

INSTAL·LACIÓ DE
PLAQUES
FOTOVOLTAIQUES A
L'EPSEM

PATRÍCIA CUEVAS DE LA PARRA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA DE MANRESA

ALUMNE: PATRÍCIA CUEVAS DE LA PARRA N° Registre: 1821

Titulació: ENGINYERIA TÈCNICA INDUSTRIAL Especialitat: ELECTRÒNICA INDUSTRIAL

DESCRIPCIÓ DEL TREBALL

Títol:

INSTAL·LACIÓ DE PLAQUES FOTOVOLTAIQUES A L'EPSEM

Resum del Treball:

El treball consta de dues parts. La 1^a part és l'estudi de l'energia solar fotovoltaica, on s'explica els diferents tipus d'energia, tant renovables com no renovables, i es profunditza en l'explicació de la fotovoltaica i els elements necessaris per tal de poder fer una instal·lació d'aquest tipus.

La 2^a part és un supòsit pràctic sobre la instal·lació d'energia fotovoltaica a l'EPSEM. En aquesta part trobem els càlculs necessaris, plànols i pressupost per tal de poder dur a terme la instal·lació.

Data Registre 27/04/09

Signatura Alumne

1. Director Projecte: IMMA MARTINEZ	
2 Coordinador:	
1V.P.	2V.P.

4 exemplars: 1.- Professor Director; 2.- Professor Coordinador; 3.- Secretaria ;
4.- Alumne Incorporar al TFC

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA DE MANRESA

ALUMNE: PATRÍCIA CUEVAS DE LA PARRA N° Registre: 1821

Titulació: ENGINYERIA TÈCNICA INDÚSTRIAL Especialitat: ELECTRÒNICA
INDÚSTRIAL

SOL.LICITA al Professor de: ENGINYERIA ELECTRÒNICA

En/Na IMMACULADA MARTINEZ TEIXIDOR

l'acceptació del tema proposat com a Projecte o Treball Fi de Carrera, així com la
Direcció del mateix.

Conforme
El Director del Treball

Conforme
El Professor Coordinador

CONTROL DEL DIRECTOR

Revisió	Comentari	Data	Signatura
Aceptació			
Autorització Entrega			

CONTROL DEL COORDINADOR

<u>Entrega</u>			
-----------------------	--	--	--

Incorporar al TFC

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA DE MANRESA

ALUMNE: PATRÍCIA CUEVAS DE LA PARRA N°Registre:1821

Titulació: ENGINYERIA TÈCNICA INDÚSTRIAL Especialitat: ELECTRÒNICA
INDÚSTRIAL

Data de presentació del Treball: 12 DE JUNY DE 2009

INFORME DEL DIRECTOR DEL TREBALL

Signatura

INFORME DEL COORDINADOR

Signatura

Reunit el Tribunal d'avaluació del PFC de l'ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR
D'ENGINYERIA DE MANRESA, ha acordat concedir a
en/na _____
en mèrit al Projecte o Treball Fi de Carrera realitzat, la QUALIFICACIÓ
de: _____

Manresa, ____ de _____ de 20 ____

El President del Tribunal

ÍNDEX:

ESTUDI SOBRE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	6
ANTESCEDENTS:.....	7
FONTS D'ENERGIA:	10
<i>Fonts d'energia no renovables:.....</i>	<i>11</i>
<i>Fonts d'energia renovables:.....</i>	<i>13</i>
L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA:.....	18
TIPUS DE SISTEMES I COMPONENTS FOTOVOLTAICS:	24
<i>La cèl·lula solar:.....</i>	<i>27</i>
<i>El panell fotovoltaic:</i>	<i>33</i>
<i>El generador fotovoltaic:.....</i>	<i>38</i>
<i>Les estructures suport:.....</i>	<i>39</i>
<i>Els cables de connexió:.....</i>	<i>41</i>
<i>L'inversor:.....</i>	<i>42</i>
<i>La bateria solar:</i>	<i>44</i>
<i>El regulador de càrrega:.....</i>	<i>46</i>
SUPÒSIT PRÀCTIC – ENERGIA FOTOVOLTAICA A L'EPSEM	50
SITUACIÓ I DISSENY:.....	51
INSTAL·LACIÓ CONNECTADA A LA XARXA I ELEMENTS NECESSARIS:	59
<i>Panell solar fotovoltaic:</i>	<i>60</i>
<i>Estructura suport:.....</i>	<i>61</i>
<i>Inversor:</i>	<i>64</i>
ENERGIA GENERADA I CÀLCULS:.....	67
PRESSUPOST:	74
ANÀLISI DE SOSTENIBILITAT DE LA INSTAL·LACIÓ:.....	75
<i>Impacte econòmic:</i>	<i>75</i>
<i>Impacte ambiental:.....</i>	<i>79</i>
<i>Ajudes i subvencions:.....</i>	<i>82</i>
CONCLUSIONS.....	84
CONCLUSIONS:	85
BIBLIOGRAFIA	87

BIBLIOGRAFIA:..... 88

ESTUDI SOBRE
L'ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA

ANTECEDENTS:

La disponibilitat d'energia al món s'ha convertit en un problema molt important, tant als països industrialitzats com aquells en via de desenvolupament, ja que es veuen afectats per la creixent demanda per satisfer les seves metes econòmiques i socials.

Degut aquest augment imminent de la demanda d'energia s'ha tornat a tenir en compte el concepte d'energies renovables, ja que des de l'invent de la màquina de vapor les energies no renovables, com l'energia fòssil o nuclear, han estat les més utilitzades per produir recursos energètics.

En el sentit estricte, és renovable qualsevol procés que no alteri l'equilibri tèrmic del planeta, que no generi residus irrecuperables i que la seva velocitat no sigui superior a la velocitat de regeneració de la font energètica i de la matèria prima utilitzada en el mateix.

Són energies renovables l'energia solar tèrmica tant activa com passiva , l'energia solar fotovoltaica i eòlica, l'energia de la biomassa vegetal i animal en processos que permetin la seva regeneració al ritme de consum, l'energia hidroelèctrica i altres.

Les energies renovables han constituït una part important de l'energia utilitzada pels humans des del principi dels temps, especialment l'eòlica, la solar i la hidràulica. La navegació a vela, els molins de vent i la disposició constructiva dels edificis alhora d'aprofitar el sol, són alguns exemples.

L'actual sistema energètic es basa en el consum de carbó, petroli i gas natural, els anomenats combustibles fòssils, com a principals fonts d'energia primària.

Cap a la dècada dels 70 les energies renovables es van considerar una alternativa a les energies tradicionals, tant per la seva disponibilitat present i futura garantida com pel seu menor impacte ambiental, per aquesta raó s'anomenaven energies alternatives.

Avui dia aquest concepte d'alternatives ha desaparegut, ja que segons la Comissió Nacional d'Energia espanyola, la venda anual d'energia de Règim Especial s'ha multiplicat per més de 10 a Espanya, a la vegada que els seus preus s'han rebaixat un 11%.

A Espanya les energies renovables van suposar a l'any 2005 un 5,9% del total d'energia primària, un 1,2% és eòlica, un 1,1% hidroelèctrica, un 2,9% biomassa i un 0,7% d'altres.

Catalunya ha estat pionera en la creació d'empreses que han apostat pel desenvolupament del sector de les energies renovables.

Aquest caràcter innovador, juntament amb el pes específic que les energies renovables tenen a Espanya i Catalunya, fa que hi hagi un important mercat domèstic d'energies renovables amb un elevat potencial de creixement. Per aquest motiu, el Pla Director d'Energies 2006-2015 preveu a Catalunya:

El creixement de la generació d'energia renovable passarà de 736 ktep el 2003 a 2689 ktep el 2015.

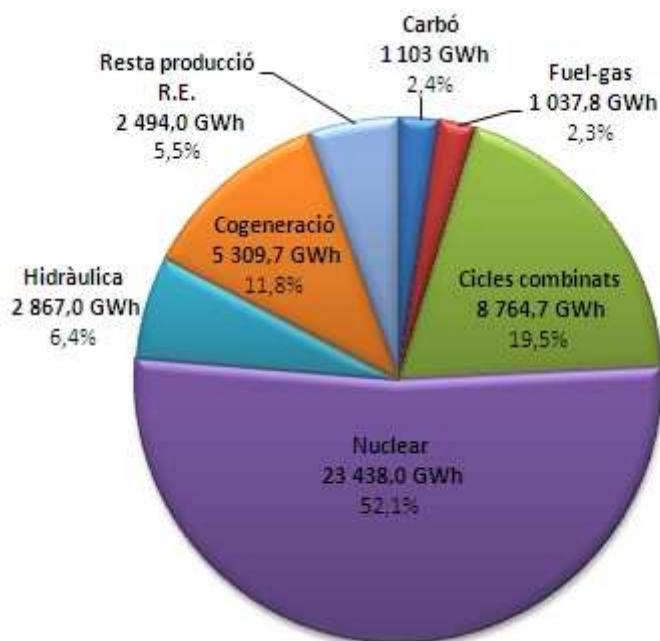
La instal·lació com a mínim de 22 MWp d'energia solar fotovoltaica en edificis públics abans de 2010.

Les fonts d'energia renovables a l'actualitat representen un 20% del consum mundial d'electricitat, sent un 90% d'origen hidràulic. La resta és molt marginal: biomassa 5,5%, geotèrmica 1,5%, eòlica 0,5% i solar 0,05%.

Al voltant del 80% de les necessitats d'energia a les societats industrials occidentals es centren al voltant de la indústria, la calefacció, la climatització dels edificis i el transport (cotxes, trens i avions). Tot i així, la majoria de les aplicacions a gran escala de l'energia renovable es concentra a la producció d'electricitat.

A Espanya, les renovables van ser responsables del 19,8% de la producció elèctrica. La creació d'electricitat amb energies renovables va superar a l'any 2007 a la d'origen nuclear.

A Catalunya, a l'any 2006, en el règim especial, la cogeneració va contribuir un 11,8% a la producció bruta total, mentre que la resta de tecnologies (residus, biomassa, hidroelèctrica, eòlica i fotovoltaica) van tenir un pes conjunt del 5,5% de la producció elèctrica bruta.



Producció bruta d'electricitat a Catalunya a l'any 2006.

El canvi climàtic, la desforestació, el perill nuclear i els desequilibris geopolítics i econòmics són també prejudicis induïts pel consum massiu d'energia de fonts no renovables.

El canvi climàtic està induït per l'augment de la temperatura mitja de la terra degut a l'efecte hivernacle. La disminució de les masses e gel dels pols repercuteix a l'elevació progressiva del nivell del mar posant en perill la vida en multitud de punts del planeta.

El procés de desforestació agreuja consegüentment l'efecte hivernacle, ja que és la matèria vegetal l'encarregada de retirar el CO₂ atmosfèric mantenint la seva concentració en equilibri.

L'energia nuclear suposa tot de riscos, tant socials com polítics.

La dependència d'una única font d'energia comporta riscos econòmics. La diversificació i l'aprofitament racional dels recursos endògens genera economies més estables i menys dependents.

FONTS D'ENERGIA:

Les fonts d'energia són elaboracions naturals més o menys complexes de les que l'home pot extreure energia per realitzar un determinat treball o obtenir alguna utilitat.

L'energia és la capacitat de generar treball i calor. El treball implica moviment. El calor és una forma de manifestació de l'energia que és possible mesurar quan passa de uns cossos a uns altres augmentant o disminuint la temperatura, o provocant un canvi d'estat.

El primer principi de la termodinàmica ens diu que l'energia implicada en qualsevol procés és igual al treball realitzat més la calor emesa.

$$E = W + Q$$

Anomenem energia primària a aquella que s'obté de les fonts en origen sense haver patit cap tipus de procés de transformació previ.

Les fonts d'energia primària es poden dividir en dos grups: fonts d'energia no renovables i fonts d'energia renovables.

Fonts d'energia no renovables:

Es defineix com a font d'energia no renovable aquella que es troba a la natura emmagatzemada en quantitat limitada i que un cop consumida en la seva totalitat no es pot substituir, ja que no existeix sistema de producció o extracció viable, o la producció des d'altres fonts és massa petita com per resultar útil a curt termini. Les reserves disponibles estan relacionades amb la facilitat tècnica i econòmica de la seva explotació, al descobriment de nous jaciments i al ritme d'extracció i consum.

Com a fonts d'energia no renovables trobem tres tipus:

- Les fonts d'energia fòssil: s'anomenen així degut a que s'obtenen de la combustió (oxidació) de diferents substàncies que, segons la geologia, es van produir al subsòl a partir de l'acumulació de grans quantitats de residus de éssers vius, fa milions d'anys.

D'aquestes substàncies combustibles destaquen:

- Petroli i els seus derivats: és una barreja de gran varietat d'hidrocarburs en fase líquida, barrejats amb una varietat d'elements no purs. Per destil·lació i altres processos, s'obtenen les diverses benzines, el diesel i altres components pesats.

A nivell mundial ja no és un recurs abundant i es troba molt explotat, per motius energètics i financers.

- Gas Natural: està compost principalment per metà i correspon a la fracció més lleugera dels hidrocarburs, per aquest motiu es troba als jaciments en forma gasosa.

- Carbó Mineral: està compost principalment per carboni, també d'origen fòssil, que es troba en grans jaciments al subsòl. A nivell mundial, el carbó mineral és abundant, però els problemes ecològics que causa són més grans que els del petroli i els seus derivats.

- Les fonts d'energia geotèrmica: consisteix en extreure calor del magma incandescent de la Terra, per mitja de vapor. Mitjançant processos tèrmics, és possible generar electricitat.

El magma es troba a prop de la superfície terrestre a les zones amb gran activitat volcànica i és on és més explotable.

En alguns casos el vapor o l'aigua calent sorgeixen espontàniament. En altres, és necessari injectar aigua a pous i extreure-la com vapor.

- Energia Nuclear: s'obté de la modificació dels nuclis d'alguns àtoms, molt pesats o molt lleugers. En aquesta modificació, certa fracció de la seva massa es transforma en energia. L' alliberació d'energia nuclear tampoc involucra combustions, però si produeix altres subproductes agressius a l'ambient.

Es distingeixen dos processos:

- Fissió: consisteix en la desintegració d'àtoms pesats per obtenir àtoms més petits. Dins de la fissió existeixen diverses variants. Aquesta és la forma amb la qual operen els reactors nuclears comercials.

- Fusió: consisteix en l'obtenció d'àtoms de mida més gran a més petits. Teòricament aquesta seria una font d'energia abundant. No s'ha aconseguit desenvolupar una tècnica per aprofitar la fusió nuclear a la Terra amb finalitats pacífiques.

Fonts d'energia renovables:

Són aquelles que administrades de forma adequada es poden explotar il·limitadament, és a dir, la seva quantitat disponible (a la Terra) no disminueix a mesura que s'aprofita. Per tenir un esquema de desenvolupament sostenible és indispensable que la majoria dels recursos, i particularment l'energia, siguin del tipus renovable.

La principal font d'energia renovable és el Sol. El Sol envia a la Terra únicament energia radiant, és a dir, llum visible, radiació infraroja i alguna d'ultraviolada. No obstant, a l'atmosfera aquesta energia provinent del Sol es converteix en una varietat d'efectes, alguns dels quals tenen importància com a recurs energètic, com per exemple l'energia eòlica, l'energia de la biomassa, la diferència de temperatures oceàniques i l'energia de les onades.

- Energia Solar: aquesta energia com a recurs energètic terrestre, està constituïda simplement per la porció de la llum que emet el Sol i que és interceptada per la Terra. Espanya és un país amb alta incidència d'energia solar a la gran majoria del seu territori.

Cada any la radiació solar subministra a la Terra l'energia equivalent a varis milers de vegades la quantitat d'energia que consumeix la humanitat.

- Energia Solar Directa: una de les aplicacions de l'energia solar és directament com a llum solar, per exemple, per la il·luminació de recintes. En aquest sentit, qualsevol finestra és un col·lector solar. Una altra aplicació directa, molt comú, és l'eixugament de roba i alguns productes en processos de producció amb tecnologia simple.

- Energia Solar Tèrmica: és aquella la qual el seu aprofitament s'obté per mitjà de l'escalfament d'algun medi. La climatització d'habitatges , calefacció, refrigeració, etc., són aplicacions tèrmiques.

- Energia Solar Fotovoltaica: s'anomena fotovoltaica a l'energia solar aprofitada pel mitjà de cel·les fotoelèctriques, les quals poden convertir la llum en un potencial elèctric, sense que es produeixi un efecte tèrmic.

- Energia Eòlica: és l'energia obtinguda de la força del vent, és a dir, mitjançant la utilització de l'energia cinètica generada per les corrents d'aire. Les aplicacions més comunes són: transport, generació elèctrica i bombeig d'aigua. L'energia eòlica és derivada de l'energia solar, perquè una part dels moviments de l'aire atmosfèric es degut a l'escalfament causat pel Sol.

L'energia del vent està relacionada amb els moviments de les masses d'aire que es desplacen d'àrees d'alta pressió atmosfèrica cap a àrees adjacents de baixa pressió, amb velocitats proporcionals.

- Energia de la Biomassa: la forma més antiga d'aprofitament de l'energia solar, inventada per la Naturalesa, és la fotosíntesis. Mitjançant aquest mecanisme les plantes elaboren el seu propi aliment i el d'altres essers vius en les cadenes alimentaries. Però també mitjançant la fotosíntesis s'obtenen altres productes, com ara fusta, que té moltes aplicacions, no només com a valor energètic. A partir de la fotosíntesis es pot utilitzar l'energia solar per produir substàncies amb alt contingut energètic, com l'alcohol i el metà.

La biomassa emmagatzema a curt termini l'energia solar en forma de carboni. L'energia emmagatzemada en el procés de la fotosíntesis pot ser posteriorment transformada en energia tèrmica, elèctrica o carburants d'origen vegetal, alliberant de nou el diòxid de carboni emmagatzemat.

- Energia Geotèrmica: és aquella energia que pot ser obtinguda per l'home mitjançant l'aprofitament de la calor del interior de la Terra. En algunes zones del planeta, a prop de la superfície, les aigües subterrànies poden arribar al punt d'ebullició i, per tant, servir per accionar turbines elèctriques o per escalfar. La calor del interior de la Terra és degut a varis factors, entre els quals destaquen el gradient geotèrmic i la calor radiogènica.

- Energia Hidràulica: és la que s'obté a partir de caigudes d'aigua, artificials o naturals. Típicament es construeixen les presses en llocs amb una combinació de consum anual d'aigua i condicions orogràfiques adequades. Aquesta, també, és una forma d'energia derivada de l'energia solar, perquè el Sol produeix la força impulsora del cicle hidrològic.

Les centrals hidroelèctriques aprofiten l'energia dels rius per posar en funcionament unes turbines que mouen un generador elèctric.

- Energia Mareomotriu: a algunes zones de la costa es donen unes mareas especialment altes i baixes. En aquests llocs s'ha proposat construir grans represes costaners que puguin generar energia elèctrica amb grans quantitats d'aigua encara que amb petites diferències d'alçades. És com l'energia hidràulica però el seu origen é l'atracció gravitacional del Sol i principalment de la Lluna, en comptes del cicle hidrològic.

Tot seguit podem observar una taula on es mostra un balanç del consum final d'energia per sectors durant el període 2002-2006 a Catalunya:

	Milers de tep				
	2002	2003	2004	2005	2006
Indústria					
Carbó	33,1	24,9	23,2	22,8	31,3
Coc de petroli	745,5	748,0	767,7	782,7	743,2
Fuel-					
oil	294,6	282,3	204,7	180,8	153,8
Gas-					
oil	176,5	185,7	197,2	193,9	179,5
Gasos líquats del	34,8	34,3	33,7	33,2	32,5

petroli					
	2		2		
Gas natural	188,1	2 287,8	284,9	2 060,8	2 164,6
	1		1		
Energia elèctrica	583,4	1 637,7	650,3	1 697,9	1 697,5
Residus no renovables	42,1	42,8	43,6	44,4	45,2
Biomassa ⁽¹⁾	44,9	47,0	47,0	51,9	53,7
Solar tèrmica	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3
	5		5		
Total	143,1	5 290,6	252,4	5 068,6	5 101,6
Domèstic					
Carbó	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
Coc de petroli	4,3	4,0	3,7	3,4	3,1
Gas-oil	144,3	156,2	155,7	174,5	139,7
Querosé	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Gasos líquats del petroli	185,3	181,2	182,1	179,2	155,1
Gas natural	741,4	842,2	896,8	984,6	905,5
Energia elèctrica	748,2	798,1	832,7	883,2	897,6
Biomassa ⁽¹⁾	36,8	39,9	39,7	44,4	35,3
Solar tèrmica	2,0	2,1	3,5	4,9	8,7
	1		2		
Total	863,0	2 024,4	114,9	2 274,9	2 145,6
Primari					
Coc de petroli	2,1	2,5	3,0	3,6	4,1

Gas-oil	516,4	541,8	573,9	545,4	486,1
Querosé	2,9	2,7	2,6	2,4	2,3
Gasos líquats del petroli	15,0	15,1	15,1	15,1	15,1
Gas natural	7,4	9,8	9,9	10,0	10,1
Energia elèctrica	34,0	35,8	36,2	37,2	36,7
Biomassa ⁽¹⁾	1,8	2,6	3,7	4,7	4,8
Total	579,6	610,3	644,4	618,4	559,2
Serveis					
Carbó	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8
Coc de petroli	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5
Fuel-oil	11,3	9,2	7,4	6,0	5,0
Gas-oil	104,5	113,6	121,5	124,4	109,2
Gasos líquats del petroli	69,3	69,5	68,8	65,1	61,0
Gas natural	354,1	364,9	415,9	484,1	450,6
			1		
Energia elèctrica	997,2	1 120,5	162,1	1 223,1	1 286,3
Biomassa ⁽¹⁾	8,3	9,0	9,0	10,4	8,2
Solar tèrmica	0,4	0,5	0,7	1,1	2,3
	1		1		
Total	546,8	1 688,9	786,9	1 915,7	1 923,9
Transports					
	1		1		
Gasolina	487,4	1 402,1	364,9	1 275,3	1 208,4
Gas-	3	3 506,7	3	3 744,5	3 891,8

oil	295,5		708,3		
Querosé	687,0	741,3	835,9	883,0	931,0
Gasos líquats del					
petroli	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4
Gas natural	2,5	3,4	4,3	5,3	6,2
Energia elèctrica	61,0	63,6	68,0	65,8	67,0
Biocombustibles ⁽²⁾	3,6	25,3	33,0	39,7	37,6
	5		6		
Total	538,9	5 744,2	016,0	6 015,1	6 143,4

- (1) S'hi inclou la biomassa forestal, agrícola i ramadera i el biogas.
- (2) S'hi inclou el bioetanol i el biodiesel

L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA:

L'energia fotovoltaica es basa en l'efecte fotoelèctric, es a dir, la transformació directa de l'energia lumínica que prové del Sol en energia elèctrica.

L'efecte fotoelèctric és l'aparició d'un corrent elèctric en alguns materials quan aquests es veuen il·luminats per radiació electromagnètica, sense que sigui necessari que aparegui o intervingui cap efecte mecànic o físic.

Quan un determinat material és il·luminat amb la part visible de l'espectre solar, part dels electrons que configuren els seus àtoms absorbeixen l'energia dels fotons de la llum, alliberant-se així de les forces que els lliguen al nucli i

adquirint llibertat de moviment. Aquest espai que ha deixat l'electró tendeix a atraure qualsevol altre electró que estigui lliure. Per a convertir aquest moviment d'electrons en corrent elèctric es necessita direccionar el moviment dels electrons creant un camp elèctric en el sí del material.

El procés de transformació de l'energia del sol es pot portar a terme de dues maneres:

A la primera, s'utilitza una part de l'espectre electromagnètic de l'energia del sol per produir calor. A l'energia obtinguda se l'anomena energia solar tèrmica. La transformació es realitza mitjançant l'ús de col·lectors tèrmics.

A la segona, s'utilitza l'altra part de l'espectre electromagnètic de l'energia del sol per produir electricitat. A l'energia obtinguda es anomena com energia solar fotovoltaica. La transformació es realitza mitjançant mòduls o panells solar fotovoltaics.

L'energia solar fotovoltaica es pot fer servir per fer funcionar llums elèctric, televisors i altres electrodomèstics de baix consum energètic, generalment, en aquells llocs on no existeix accés a la xarxa elèctrica convencional.

No obstant, per instal·lacions de mida mitjana o gran, es pot plantejar l'utilització de l'energia solar fotovoltaica de cara a la producció d'energia elèctrica per la seva introducció a les xarxes de distribució i transport elèctric, fent servir en aquest cas una font d'energia renovable i absolutament neta.

És necessari disposar d'un sistema format per equips especialment construïts per realitzar la transformació de l'energia solar en energia elèctrica. Aquest sistema rep el nom de sistema fotovoltaic i els equips que el formen reben el nom de components fotovoltaics.

L'energia solar es troba disponible a tot el món. Algunes zones del planeta reben més radiació solar que altres. No obstant, els sistemes fotovoltaics tenen

moltes aplicacions, com ara l'alimentació de sistemes d'emergència o enllumenament aïllats, que són factibles en qualsevol lloc.

A Espanya, els sistemes fotovoltaics són una alternativa molt interessant, des de la perspectiva tècnica, ja que la regió disposa durant tot l'any d'abundant radiació solar.

Espanya és una regió molt privilegiada en el que es refereix al recurs solar disponible, tot i que sempre serà necessari avaluar el potencial solar de cada ubicació específica on es vulgui instal·lar un sistema fotovoltaic.

Donat que l'energia del sol és un bé universal, no es deu pagar per la seva utilització. Per tant, un cop decidim instal·lar un sistema fotovoltaic, haurem d'assumir un cost de la instal·lació i el manteniment adequat dels components que conformen el sistema fotovoltaic.

Aquest cost inicial del sistema fotovoltaic es veu afectat positivament per les possibles ajudes o beneficis fiscals que s'apliquin sobre el productor d'energia renovable d'origen solar fotovoltaic. En funció de quin sigui en aquell moment el veritable balanç econòmic de la instal·lació serà més o menys rentable el desenvolupament del sistema fotovoltaic. Tot i així la privilegiada ubicació d'Espanya fa que la rendibilitat sigui superior a l'esperada en altres àrees d'Europa.

A la cèl·lula fotovoltaica comença la generació de corrent continu, tan aviat com la llum del Sol incideix sobre la seva superfície. Aquestes cèl·lules es basen en les propietats dels materials semiconductors com el silici.

La generació elèctrica es dona sense que sigui necessari la intervenció de cap component mecànic o mòbil, ni de cap procés de tipus químic o termodinàmic, gràcies això les cèl·lules poden arribar a tenir una vida útil de fins a 30 anys.

Les cèl·lules solars s'uneixen elèctricament unes amb altres, i després de realitzar un posterior encapsulat sobre el conjunt per tal de proporcionar una

necessària resistència als efectes externs, s'arriba a l'obtenció dels coneguts panells o mòduls fotovoltaics.

Els mòduls es poden connectar entre ells. El rendiment d'un panell fotovoltaic depèn d'algunes variables externes com ara la radiació solar, la temperatura de funcionament i l'orientació del panell cap el Sol i, a més, de la qualitat i característiques del panell.

S'ha de considerar el panell fotovoltaic com un element de producció d'energia, ja que durant tota la seva vida útil, produeix molta més energia de la que consumeix i, a més, l'obté a partir d'una font inesgotable i no contaminant, com és el sol.

Un sistema fotovoltaic de connexió a xarxa, és aquell que aprofita l'energia del sol per transformar-la en energia elèctrica que cedeix a la xarxa elèctrica convencional perquè pugui ser consumida per qualsevol usuari connectat a ells i segueixi el següent esquema. El generador fotovoltaic format per una sèrie de panells connectats entre ells, s'encarrega de transformar l'energia del Sol en energia elèctrica. No obstant, donat que aquesta energia es produeix en forma de corrent continu ha de ser transformada en corrent altern perquè es pugui acopar a la xarxa convencional.

Per als sistemes connectats a la xarxa de distribució elèctrica, l'element fonamental és l'inversor, que s'encarrega de la conversió de corrent continu a altern, ha de complir una sèrie de condicions tècniques per tal d'evitar averies i garantir que els seu funcionament no faci disminuir la seguretat ni provoqui alteracions a la xarxa elèctrica superior a les admeses.

A Espanya, el Reial Decret 436/2004, de 12 de març, deixa que qualsevol interessat es pugui convertir en productor d'electricitat en règim especial a partir de l'energia del Sol, poden aprofitar les primes sobre el preu de venda que recull el Reial Decret i contribuint a una producció d'energia de manera més neta, impulsant un desenvolupament sostenible.

L'energia solar fotovoltaica com a energia de font renovable, representa una formula energètica radicalment més respectuosa amb el medi ambient que qualsevol energia convencional, degut a que disposa de recursos inesgotables a escala humana per cobrir les necessitats energètiques.

També s'ha de destacar que és una energia neta, que no produeix emissions de CO₂ ni de SO₂, que no produeix cap contaminació i cap tipus d'efecte negatiu de tipus mediambiental o sonor.

Existeixen tres punts vitals de cara a realitzar l'anàlisi d'una inversió financera en una instal·lació fotovoltaica, per aquells que hi vulguin invertir:

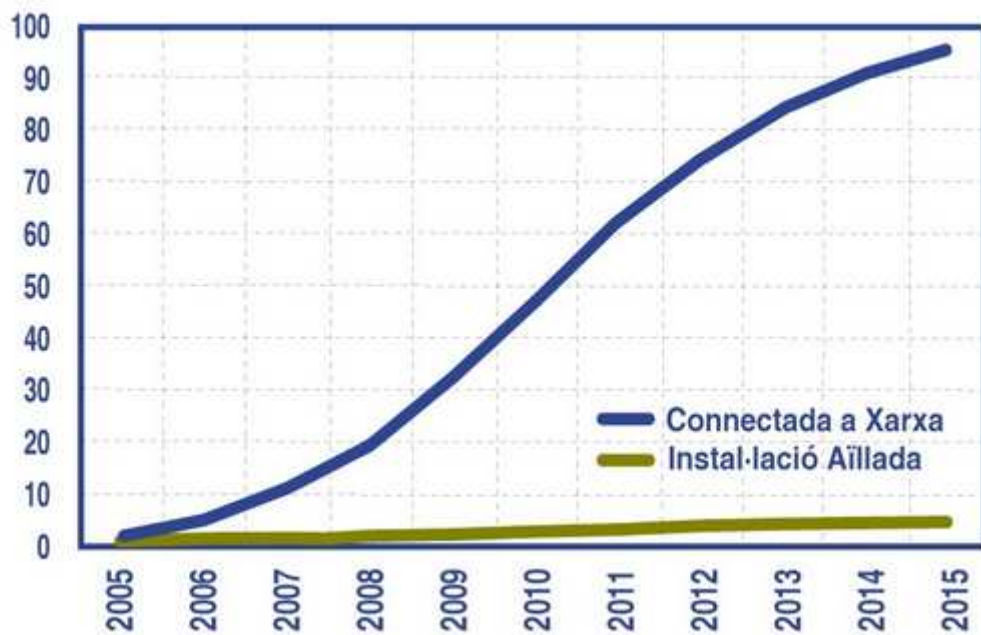
Existeix una garantia de producció, ja que la matèria primària que s'utilitza és la radiació solar, fenomen molt estable i segur durant un any.

Existeix una garantia de preu, ja que el preu de venda de l'electricitat generada en una instal·lació connectada a la xarxa es troba garantit per contracte per el productor en règim especial.

Existeix una garantia tecnològica, ja que la tecnologia dels panells fotovoltaics és una tecnologia senzilla i de molta vida útil, que a més es suporta amb una garantia del producte i el seu rendiment donada pel fabricant durant un període molt superior al termini de retorn de la inversió financera.

Les previsions de creixement de l'energia solar fotovoltaica segons els resultats previstos al Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 són d'arribar als 100 MWp instal·lats l'any 2015.

Potència [MWp]



La bona acceptació d'aquesta tecnologia per part de la societat i el fet que s'hagi convertit en un element que contribueix a la conscienciació vers la utilització racional de l'energia i la utilització de les energies renovables en general, fa preveure una implantació important especialment en edificis d'ús com ara:

Sector docent

Sector turístic

Sector esportiu

Grans superfícies comercials i benzineres

Zones industrials

TIPUS DE SISTEMES I COMPONENTS FOTOVOLTAICS:

Es defineix com a sistema fotovoltaic el conjunt de components mecànics, elèctrics i electrònics que serveixen per captar i transformar l'energia solar disponible, transformant-la en utilitzable com energia elèctrica.

L'estructura física d'un sistema fotovoltaic, ja sigui aïllat com connectat a la xarxa, pot ser molt diferent, però normalment es poden distingir tres elements fonamentals: el camp fotovoltaic, sistema d'acondicionament de la potència i sistema d'adquisició de dades.

Aquests sistemes, independentment de la seva utilització i la potència, es poden dividir en dos tipus:

- Aïllats (stand alone): són aquells que s'utilitzen normalment per proporcionar electricitat als usuaris amb consums d'energia molt petits pels quals no compensa pagar el preu de connexió a la xarxa, i per aquells que la seva connexió seria molt difícil degut a la seva posició poc accessible.

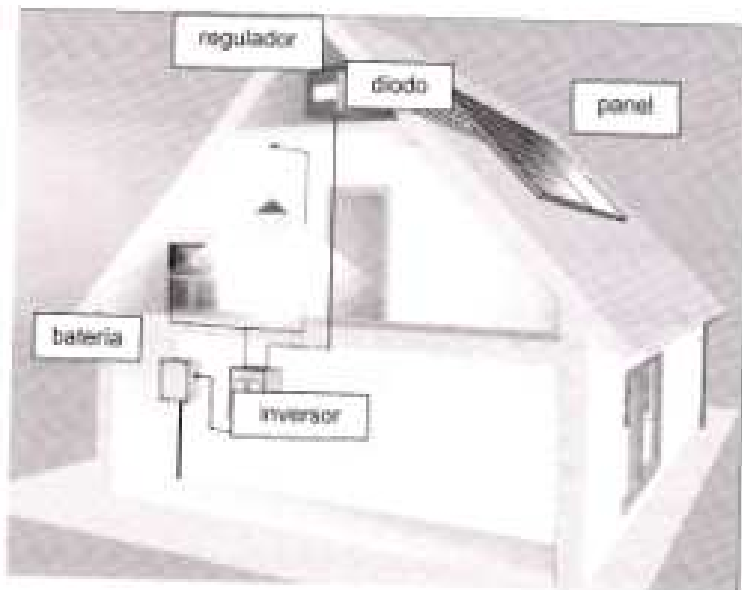
Els sistemes aïllats normalment estan equipats de sistemes d'acumulació de l'energia produïda. L'acumulació és necessària ja que el camp fotovoltaic només pot proporcionar energia a les hores diürnes, mentre que molt sovint la major demanda per part de l'usuari es concentra a les tardes i nits.

Una configuració d'aquest tipus implica que el camp fotovoltaic ha d'estar dimensionat de tal forma que pugui, durant les hores d'insolació, alimentar de la càrrega i de la recàrrega de les bateries d'acumulació.

Els principals components que formen un sistema fotovoltaic aïllat són: mòduls fotovoltaics, regulador de càrrega, inversor i sistema d'acumulació (bateries d'acumulació).

En aquest tipus de sistema, l'energia produïda pels mòduls fotovoltaics s'emmagatzema a les bateries d'acumulació. La càrrega s'alimenta, a través del regulador de càrrega, per l'energia acumulada a les bateries.

La finalitat de l'inversor és la de transformar el corrent continu produït pel camp fotovoltaic, en corrent altern, necessari per l'alimentació directa dels usuaris.



Esquema d'un sistema fotovoltaic aïllat.

Les aplicacions més comuns d'aquestes instal·lacions són:

Electrificació d'habitatges allunyats de la xarxa elèctrica

Aplicacions agrícoles i ramaderes: bombejament d'aigua, sistemes de reg, il·luminació d'hivernacles i granges, etc

Senyalització i comunicacions: navegació aèria i marítima, senyalització de carreteres, repetidors, etc

Enllumenat públic: carrers, monuments, parades d'autobús, etc

Sistemes de depuració d'aigües

- Connectats a la xarxa (grid connected): són aquells que normalment no tenen sistemes d'acumulació, ja que l'energia produïda durant les hores d'insolació es canalitzada a la xarxa elèctrica; al contrari, durant les hores d'insolació escassa o nul·la, la càrrega ve alimentada per la xarxa. Un sistema d'aquest tipus, des

del punt de vista de la continuïtat de servei, és més fiable que un de no connectat a la xarxa, ja que en cas d'averia, no té possibilitat d'alimentació alternativa.

La tasca dels sistemes connectats a la xarxa és, per tant, la d'introduir a la xarxa la major quantitat possible d'energia.

En els sistemes connectats a la xarxa és necessari connectar amb les línies de distribució, complint amb els requisits demanats per la companyia elèctrica. També s'inclourà un sistema de mesura mitjançant el qual, el propietari, un cop disposi del Règim Especial de Producció d'Energia (REPE), factura la producció de la planta.

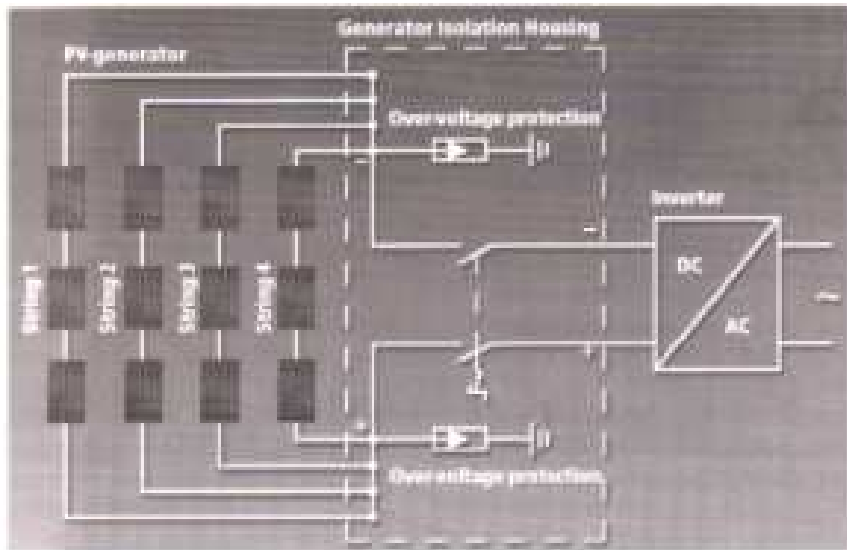
És necessari tenir en compte que en el cas de considerar sistemes sense acumulació connectats en xarxa, és la xarxa mateixa la que dur a terme la tasca d'acumulador, de capacitat infinita. La càrrega la representa, en canvi, l'usuari connectat a la xarxa, com succeeix en qualsevol altre sistema grid connected.

Els principals components que formen un sistema fotovoltaic són: els mòduls fotovoltaics, inversor per la connexió a la xarxa, dispositiu d'intercanvi amb la xarxa elèctrica i comptador d'energia bidireccional.

L'inversor és un dispositiu que transforma l'energia continua produïda pels mòduls (12V, 24V, 48V,...) en energia alterna, generalment 220V, per alimentar el sistema i/o introduir-la a la xarxa. Aquest és un dels components més importants en aquests tipus de sistemes, ja que maximitza la producció de corrent del dispositiu fotovoltaic i optimitza el pas d'energia entre els mòduls i la càrrega.

El dispositiu d'intercanvi amb la xarxa serveix perquè l'energia elèctrica introduïda a la xarxa tingui totes les característiques demanades per la mateixa.

Finalment, el comptador d'energia mesura l'energia produïda pel sistema fotovoltaic durant el seu període de funcionament.



Esquema de sistema connectat a xarxa amb un sol inversor.

Els sistemes fotovoltaics estan formats pels anomenats components fotovoltaics que són els següents: la cèl·lula solar, el panell fotovoltaic, el generador fotovoltaic, les estructures de suport, els cables de connexió, l'inversor, la bateria solar i el regulador de càrrega.

La cèl·lula solar:

Una cèl·lula solar transforma l'energia de la radiació solar directament en corrent elèctric, a aquest fenomen físic se l'anomena efecte fotovoltaic.

La cèl·lula solar és un semiconductor on artificialment s'ha creat un camp elèctric permanent, amb la qual cosa, quan s'exposa la cèl·lula solar a la llum del sol, es produeix la circulació d'electrons i l'aparició del camp elèctric entre les dues cares de la cèl·lula.

La cèl·lula solar està formada per la unió de dos materials semiconductors. Un tipus n, amb electrons a nivells d'energia superiors poc lligats als enllaços

químics entre àtoms, i un altre tipus p, amb espais o falta d'electrons en aquests nivells. La unió d'aquestes dues capes semiconductoras n-p proveïda dels contactes elèctrics adequats fa possible l'aparició de corrent elèctric quan s'il·lumina la capa n.

Els electrons de la capa de tipus n poden moure's cap a la capa de tipus p. Aquí trobem varies dificultats per obtenir un bon rendiment de les cèl·lules:

- El semiconductor ofereix una resistència al pas del corrent quan va des de les proximitats entre les zones de tipus n i tipus p fins els punts en que el corrent entra en el circuit extern.
- Hi haurà més corrent quant més gran sigui el contacte de les capes amb el conductor, no obstant, la capa superior ha d'oferir la major superfície possible a la radiació.
- El conductor haurà de ser un material amb la menor resistència possible, la qual cosa fa utilitzar metalls molt cars com l'or o el platí.

La cèl·lula solar del mercat és normalment un dispositiu format per una prima capa d'un material semiconductor, freqüentment de silici.

El silici és l'element més abundant després del oxigen i es troba en gaire bé totes les roques, no obstant, fins arribar a la forma cristal·lina sense imperfeccions o, almenys, amb poques, han de sotmetre's a processos molt cars.

El silici és un material semiconductor amb estructura cúbica amb una configuració atòmica en la qual cada àtom de la xarxa té quatre electrons de valència.

Un cristall de silici de tipus p es pot aconseguir dopant silici amb àtoms de tres electrons de valència.

Un cristall de silici de tipus n es pot obtenir dopant àtoms de cinc electrons de valència.

El corrent elèctric generat a la cèl·lula solar és corrent continu. La tensió del treball (voltatge) depèn de les característiques, tant físiques com químiques, pròpies del material de construcció. L'augment de la temperatura produeix l'efecte negatiu de disminuir la tensió de treball. El silici és el material base de les cèl·lules, però existeixen altres elements i compostos amb capacitat d'exercir de semiconductors en cèl·lules fotovoltaïques que produeixen tensions de treball diferents al silici. La tensió de treball d'una cèl·lula solar de silici és de l'ordre de 0,5 volts. La intensitat del corrent generat és proporcional a la superfície exposada al sol i a la intensitat de la radiació incident sobre ella.

Existeixen comercialitzades al mercat tres tipus de cèl·lules de silici en funció de la seva estructura:

Silici cristal·lí: fins ara les cèl·lules solars que existeixen al mercat acostumen a estar constituïdes amb cristall de silici com a material base. Aquests cristalls de silici poden tenir dues configuracions bàsiques:

- Silici monocristal·lí: tots els àtoms estan perfectament ordenats. En el procés de cristallització al anar-se dipositant els àtoms sobre el cristall ja format ho fan sempre respectant el mateix ordre. El color que presenten és molt monocromàtic: blau fosc amb una certa lluentor metàl·lica. Les característiques fonamentals d'aquest material són:

Rendiment energètic fins el 15-18%

Requereix un elaborat procés de manufactura, que consumeix enormes quantitats d'energia elèctrica, incrementant substancialment el cost del material semiconductor.

L'estructura cristal·lina proveeix una superfície de lluentor uniforme.



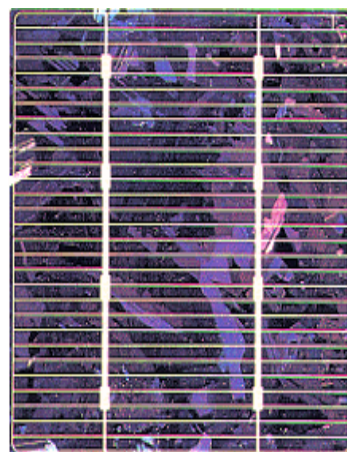
Cèl·lula solar de silici monocristal·lí.

- Silici policristal·lí: format per l'agrupació de cristalls de silici on les direccions d'alineament dels àtoms canvien cada cert temps durant el procés de deposició. Tenen diferents tons blavosos i grisos amb lluentor metàl·lica. Les seves característiques són les següents:

Rendiment energètic fins el 12-15%

S'obté fonent el material semiconductor. La seva estructura cristal·lina no és uniforme, per això se l'anomena poli (molts) i cristal·lí (cristalls).

L'estructura policristal·lina mostra zones de lluentor diferent.



Cèl·lula solar de silici policristal·lí.

Silici amorfa: alguns panells fotovoltaics no tenen cèl·lules independents connectades entre si, si no una estructura que ha estat dipositada, en forma continua, sobre una base metàl·lica laminar.

Aquest procés fa que es pugi fabricar un panell fotovoltaic flexible, que es pot adaptar a superfícies que no són completament planes. La superfície activa d'aquests panells no tenen una estructura cristal·lina, i per això se l'anomena amorfa (a: sense, morfos: forma). L'absència d'una estructura cristal·lina augmenta la possibilitat de que la càrrega lliure sigui atrapada, el que es tradueix en una menor eficiència de conversió.

L'aspecte és de tons color marró i gris fosc. És el silici típic de les calculadores i altres petits objectes amb funcions molt diverses.

Aquest panell reuneix tres capes de material amorfa. Cadascuna d'elles respon a un diferent rang de freqüències dins del espectre visible de la llum solar. El més profund respon al vermell, el del mig al verd i el de dalt al blau. Com l'eficiència total segueix sent més baixa que la d'un panell amb cèl·lules cristal·lines o policristal·lines, la superfície activa que es necessita per obtenir una determinada potència de sortida és sempre més gran.

El rendiment de les cèl·lules de silici amorfa creix, per tant, amb la qualitat de les capes dopades. S'han obtingut eficiències properes al 7% amb cèl·lules de unions p-n il·luminant la capa n.



Cèl·lula solar de silici amorfa.

A l'actualitat s'estan investigant diverses alternatives al silici, entre elles destaquen:

- L'arseniür de gal·li (GaAs): la molècula de cristall té una configuració i una mobilitat electrònica similar al cristall de silici. El GaAs té com a desavantatge sobre el Si que els defectes cristal·lins juguen en ell un paper més important, i com avantatge, treballa millor a lates temperatures.

- El fòsfur de indi (InP): és més difícil de preparar que el GaAs i rendeix menys.

- El tel·luri de cadmi (CdTe), l'antimonur d'alumini (SbAl) i la estibinita tenen baixes mobilitats, així que les eficiències en la col·lecció de portadors seran baixes.

Les característiques típiques de les cèl·lules solars són:

La superfície activa és aquella que es defineix com la part de l'àrea total de la cèl·lula solar que intervé en el procés de conversió. Avui dia hi ha models de cèl·lula que es construeixen de manera que la connexió entre la zona-p i la zona-n del semiconductor es realitza a la part posterior de la cèl·lula. Gràcies a aquest procés de fabricació s'aconsegueix incrementar l'àrea activa de la cèl·lula, sense necessitat d'augmentar la superfície total.

La superfície del material semiconductor que està exposada a la llum incident tendeix a reflectir una porció de la mateixa disminuint la quantitat d'energia lluminosa que pot arribar al semiconductor. Per evitar aquesta pèrdua, el fabricant, diposita una finíssima capa de material antireflectant.

El mètode de fabricació determina la forma geomètrica de la cèl·lula solar. Aquesta ha de tenir una amplada que vari entre 0,25 i 0,35 mm i una forma generalment quadrada, amb una superfície aproximada a 12x12 cm².

A l'actualitat, les cèl·lules solars produïdes a escala industrial tenen una eficiència de conversió (μ) que oscil·la entre un 12 i un 18%. La eficiència segueix la següent fórmula per tal de trobar el seu valor:

$$\mu(\%) = \frac{\text{energia_generada}}{\text{energia_incident}} \times 100$$

El panell fotovoltaic:

El panell fotovoltaic està format per un conjunt de cèl·lules solars interconnectades entre si. Les cèl·lules solars constitueixen un producte intermedi: proporcionen valors de tensió i corrent limitats en comparació als que es demanen normalment per els aparells usuaris, són extremadament fràgils, elèctricament no aïllats i sense un suport mecànic.

El nombre de cèl·lules al panell, i per tant el seu voltatge de sortida depèn de l'estructura cristal·lina del semiconductor utilitzat. Els panells poden tenir diferents mides: els més utilitzats estan formats per 40-80 cèl·lules connectades, elèctricament en sèrie, amb una superfície que oscil·la entre els 0,8 m² als 2 m².

Les cèl·lules estan encapsulades de tal manera que a la cara posterior es troba una encapsulat polimèric de EVA (etilenvinilacetato) i un recobriment, també de plàstic, de TEDLAR i per la cara superior es troba encapsulada per un vidre molt resistent al impacte, de superfície interior antireflectant i amb baix contingut en ferro per limitar la seva absorbència, la superfície exterior del vidre ha de ser llisa per evitar l'acumulació e incrustació de brutícia i per facilitar la neteja per efecte de la pluja.

El resultat és un bloc únic laminat on les cèl·lules estan encapsulades al material plàstic fos. Després s'afegeixen els marcs, normalment d'alumini, d'aquesta manera se li dona una resistència mecànica adequada i es garanteix molts anys de funcionament. Al marc o a la làmina de TEDLAR se li fixa la

caixa de connexions que conté els borns positiu i negatiu. A la caixa de connexions s'incorporen també uns díodes de derivació pel cas en que es produeixin ombres parcials d'una o varies cèl·lules al panell.

La seva forma hermètica d'encapsulat del panell és essencial per impedir la penetració dels agents atmosfèrics que afavoreixen la corrosió i deteriorament dels contactes metàl·lics.

Els detalls de l'encapsulat mecànic d'un panell varien depenen del fabricant. Tot i així, existeixen punts comuns per totes les realitzacions. Per evitar trencar les cèl·lules fotovoltaïques, aquestes es protegeixen adherint dues capes de suport. El muntatge deixa a les cèl·lules al mig d'una estructura "sandwich", amb dues capes plàstiques de protecció, una a la part superior (translúcides i amb protecció als rajos ultraviolats), la que s'exposa a la llum solar. La inferior contribueix a incrementar la força del "sandwich" projectant una capa dielèctrica (aïllant).



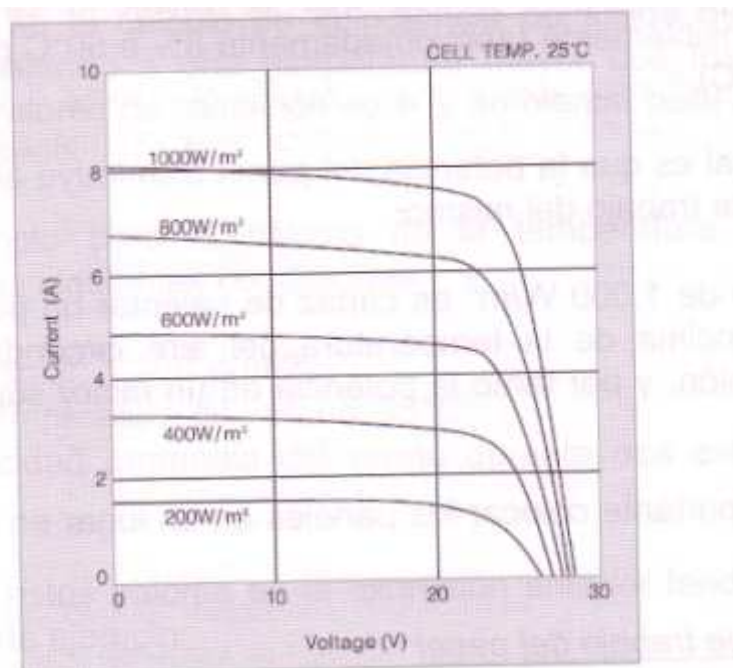
Components d'un panell fotovoltaic.

Les característiques elèctriques del panell solar són les següents:

- Potència màxima de sortida: és la característica més important, excepte en els casos de molt baix consum, la implantació d'un sistema fotovoltaic requereix l'ús de panells amb potències de sortides de 30 o més watts. Panells amb potències per sota dels 30W no ofereixen una solució pràctica.

Els mòduls formats tenen una potència que varia entre els 50Wp i els 220Wp, segons el tipus i l'eficiència de les cèl·lules que el formen.

- Corbes I-V: els valors de la tensió i el corrent del mòdul depenen de la insolació, de la temperatura de la cèl·lula, de la massa d'aire que travessi la radiació solar, i per suposat de la resistència òhmica de la càrrega connectada. Per poder comparar uns mòduls amb uns altres es fa que les condicions de mesura dels valors de V e I siguin homogènies. Les condicions estàndard de comprovació corresponen a la llum solar incident amb una intensitat de 1.000w/m^2 , una temperatura de la cèl·lula de 25°C i una distribució espectral corresponent a la de la radiació solar quan una MA1,5 (massa d'aire 1,5); això vol dir que el raig solar a recorregut des del moment en el que penetra a la atmosfera fins incidir a la cèl·lula una distància de 1,5 vegades més gran que la que recorreria si la seva trajectòria fos perpendicular al pla terrestre.



Corbes I-V del panell Kyocera KC175GT per diferents nivells de radiació.

El començament de la zona de transició s'arriba per valors menors de voltatge de sortida quan la temperatura de treball incrementa.

- Intensitat: aquesta augmenta amb la radiació i el voltatge es queda, aproximadament, constant.

A la imatge que acabem de veure podem observar com la incidència de la radiació afecta molt més a la intensitat.

En aquest sentit té molta importància la manera de posar els panells, ja que els valors de la radiació varien durant tot el dia en funció de la inclinació del sol respecte l'horitzó.

- Efecte de la temperatura: l'augment de la temperatura a les cèl·lules suposa un augment del corrent, però al mateix temps una disminució molt més gran, en proporció, de la tensió. Això implica que tan el corrent de curtcircuit com el voltatge a circuit obert es veuen afectats per la temperatura de treball, encara que el tipus de variació així com la seva magnitud percentual són diferents per aquests dos paràmetres.

L'efecte global es que la potència del panell disminueix a l'augmentar la temperatura de treball d'aquest.

És important posar els panells a llocs on hi hagi una bona circulació d'aire, ja que una radiació de 1.000 W/m^2 pot arribar a escalfar el panell uns 25 graus per sobre de la temperatura de l'aire circulant.

- Temperatura de treball del panell: la temperatura de treball que pot arribar a adquirir un panell fotovoltaic segueix una relació lineal donada per l'expressió:

$$T_t = T_a + k * R$$

On:

T_t és la temperatura de treball del panell.

T_a és la màxima temperatura ambient.

R és el valor de la radiació solar en W/m^2 que pot variar entre 800 i 1.000 W/m^2 .

k és un coeficient que varia entre 0,02 i $0,04^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$, depenen de la velocitat promig del vent.

Quan la velocitat promig del vent és molt baixa o pràcticament nul·la, el refredament del panell és pobre o inexistent, i k pren valors propers o iguals al màxim (0,04). Si la velocitat promig del vent produeix un refredament efectiu del panell, el valor de k serà el mínim (0,02).

El producte kR representa l'increment de temperatura que pateix el panell sobre la màxima temperatura ambient.

- Màxima potència de sortida: per cada condició de treball es pot calcular la potència de sortida del panell multiplicant els valors corresponents al voltatge i el corrent per aquest punt de la corba I-V. Hi ha dos punts de treball pels quals la potència de sortida és nul·la: circuit obert i curtcircuit, ja que el corrent o el voltatge de sortida és nul.

Entre aquests dos valors nuls, la potència de sortida pot arribar a un valor màxim que varia amb la temperatura. El valor òptim o valor de pic és aquell valor màxim que es troba utilitzant els valors estandards, és a dir, 1.000 W/m^2 de radiació solar a 25°C i un espectre lluminós de 1,5 massa d'aire.

- Factor de degradació: a la pràctica ens trobem que, degut a la dissipació de calor de les cèl·lules del panell, excepte a climes molt freds, la temperatura de treball excedirà sempre els 25°C , per això la potència de sortida mai arribarà al valor pic especificat pel fabricant.

El disseny d'un sistema fotovoltaic ha de tenir present aquesta degradació del panell, per tal de poder assegurar que els requeriments elèctrics del sistema puguin ser satisfets durant els dies de més calor de l'estiu. Durant el període d'hivern no es considera cap tipus de degradació per la potència de sortida pic.

Els fabricants aporten a les especificacions tècniques del panell un factor de degradació, o de pèrdua, en termes de pèrdua percentual de potència màxima per °C.

- Avaluació de la potència de sortida: un cop coneixem el valor de la temperatura de treball del panell podem determinar el valor de la potència de sortida, utilitzant la següent expressió:

$$P_t = P_p - (P_p * \delta * \Delta T)$$

On:

P_t és la potència de sortida a la temperatura de treball (T_t).

P_p és la potència pic del panell (a 25°C).

δ és el coeficient de degradació.

$\Delta T = T_t - 25^\circ\text{C}$, és l'increment de temperatura.

El generador fotovoltaic:

Un conjunt de mòduls o panell connectats elèctricament en sèrie s'anomenen "ramal" i aquests "ramals" connectats en paral·lel, per obtenir la potència desitjada, constitueixen el generador fotovoltaic.



Imatge de generadors fotovoltaics.

D'aquesta manera el sistema elèctric pot proporcionar les característiques de tensió i potència necessàries per les diferents aplicacions.

Els panells fotovoltaics que formen el generador, estan posats a sobre d'una estructura mecànica, la qual pot subjectar-los, orientada per optimitzar la radiació solar. Aquesta estructura mecànica pot ser fixa o mòbil, de manera que busqui amb el seu moviment incrementant la radiació incident sobre el conjunt de panells.

El generador fotovoltaic proporciona corrent elèctrica continua i aquest és un factor a tenir en compte si el que es vol és subministrar electricitat a aparells que consumeixen corrent alterna o connectar l'instal·lació fotovoltaica a la xarxa de distribució.

És a dir, que per a cada aplicació, el generador haurà de ser dimensionat tenint en compte els següents aspectes:

Càrrega elèctrica demanada

Potència pic

Possibilitat de connexió a la xarxa elèctrica

Latitud del lloc i radiació solar mitjana anual del mateix

Característiques arquitectòniques específiques de l'edifici o el terreny

Característiques elèctriques específiques de la càrrega

Les estructures suport:

L'estructura suport serà l'encarregada de mantenir els mòduls a la intempèrie, per tant, ha de ser capaç de resistir les sobrecàrregues de vent i neu, d'acord amb la normativa bàsica de la edificació NBE-AE-88.

El disseny de l'estructura es realitzarà per la orientació i l'angle d'inclinació especificat pel generador fotovoltaic i tenint en compte la facilitat del muntatge i desmuntatge, i la possible necessitat de substitució d'elements.

Els mòduls s'han de situar de manera òptima per tal de maximitzar la generació d'energia elèctrica durant tot l'any, bona orientació, inclinació i absència d'ombres en el cas de les estructures fixes. En aquesta classe d'estructures la orientació ideal és el sud i la inclinació ideal dels col·lectors varia en funció de la latitud a la qual ens trobem, ja que la posició del sol va canviant durant tot l'any.

A les estructures mòbils, els mòduls es suporten en elements mòbils de manera que a cada moment es situen a la posició òptima perquè la radiació solar sigui màxima. Amb aquest tipus d'estructura el sistema solar es pot mantenir perpendicular a la trajectòria dels raigs solars, ja que la seva inclinació és variable respecte a l'horitzontal i gira al voltant d'un eix vertical.

Es pot aconseguir de l'ordre d'un 40% més de producció elèctrica amb un sistema de seguiment (estructura mòbil) que no pas amb un sistema convencional estàtic, depenen de les condicions particulars de la ubicació.

Al cas d'instal·lacions integrades a cobertes que facin de sostre de l'edifici, el disseny de l'estructura i l'estanqueitat entre els mòduls s'ajustarà a les exigències de les Normes Bàsiques de l'Edificació i a les tècniques usuals a la construcció de cobertes.

Es disposaran les estructures suport necessàries per muntar els mòduls tant sobre superfície plana (terrassa) com integrats sobre sostre minimitzant l'efecte de les ombres. S'inclouran tots els accessoris i banquetes i/o ancoratges.

Els cables de connexió:

El cable de connexió representa el component indispensable pel transport de l'energia elèctrica entre els diferents blocs que integren un sistema fotovoltaic.

El material més idoni per la fabricació d'un cable conductor representa un compromís entre un baix valor de resistivitat, ja que la resistència elèctrica d'un conductor mai és nul·la i és inevitable la pèrdua d'energia en forma de calor.

El coure ofereix la major solució, a no ser que sigui necessari minimitzar les pèrdues en conduccions a les que circula una corrent elevada d'intensitat, en aquest cas podem optar per l'alumini, el qual té una conductivitat de l'ordre del 60% de la del coure, però és un material molt més lleuger, la qual cosa afavoreix la seva utilització a línies de transmissió d'energia elèctrica.

La resistència elèctrica d'un material conductor ve donada per la següent expressió:

$$r = \frac{\rho * L}{A}$$

On r és el valor de la resistivitat lineal (W.m), L és la longitud del conductor (m) i A és l'àrea de la secció del mateix (m²). El valor de r depèn de dos variables: el material conductor i la temperatura de treball a la que pot arribar.

Per una longitud determinada, un augment al diàmetre significa una menor caiguda de voltatge al cable (menors pèrdues d'energia), però un augment del cost (més volum per unitat de longitud).

Això implica que al disseny del cablejat s'han de tenir en compte les caigudes de tensió produïdes als conductors degut a la resistència d'ells mateixos. Les seccions d'aquests conductors s'han de calcular en funció de la màxima potència de pèrdues admissibles per la instal·lació.

Concretament, als sistemes fotovoltaics, per qualsevol condició de treball, els conductors de la part de corrent continu hauran de tenir una secció suficient perquè la caiguda de tensió siguin inferiors a 1.5% i els de la part de corrent altern perquè la caiguda de tensió sigui inferior al 0.5% tenint en compte a ambdós casos com a referència les corresponents a caixes de connexions.

En termes generals s'ha de respectar el REBT 2002 (Reglament Elèctric de Baixa Tensió), que ha grans trets estableix tres criteris per determinar la secció dels conductors a una instal·lació elèctrica:

- Criteri tèrmic: ha de poder dissipar el calor generat per la intensitat que circula pel mateix en règim permanent.
- Criteri de caiguda de tensió: la caiguda de tensió ha de ser menor que les especificades per les condicions de disseny.
- Criteri de la intensitat de curtcircuit: la temperatura a la que arriba el conductor durant un curtcircuit no ha de sobrepassar la temperatura màxima admissible de curta durada (menys de 5 segons) de l'aïllant del conductor.

S'escull el criteri més restrictiu dels tres (la secció més gran).

Tot el cablejat de continua serà de doble aïllament i adequat per ser utilitzat a la intempèrie, a l'aire o enterrat d'acord amb la norma UNE 21123.

L'inversor:

A un sistema fotovoltaic amb connexió a la xarxa elèctrica, la potència a corrent continu (DC) generada per l'equip fotovoltaic ha de convertir-se a corrent altern (AC) per poder injectada a la xarxa elèctrica. Això fa imprescindible la utilització d'un inversor que converteixi corrent continu a corrent altern, per aconseguir un flux d'energia.

Els inversors connectats directament al mòdul fotovoltaic hauran de disposar d'un dispositiu que permeti buscar el punt de màxima potència (SPMP), que contínuament ajusta la impedància de càrrega perquè es pugui extreure la màxima potència del sistema.

Els inversors utilitzats a sistemes fotovoltaics seran de tipus connexió a la xarxa amb una potència d'entrada variable perquè sigui capaç d'extreure en tot moment la màxima potència que el generador fotovoltaic pugui proporcionar durant el dia.

D'inversors en podem diferenciar dos grans grups:

Els inversors commutats de línia utilitzen interruptors basats en triristors, que són dispositius electrònics de potència que poden controlar el temps d'activació de la conducció, però no el temps de parada. Per poder aturar la conducció necessiten una font o circuit addicional que redueixi fins a zero el corrent que passa per ell.

Aquests van ser els primers en comercialitzar-se per aplicacions solars fotovoltaïques de connexió a la xarxa.

Els inversors autocommutats utilitzen dispositius de commutació que controlen lliurement els estats de conducció i no conducció del interruptor, com són els transistors IGBT i MOSFET.

Aquests poden controlar lliurement la forma d'ona de la tensió i corrent a la part d'alterna, permeten ajustar el factor de potència i reduir el corrent harmònic, i són molt resistents a les distorsions procedents de la xarxa. Per aquest motiu són els inversors que s'instal·len actualment en aplicacions amb fonts d'energia distribuïda, com la fotovoltaica.

Les noves tecnologies basades en convertidors multinivell s'han anat obrint camí en el camp de les aplicacions fotovoltaïques amb connexió a la xarxa i

actualment, es presenten a l'àrea de les aplicacions de mitja i alta tensió com una alternativa als convertidors de dos nivells tradicionals.

Actualment els inversors de dos nivells són els únics fabricats per aplicacions estrictament fotovoltaïques. També podem trobar topologies de tres nivells, no obstant, l'experiència pràctica ens mostra certes dificultats tècniques que compliquen la seva aplicació en convertidors d'alta potència.

Les característiques bàsiques dels inversors són les següents:

El seu principi de funcionament serà autocommutat amb font de corrent.

Disposarà de sistema de seguiment automàtic del punt de màxima potència del generador.

No funcionarà en illa o mode aïllat.

Des del punt de vista de la seguretat, els inversors compliran amb les directives comunitàries de Seguretat Elèctrica i compatibilitat electromagnètica incorporant proteccions.

Les característiques del rendiment dels inversors utilitzats en sistemes fotovoltaïcs hauran de seguir el que es diu al Plec de Condicions Tècniques per Sistemes Solars Fotovoltaïcs del I.D.A.E.

Els inversors estaran garantits per operacions a les següents condicions ambientals: entre 0°C i 40°C de temperatura i 0% a 85% de humitat relativa.

La bateria solar:

De bateries solars en podem trobar de dos tipus: l'acumulador de Pb-àcid i la bateria de Ni-Cd.

L'acumulador de Pb-àcid es presenta a nombroses aplicacions, però les més importants o destacades serien:

Les bateries per automòbils.

Les bateries per sistemes fotovoltaics (bateries solars).

La diferència, més notable, entre aquestes dues aplicacions és el cost i pot sorgir la temptació d'utilitzar la bateria més econòmica (automòbil) en un sistema fotovoltaic.

El model de bateria utilitzat a l'automòbil esta dissenyat per poder aguantar corrents elevades de fins a 350A durant un període de temps molt breu (l'arrancada del motor), després la bateria romandrà inactiva o s'estarà carregant.

La bateria d'un sistema solar ha de ser capaç d'aguantar corrents moderades (una desena d'ampers) durant hores. A més, en moltes aplicacions, haurà de romandre activa sense rebre càrrega (servei nocturn). Normalment, els períodes de repòs són nuls, ja que s'està carregant o descarregant. Diferents requeriments pel seu ús només es poden satisfer amb diferents dissenys.

Dos característiques identifiquen una bateria solar: la major profunditat de descarrega (PD) i un alt valor pel ciclatge. La bateria d'automòbil esta dissenyada per suportar un lleu PD.

Els models amb major acceptació són les de 6 i 12V nominals. Les bateries de 6V són utilitzades en sistemes de petita capacitat de reserva, on passen a formar part d'un banc de bateries amb connexió sèrie o sèrie-paral·lel, per tal de satisfer els valors de voltatge i corrent del sistema. Com sistemes fotovoltaics de baix consum es troben els sistemes de 12V nominals.

La capacitat d'emmagatzematge d'una bateria de Pb-àcid varia amb la temperatura de l'electrolític, que a la pràctica, està determinada per la

temperatura ambient del lloc on estarà instal·lada, tal i com es pot veure a la següent taula:

Temperatura (°C)	Capacitat (%)	Eficiència
30	105	1,05
25	100	1,00
16	90	0,90
4	77	0,77
-7	63	0,63
-18	49	0,49

No podem oblidar que l'augment en l'eficiència total obtingut als 30°C està relacionat amb una reducció dràstica de la vida útil de la bateria. Quan s'utilitzen aquest tipus de bateria és important mantenir la temperatura de l'electrolític propera als 25°C, ja que a aquesta temperatura s'arriba al balanç òptim entre l'eficiència i la vida útil d'aquest component.

La bateria de Ni-Cd té un alt cost inicial (6 o 8 vegades el d'una bateria equivalent de Pb-àcid), no obstant, el cost operacional (llarg termini) es molt menor que el d'una bateria d'igual capacitat del tipus Pb-àcid degut a la seva llarga vida útil i baix manteniment.

Una bateria de Ni-Cd pot treballar amb baix estat de càrrega sense fer-se malbé, però també podem trobar inconvenients per la seva utilització, com ara la seva característica de descarrega.

El regulador de càrrega:

Aquest és el dispositiu encarregat de protegir a la bateria enfront a sobrecarregues i sobredescarregues profundes.

La missió del regulador és contrarestar la inestabilitat de la font primària. Funciona com un servomecanisme, al qual es compara el valor desitjat a la

càrrega amb un de referència i efectua els canvis necessaris per compensar les variacions de la font primària i les degudes a la càrrega.

El regulador de tensió controla l'estat de la càrrega de les bateries i regula la intensitat de càrrega de les mateixes per fer més llarga la seva vida útil. També han de tenir la capacitat de generar alarmes en funció de l'estat de la càrrega. Els reguladors actuals introdueixen microcontroladors per la correcta gestió d'un sistema fotovoltaic.

La selecció d'un regulador de càrrega esta determinada pels paràmetres elèctrics del sistema, els detalls del disseny i per les opcions que ofereix el fabricant.

Existeixen dos tipus de reguladors de càrrega, els lineals i els commutats.

- Els reguladors lineals són aquells que operen amb corrent continu a l'entrada, tenen un valor d'ajust automàtic equivalent a una resistència, basen el seu funcionament en la caiguda de tensió a elements dissipatius i tenen un baix rendiment.

Els nombrosos models de regulador lineal que s'ofereixen al mercat poden ser agrupats en dues categories: controls en sèrie i controls en paral·lel. Aquesta classificació esta relacionada amb el camí que segueix el corrent de càrrega, respecte el banc de bateries, quan el control comença a restringir la gasificació. Tant en el control en paral·lel, com en el control en sèrie, el màxim valor del corrent de càrrega està determinat per la diferència entre el voltatge de sortida dels panells i el de bateries.

Les principals diferències entre el regulador de càrrega en sèrie i en paral·lel són les següents:

El regulador en paral·lel impedeix que les variacions de corrent de càrrega apareguin a la primera font, aïllant així la càrrega, ho que és bó per freqüències elevades.

L'energia dissipada, en forma de calor, al regulador en sèrie augmenta en proporció directa amb la càrrega, mentre que al regulador en paral·lel disminueix a l'augmentar-la.

El regulador en paral·lel té un element més, R_s , que evita el trencament del regulador si falta la càrrega. A més, aquest element dissipa calor, per la qual cosa per una entrada i una sortida determinades i una càrrega idèntica, la potència entregada per la primera font d'un regulador paral·lel és més gran que la entregada a la del regulador en sèrie.

El regulador paral·lel té un rendiment inferior al regulador en sèrie.

- Els reguladors commutats incorporen un commutador que interromp el corrent a la font primària a intervals de duració variable i tenen un rendiment elevat.

Les característiques essencials dels reguladors de càrrega són:

Indicadors d'Estat:

Desconnexió del consum per baixa tensió de bateria.

Alarma per baixa tensió de bateria.

Proteccions típiques:

Contra sobrecàrrega temporitzada en consum.

Contra sobretensions en panells, bateries i consum.

Contra desconnexió de bateria.

Indicadors d'estat habituals:

Indicadors de tensió en bateria.

Indicadors de fase de càrrega.

Indicadors de sobrecàrrega/curtcircuit.

Paràmetres pel disseny:

Tensió nominal: la del sistema (12, 24, 48V).

Intensitat del regulador.

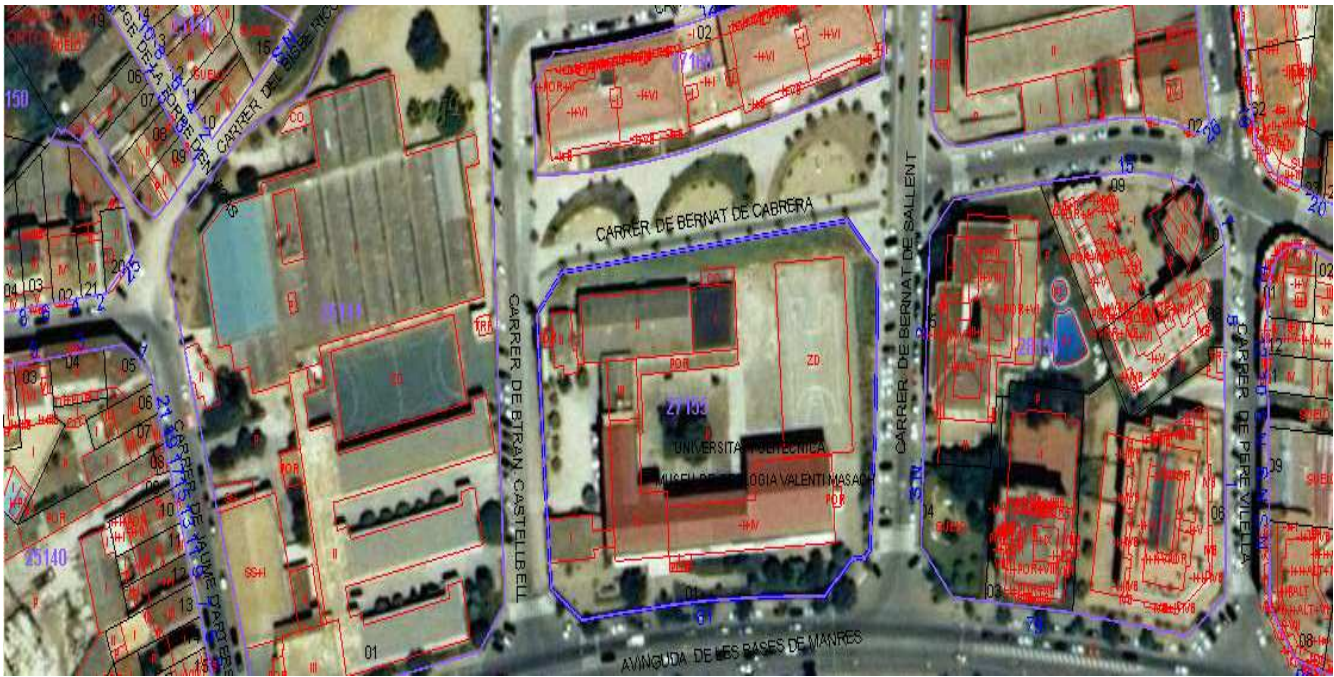
Paràmetres que determinen l'operació:

Intensitat màxima de càrrega o de generació.

Intensitat màxima de consum.

Voltatge final de càrrega.

SUPÒSIT PRÀCTIC –
ENERGIA
FOTOVOLTAICA A
L'EPSEM



Ortofoto del SIGPAC.

La parcel·la de la universitat consta d'uns 8.949 m² i com a superfície construïda té 8.696 m². Com a fet singular a la superfície del centre universitari també trobem el Museu de Geologia "Valentí Masachs". La superfície de l'escola es troba dividida en diferents edificis, tots ells connectats entre ells.

Els elements de construcció que formen part de la universitat són:

Uso	Escalera	Planta	Puerta	Superficie m ²
ENSEÑANZA	1	00	01	1.429
HOTELERO	1	00	02	86
ALMACEN	1	00	03	17
ALMACEN	1	00	04	39
Sopor.50%	1	00	05	72
DEPORTIVO	1	00	06	956
ENSEÑANZA	1	01	01	1.053
HOTELERO	1	01	02	86
ENSEÑANZA	1	02	01	535
ENSEÑANZA	1	03	01	410
ENSEÑANZA	2	-1	01	798
ENSEÑANZA	2	00	01	808
Sopor.50%	2	00	02	13
ENSEÑANZA	2	01	01	798
ENSEÑANZA	2	02	01	798
ENSEÑANZA	2	03	01	798

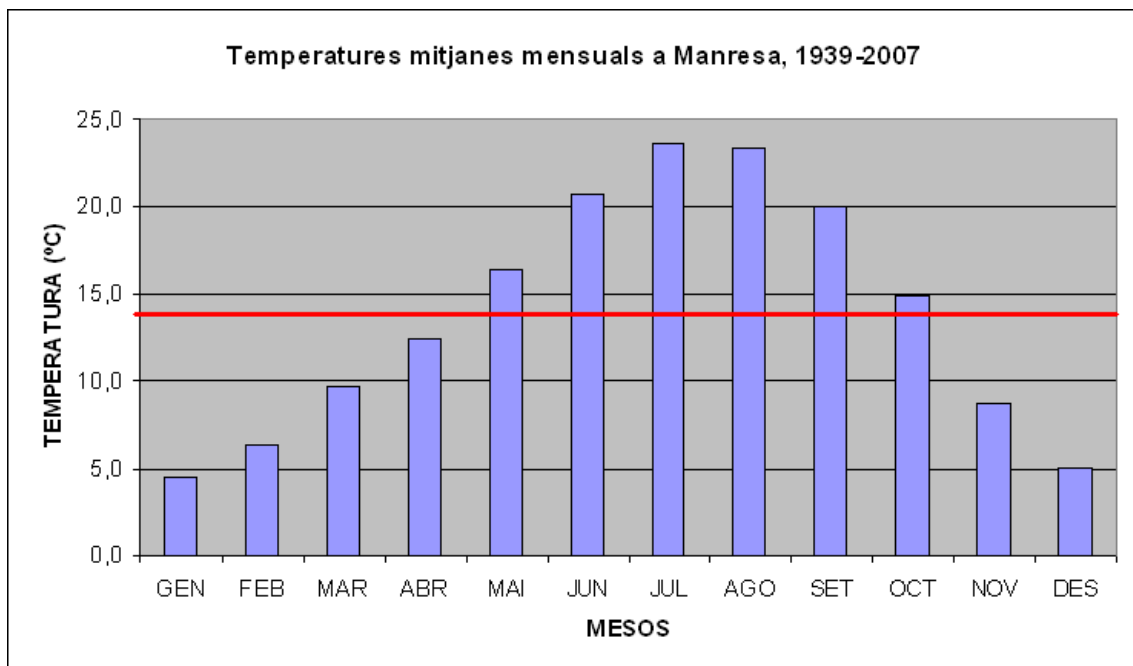
Manresa està situada al Pla de Bages, al cor de Catalunya i es troba a uns 60 Km de Barcelona. El riu Cardener passa pel sud-oest de la ciutat i el riu Llobregat, que passa pel limit est del terme.

Manresa té una superfície de 41,66 Km², amb una població de 75.053 habitants. La seva latitud és 41° 43,35" nord i 49,45" sud i la seva longitud és 1° 50' est.

Està ubicada a 238 m d'alçada sobre el nivell del mar i gaudeix d'un clima entre mediterrani i continental, força extrem. Es tracta d'un clima subhúmit amb estius calorosos que duren quatre mesos i hiverns freds amb temperatures mitjanes per sota dels 10°C que duren des de mitjans de novembre a mitjans de març. La temperatura mitjana calculada en base als últims deu anys ha estat de 7,0° a l'hivern, 14,0° a la primavera, 15,1° a la tardor i 23,3° a l'estiu. La pluja del període 1931 a 1969 va ser de 619 l/m² anuals de mitjana; l'evapotranspiració anual va ser de 763 litres per tant hi ha un dèficit de pluja total de 154 litres que ocorre durant l'estiu; la pluja es reparteix en 94 dies de l'any; es presenten dos màxims, molt similars, a la primavera i a la tardor.

Paràmetres	gen	feb	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	oct	nov	des	Anual
Temperatures mitjanes, °C	3,9	5,7	9,8	12,3	16,3	20,6	23,5	23,0	20,2	14,6	8,3	4,6	13,6
Pluja, mm	28	32	46	52	68	63	30	54	83	62	53	48	619

LES PRECIPITACIONS A MANRESA DE 1930 A 2007			
MESOS	Precipitació (mm)	Dies amb precipitació	Dies amb neu
Gener	32,7	4,4	0,6
Febrer	28,9	4,2	0,5
Març	40,6	6,1	0,1
Abril	50,7	7,9	0,0
Maig	66,0	8,9	0,0
Juny	55,8	6,9	0,0
Juliol	28,2	4,1	0,0
Agost	53,8	5,9	0,0
Setembre	71,5	6,4	0,0
Octubre	64,0	6,6	0,0
Novembre	47,8	5,6	0,0
Desembre	45,2	5,4	0,3
Total anual	585,0	72,4	1,5
Valor Màxim	929,3	119	6,0
Any	1951	1996	1963
Valor Mínim	328,2	37	0,0
Any	1973	1973	



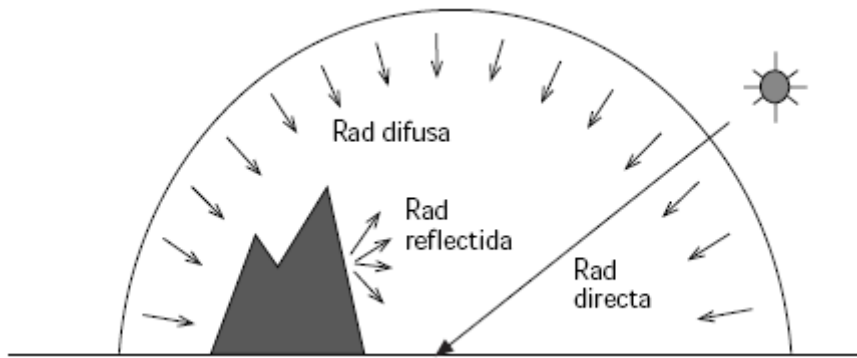
Dades de les estacions meteorològiques de la CAME-FECSA (1939-78), de l'EPSEM-UPC (1979-99) i de La Culla (2000-2007)

La humitat relativa a Manresa segons dades del Parc Meteorològic de La Culla és la següent:

	GENE	FEBR	MARÇ	ABRI	MAIG	JUNY	JULI	AGOS	SETE	OCTU	NOVE	DESE	Mitjana
1991	53,0	47,0	50,0	37,0	43,0	39,0	37,0	42,0	47,0	50,0	63,0	75,0	48,8
1992	73,0	59,0	52,0	41,0	50,0	50,0	46,0	46,0	53,0	61,0	60,0	67,0	54,8
1993	59,0	54,0	54,0	41,0	44,0	35,0	38,0	36,0	46,0	58,0	63,0	65,0	49,4
1994	52,0	53,0	40,0	35,0	33,0	27,0	33,0	34,0	43,0	56,0	62,0	65,0	44,4
1995	47,0	43,0	31,0	34,0	33,0	40,0	32,0	39,0	43,0	43,0	45,0	59,0	40,8
1996	63,0	40,0	41,0	37,0	32,0	29,0	30,0	31,0	38,0	42,0	65,0	72,0	43,3
1997	72,0	53,0	38,0	43,0	41,0	41,0	46,0	46,0	46,0	50,0	62,0	67,0	50,4
1998	64,0	52,0	42,0	40,0	45,3	43,0	35,0	41,0	43,0	53,0	53,0	62,0	47,8
1999	63,0	47,0	41,0	41,0	47,0	43,0	41,0	46,0	49,0	58,0	53,0	59,0	49,0
2000	58,1	44,3	40,9	45,4	46,0	45,0	40,7	37,8	44,0	61,2	62,0	68,8	49,6
2001	65,8	49,6	45,3	38,1	43,6	34,6	38,5	33,6	49,1	54,0	59,5	65,0	48,9
2002	67,3	49,5	48,3	48,1	47,8	34,9	39,3	47,6	52,9	59,5	62,2	71,4	52,4
2003	58,9	64,6	44,9	43,8	45,3	36,8	39,2	39,2	56,5	63,3	70,6	70,3	52,5
2004	60,4	62,5	49,5	53,9	51	47,4	48,2	45,4	55,7	54,7	69,1	77,9	56,3
2005	65,8	47,4	42,8	38,1	38,5	39	42,6	49,6	50,9	69,5	70,2	68,1	51,9
2006	79,3	58,3	49,8	47,7	39,6	40	36	41,1	61,9	61,9	64,2	65,5	53,8
2007	62,2	58,9	37,6	56,6	45,7	40	41,2	49,5	48,5	59,3	52,4	57,9	50,7
2008	68,4	61,5	46	51,5	57,9	46,6	46,6	41,7	51,8	62,16	68,1	71,8	56,1
Mitjana	62,8	52,4	44,1	42,9	43,5	39,5	39,5	41,4	48,9	56,5	61,3	67,1	

Per tal de poder dur a terme l'estudi sobre la instal·lació de plaques solars fotovoltaïques hem de tenir en compte la quantitat de radiació solar que hi ha a Manresa, ja que amb les dades trobades haurem de fer el càlculs pertinents pel correcte dimensionat de la instal·lació.

Un cop revisat l'atles de radiació solar sabem que el terme radiació solar s'utilitzarà per a fer referència a la irradiació global diària sobre una superfície horitzontal. La irradiació és l'energia rebuda per unitat de superfície en un temps determinat, i s'expressa habitualment en MJ/m². L'adjectiu global fa referència al fet que els aparells de mesurament de la irradiació (piranòmetres) detecten no solament l'energia que prové directament del disc solar (radiació directa) sinó també la que, difosa per l'atmosfera, prové de la resta del cel (radiació difusa). La proporció entre la radiació global i difusa és variable segons l'estat del cel. En dies ennuvolats, la radiació difusa pot arribar al 100% de la global. El coneixement de la radiació difusa (aquella que no arriba directament del disc solar) és important per tal de determinar la radiació incident sobre superfícies inclinades. Amb l'objectiu de conèixer millor el comportament d'aquesta radiació, les estacions de la Xarxa Radiomètrica de Catalunya de l'Institut Català d'Energia incorporen, a més del piranòmetre de radiació global, un altre piranòmetre, idèntic, proveït d'una banda para-sol, cosa que permet de mesurar la irradiància difusa.



Components de la radiació solar.

Cal indicar que la mesura correspon a una superfície horitzontal, ja que en altres inclinacions, i també segons l'orientació, els valors podrien ser molt diferents.

A Manresa trobem una estació de mesurament de radiació solar des de fa, aproximadament, 10 anys, on l'aparell instal·lat per fer aquest mesurament és un Kipp-Zonen i la font de on provenen aquestes dades és l'ICAEN (Institut Català d'Energia).

La radiació solar mesurada en un lloc i en un dia determinats depèn de factors astronòmics (declinació del Sol i distància Terra-Sol, que varien durant l'any), geogràfics (latitud i altitud del lloc, com també l'orografia, que pot provocar ombres o reflexos) i meteorològics (estat del cel). Els factors geogràfics són constants en el període que considerem i els astronòmics són cíclics, i, per tant, previsibles. Per contra, el caràcter de les variacions meteorològiques fa que aquestes siguin tractades majoritàriament des d'un punt de vista estadístic. El tractament estadístic de la radiació solar hauria d'anar encaminat, d'una banda, a posar en evidència els factors previsibles, i d'altra banda, a incorporar l'anàlisi dels factors meteorològics.

La conclusió bàsica de l'estudi és que la dependència temporal de la irradiació diària al nivell del mar, en el cas que el cel fos sempre clar (absència de núvols) I_0 i en latituds mitjanes, com la nostra, pot aproximar-se per una expressió analítica del tipus:

$$I_0 = I_M + A_0 \cdot \cos (\omega \cdot D + B_0)$$

on

D és el dia julià, $\omega=2 \pi / 365.25$ és la freqüència corresponent al període anual, I_M és la mitjana anual de la irradiació diària,

A_0 és l'amplitud de la variació anual de la irradiació diària, i

B_0 corregeix el desfasament provocat pel fet que el dia 1 de gener no té cap significació astronòmica (no correspon a cap solstici ni equinocci).

Els paràmetres I_M , A_0 i B_0 contenen la informació relativa a la latitud del lloc i la transparència de l'aire. Per a una latitud de 42° N i una transmissivitat de 0.83, els valors d'aquests paràmetres són $I_M = 17.7$ MJ/m², $A_0 = 13.7$ MJ/m² i $B_0 = 3.3$ rad.

En aquesta sèrie de dades el factor astronòmic és superposat al factor geogràfic i meteorològic, per la qual cosa els paràmetres a ajustar contindran parcialment la informació relativa a aquests factors. La funció proposada és

$$I = M + A \cos (\omega \cdot D + B)$$

on s' observa que hi ha tres paràmetres a ajustar:

M, A i B. El fet que M sigui un paràmetre a ajustar i no la mitjana de les dades és per a compensar la possible manca de dades en algun període particular de l'any.

CODI ESTACIÓ	Paràmetres			Irradiació solar global diària (MJ/m ²)											
	M (MJ/m ²)	A (MJ/m ²)	B (MJ/m ²)	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Des
MALGRAT	14.08	8.92	3.35	6.21	9.12	13.30	17.81	21.31	22.87	22.05	19.03	14.71	10.22	6.76	5.29
VANRIS	14.93	9.86	3.32	6.34	9.36	13.78	18.64	22.78	24.29	23.68	20.44	16.86	11.02	7.22	6.60
MARIGN	14.51	9.53	3.29	5.86	8.75	13.12	17.98	21.90	23.84	23.25	20.26	15.74	10.90	7.02	5.17
MARTOR	14.30	7.97	3.31	7.13	9.61	13.29	17.34	20.57	22.12	21.55	18.98	15.18	11.13	7.94	6.47
MASBOV	14.83	9.09	3.36	6.85	9.85	14.13	18.71	22.25	23.79	22.92	19.80	15.38	10.81	7.32	5.86
MJULIA	14.31	10.02	3.25	5.07	7.94	12.45	17.58	21.82	24.05	23.64	20.66	16.00	10.88	6.68	4.55
MOLINA	16.62	9.52	3.20	7.68	10.22	14.40	19.28	23.44	25.78	25.63	23.01	18.69	13.81	9.68	7.43
MONTPE	14.55	9.80	3.29	5.66	8.63	13.12	18.11	22.15	24.14	23.54	20.46	15.82	10.83	6.85	4.94
MONTSE	13.65	8.00	3.44	6.94	9.81	13.66	17.63	20.51	21.56	20.47	17.48	13.50	9.56	6.71	5.75
MVECIA	15.16	9.87	3.31	6.28	9.35	13.91	18.93	22.93	24.85	24.14	20.96	16.24	11.24	7.28	5.46
NOAIN	14.44	9.66	3.18	5.31	7.81	12.00	16.96	21.23	23.69	23.64	21.06	16.72	11.77	7.53	5.16

Valors dels paràmetres de la funció ajustada a les sèries de dades de cada estació, i valors de radiació solar mitjana en base mensual. El paràmetre M pot interpretar-se com la mitjana en base mensual.

Encara que en la radiació difusa no podem trobar una expressió analítica que serveixi de filtre (com s'havia fet en el cas de la radiació global), sí que hi ha una condició fàcil de comprovar: la irradiació difusa sempre ha de ser inferior (o igual en el cas extrem) a la global.

També s'ha de tenir en compte que Page indica una equació, en aquest cas lineal, per a relacionar la irradiació diària mitjana mensual global amb la difusa. Aquesta expressió és la següent:

$$\frac{I_{Do}}{I_o} = c - d \frac{I_o}{I_\infty}$$

Estació	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
36 Igualada	3.2	4.3	5.8	7.2	8.1	8.4	8.2	7.6	6.4	4.9	3.5	2.8
37 Juneda	3.1	4.2	5.6	6.8	7.5	7.7	7.5	7.0	6.0	4.7	3.4	2.8
38 La Quar	3.1	4.3	5.8	7.1	8.0	8.3	8.2	7.5	6.4	4.9	3.4	2.7
39 Llança	3.0	4.3	5.9	7.4	8.4	8.7	8.5	7.7	6.4	4.8	3.4	2.7
40 Lleida	3.2	4.3	5.7	6.8	7.4	7.6	7.4	7.0	6.1	4.8	3.5	2.8
43 Malgrat de Mar	3.2	4.4	5.9	7.4	8.4	8.7	8.5	7.7	6.5	4.9	3.5	2.8
44 Manresa	3.2	4.3	5.9	7.2	8.1	8.3	8.1	7.4	6.3	4.8	3.5	2.8
46 Martorell	3.2	4.3	6.0	7.5	8.5	8.9	8.6	7.8	6.4	4.9	3.5	2.8
47 Constantí	3.2	4.4	5.9	7.3	8.1	8.5	8.3	7.6	6.5	4.9	3.6	2.9
51 Tagamanent	3.1	4.3	5.9	7.4	8.5	9.0	8.8	8.0	6.6	4.9	3.5	2.8

Valors mitjans mensuals de la radiació solar difusa diària incident sobre una superfície horitzontal (en MJ/m²) calculats segons la correlació de Page.

Un cop entès els components de la radiació solar i com es prenen les dades podem observar l'atles de radiació solar per poder fer els càlculs corresponents per la nostra instal·lació.

INSTAL·LACIÓ CONNECTADA A LA XARXA I ELEMENTS NECESSARIS:

Les instal·lacions d'energia solar fotovoltaica connectades a la xarxa són una solució interessant ja que suposa importants avantatges.

Les principals aplicacions dels sistemes fotovoltaics connectats a la xarxa elèctrica convencional són:

Sistemes sobreexposats en teulades d'edificis.

Plantes de producció

Integració en edificis.

L'aplicació que nosaltres farem servir en el nostre cas pràctic, serà la de sistema sobreexposat en la teulada de la universitat, que és un sistema modular de fàcil instal·lació on s'aprofita la superfície de la teulada existent per

sobreposar els mòduls fotovoltaics. El pes dels panells sobre la teulada no suposa una sobrecàrrega per la majoria de les teulades existents.

Com a principi general s'ha d'assegurar, com a mínim, un grau d'aïllament elèctric en tot allò que afecta, tant a equips (mòduls i inversors) com a materials (conductors, caixes i armaris de connexió), exceptuant el cablejat de continua que serà de doble aïllament.

La instal·lació de connexió a xarxa incorporarà tots els elements i característiques necessàries per garantir en tot moment la qualitat del subministrament elèctric, així com tots els elements necessaris de seguretat i proteccions pròpies de les persones i de la instal·lació fotovoltaica, assegurant la protecció contra contactes directes o indirectes, curtcircuits, sobrecàrregues i altres elements i proteccions que resultin de l'aplicació de la legislació vigent.

Els elements necessaris per poder fer la instal·lació fotovoltaica són els següents: panell solar fotovoltaic, estructura suport i inversor.

Panell solar fotovoltaic:

El panell solar que hem escollit per tal de fer la nostra instal·lació és el mòdul fotovoltaic HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer) de Sanyo HIP-210NKE1 ja que Sanyo és una de les marques que lideren el mercat en tema fotovoltaic perquè és pioner en investigació i desenvolupament d'energia solar fotovoltaica. Aquest panell solar està format per silici monocristal·lí, recobert per una capa molt prima de silici amorfa i les seves característiques són les següents:

EFICÀCIA CÈL·LULA (%)	18,9
EFICÀCIA PANELL (%)	16,7
POTÈNCIA MÀXIMA (W)	210
CORRENT PER MÀXIMA POTÈNCIA (A)	5,09
CORRENT EN CURTCIRCUIT (A)	5,57
POTÈNCIA MÍNIMA GARANTIDA (W)	199,5
PES (Kg)	15
MIDES (mm)	1580 x 798



Panell solar HIP-210NKHE1 de Sanyo.

Estructura suport:

L'estructura suport té dues alternatives d'instal·lació:

Integració arquitectònica: quan els mòduls compleixen una doble funció, energètica i arquitectònica, i a més substitueixen elements constructius convencionals.

Superposició arquitectònica: quan la col·locació dels mòduls es realitza paral·lela a l'embolcall de l'edifici.

En el cas que nosaltres estem estudiant farem servir la superposició arquitectònica, ja que l'edifici ja està construït i la col·locació dels mòduls es farà paral·lela a la coberta de l'edifici.

El posicionament dels panells solars es farà aprofitant l'angle d'inclinació de la teulada del nostre edifici (15°), ja que si volguéssim col·locar-los a una inclinació òptima de 35° , hauríem de fer servir unes estructures suport amb més punts d'ancoratge, la qual cosa faria que foradéssim molt més la teulada i pogués provocar goteres a llarg termini.

Per la nostra instal·lació podem escollir entre l'estructura d'alumini anoditzat o bé l'estructura de ferro galvanitzat. Escollirem la de ferro galvanitzat, perquè tot i pesar més, guarda menys relació amb la temperatura que no pas la d'alumini.

Les estructures suport que escollim són de la marca HILTI. Aquestes estructures estan compostes per uns sistemes de carrils senzills o dobles amb diferents mides de secció depenent de les càrregues a suportar i un conjunt de peces accessorïes per realitzar les unions. Aquest sistema de carrils en front als tradicionals sistemes d'estructures soldades representa els següents avantatges:

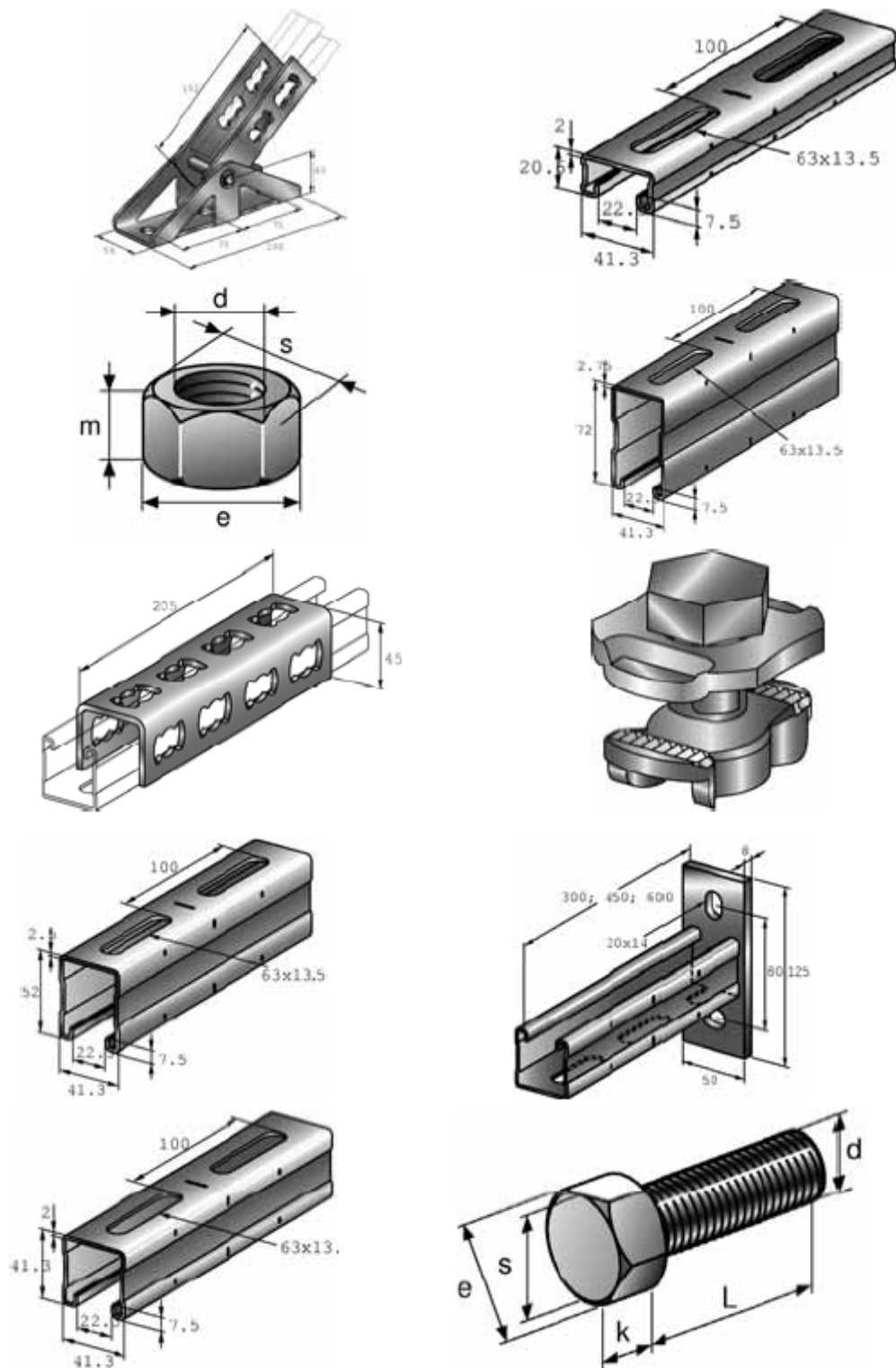
Sistema flexible vàlid per tots els panells del mercat i adaptable als diferents tipus d'instal·lacions (teulades, terrasses, camps, etc).

Compleix amb els requisits establerts per la normativa vigent.

Facilitat de muntatge, ja que totes les unions es realitzen sense necessitat de soldar ni taladrar, mantenint intacte el galvanitzat d'acer.

Sistema flexible que es pot desmuntar per realitzar modificacions a la instal·lació o feines de manteniment d'aquesta.

Sistemes disponibles a varis nivells de protecció davant de la corrosió per garantir la durabilitat de la instal·lació, segons les condicions ambientals a les que estigui exposada.



Tipus de sistemes de carril i peces d'unió de la marca HILTI.

Inversor:

L'inversor per poder ser connectat a la xarxa ha de complir una sèrie de característiques:

Serà del tipus connexió a la xarxa elèctrica amb una potència d'entrada variable perquè sigui capaç d'extreure en tot moment la màxima potència que el generador fotovoltaic pugi proporcionar al llarg del dia.

Les característiques bàsiques dels inversors seran les següents:

Principi de funcionament: Font de corrent.

Auto commutador.

Seguiment automàtic del punt de màxima potència del generador.

No funcionarà en illa o mode aïllat.

Els inversors compliran amb les directives comunitàries de Seguretat Elèctrica i compatibilitat electromagnètica (ambdues seran certificades pel fabricant) incorporant proteccions contra:

Curtcircuits en alterna.

Tensió de xarxa fora de rang.

Freqüència de xarxa fora de rang.

Sobretensions mitjançant varistors o similars.

Pertorbacions presents a la xarxa com polsos, defectes de cicles, absència i retorn a la xarxa, etc.

Cada inversor disposarà de les senyalitzacions necessàries per la seva correcta operació i incorporarà els controls automàtics imprescindibles que assegurin la seva adequada supervisió i funcionament.

Cada inversor incorporarà, com a mínim, els controls manuals següents:

Posta en marxa i desconnexió general de l'inversor.

Connexió i desconnexió de l'inversor a l'interface AC.

Les característiques elèctriques dels inversors seran les següents:

L'inversor seguirà entregant potència a la xarxa de forma continua en condicions de irradiació solar d'un 10% superiors a les CEM. A més suportarà pics d'un 30% superior a les CEM durant períodes de fins 10 segons.

Els valors d'eficàcia al 25 i 100% de la potència de sortida nominal hauran de ser superiors al 85 i 88%, respectivament (valors mitjans incloent-hi el transformador de sortida, si n'hi hagués) per inversors de potència inferior a 5 kW i del 90 al 92% per inversors majors de 5 kW.

L'autoconsum dels equips (pèrdues al buit) en stand-by o mode nocturn haurà de ser inferior a un 2% de la seva potència de sortida nominal.

El factor de potència generada haurà de ser superior a 0.95, entre el 25 i el 100% de la potència nominal.

L'inversor haurà d'injectar a xarxa, per potències majors del 10% de la seva potència nominal.

Els inversor tindran un grau de protecció mínima IP 22 per inversors a l'interior d'edificis i llocs inaccessibles, IP 32 per inversors a l'interior d'edificis i llocs accessibles i de IP 65 per inversors instal·lats a l' intempèrie. En qualsevol cas s'ha de complir la legislació vigent.

Els inversor estaran garantits per operació a les següents condicions ambientals: entre 0°C i 40°C de temperatura i 0% a 85% d'humitat relativa.

L'inversor proposat és el Sunny Central SC100 ja que compleix les característiques necessàries per poder connectar-lo a la xarxa elèctrica i hem pensat que seria més pràctic posar un sol inversor gran, que no pas 10 de petits, ja que d'aquesta manera només hem de buscar l'espai necessari per col·locar l'inversor i no més d'un espai, amb les separacions necessàries per la refrigeració i la connexió.

Aquest inversor és ideal per instal·lacions d'alta potència sobre teulada. Disposa de 3 entrades protegides per la connexió del generador fotovoltaic en corrent continu i pot tenir una vida útil de fins a 20 anys.



Inversor Sunny Central SC100.

ENERGIA GENERADA I CÀLCULS:

Tot seguit esmentarem els aspectes que s'han tingut en compte pel dimensionat òptim de la nostra instal·lació.

No volem aconseguir l'auto subministrament d'energia elèctrica de l'edifici sinó l'aprofitament òptim de la coberta amb l'objectiu d'instal·lar el màxim nombre de generadors fotovoltaics possibles. S'ha dissenyat de tal manera que l'energia produïda va directament a la xarxa general.

Pel disseny de la teulada solar fotovoltaica s'han constituït els panells sobre la superfície de la coberta, disposat de forma que la incidència de les ombres sigui la menor possible i aprofitant els elements estructurals de la coberta pel ancoratge dels elements de subjecció dels panells fotovoltaics.

L' inclinació i orientació del generador fotovoltaic i les possibles ombres sobre ell mateix tindran un valor que les pèrdues seran inferiors als límits de la taula següent:

	Orientació i inclinació (OI)	Ombres (Om)	Total (OI + Om)
General	10%	10%	15%
Superposició	20%	15%	30%
Integració arquitectónica	40%	20%	50%

Es consideren tres casos: general, superposició i integració arquitectònica. En tots els casos s'han de complir tres condicions: les pèrdues per orientació i inclinació, les pèrdues per ombres i les pèrdues totals han de ser inferiors als límits estipulats.

Per saber l' inclinació i orientació òptima a la que hem de col·locar els panells fotovoltaics, hem de tenir en compte que la nostra instal·lació està connectada

en xarxa i no aïllada, per tant, interessa maximitzar l'aportament d'energia anual, de manera que l' inclinació és menor a la que obtindríem en una instal·lació aïllada, sent inclús inferior a la latitud, és a dir, a Manresa tenim una latitud de 41° , per tant els panells fotovoltaics estaran col·locats amb una orientació sud d'uns 35° .

En el nostre cas, per la producció d'una potència nominal de 100Kwn, necessitarem, aproximadament, uns 512 panells fotovoltaics situats a la teulada de l'EPSEM. Aquests panells els podríem distribuir per les teulades dels diferents edificis, però com la situació de l'inversor serà a l'edifici MN2 (segons plànol adjunt), els panells es situaran en aquesta teulada, perquè la secció del cable sigui la més petita possible i es produeixin les mínimes pèrdues.

La teulada d'aquest edifici (MN2) està dividida en dos, una part de la teulada amb dues aigües, amb un angle d'inclinació de 15° , i una part sense inclinació.



Teulada sense inclinació.



Edifici MN2. Teulada amb inclinació de 15° i teulada sense inclinació.

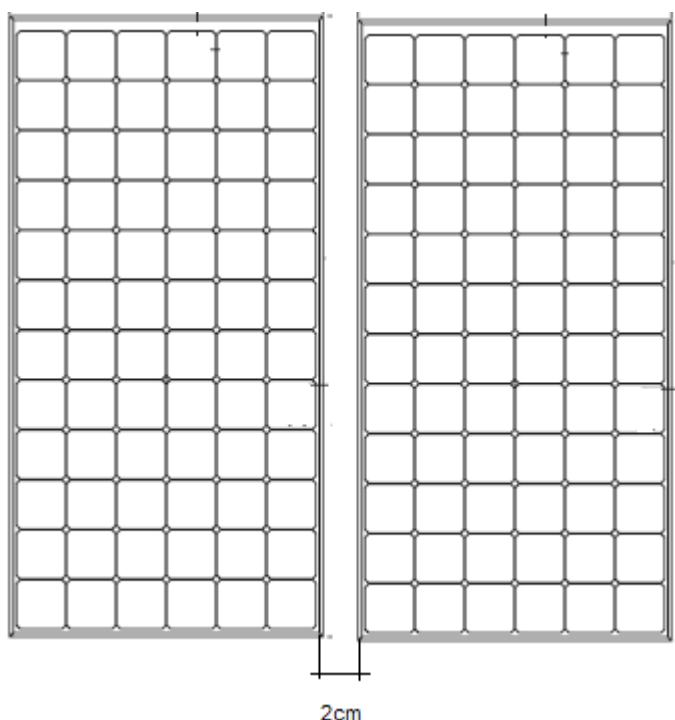
A la part de la teulada amb inclinació aprofitarem aquesta inclinació per col·locar els panells, no tindrem un aprofitament òptim, però ens estalviarem el fet de col·locar estructures de suport més pesades i amb més ancoratges, per tant, farem menys forats a la teulada i la coberta suportarà menys pes.

A la part de teulada sense inclinació posarem unes estructures suport que formaran un angle de 35° orientades al sud per tal de tenir un aprofitament òptim, ja que en aquest cas, la coberta no presenta cap tipus d'inclinació i nosaltres optem per subjectar-les a la coberta de forma que s'aprofiti al màxim la radiació solar.

Segons les mides de la teulada i del panell fotovoltaic podem fer el càlcul del número de panells que ens cabran.

En el cas de la teulada de l'edifici MN2 de dos aigües aprofitem les dues vessants, segons el plànol la mida d'aquesta teulada és de 39,9 metres de llargada per 14,7 metres d'amplada i les mides del panell, segons la fulla de

característiques, és de 1,58 metres d'amplada per 0,798 metres de llargada, per tant en aquesta teulada ens cabran, aproximadament i sense tenir en compte les separacions entre panells de manera horitzontal, que ha de ser de 2 centímetres entre cada un, uns 450 panells, 225 a cada vessant de la teulada.



Panells Sanyo HIP-210NKHE1 col·locats amb la separació necessària de 2 centímetres.

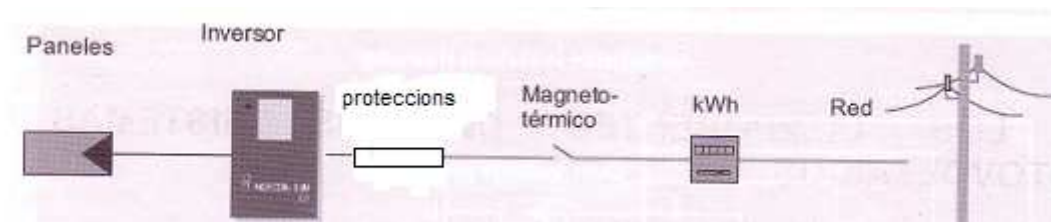
Si tenim en compte la separació que han de tenir, el número de panells es redueix a 432, és a dir 216 a cada vessant.

En el cas de la teulada sense inclinació, tenim que les seves mides són de 10,54 metres de llargada per 14,7 metres d'amplada, tenint en compte les mides del panell, podem realitzar el càlcul i saber que en aquesta teulada i cabran, aproximadament, uns 108 panells, tenint en compte la separació entre panells.

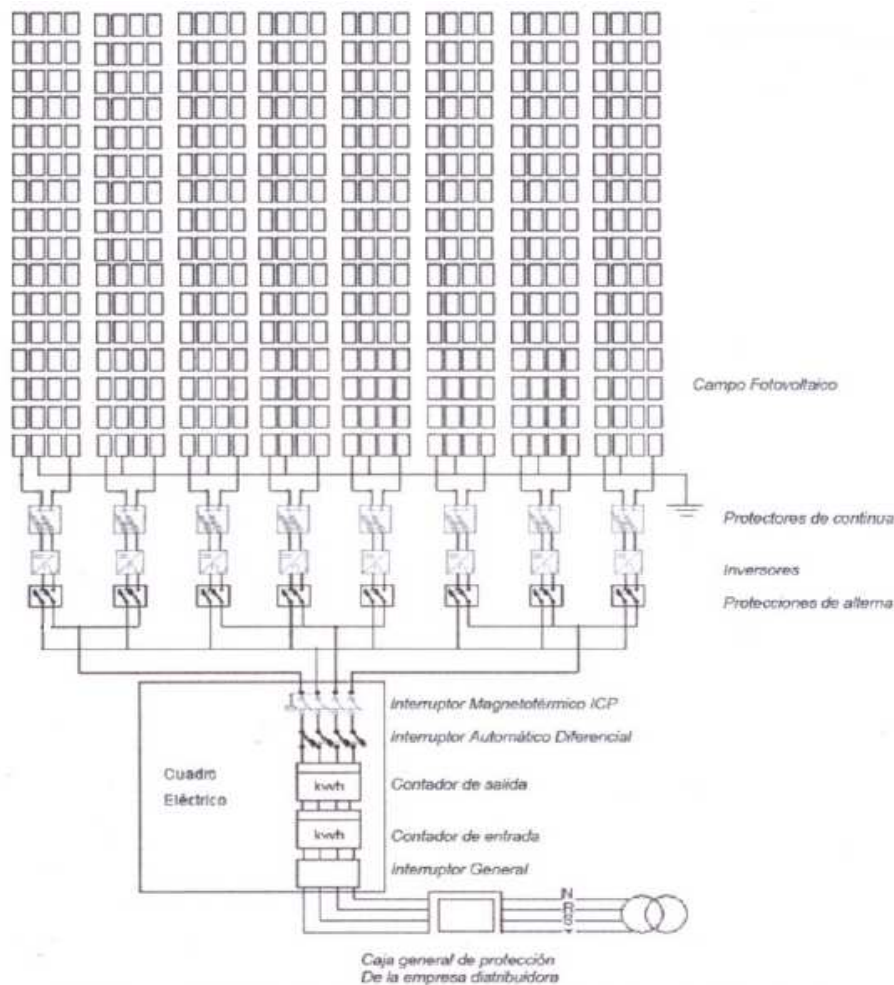
Per tant, tal i com havíem comentat abans la instal·lació de l'EPSEM necessitarà 512 panells per poder generar una potència nominal de 100 kW.

L'inversor seleccionat per aquesta instal·lació és correcte, ja que posseeix una potència nominal de 100 kW i pot admetre una potència pic de fins a 110 kWp.

La interconnexió entre la generació i la xarxa s'efectuarà mitjançant un interruptor automàtic sobre el que actuaran els equips de protecció i maniobra. La interconnexió es compon de les següents parts: circuit de potència, proteccions i mesura.



Esquema de sistema connectat a xarxa.



Esquema de la instal·lació.

Per fer el càlcul de l'energia generada per la nostra instal·lació hem de tenir en compte les dades de l'Atlas de Radiació Solar de Catalunya. També hem de tenir en compte que en el nostre cas hem posat plaques a una inclinació de 15° i plaques a una inclinació de 35°, per tant segons les taules sabem que:

Orientació: 0°													
Inclinació	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Anual
0°	6,34	9,35	13,78	18,64	22,48	24,29	23,56	20,44	15,86	11,02	7,22	5,50	14,90
5°	7,16	10,23	14,62	19,26	22,83	24,49	23,83	20,96	16,66	11,91	8,07	6,28	15,55
10°	7,95	11,06	15,38	19,79	23,05	24,53	23,95	21,36	17,35	12,73	8,89	7,02	16,11
15°	8,69	11,82	16,05	20,21	23,12	24,42	23,92	21,64	17,94	13,48	9,65	7,72	16,58
20°	9,37	12,50	16,62	20,50	23,05	24,17	23,75	21,82	18,43	14,15	10,35	8,38	16,94
25°	10,00	13,11	17,09	20,67	22,90	23,77	23,47	21,87	18,80	14,72	10,99	8,98	17,22
30°	10,57	13,64	17,46	20,71	22,62	23,32	23,09	21,79	19,05	15,21	11,56	9,53	17,40
35°	11,07	14,09	17,71	20,63	22,21	22,73	22,58	21,57	19,18	15,60	12,06	10,02	17,47
40°	11,50	14,44	17,86	20,42	21,66	22,00	21,93	21,22	19,20	15,89	12,48	10,44	17,43
45°	11,86	14,71	17,90	20,08	20,98	21,14	21,15	20,74	19,10	16,09	12,82	10,80	17,29
50°	12,13	14,88	17,82	19,62	20,18	20,15	20,24	20,13	18,88	16,18	13,08	11,08	17,04
55°	12,33	14,95	17,64	19,05	19,25	19,05	19,21	19,40	18,54	16,17	13,26	11,29	16,68
60°	12,45	14,93	17,34	18,36	18,21	17,86	18,07	18,56	18,09	16,06	13,34	11,43	16,23
65°	12,49	14,82	16,94	17,56	17,11	16,67	16,93	17,61	17,53	15,84	13,34	11,50	15,70

Radiació solar global diària sobre superfícies inclinades (MJ/m²/dia). Estació: Manresa.

L'estimació de l'energia produïda es realitzarà d'acord amb la següent equació:

$$Em(kWh) = Im(kWh / m^2) * Pp(kW) * N$$

On:

Em és l'energia generada durant un mes.

Im és la irradiació en un més.

Pp és la potència nominal del panell.

N és el número total de panells.

Segons l'equació que acabem de veure i la taula de radiació solar extreta de l'Atlas de Radiació de Catalunya, hem realitzat els càlculs pertinents a una fulla de càlcul i els resultats són els següents:

INCLINACIÓ DE 15°	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE	ANY
DIES	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
RADIACIÓ SOLAR DIARIA MJ/m ² /dia	8,69	11,82	16,05	20,21	23,12	24,42	23,92	21,64	17,94	13,48	9,65	7,72	16,56
RADIACIÓ SOLAR DIARIA kWh/m ² /dia	2,41389	3,28333	4,45833	5,61389	6,42222	6,78333	6,644444	6,01111	4,9833333	3,7444444	2,68055556	2,1444444	4,6
RADIACIÓ SOLAR MENSUAL kWh/m ²	74,8306	91,9333	138,208	168,417	199,089	203,5	205,9778	186,344	149,5	116,07778	80,4166667	66,477778	1619
INCLINACIÓ DE 35°	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE	ANY
RADIACIÓ SOLAR DIARIA MJ/m ² /dia	11,07	14,09	17,71	20,63	22,21	22,73	22,58	21,57	19,18	15,6	12,06	10,02	17,45
RADIACIÓ SOLAR DIARIA kWh/m ² /dia	3,075	3,91389	4,91944	5,73056	6,16944	6,31389	6,272222	5,99167	5,3277778	4,3333333	3,35	2,7833333	4,85
RADIACIÓ SOLAR MENSUAL kWh/m ²	95,325	109,589	152,503	171,917	191,253	189,417	194,4389	185,742	159,83333	134,33333	100,5	86,283333	1770,25

Càlculs realitzats mitjançant les dades de l'Atlas de Radiació Solar de Catalunya, per tal de saber la radiació solar mensual de la instal·lació, tant amb una inclinació de 15° com de 35°.

	ENERGIA PRODUIDA (Kwh)
GENER	8510,599104
FEBRER	10285,09969
MARÇ	15184,33476
ABRIL	18187,57584
MAIG	21228,3288
JUNY	21560,91756
JULIOL	21885,0308
AGOST	20022,05352
SETEMBRE	16308,59992
OCTUBRE	12894,71878
NOVEMBRE	9101,890003
DESEMBRE	7596,880678
TOTAL ANUAL	182766,0295

Taula realitzada a partir de l'equació trobada per poder calcular l'energia generada per la instal·lació.

Per tant, si l'energia total produïda per la instal·lació en un any és de 182.766,03 kWh i sabent que el preu de venda de l'energia a la xarxa és de 0,32 kWh/€ podem obtenir el guany obtingut de la venda d'aquesta energia, que segons el càlculs, serà de **58.485,13€**

PRESSUPOST:

El pressupost de la instal·lació serà:

El preu de cada placa Sanyo HIP-210NKHE1 és de 3,3€/wp, per tant si nosaltres sabem que cada placa produeix 210 wp podem fer el càlcul per saber el preu de les 512 plaques a instal·lar:

$$210 \text{ wp} * 3,3 \text{ €/wp} = 693 \text{ €/placa}$$

512 plaques * 693 €/placa = **354.516 €**, aquest serà el preu total de les plaques necessàries per la instal·lació.

El preu de les estructures suport HILTI variarà entre 64 €/placa per l'estructura integrada, aquella que aprofitem l'angle d'inclinació de la teulada, i 97 €/placa per l'estructura que aixequem fins a 35°, és a dir aquella que posarem al tros de teulada sense inclinació. Per tant, segons els nostre càlculs, necessitem 512 panells que estaran distribuïts per la teulada amb inclinació de 15° i aquella que no té inclinació.

A la teulada amb inclinació, havíem calculat que hi cabien 432 panells i a la teulada sense inclinació hi cabien 108 panells, fent un total de 540 panells, com només necessitem 512, els repartirem entre les dues teulades. A la d'inclinació hi posarem 404 panells i a la de sense inclinació 108, per tant el preu total de les estructures serà el següent:

$$404 \text{ paques} * 64 \text{ €/placa} = 25.856 \text{ €}$$

$$108 \text{ plaques} * 97 \text{ €/placa} = 10.476 \text{ €}$$

$$\text{Total preu estructures} = 25.856 + 10.476 = \mathbf{36.332 \text{ €}}$$

El preu del inversor que fem servir (Sunny Central SC100) és d'uns **43.000 €** comptant el descompte que ens aplica l'empresa que ens ha fet el pressupost, ja que sense descompte, el preu era d'uns 60.000 € aproximadament.

Al pressupost, també hem de tenir en compte, el preu dels tràmits de legalització, el material elèctric i la mà d'obra.

El pressupost que ens ha facilitat l'empresa ascendeix a un total de 489.216 €, sense tenir en compte l'IVA, si li sumem el 16% d'IVA, el total és de **567.490,56€**

ANÀLISI DE SOSTENIBILITAT DE LA INSTAL·LACIÓ:

Impacte econòmic:

Com en qualsevol tipus de font d'energia, el cost per quilowatt-hora de l'energia provinent de les cèl·lules fotovoltaïques consisteix, essencialment, en la combinació del cost capital, que inclou, no solament, el cost dels mòduls fotovoltaïcs, sinó que també inclou el total del cost de la instal·lació, i el cost de manteniment, aquell que s'ha de tenir en compte per a qualsevol reparació o per mantenir el correcte funcionament de la instal·lació.

Tot i que el cost capital inicial a un sistema fotovoltaic és molt alt, s'ha de tenir en compte que el cost de manteniment, en comparació amb d'altres fonts d'energia renovables, és força baix.

A d'altres països, com ara Alemanya, on el REFIT (Renewable Energy Feed-In Tariff) mostra uns preus més elevats a pagar l'electricitat fotovoltaica venuda a la xarxa, és un dels països on és més rentable la instal·lació d'aquest tipus d'energia, a part de reflectir un alt benefici mediambiental i per estimular la indústria en el sector fotovoltaic.

Espanya està situada darrera d'Alemanya i els Països Baixos i seguida per Itàlia tot i que els seus potencials totals no superin els 50 MW.

Actualment trobem al mercat fotovoltaic espanyol un dels més interessants dins de la UE. Així mateix, ens trobem en un marc circumstancial favorable al creixement (lleis més adequades, finançament, ajust de tarifes, incentius fiscals, ajudes a fons perdut,...). No obstant, aquestes circumstancies hauran d'anar evolucionant conjuntament amb els mercats a nivell particular i global.

Des del punt de vista normatiu, la llei 54/1997 del Sector Elèctric va establir un Règim Especial per aquelles instal·lacions que utilitzessin fonts d'energia renovables, amb una potència instal·lada inferior als 50 MW.

El Reial Decret 436/2004, sobre Règim Especial, desenvolupa la llei i estableix un règim econòmic garantint per tota la vida de la instal·lació, actualitzant el règim jurídic que afecta a l'energia solar fotovoltaica. El Reial Decret 1663/2000, sobre connexió a la xarxa elèctrica de baixa tensió i la Resolució de 31 de maig de 2001, de la Direcció General de Política Energètica i Mines, que conté el model de contracte tipus amb l'empresa distribuïdora, constitueix el nucli legislatiu referent a les instal·lacions d'energia solar fotovoltaica connectades a xarxa.

Seguint aquest plantejament han estat moltes les comunitats que han desenvolupat les seves pròpies reglamentacions, complementant o detallant els procediments administratius per la legislació de la mateixa. A Catalunya, destaquem, el Decret 352/2001, de 18 de desembre i l'Oficina de Gestió Unificada, que centralitza tots els tràmits.

També s'ha de parlar del desenvolupament que haurà d'imposar-se com a conseqüència de la implantació definitiva del Codi Tècnic de la Edificació, en concret, les seves directives d'estalvi energètic DB-HE5, així com les ordenances solars que incorporen alguns municipis per potenciar l'energia solar fotovoltaica.

Resulta, també, rellevant la limitació que imposava el Reial Decret 436/2004, que limitava les condicions de retribució de l'energia generada fins que la potència total instal·lada fos de 150 MW.

Des de l'aprovació del Reial Decret 436/2004, que deroga el 2818/98, s'estableix una nova metodologia per l'actualització i sistematització del règim jurídic i econòmic de l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial.

Dins de la producció d'energia elèctrica en règim especial distingim varies fonts d'energia renovables, entre les que es menciona l'energia solar fotovoltaica de connexió a xarxa.

Una de les principals diferències d'aquest RD en front a l'anterior (RD1432/2002) és que desapareix l'incògnita sobre el número d'anys durant els quals s'obtenen les retribucions afavorides de la companyia elèctrica, que són calculades en relació amb la tarifa mitja de referència.

La retribució pel productor en règim especial d'una central fotovoltaica quedaria així:

-Per instal·lacions amb potència de fins 100 kW: Preu fix (sempre a tarifa regulada) (Art. 22.1 i Art. 33), amb un valor del 57% de la Tarifa Mitja de Referència (TMR) els primers 25 anys i del 460% de la TMR la resta de la vida de la instal·lació.

Amb això, considerant que la TMR per 2006 és de 0,7659€/kWh, el preu de venda a l'empresa elèctrica és de 0,440381€/kWh.

- Per instal·lacions superiors a 100kW existeixen dues opcions:

Vendre a un preu fix (tarifa regulada) (Art. 22.1 i Art. 33). 300% de la TMR els primer 25 anys i 240% de la TMR la resta de la vida de la instal·lació.

Anar al mercat elèctric (Art. 22.1.b i Art. 33): Preu de venda de l'electricitat + {Prima 250% + 10% (incentiu)} de la TMR durant 25 anys.

El Reial Decret 1663/2000, a part de regular qui podrà realitzar l'obra de la instal·lació, també estableix el procediment mitjançant el qual el titular de la instal·lació, la companyia elèctrica distribuïdora i l'Administració es posen d'acord sobre les condicions tècniques i de protecció de la connexió de la instal·lació, així com les obligacions de cada una de les parts, el procediments de mesura i de facturació.

El Reial Decret 2818/1998 permet a qualsevol persona vendre l'energia produïda a través de la instal·lació solar fotovoltaica i obliga a la Companyia Elèctrica a comprar-la.

Segons l'article 3 del Reial Decret 1578/2008, de 26 de setembre, on es defineix la tipologia de les instal·lacions, podem classificar la instal·lació d'aquest estudi com Tipus I.2, instal·lació tipus I amb potència superior a 20 kW.

L'article 11 del RD 1578/2008, és aquell on es defineixen les tarifes i diu el següent: els valors de la tarifa regulada corresponents a les instal·lacions del subgrup b.1.1 de l'article 2 del Reial Decret 661/2007, de 25 de maig, que siguin inscrites al registre de pre-assignació associades a la primera convocatòria seran els següents:

TIPOLOGIA		TARIFA REGULADA (c€/kWh)
TIPUS I	Subtipus I.1	34,00
	Subtipus I.2	32,00
TIPUS II		32,00

Segons l'article 12 del RD 1578/2008, que parla sobre l'actualització de les tarifes, diu que els valors recollits a l'article 11 seran objecte de les actualitzacions previstes a l'article 44.1 del RD 661/2007, per les instal·lacions del subgrup b.1.1, a partir del dia 1 de gener del segon any posterior al de la convocatòria en la qual estan fixats.

Per saber en quant de temps haurem amortitzat la nostra instal·lació hem de fer un simple càlcul. Hem d'agafar el cost capital, l'energia produïda i el preu de l'energia, per tal de poder saber quants anys són necessaris per recuperar el capital invertit.

Valor anual de la generació d'energia elèctrica = energia produïda * preu de l'energia

Valor anual de la generació d'energia elèctrica = 182.766,03 kWh/any * 0,32 €/kWh = **58.485,13 €/any.**

Període de retorn de l' inversió = cost capital / valor anual de la generació d'energia

Període de retorn de l' inversió = 567.490,56 € / 58.485,13 €/any = **9,7 anys.**

Per tant l'amortització de la inversió realitzada inicialment es farà en 10 anys.

Impacte ambiental:

El impacte ambiental de l'energia fotovoltaica és menor que algun dels altres sistemes generadors d'electricitat tant d'energies renovables com no renovables.

El sistema d'energia solar no emeten gasos ni líquids contaminants i tampoc substàncies radioactives. La generació elèctrica a partir de radiació solar té nuls o mínims efectes ambientals. No es produeixen emissions de CO₂, ni afeccions al terreny ni a l'aigua i es tracta d'un sistema completament silenciós. D'altra banda, l'energia solar fotovoltaica representa la millor solució per aquells llocs els quals necessiten energia elèctrica però es vol preservar les condicions del seu entorn natural, com ara els Espais Naturals Protegits.

Alguns dels problemes o dels tipus d'impacte ambiental que poden influir de forma negativa en la percepció de les instal·lacions fotovoltaïques per part de la ciutadania són les següents:

La contaminació que produeix el procés productiu dels components

La utilització del territori

El impacte visual

El impacte sobre la flora i la fauna

Els mòduls fotovoltaïcs no tenen parts mòbils, per tant són segurs en temes mecànics i no emeten cap tipus de soroll. Tot i que, com d'altres equips elèctrics, hi ha petits riscos elèctrics, especialment en grans sistemes que funcionen a tensions més elevades que les normalment utilitzades en la majoria de instal·lacions petites (12 – 48 V). Però els perills elèctrics d'un bon sistema fotovoltaïc no seran pitjors que aquells d'altres instal·lacions elèctriques.

Els panells fotovoltaïcs, per suposat, tenen un impacte visual. Els panells situats a les teulades són visibles pels veïns i poden ser o no ser vistos com atractius, d'acord amb l'estètica de cada lloc. Algunes companyies han produït mòduls especials, per tal de fer que l'aparença de la teulada sigui ho més normal possible, fent servir les últimes tecnologies per poder fabricar estructures que produeixin el mínim impacte visual.

El impacte ambiental alhora de la fabricació de les cèl·lules fotovoltaïques és poc significatiu. El material bàsic amb el que estan fetes la majoria de cèl·lules fotovoltaïques no és especialment nociu. Tot i que, una petita quantitat de

productes químics tòxics han estat utilitzats per produir alguns mòduls fotovoltaics.

Com a qualsevol procés químic, s'ha d'anar amb molt de compte alhora de fer el disseny i la producció, ja que un accident produït a la planta de fabricació pot crear problemes químics que poden arribar a ser nocius.

Tot i que els mòduls fotovoltaics tenen una vida útil molt llarga, s'ha de tenir en compte, que un cop acabada aquesta vida, aquests mòduls hauran de ser reciclats. Algunes empreses ja estan especialitzades en el reciclatge de mòduls fotovoltaics, perquè a la UE s'estan acabant de preparar les lleis que regularan el reciclatge d'aquest mòdul.

La necessitat de territori depèn de la forma d'utilització de la instal·lació fotovoltaica: descentralitzada o centralitzada en grans sistemes.

En el primer cas, el territori utilitzat pot reduir-se gaire bé a zero perquè els panells poden ser instal·lats a terrenys ja ocupats, com teulades, façanes i terrasses dels edificis existents, cobertes d'aparcament o, normalment, d'àrees de descans, etc. El potencial per la utilització descentralitzada dels sistemes fotovoltaics es pot considerar, per tant, bastant ampli.

En el cas de la producció fotovoltaica centralitzada, la necessitat d'energia està relacionada amb varis factors, com l'eficiència de conversió dels mòduls i les característiques de l'insolació del lloc. En qualsevol cas, la utilització de sistemes centralitzats requereix notables extensions de territori per poder oferir una producció elèctrica apreciable.

És evident, que ni tan sols les energies poc contaminants, com la fotovoltaica, estan lliures d'impactes al medi ambient i troben dificultats d'acceptació per part de la població. Tot i així, la magnitud i la significació d'aquests sistemes són clarament inferiors als d'altres tecnologies de producció d'energia tradicional, encara que a vegades puguin provocar oposicions difícils de superar.

Ajudes i subvencions:

Per revisar quines ajudes hi ha alhora de fer una instal·lació fotovoltaica s'ha de consultar amb l'òrgan competent de cada Comunitat Autònoma, normalment la Direcció Provincial o General d'indústria o similar. Les ajudes establertes en el PER 2005 -2010 es canalitzen a través de les Comunitats Autònomes.

Actualment no hi ha cap línia operativa gestionada pel IDAE. En el PER 2005 -2010 es preveuen ajudes a la inversió (a fons perdut), per instal·lacions fotovoltaïques aïllades de la xarxa elèctrica.

Per a les instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa es preveuen ajudes a l'explotació, a través de la tarifa regulada establerta al Reial Decret 661/2007, de 25 de maig, publicat al BOE 126 de 26 de maig de 2007, encara que aquesta tarifa ha canviat amb l'entrada en vigor de la nova normativa.

Com a beneficis fiscals trobem una deducció del 6% (2008), 4% (2009) i 2% (2010) de la quota íntegra per inversions mediambientals (Art.69 i 70 del R.D. Legislatiu 3/2004 que aprova el text de la Llei del IRPF).

També podem trobar una bonificació opcional per part dels ajuntaments: fins un 50% del impost d'activitats econòmiques (art. 88), fins el 95% del impost sobre construccions, instal·lacions i obres (art. 102 i 103) i fins un 50% sobre el impost de Béns i Immobles (art. 74).

L'IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) ha signat un acord de col·laboració amb l'ICO, de tal forma que ara no només subvencionen, sinó que també financen a través del ICO les instal·lacions d'Energia Solar Tèrmica i Fotovoltaica, essent inseparables el finançament i la subvenció.

El finançament màxim arriba al 89% del cost elegible en el cas de la fotovoltaica, amb un interès inicial del Euribor a 6 mesos + 1 punt, estan aquest tipus d'interès bonificat pel IDAE en un 3.5 punts percentuals, quedant d'interès

final pel client en Euribor a 6 mesos – 2.5 punts, no podent ser el tipus d'interès final inferior a zero.

Igualment l'IDAE no solament bonifica el tipus d'interès que aplica al ICO, sinó que també concedeix una ajuda directa per l'amortització parcial del préstec en el moment de la disposició, sent aquesta del 19% del cost subvencionable en el cas de la solar fotovoltaica de fins 100 kWp. En el cas en que el beneficiari d'aquest tipus de projectes, no disposés del finançament màxim permès, l'ajuda directa quedarà reduïda a la mateixa proporció que ho sigui el finançament general.

Els préstecs tindran un termini de 7 anys i les Entitats de Crèdit no podran cobrar cap tipus de quantitat en concepte de :

Comissió d'obertura

Comissió d'estudi

Comissió de disponibilitat

En el supòsit d'amortització anticipada del préstec, el prestatari procedirà a la devolució de les bonificacions d'interès rebudes, corresponent al període de préstec comprés entre la data de cancel·lació i la de l'últim venciment que inicialment s'hagués establert.

CONCLUSIONS

CONCLUSIONS:

En aquest treball s'ha tractat el tema de les energies renovables i en especial l'energia solar fotovoltaica veient com seria la instal·lació d'aquest tipus d'energia a la universitat, de manera que tota l'electricitat que es produeix gràcies als mòduls fotovoltaics va a parar a la companyia elèctrica, és a dir, la universitat funciona com si fos una petita central elèctrica que proporciona energia a la xarxa elèctrica de la companyia.

L'idea de l'instal·lació d'energia solar fotovoltaica a l'EPSEM va sorgir del fet que cada cop tenim un món més contaminat i que en un futur, cada cop més pròxim, les energies no renovables s'aniran extingint i s'ha de procurar que la producció d'energia sigui neta i inesgotable, per això s'aposta per l'energia solar fotovoltaica, ja que el Sol és una font inesgotable d'energia i a més és més neta que totes les energies fòssils que s'utilitzen normalment.

El fet que tota l'energia generada pels mòduls fotovoltaics instal·lats a l'EPSEM, sigui venuda directament a la companyia elèctrica i no pas que, s'utilitzi aquesta energia per l'auto subministrament de la universitat, sorgeix perquè si volguéssim que l'EPSEM funcionés elèctricament amb l'energia que produeixen els mòduls fotovoltaics, necessitaríem molt més components fotovoltaics instal·lats i resultaria una instal·lació més complicada i la inversió econòmica seria més elevada. Per tant, el fet de vendre l'energia a la companyia, fa que la universitat estigui ajudant al medi ambient, a l'hora de produir electricitat, ja que la manera de captar l'energia es fa mitjançant recursos il·limitats, la qual cosa vol dir que estem parlant d'una universitat sostenible.

Les característiques principals dels sistemes fotovoltaics són:

- És una energia neta, no produeix emissions de CO₂ ni de SO₂, que no produeixen cap contaminació i cap efecte negatiu de tipus mediambiental o sonor.

- No genera cap tipus de residu.
- Té una llarga vida útil i al finalitzar aquesta vida, els components fotovoltaics es podran desmuntar i reutilitzar.
- No requereixen pràcticament cap tipus de manteniment.
- Tenen una elevada fiabilitat.
- Qualsevol persona pot convertir-se en productor d'energia elèctrica, cobrar per aquesta producció i obtenir una bona rendibilitat.

En resum, la instal·lació d'energia solar fotovoltaica a l'EPSEM resulta una opció molt interessant, ja que, tal i com estem veient, aquest tipus d'energia serà una de les més importants en un futur pròxim per produir electricitat. Avui dia, ja és d'obligada instal·lació als edificis d'habitatges de nova construcció i el fet de que la universitat es converteixi en un edifici sostenible, mediambientalment parlant, és una bona idea, perquè fa que la població es conscienciï amb tot el tema de les energies netes.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA:

- <http://www20.gencat.cat/portal/site/icaen/menuitem>
- <http://www.cidem.com>
- <http://ovc.catastro.meh.es/>
- <http://ichn.iec.cat/bages/clima/clima.htm>
- http://www.cecuc.es/campanas/medio_ambiente/res&rue/htm/dossier/2_fotovoltaiica.htm
- www.gesolpac.es/docs/subvenciones.doc
- www.meteo.cat
- [Reial Decret 1578/2008, de 26 de setembre,](#)
- Atlas de Radiació Solar a Catalunya. Pdf
- LLEI 18/2008, del 23 de desembre, de garantia i qualitat del subministrament elèctric.
- MANUAL DEL USUARIO DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS. Autores: Serveis Energètics Bàsics Autònoms. Ed: Progensa (1998).
- GUIA COMPLETA DE LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. ADAPTADA AL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN. José M. Fernández Salgado. Ed: AMV Ediciones (2007).
- ENERGIAS RENOVABLES. Mario Ortega Rodríguez. Ed: Thomson Parafino (2006).
- RENEWABLE ENERGY. POWER FOR A SUSTAINABLE FUTURE. Godfrey Boyle. Ed: Oxford (2004).
- RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios). ITE-02. Diseño.