



# EPS

Escola Politècnica

Superior

## Projecte/Treball Fi de Carrera

**Estudi:**

Graduat Superior en Tecnologia Ambiental (GSTA)  
pla 2001

**Títol:**

Instal·lació solar tèrmica i solar fotovoltaica per a  
una vivenda aïllada.

**Document:**

Memòria

**Alumne:**

Enric Roca Torrent

**Director/Tutor:** Josep Maria Corretger Canós

**Departament:** Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

**Àrea:** Màquines i Motors Tèrmics

**Convocatòria:** 07/2009

# INDEX

<b>1. INTRODUCCIÓ.....</b>	<b>3</b>
1.1. ANTECEDENTS .....	3
1.2. OBJECTE .....	3
1.3. ABAST .....	3
<b>2. DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE.....</b>	<b>4</b>
2.1. PER LA INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA .....	4
2.1.1. Càrrega de consum .....	4
2.1.2. Substitució energètica .....	4
2.1.3. Inclínació dels col·lectors solars .....	4
2.1.4. Energia solar disponible .....	4
2.1.5. Ombres .....	5
2.1.6. Rendiment global.....	5
2.1.7. Nombre de panells instal·lats.....	5
2.1.8. Acumulador.....	5
2.1.9. Circuit hidràulic .....	6
2.1.10. Bomba de recircularització .....	6
2.1.11. Aïllament.....	6
2.1.12. Caldera .....	6
2.1.13. Dissipador.....	7
2.1.14. Vas d'expansió.....	7
2.1.15. Fluid caloportador.....	7
2.1.16. Viabilitat .....	8
2.1.17. Vida útil .....	8
2.2. DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE PER LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA.....	9
2.2.1. Càrrega de consum .....	9
2.2.2. Inclínació de les plaques solars fotovoltaïques.....	9
2.2.3. Radiació solar disponible.....	9
2.2.4. Ombres .....	9
2.2.5. Rendiment global.....	10
2.2.6. Nombre de panells instal·lats.....	10
2.2.7. Nombre de bateries .....	10
2.2.8. Regulador .....	10
2.2.9. Inversor.....	11
2.2.10. Cablejat.....	11
2.2.11. Generador.....	12

2.2.12.	<i>Viabilitat</i> .....	12
2.2.13.	<i>Vida útil</i> .....	12
<b>3.</b>	<b>RESUM DEL PRESSUPOST</b> .....	<b>13</b>
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONS</b> .....	<b>14</b>
<b>5.</b>	<b>RELACIÓ DE DOCUMENTS</b> .....	<b>15</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>16</b>

# 1. INTRODUCCIÓ

## 1.1. *Antecedents*

Degut al constant augment del preu dels combustibles fòssils tradicionals, i a la conscienciació ambiental de la població, es preveu un increment de la implantació i ús d'energies renovables, per tal de complementar o substituir les fonts d'energia tradicionals.

## 1.2. *Objecte*

Projectar una instal·lació en una vivenda aïllada situada a la província de Barcelona que aprofiti l'energia solar: a) a partir d'una instal·lació solar tèrmica per obtenir: aigua calenta sanitària (ACS) i calefacció; i b) a partir d'una instal·lació solar fotovoltaica per satisfer la demanda elèctrica.

## 1.3. *Abast*

Calcular la demanda d'ACS, calefacció, així com el dimensionament del camp de col·lectors solar-tèrmic, dipòsits d'acumulació, canonades, bombes, sistemes de control i sistema auxiliar de recolzament.

Calcular la demanda elèctrica, camp de col·lectors solar-fotovoltaic, regulador de càrrega, elements de la bateria, sistemes de control i protecció i grup electrogen.

Estudi de la viabilitat física i econòmica de la implantació de les opcions anteriorment descrites per tal de complementar o fins i tot substituir l'ús de combustibles fòssils.

## **2. DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE**

### **2.1. Per la instal·lació solar tèrmica**

El criteri de càlcul escollit, és aquell on la meitat de les necessitats energètiques anuals serà igual a la producció anual.

Per dur a terme aquest criteri de càlcul ens basarem en la substitució deguda a l'aportació solar en detriment de l'energia convencional, en aquest cas gasoil.

#### **2.1.1. Càrrega de consum**

Les necessitats energètiques per a la instal·lació solar tèrmica per tal de satisfer la demanda de calefacció i aigua calent sanitària (ACS) són de 84207 MJ ( veure taula 6 de annex C).

#### **2.1.2. Substitució energètica**

És el percentatge d'energia solar que substitueix a l'energia convencional, cal tenir en compte que aquest valor depèn de diferents factors: pol·lució, microclima, inclinació,... i que el nostre cas el seu valor mínim es troba en el mes de gener amb una substitució del 1,33%. O sigui que el gener és el mes més desfavorable.

#### **2.1.3. Inclinació dels col·lectors solars**

A partir de diferents mesures incloses a l'annex C arribem a la conclusió que la substitució solar és màxima en una inclinació del 40°, tot i que l'aportació solar és màxima en una inclinació del 30°.

#### **2.1.4. Energia solar disponible**

A partir de conèixer l'energia aportada pel sol en cada m<sup>2</sup>, i modificat pel factor de correcció deguts al microclima de la zona, pol·lució, pols a l'ambient i inclinació del captador obtenim

que a l'any podem assolir uns  $154,66 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}$

### 2.1.5. Ombres

No hi ha elements que facin ombra a la façana de l'edifici en l'alçada on situarem els col·lectors (9,7 m).

### 2.1.6. Rendiment global

La proporció de radiació aprofitada pel captador respecte de la radiació aprofitable queda definida pel rendiment del captador. El rendiment del captador no és un valor fix, ja que depèn de factors que varien durant el seu funcionament: la temperatura mitjana del captador, la temperatura ambient i la intensitat de radiació solar.

### 2.1.7. Nombre de panells instal·lats

Doncs, com que el criteri per decidir els  $\text{m}^2$  de panell a instal·lar, és la superfície de panells que satisfaci el 50% de la demanda anual.

Requerim, doncs de  $20\text{m}^2$  de captadors, on s'assoleix quasi bé un 53% de substitució anual de l'energia convencional per energia solar.

Doncs 4 captadors solars impliquen un àrea de captació de  $20,64\text{m}^2$ .

### 2.1.8. Acumulador

La relació més apropiada entre superfície captadora i volum d'acumulació per la latitud

$41,60^\circ$  és d'entre 50 i  $85 \frac{\text{litres}}{\text{m}^2 \text{ de col·lector}}$ .

$20,64\text{m}^2 \text{ de col·lector} \times 70 \frac{\text{litres}}{\text{m}^2 \text{ de col·lector}} = 1444,8 \text{ litres.}$

Doncs l'acumulador escollit tindrà un volum d'acumulació de 1500 litres.

### **2.1.9. Circuit hidràulic**

Segons càlcul obtenim que el diàmetre necessari per a una tuberia de coure és de 1,44 cm, però existeix taula de recomanació diàmetres mínims on el mínim establert és de 18 mm per una distància inferior a 50 m del camp de col·lectors.

### **2.1.10. Bomba de recircularització**

La bomba de recircularització ha d'ésser capaç de vèncer les pèrdues de càrrega del sistema i moure el fluid a un cabal específic dels captadors solars.

És a dir que ha de vèncer una pèrdua de càrrega de 6,6 mca i impulsar el fluid a un cabal de  $8,33 \cdot 10^{-5} \text{ (m}^3/\text{s)}$ .

La bomba resultant haurà de tenir una potència de 4,165 W. Al ser un valor tant petit, no n'hi ha de disponibles al mercat doncs agafarem la que més s'hi approximi, una de 25 W.

### **2.1.11. Aïllament**

L'aïllant escollit és l'escuma de poliestirè que té una conductivitat de  $0,040 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$ .

### **2.1.12. Caldera**

Per situacions on la demanda és superior a l'aportació solar, ens cal un element que porti l'energia necessària per satisfer els requeriments. Doncs la caldera hauria d'ésser capaç d'aportar el valor mínim de 5,63 kW, per tal de satisfer la demanda d'un dia tipus del més amb menys captació, o sigui gener que és el mes amb menor substitució energètica.

### **2.1.13. Dissipador**

Per al contrari, quan l'aportació supera amb escreix la demanda, hi pot haver un risc per al sistema, ja que aquest pot assolir temperatures molt més altes per les quals no ha estat dissenyat.

El més amb major captació solar i menys demanda és el juliol on hi ha un excés de 1404,60 W. Doncs cal la integració del sistema d'un element capaç de dissipar aquest excés de potència que hi ha en el fluid caloportador.

### **2.1.14. Vas d'expansió**

El dipòsit d'expansió és l'element utilitzat amb l'objectiu d'absorbir les sobrepressions del fluid que recorre el circuit, degudes a l'augment de volum que es produeix a l'expandir-se per a l'escalfament del fluid.

El vas d'expansió s'ha de dimensionar segons normativa, per a un volum mínim de dilatació, igual al 4,3 % del volum total del circuit primari de la instal·lació.

Doncs com que el volum del primari és de 50 litres, ens cal un vas d'expansió amb volum de dilatació superior a 2,15 litres.

### **2.1.15. Fluid caloportador**

En el nostre cas, al poder separar l'aigua de consum de l'aigua a escalfar, podem afegir additius a l'aigua per tal d'evitar situacions de congelació d'aquesta.

Doncs, ens decantem per aigua més una concentració al 20% de propilenglicol (anticongelant), aquesta concentració farà que el circuit primari no es congeli fins arribar als -7°C, una protecció més que suficient pel clima on ens trobem.

Un altre valor afegit al ús del propilenglicol, és el seu preu econòmic, uns 6-7 €/litre.



### **2.1.16. Viabilitat**

Segons els resultats de l'estudi econòmic (Annex E) realitzat veiem que l'inversió s'amortitza en un 12 anys i la rendibilitat que ens ofereix aquesta inversió és de un 17,80%.

### **2.1.17. Vida útil**

La vida útil d'una planta solar tèrmica és la dels seus components. Sempre que aquesta estigui ben dissenyada i es facin els manteniments recomanats. Aquest valors són d'uns 20-25 anys.

## **2.2. Descripció del projecte per la instal·lació fotovoltaica**

El criteri de càlcul escollit, és aquell on, en condicions climatològiques normals, s'aconsegueix satisfer tota la demanda energètica i s'emmagatzema una previsió per 3 dies de condicions desfavorables, a més de la instal·lació d'un grup electrogen autò-nom per situacions d'avaría o condicions meteorològiques adverses superiors a 3 dies.

### **2.2.1. Càrrega de consum**

El consum de la instal·lació calculada per aquesta vivenda unifamiliar en el projecte és de  $7092 \frac{\text{W}\cdot\text{h}}{\text{dia}}$  ( veure taula 2 de annex B).

### **2.2.2. Inclínació de les plaques solars fotovoltaiques**

A partir de programa CENSOL 5, s'han realitzat diferents simulacions mantenint les condicions, i s'ha observat que la inclinació amb mínima potència fotovoltaica a instal·lar és la de 55<sup>a</sup>, on es requereix una instal·lació de 4715 W.

### **2.2.3. Radiació solar disponible**

A partir de conèixer les hores sol pic (HSP) o nombre d'hores amb potència nominal equivalents a  $1000 \text{ W/m}^2$ , per tal de comparar els valors mensuals als realitzats al laboratori d'assaig de les plaques, comprovem que el mes amb menor HSP és el desembre amb 2,28 HSP.

### **2.2.4. Ombres**

No hi ha elements que facin ombra a la teulada de l'edifici, l'únic element capaç de fer-ho és el propi col·lector, ja que per qüestions d'espai està situat en dos fileres.

Doncs, per tal d'evitar l'ombra que es puguin realitzar entre ells, la distància entre els

col·lectors situats a la teulada de la vivenda, serà de mínim 3,45 m però aplicant un factor de correcció del 10%, la separació entre les fileres serà de 3,80m

### **2.2.5. Rendiment global**

El rendiment global de la instal·lació a partir de les especificacions tècniques de cada element serà del 76%.

### **2.2.6. Nombre de panells instal·lats**

El nombre de panells instal·lats per satisfer la demanda de potència de 4548W serà de 22 panells, situats en 2 sèries de 11 panells en paral·lel, amb els quals aconseguirem una potència de 4400W, un 7,7% menys de la necessària segons càlcul. Però com que mai tots els elements estaran funcionant alhora, no cal satisfer constantment aquesta potència màxima, sinó que es suficient amb aproximar-nos-hi.

A més a més si tenim un bons hàbits energètics: no obrir llums innecessaris, no deixar pilot d'electrodomèstics encesos, no fer funcionar aparells d'alt consum alhora,... no hi haurà cap problema de falta de potència en la instal·lació.

### **2.2.7. Nombre de bateries**

Com que no tot el consum energètic es fa durant les hores de sol, cal un element que emmagatzemi aquesta energia produïda pels captadors, per a un ús posterior.

Doncs per satisfer els 1944 Ah necessaris per satisfer una demanda acumulada de 3 dies, doncs caldran 26 bateries: 24 en sèrie i 2 en paral·lel, amb la qual obtindrem 2000 Ah.

### **2.2.8. Regulador**

El regulador és l'element que a grans trets regula la captació d'energia per part de les bateries, ha de ser capaç de treballar al voltatge i intensitat del sistema. Doncs ha de ser capaç de treballar a tensió de 48 V i suportar una intensitat de 76,1A.

### **2.2.9. Inversor**

És l'element encarregat de transformar el corrent continu provinent dels panells o del conjunt de bateries (a 48 V) a corrent altern (a 220V)

Ha de ser capaç de subministrar la potència instantània necessària per satisfer la demanda energètica de la vivenda. En aquest cas la demanda de la vivenda és de 4715 W però com anteriorment hem esmentat, mai tots aquest no estaran en funcionament alhora, doncs hi apliquem un factor corrector de 10%. I obtenim que la potència màxima que ha de ser capaç de subministrar és de 4243,5W.

Cal tenir en compte que en certs moments, degut a l'arrencada motors, cal una potència pic molt superior al màxim teòric diari (4715 W), doncs l'inversor ha de ser capaç de satisfer-la durant un breu període de temps.

A més a més hem de tenir present que els inversors són equips amb baix rendiment a baixes càrregues de treball, per tant no és útil aplicar un gran sobredimensionament al seu disseny en la instal·lació.

### **2.2.10. Cablejat**

El tipus de cablejat de la nostre instal·lació es dividirà en dues parts segons el tipus de corrent: a) corrent contínua, i b) corrent alterna

Per la part de corrent contínua caldrà un cablejat superior a  $69,76 \text{ mm}^2$  ( 9,42 mm de diàmetre)

En canvi per la part de corrent alterna n'hi haurà prou amb un cablejat superior a  $10,10 \text{ mm}^2$  (3,6 mm de diàmetre)

### **2.2.11. Generador**

El grup electrogen instal·lat ha de ser capaç de satisfer la demanda de potència en cas d'avaría del sistema fotovoltaic, o degut a períodes de poca o nul·la insolació. Doncs en el nostre cas n'usarem un de 5,5 KVA de gasoil; el mateix combustible usat pel calentador, en la part d'energia solar tèrmica.

### **2.2.12. Viabilitat**

Segons els resultats de l'estudi econòmic (Annex E) realitzat veiem que l'inversió s'amortitza en un 20 anys i la rendibilitat que ens ofereix aquesta inversió és de un 8,40%.

### **2.2.13. Vida útil**

La vida útil d'una planta fotovoltaica és la dels seus components. Sempre que aquesta estigui ben dissenyada i es facin els manteniments recomanats. Aquest valors doncs per a Espanya són:

- Els mòduls o panells fotovoltaics >20 anys.
- Els aparells electrònics >30 anys.
- Els elements auxiliars (cablejat, caixes de connexió etc.) >35 anys.

### 3. RESUM DEL PRESSUPOST

Els podem diferenciar segons a quina instal·lació pertanyen. També cal tenir en compte que en el nostre cas instal·larem els elements necessaris per disposar d'energia solar i també els necessaris per disposar d'energia convencional. Això és degut, per evitar possibles períodes d'escassa o nul·la radiació, o averies.

Concepte	Preu (€)
Instal·lació solar tèrmica	9959,72
Instal·lació tèrmica convencional	4399,67
Instal·lació solar fotovoltaica	36941,73
Instal·lació elèctrica convencional	2836,55
Despeses totals	54137,67

El pressupost puja a la quantitat expressada de cinquanta-quatre mil cent trenta-set € amb seixanta-set cèntims.

Girona, Juny de 2009

L'autor del projecte:

Enric Roca Torrent

## 4. CONCLUSIONS

Després de l'estudi realitzat , podem dir que, es compliran les expectatives dels criteris escollits:

- En la instal·lació solar tèrmica, s'assolirà la meitat de les necessitats energètiques de calefacció i aigua calenta sanitària anuals per mitjà dels captadors i el resta s'aconseguirà mitjançant l'ús de la caldera.
- En la instal·lació solar fotovoltaica, en condicions climatològiques normals, s'aconseguirà satisfer tota la demanda energètica a més d'emmagatzemar-la amb una previsió energètica per 3 dies de condicions desfavorables. A més de la instal·lació d'un grup electrogen autònom, per situacions d'avaria o condicions meteorològiques adverses superiors a 3 dies.

Tots els elements, com són acumulador, caldera, col·lectors,... en la instal·lació solar tèrmica i inversor, regulador, bateries,...en la instal·lació solar fotovoltaica estan dissenyats per treballar sota les condicions esmentades i demanades pel client, lleugerament incrementades com a mesura de seguretat per si algun dia apareix un pic de demanda o per altres factors que puguin fer augmentar la demanda de la instal·lació.

És molt important també que el client segueixi el manteniment de la instal·lació adjunt a l'apartat annexos, ja que les instal·lacions estan pensades perquè tinguin una vida útil de 20 a més de 30 anys si es segueixen les pautes de manteniment. Si per algun cas aquestes pautes no es segueixen, la vida de la instal·lació pot disminuir considerablement.

## **5. RELACIÓ DE DOCUMENTS**

Document 1: Memòria i annexos

Document 2: Plànols

Document 3: Plec de condicions

Document 4: Estat d'amidaments

Document 5: Pressupost



## 6. BIBLIOGRAFIA

GENERALITAT DE CATALUNYA. Energia solar tèrmica. Quadern pràctic per a instal·ladors. Edició 2005

GENERALITAT DE CATALUNYA. Atlas de Radiació Solar de Catalunya. Edició 2000.

MANUEL ROCA SUÁREZ Y JUAN CARRATALÁ FUENTES. Departamento de construcción arquitectónica de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Calefacción. 2004.

CENTRO DE ESTUDIOS DE LA ENERGIA SOLAR. Progensa. Curso programado de instalaciones de energia solar y fotovoltaica. 2005.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO. BOE25/01/2008. Codi tècnic de l'edificació, cte. Documento básico HE ahorro de energia. 2008.

WIRSBO. Calculo de una instalación por radiadores. Wirsbo.es. 2009.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA, IDAE. Marco general de ayudas a las energías renovables y la eficiencia energética. Junio 2005.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA, IDAE. Plan de energías renovables en España. Agost 2005.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA, IDAE. Pliego de condiciones técnicas para instalaciones de baja temperatura. Gener 2009.

LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA, IDAE. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red. Octubre 2002.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA, www.idae.es, Madrid, 2009.

ASOCIACIÓN DE LA INDÚSTRIA FOTOVOLTAICA. Sistema de Energia Fotovoltaica. Manual del Instalador. 2002.

MINISTERI INDUÚSTRIA, TURISMO Y COMERCIO. B.O.E 18/9/2002. Reglamento electrotécnico para baja tensión. 2003.

CENTRO DE ESTUDIOS DE LA ENERGIA SOLAR. [www.censolar.es](http://www.censolar.es). 2009.

ICAEN, [www.icaen.es](http://www.icaen.es), Madrid, 2008.

SOLARIS. [www.solaris.es](http://www.solaris.es).2009.

SOL I CLIMA. [www.Soliclima.es](http://www.Soliclima.es). 2009.