament de la caldera i de la bomba de calor que hi haurà d'haver en la instal·lació de la refrigeració.



Això fa variar la demanda d'energia de les plaques, tal i com mostra la taula següent:

Energia requerida a les plaques (kwh)												
Hora/Mes	gener	febrer	març	abril	maig	juny	juliol	agost	setembre	octubre	novembre	desembre
7:00-8:00	212,6	208,3	166,0	122,6	29,3	0	0	0	0	46,6	130,2	186,6
8:00-9:00	209,3	199,6	141,0	100,9	0	0	27,4	21,9	0	30,4	121,5	184,4
9:00-10:00	193,1	170,3	97,6	61,8	0	11,0	94,9	82,1	0	8,7	95,4	168,1
10:00-11:00	160,5	128,0	52,1	19,5	0	51,1	167,9	155,1	3,7	0	57,5	134,5
11:00-12:00	120,4	83,5	15,2	0	1,8	100,4	226,3	217,2	36,5	0	18,4	97,6
12:00-13:00	84,6	43,4	0	0	20,1	133,2	264,6	262,8	85,8	0	0	68,3
13:00-14:00	59,7	16,3	0	0	43,8	151,5	284,7	290,2	116,8	0	0	47,7
14:00-15:00	44,5	3,2	0	0	52,9	157,0	292,0	299,3	131,4	0	0	35,8
15:00-16:00	40,1	1,1	0	0	52,9	155,1	290,2	297,5	131,4	0	0	36,9
16:00-17:00	51,0	9,8	0	0	43,8	147,8	282,9	288,4	118,6	0	0	52,1
17:00-18:00	76,0	32,5	0	0	27,4	135,1	268,3	266,5	96,7	0	10,8	77,0
18:00-19:00	104,1	64,0	14,1	0	9,1	115,0	242,7	235,4	63,9	0	32,5	100,9
19:00-20:00	125,8	92,2	42,3	0	0	84,0	208,1	99,5	23,7	0	51,0	117,1
20:00-21:00	141,0	112,8	66,2	11,9	0	43,8	164,3	157,0	1,8	0	65,1	129,1

Taula 6: Energia requerida per hora i mes.

Font: Elaboració pròpia.

Observant la nova demanda d'energia, es pot veure que les plaques en molts moments de l'estiu i sobretot a l'hivern poden aportar més energia de la necessària. Per això, és important la instal·lació d'un acumulador que permetrà aprofitar l'energia



sobrant, en moments en que no hi hagi Sol o l'energia requerida sigui superior a la que ens aporta la instal·lació solar.

### **6.7.- CÀLCUL D' APORTARCIÓ D'ENERGIA PER ALTRES ELEMENTS DIFERENTS ALS CAPTADORS**

Relacionant la taula de la demanda energètica amb la taula de l'energia aportada per les plaques, podem observar quina és la quantitat d'energia necessària a aportar per altres fonts: la caldera i la bomba de calor.

També s'ha cregut interessant la instal·lació d'un acumulador o no.

D'aquesta manera hi ha 2 possibilitats d'instal·lació:

- Dues bombes de calor, una màquina de refrigeració per absorció, una caldera i un acumulador (opció A).
- Dues bombes de calor, una màquina de refrigeració per absorció i una caldera (opció B).

Pel càlcul de l'energia a aportar per altres fonts, les quatre opcions explicades anteriorment es poden agrupar en dues: el grup que preveu la instal·lació d'acumulador i el que no.

Per la primera opció s'ha fet una taula per l'energia calorífica que cal aportar a l'hivern i a l'estiu, per tal de garantir que l'aigua que entri a la màquina tingui la temperatura adient, tenint en compte l'acumulació d'energia calorífica de l'acumulador. I una altra taula per tal de saber quina quantitat d'energia en forma de fred s'hauria d'aportar quan la màquina de refrigeració no pogués cobrir-ho tot.



Energia calorífica extra que cal aportar												
Hora/Mes	gener	febrer	març	abril	maig	juny	juliol	agost	setembre	octubre	novembre	desembre
7:00-8:00	212,6	140,65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	186,6
8:00-9:00	209,3	199,6	120,0	0	0	0	13,0	21,9	0	0	0	184,4
9:00-10:00	193,1	150,7	5,27	0	0	0	29,1	23,5	0	0	0	168,1
10:00-11:00	135,2	26,9	0	0	0	0	55,2	48,1	0	0	0	109,3
11:00-12:00	3,3	0	0	0	0	0	37,0	41,1	0	0	0	0
12:00-13:00	0	0	0	0	0	0	10,5	13,2	0	0	0	0
13:00-14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00-15:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00-16:00	0	0	0	0	0	0	16,3	10,4	0	0	0	0
16:00-17:00	0	0	0	0	0	0	20,0	40,2	0	0	0	0
17:00-18:00	0	0	0	0	0	0	54,1	79,7	0	0	0	0
18:00-19:00	58,9	0	14,1	0	0	0	66,3	127,5	0	0	0	86,3
19:00-20:00	125,8	0	42,3	0	0	0	106,3	188,1	0	0	0	117,1
20:00-21:00	141,0	0	66,2	0	0	0	57,9	157,0	0	0	0	129,1

Taula 7: Energia requerida a aportar per altres fonts segons hora i mes.

Font: Elaboració pròpia

La taula mostra que, amb la incorporació de l'acumulador, es produeix un estalvi energètic important en diversos mesos, permetent no dependre d'altres fonts d'energia en aquests períodes.



Energia de fred que ha d'aportar la bomba (kwh)		
Hora/Mes	juliol	agost
7:00-8:00	0	0
8:00-9:00	0	0
9:00-10:00	0	0
10:00-11:00	27,1	20,7
11:00-12:00	54,4	53,1
12:00-13:00	68,6	72,5
13:00-14:00	73,8	79
14:00-15:00	72,5	77,7
15:00-16:00	67,3	71,2
16:00-17:00	57,0	55,7
17:00-18:00	38,8	33,6
18:00-19:00	14,2	7,7
19:00-20:00	0	0
20:00-21:00	0	0

Taula 9: Aportació frigorífica de la bomba de calor.

Font: Elaboració pròpia

Per la segona opció s'ha fet el mateix però sense tenir en compte l'energia calorífica acumulada.



Energia calorífica extra a aportar												
Hora/Mes	gener	febrer	març	abril	maig	Juny	juliol	agost	setembre	octubre	novembre	desembre
7:00-8:00	212,6	208,3	166,0	122,6	29,3	0	0	0	0	79,3	130,2	186,6
8:00-9:00	209,3	199,6	141,0	100,9	0	0	13,0	21,9	0	51,7	121,5	184,4
9:00-10:00	193,1	170,3	5,27	0	0	0	29,1	23,5	0	14,8	95,4	168,1
10:00-11:00	135,2	128,0	0	0	0	0	55,2	48,1	0	0	0	109,3
11:00-12:00	3,3	83,5	0	0	0	0	37,0	41,1	0	0	0	0
12:00-13:00	0	43,4	0	0	0	0	10,4	13,2	0	0	0	0
13:00-14:00	0	16,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00-15:00	0	3,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00-16:00	14,3	1,1	0	0	0	0	10,1	12,8	0	0	0	36,9
16:00-17:00	51,0	9,8	0	0	0	17,1	36,3	40,2	0	0	0	52,1
17:00-18:00	76,0	32,5	0	0	0	40,7	74,1	79,7	15,6	0	10,8	77,0
18:00-19:00	104,1	64,0	14,1	0	0	63,6	120,4	127,5	63,9	0	32,5	100,9
19:00-20:00	125,8	92,2	42,3	0	0	78,0	172,6	188,1	23,7	0	51,0	117,1
20:00-21:00	141,0	112,8	66,2	11,9	0	43,8	164,3	157,0	1,8	0	65,1	129,1

Taula 9: Energia calorífica extra segons hora i mes.

Font: Elaboració pròpia

Pel que fa a l'energia en forma de fred que ha d'aportar la bomba té els mateixos valor que en el cas anterior (Veure taula 8).

### **6.8.- CÀLCUL DE LES HORES DE FUNCIONAMENT DE LES INSTAL·LACIONS**

Després d'analitzar l'energia que cal aportar, s'ha realitzat un nou anàlisi per tal de saber les hores de funcionament de les bombes de calor i la màquina de refrigeració per absorció en cada cas concret. Cal recordar que tant en aquest cas com en els anteriors o els que vindran a continuació, són tots càlculs aproximats ja que actualment no es disposa de cap estudi a al facultat de ciències sobre la demanda energètica real que hi ha ni el temps de funcionament de les diferents instal·lacions.

En l'**opció A**, en primer lloc s'ha dut a terme l'anàlisi de les hores de funcionament de les bombes de calor i de la màquina de refrigeració. Les bombes funcionarien durant l'hivern quan l'energia aportada per les plaques fos insuficient, i a l'estiu quan el fred aportat per la màquina de refrigeració no fos suficient.





Per saber les hores de funcionament de les bombes, cal dividir l'energia tan de fred com de calor necessària per l'aportació de les bombes.

Temps de funcionament de les bombes de calor (h)												
Hora/Mes	gener	febrer	març	abril	maig	Juny	juliol	agost	setembre	octubre	novembre	desembre
7:00-8:00	1	0,66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,88
8:00-9:00	0,98	0,93	0,96	0	0	0	0	0	0	0	0,95	0,87
9:00-10:00	0,90	0,71	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0,76	0,79
10:00-11:00	0,63	0,21	0	0	0	0	0,25	0,19	0	0	0	0,87
11:00-12:00	0,02	0	0	0	0	0	0,51	0,49	0	0	0	0
12:00-13:00	0	0	0	0	0	0	0,64	0,68	0	0	0	0
13:00-14:00	0	0	0	0	0	0	0,69	0,74	0	0	0	0
14:00-15:00	0	0	0	0	0	0	0,68	0,73	0	0	0	0
15:00-16:00	0	0	0	0	0	0	0,63	0,67	0	0	0	0
16:00-17:00	0	0	0	0	0	0	0,53	0,52	0	0	0	0
17:00-18:00	0	0	0	0	0	0	0,36	0,31	0	0	0	0
18:00-19:00	0,47	0	0	0	0	0	0,13	0,07	0	0	0	0,69
19:00-20:00	0,59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,94
20:00-21:00	0,66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,61

Taula 10: Temps d'ús de la bomba de calor.

Font:Elaboració pròpia



Hores de funcionament de la màquina de refrigeració					
Hora/Mes	maig	juny	juliol	agost	setembre
7:00-8:00	0	0	0,14	0	0
8:00-9:00	0	0	0,5	0,12	0
9:00-10:00	0	0,06	0,89	0,44	0
10:00-11:00	0	0,27	1	0,82	0,02
11:00-12:00	0,01	0,53	1	1	0,19
12:00-13:00	0,11	0,71	1	1	0,45
13:00-14:00	0,23	0,80	1	1	0,62
14:00-15:00	0,28	0,83	1	1	0,70
15:00-16:00	0,28	0,82	1	1	0,70
16:00-17:00	0,23	0,79	1	1	0,63
17:00-18:00	0,14	0,71	1	1	0,51
18:00-19:00	0,05	0,61	1	1	0,34
19:00-20:00	0	0,45	1	1	0,13
20:00-21:00	0	0,23	0,87	0,83	0,01

Taula 11: Hores de funcionament de la màquina de refrigeració.

Font: Elaboració pròpia

No és necessari calcular el temps de funcionament de la caldera, ja que amb el primer anàlisi s'indica directament quina és l'energia que ha d'aportar a cada hora. A partir del moment en que es necessiti una potència màxima d'energia que s'ha d'aportar amb la bomba s'estimarà quina és la caldera adient.

Per conèixer les hores de funcionament de la màquina de refrigeració s'ha dividit el fred necessari a aportar entre el que aporta la màquina. Quan el fred necessari sigui superior al que pot aportar la màquina l'energia suplementària seria aportada per una bomba de calor que ja es té en compte a la taula 10.

En l'opció B, el càlcul s'ha realitzat igual que en el cas en que hi ha acumulació d'energia, però la diferència radica en el fet de que, com que en aquest cas no hi ha acumulació, les bombes funcionaran més temps.



Per al temps de funcionament de la màquina de refrigeració, el canvi radica en la quantitat de gas que cal aportar, però la diferència no és gaire important. El càlcul de les hores de funcionament de la bomba es fa igual que en els dos casos anteriors.

Temps de funcionament de les bombes de calor (h)												
Hora/Mes	gener	febrer	març	abril	maig	juny	juliol	agost	setembre	octubre	novembre	desembre
7:00-8:00	1	0,98	0,78	0,98	0,23	0	0	0	0	0,63	0,61	0,88
8:00-9:00	0,98	0,93	0,66	0,81	0	0	0	0	0	0,41	0,97	0,87
9:00-10:00	0,90	0,71	0,04	0	0	0	0	0	0	0,12	0,76	0,79
10:00-11:00	0,63	0,21	0	0	0	0	0,25	0,19	0	0	0	0,87
11:00-12:00	0,02	0,11	0	0	0	0	0,51	0,49	0	0	0	0
12:00-13:00	0	0	0	0	0	0	0,64	0,68	0	0	0	0
13:00-14:00	0	0	0	0	0	0	0,69	0,74	0	0	0	0
14:00-15:00	0	0	0	0	0	0	0,68	0,73	0	0	0	0
15:00-16:00	0,11	0	0	0	0	0	0,63	0,67	0	0	0	0,29
16:00-17:00	0,41	0	0	0	0	0	0,53	0,52	0	0	0	0,42
17:00-18:00	0,61	0,26	0	0	0	0	0,36	0,31	0	0	0,09	0,62
18:00-19:00	0,83	0,51	0,11	0	0	0	0,13	0,07	0	0	0,26	0,81
19:00-20:00	0,59	0,43	0,34	0	0	0	0	0	0	0	0,41	0,94
20:00-21:00	0,66	0,53	0,53	0,09	0	0	0	0	0	0	0,52	0,61

Taula 12: Temps de funcionament de la bomba.

Font: Elaboració pròpia

## 6.9.- CONSUM ELÈCTRIC ANUAL

Calculades les hores de funcionament de les bombes de calor en les diferents opcions, cal multiplicar-les per la potència absorbida d'aquestes, i així saber els kwh consumits per les màquines anualment. En el cas de les màquines de refrigeració és fa de la mateixa manera.

Consum elèctric opció A:

Consum elèctric de les bombes de calor (kwh)												
Hora/Mes	gener	febrer	març	abril	maig	juny	juliol	agost	setembre	octubre	novembre	desembre



*Instal·lacions energètiques sostenibles*

7:00-8:00	81,8	54,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71,78
8:00-9:00	80,55	76,79	39,28	0	0	0	0	0	0	0	38,65	70,95
9:00-10:00	74,29	58,00	1,73	0	0	0	0	0	0	0	31,23	64,69
10:00-11:00	52,03	8,80	0	0	0	0	10,44	7,95	0	0	0	35,75
11:00-12:00	1,07	0	0	0	0	0	20,92	20,42	0	0	0	0
12:00-13:00	0	0	0	0	0	0	26,40	27,90	0	0	0	0
13:00-14:00	0	0	0	0	0	0	28,40	30,40	0	0	0	0
14:00-15:00	0	0	0	0	0	0	27,90	29,90	0	0	0	0
15:00-16:00	0	0	0	0	0	0	25,91	27,4	0	0	0	0
16:00-17:00	0	0	0	0	0	0	21,92	21,42	0	0	0	0
17:00-18:00	0	0	0	0	0	0	14,93	12,94	0	0	0	0
18:00-19:00	19,26	0	0	0	0	0	5,46	2,96	0	0	0	28,25
19:00-20:00	48,41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38,33
20:00-21:00	54,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49,66

*Taula 13: Consum elèctric de les bombes opció A.*

*Font: Elaboració pròpia.*

Energia elèctrica consumida per la màquina de refrigeració					
Hora/Mes	maig	juny	juliol	agost	setembre
7:00-8:00	0	0	0	0	0
8:00-9:00	0	0	0,30	0,24	0
9:00-10:00	0	0,12	1,05	0,91	0
10:00-11:00	0	0,57	1,87	1,73	0,04
11:00-12:00	0,02	1,12	2,1	2,1	0,04
12:00-13:00	0,22	1,49	2,1	2,1	0,96
13:00-14:00	0,49	1,69	2,1	2,1	1,30
14:00-15:00	0,59	1,75	2,1	2,1	1,47
15:00-16:00	0,59	1,73	2,1	2,1	1,47
16:00-17:00	0,49	1,65	2,1	2,1	1,32
17:00-18:00	0,31	1,51	2,1	2,1	1,08
18:00-19:00	0,10	1,28	2,1	2,1	0,71
19:00-20:00	0	0,94	2,1	2,1	0,26
20:00-21:00	0	0,49	1,83	1,75	0,02

*Taula 14: Energia elèctrica consumida per la màquina de refrigeració. Opció A.*

*Font: Elaboració pròpia.*

**Consum elèctric opció B:**



Consum elèctric de les bombes de calor (kwh)												
Hora/Mes	gener	febrer	Març	abril	maig	juny	juliol	agost	setembre	octubre	novembre	desembre
7:00-8:00	81,8	80,13	63,85	40,1	9,58	0	0	0	0	25,96	50,08	71,78
8:00-9:00	80,55	76,79	54,25	33,00	0	0	0	0	0	16,90	39,75	70,95
9:00-10:00	74,29	58,00	1,73	0	0	0	0	0	0	4,83	31,23	64,69
10:00-11:00	52,03	8,80	0	0	0	0	10,44	7,95	0	0	0	35,75
11:00-12:00	1,07	4,34	0	0	0	0	20,92	20,42	0	0	0	0
12:00-13:00	0	0	0	0	0	0	26,40	27,90	0	0	0	0
13:00-14:00	0	0	0	0	0	0	28,40	30,40	0	0	0	0
14:00-15:00	0	0	0	0	0	0	27,90	29,90	0	0	0	0
15:00-16:00	4,68	0	0	0	0	0	25,91	27,4	0	0	0	12,07
16:00-17:00	16,68	0	0	0	0	0	21,92	21,42	0	0	0	17,03
17:00-18:00	24,84	10,64	0	0	0	0	14,93	12,94	0	0	3,55	25,20
18:00-19:00	34,07	20,94	4,61	0	0	0	5,46	2,96	0	0	10,64	33,01
19:00-20:00	48,41	17,74	13,84	0	0	0	0	0	0	0	16,68	38,33
20:00-21:00	54,25	21,70	21,65	3,90	0	0	0	0	0	0	21,29	49,66

Taula 15: Consum elèctric de les bombes de calor. Opció B.

Font: Elaboració pròpia

Pel que fa al consum elèctric de la màquina de refrigeració mirar la taula 14.

### **6.10.- ENERGIA QUE S'HA D'APORTAR AMB GAS**

Com que saber com funciona i quines característiques tècniques té una caldera de gas queda una mica fora de l'àmbit del nostre treball, s'ha aproximat que tot el gas que consumeix la caldera passa a ser energia calorífica aprofitable. Per això només s'ha tingut en compte quina és l'energia que s'ha d'aportar amb el gas.

Pel que fa a l'opció A l'energia que s'ha d'aportar amb gas, és la que li falta a l'aigua per entrar a l'estiu a la màquina a una temperatura adequada, tenint en compte l'acumulador

Energia que s'ha d'aportar amb gas		
Hora/Mes	juliol	Agost



7:00-8:00	0	0
8:00-9:00	12,98	21,90
9:00-10:00	29,08	23,50
10:00-11:00	55,20	48,15
11:00-12:00	37,03	41,10
12:00-13:00	10,42	13,22
13:00-14:00	0	0
14:00-15:00	0	0
15:00-16:00	16,34	10,38
16:00-17:00	19,97	40,20
17:00-18:00	54,14	79,70
18:00-19:00	66,26	127,52
19:00-20:00	106,35	188,1
20:00-21:00	57,91	156,96

Taula 16: Energia d'aportació amb gas. Opció A.

Font: Elaboració pròpia.

A l'**opció B**, l'energia que aportarà el gas serà aquella necessària per a que l'aigua entri a la temperatura adequada a la màquina de refrigeració quan no s'assoleixi amb l'energia aportada pel camp de col·lectors.

Energia que ha d'aportar la caldera				
Hora/Mes	Juny	juliol	agost	Setembre



7:00-8:00	0	0	0	0
8:00-9:00	0	12,98	21,90	0
9:00-10:00	0	29,08	23,50	0
10:00-11:00	0	55,20	48,15	0
11:00-12:00	0	37,03	41,10	0
12:00-13:00	0	10,42	13,22	0
13:00-14:00	0	0	0	0
14:00-15:00	0	0	0	0
15:00-16:00	0	10,10	12,78	0
16:00-17:00	17,15	36,31	40,20	0
17:00-18:00	40,70	74,12	79,70	15,66
18:00-19:00	63,61	120,40	127,52	63,88
19:00-20:00	78,03	172,61	188,1	23,73
20:00-21:00	43,80	164,26	156,96	1,82

Taula 17: Aportació de la caldera. Opció C.

Font: Elaboració pròpia

## **6.11.- CÀLCUL DE LA DEMANDA ENERGÈTICA DE LA INSTAL·LACIÓ ACTUAL**

Pel càlcul de l'energia consumida actualment s'ha tingut en compte el càlcul de la demanda energètica elèctrica que s'ha fet anteriorment. S'ha realitzat el mateix procés que en el cas de les instal·lacions proposta, però sense tenir en compte l'energia que aporta el camp de col·lectors.

Per això un cop s'ha reconegut la demanda, que tampoc serà la demanda real de veritat degut a que s'ha fet de la mateixa que anteriorment, s'ha calculat el temps que funcionaria la instal·lació cada hora i després s'ha multiplicat per la potència absorbida.

Hores de funcionament de la instal·lació actual												
Hora/Mes	gener	febrer	març	abril	maig	juny	juliol	agost	setembre	octubre	novembre	desembre



*Instal·lacions energètiques sostenibles*

7:00-8:00	1	0,98	0,78	0,98	0,23	0	0	0	0	0,37	0,61	0,88
8:00-9:00	0,98	0,93	0,66	0,81	0,08	0	0,19	0,14	0	0,24	0,57	0,87
9:00-10:00	0,91	0,80	0,78	0,50	0	0,07	0,63	0,55	0	0,07	0,76	0,79
10:00-11:00	0,75	0,60	0,42	0,16	0	0,34	0,51	0,51	0,02	0	0,46	0,63
11:00-12:00	0,96	0,67	0,12	0	0,012	0,67	0,76	0,72	0,24	0	0,14	0,78
12:00-13:00	0,68	0,35	0	0	0,13	0,89	0,88	0,87	0,57	0	0	0,55
13:00-14:00	0,48	0,13	0	0	0,29	0,51	0,95	0,97	0,78	0	0	0,38
14:00-15:00	0,36	0,03	0	0	0,35	0,52	0,97	1	0,87	0	0	0,28
15:00-16:00	0,32	0,01	0	0	0,35	0,52	0,97	0,99	0,87	0	0	0,29
16:00-17:00	0,41	0,08	0	0	0,29	0,98	0,94	0,96	0,79	0	0	0,42
17:00-18:00	0,61	0,26	0	0	0,18	0,90	0,89	0,89	0,64	0	0,09	0,62
18:00-19:00	0,83	0,52	0,11	0	0,06	0,77	0,81	0,79	0,43	0	0,26	0,81
19:00-20:00	0,59	0,74	0,34	0	0	0,56	0,69	0,66	0,16	0	0,41	0,94
20:00-21:00	0,66	0,90	0,53	0,1	0	0,29	0,55	0,52	0,01	0	0,52	0,61

*Taula 18: Hores de funcionament del sistema actual.*

*Font: Elaboració pròpia.*

Consum elèctric de la bomba actualment (kwh)												
Hora/Mes	gener	febrer	març	abril	maig	juny	juliol	agost	setembre	octubre	novembre	desembre
7:00-8:00	81,80	80,13	63,85	40,10	29,29	0	0	0	0	15,26	50,08	71,78
8:00-9:00	80,55	76,79	54,25	33,01	9,76	0	7,48	5,98	0	9,94	46,74	70,95
9:00-10:00	74,29	65,52	31,94	20,23	0	2,99	25,94	22,44	0	2,84	31,23	64,69
10:00-11:00	61,77	49,25	17,04	6,39	0	13,97	45,89	42,40	0,99	0	18,81	51,75
11:00-12:00	39,39	27,33	4,97	0	0,50	27,43	61,85	59,35	9,97	0	6,03	31,94
12:00-13:00	27,68	14,20	0	0	5,49	36,41	72,32	71,82	23,44	0	0	22,36
13:00-14:00	19,52	5,32	0	0	11,97	41,40	77,81	79,3	31,92	0	0	15,62
14:00-15:00	14,55	1,06	0	0	14,46	42,89	79,80	81,8	35,91	0	0	11,71
15:00-16:00	13,13	0,35	0	0	14,46	42,40	79,31	81,3	35,91	0	0	12,07
16:00-17:00	16,68	3,19	0	0	11,97	40,40	77,31	78,81	32,42	0	0	17,04
17:00-18:00	24,84	10,65	0	0	7,48	36,91	73,32	72,82	26,43	0	3,55	25,20
18:00-19:00	34,07	20,94	4,61	0	2,49	31,42	66,34	64,34	17,46	0	10,65	33,01
19:00-20:00	48,41	30,17	13,84	0	0	22,94	56,86	54,37	6,48	0	16,68	38,33
20:00-21:00	54,25	36,91	21,65	3,90	0	11,97	44,89	42,89	0,50	0	21,29	49,66

*Taula 19: Consum elèctric del sistema actual.*

*Font: Elaboració pròpia.*

**6.12.- ELECCIÓ DELS ACUMULADORS**





Per l'elecció dels acumuladors a instal·lar s'ha intentat agafar uns acumuladors amb els que poguéssim emmagatzemar el màxim d'energia necessària i, així, intentar evitar al màxim el consum de gas i/o d'electricitat. No s'ha valorat si aquest volum d'acumulació és realment pràctic i si és realment viable en una instal·lació d'aquestes característiques, ja que el que interessa en el projecte es veure les possibilitats que té la instal·lació proposada.

S'ha decidit utilitzar un acumulador de 30 metres cúbics, que suposen 522,5 kw, amb els quals es pot cobrir, per exemple, tota la demanda energètica de varis mesos sense dependre de cap altra font d'energia que no fos la solar.

Energia acumulada (kwh)												
Hora/Mes	gener	febrer	març	abril	maig	juny	juliol	agost	setembre	octubre	novembre	desembre
7:00-8:00	0	0	20,94	119,65	0	0	0	0	0	0	3,35	0
8:00-9:00	0	0	0	16,81	5,82	24,3	0	0	0	0	0	0
9:00-10:00	0	0	0	5,28	68,56	83,72	0	0	53,28	0	0	0
10:00-11:00	0	0	81,91	94,54	167,34	140,90	0	0	150,16	101,6	46,08	0
11:00-12:00	0	45,27	225,78	231,93	290,01	177,97	0	0	249,98	198,11	149,91	16,31
12:00-13:00	47,53	142,85	392,78	384,34	408,57	201,39	0	0	322,73	325,69	274,48	71,88
13:00-14:00	118,46	249,46	522,5	522,5	506,27	209,68	3,15	1,17	372,83	469,29	386,33	142,33
14:00-15:00	172,17	364,20	522,5	522,5	522,5	182,04	6,25	2,40	402,15	522,5	472,54	180,49
15:00-16:00	121,19	448,64	522,5	522,5	522,5	132,24	0	0	410,74	522,5	448,92	143,61
16:00-17:00	45,26	436,76	522,5	522,5	522,5	62,01	0	0	398,01	522,5	426,47	91,55
17:00-18:00	0	404,23	496,37	522,5	522,5	0	0	0	382,34	496,37	415,62	14,53
18:00-19:00	0	340,22	482,27	522,5	522,5	0	0	0	318,46	471,55	383,08	0
19:00-20:00	0	248,03	439,97	496,37	522,5	0	0	0	294,74	447,98	332,10	0
20:00-21:00	0	135,22	373,80	484,44	522,5	0	0	0	292,91	425,58	267,02	0

Taula 20: Acumulació d'energia.

Font: Elaboració pròpia

### **6.13.- ELECCIÓ DE LA TORRE DE REFRIGERACIÓ**



Les màquines de refrigeració per absorció necessiten una torre de refrigeració per refredar l'aigua que surt de l'absorbidor (és el lloc on el vapor d'aigua torna a condensar-se i es barreja amb el bromur de liti). Es necessita el circuit de refrigeració per fer que la temperatura en l'absorbidor sigui més baixa i es pugui condensar més fàcilment el vapor d'aigua.

Per l'elecció de la torre es té en compte el cabal del circuit de l'aigua de refredament i el salt de temperatures que hi ha d'haver:

$$Q = m * C_e * \Delta T / 3600$$

On:

Q: és la potència de la torre (kw).

m: cabal màssic(kg/h).

$\Delta T$ : salt de temperatures (K).

3600: factor de conversió d'hores a segons.

La màquina escollida té un cabal d'aigua de refrigeració de 49 m<sup>3</sup>/h i un salt de temperatures entre 35,0 a 29,4 graus, per tant es necessita una torre de refrigeració de 318,6 kw.

#### **6.14.- ELECCIÓ DELS AEROREFRIGERADORS**

Els aerorefrigeradors són unes màquines que s'instal·len al circuit dels captadors per poder dissipar l'energia calorífica sobrant que aporten les plaques solars quan aporten més energia de la necessària, i així evitar el sobreescalfament del circuit i de les plaques, la qual cosa podria ser perillós per a la instal·lació.

El dimensionat d'aquests aparells s'ha de fer tenint en compte el moment de màxima potència a dissipar. Per aquesta raó, després d'estimar en quin moment s'arriba al màxim d'energia a dissipar, es decideix incorporar un conjunt d'aerorefrigeradors capaços de dissipar una potència de 161 kw.

## 7. EMISSIONS DE CO<sub>2</sub>

A causa de la gran importància que estan tenint en els últims anys les emissions de CO<sub>2</sub>, del paper importantíssim que aquestes juguen en el canvi climàtic, fruit de convenis internacionals com és el protocol de Kioto, i com a conseqüència de la nostra formació, s'ha cregut molt important dedicar un apartat del projecte a les emissions de CO<sub>2</sub> que ens podríem estalviar amb la instal·lació d'aquesta nova instal·lació i així poder fer incís en el fet que les emissions de CO<sub>2</sub> es poden reduir de forma important si s'instal·len els sistemes adequats, per cada lloc.

### 7.1 ESTIMACIÓ DE LES EMISSIONS

Per al càlcul de les emissions de CO<sub>2</sub> s'han utilitzat els valors donats per Pere Busquets i Joan Jorge, professors de la Universitat Politècnica de Catalunya en el seu estudi: Càlcul de la petjada ecològica a la Escola Universitària Politècnica de Manresa. En que s'estimen les emissions de CO<sub>2</sub> segons el tipus d'energia usada:

Gas: 0,201 kg CO<sub>2</sub>/Kwh

Petroli: 0,261 kg CO<sub>2</sub>/Kwh

Electricitat: 0,545 kg CO<sub>2</sub>/Kwh (Valor mitjà per Espanya)

Aquests valors equivalents s'han aplicat als consums dels sistemes estudiats. La taula següent mostra els resultats:

	Consum elèctric (Kwh/any)	CO <sub>2</sub> d'origen elèctric (Kg/any)	Consum gas (Kwh/any)	CO <sub>2</sub> a partir del gas (Kg/any)	CO <sub>2</sub> total generat (Kg/any)	disminució d'emissions (%)
Sistema actual	129.875	70.781			70.782	
Opció A	45.210	24.639	37.709	7.580	32.219	54,5
Opció B	64.200	34.989	55.823	11.221	46.210	34,7

Taula 21: Consums i CO<sub>2</sub> aproximats generats.

Font: elaboració pròpia.



L'opció del sistema format per la màquina de refrigeració amb les dues bombes de calor i recolzament energètic extra amb caldera de gas és la millor proposta pel que fa a l'estalvi d'emissions de CO<sub>2</sub> produït (opció A).

Situant aquestes emissions lleugerament per sobre de les 46 Tones l'any, representa un estalvi del 54,5% de les emissions que es produeixen actualment (entorn de 38 tones).

## **7.2 APROXIMACIÓ ECONÒMICA PER A LES EMISSIONS DE CO<sub>2</sub>**

Degut a la creixent preocupació pel canvi climàtic i, per tant, per les emissions generades de CO<sub>2</sub>; a arrel de l'aprovació del protocol de Kioto i de les quotes de CO<sub>2</sub> a emetre pels estats signants, s'ha buscat una equivalència econòmica per les emissions de CO<sub>2</sub> i així poder comprar/vendre drets d'aquestes emissions.

El valor estimat per aquestes emissions és recent i molt variable, depenent de la situació concreta del mercat. Això fa difícil l'estimació d'aquest valor.

Cal destacar que aquests valors estan basats en el sistema de quotes existent i no a criteris més reals que farien augmentar el seu preu.

El valor a la zona euro es podria situar entorn 10 euros/T<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> ENDESA

*Avaluació i implantació d'un sistema de climatització amb energia solar a la facultat de ciències de la UdG.*

## 8. ANÀLISI ECONÒMIC COMPARATIU

Per tal de realitzar un aproximació econòmica, i tenint en compte que aquest no és un projecte d'enginyeria, s'han estimat els costos dels elements fonamentals del sistema en cada cas. No s'han tingut en compte els elements complementaris de la instal·lació (canonades, bombes de distribució, unitats terminal de distribució de l'aire...). Aquests es consideren d'estructura similar a la instal·lació actual i els seus costos no estan comptabilitzats.

Els valors dels costos es poden separar en costos fixes inicials i costos anuals. Els costos aproximats de la màquina de refrigeració, dels captadors solars i del muntatge de la xarxa de captadors han estat facilitats per l'empresa Ibersolar S. L. Els costos aproximats de la torre de refrigeració i dels acumuladors s'han obtingut dels costos que s'estimaren al document resultant de la "2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century". Realitzades a Grècia al 2007.

Els costos fixes diferencials dels diversos casos d'estudi es podrien aproximar a:

	Actual	Opció A	Opció B
Captadors	0	238500	238500
Maquinària	50190	89176	89176
Torre de refrigeració	0	15930	15930
Acumuladors	1200	18000	0
Muntatge captadors	0	40000	40000
<b>Total</b>	<b>51390</b>	<b>401606</b>	<b>383606</b>

Taula 22: Costos fixes inicials.

Font: elaboració pròpia a partir de dades d'Ibersolar S.L.



Amb aquesta aproximació queda palès el gran increment de costos que significa qualsevol opció proposada. Aquests costos, per si sols, poden fer inviable el sistema, doncs s'ha de tenir en compte, com ja s'ha indicat, que no estan comptabilitzats els costos totals de la instal·lació.

Actualment no hi ha cap línia de subvenció vigent per a la instal·lació. Però al realitzar una instal·lació d'aquest tipus cal tenir-les molt presents perquè l'ús d'energies renovables és un dels eixos de les polítiques energètiques actuals.

En un comunicat de la Generalitat realitzada el 22 de maig d'aquest any s'anuncien noves ajudes per a fomentar l'ús de fonts renovables per a la generació d'energia destinades a particulars i empreses. Aquestes noves subvencions comptaran amb el finançament del fons FEDER, del Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético (IDAE) i de l'ICAEN.

L'última línia de subvenció que afectaria a la instal·lació fou la que atorgava l'ICAEN per a instal·lacions d'aprofitament d'energia solar, que va finalitzar el seu termini al juliol del 2008. La quantitat màxima dels ajuts era del 37% del cost de referència que és de 1015 euros/Kw o 710,5 euros/m<sup>2</sup> de captadors solars.

S'han utilitzat aquests valors per tal d'estimar les subvencions en els casos estudiats, que en els quatre casos proposta serien de 119.876 euros.

El cost anual és el consum energètic d'electricitat i gas al llarg de l'any. El valor de l'electricitat ha estat facilitat pel SOTIM (Servei d'Oficina Tècnica i Manteniment) i és de 0,132 euros/Kwh.

El preu del gas s'ha extret a partir de les dades facilitades per l'empresa Gas Natural i es situa el preu entorn els 0,049 euros/Kwh.

Al no disposar de dades més concretes pel que fa al consum anual del sistema actual, s'ha obtingut el valor de les despeses elèctriques a partir del consum estimat en aquest projecte, fent impossible qualsevol avaluació i optimització d'aquest consum.

S'han calculat els beneficis que representen els sistemes de proposta pel que fa a l'estalvi dels costos anuals al llarg del temps. El càlcul s'ha realitzat a 20 anys. Ja que és el temps estimat de vida útil dels captadors solars i de les màquines usades.

Anys	inversió opció A	Inversió opció B	Beneficis A	Beneficis B
0	231540,6	213540,6		
1			9311,874	5909,766
2			18623,75	11819,53
3			27935,62	17729,3
4			37247,5	23639,06
5			46559,37	29548,83
6			55871,24	35458,59
7			65183,12	41368,36
8			74494,99	47278,12
9			83806,87	53187,89
10			93118,74	59097,66
11			102430,6	65007,42
12			111742,5	70917,19
13			121054,4	76826,95
14			130366,2	82736,72
15			139678,1	88646,48
16			148990	94556,25
17			158301,9	100466
18			167613,7	106375,8
19			176925,6	112285,5
20			186237,5	118195,3

Taula 23: anàlisi econòmic.

Font:Elaboració pròpia.

A partir d'aquestes dades, s'ha calculat el VAN (valor actual net), que permet aproximar el TIR (taxa interna de retorn) quan el valor del VAN és igual a zero. El TIR representa la taxa de beneficis que comporta l'acció realitzada; per tant, l'interès que s'obté de la inversió inicial realitzada. Amb el TIR es pot veure quan a un li resulta rentable fer aquella instal·lació, així normalment es veu com a beneficiós quan el TIR et dona un valor més gran que el que et donarien aquells diners a un interès concret.

$$VAN = \sum_1^{20} \frac{\text{beneficis}}{(1 + TIR)^{20}} - \text{inversió}$$



Amb els valors obtinguts no és possible obtenir un valor pel TIR, ja que els beneficis no compensen la inversió inicial realitzada. La qual cosa ens demostra que

econòmicament parlant no és rentable la instal·lació d'aquests sistemes. Per aquest fet, s'ha fet un nou anàlisi per saber a quin preu hauria d'anar l'energia elèctrica per a que el sistema fos rentable amb un valor mínim del TIR d'un 7%. S'ha trobat que el preu de l'electricitat hauria d'estar a l'entorn 0,55-0,56 euros/Kwh per l'opció A i entorn els 0,66 euros/Kwh per l'opció B.

Per tant l'opció menys desfavorable és la A.

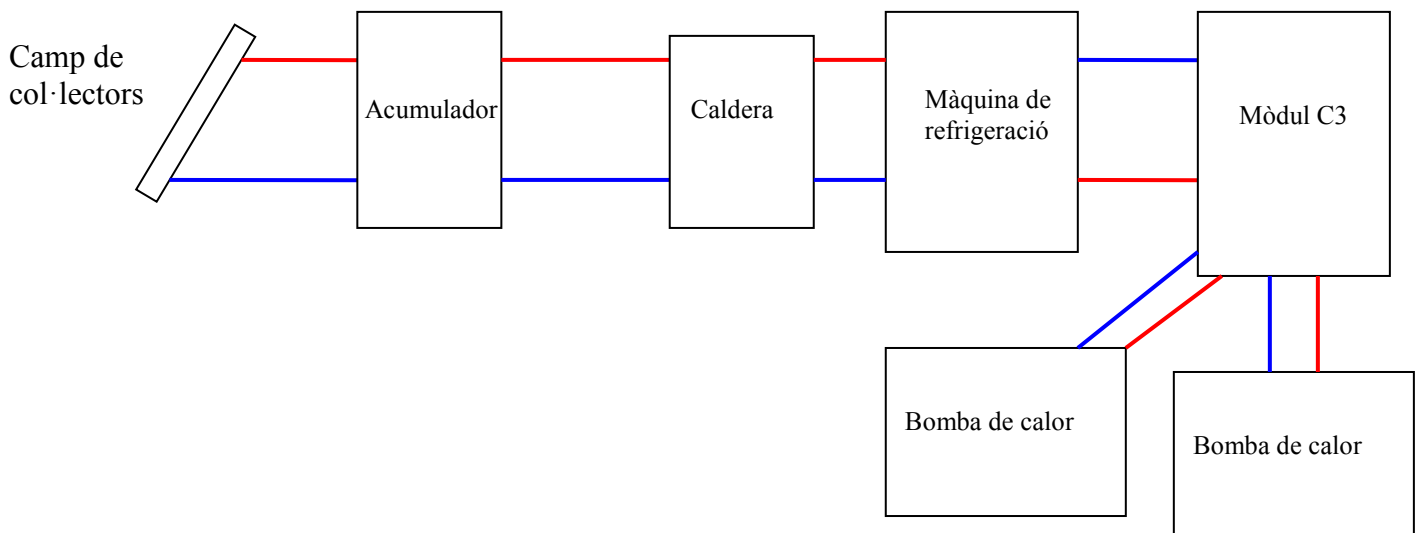


## 9. EL SISTEMA PROPOSTA DEFINITIU

A partir de les dades recollides en els capítols anteriors es pot extreure que la proposta de sistema més competitiu seria l'opció A. Ofereix un millor ajust econòmic i un estalvi d'emissions més alt.

Aquest sistema estaria format per un màquina de refrigeració LSMtron model LWM-W004, captadors de buit cpc-18, dues bombes de calor Aire-Aigua FERROLI model Neptuno 110, una caldera capaç de donar fins a 87,6 kw de potència, un o varis acumuladors col·locats en sèrie amb una capacitat total de 30 m<sup>3</sup>, i aerorefrigeradors amb una capacitat per dissipar fins a 415,81 kw.

Esquema de la instal·lació:





## **10. PLA DE SEGUIMENT**

Per tal de mantenir un bon funcionament al llarg del temps, definida la instal·lació total, caldria realitzar un Pla de Seguiment d'aquesta.

A priori i tal com marca el RITE (que també transposa aspectes inclosos en la directiva 2002/91 de la CE de l'eficiència energètica en edificis) cal marcar un procediment d'inspecció periòdica dels seus components.

Per a la caldera, les mesures de control han d'incloure:

- Consum de combustible.
- Consum d'aigua.
- Temperatura o pressió del fluid portador a entrada i sortida.
- Temperatura ambient de la sala de màquines.
- Temperatura dels gasos de combustió.
- Contingut de CO.
- Tiratge a la caixa de fums de la caldera.

Per a la màquina de refrigeració:

- Temperatura del fluid exterior a l'entrada i sortida de l'evaporador i del condensador.
- Pèrdua de pressió a l'evaporador i al condensador.
- Temperatura i pressió d'evaporació i condensació.
- Potència absorbida.

Aquestes mesures, tan per a la caldera com per a la màquina de refrigeració, s'han de realitzar com a mínim un cop al mes. En cas de disposar d'un sistema de gestió intel·ligent, les mesures es podran realitzar des de la centraleta de control.

Operacions de manteniment:

- Neteja de l'evaporador i del condensador. Un cop l'any.
- Drenatge i neteja del circuit de la torre de refrigeració. Dos cops l'any.
-



- Comprovació dels nivells de refrigerant i oli als equips frigorífics (màquina d'absorció)
- Neteja del circuit de fums de la caldera. Dos cops l'any.
- Comprovació de material refractari. Dos cops l'any.
- Comprovació d'estanqueïtat de tancament entre el cremador i la caldera. Un cop al mes.
- Revisió general de la caldera. Un cop l'any.
- Detecció de fugues a la xarxa de combustible. Un cop al mes.
- Comprovació dels nivells d'aigua als circuits. Un cop al mes.
- Comprovació d'estanqueïtat dels circuits de distribució. Un cop l'any.
- Comprovació d'estanqueïtat de les vàlvules d'intercepció. Dos cops l'any.
- Comprovació del tarat dels elements de seguretat. Un cop al mes.
- Revisió i neteja dels filtres d'aigua. Dos cops l'any.
- Revisió i neteja dels filtres d'aire. Un cop al mes.
- Revisió de les bateries d'intercanvi tèrmic. Un cop l'any.
- Revisió d'aparells d'humectació i refredament de calor. Un cop al mes.
- Revisió i neteja d'aparells de recuperació de calor. Dos cops l'any.
- Revisió d'unitats terminals aigua-aire. Dos cops l'any.
- Revisió d'unitats terminals de distribució d'aire. Dos cops l'any.
- Revisió i neteja d'unitats d'impulsió i retorn d'aire. Un cop l'any.
- Revisió d'equips autònoms. Dos cops l'any.
- Revisió de bombes i ventiladors, amb mesura de potència absorbida. Un cop al mes.
- Revisió de l'estat de l'aïllament tèrmic. Un cop l'any.
- Revisió del sistema de control automàtic. Dos cops l'any.
- Revisió del sistema de gestió. Dos cops l'any.

En cas de disposar d'un sistema de gestió intel·ligent, les mesures que inclogui el sistema, es podran realitzar des de la centraleta de control.

L'obligació del compliment de les revisions pertinents recau sobre el propietari de la instal·lació.

Caldrà tenir un registre de les operacions de manteniment on constin els resultats obtinguts.



## **11. CONCLUSIONS**

Tot i que en el sistema proposat definitiu s'estimen unes reduccions d'emissions de CO<sub>2</sub> entorn al 55% (evitant l'emissió d'unes 38 Tones/any), compta amb un gran desavantatge que fa perillar la viabilitat d'aquest. És l'elevada inversió inicial que s'ha de realitzar. Cal tenir en compte que en la comparativa econòmica no estan comptabilitzats els costos d'instal·lació del sistema complet ni els elements accessoris de la instal·lació que encareixen molt els projectes i que rebaixen significativament l'eficiència econòmica dels sistemes.

A ulls del demandant de la instal·lació, aquest fet pot tenir molt més pes que els avantatges a llarg termini. Aquests avantatges, en cap cas, fan rentable com a inversió econòmica la implantació del sistema de climatització solar.

S'ha de tenir en compte, també, que la realització del sistema de climatització amb base solar proposat, significaria l'ocupació total del taulat de la facultat de ciències en els seus mòduls C1 i C2, per tal d'instal·lar la xarxa de captadors solars. Aquest fet no permetria l'aprofitament de la teulada per altres elements i implicaria dificultats d'instal·lació addicionals.

La nova instal·lació també suposaria un increment en els costos addicionals pel manteniment, a l'introduir la torre de refrigeració. Aquest tipus d'elements estan sotmesos a una estricta legislació degut al risc de legionel·losi que suposen.

Tot això fa, que segons l'estudi, encara sigui difícilment instal·lable un sistema de climatització solar d'aquestes característiques per a un edifici com el mòdul C3.

Tot i el gran inconvenient que suposa la inversió inicial en el sistema proposat (que és el principal problema amb el que es troben, en general, tot tipus de sistemes d'aprofitament solars) hi ha diversos motius que fan pensar en que aquest tipus de sistemes, ja actualment i en un futur immediat, representen una bona alternativa als sistemes convencionals:

- La importància creixent de les emissions de CO<sub>2</sub> produïdes, han d'acabar repercutint en el sistema d'estimació de la seva equivalència econòmica. I es farà palesa la importància d'estalvis d'emissions tan elevats.



- Cal tenir en compte que l'estudi realitzat es basa en una adaptació del sistema a un edifici preexistent. Aspectes tan determinants com les necessitats tèrmiques de l'edifici i la quantitat d'energia solar disponible pel sistema, que han marcat el desenvolupament de la proposta, poden millorar significativament si ja es tenen en compte en el disseny de l'edifici, i no haver d'adaptar després l'edifici. Principalment donant especial rellevància als aspectes de disseny referents a l'aïllament de l'edifici i de la teulada.
- L'aplicació d'aquestes sistemes en edificacions amb requeriments energètics menors (principalment cases unifamiliars o similars) es troben més desenvolupats i compten amb sistemes específics enfocats a les seves necessitats (principalment en calefacció i obtenció d'aigua calenta sanitària). Fent més rendibles aquest tipus d'instal·lacions i fent disminuir molt significativament els costos.  
També es preveu una evolució i desenvolupament similar dels sistemes de refrigeració que permeten complementar-se amb els sistemes de calefacció solar; que els faci més competitius.
- L'augment del cost elèctric i de gas no han estat considerats. Conforme disminueixin les reserves disponibles de combustibles fòssils i es constati la fallida del sistema energètic global actual aquests augments poden ser de gran importància, fent més rentables aquests sistemes. Segons aquest estudi la implantació del sistema es consideraria una bona inversió des del punt de vista purament econòmic amb costos elèctrics iguals o superiors a 0,55 euros/Kwh. Cal recordar que Espanya és un dels països de la Comunitat Europea on les tarifes elèctriques són més baixes tot i tenir un dèficit energètic molt important.

Per tot això, tot i que el sistema proposat és de difícil implantació en les condicions actuals i els paràmetres proposats, sí que esdevé una alternativa a estudiar en noves construccions o remodelacions. I sobretot, aquest estudi és un indicador de les



possibilitats actuals i futures d'aquest tipus d'aplicacions com a inversió i alternativa de futur.

La Universitat, com a institució representativa i exemplificadora en l'àmbit del desenvolupament tecnològic, caldria que tingués en compte la introducció d'aquests tipus de sistemes i la investigació en aquest àmbit.

A causa dels alts costos inicials esmentats, les subvencions i facilitats de crèdit en aquest tipus d'instal·lacions són, a priori, una bona opció. La possibilitat de mantenir i millorar els ajuts que si destinen, per tal de facilitar la seva implantació, serien una bona mesura.

Cal esmentar el fet que no s'ha partit d'unes dades realment prou fiables, ja que el projecte de bomba de calor no és realista, ja que es fan uns càlculs de les necessitats tèrmiques sense especificar en cap moment com s'han fet i s'acaben trobant unes necessitats de fred i calor, que després no corresponen amb la instal·lació que hi ha, per la qual cosa es proposa de fer una revisió del projecte de la bomba, en especial pel que fa al càlcul de les càrregues tèrmiques. També és important remarcar, que per la realització del projecte s'han hagut d'estimar les hores en que funcionen les màquines de la instal·lació, ja que actualment no es disposa de cap estudi en que es tingui constància d'aquestes. Per aquests fets, creiem que es necessari fer una bona auditoria energètica de l'edifici de la facultat de ciències, en general. Ja que no serà mai possible la instal·lació de la millor climatització sense tenir unes bones dades de partida. Caldria conèixer ben bé quina és la transmissivitat de tots els materials que formen l'edifici, caldria realitzar un bon estudi de les inèrcies tèrmiques d'aquest i les hores de funcionament de la instal·lació. I un cop realitzat tot això revisar el que s'ha fet en aquest projecte a partir de les noves dades obtingudes.



## **12. Bibliografia:**

### **Llibres:**

*Energia solar tèrmica*. Rosas Casals, Martí et al. Edicions UPC. 1ª edició: 2001.

*RITE mas el resumen de normas UNE*. Edicions Ceysa. 3a edició, 2001

*Manual de aislamiento en la edificación*. Madrid : Isover : Roclaine, 1996

*Manual de aire acondicionado*. Carrier Air Conditioning Company. Barcelona ; México: Marcombo Boixareu, 1970.

*Solar engineering of thermal processes*. Duffie Beckam.

### **Documents:**

*La energia 2008*. Foro de la Industria Nuclear Española, 2008.

*La energia en espanya 2007*. Secretaria general de energia, 2007.

*Càlcul de la petjada ecològica a l'Escola Universitària Politècnica de Manresa*. Pere Busquets i Joan Jorge. UPC.

*2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century*, 2007.

*European research on solar-assisted air conditioning*. P. Lamp and F. Ziegler. IntJ. Refrig. Vol. 21, No. 2. 89-99, Elsevier Science Ltd, 1998.

*Refrigeración por absorción. Interés energético e impacto ambiental*. José María Cano. Energuía.

*Avaluació i implantació d'un sistema de climatització amb energia solar a la facultat de ciències de la UdG*.



*A review of absorption refrigeration technologies.* Pongsid Srihirin et al. Renewable and Sustainable Energy Reviews 5 (2001) 343–372.

*Cuaderno de documentación eléctrica.* Dirección de Comunicación y Relaciones Externas. Unesa, 2001

*Atlas de radiació a Catalunya.* Estudis monogràfics, 12. UPC, 2000.

*Una vision global del marco energético español. El debate nuclear y el futuro de las energías renovables.* Pedro Rivero Torre. UNESA. Asociación española de la industria eléctrica.

*Descripción del Sistema de Climatización Solar por Absorción y de la Red de Monitorización y Control de Edificio del CARTIF*  
M. Poncela Blanco et al. CARTIF, Parque Tecnológico de Boecillo.

*Refrigeración solar, estado y viabilidad.* ASIF: Asociación solar de la industria térmica.

*Energía solar en España. Estado y perspectivas.* IDAE, 2007.

*Jornada tècnica: Mercats energètics. Preus i evolució del mercat elèctric.*  
Factorenergia, 2009.

*Projecte d'instal·lació de la bomba de calor al mòdul c3 de la facultat de ciències.*

*Projecte constructiu del mòdul c1 i c2 de la facultat de ciències.*

*Projecte constructiu del mòdul c3 de la facultat de ciències.*

### **Institucions i empreses consultades:**

SOTIM (Servei d'Oficina Tècnica i Manteniment)

*Avaluació i implantació d'un sistema de climatització amb energia solar a la facultat de ciències de la UdG.*





Ibersolar S.L

Absorsistem S.L.

Ecoinnova Group.

**Webs:**

[www.censolar.com](http://www.censolar.com). Centro de Estudios de la Energía Solar.

[www.idae.es](http://www.idae.es). Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético

[www.icaen.cat](http://www.icaen.cat). Institut català de la energia.

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

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

[www.vidulsolar.es](http://www.vidulsolar.es)

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

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

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

[www.endesa.es](http://www.endesa.es)

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

[www.meteocat.cat](http://www.meteocat.cat)

[www.unesa.es](http://www.unesa.es)

[www.solarweb.net](http://www.solarweb.net)

[re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/radmonth.php?lang=es&map=europe](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/radmonth.php?lang=es&map=europe)

## ANNEXES

### ANNEX- 1

Posició del tancament i sentit del fluid de calor	Situació del tancament					
	De separació amb espai exterior o local obert			De separació amb un altre local, golfes o càmera d'aire		
	1/h <sub>i</sub>	1/h <sub>e</sub>	(1/h <sub>i</sub> +1/h <sub>e</sub> )	1/h <sub>i</sub>	1/h <sub>e</sub>	(1/h <sub>i</sub> +1/h <sub>e</sub> )
Tancament vertical o amb pendent sobre l'horitzontal >60° i flux horitzontal	0,13 (0,11)	0,07 (0,06)	0,20 (0,17)	0,13 (0,11)	0,13 (0,11)	0,26 (0,22)
Tancament horitzontal ≤ 60° i flux ascendent	0,11 (0,09)	0,06 (0,05)	0,17 (0,14)	0,11 (0,09)	0,11 (0,09)	0,22 (0,18)
Tancament horitzontal i flux descendent	0,20 (0,17)	0,06 (0,05)	0,26 (0,22)	0,20 (0,17)	0,20 (0,17)	0,40 (0,34)
Resistències tèrmiques superficials en m <sup>2</sup> h°C/kcal (m <sup>2</sup> °C/W)						

Taula 24: Coeficients superficials de transmissió de calor.

Font: Manual del aislamiento.

### ANNEX- 2

Material	Densitat aparent kg/m <sup>3</sup>	Conductivitat tèrmica λ	
		kcal/hm°C	W/m°C
<b>ROQUES I SÒLS NATURALS</b>			
Roques i terrenys			
-Roques compactes	2500-3000	3,00	3,50
-Roques poroses	1700-2500	2,00	2,33
-Sorra amb humitat natural	1700	1,20	1,40
-Sorra coherent humitat natural	1800	1,80	2,10
Argila	2100	0,80	0,93
-Sorra	1500	0,50	0,58
-Grava rodada	1700	0,70	0,81
-Escòria de carbó	1200	0,16	0,19
<b>Morters i formigó</b>			
Revestiments continus			
-Morters de calç	1600	0,75	0,87
-Morters de ciment	2000	1,20	1,40
-Guix	800	0,26	0,30
-Guix amb perlita	570	0,16	0,18



Formigons normals i lleugers			
-Formigó armat (normal)	2400	1,40	1,63
-Formigó amb àrids lleugers	600	0,15	0,17
-Formigó amb àrids silícics	600	0,29	0,34
-Formigó en massa amb grava normal:			
*amb àrids lleugers	1600	0,63	0,73
*amb àrids ordinaris	2000	1,00	1,16
-Formigó em massa amb argila expandida	500	0,10	0,12
Fàbrica de blocs de formigó			
-Amb totxo silicicalcaris massís	1600	0,68	0,79
-Amb totxo silicicalcaris perforat	2500	0,48	0,56
-Amb blocs buits de formigó	1000	0,38	0,44
Plaques o panels			
-Cartró-guix	900	0,16	0,18
-Formigó amb fibra de fusta	450	0,07	0,08
-Plaques de guix	800	0,26	0,30
Totxos i plaquetes			
-Fàbrica de totxo massís	1800	0,75	0,87
Fàbrica de totxo perforat	1600	0,65	0,76
Fàbrica de totxo buit	1200	0,42	0,49
-Plaquetes	2000	0,90	1,05
Vidre			
-Vidre pla per instal·lar	2500	0,82	0,95
Metalls			
-Fundició i acer	7850	50	58
-Coure	8900	330	384
-Bronze	8500	55	64
-Alumini	2700	175	204
Fusta			
-Fustes frondoses	800	0,18	0,21
-Fustes de coníferes	600	0,12	0,14
-Contraxapat	600	0,12	0,14
-Tauler aglomerat de partícules	650	0,07	0,08
Plàstics i revestiments de sòls			
-Moquetes	1000	0,04	0,05
Materials bituminosos			



-Asfalt	2100	0,60	0,70
-Làmines bituminoses	1100	0,16	0,17
Materials aïllants tèrmics			
-Argila expandida	300	0,073	0,085
-Aglomerat de suro UNE 5690	110	0,034	0,114
-Escuma elastomèrica	60	0,029	0,034
-Llana de vidre:			
*Tipus I	10-18	0,038	0,044
*Tipus II	19-30	0,032	0,037
*Tipus III	31-45	0,029	0,034
*Tipus IV	46-65	0,028	0,033
*Tipus V	66-90	0,028	0,033
*Tipus VI	91	0,031	0,036
-Llana mineral:			
*Tipus I	30-50	0,036	0,042
*Tipus II	51-70	0,034	0,040
*Tipus III	71-90	0,033	0,038
*Tipus IV	91-120	0,033	0,038
*Tipus V	121-150	0,033	0,038
-Perlita expandida	130	0,040	0,047
-Poliestirè expandit UNE 53310:			
*Tipus I	10	0,049	0,057
*Tipus II	12	0,038	0,044
*Tipus III	15	0,032	0,037
*Tipus IV	20	0,029	0,034
*Tipus V	25	0,028	0,033
-Polietilè reticulat	30	0,033	0,038
-Poliuretà conformat, escuma de			
*Tipus I	32	0,020	0,023
*Tipus II	35	0,020	0,023
*Tipus III	40	0,020	0,023
*Tipus IV	80	0,034	0,040
-Poliuretà aplicat <i>in situ</i> , escuma de			
*Tipus I	35	0,020	0,023
*Tipus II	40	0,020	0,023
-Urea formol, escuma de	10-12	0,029	0,034
-Vermiculita expandida	120	0,030	0,035
-Vidre cel·lular	160	0,038	0,044

Taula 25: Conductivitat tèrmica de diferents materials.

Font: Manual del aislamiento.



**ANNEX- 3**

Nom	Valor coeficient de transmissió (W/m <sup>2</sup> °C)
Vidre doble	3,37
Vidre senzill	5,23
Mur exterior I	0,4265
Mur exterior II	1,0699
Mur exterior III	2,82
Sostre interior	3,2608
Terra interior	1,2
Mur interior I	2,722
Mur interior II	1,33
Mur interior II	1,099
Teulat	0,3778
Forjats	1,2

*Taula 26: Valor dels coeficients de transmissió dels diferents tancaments de l'edifici.*

*Font: Elaboració pròpia*



## ANNEX 4

### PROJECTE : **Avaluació climatització solar**

Habitatge: UdG  
 Planta: Primera  
 Sala: **C3-133**  
 Superfície: 18 m<sup>2</sup>  
 Volum: 46 m<sup>3</sup>  
 Ocupació: 2 pers.

#### COEFICIENTS DE RADIACIÓ

Orientació	W/m <sup>2</sup>	Diferència de temperatura equivalent	Diferència de temperatura escollida
N	41	8,7 °C	10,0 °C
NE	41	10,4 °C	10,4 °C
E	41	11,5 °C	11,5 °C
SE	41	16,0 °C	16,0 °C
S	81	18,2 °C	18,2 °C
SO	394	17,6 °C	17,6 °C
O	453	14,9 °C	14,9 °C
NO	208	9,8 °C	10,0 °C
Horitz.	538	22,6 °C	22,6 °C

#### GUANYS SOLARS PER RADIACIÓ VIDRE

	Àrea	Radiació	Coef.	
E Vidre	1,20 m <sup>2</sup> x	41 W/m <sup>2</sup> x	0,8	39 W

#### GUANYS SOLARS + TRANSMISSIÓ TANCAMENTS EXTERIORS

#### CONDICIONS DE CàLCUL

15 hores JULIOL

	Temperatura	Humitat Realtiva	Humitat Absoluta
Exterior	35 °C	60%	21,6 gr/kg
Interior	25 °C	50%	9,5 gr/kg
Diferència	10 °C		12,1 gr/kg
Locals no climatitzats	30 °C		
Sales contigües	25 °C		

#### RENOVACIÓ D'AIRE

Per N <sup>o</sup> Renovacions	46 m <sup>3</sup>	0 ren/h	0 m <sup>3</sup> /h
Per ocupació	2 pers.	36 m <sup>3</sup> /hpers	72 m <sup>3</sup> /h
Per superfície	18 m <sup>2</sup>	4 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	64 m <sup>3</sup> /h
<b>Total</b>			<b>72 m<sup>3</sup>/h</b>

#### COEFICIENTS DE TRANSMISSIÓ

	Valors de U		Valors de U
Mur exterior	0,43	Coberta	3,26
Mur interior (15cm)	2,72	Vidre senzill	0,00
Paret interior (7cm)	0,00	Vidre Doble	4,00
Forjat	0,00	Porta exterior	0,00

39 W



	Àrea	U	$\Delta T$	
Mur	8,16 m <sup>2</sup> x	0 kcal/hxm <sup>2</sup> x	10 K	35 W
Vidre	1,20 m <sup>2</sup> x	4 kcal/hxm <sup>2</sup> x	10 K	48 W

83 W

**GUANYS TRANSMISSIÓ VIDRE + TANCAMENTS INTERIORS**

	Àrea	U	$\Delta T$	
Vidre	x	x	10 K	0 W
Mur interior	12,48 m <sup>2</sup> x	3 kcal/hxm <sup>2</sup> x	5 K	170 W
Sostre interior	17,75 m <sup>2</sup> x	3 kcal/hxm <sup>2</sup> x	5 K	289 W

459 W

**CALOR INTERN**

	Nº	Valor	
Persones	2 pers x	70 W/pers.	140 W
Enllumenat	0,2 kW x	1.000 W/KW	240 W

380 W

**CALOR SENSIBLE DE L'AIRE EXTERIOR**

	Cabal	$\Delta T$	Ce*Pe	
Aire Exterior	72 m <sup>3</sup> /h x	10,00 °C x 0'1 BF x	0,34	242 W

242 W

**TOTAL CALOR SENSIBLE**

**1.203 W**

**CALOR INTERN**

	Nº	Valor	
Persones	2 pers x	58 W/pers.	116 W
Màquines	2,0 kW x	100 kcal/hxm <sup>2</sup>	200 W

316 W

**CALOR LATENT DE L'AIRE EXTERIOR**

	Cabal	$\Delta HA$	Cnt.	
Aire Exterior	72 m <sup>3</sup> /h x	12,10 gr/kg x	0,84	729 W

729 W

**TOTAL CALOR LATENT**

**1.046 W**

**CALOR TOTAL**

**2.248 W**



**ANNEX-5**

Hora solar centesimal	Irradiància global (W/m <sup>2</sup> )
5,63	28
5,88	44
6,13	65
6,38	96
6,63	130
6,88	166
7,13	204
7,38	242
7,63	280
7,88	318
8,13	355
8,38	390
8,68	424
8,88	456
9,13	486
9,38	513
9,63	539
9,88	562
10,13	583
10,38	601
10,63	617
10,88	630
11,13	640
11,38	648
11,63	654
11,88	656
12,13	656
12,38	654
12,63	648
12,88	640
13,13	630
13,38	617
13,63	601





13,88	583
14,13	562
14,38	539
14,63	513
14,88	486
15,13	456
15,38	424
15,63	390
15,88	355
16,13	318
16,38	280
16,63	242
16,88	204
17,13	166
17,38	130
17,63	96
17,88	65
18,13	44
18,38	28

Taula 27: Evolució de la irradiància a 42° al mes d'abril.

Font: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/sunradcalc.php?1>

## ANNEX-6

### Característiques dels diversos models de plaques estudiats:

Model	rendiment òptic %	coef. de pèrdues	coef. Pèrdues quadràtic
Isotemper plus	77,3	3,243	0,014
Vidulsolar 2.0	71,9	4,158	0,012
Vidulsolar 2.8	78,5	4,041	0,014
Gaskol Sunnysol	70,6	4,074	0,017
Gaskol Sunnysolup	80,2	3,553	0,011
op-v210	70	5,02	0,028
ops-v210	78,6	3,62	0,021
Roth r1*	64,5	1,016	0,0122
cpc 12 i cpc 18*	64,2	0,885	0,001
* Models de captadors de tub de buit (heat pipe)			

Taula 28: Els coeficients de rendiment segons model de placa.

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades facilitades pels fabricants



## ANNEX-7

Hora	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
1	6,4	7,2	9	11	14,8	18,3	21,5	22	17,8	14,2	10,2	7,5
2	6,1	6,9	8,5	10,5	14,3	17,8	20,9	21,5	17,4	13,9	9,9	7,3
3	5,9	6,5	8,2	10	13,9	17,4	20,4	21,	17	13,6	9,7	7,1
4	5,6	6,3	7,8	9,7	13,5	17	20	20,7	16,6	13,3	9,5	6,9
5	5,5	5,9	7,5	9,3	13,2	16,6	19,6	20,3	16,3	13,1	9,3	6,7
6	5,3	5,7	7,3	9,1	13	16,5	19,5	20,1	16,1	12,9	9,1	6,5
7	5,2	5,4	7,1	9,1	13,2	16,7	19,6	20,1	16	12,7	9	6,4
8	5,2	5,4	7,6	9,6	14,1	17,8	20,6	20,6	16,3	13	9	6,4
9	5,5	6,2	9,4	11,1	16	19,6	22,5	22,2	17,4	14,2	9,8	6,6
10	6,7	8,1	11,6	13,2	18	21,6	24,7	24,3	19,3	15,9	11,4	7,9
11	8,5	10,1	13,6	15,1	19,8	23,2	26,5	26,2	21,2	17,7	13,3	9,7
12	10,4	12,2	15,4	16,7	21,1	24,3	27,9	27,7	22,8	19,3	15	11,3
13	11,8	13,8	16,5	17,8	22	25	28,6	28,7	23,9	20,4	16,1	12,4
14	12,7	14,7	17,1	18,4	22,4	25,3	29	29,2	24,5	20,9	16,7	13,2
15	13,2	15,1	17,2	18,6	22,5	25,3	29	29,2	24,7	20,9	16,8	13,5
16	13,1	14,9	16,9	18,5	22,4	25,2	28,9	29,1	24,5	20,6	16,4	13,1
17	12,2	14,2	16,2	18,1	22	24,9	28,6	28,7	24	19,8	15,3	12,1
18	10,8	12,8	15,2	17,5	21,5	24,5	28,1	27,9	23,3	18,7	14	10,8
19	9,6	11,3	13,7	16,4	20,7	23,8	27,2	27	22,2	17,6	13	9,9
20	8,8	10,2	12,4	15,2	19,6	22,8	26,2	25,9	21,1	16,6	12,3	9,3
21	8,2	9,4	11,5	13,9	18,2	21,6	24,8	24,7	20,1	16	11,7	8,8
22	7,7	8,7	10,8	13	17,1	20,4	23,7	23,8	19,3	15,4	11,2	8,4
23	7,2	8,1	10,1	12,3	16,2	19,6	22,8	23,1	18,7	14,9	10,8	8
24	6,8	7,6	9,6	11,6	15,6	19	22,2	22,5	18,2	14,5	10,4	7,7

Taula 29 : Evolució de les temperatures per un dia característic de cada mes a la subzona 5

Font: Monogràfic 14 ICAEN.

## ANNEX-8

### Càlcul de la potència necessària per l'aigua calenta a la màquina de refrigeració

$$P = m * C_e * \Delta T / 3600$$

On:

*Avaluació i implantació d'un sistema de climatització amb energia solar a la facultat de ciències de la UdG.*



M= cabal màssic.

$C_e$ = calor específic.

$\Delta T$ = salt de temperatures.

3600: factor de conversió d'hores a segons.

$$P = 10800 \text{ kg/h} * 4,18 * \text{kJ/kg} * K * 15K / 3600 = 188,1 \text{ kW}$$

## ANNEX-9

### Càlcul de la distància entre les plaques i obstacles construïts i altres plaques:

Aquest càlcul es realitza perquè hi ha certs objectes que poden fer ombra a les plaques, o es poden fer ombra entre elles mateixes i, per tant, no funcionar bé. És un aspecte molt important a tenir en compte en les instal·lacions.

1.-Càlcul entre objectes i les plaques:

$$d = 1,732 * a$$

On:

d: distància entre la primera fila de col·lectors i l'obstacle.

a: Alçada de l'obstacle.

$$d = 1,732 * 3,46 \text{ m}$$

2.-Càlcul de la distància entre files:

$$d = k * h$$

d: distància entre files.

k: coeficient de separació entre files de plaques. (taula 35)

h: alçada del col·lector.



Inclinació (°)	20	25	30	35	40	45	50	55
Coefficient k	1,532	1,638	1,732	1,813	1,879	1,932	1,970	1,992

Taula 30: variació del coeficient de separació segons inclinació. Elaboració pròpia.

$$d = 1,9002 * 2,08m = 3,95m$$

### ANNEX-9

#### Càlcul de les hores en que hi ha incidència d'energia solar

Per aquest càlcul cal tenir varis conceptes clars com són l'angle horari, que es defineix com a 0 en el moment del migdia solar i augmenta de 15° en 15° per cada hora que resti per arribar al migdia solar i disminueix de 15° en 15° per cada hora que passi del migdia solar. També cal saber quin és el concepte d'altitud solar, que és l'angle que forma el Sol entre la línia que passa pel punt en concret i el Sol, i la línia que passa pel punt i és tangent a la superfície terrestre. La latitud que és la situació del punt respecte l'equador en graus i la declinació que és l'angle entre l'Equador terrestre i el pla orbital marcat per la línia Sol-Terra que vari al llarg de l'any.

Tots aquests angles estan relacionats mitjançant la relació:

$$\sin \alpha_s = \sin \phi * \sin \delta + \cos \phi * \cos \omega$$

On:

$\alpha_s$ : altitud solar.

$\Phi$ : latitud.

$\delta$ : declinació.

$\omega$ : angle horari.

Mitjançant aquesta equació i sabent que l'angle d'altitud solar és de 20 graus, que la latitud és de 41,38°, i que la declinació varia al llarg de l'any (Veure taula 38) es pot trobar l'angle horari.



Mes	Declinació
Gener	-20,92
Febrer	-12,95
Març	-2,42
Abril	9,41
Maig	18,79
Juny	23,09
Juliol	21,18
Agost	13,45
Setembre	2,22
Octubre	-9,60
Novembre	-18,91
Desembre	-23,05

Taula 31: Declinació segons mes.

Font: Elaboració pròpia.

Un cop ja se sap l'angle horari, aquest es dividit per 15 per saber quantes hores falten o passen per arribar al migdia solar. I després d'això només cal sumar o restar les hores que trobem a les 12 per saber l'hora solar en que es començarà o s'acabarà la radiació solar a les plaques. (Veure taula 32)



Mes	$\alpha_s$ (°)	$\omega$ (°)	$\omega/15$	Hora solar en la que comença a incidir el Sol	Hora solar en la que el Sol deixa d'incidir
Gener	20	34,4	2,3	9h 42m	14h 17m
Febrer	20	47,9	3,2	8h 48m	15h 11m
Març	20	60,4	4,0	7h 58m	16h 1m
Abril	20	71,6	4,8	7h 13m	16h 46m
Maig	20	79,5	5,3	6h 41m	17h 18m
Juny	20	83,1	5,5	6h 27m	17h 32m
Juliol	20	81,5	5,4	6h 33m	17h 26m
Agost	20	75,1	5,0	6h 59m	17h 0m
Setembre	20	65,0	4,3	7h 39m	16h 20m
Octubre	20	52,3	3,5	8h 30m	15h 29m
Novembre	20	38,4	2,6	9h 26m	14h 33m
Desembre	20	29,5	2,0	10h 1m	13h 58m

Taula 32: Càlcul d'hora d'incic i final de l'incidència solar:

Font:Elaboració pròpia

A partir, d'això per saber quina serà l'hora oficial, cal tenir en compte la relació entre el temps solar veritable i l'hora oficial, mitjançant la següent equació:

$$\text{Hora oficial} = \text{TSV} + \varepsilon - \text{ET} - \frac{1}{15} * (\lambda_0 - \lambda)$$

On:

TSV: temps solar veritable.

$\varepsilon$ : correcció eventual d'estiu (2 hores, d'abril a octubre) o d'hivern (1 hora, de novembre a març).

ET: és una correcció que depèn del dia de l'any.

$1/15 * (\lambda_0 - \lambda)$ : és la correcció que s'afegeix per efectes de la longitud del lloc en qüestió respecte de la del meridià de referència.