

Treball de Fi de Grau

## **Grau en Tecnologies Industrials**

# **Estudi energètic de les instal·lacions d'aigua calenta sanitària i climatització de les piscines amb energia solar al Poliesportiu Municipal de Cerdanyola**

**MEMÒRIA**

**Autor:** Carlos Vozmediano  
**Director:** Xavier Escaler  
**Convocatòria:** Gener 2017



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



## Resum

En el present projecte s'ha dut a terme un estudi energètic de les instal·lacions d'aigua calenta sanitària (ACS) i climatització de les piscines del Poliesportiu Guiera, situat a Cerdanyola del Vallès, procedint posteriorment al dimensionat d'un sistema de captació d'energia solar.

Sabent que l'any 2006 es va regularitzar que un % de la demanda d'aquestes dues instal·lacions havia de ser aportada mitjançant energia solar, s'ha realitzat un anàlisi exhaustiu dels requeriments energètics d'ambdues fent ús de dades estipulades en la normativa i d'altres subministrades pel director del Poliesportiu. A partir dels resultats obtinguts s'ha procedit al dimensionament de la instal·lació solar i s'ha examinat la idoneïtat de la implantació d'aquest sistema tant a nivell de mediambiental com econòmic.

La secció HE 4 del Document Bàsic referent a l'estalvi d'energia del Codi Tècnic d'Edificació, CTE, exigeix la contribució solar mínima per a la producció d'ACS i climatització de piscines en:

- a) Edificis existents en els quals es reformi íntegrament l'edifici en sí o la instal·lació tèrmica, o en els quals es produeixi un canvi d'ús característic del mateix, en els que existeixi una demanda d'ACS superior a 50 litres/dia.
- b) Ampliacions o intervencions, no cobertes en el punt anterior, en edificis existents amb una demanda inicial d'ACS superior a 5.000 litres diaris, que suposin un increment superior al 50% de la demanda inicial.
- c) Climatitzacions de: piscines cobertes noves, piscines cobertes existents en les que es renovi la instal·lació tèrmica o piscines descobertes existents que passin a ser cobertes.

Per tant, el present projecte pretén ser d'utilitat si en un futur el Poliesportiu estigués subjecte a algun d'aquests àmbits que exigís la instal·lació d'un sistema d'energia solar.

Finalment s'ha corroborat la rendibilitat econòmica que ofereix a llarg termini un projecte fonamentat en l'ús d'energies renovables, a més del gran benefici mediambiental que comporten respecte altres fonts d'energia.



# Sumari

<b>RESUM</b>	<b>2</b>
<b>SUMARI</b>	<b>4</b>
<b>1. NOMENCLATURA</b>	<b>7</b>
<b>2. PREFACI</b>	<b>9</b>
2.2. Origen del projecte.....	9
2.3. Motivació .....	9
2.4. Requeriments previs .....	10
<b>3. INTRODUCCIÓ</b>	<b>11</b>
3.1. Identificació .....	11
3.1.1. Descripció del projecte .....	11
3.1.2. Emplaçament de la instal·lació .....	11
3.2. Objecte .....	11
3.3. Abast .....	11
<b>4. DESCRIPCIÓ D'UNA INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA</b>	<b>12</b>
<b>5. NORMATIVA</b>	<b>17</b>
<b>6. DADES CONSIDERADES PER A L'ESTUDI</b>	<b>19</b>
6.1. Descripció de l'àmbit.....	19
6.2. Programa funcional.....	19
6.3. Dades geogràfiques i climatològiques.....	20
<b>7. CÀLCUL DE CONSUMS</b>	<b>21</b>
7.1. Càlcul del consum en ACS.....	21
7.2. Càlcul del consum en piscines .....	25
7.2.1. Pèrdues de calor en l'aigua del vas.....	26
7.2.2. Manteniment de la temperatura del recinte.....	30
7.2.3. Resum demanda energètica piscines .....	37
<b>8. INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA</b>	<b>38</b>
8.1. Energia procedent del sol .....	38
8.2. Radiació solar mitjana.....	38
8.3. Correcció de la radiació solar mitjana .....	38
8.4. Radiació solar efectiva .....	39
8.5. Aportació d'energia solar .....	41

8.6.	Rendiment del captador.....	42
8.7.	Número de captadors .....	46
8.7.1.	Captadors per cobrir ACS .....	46
8.7.2.	Captadors per cobrir climatització piscines .....	47
8.8.	Resum càlculs de producció solar .....	48
<b>9.</b>	<b>PLANIFICACIÓ TEMPORAL</b> .....	<b>50</b>
9.1.	Diagrama de Gantt.....	50
<b>10.</b>	<b>ESTUDI ECONÒMIC</b> .....	<b>51</b>
10.1.	Avaluació econòmica .....	51
10.1.1.	Estalvi energètic .....	51
10.2.	Pressupost del projecte .....	55
<b>11.</b>	<b>ANÀLISI D'IMPACTE AMBIENTAL</b> .....	<b>56</b>
11.1.	Emissions de CO <sub>2</sub> .....	56
11.1.1.	Comparativa d'emissions de CO <sub>2</sub> .....	58
11.2.	Impacte ambiental en l'execució del projecte.....	59
<b>CONCLUSIONS</b>	.....	<b>60</b>
<b>AGRAÏMENTS</b>	.....	<b>62</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	.....	<b>63</b>
	Referències bibliogràfiques .....	63
<b>ANNEXES</b>	.....	<b>65</b>
	Annex 1:Vitosol 200-T .....	65
	Annex 2: Panell coberta sandwich .....	69



# 1. Nomenclatura

En aquest apartat s'exposen els signes, símbols, abreviatures i acrònims que es troben en el text de la memòria per tal de conèixer el seu significat.

- ACS: Aigua calenta sanitària
- $C_e$  : Calor específica de l'aigua [cal/g·K]
- $C_{e,aire}$ : Calor específic de l'aire [J/kg·K]
- CH<sub>4</sub>: Metà
- CO<sub>2</sub>: Diòxid de carboni
- CTE: Codi tècnic d'edificació
- $C_v$ : Calor de vaporització de l'aigua [Wh/kg]
- e: Gruix d'aïllant [m]
- $E_{aport, anual}$  : Energia aportada pel sol anualment [kWh/any]
- $E_{dem, anual}$  : Energia demandada anualment [kWh/any]
- $E_p$ : Energia solar captada [kWh]
- $E_u$ : Energia útil [kWh]
- $G_a$ : Grau de saturació
- H: Radiació solar mitjana sobre una superfície horitzontal [kWh/m<sup>2</sup>·dia]
- $H_{corr}$ : Radiació solar mitjana corregida [kWh/m<sup>2</sup>·dia]
- HFC: Fluorocarburs
- HR: Humitat relativa [%]
- I: Intensitat radiant [W/m<sup>2</sup>]
- IVA: Impost sobre el valor afegit
- K: Factor corrector de latitud i inclinació del captador
- ktep: Quilo tona equivalent de petroli
- $M_e$ : Massa d'aigua evaporada [kg/h]
- n: Número de nedadors per m<sup>2</sup> de superfície de làmina d'aigua
- N: Número d'espectadors
- N<sub>2</sub>O: Òxid nitrós
- $P_{vs}$ : Pressió de saturació del vapor [Pa]
- Q: Caudal d'aire per persona [dm<sup>3</sup>/s]
- $Q_e$ : Pèrdues per evaporació [kW]
- $Q_r$ : Pèrdues per renovació [kW]
- $Q_t$ : Pèrdues per transmissió [kW]
- $R_{at}$ : Resistència aïllament tèrmic [m<sup>2</sup>·K/W]
- RITE: Reglament d'instal·lacions tèrmiques en els edificis
- S: Superfície [m<sup>2</sup>]
- $S_{capt}$ : Superfície de captació [m<sup>2</sup>]
- $T_a$ : Temperatura ambient [°C]
- $T_{ag}$ : Temperatura de l'aigua de la piscina [°C]
- $T_{ex}$ : Temperatura exterior al tancament [°C]
- $T_m$ : Temperatura mitjana del fluid termòfor [°C]
- $T_r$ : Temperatura de l'aigua de renovació [°C]
- U: Transmissió tèrmica [W/m<sup>2</sup>·K]

- $U_0$ : Factor de conversió [%]
- $U_1$ : Coeficient de pèrdua  $k_1$  [ $W/m^2 \cdot K$ ]
- $U_2$ : Coeficient de pèrdua  $k_2$  [ $W/m^2 \cdot K$ ]
- $V_r$ : Volum de renovació mitjà horària [ $m^3/h$ ]
- $W_{as}$ : Humitat absoluta de l'aire saturat a la temperatura de l'aire interior [ $kg$  aigua/ $kg$  aire sec]
- $W_e$ : Humitat absoluta de l'aire saturat a la temperatura de l'aigua [ $kg$  aigua/ $kg$  aire sec]
- $\rho$ : Densitat de l'aigua [ $kg/m^3$ ]
- $\rho_a$ : Densitat aire [ $kg/m^3$ ]
- $\lambda$ : Coeficient de transmissió [ $W/m \cdot K$ ]
- $\eta$ : rendiment del captador



## 2. Prefaci

### 2.2. Origen del projecte

L'autor del projecte és un client habitual del Poliesportiu on es s'ha fet l'estudi energètic. Coneixent les dificultats econòmiques per a mantenir aquestes instal·lacions i parlant amb els treballadors sorgeix el tema de l'abastiment d'una part de la demanda energètica mitjançant energia solar. D'aquí la decisió de dur a terme aquest projecte com a treball de fi de grau.

### 2.3. Motivació

La motivació del projecte neix en l'interès per l'evolució de les energies renovables. Un país com Espanya pobre en recursos energètics, sobretot per la carència d'hidrocarburs líquids i gasos i la mala qualitat del carbó existent; que ha condemnat tradicionalment al sistema energètic nacional a una situació de dèficit i dependència exterior, ha d'explotar les fonts d'energia renovable.

La següent taula mostra la producció nacional d'energia fent ús de diferents fonts.

Font d'energia	Producció 2008 (ktep)	Producció 2014 (ktep)	Producció 2015 (ktep)	Tassa variació 14/15 (%)
Carbó	4374	1628	1202	-26,1
Petroli	127	311	236	-23,9
Gas natural	14	21	54	160,2
Nuclear	15368	14934	14927	0
Hidràulica	2004	3369	2397	-28,97
Eòlica, solar y geotèrmica	-	7599	7476	-2
Biomassa, biocarburants i residus	-	6668	7014	5,2
<b>TOTAL</b>	<b>30824</b>	<b>34529</b>	<b>33306</b>	<b>-3,5</b>

Taula 1: L'energia en Espanya [1]

No és cap secret que el govern no té gaire interès en les instal·lacions de plaques solars per l'autoconsum. D'aquí decrets com el Real Decret sobre l'autoconsum, més conegut com l'impost al sol, que va entrar en vigor fa poc més d'un any, en el qual es cita que les instal·lacions solars per sota dels 100 kW de potencia per l'autoconsum podran abocar a la xarxa l'energia sobrant de la producció però sense cobrar-la ni poder recuperar-la posteriorment. A més el ministre d'indústria, energia i turisme feia èmfasi en la necessitat de que l'autoconsumidor que segueixi connectat a la xarxa contribueixi als costos del sistema.

I és que la factura elèctrica de tots els consumidors es desglossa en tres conceptes: uns peatges per pagar els costos regulats, el consum d'energia i impostos. En el cas dels autoconsumidors els costos es divideixen en dos. En la part que consumeixen de la xarxa paguen igual que la resta d'usuaris però per la part que autoconsumeixen la cosa canvia. No s'ha d'abonar el cost de l'energia - que han produït ells mateixos - ni els impostos corresponents però sí que han de pagar unes despeses similars als peatges per contribuir a tots els costos del sistema.

Tot i això cert és que en l'any 2006 el govern va aprovar el Codi Tècnic d'Edificació, CTE, el qual té com objectiu principal aconseguir edificis més eficients i segurs.

## **2.4. Requeriments previs**

Per dur a terme el present projecte han estat necessaris conceptes de mecànica de fluids i de transferència de calor i saber procedir en la recerca de normatives a les que s'estava subjecte en tot moment.

## **3. Introducció**

### **3.1. Identificació**

#### **3.1.1. Descripció del projecte**

Implantació d'energia solar tèrmica per a la producció d'aigua calenta sanitària, ACS, i climatització de les piscines al Poliesportiu Guiera de Cerdanyola del Vallès.

#### **3.1.2. Emplaçament de la instal·lació**

L'edifici del present projecte es troba ubicat a l'avinguda de Guiera, 6, de Cerdanyola del Vallès, província de Barcelona.

### **3.2. Objecte**

El present projecte té per objecte la definició de les característiques de la instal·lació solar tèrmica de l'edifici per usos esportius ubicat a l'avinguda Guiera, 6, de Cerdanyola del Vallès. Així mateix es descriuen les instal·lacions i les seves característiques amb la finalitat de garantir una qualitat pels usuaris finals alhora que es redueix la factura energètica del Poliesportiu.

### **3.3. Abast**

En el projecte s'estudiarà i es definirà el nombre de captadors solars necessaris per a complir la fracció solar mínima que marca la normativa. Queda fora d'abast procedir amb l'estudi corresponent a la instal·lació d'aquests.

Així mateix l'abast del projecte es podria definir amb els següents punts:

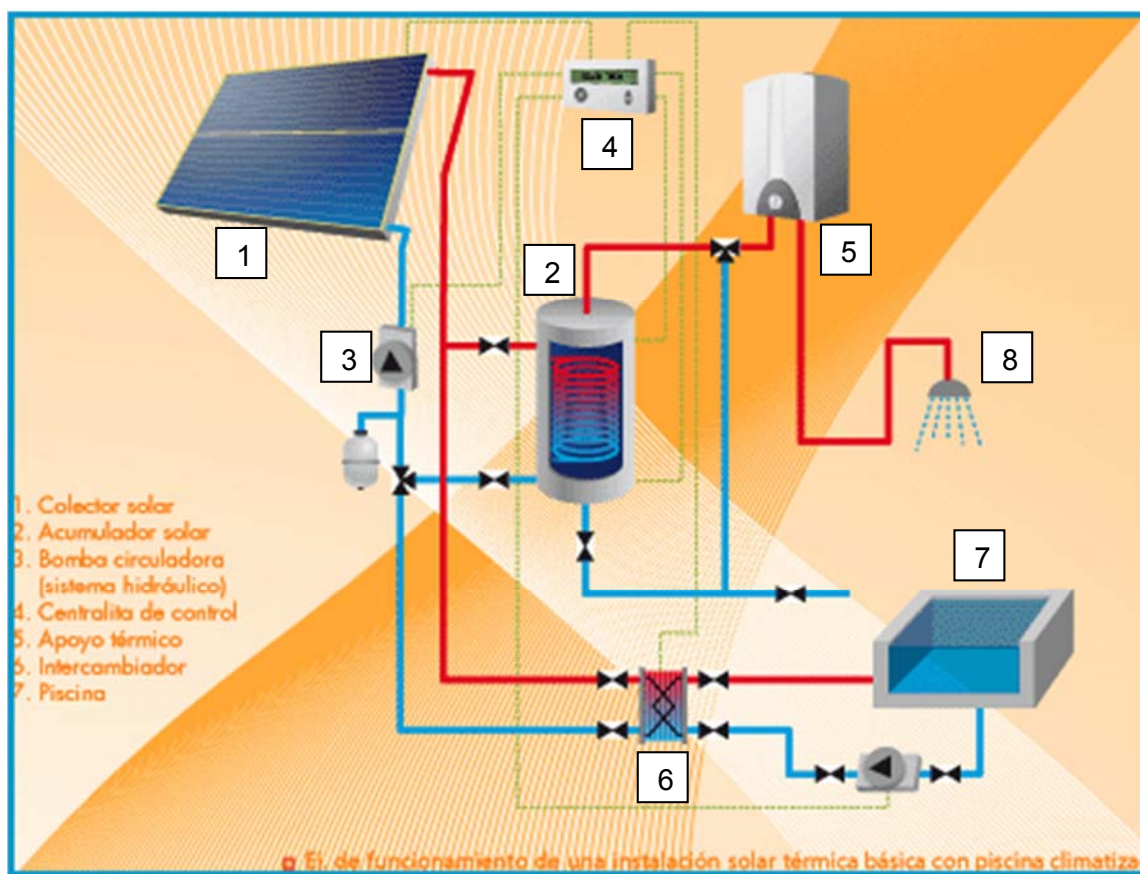
- Estudi de la situació regulativa espanyola. Extreure la informació necessària per dissenyar la instal·lació solar dins dels marcs establerts a la normativa.
- Estimar la demanda d'ACS i de climatització de les piscines.
- Descriure els components que conformen la instal·lació.
- Dimensionar el nombre de captadors solars.
- Fer un estudi econòmic on es mostri la rendibilitat econòmica de la instal·lació.

## 4. Descripció d'una instal·lació solar tèrmica

- **Definició:**

Una instal·lació solar tèrmica està constituïda per un conjunt de components encarregats de realitzar les funcions de captar energia solar, transformar aquesta en energia tèrmica cedint-la a un fluid de treball i per últim emmagatzemar-la de forma eficient en un dipòsit per a poder fer-ne després ús en els punts de consum.

A continuació es mostra un esquema simplificat dels components més significatius en una instal·lació solar tèrmica per ACS i climatització d'una piscina.



Il·lustració 1: Esquema d'instal·lació solar

- |                                     |                     |
|-------------------------------------|---------------------|
| 1: Captador solar                   | 5: Sistema auxiliar |
| 2: Acumulador                       | 6: Intercanviador   |
| 3: Grup de bombeig i vas d'expansió | 7: Piscina          |
| 4: Dispositiu de control            | 8: ACS              |

## 1. Col·lector solar

És l'element principal de qualsevol sistema d'energia solar tèrmica. Té com a missió captar l'energia solar incident i transmetre-la en forma de calor al fluid termòfor. El funcionament d'aquest es basa en l'efecte hivernacle. El vidre actua com filtre per certes longituds d'ona de llum solar, deixa passar fonamentalment la llum visible i és menys transparent amb les ones infraroges de menor nivell d'energia.

El sol incideix sobre el vidre del col·lector, que com s'ha comentat és transparent a la longitud d'ona de la radiació visible, deixant passar la major part d'energia. Aquesta calenta la placa col·lectora la qual es converteix en emissora de radiació en ona llarga (infrarojos). Però com el vidre és molt opac per aquestes longituds d'ona, entra més energia de la que surt i el recinte de la caixa es calenta per sobre de la temperatura exterior.

La placa col·lectora té uns tubs pels que circula un fluid termòfor que es calenta i transporta l'energia tèrmica.

El rendiment dels col·lectors depèn de varis factor. Naturalment de la insolació (hores de sol i situació geogràfica) i de la bona col·locació del col·lector (inclinació, orientació i absència d'ombres). Cal remarcar que tot i que la caixa estigui aïllada tèrmicament té pèrdues cap a l'exterior, pèrdues que augmenten quan més freda és la temperatura de l'ambient i quan major sigui la temperatura del fluid termòfor (major diferència de temperatures), per la qual cosa millora el rendiment quan menor sigui la temperatura de treball. També a major temperatura de la placa captadora, més energètica serà la seva radiació i més transparent serà el vidre davant d'ella, disminuint per tant l'eficiència del col·lector.

Un altre tema a destacar es que sempre es parteix d'un captació col·lectiva ocupant un espai comú en la construcció, preferiblement a la coberta de l'edifici, així s'eviten ombres.



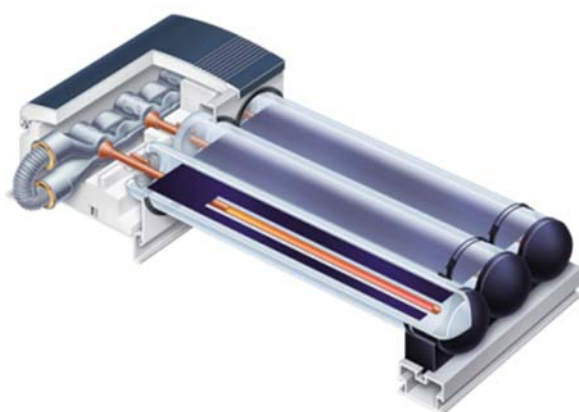
Il·lustració 2: Col·lector de tubs de buit model Vitosol 200-T SP2A

En el present projecte s'han escollit els col·lectors de tubs de buit com a elements captadors ja que aquests poden escalfar el fluid a grans temperatures i tenen una major eficiència. El tipus de captador de tub de buit de flux directe és el que més s'adapta als requeriments arquitectònics de la present instal·lació. Té una bona relació qualitat preu i permet la seva instal·lació en cobertes no orientades directament cap al sud ja que cada un dels tubs del col·lector es pot orientar independentment.

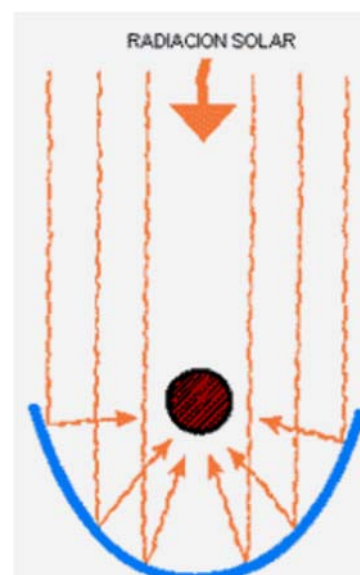
Cada col·lector de tub de buit consisteix en la disposició de tubs en línies paral·leles formades per un tub exterior i un altre interior o d'absorció. Està cobert mitjançant una capa que absorbeix l'energia solar, inhibint la pèrdua per radiació. A l'evacuar l'aire i fer el buit en l'espai entre tubs, s'eviten les pèrdues per convecció i conducció. Dins es troba l'absorbidor, en general format per una superfície metàl·lica, generalment de coure, tractada de forma selectiva i que capta l'energia solar i la cedeix al fluid termòfor que circula per l'interior.

Les propietats aïllants del buit permeten reduir al mínim la dispersió de calor a l'exterior i mantindrà un bon rendiment inclús quan la temperatura exterior és baixa.

El col·lector de tubs de buit es basa en el principi de concentració (veure il·lustració 3). La radiació arriba a una superfície reflectant corba en la qual els rajos són projectats cap a la part central que, al concentrar-se, arriba a una temperatura elevada. El fluid termòfor circula pels tubs cilíndrics i condueix el fluid fins a l'intercanviador de calor que es troba en el dipòsit acumulador d'aigua, aïllat tèrmicament. Mentre aquest circula pel serpentí cedeix el calor a l'aigua destinada al consum.



Il·lustració 4: Col·lector Vitosol 200-T SP2A



Il·lustració 3: Esquema de principi de concentració de rajos solars

## 2. Acumulador

El sistema d'acumulació és necessari ja que les necessitats de calor no coincideixen sempre amb les hores de radiació solar, fent necessari un acumulador per poder emmagatzemar el calor proporcionat pels captadors solars. S'ha d'emmagatzemar l'energia tèrmica obtinguda en els moments que hi hagi més radiació solar i que la demanda sigui baixa per poder cobrir la demanda en períodes on la radiació sigui menor o insuficient. L'acumulador solar adapta la demanda d'energia a la disponibilitat solar.

La radiació solar és una font d'energia que no es pot controlar, la seva producció arriba de forma continuada durant una mitjana de 12h diàries, obtenint entre 1400 i 1800 kWh anuals per metre quadrat de superfície. Per cada metre quadrat s'obté l'energia equivalent a cremar entre 165 i 200 litres de gasoil. Els perfils de consum de les instal·lacions varien en funció de l'ús, en instal·lacions d'ACS existeixen dos o tres pics de consum al dia, mentre que la demanda de climatització comença sobretot a partir de les 12 del migdia i la seva demanda es produeix de forma més constant al llarg del dia. Per poder acoblar la producció obtinguda del sistema solar amb el consum serà necessari un sistema d'acumulació d'energia solar.

Com es pot veure a la *il·lustració 5* l'acumulador és un dipòsit amb una certa capacitat de volum d'acumulació d'aigua el qual té dins un o dos serpentins. Un és per on circula el fluid termòfor portador de l'energia solar i l'altre funciona a través de la caldera i s'activa quan el sol subministra menys energia, actuant coma sistema auxiliar. El cas ideal seria el d'adaptar el volum del dipòsit al volum de consum diari. El RITE exigeix que el volum d'aquest ha de ser com a mínim capaç de contenir el 80% de la demanda diària. El funcionament és molt senzill, el fluid termòfor calenta l'aigua del dipòsit a mesura que recorre el serpentí. L'aigua més calenta, destinada al consum de les instal·lacions, ascendeix a la part superior del dipòsit ja que aquesta és menys densa que la freda. En conseqüència la millor disposició de l'acumulador és vertical, ja que d'aquesta forma s'afavoreix a l'estratificació, que no és més que una divisió del dipòsit en nivells diferenciats de temperatura.



Il·lustració 5: Acumulador

Quan la temperatura del col·lector és superior a la de l'acumulador, la bomba solar s'activa mitjançant un regulador i bombeja el fluid termòfor cap a l'intercanviador tèrmic inferior de l'acumulador on com s'ha comentat, el fluid calenta l'aigua freda, retornant al col·lector per repetir el cicle.

### **3. Grup de bombeig i vas d'expansió**

Es necessari l'ús d'una força externa que permeti la circulació del fluid termòfor de la zona inferior de l'acumulador en direcció a la part més alta dels captadors.

Es denomina circuit primari al recorregut que realitza el fluid termòfor entre el captador i l'acumulador i circuit secundari per on circula l'aigua de consum.

Tots els circuits tancats necessiten un vas d'expansió (dipòsit tancat) que absorbeixi les dilatacions del fluid termòfor provocades per l'augment de temperatura.

### **4. Dispositiu de control**

Centraleta electrònica que controla les temperatures del sistema i manipula l'acció del grup de bombeig.

### **5. Sistema auxiliar**

És un sistema d'energia auxiliar que funciona com a suport a la instal·lació solar tèrmica per aquells moments en que no s'arriba a la demanda energètica, llavors entra en funcionament el sistema auxiliar per abastir aquesta demanda.



## 5. Normativa

La normativa vigent a seguir per la instal·lació d'energia solar tèrmica a que s'està subjecte o es recomana és la següent:

- Reial Decret 1027/2007, de 20 de juliol, pel qual s'aprova el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis (RITE) i les seves Instruccions Tècniques Complementàries (ITE).
- Correcció d'errors del Reial Decret 1027/2007.
- Modificació Integral de l'Annex sobre Captació Solar Tèrmica de la Ordenança General del Medi Ambient Urbà i dels títols VI i IX.
- Decret 21/2006, del 14 de febrer pel que es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis.
- Reial Decret 314/2006, de 17 de març, per el que s'aprova el Codi Tècnic d'Edificació (CTE).
- Reial Decret 742/2013, de 27 de setembre, pel qual s'estableixen els criteris tècnic-sanitaris de les piscines.
- Ordenança del medi ambient de Barcelona, de 2 maig 2011, que regula els drets i deures de les persones que viuen a Barcelona en relació a la protecció del medi ambient en totes les seves vessants.
- Instrucció 7/2008, que aprova el procediment administratiu per a la posada en servei provisional per a proves de les instal·lacions tèrmiques en els edificis.
- Instrucció 5/2008, de la secretaria d'indústria i empresa, que aprova els models normalitzats d'impresos per a la tramitació administrativa de les instal·lacions tèrmiques en els edificis.
- Instrucció 4/2008, de la secretaria d'indústria i empresa, que regula els requeriments que han de complir les instal·lacions tèrmiques en els edificis a Catalunya.
- Instrucció 2/2007, de la secretaria d'indústria i empresa, d'aclariments sobre els requisits de disseny d'instal·lacions tèrmiques en els edificis en relació al CTE i al Decret 21/2006 sobre criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis.
- Instrucció 4/2005, de la direcció general d'energia i mines i seguretat industrial, d'aclariment sobre els requisits de disseny d'instal·lacions tèrmiques en els edificis i d'instal·lacions frigorífiques per a la prevenció de la legionel·losi.

- Reial Decret 352/2004, de 27 de juliol, pel qual s'estableixen les condicions higièniques sanitàries per a la prevenció i el control de la legionel·losi.
- Ordre de 3 de maig de 1999, sobre el procediment d'actuació de les empreses instal·ladores de les entitats d'inspecció i control i dels titulars, instal·lacions regulades pel Reglament d'instal·lacions tèrmiques en els edificis (RITE) i les seves Instruccions Tècniques Complementaries (ITE).

A més les Normes UNE que cal considerar són:

- 60601:2006 Sales de màquines i equips autònoms de generació de calor i fred o per congelació, que utilitzen combustibles gasosos.
- 100030:2005 IN Guia per a la prevenció i control de la proliferació i disseminació de legionel·la en instal·lacions.
- 100155:2004 Climatització. Disseny i càlcul de sistemes d'expansió.
- Norma UNE 157001/2002 Criteris generals per a l'elaboració de projectes.

En el present projecte s'ha fet principalment ús del RITE i el CTE.

## 6. Dades considerades per a l'estudi

### 6.1. Descripció de l'àmbit

Es tracta d'un pavelló esportiu. En concret les instal·lacions on es preveu fer l'actuació del present projecte són bàsicament la planta coberta i les sales tècniques situades en la planta soterrani.

### 6.2. Programa funcional

Segons les dades proporcionades pel director del Poliesportiu, el número d'usuaris mitjà és de 576 usuaris per dia.

Mes	dies	usuaris/dia
Gener	31	459
Febrer	28	621
Març	31	615
Abril	30	596
Maig	31	657
Juny	30	724
Juliol	31	687
Agost	31	436
Setembre	30	543
Octubre	31	574
Novembre	30	585
Desembre	31	412

576

Taula 2: Usuaris diaris estratificats per mes que fan ús de les instal·lacions

### 6.3. Dades geogràfiques i climatològiques

L'edifici es troba a Cerdanyola del Vallès (Barcelona). En aquesta població es consideren les següents dades geogràfiques:

- Latitud: 41,5°
- Longitud: 2,1°

Per a aquestes coordenades les dades que es consideren mensualment són les reflectides en la següent taula resum:

Mes	T <sup>a</sup> ambient °C	T <sup>a</sup> aigua xarxa °C	Radiació Horitzontal kWh/m <sup>2</sup> -dia
Gener	8,2	9	2,18
Febrer	9,1	10	3,14
Març	11,4	11	4,34
Abril	13,2	12	5,69
Maig	16,8	14	6,47
Juny	20,8	17	7,10
Juliol	23,8	19	7,33
Agost	23,9	19	6,12
Setembre	20,7	17	4,78
Octubre	16,8	15	3,33
Novembre	11,8	12	2,31
Desembre	9,1	10	1,91

Taula 3: Dades geogràfiques i climatològiques

## 7. Càlcul de consums

### 7.1. Càlcul del consum en ACS

Per tal d'estimar el consum d'ACS del Poliesportiu, s'han seguit els paràmetres definits a la normativa, escollint en cada cas aquella que fos més restrictiva.

Segons el RITE cal complir les exigències del Codi Tècnic en quan a demanda i producció d'energia solar.

Es considera un consum d'ACS de 21 litres diaris per usuari tal com marca la *taula 3.1* de l'apartat DB-HE 4-4 del CTE (vestuaris/duchas colectivas).

Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60 °C<sup>(1)</sup>

Criterio de demanda	Litros/día-unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuaris/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

(1) Los valores de demanda ofrecidos en esta tabla tienen la función de determinar la fracción solar mínima a abastecer mediante la aplicación de la tabla 2.1. Las demandas de ACS a 60 °C se han obtenido de la norma UNE 94002. Para el cálculo se ha utilizado la ecuación (3.2.) con los valores de  $T_i = 12$  °C (constante) y  $T = 45$  °C.

Taula 4: Consum estimat de litres d'ACS en funció del tipus de demanda [2]

Considerant 576 usuaris diaris a les instal·lacions, dels quals s'estima que utilitzen les dutxes un 70%, s'obté un total de 8.463 litres/dia.

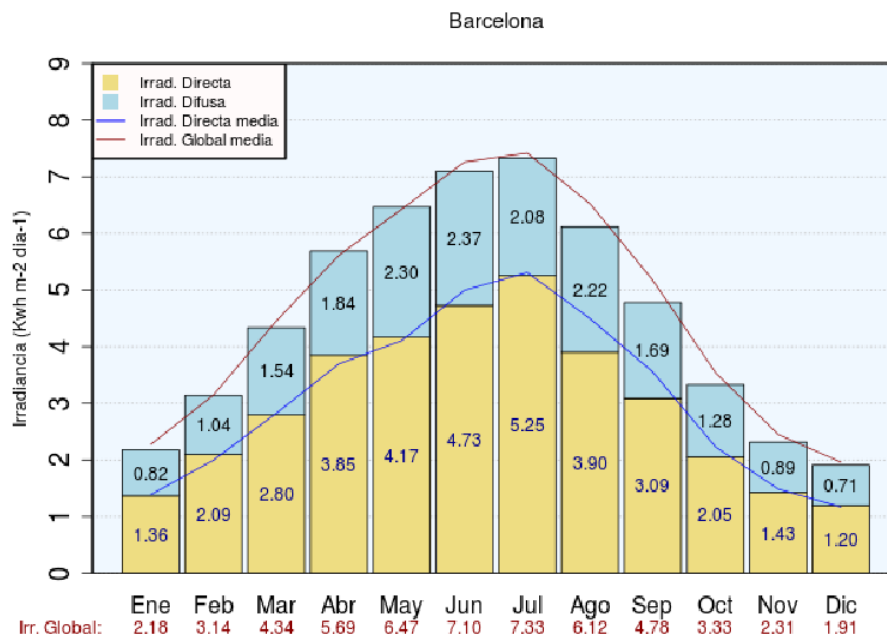
Normativa Solar	Nombre d'usuaris diaris	70% d'usuaris	Consum l/usuari a 60°C	Total litres/dia a 60°C
CTE DB-HE 4	576	403	21	8.463

Taula 5: Càlcul del consum en litres/dia

Per a definir el tant per cent d'energia que s'ha d'aportar mitjançant energia solar cal concretar la zona climàtica on està situat el Poliesportiu. Tal i com estipula l'apartat 4.2 "zones climàtiques" de la secció DB-HE 4 del CTE es determina aquesta fent ús de les dades de radiació Solar Global mitjana diària anual de Barcelona, capital de la província on es troba ubicat aquest, recollides en el document "Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT", publicat l'any 2012 per l'Agencia Estatal de Meteorologia.



Il·lustració 6: Mapa de zones climàtiques d'Espanya [3]



Il·lustració 7: Gràfic de Radiació a Barcelona [3]

Per tant, la mitjana de radiació diària anual és de 4,56kWh/m<sup>2</sup>. Conseqüentment, segons el CTE, al DB-HE 4 es classifica el Poliesportiu com a zona climàtica III, és a dir, amb radiacions solars globals diàries sobre una superfície horitzontal dins els valors 4,2≤H<4,6.

Zona climàtica	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
I	H < 13,7	H < 3,8
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0

Taula 6: Radiació solar global mitjana diària anual [2]

Es conclou que amb una demanda total d'ACS de 8.463 l/dia i tractant-se d'una zona climàtica III la contribució solar ha de ser del 50 % tal i com marca la taula 2.1 de la secció DB-HE 4 del CTE.

**Tabla 2.1. Contribución solar mínima anual para ACS en %.**

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
> 10.000	30	50	60	70	70

Taula 7: Contribució solar mínima anual per ACS en % [2]

A la següent taula es mostra l'energia necessària per escalfar aquest volum d'ACS:

Mes	dies	usuaris/dia	Consum		Demanda ACS kWh
			aigua 60°C m³/mes	Tª xarxa °C	
Gener	31	459	209	9	12.404
Febrer	28	621	256	10	14.861
Març	31	615	280	11	15.968
Abril	30	596	263	12	14.670
Maig	31	657	299	14	16.014
Juny	30	724	319	17	15.964
Juliol	31	687	313	19	14.925
Agost	31	436	199	19	9.472
Setembre	30	543	239	17	11.973
Octubre	31	574	262	15	13.687
Novembre	30	585	258	12	14.399
Desembre	31	412	188	10	10.916
		<b>576</b>	<b>3.085</b>		<b>165.253</b>

Taula 8: Demanda energètica d'ACS mensual i anual



El consum d'aigua i la demanda en kWh d'ACS han estat calculats mitjançant les següents expressions:

$$\text{Consum} = \frac{\text{dies}}{\text{mes}} \times \frac{\text{usuaris}}{\text{dia}} \times \frac{70 \text{ usuaris ús ACS}}{100 \text{ usuaris}} \times 21 \frac{\text{litres}}{\text{usuari}} \times \frac{1 \text{m}^3}{1000 \text{ litres}} \quad (\text{Eq 7.1.1})$$

$$\text{Demanda} = \text{consum} \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \times \frac{1000 \text{l}}{1 \text{m}^3} \times (60 - T^{\text{a}}_{\text{xarxa}})^{\circ\text{C}} \times 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{°C}\cdot\text{l}} \times \frac{1 \text{kWh}}{860 \text{Kcal}} \quad (\text{Eq 7.1.2})$$

Conseqüentment l'aportació solar mínima anual corresponent al 50% de la demanda és de **82.627 kWh**.

Suposant un pic de demanda del volum d'ACS del 35%, és a dir, que un 35% dels 576 usuaris diaris fessin ús simultani de l'ACS, a 21l/usuari, s'obté un volum de 4.234 litres.

El Poliesportiu consta amb 2 dipòsits de 2500 litres i un de 5000 litres on emmagatzema aquest volum d'aigua calenta sanitària, per tant estan més que capacitats per suplir aquesta demanda pic.

## 7.2. Càlcul del consum en piscines

Segons el CTE, al DB-HE 4 com a zona climàtica III, la contribució mínima d'energia solar per la climatització de piscines és del 50%.

**Tabla 2.2. Contribución solar mínima en %. Caso Climatización de piscinas cubiertas**

	Zona climàtica				
	I	II	III	IV	V
<i>Piscinas cubiertas</i>	30	30	50	60	70

Taula 9: Contribució solar mínima piscines cobertes en % [2]

El Poliesportiu disposa de dos piscines cobertes a les que es faran referència com a P1 i P2 respectivament.

	Piscines	
	P1	P2
<b>Llargada (m) =</b>	20,00	12,50
<b>Amplada (m) =</b>	12,50	10,00
<b>Profunditat (m) =</b>	1,50	1,40

Taula 10: Dades piscines

La demanda tèrmica de les piscines venen donades per cobrir les necessitats de:

- Deshumectació de l'aire ambient com a conseqüència de l'evaporació de l'aigua del vas.
- Mantenir la temperatura de l'aigua del vas de la piscina en valors adequats pels banyistes.
- Mantenir la temperatura del recinte, uns dos graus centígrads per sobre de la temperatura de l'aigua del vas, per evitar la sensació de fred al sortir de l'aigua.

### 7.2.1. Pèrdues de calor en l'aigua del vas

Les pèrdues més significatives són degudes a:

- Evaporació de l'aigua del vas.
- Renovació de l'aigua del vas.
- Transmissió de calor de l'aigua del vas.

L'evaporació de l'aigua de la piscina depèn de la diferència entre la humitat absoluta de l'aire saturat a la temperatura de l'aigua i de la humitat absoluta de l'aire saturat a la temperatura de l'ambient. També depèn del nombre de banyistes, ja que la presència d'aquest amb el xipolleig generat, afavoreixen el procés d'evaporació.

Pel càlcul de l'aigua evaporada s'utilitza la fórmula de Bernier:

$$Me = S \cdot [(16 + 133 \cdot n) \cdot (We - Ga \cdot Was)] + 0,1 \cdot N \quad (\text{Eq 7.2.1.1})$$

Sent:

Me: massa d'aigua evaporada (kg/h)

S: superfície de piscina (m<sup>2</sup>)

We: humitat absoluta de l'aire saturat a la temperatura de l'aigua (kg aigua/kg aire sec)

Was: humitat absoluta de l'aire saturat a la temperatura de l'aire interior (kg ag/kg as)

Ga: Grau de saturació (%)

n: n° de nedadors per m<sup>2</sup> de superfície de làmina d'aigua

N: n° de espectadors

En el procés d'evaporació de l'aigua del vas de la piscina s'absorbeix calor pel que es produeix un refredament de la resta de l'aigua que no s'evapora, és a dir, disminueix la temperatura de l'aigua del vas, per tant, com més evaporació hi hagi, més es refredarà l'aigua de la piscina i majors seran les necessitats que caldrà aportar per mantenir la temperatura d'aquesta.

Les necessitats tèrmiques per compensar les pèrdues d'evaporació seran:

$$Qe = Me \cdot Cv \quad (\text{Eq 7.2.1.2})$$

Sent:

$Q_e$  : pèrdues per evaporació (kW)

$M_e$  : massa d'aigua evaporada (kg/h)

$C_v$  : calor de vaporització de l'aigua (kWh/kg)

En la piscina hi ha pèrdues contínues d'aigua, des de l'evaporada, a la que els propis banyistes treuen del vas, o la gastada en la neteja de fons i filtres. Tanmateix ha de fer-se una renovació per raons higièniques sanitàries. Les pèrdues de calor per aquest concepte dependran de la temperatura de l'aigua de la xarxa i de la temperatura de l'aigua de la piscina que es pretengui assolir.

$$Q_r = V_r \cdot \rho \cdot C_e \cdot (T_{ag} - T_r) \quad (\text{Eq 7.2.1.3})$$

Sent:

$Q_r$  : pèrdues per renovació (kW)

$V_r$  : volum d'aigua de renovació (m<sup>3</sup>/h)

$\rho$  : densitat de l'aigua (kg/m<sup>3</sup>)

$C_e$  : calor específica de l'aigua (1 cal/g·K)

$T_{ag}$  : temperatura de l'aigua de la piscina (K)

$T_r$  : temperatura de l'aigua de renovació (xarxa) (K)

Les pèrdues per transmissió de calor del vas depenen de les característiques constructives del vas i del coeficient de transmissió tèrmica del material. En el nostre cas, vas de formigó construït dins del soterrani del recinte.

$$Q_t = \lambda \cdot S \cdot (T_{ag} - T_{ex}) \quad (\text{Eq 7.2.1.4})$$

Sent:

$Q_t$  : pèrdues per transmissió (kW)

$\lambda$  : coeficient de transmissió de murs i solera (W/m<sup>2</sup>·K)

$S$  : superfície de tancament del vas (m<sup>2</sup>)

$T_{ag}$  : temperatura aigua piscina (K)

$T_{ex}$  : temperatura exterior al tancament (soterrani) (K)

Resultant:

	Piscines		
	P1	P2	
Llargada (m) =	20,00	12,50	
Amplada (m) =	12,50	10,00	
Profunditat (m) =	1,50	1,40	
Tª aigua (°C) =	27	29	
Pvs a Tªaigua=	3.564	4.004	
Tª aire local (°C) =	30	30	
Pvs a Tªaire=	4.242	4.242	
HR (%) =	65	65	
nº nedadors =	30	10	
nº espectadors =	1	1	
hores ft./dia=	14	14	
V (m3) =	375	175	
S (m2) =	250	125	
We (kg ag/kg as) =	0,02268	0,02560	
Was (kg ag/kg as) =	0,02718	0,02718	
Ga =	0,65	0,65	
<b>Me ft (kg/h) =</b>	<b>40,16</b>	<b>26,51</b>	massa d'aigua evaporada en horari de funcionament
<b>Me nit (kg/h) =</b>	<b>20,06</b>	<b>15,86</b>	massa d'aigua evaporada fora de l'horari de funcionament
Cv (Wh/kg) =	676	676	calor vaporització de l'aigua
<b>Qe ft (kW) =</b>	<b>27,15</b>	<b>17,92</b>	pèrdues de calor de l'aigua de la piscina per evaporació en horari de ft.
<b>Qe nit (kW) =</b>	<b>13,56</b>	<b>10,72</b>	pèrdues de calor de l'aigua de la piscina per evaporació fora de l'horari de ft.
<b>Qe (kW) =</b>	<b>21,49</b>	<b>14,92</b>	pèrdues horàries ponderades de calor de l'aigua de la piscina per evaporació
Qr= Vr·ρ·Ce·(Ta-Tred)			calor per renovació d'aigua
Vr (m3/h)=	0,26	0,13	aigua de renovació mitja horària
Tª agua red =	12,25	12,25	
<b>Qr (kW) =</b>	<b>4,56</b>	<b>2,90</b>	calor per renovació aigua ponderada horària
λ vas (W/m2·K)	1,5	1,5	murs i solera de formigó
Tª amb. Soterrani(°C)	17	17	
<b>Qt (kW) =</b>	<b>5,21</b>	<b>3,38</b>	pèrdues de calor per transmissió del vas
<b>Q Total (kW) =</b>	<b>31,26</b>	<b>21,21</b>	pèrdues totals en kW
<b>Q Total (W/m2) =</b>	<b>125,05</b>	<b>169,67</b>	pèrdues totals en W/m²

Taula 11: Càlcul pèrdues piscines

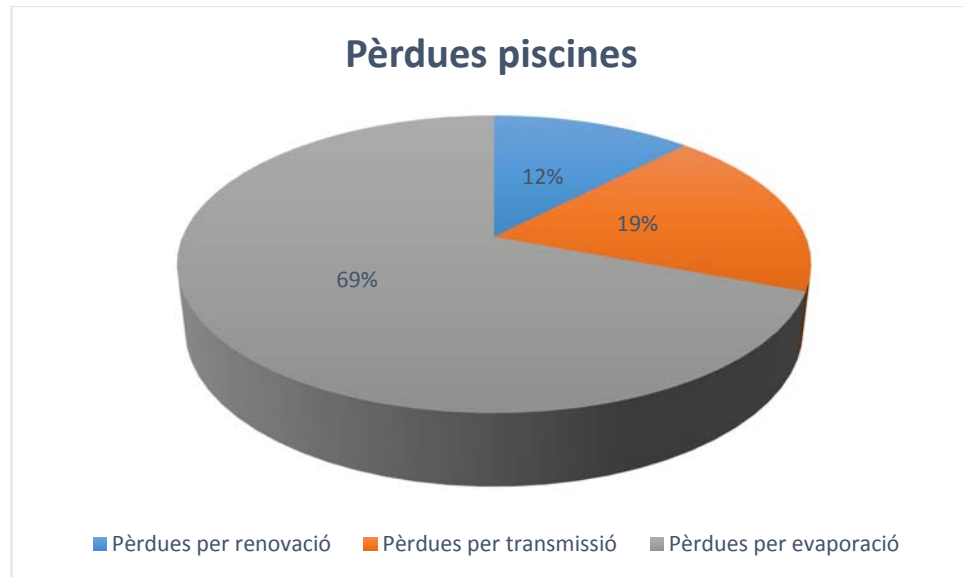
Les necessitats energètiques dels vasos de les dues piscines al llarg de l'any són les següents:

Mes	Dies/mes	Tª xarxa °C	Tª amb °C	Pèrdues per evaporació kWh		Pèrdues per renovació kWh		Pèrdues per transmissió del vas kWh		Pèrdues per piscina kWh		Demanda Piscines kWh
				P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	
				Gener	31	9	8,2	15.985	11.101	4.145	2.274	
Febrer	28	10	9,1	14.438	10.026	3.536	1.952	6.270	3.771	24.244	15.749	39.993
Març	31	11	11,4	15.985	11.101	3.684	2.047	6.050	3.693	25.719	16.840	42.559
Abril	30	12	13,2	15.469	10.743	3.342	1.871	5.179	3.208	23.991	15.821	39.812
Maig	31	14	16,8	15.985	11.101	2.993	1.706	3.956	2.560	22.934	15.366	38.300
Juny	30	17	20,8	15.469	10.743	2.228	1.321	2.327	1.665	20.025	13.728	33.753
Juliol	31	19	23,8	15.985	11.101	1.842	1.137	1.241	1.091	19.068	13.329	32.397
Agost	31	19	23,9	15.985	11.101	1.842	1.137	1.202	1.070	19.029	13.308	32.337
Setembre	30	17	20,7	15.469	10.743	2.228	1.321	2.364	1.685	20.062	13.748	33.811
Octubre	31	15	16,8	15.985	11.101	2.763	1.592	3.956	2.560	22.704	15.252	37.956
Novembre	30	12	11,8	15.469	10.743	3.342	1.871	5.705	3.492	24.516	16.106	40.622
Desembre	31	10	9,1	15.985	11.101	3.914	2.161	6.942	4.175	26.841	17.436	44.278
				188.211	130.702	35.861	20.388	52.482	33.334	276.554	184.424	<b>460.978</b>

Taula 12: Càlcul demanda energètica piscines mensual i anual

Per tant, les necessitats energètiques d'un any són **460.978 kWh**.

En el següent gràfic es mostra la contribució percentual de les diferents pèrdues respecte la pèrdua total.



Gràfic 1: Caracterització de les pèrdues en les piscines en %

A la vista d'aquestes dades és fàcil concloure que des del punt de vista d'estalvi energètic caldria actuar sobre les pèrdues per evaporació durant les hores de no utilització de la piscina, posant una manta tèrmica que cobreixi la làmina d'aigua.

## 7.2.2. Manteniment de la temperatura del recinte

Per mantenir les condicions de confort ambiental (temperatura i humitat) a l'interior del recinte de les piscines, es tracta l'aire amb un equip climatitzador que s'encarrega alhora de la deshumidificació de l'aire ambiental (control d'humitat) i de mantenir la temperatura 2°C per sobre de la temperatura de l'aigua de la piscina.

A continuació es calcularà la demanda energètica per a la climatització del aire del recinte.

- Pèrdues de calor per tancaments (parets):

La transmissió de calor per les parets del edifici es calculen fent ús de l'equació de transferència de calor per conducció la qual pel cas unidimensional que s'estudia és la següent:

$$Q_{parets} = \frac{\text{dies}}{\text{mes}} \cdot \frac{24h}{\text{dia}} \cdot (tpu_{vidre} \cdot U_{vidre} + tpu_{paret} \cdot U_{paret}) \cdot S \cdot (T_{int} - T_{ext}) \cdot \frac{1kW}{1000W}$$

(Eq 7.2.2.1)

Sent:

U: coeficient de transmitància tèrmica ( $W/m^2 \cdot K$ )

S: superfície del tancament ( $m^2$ )

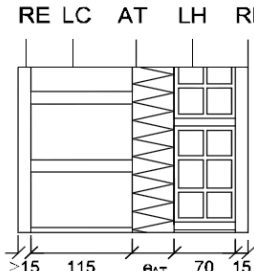
$T_{int}$ : temperatura interior (K)

$T_{ext}$ : temperatura exterior (K)

Tpu: tant per u (adimensional)

El coeficient U depèn intrínsecament de les capes de materials amb les que està feta la paret. En el present projecte es prenen valors tabulats en diferents referències.

El tipus de parets de la instal·lació es pot catalogar fent ús del Catàleg d'Elements Constructius del CTE. Segons aquest el tipus de tancament és el que es presenta a continuació. (Per més informació veure annex CAT-EC)

Código	Sección	Datos entrada	HS <sup>(1)</sup>	HE <sup>(2)</sup>
		RE	GI	U ( $W/m^2 \cdot K$ )
<b>F 3.1</b>		R1	3	$1/(0,54+R_{AT})$
		R3 o B3	5	

Taula 13: Catalogació de la paret de la instal·lació [5]

L'aïllament està fet amb una capa de 20mm de gruix de poliestirè per tant el càlcul de la transmitància és:

$$R_{at} = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,02m}{0,04 \frac{W}{m \cdot K}} = 0,5 \frac{m^2 \cdot K}{W} \quad (\text{Eq 7.2.2.1})$$

$$U = \frac{1}{0,54+R_{at}} = 0,96 \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad (\text{Eq 7.2.2.2})$$

Essent:

$R_{at}$ : Resistència de l'aïllant tèrmic ( $m^2 \cdot K/W$ )

e: gruix d'aïllant (m)

$\lambda$ : conductivitat tèrmica ( $W/m \cdot K$ )

U: transmitància tèrmica ( $W/m^2 \cdot K$ )

Per altra banda els vidres amb els que consten les parets són vidres monolítics amb una transmitància tèrmica  $U=5,7 W/m^2 \cdot K$ .

- Façana N-O:

Les característiques d'aquesta paret són:

Àrea: 200m<sup>2</sup>

Temperatura interior: 30°C

Temperatura exterior: estratificada per mes

Transmitància tèrmica: paret(85%)  $U=0,96 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  , vidre(15%)  $U=5,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  .

- Façana N-E:

Les característiques d'aquesta paret són:

Àrea: 200m<sup>2</sup>

Temperatura interior: 30°C

Temperatura exterior: estratificada per mes

Transmitància tèrmica: paret(15%)  $U=0,96 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  , vidre(85%)  $U=5,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  .

- Façana S-E:

Les característiques d'aquesta paret són:

Àrea: 200m<sup>2</sup>

Temperatura interior: 30°C

Temperatura exterior: estratificada per mes

Transmitància tèrmica: paret(85%)  $U=0,96 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  , vidre(15%)  $U=5,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  .

- Façana S-O:

Les característiques d'aquesta paret són:

Àrea: 200m<sup>2</sup>

Temperatura interior: 30°C

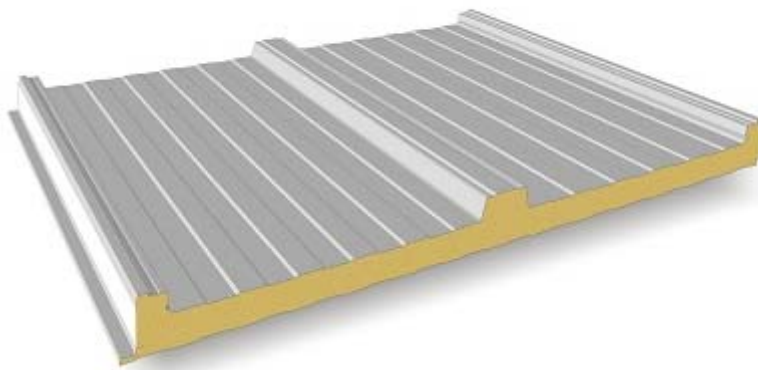
Temperatura exterior: estratificada per mes

Transmitància tèrmica: paret(70%)  $U=0,96 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  , vidre(30%)  $U=5,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  .



o Coberta:

La coberta de la instal·lació és el model conegut com “coberta de panell sandwich tapajuntes” de 50mm de gruix. (Veure annex Coberta-Panell-Sandwich)



Il·lustració 8: Coberta tipus panell sandwich [6]

Les característiques d'aquesta són:

Àrea: 750m<sup>2</sup>

Temperatura interior: 30°C

Temperatura exterior: estratificada per mes

Transmitància tèrmica: 0,41 W/m<sup>2</sup>·K

La taula següent mostra les pèrdues a través d'aquestes:

Mes	Dies/mes	T <sup>a</sup> ambient °C	Pèrdues	Pèrdues	Pèrdues	Pèrdues	Pèrdues	Pèrdues TOTALS
			kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
			Façana N-O	Façana N-E	Façana S-E	Façana S-O	Coberta	
<b>Gener</b>	31	8,2	5.420	16.184	1.626	2.318	4.987	34.979
<b>Febrer</b>	28	9,1	4.694	14.014	1.408	2.007	4.319	30.290
<b>Març</b>	31	11,4	4.625	13.808	1.387	1.978	4.255	29.844
<b>Abril</b>	30	13,2	4.042	12.069	1.213	1.729	3.720	26.087
<b>Maig</b>	31	16,8	3.282	9.799	985	1.404	3.020	21.180
<b>Juny</b>	30	20,8	2.214	6.609	664	947	2.037	14.286
<b>Juliol</b>	31	23,8	1.542	4.603	462	659	1.418	9.948
<b>Agost</b>	31	23,9	1.517	4.528	455	649	1.396	9.788
<b>Setembre</b>	30	20,7	2.238	6.681	671	957	2.059	14.441
<b>Octubre</b>	31	16,8	3.282	9.799	985	1.404	3.020	21.180
<b>Novembre</b>	30	11,8	4.379	13.075	1.314	1.873	4.029	28.261
<b>Desembre</b>	31	9,1	5.197	15.515	1.559	2.222	4.782	33.535
			<b>42.432</b>	<b>126.685</b>	<b>12.729</b>	<b>18.146</b>	<b>39.042</b>	<b>273.818</b>

Taula 14: Pèrdues per tancaments mensuals i anuals

Per tant les pèrdues totals en un any per transmissió dels tancaments del recinte són **273.818 kWh**.

- Pèrdues per ventilació

La ventilació s'encarrega d'assegurar que l'aire té una qualitat acceptable. És un procés de renovació i recirculació de l'aire en el qual s'introdueix aire de l'exterior i es retira part de l'aire interior. Això comporta unes pèrdues significatives de calor ja que es retira aire en condicions de confort per aire amb condicions més desfavorables. Aquesta pèrdua es pot calcular mitjançant la següent expressió:

$$Q_{ren,aire} = Q \cdot \rho_a \cdot C_{e_{aire}} \cdot (T_{int} - T_{ext}) \cdot N \quad (\text{Eq 7.2.2.3})$$

Sent:

Q: caudal d'aire per persona 12,5 dm<sup>3</sup>/s

N: número de persones en el recinte (banyistes + espectadors): 31

$\rho_a$ : densitat aire: 1,2kg/m<sup>3</sup>

$C_{e_{aire}}$ : calor específic de l'aire: 1010 J/kg·K

Una piscina és troba categoritzada com a IDA 2 (aire de bona qualitat) segons l'apartat IT 1.1.4.2.2 "Categorías de calidad del aire interior en función del uso de los edificios" del RITE. Conseqüentment el caudal mínim d'aire exterior de ventilació es pot identificar fent ús de la taula 1.4.2.1 del RITE que es mostra a continuació.

<b>Categoría</b>	<b>dm<sup>3</sup>/s por persona</b>
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Taula 15: Cabals d'aire exterior [4]

Per tant, les pèrdues per ventilació estratificades per mes són:

$$Q_{ren,aire} = 12,5 \frac{dm^3}{s \cdot pers} \cdot \frac{1m^3}{1000dm^3} \cdot 1,2 \frac{kg}{m^3} \cdot 1010 \frac{J}{kg \cdot K} (30 - T_{ext})K \cdot 31pers$$

(Eq 7.2.2.4)

A la següent taula es mostra la demanda energètica de ventilació per mes

Mes	Dies/mes	Tª ambient ºC	Pèrdues kWh ventilació
<b>Gener</b>	31	8,2	4.443
<b>Febrer</b>	28	9,1	3.848
<b>Març</b>	31	11,4	3.791
<b>Abril</b>	30	13,2	3.314
<b>Maig</b>	31	16,8	2.691
<b>Juny</b>	30	20,8	1.815
<b>Juliol</b>	31	23,8	1.264
<b>Agost</b>	31	23,9	1.243
<b>Setembre</b>	30	20,7	1.834
<b>Octubre</b>	31	16,8	2.691
<b>Novembre</b>	30	11,8	3.590
<b>Desembre</b>	31	9,1	4.260

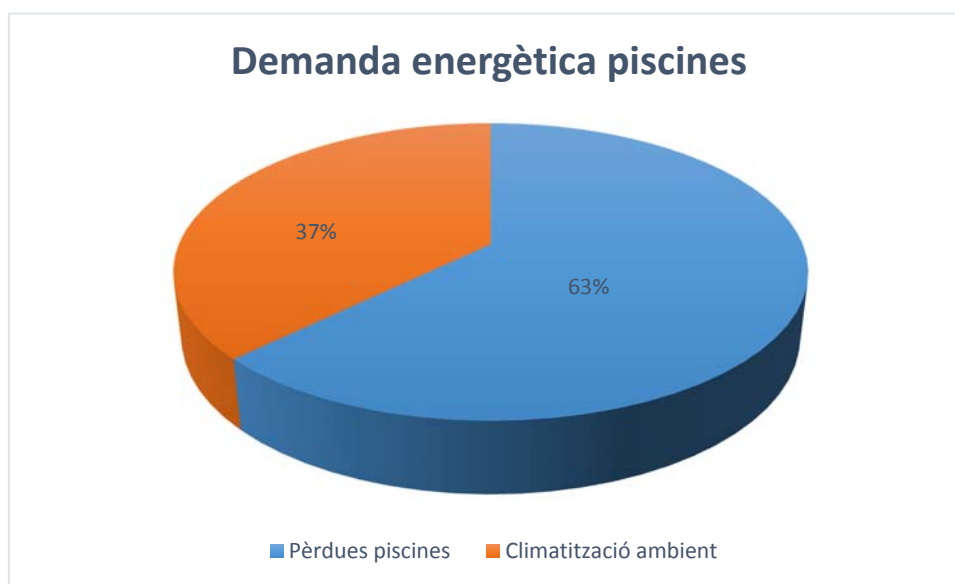
**34.784**

Taula 16: Pèrdues per ventilació mensual i anual

### 7.2.3. Resum demanda energètica piscines

Mes	Dies/mes	Tª xarxa ºC	Tª ambient ºC	Demanda Piscines kWh	Demanda climatització ambient	Demanda total piscines kWh
Gener	31	9	8,2	45.160	34.979	80.139
Febrer	28	10	9,1	39.993	30.290	70.282
Març	31	11	11,4	42.559	29.844	72.404
Abril	30	12	13,2	39.812	26.087	65.899
Maig	31	14	16,8	38.300	21.180	59.480
Juny	30	17	20,8	33.753	14.286	48.038
Juliol	31	19	23,8	32.397	9.948	42.345
Agost	31	19	23,9	32.337	9.788	42.125
Setembre	30	17	20,7	33.811	14.441	48.251
Octubre	31	15	16,8	37.956	21.180	59.136
Novembre	30	12	11,8	40.622	28.261	68.883
Desembre	31	10	9,1	44.278	33.535	77.813
				<b>460.978</b>	<b>273.818</b>	<b>734.795</b>

Taula 17: Demanda energètica total piscines mensual i anual



Gràfic 2: Caracterització de la demanda energètica de les piscines en %

Conseqüentment l'aportació solar mínima anual corresponent al 50% de la demanda és de **367.398 kWh**.

## 8. Instal·lació solar tèrmica

### 8.1. Energia procedent del sol

Una cop avaluada la necessitat energètica i sabent el % d'energia que s'ha de cobrir mitjançant energia solar, tant en el cas de la demanda per ACS com en el cas de la climatització de les piscines; és necessari conèixer la quantitat d'energia solar disponible la qual es pot calcular seguint els següents apartats.

### 8.2. Radiació solar mitjana

La radiació solar mitjana (H) és la quantitat d'energia per unitat de superfície horitzontal.

Aquesta depèn de la latitud i està avaluada per províncies, fent ús del "Atlas de Radiación Solar en España" s'ha determinat el valor estratificat per mes.

### 8.3. Correcció de la radiació solar mitjana

La utilització d'un factor corrector (K) en la radiació solar es funció de la qualitat de l'aire.

La qualitat de l'aire s'avalua mitjançant dades proporcionades per l'Institut Nacional de Meteorologia.

$$0,95 \leq K \leq 1,05$$

Multiplicarem per 0,95 si l'aire on es farà ús del captador solar està sotmès a molta pol·lució i per contra si l'aire és net la correcció de la radiació mitjana s'obtindrà multiplicant per 1,05.

Pel cas d'estudi, Barcelona; i en concret Cerdanyola del Vallès, és una ciutat en la que la pol·lució està present tots els dies. És per això que s'aplicarà la correcció del 0,95.

Per altra banda els captadors no estaran completament a la horitzontal, es disposaran amb una inclinació igual a la latitud de la zona (41°) mes 10° per tal d'optimitzar la instal·lació als mesos d'hivern on les hores de irradiació solar són menors i les temperatures són més baixes.

És a dir, la inclinació serà de 51° la qual cosa vol dir que la pol·lució de l'aire influirà.

Conseqüentment la radiació solar mitjana serà:

Mes	H radiació horitz. kWh/m <sup>2</sup> -dia	Factor corrector K	H corregida kWh/m <sup>2</sup> -dia
Gener	2,18	0,95	2,07
Febrer	3,14	0,95	2,98
Març	4,34	0,95	4,12
Abril	5,69	0,95	5,41
Maig	6,47	0,95	6,15
Juny	7,10	0,95	6,75
Juliol	7,33	0,95	6,96
Agost	6,12	0,95	5,81
Setembre	4,78	0,95	4,54
Octubre	3,33	0,95	3,16
Novembre	2,31	0,95	2,19
Desembre	1,91	0,95	1,81

Taula 18: Càlcul de la radiació solar mitjana corregida diària

## 8.4. Radiació solar efectiva

Coneguda també com energia útil (Eu), aquesta energia es la que verdaderament arriba al captador, que té en compte la inclinació d'aquest i no el seu rendiment.

S'ha d'aplicar una reducció del 6%. Aquest terme de 0,94 permet parlar de radiació efectiva degut a que a primera hora del matí i a última hora de la tarda la intensitat de radiació es menor que al migdia.

$$Eu = 0,94 \cdot K \cdot H_{corr} \quad (\text{Eq 8.4.1})$$

Sent:

Eu: energia útil

K: factor corrector de la latitud del lloc on s'ubica la instal·lació i de la inclinació del captador.

Hcorr: factor de radiació solar mitjana per unitat de superfície horitzontal corregit.

El paper de la inclinació i la orientació dels captadors és un punt clau de cara a l'eficiència energètica. És convenient seguir las següents recomanacions que estableix el RITE:

- **Inclinació:**

Coincideix amb la latitud del lloc, en el present cas, Cerdanyola del Vallès es troba 41°, tenint present que en funció de l'ús es pot corregir per aconseguir la perpendicularitat dels rajos de sol sobre el captador.

- **Orientació:**

És preferible orientar els captadors cap al sud geogràfic permetent una desviació de  $\pm 25^\circ$  i preferiblement que sigui aquesta cap a l'oest.

Els captadors s'ha determinat col·locar-los a una esplanada al costat de les instal·lacions on s'instal·laran amb una inclinació de  $50^\circ$  per aconseguir un major rendiment i s'orientaran completament al sud.

Per una latitud de  $40^\circ$  i una inclinació del captador de  $50^\circ$  s'han obtingut les següents dades extretes del "Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía" (IDAE):

Mes	Factor corrector latitud K
Gener	1,41
Febrer	1,28
Març	1,13
Abril	0,98
Maig	0,87
Juny	0,83
Juliol	0,87
Agost	0,99
Setembre	1,18
Octubre	1,39
Novembre	1,54
Desembre	1,52

Taula 19: Valors mensuals del factor corrector de la latitud i inclinació [7]



La següent taula mostra els kWh útils per mes.

Mes	H corregida kWh/m <sup>2</sup> ·dia	Reducció 6%	Factor corr. latitud K	Energia útil kWh/m <sup>2</sup> ·dia
Gener	2,07	0,94	1,41	2,74
Febrer	2,98	0,94	1,28	3,59
Març	4,12	0,94	1,13	4,38
Abril	5,41	0,94	0,98	4,98
Maig	6,15	0,94	0,87	5,03
Juny	6,75	0,94	0,83	5,26
Juliol	6,96	0,94	0,87	5,69
Agost	5,81	0,94	0,99	5,41
Setembre	4,54	0,94	1,18	5,04
Octubre	3,16	0,94	1,39	4,13
Novembre	2,19	0,94	1,54	3,18
Desembre	1,81	0,94	1,52	2,59

Taula 20: Energia útil diària per mes

## 8.5. Aportació d'energia solar

El rendiment del captador depèn de la temperatura de l'ambient i de la temperatura del fluid termòfor.

S'estima un 10% en pèrdues generades en tots els elements de la instal·lació, degudes fonamentalment al aïllament, d'aquí una aplicació del factor corrector de 0,9. Segons IDAE aquestes pèrdues al llarg de tot el circuit oscil·len entre el 5% i el 20%.

$$E_p = 0,9 \cdot \eta \cdot E_u \quad (\text{Eq 8.5.1})$$

Sent:

$E_p$ : energia solar captada

$\eta$ : rendiment del captador

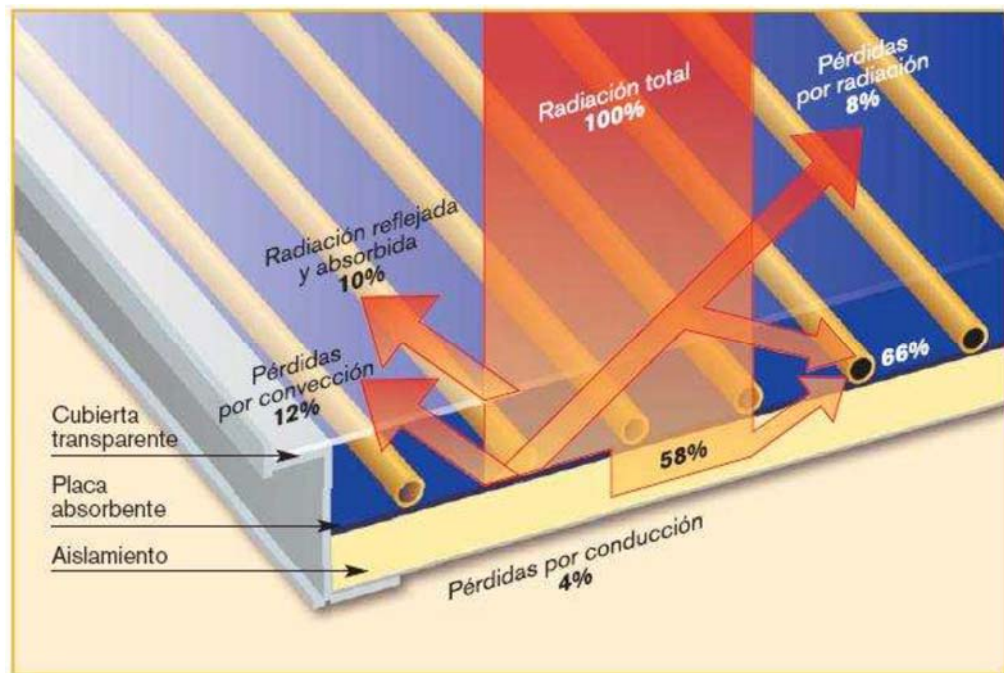
$E_u$ : energia útil

En conseqüència cal calcular el rendiment del captador per a poder calcular l'aportació solar.

## 8.6. Rendiment del captador

El rendiment d'un captador és la relació entre l'energia útil aportada pel fluid termòfor i l'energia solar incident sobre la coberta del captador.

Òbviament no tota l'energia incident és aprofitada ja que hi ha pèrdues per radiació, absorció, conducció i convecció com es detalla a continuació.



Il·lustració 9: Esquema de pèrdues en captador solar

El paràmetre que defineix el captador és l'equació del rendiment que aporta el fabricant, els termes de la qual venen definits en funció del material amb el que està construït i del comportament en front la radiació solar incident.

$$\eta = U_0 - U_1 \times \frac{(T_m - T_a)}{I} - U_2 \times \frac{(T_m - T_a)^2}{I} \quad (\text{Eq 8.6.1})$$

Essent:

- $U$ : factors de pèrdues degudes a la superfície del captador i de la diferència de temperatura creada entre la temperatura de l'ambient i de la temperatura mitjana del captador. Representa l'angle d'inclinació en el gràfic del rendiment (Dada donada pel fabricant).
- $U_0$ : factor de conversió (%)

- $U_1$ : coeficient de pèrdua  $k_1$  ( $W/m^2 \cdot K$ )
- $U_2$ : coeficient de pèrdua  $k_2$  ( $W/m^2 \cdot K$ )
- $T_m$ : temperatura mitjana del fluid termòfor ( $^{\circ}C$ )
- $T_a$ : temperatura ambient ( $^{\circ}C$ )
- $I$ : intensitat radiant ( $W/m^2$ )

En cas d'estudi com que  $U_2$  és tan petit (0,007) s'obviarà tot el tercer terme de l'equació.

La intensitat radiant ( $I$ ) és la quantitat d'energia útil captada per unitat de temps i per unitat de superfície. La superfície presa correspon a  $1m^2$  i el temps al número d'hores de sol útils en el hipotètic cas d'inexistència de ombres projectades sobre el captador.

El rendiment del captador, apart de dependre dels elements constructius del propi captador, depèn també com es pot observar a l'equació, de la intensitat radiant. El valor d'aquesta s'obté de la següent forma:

$$I = \frac{E_{\text{útil}}}{\text{hores}} \quad (\text{Eq 8.6.2})$$

A la següent taula es presenta el valor d'aquesta estratificada per mes.

Mes	Energia útil kWh/m <sup>2</sup> ·dia	Hores sol h	Intensitat radiació kW/m <sup>2</sup>
Gener	2,74	8,00	0,34
Febrer	3,59	9,00	0,40
Març	4,38	9,00	0,49
Abril	4,98	9,50	0,52
Maig	5,03	9,50	0,53
Juny	5,26	9,50	0,55
Juliol	5,69	9,50	0,60
Agost	5,41	9,50	0,57
Setembre	5,04	9,00	0,56
Octubre	4,13	9,00	0,46
Novembre	3,18	8,00	0,40
Desembre	2,59	7,50	0,35

Taula 21: Intensitat de radiació estratificada diària per mes

Per la temperatura mitjana del captador l'IDAE proposa dos opcions:

- Escollir un valor constant al llarg de tot l'any, generalment el mateix que el fixat per l'aigua de consum (45°C)
- Escollir valors diferents per cada època de l'any, més baixa per hivern (35°C) i més alta a l'estiu (45°C).

Com s'ha decidit optimitzar la instal·lació solar de cara a l'època de més fred s'escull la segona opció, la qual és més precisa que la primera ja que la primera opció introdueix un error en el rendiment hivernal.

Així doncs l'expressió anterior del rendiment d'un captador es pot simplificar i quedaria:

$$\eta = U_0 - U_1 \times \frac{(T_m - T_a)}{I} \quad (\text{Eq 8.6.3})$$

Sent:

$U_0$ : factor de conversió (%)

$U_1$ : coeficient de pèrdua  $k_1$  (W/m<sup>2</sup>·K)

$U_2$ : coeficient de pèrdua  $k_2$  (W/m<sup>2</sup>·K)

$T_m$ : temperatura mitjana del fluid termòfor (°C)

$T_a$ : temperatura ambient (°C)

$I$ : intensitat radiant (W/m<sup>2</sup>)

Tenint en compte la fitxa tècnica (veure annex catàleg Vitosol 200-T SP2A) del captador Vitosol 200-T SP2A escollit s'obtenen els valors del factor de conversió  $U_0$  i el coeficient de pèrdua  $k_1$ .

Los siguientes valores hacen referencia a la superficie de absorción:

– Rendimiento óptico	%	0,74
– Coeficiente de pérdida de calor $k_1$	W/(m <sup>2</sup> · K)	1,442
– Coeficiente de pérdida de calor $k_2$	W/(m <sup>2</sup> · K <sup>2</sup> )	0,007

Taula 22: Dades tècniques Vitosol 200-T SP2A

El rendiment segons el mes és el següent:

Mes	Intensitat radiació kW/m <sup>2</sup>	T <sup>a</sup> mitjana °C	T <sup>a</sup> ambient °C	U0 tpu	U1 W/m <sup>2</sup> ·K	η tpu
Gener	0,34	35,00	8,2	0,74	1,442	0,63
Febrer	0,40	35,00	9,1	0,74	1,442	0,65
Març	0,49	35,00	11,4	0,74	1,442	0,67
Abril	0,52	45,00	13,2	0,74	1,442	0,65
Maig	0,53	45,00	16,8	0,74	1,442	0,66
Juny	0,55	45,00	20,8	0,74	1,442	0,68
Juliol	0,60	45,00	23,8	0,74	1,442	0,69
Agost	0,57	45,00	23,9	0,74	1,442	0,69
Setembre	0,56	45,00	20,7	0,74	1,442	0,68
Octubre	0,46	35,00	16,8	0,74	1,442	0,68
Novembre	0,40	35,00	11,8	0,74	1,442	0,66
Desembre	0,35	35,00	9,1	0,74	1,442	0,63

Taula 23: Rendiment mensual del captador

Un cop obtingut el rendiment del captador es procedeix a calcular l'energia solar captada. Com s'ha comentat anteriorment l'expressió per calcular aquesta és la següent:

$$E_p = 0,9 \cdot \eta \cdot E_u \quad (\text{Eq 8.6.4})$$

Sent:

$E_p$ : energia solar captada

$\eta$ : rendiment del captador

$E_u$ : energia útil

Mes	dies	Energia útil kWh/m <sup>2</sup> ·dia	η tpu	Energia útil captada	
				kWh/m <sup>2</sup> ·dia	kWh/m <sup>2</sup> ·mes
Gener	31	2,74	0,63	1,55	48,05
Febrer	28	3,59	0,65	2,09	58,46
Març	31	4,38	0,67	2,64	81,87
Abril	30	4,98	0,65	2,92	87,73
Maig	31	5,03	0,66	3,00	93,00
Juny	30	5,26	0,68	3,21	96,19
Juliol	31	5,69	0,69	3,53	109,47
Agost	31	5,41	0,69	3,34	103,64
Setembre	30	5,04	0,68	3,07	92,12
Octubre	31	4,13	0,68	2,54	78,75
Novembre	30	3,18	0,66	1,87	56,25
Desembre	31	2,59	0,63	1,47	45,71

Taula 24: Energia útil captada diària i mensual

## 8.7. Número de captadors

Per definir el número de captadors que necessita la instal·lació es fa ús del mètode aportat per IDAE i pel RITE per instal·lacions de ACS i climatització de piscines.

La superfície total de captació ( $S_{capt}$ ) s'obté de la comparativa d'energia demandada anual i la energia anual aportada pel sol per unitat de superfície, com es detalla a continuació.

$$S_{capt} = \frac{E_{dem. \text{ anual}}}{E_{aport. \text{ anual}}} \cdot \% \text{ Cobertura desitjada} \quad (\text{Eq 8.7.1})$$

Sent:

- $S_{capt}$ : Superfície de captació ( $m^2$ )
- $E_{dem, \text{ anual}}$ : Energia demandada anualment
- $E_{aport, \text{ anual}}$ : Energia aportada pel sol anualment

### 8.7.1. Captadors per cobrir ACS

Com s'ha calculat en l'apartat de 7.1 "Càlcul de consum en ACS" la demanda energètica anual és de 165.253kWh/any i l'aportació solar ha de cobrir el 50% d'aquesta demanda. La superfície de captadors es calcula sabent aquestes dades a continuació:

$$S_{capt} = \frac{165.253}{951,24} \cdot 0,5 = 86,86m^2 \quad (\text{Eq 8.7.1.1})$$

El col·lector de tubs de buit Vitosol 200-T SP2A de 24 tubs té una superfície útil de 3,03m<sup>2</sup>, per tant es pot calcular el nombre de captadors necessaris fent ús de la següent expressió:

$$Número_{capt} = \frac{S_{capt}}{S_{capt, \text{ útil}}} = \frac{86,86}{3,03} \approx 29 \text{ captadors} \quad (\text{Eq 8.7.1.2})$$

### 8.7.2. Captadors per cobrir climatització piscines

Com s'ha calculat en l'apartat de 7.2 "Càlcul del consum en piscines" la demanda energètica anual és de 734.795 kWh/any i l'aportació solar ha de cobrir el 50% d'aquesta demanda. La superfície de captadors es calcula sabent aquestes dades a continuació:

$$S_{capt} = \frac{734.795}{951,24} \cdot 0,5 = 386,23m^2 \quad (\text{Eq 8.7.2.1})$$

El col·lector de tubs de buit Vitosol 200-T SP2A de 24 tubs té una superfície útil de 3,03m<sup>2</sup>, per tant es pot calcular el nombre de captadors necessaris fent ús de la següent expressió:

$$Número_{capt} = \frac{S_{capt}}{S_{capt,útl}} = \frac{386,23}{3,03} \approx 128 \text{ captadors} \quad (\text{Eq 8.7.2.2})$$

## 8.8. Resum càlculs de producció solar

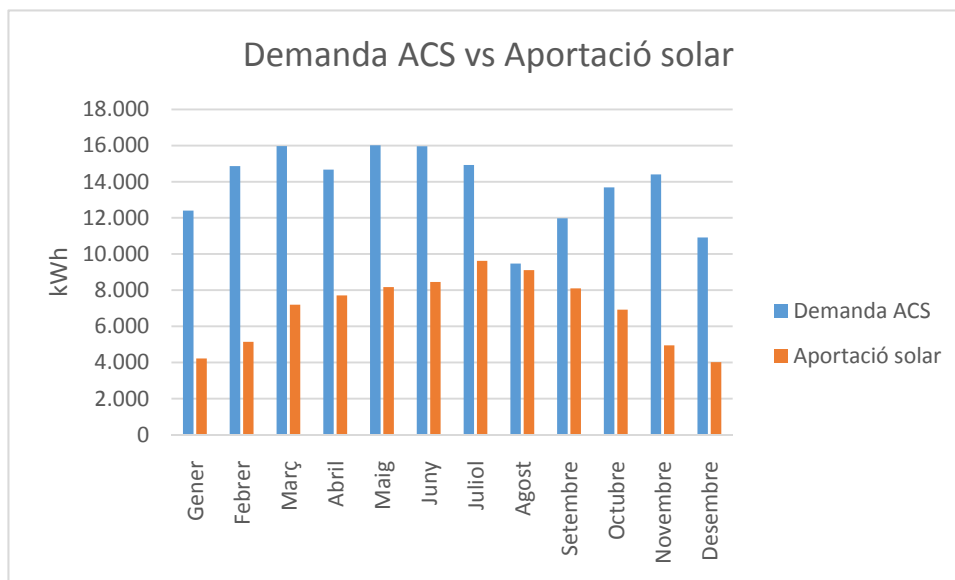
Com a resum es mostra la següent taula on es verifica que es compleix el % de contribució solar tant per la demanda energètica d'ACS com per la climatització de les piscines.

Mes	Energia útil captada kWh/m <sup>2</sup> ·mes	Superfície captadora ACS m <sup>2</sup>	Superfície captadora piscines m <sup>2</sup>	Aportació solar ACS kWh/mes	Aportació solar pisc kWh/mes	Demanda energètica		Contribució solar %		Aportació auxiliar		Excedent aportació solar	
						ACS	piscines	ACS	piscines	ACS	piscines	ACS	piscines
Gener	48,05	87,87	387,84	4.222	18.634	12.404	80.139	34,04	23,25	8.182	61.505	0	0
Febrer	58,46	87,87	387,84	5.137	22.673	14.861	70.282	34,57	32,26	9.724	47.609	0	0
Març	81,87	87,87	387,84	7.194	31.754	15.968	72.404	45,05	43,86	8.774	40.650	0	0
Abril	87,73	87,87	387,84	7.709	34.025	14.670	65.899	52,55	51,63	6.961	31.874	0	0
Maig	93,00	87,87	387,84	8.172	36.070	16.014	59.480	51,03	60,64	7.842	23.411	0	0
Juny	96,19	87,87	387,84	8.452	37.307	15.964	48.038	52,95	77,66	7.512	10.731	0	0
Juliol	109,47	87,87	387,84	9.619	42.457	14.925	42.345	64,45	100,26	5.306	0	0	112
Agost	103,64	87,87	387,84	9.107	40.196	9.472	42.125	96,14	95,42	365	1.929	0	0
Setembre	92,12	87,87	387,84	8.095	35.729	11.973	48.251	67,61	74,05	3.878	12.523	0	0
Octubre	78,75	87,87	387,84	6.920	30.542	13.687	59.136	50,56	51,65	6.767	28.594	0	0
Novembre	56,25	87,87	387,84	4.942	21.814	14.399	68.883	34,32	31,67	9.457	47.069	0	0
Desembre	45,71	87,87	387,84	4.017	17.729	10.916	77.813	36,80	22,78	6.899	60.084	0	0
								<b>51,67</b>	<b>51,64</b>				

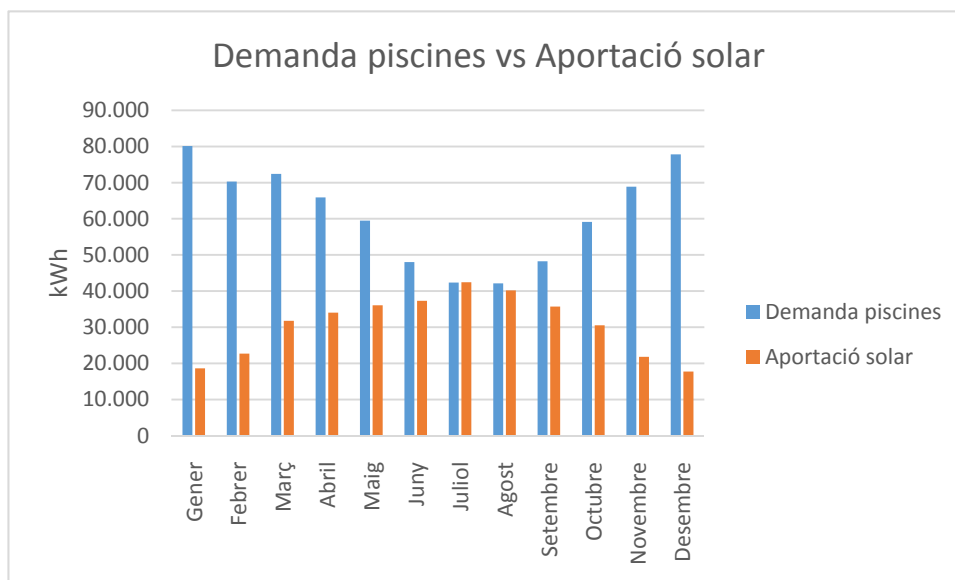
Taula 25: Resum càlculs producció solar



Com a resum visual de les *taula 24* es mostren els següents gràfics on es compara la demanda energètica amb l'aportació solar mitjançant els captadors Vitosol 200-T SP2A.



Gràfic 3: Demanda d'ACS vs Aportació solar

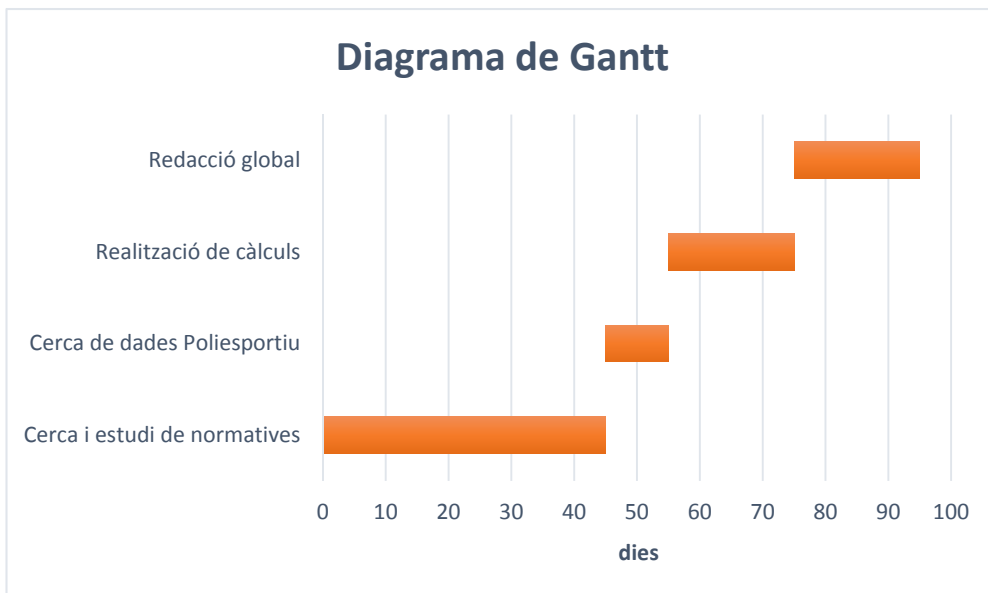


Gràfic 4: Demanda piscines vs Aportació solar

## 9. Planificació temporal

### 9.1. Diagrama de Gantt

A continuació es mostra el diagrama de Gantt del present projecte on es veu clarament l'inici i el temps invertit en cada tasca.



S'observa que el gran pes del treball ha residit en la cerca i l'estudi de normatives que s'han anat aplicant. L'estudi exhaustiu sobretot del CTE és el principal causant d'aquesta gran inversió temps.

Pel que respecta a la cerca de dades del Poliesportiu s'ha anat a buscar informació de les presents instal·lacions in situ varies vegades per tal de donar certesa als càlculs i al treball en si.

## 10. Estudi econòmic

### 10.1. Avaluació econòmica

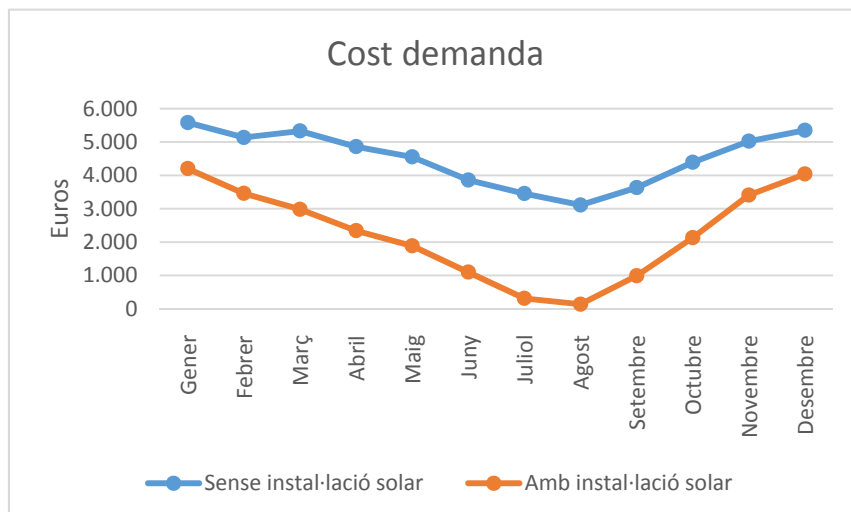
#### 10.1.1. Estalvi energètic

L'objectiu d'aquest apartat és mostrar la viabilitat econòmica de la instal·lació d'energia solar proposada. La vida útil de la instal·lació s'estima en 25 anys. Per tal que la inversió en una instal·lació solar sigui rentable, el cost de l'energia estalviada al llarg del temps ha de ser superior al cost de la instal·lació durant la vida útil d'aquesta. A la següent taula es mostra l'estalvi mensual tenint present un preu del gas natural de 0,04824 €/kWh [1].

Mes	Demanda	Demanda	Demanda	Captadors	Demanda	Demanda	Gas	Gas	Estalvi
	ACS	piscines	TOTAL	Solars	Tèrmica	Gas	caldera	caldera	
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	TOTAL	demanda	anual
							€	tèrmica	€
<b>Gener</b>	12.404	80.139	92.543	22.856	69.687	87.109	5.580	4.202	1.378
<b>Febrer</b>	14.861	70.282	85.143	27.810	57.333	71.666	5.134	3.457	1.677
<b>Març</b>	15.968	72.404	88.372	38.948	49.424	61.780	5.329	2.980	2.349
<b>Abril</b>	14.670	65.899	80.569	41.734	38.835	48.544	4.858	2.342	2.517
<b>Maig</b>	16.014	59.480	75.494	44.242	31.253	39.066	4.552	1.885	2.668
<b>Juny</b>	15.964	48.038	64.002	45.760	18.243	22.803	3.859	1.100	2.759
<b>Juliol</b>	14.925	42.345	57.270	52.077	5.194	6.492	3.453	313	3.140
<b>Agost</b>	9.472	42.125	51.597	49.303	2.294	2.868	3.111	138	2.973
<b>Setembre</b>	11.973	48.251	60.225	43.823	16.401	20.502	3.632	989	2.643
<b>Octubre</b>	13.687	59.136	72.823	37.462	35.361	44.202	4.391	2.132	2.259
<b>Novembre</b>	14.399	68.883	83.282	26.757	56.525	70.657	5.022	3.408	1.613
<b>Desembre</b>	10.916	77.813	88.728	21.745	66.983	83.729	5.350	4.039	1.311
	<b>165.253</b>	<b>734.795</b>	<b>900.049</b>	<b>452.515</b>	<b>447.534</b>	<b>559.417</b>	<b>54.273</b>	<b>26.986</b>	<b>27.287</b>

Taula 26: Estalvi anual

Com a resum visual de les *taula 25* es mostra el *gràfic 5* on es compara el cost per abastir la demanda energètica sense fer ús de la instal·lació solar amb el cost si es fa ús de la instal·lació solar.



Gràfic 5: Comparativa del cost energètic

Tot i que la inversió inicial de la instal·lació solar sigui més gran que el cost del sistema convencional, el seu cost de funcionament durant 25 anys de vida útil serà irrellevant comparat amb el de la compra de combustible, energia elèctrica, reparacions i manteniment associat al sistema convencional. Així doncs la instal·lació solar resulta econòmicament avantatjosa ja que tota l'energia que s'obtingui del sol mitjançant els captadors serà estalviada de consumir-la. L'estalvi energètic es materialitza en estalvi econòmic, el qual permet acabar amortitzant el cost inicial de la instal·lació en un horitzó temporal que abasta la vida útil dels captadors.

L'avantatge estratègic que comporta l'energia solar és el fet que prové de recursos autòctons, amb la qual cosa disminueix la dependència energètica i econòmica de l'exterior.

<b>Cost Vitosol 200-T SP2A</b>	3.047	€
<b>Número operaris</b>	2	operaris
<b>Hores</b>	80	h
<b>Preu operari /hora</b>	25	€/h · operari

nº captadors	Cost instal·lació €	Factura anual €	Estalvi anual €
157	482.379	26.986	27.287

Taula 27: Costs de la instal·lació solar

### 10.1.1.1. Cash flow

L'anàlisi de la rendibilitat econòmica del projecte es suporta en l'estudi del cash flow, és a dir, una estimació possible dels fluxos de tresoreria del present projecte al llarg de l'horitzó temporal. L'horitzó temporal és una estimació que es realitza a efectes de l'anàlisi de la vida útil que tindrà el present projecte, que s'estableix en 25 anys.

Es considera, per a dur a terme el càlcul, que l'Índex de Preus al Consum, IPC, serà del 3% per tot l'horitzó temporal i per tant que l'increment del cost anual de l'energia serà conseqüentment del 3%.

El payback d'un projecte dona informació de quan temps ha de passar fins a recuperar la inversió inicial. És una mesura de liquidesa del projecte, en el sentit que, quan més curt sigui el payback, es podrà dir que la liquidesa del projecte és major.

any	Cash Flow [€]	Acumulat [€]
0	-482.379	-482.379
1	27.287	-455.092
2	28.105	-426.987
3	28.948	-398.039
4	29.817	-368.222
5	30.711	-337.510
6	31.633	-305.878
7	32.582	-273.296
8	33.559	-239.737
9	34.566	-205.171
10	35.603	-169.568
11	36.671	-132.897
12	37.771	-95.126
13	38.904	-56.222
14	40.071	-16.151
15	41.273	25.123
16	42.512	67.635
17	43.787	111.422
18	45.101	156.522
19	46.454	202.976
20	47.847	250.823
21	49.283	300.106
22	50.761	350.867
23	52.284	403.151
24	53.853	457.004
25	55.468	512.472

Taula 28: Cash Flow anual

Amb les presents dades es pot procedir a calcular el payback de la inversió fent ús de la següent expressió:

$$\text{Payback} = \left[ \begin{array}{l} \text{Últim període amb} \\ \text{flux acumulat negatiu} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{l} \text{Valor absolut de l'últim} \\ \text{flux acumulat negatiu} \\ \text{Valor del Cash Flow} \\ \text{en el següent període} \end{array} \right] = 14 + \frac{16151}{41273} = 14,4 \text{ anys}$$

(Eq 10.1.1.1.1)

### 10.1.1.2. TIR (Tassa Interna de Rendibilitat o Retorn)

La Tassa Interna de Rendibilitat o Retorn és la tassa d'interès que ofereix una inversió. És a dir, és una mesura, en percentatge, de la rendibilitat del capital invertit. Es tracta en definitiva d'obtenir el tipus d'interès que retribueix al present projecte al llarg de l'horitzó temporal, fent ús de les dades del cash flow (CF). Si s'obté una TIR positiva es podrà afirmar que el projecte és rentable.

$$\sum_i^n \frac{CF_i}{(1+r)^i} = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n} = 0 \quad (\text{Eq 10.1.1.2.1})$$

Sent:

r: TIR (%)

CF<sub>i</sub>: cash flow en període i (€)

n: número de períodes

Any	TIR (%)
5	-29,9
10	-6,9
15	0,6
20	3,9
25	5,7

Taula 29: TIR per a diferents períodes

Es pot observar com a partir del quinzè any ja s'obtenen valor positius ja que com s'ha vist en l'apartat anterior el payback es situa en els 14,4anys.

## 10.2. Pressupost del projecte

En la següent taula es detallen els costos associats al projecte.

Concepte	Cost [€]
Captadors Solars	458.283
Suports captadors	20.096
Implantació instal·lació	4.000
Enginyeria	18.000
Informàtica	139
Dietes	800
Total (no inc. IVA)	501.318
IVA (21%)	105.277
<b>TOTAL</b>	<b>606.595</b>

Taula : Pressupost del projecte

Per a realitzar el càlcul del cost d'enginyeria s'han tingut en compte les 600h estimant el cost d'un enginyer junior en 30 €/h.

Pel que respecta a la informàtica s'ha tingut present el cost de tot el material informàtic utilitzat (així com llicències de software, equips informàtics, etc) proporcional als 4 mesos de duració del projecte tenint present un període d'amortització de 6 anys.

El preu total de l'execució del projecte és de SIS-CENTS SIS MIL CINQ-CENTS NORANTA-CINC EUROS.

**Iva inclòs.**

## 11. Anàlisi d'impacte ambiental

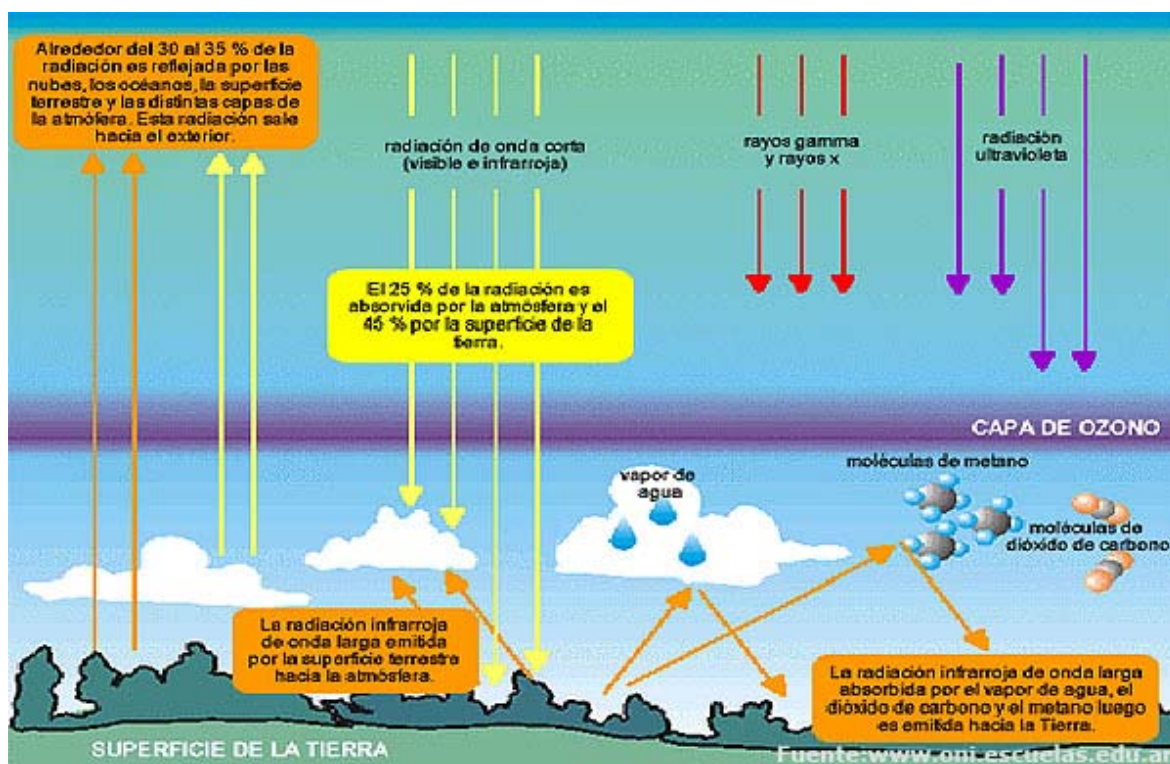
En aquest projecte és molt important valorar l'impacte ambiental ja que un dels objectius de l'ús d'un sistema de captació d'energia solar és ajudar al medi ambient. El canvi climàtic que està experimentant el nostre planeta comporta que cada vegada s'aposti més per les energies renovables.

### 11.1. Emissions de CO<sub>2</sub>

Tradicionalment per escalfar l'aigua sanitària s'ha utilitzat un caldera de gas o gasoil. La combustió d'aquests genera dos gasos que posteriorment són expulsats a l'atmosfera: vapor d'aigua i diòxid de carboni.

L'ús d'aquests recursos presenta una doble problemàtica. Són recursos limitats i l'emissió de diòxid de carboni afavoreix al canvi climàtic.

El CO<sub>2</sub> (diòxid de carboni) és el principal causant de l'efecte hivernacle. Aquest efecte és produït per la concentració de determinats gasos en el medi ambient que deixen passar la radiació solar però que al ser reflectides part d'aquestes radiacions no poden escapar-se a l'espai de nou.



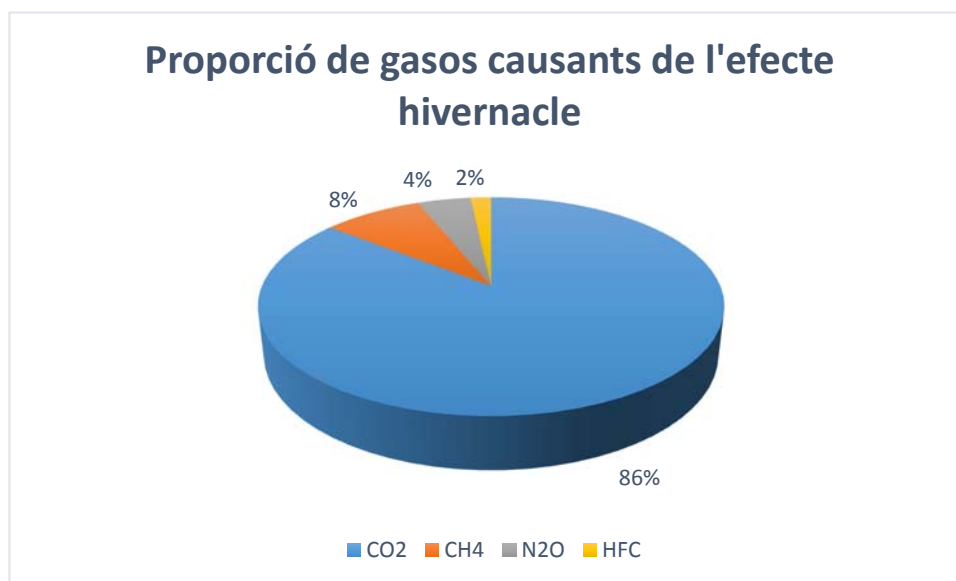
Il·lustració 10: Efecte hivernacle



Aquesta acumulació de radiació solar te associades una sèrie de conseqüències:

- Elevació de la temperatura mitja en el planeta
- Elevació del nivell del mar
- Canvi climàtic

L'efecte hivernacle no es només produït pel diòxid de carboni, existeixen altres gasos com el metà ( $\text{CH}_4$ ), l'òxid nítrós ( $\text{N}_2\text{O}$ ) o els fluorocarburs (HFC). Però com es mostra es en següent gràfic clarament el diòxid de carboni és el més perjudicial.



Gràfic 6: Proporció de gasos causants de l'efecte hivernacle [8]

En l'any 1997 es va firmar el protocol Kyoto en el qual es va acordar lluitar contra el canvi climàtic o almenys mitigar les seves conseqüències. En Espanya es va aprovar la Llei 1/2005 de 9 de març, la qual regula el règim de comerç dels drets d'emissions de gasos amb efecte hivernacle i fomenta la reducció d'aquests.

El present projecte comporta un estalvi energètic en el consum de gas natural i això es tradueix doncs en una reducció d'emissions de  $\text{CO}_2$ . A continuació es realitza un estudi d'emissions de  $\text{CO}_2$  que es produiran amb la instal·lació solar tèrmica i es compararan amb les actuals.

Per a poder dur a terme aquest estudi es tindran presents els següents factors de conversió:

Emissions [kg $\text{CO}_2$ /kWh]	
Gas natural	0,2

Taula 30: Factor de conversió kg  $\text{CO}_2$ /kWh [7]

### 11.1.1. Comparativa d'emissions de CO<sub>2</sub>

Sabent les demandes mensuals en kWh i tenint present el factor de conversió comentat s'ha procedit a avaluar les emissions de CO<sub>2</sub>.

Mes	Demanda ACS kWh	Demanda piscines kWh	Demanda TOTAL kWh	Captadors Solars kWh	Demanda Tèrmica kWh	Demanda Gas kWh	Emissions sense captadors kg CO2	Emissions amb captadors kg CO2	Reducció d'emissions kg CO2
Gener	12.404	80.139	92.543	22.856	69.687	87.109	23.136	17.422	5.714
Febrer	14.861	70.282	85.143	27.810	57.333	71.666	21.286	14.333	6.952
Març	15.968	72.404	88.372	38.948	49.424	61.780	22.093	12.356	9.737
Abril	14.670	65.899	80.569	41.734	38.835	48.544	20.142	9.709	10.433
Maig	16.014	59.480	75.494	44.242	31.253	39.066	18.874	7.813	11.060
Juny	15.964	48.038	64.002	45.760	18.243	22.803	16.001	4.561	11.440
Juliol	14.925	42.345	57.270	52.077	5.194	6.492	14.318	1.298	13.019
Agost	9.472	42.125	51.597	49.303	2.294	2.868	12.899	574	12.326
Setembre	11.973	48.251	60.225	43.823	16.401	20.502	15.056	4.100	10.956
Octubre	13.687	59.136	72.823	37.462	35.361	44.202	18.206	8.840	9.365
Novembre	14.399	68.883	83.282	26.757	56.525	70.657	20.820	14.131	6.689
Desembre	10.916	77.813	88.728	21.745	66.983	83.729	22.182	16.746	5.436
	<b>165.253</b>	<b>734.795</b>	<b>900.049</b>	<b>452.515</b>	<b>447.534</b>	<b>559.417</b>	<b>225.012</b>	<b>111.883</b>	<b>113.129</b>

Taula 31: Emissions de CO<sub>2</sub>

Per tant, amb la instal·lació del sistema de captació solar es reduïren les emissions anuals de CO<sub>2</sub> en un **49,7%**.

## **11.2. Impacte ambiental en l'execució del projecte**

Per a la realització d'aquesta memòria l'únic recurs utilitzat ha estat l'electricitat, tant per a carregar l'ordinador i el mòbil com per a il·luminar l'entorn de treball. En cap moment s'han fet ús de fulls de paper ja que tant per la redacció com per a la recerca de documentació s'ha utilitzat medis purament digitals.

## Conclusions

En el present projecte s'ha definit i estudiat, garantint les exigències estipulades en la normativa; la implantació d'un sistema de captació d'energia solar mitjançant panells de buit Vitosol 200-T SP2A que aniran destinats a l'escalfament dels dipòsits d'ACS i la climatització de les piscines.

En aquest sentit, es vol indicar que aquest projecte és de caire real i podria ser dut a terme un cop es fes un estudi de la reforma de les instal·lacions pel condicionament del sistema de captació d'energia solar.

Per a la realització dels càlculs s'han creat uns fulls de càlcul (Excel) que faciliten la quantificació de la demanda energètica de la instal·lació i el dimensionament de la instal·lació solar tèrmica. Aquests fulls de càlcul programats per a la resolució del projecte actual són aprofitables per a futurs treballs.

El sistema de captació d'energia solar proposat el formen 157 captadors solars de tubs de buit formant aquests una superfície de captació de 476 m<sup>2</sup> i una superfície bruta de 726 m<sup>2</sup>. Es conclou doncs que la instal·lació d'aquests és perfectament viable fer-la en el terrat del Poliesportiu ja que aquest té una àrea de 3700 m<sup>2</sup>. Per complir el CTE es considerarà que 29 panells aniran destinats a cobrir la fracció solar d'ACS (50%) i 128 panells per l'escalfament de la piscina (50%) tal i com s'ha mostrat als càlculs en capítols anteriors.

De la realització del projecte s'ha confirmat que un punt important a tenir en compte per a l'elaboració de qualsevol projecte és ser coneixedor de la normativa aplicable en el mateix i saber moure's per aconseguir tota aquella informació necessària. És clar que el primer cop en fer un determinat projecte s'inverteix molt temps en la cerca i aplicació de normatives i això probablement es tradueixi en una pèrdua econòmica ja que habitualment l'enginyer acorda uns honoraris abans de dur a terme el projecte. Però a partir d'aquí si es fa un altre projecte igual per a un altre client la velocitat d'elaboració augmenta molt considerablement, sobretot si ja s'han programat tots els càlculs en un full de càlcul, com és el present cas.

Pel que respecta a les habilitats de cerca d'informació, el que s'ha après durant la confecció del treball és que s'ha de picar a tantes portes com siguin necessàries per tal d'acabar obtenint tota aquella informació i assessorament necessari. Hi ha hagut varis capítols que al començar s'estava molt verd en la temàtica en qüestió i han estat diferents professionals els que han dut a terme un assessorament sense cap mena d'ànim de lucre.

Finalment, constatar que s'han aplicat els coneixements apresos durant la carrera (requisit indispensable d'un TFG) fent ús de les equacions adequades per a realitzar tots els càlculs.

De fet, l'autor ha triat aquesta opció per controlar i entendre millor la solució, enlloc d'utilitzar els programes oferts per diferents empreses que calculen el dimensionat del sistema de captació solar a partir de les dades de la instal·lació on es vulgui dur a terme la implantació d'un sistema d'energia solar.

Com a treball futur complementari al projecte actual seria de gran interès repetir la mateixa instal·lació però dimensionant-la i calculant-la utilitzant l'esmentat programari. La solució obtinguda es podria comparar amb els resultats del projecte actual per poder fer una valoració de la fiabilitat dels programes existents en el mercat, que són els que actualment utilitzen els enginyers pels seus projectes.

## Agraïments

Donar primerament i per sobre de tot l'agraïment als meus avis, vists com uns herois, per creure sempre en mi, donar-me sempre absolutament tot allò que he necessitat i per haver estat constantment il·lusionats en que el seu nét gaudís de l'èxit que comporta la finalització d'uns estudis de tal caire.

A la meva mare, amiga incondicional i pilar fonamental. Compressora, generosa i sempre atenta. Amb la que es pot parlar i buscar una solució a tot. És clar que si s'arriba on s'ha arribat ella és qui té gran part de culpa.

Un agraïment especial al meu pare, enginyer industrial, vist sempre com el meu "jefe" i exemple a seguir des de que un té coneixement de raó; tota l'ajuda aportada en forma de coneixements, cerca d'informació, implicació i interès mostrat durant la realització del projecte i de la carrera en general. Sempre ha estat disposat a invertir temps per a ajudar-me en qualsevol tasca acadèmica, probablement per ser coneixedor de la dificultat de la present carrera, i d'aquí l'agraïment profund.

Destacar també la tasca del tutor, Xavier Escaler, ja escollit en el seu dia sent sabedor de la seva professionalitat, comprensió i tracte amb l'estudiant. L'equilibri entre la llibertat i la severitat ha estat el factor determinant per a realitzar còmodament el projecte.

Als companys i amics que han estat al costat al llarg de la carrera, amb els que s'han viscut grans moments i sense els quals un entén que no hauria estat possible arribar a aquest punt de finalització dels estudis.

I finalment, a tots els professionals que han ofert la seva ajuda, sense la qual no hauria estat possible l'elaboració del projecte; sense cap mena d'ànim de lucre aportant tota aquella documentació que han cregut útil per a totes les consultes realitzades. A destacar el director del Poliesportiu, Iñaki Sorraïn; la Fundación Tierra, GRC Renovables i BAXI.

## Bibliografia

### Referències bibliogràfiques

La bibliografia i referències utilitzades i citades en el present projecte s'enumeren a continuació:

- [1] Ministerio de Indústria, Energía y Turismo.  
[<http://www.minetad.gob.es/>, 20 de setembre de 2016]
- [2] CTE, *Código Técnico de Edificación*, 2006.  
[<http://www.codigotecnico.org/index.php/menu-ahorro-energia>]
- [3] Agencia Estatal de Meteorología, *Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT*, 2012.
- [4] RITE, *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios*, 2007.
- [5] CAT-EC, *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE*.
- [6] Panel Sandwich Group.  
[<http://www.panelsandwich.com>, 20 novembre de 2016]
- [7] IDAE, *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía*.  
[<http://www.idae.es>, 10 d'octubre de 2016]
- [8] Cambio Climático Global.  
[<http://cambioclimaticoglobal.com>, 3 de gener de 2017].
- [9] UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA. *Documentació/Informació associada al TFG*.  
[<https://etseib.upc.edu/ca/estudis/treballs-fi-destudis/documentos-info-associats-a-tfg>, 12 de setembre de 2016].
- [10] Economipedia, *Haciendo fácil la economía*.  
[<http://economipedia.com>, 5 de gener de 2017]

**[11] GRC RENOVABLES**

[[http:// grcrenovables.blogspot.com/](http://grcrenovables.blogspot.com/), 8 d'octubre de 2016]

**[12] BAXI, *Líder en Calefacción, ACS, Aire acondicionado y Energías Renovables.***

[<http://www.baxi.es>, 8 d'octubre de 2016]

**[13] Fundación Tierra**

[<http://fundaciontierra.es>, 8 d'octubre de 2016]

**[14] PEM Guiera, *Parc Esportiu Municipal Guiera.***

[<http://guiera.cerdanyola.cat>, 23 de setembre de 2016]



## Annexes

### Annex 1:Vitosol 200-T

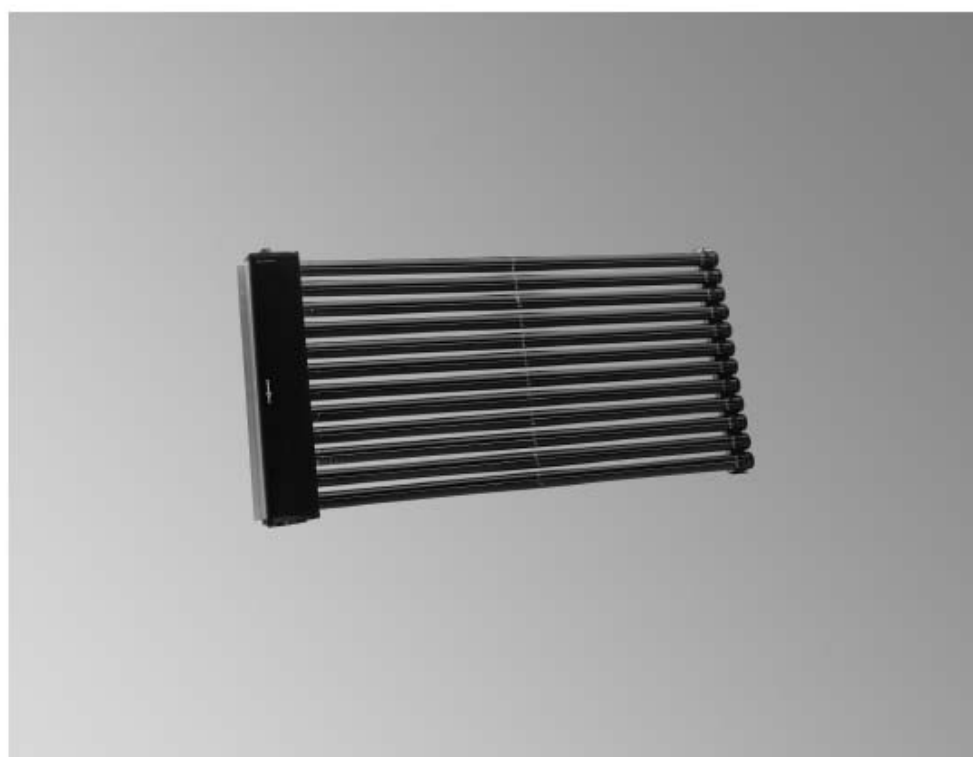
**VIESSMANN**

**VITOSOL 200-T**

Colector de tubos de vacío según el principio Heatpipe para el aprovechamiento de la energía solar

#### Datos técnicos

N.º de pedido y precios: consultar Lista de precios



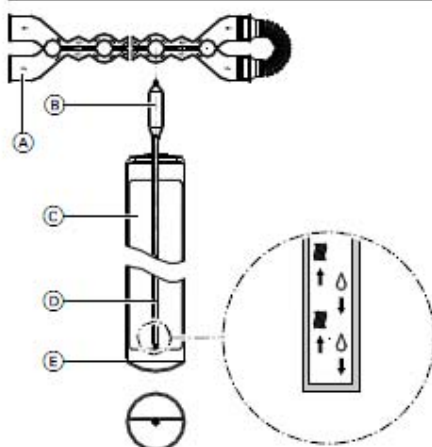
#### **VITOSOL 200-T** Modelo SP2A

##### Colector de tubos de vacío

Para calentamiento de A.C.S., de agua de calefacción y de piscinas mediante un intercambiador de calor y para suministro de calor a procesos industriales.

Para montaje sobre cubiertas planas e inclinadas, así como para montaje sobre estructura de apoyo.

## Descripción del producto



- (A) Intercambiador de calor de tubo doble de acero inoxidable
- (B) Condensador
- (C) Absorbedor
- (D) Tubo de calor (Heatpipe)
- (E) Tubos de vidrio al vacío

Existen las siguientes versiones del colector de tubos de vacío Vitosol 200-T, modelo SP2A:

- 1,26 m<sup>2</sup> con 10 tubos de vacío
- 1,51 m<sup>2</sup> con 12 tubos de vacío
- 3,03 m<sup>2</sup> con 24 tubos de vacío

El Vitosol 200-T, modelo SP2A se puede montar en cubiertas planas e inclinadas, en fachadas o sobre estructuras de apoyo.

Sobre cubiertas inclinadas, los colectores se pueden montar tanto longitudinalmente (con los tubos de vacío perpendiculares al remate de la cubierta) como transversalmente (con los tubos de vacío paralelos al remate de la cubierta).

En todos los tubos de vacío se encuentra integrado un absorbedor de metal con recubrimiento altamente selectivo. Este absorbedor garantiza una elevada absorción de radiación solar y una reducida emisión de radiación térmica.

En el absorbedor se ha instalado un tubo de calor lleno de líquido de evaporación. El tubo de calor está conectado al condensador, y éste, se introduce en el intercambiador de calor de doble tubo de acero inoxidable Duotec.

Se trata de la denominada "unión seca", que permite girar o sustituir tubos de vacío incluso cuando la instalación esté llena y bajo presión.

El absorbedor transmite el calor al tubo de calor, de este modo, el líquido se evapora. El vapor asciende al condensador. A través del intercambiador de calor de doble tubo, en el que se encuentra el condensador, el calor se transmite al medio portador de calor. Esto provoca la condensación del vapor. Los condensados vuelven a bajar al tubo de calor y el proceso se repite.

Para garantizar la recirculación del líquido de evaporación en el intercambiador de calor, el ángulo de inclinación debe ser superior a cero.

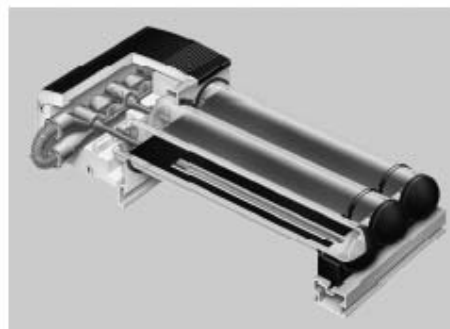
Girando axialmente los tubos de vacío, los absorbedores se pueden orientar de forma óptima hacia el sol. Los tubos de vacío se pueden girar 25° sin proyectar ninguna sombra sobre las superficies de absorción.

Se pueden conectar hasta 15 m<sup>2</sup> de superficie de absorción en una batería de colectores. Para este fin, se suministran tubos de unión flexibles hermetizados con juntas tóricas. Los tubos de unión se cubren con una cubierta con aislamiento térmico.

Un juego de conexión con uniones por anillos de presión permite conectar de forma sencilla la batería de colectores a las tuberías del circuito de energía solar. La sonda de temperatura del colector se monta en un alojamiento que se encuentra en la tubería de impulsión de la caja de conexiones del colector.

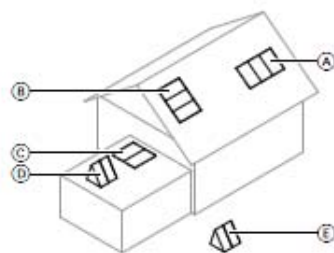
## Ventajas

- Colector de tubos de vacío según el principio Heatpipe altamente eficaz para una gran seguridad en el funcionamiento.
- Diseño universal que se puede montar en cualquier posición, tanto vertical como horizontal, en cubiertas, en fachadas o sobre una estructura de apoyo.
- Módulo de balcón especial (1,26 m<sup>2</sup> de superficie de absorción) para montar en barandillas de balcón o fachadas
- Superficie de absorción integrada en los tubos de vacío provista de un recubrimiento altamente selectivo y resistente a la suciedad.
- Eficaz transmisión de calor gracias a los condensadores instalados en el interior del intercambiador de calor de doble tubo de acero inoxidable Duotec.
- Orientación óptima de los tubos giratorios de vacío hacia el sol para aprovechar al máximo la energía.
- Unión seca, que permite montar o sustituir tubos incluso cuando la instalación está llena.
- El aislamiento térmico altamente eficaz de la caja de conexiones reduce al mínimo las pérdidas de calor.
- Montaje simple gracias a los sistemas de montaje y de conexión de Viessmann.

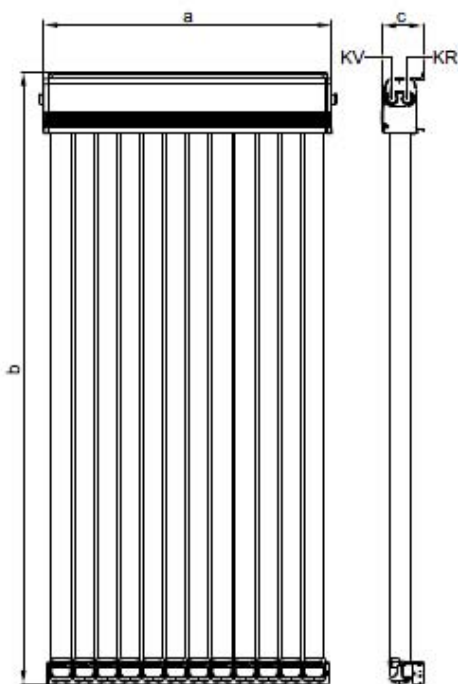


### Datos técnicos

Modelo SP2A	1,26 m <sup>2</sup>	1,51 m <sup>2</sup>	3,03 m <sup>2</sup>
Número de tubos	10	12	24
Superficie bruta (dato necesario a la hora de solicitar subvenciones)	1,98 m <sup>2</sup>	2,38 m <sup>2</sup>	4,62 m <sup>2</sup>
Superficie de absorción	1,26 m <sup>2</sup>	1,51 m <sup>2</sup>	3,03 m <sup>2</sup>
Superficie de apertura	1,33 m <sup>2</sup>	1,60 m <sup>2</sup>	3,19 m <sup>2</sup>
Posición de montaje (consultar la siguiente figura)	(A), (B), (C), (D), (E), (F), (G)		
Distancia entre colectores	mm	88,5	88,5
Dimensiones			
Anchura a	mm	885	2061
Altura b	mm	2241	2241
Profundidad c	mm	150	150
Los siguientes valores hacen referencia a la superficie de absorción:			
- Rendimiento óptico	%	0,74	0,756
- Coeficiente de pérdida de calor k <sub>1</sub>	W/(m <sup>2</sup> · K)	1,442	1,362
- Coeficiente de pérdida de calor k <sub>2</sub>	W/(m <sup>2</sup> · K <sup>2</sup> )	0,007	0,002
Capacidad térmica	kJ/(m <sup>2</sup> · K)	8,4	
Peso	kg	33	79
Volumen de fluido (medio portador de calor)	Litros	0,75	1,56
Presión de servicio adm.	bar/MPa	8/0,8	
Temperatura máx. de inactividad	°C	292	
Capacidad de producción de vapor	W/m <sup>2</sup>	100	
Conexión	Ø mm	22	



**Datos técnicos** (continuación)



KR Retorno del colector (entrada)  
KV Impulsión del colector (salida)

**Calidad probada**

**Calidad probada**

Los colectores cumplen los requisitos de la insignia de protección del medio ambiente "Ángel Azul" según RAL UZ 73. Comprobado según Solar-KEYMARK y EN 12975.

CE Homologación CE conforme a las Directivas de la CE vigentes.

Sujeto a modificaciones técnicas sin previo aviso.

Viessmann, S.L.  
Sociedad Unipersonal  
C/ Sierra Nevada, 13  
Área Empresarial Andalucía  
28320 Pinto (Madrid)  
Teléfono: 902 399 299  
Fax: 916497399  
www.viessmann.es

5015641ES

## Annex 2: Panell coberta sandwich

### ESPECIFICACIONES DE LA CUBIERTA DE PANEL SANDWICH TAPAJUNTAS CON REMATE DE UNION

El Panel Sandwich de Cubierta Tapajuntas es el Panel Sandwich tradicional más utilizado para las Cubiertas y Tejados en España. El Panel Sandwich de Tapajuntas tiene la cualidad de resistir el viento y comportarse mejor ante situaciones adversas de lluvia, humedad y frío. Es el Panel Sandwich recomendado para las Cubiertas y Tejados por su remate de acero que se coloca una vez atornillado los paneles a la estructura, ocultando la unión de la lluvia.

Esta cubierta de Panel Sandwich le da un extra de seguridad ante filtraciones de agua o pequeñas desviaciones en la colocación gracias a la junta de polietileno de ambos paneles cuando se unen y a quedar cubierta la unión.

El Panel Sandwich de Tapajuntas esta formado por dos chapas de acero con tres grecas conformadas y un perfilado en la zona baja, confiriéndole una resistencia mecánica para ser autoportante y seguro con correas o puntos de apoyo a 1,75 ó 2 metros, incluso a más distancia. Además el panel tiene en su interior poliuretano inyectado con una densidad de 40Kg/m<sup>3</sup> y un espesor de 30mm como mínimo, proporcionando el aislamiento térmico y acústico que es característico de estos paneles.

Utilizado para cubierta industrial y comercial, ha entrado con fuerza en el mercado residencial para la construcción de porches, casas, cobertizos, graneros, garages, casetas de obra, ampliacion de casas y habitaciones, cierre de balcones, etc.

Creado y desarrollado en España, nuestro Panel Sandwich de cubierta Tapajuntas es el Panel más vendido del mercado.

Este tipo de panel lo recomendamos para cubiertas con una inclinación mínima del 5% y como estandar por su resultado estético y de seguridad con el extra contra filtraciones y humedades. Podemos servir cantidades inferiores, desde los 10m<sup>2</sup>, en colores blanco yrojo exterior, y en blanco interior. Para otros colores son a consultar viabilidad (verde, azul, cremas, silver, gris pizarra, etc)

- » **Nuevo Panel de Cubierta con más éxito en España. Al ser el último diseño de ingeniería, se han aplicado los últimos avances..**
- » **Amplia gama de colores para el exterior disponibles como Blanco, Rojo, Verde, Azul, Gris pizarra, Plata Metalizado, Crema, etc**
- » **Aislamiento térmico de todos los espesores. En 30 y 40mm son los más habituales pero lo realizamos también en 50 y 60mm bajo pedido (y con producción).**
- » **El interior es en Blanco pirineo pero puede realizarse bajo pedido en Crema, imitación madera, etc..**
- » **Sistema de unión antihumedades y filtraciones de agua con un remate extra para cubrir la zona atornillada, garantizando estanqueidad.**
- » **Colocación mediante y eficaz, pudiendo realizarse paneles de hasta 17 metros de longitud.**
- » **La rematería se realiza en el mismo color del panel, con lo que la integración es perfecta..**

## **DATOS TÉCNICOS DE LA CUBIERTA DE DE PANEL SANDWICH TAPAJUNTAS CON REMATE DE UNION**

Tabla de datos técnicos de la Cubierta de Panel Sandwich Tapajuntas. Peso, coeficiente de aislamiento y peso soportado dependiendo de la distancia o luz de los apoyos. Bajo pedido puede fabricarse en Aluminio, Cobre, verde navarra y gris pizarra, así como en más espesor:

CARACTERÍSTICAS DEL PANEL (Chapas de acero interior y exterior de 0,50mm/0,40mm de espesor nominal)								
Espesor del panel (mm):		30	40	50	60	80	100	120
Peso del panel (kg/m <sup>2</sup> ):		9.30	9.70	10.10	10.50	11.30	12.10	12.80
Transmitancia térmica (U)	<sup>2</sup> Kcal/m h°C	0.56	0.43	0.35	0.29	0.22	0.18	0.15
	Watt/m <sup>2</sup> °C	0.65	0.50	0.41	0.34	0.26	0.21	0.17

ESQUEMA ESTÁTICO – DOS APOYOS – Distancia entre apoyos en cm.													
Espesor del panel (mm)	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	450	500
30	408	355	312	249	199	165	138	117	100	87	79	–	–
40	–	394	345	310	257	212	176	152	130	114	100	84	–
50	–	–	388	347	312	265	222	192	163	141	125	97	80
60	–	–	–	383	348	318	272	233	201	172	155	120	94
80	–	–	–	–	389	353	333	292	263	233	213	169	123

ESQUEMA ESTÁTICO – CUATRO APOYOS – Distancia entre apoyos en cm.													
Espesor del panel (mm)	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	450	500
30	409	354	313	277	252	209	177	147	128	110	96	–	–
40	–	390	347	310	278	251	225	195	169	146	127	95	–
50	–	–	384	346	311	289	263	241	211	180	161	124	98
60	–	–	–	383	347	319	295	274	251	224	198	151	131
80	–	–	–	–	423	386	358	330	313	289	272	213	157

sobrecargas admisibles, uniformemente distribuidas en kg/m<sup>2</sup> (Ratio de conversión 1kg/m<sup>2</sup> = 0,00981 kN/m<sup>2</sup>). Las tablas se han desarrollado para paneles con soportes de acero, de 0,50/0,40 mm, imponiendo la limitación de deformación: Flecha f=1/200l. Coeficiente de seguridad: 2.5.

## **ACCESORIOS Y REMATES PARA LA CUBIERTA DE PANEL SANDWICH TAPAJUNTAS CON REMATE DE UNION**

Suministramos las fijaciones necesarias para la colocación de la Cubierta Sandwich, dependiendo el material sobre el que se va a atornillar. Realizamos los remates que precise para los encuentros del panel con otro panel de fachada o cubierta, a muro, tejado, etc. Cumbreira troquelada y caballetes, bajantes, etc. También los canalones, vierteaguas, frontales para tapar el poliuretano y laterales, etc. En cubierta los más comunes son

- ❖ **Suministro de tornillos y complementos para fijación sobre hormigón, estructura metálica, madera o tabique.**
- ❖ **La rematería se realiza en el mismo color del panel, con lo que la integración es perfecta.**
- ❖ **Remate de cumbreira troquelada y sin troquelar para el encuentro de los dos paneles de cubierta.**
- ❖ **Remate frontal troquelado para tapar la espuma de poliuretano del panel.**
- ❖ **Remate lateral para el cierre tanto a derecha como a izquierda del tejado. Servimos dos tipos, remate recto o redondeado.**
- ❖ **Remate de canalón y bajante de agua del mismo color que la cubierta. Puede ser cerrado o abierto, como se prefiera.**
- ❖ **Remate lateral a muro y remate de cumbreira a muro para cuando el tejado empieza en una pared y es a un agua.**
- ❖ **Fabricamos cualquier tipo de remate que precise para el perfecto acabado de la obra. Remates especiales y bajo pedido no tienen un coste extra de fabricación. Pásenos un dibujo o diseño de cómo precisa el remate en chapa y se lo realizamos junto con su pedido.**

