



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Industrial. Pla 2002

Títol: Projecte per la realització d'una instal·lació solar fotovoltaica en règim especial als edificis de l'Escola Politècnica Superior de la UdG

Document: Memòria i Annexos / Volum 2 / Annexos

Alumne: Albert Juan Casademont

Director/Tutor: Josep Maria Corretger Canós

Departament: Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Màquines i motors tèrmics

Convocatòria (mes/any): Juny 2008

ANNEXOS A LA MEMÒRIA

ÍNDEX D'ANNEXOS

ANNEX A. TECNOLOGIA I DESENVOLUPAMENT DE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

ANNEX B. DISSENY TÈCNIC DE LA INSTAL·LACIÓ

ANNEX C. CÀLCUL DE LA PRODUCCIÓ ANUAL D'ENERGIA ELÈCTRICA I EL BENEFICI MEDIAMBIENTAL

ANNEX D. COMPROVACIÓ DE LA SEGURETAT ESTRUCTURAL

ANNEX E. ESTUDI DE VIABILITAT ECONÒMICA

ANNEX F. DOCUMENTACIÓ LEGAL A PRESENTAR

ANNEX G. CATÀLEGS COMERCIAL I INFORMACIÓ DELS EQUIPS

ANNEX H. ESTUDI BÀSIC DE SEGURETAT I SALUT



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Industrial. Pla 2002

Títol: Projecte per la realització d'una instal·lació solar fotovoltaica en règim especial als edificis de l'Escola Politècnica Superior de la UdG

Document: A Tecnologia i desenvolupament de l'energia solar fotovoltaica

Alumne: Albert Juan Casademont

Director/Tutor: Josep Maria Corretger Canós
Departament: Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial
Àrea: Màquines i motors tèrmics

Convocatòria (mes/any): Juny 2008

ANNEX A LA MEMÒRIA**ÍNDEX**

| | | |
|-------|---|----|
| A | TECNOLOGIA I DESENVOLUPAMENT DE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA | 2 |
| A.1 | PRINCIPI DE FUNCIONAMENT DE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA | 2 |
| A.1.1 | L'EFECTE FOTOVOLTAIC | 2 |
| A.1.2 | EI MÒDUL FOTOVOLTAIC | 3 |
| A.1.3 | LA RADIACIÓ SOLAR..... | 5 |
| A.1.4 | UNITATS DE POTÈNCIA DELS MÒDULS FOTOVOLTAICS..... | 8 |
| A.2 | TIPOLOGIES D'INSTAL·LACIONS SOLARS FOTOVOLTAIQUES..... | 9 |
| A.2.1 | INSTAL·LACIONS SOLARS FOTOVOLTAIQUES AILLADES | 9 |
| A.2.2 | INSTAL·LACIONS SOLARS FOTOVOLTAIQUES DE CONNEXIÓ A LA XARXA | 11 |
| A.2.3 | TIPUS D'INSTAL·LACIONS D'ENERGIA SOLAR CONNECTADES A LA XARXA ELÈCTRICA..... | 12 |
| A.2.4 | ALTRES APLICACIONS SOLAR FOTOVOLTAIQUES..... | 16 |
| A.2.5 | DESCRIPCIÓ DELS COMPONENTS DE LES INSTAL·LACIONS SOLARS FOTOVOLTAIQUES DE CONNEXIÓ A XARXA | 17 |
| A.2.6 | AVANTATGES I INCONVENIENTS DE LES INSTAL·LACIONS SOLARS FOTOVOLTAIQUES | 28 |
| A.3 | INICIS DE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA..... | 30 |
| A.4 | ESTAT ACTUAL DE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA..... | 32 |
| A.5 | PERSPECTIVES DE FUTUR..... | 35 |
| A.6 | L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA A EUROPA | 38 |
| A.7 | L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA A L'ESTAT ESPANYOL..... | 39 |
| A.7.1 | EL RÈGIM ESPECIAL. EVOLUCIÓ I SITUACIÓ ACTUAL..... | 39 |
| A.7.2 | PLA D'ENERGIES RENOVABLES DE L'ESTAT ESPANYOL. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA | 42 |
| A.7.3 | EVOLUCIÓ HISTÒRICA DE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA FINS AL REAL DECRET 436/2004..... | 44 |
| A.7.4 | APARICIÓ DEL NOU CODI TÈCNIC DE L'EDIFICACIÓ. CONTRIBUTIÓ MÍNIMA D'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA..... | 48 |
| A.7.5 | EL REAL DECRET 661/2007 | 51 |
| A.7.6 | SITUACIÓ ACTUAL DE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA A L'ESTAT ESPANYOL | 52 |
| A.8 | L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA A CATALUNYA..... | 61 |
| A.8.1 | PLA DE L'ENERGIA | 61 |
| A.8.2 | EVOLUCIÓ DE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EN RÈGIM ESPECIAL A CATALUNYA..... | 63 |

A TECNOLOGIA I DESENVOLUPAMENT DE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

L'energia solar fotovoltaica és una energia neta, la qual utilitza una font inesgotable i gratuïta permetent convertir els raigs solars en electricitat sense necessitat de combustibles fòssils o nuclears. Actualment, l'energia solar fotovoltaica forma part d'una tecnologia experimentada i promociionada per la legislació vigent. Per aquest motiu, en diversos estats de la Unió Europea, existeix legislació que incentiva les inversions en energia solar fotovoltaica. L'estat espanyol no és una excepció.

El major inconvenient, però, rau en com convertir-la de forma eficient en energia aprofitable. La tecnologia actual en aquest sentit va dirigida en dos direccions: conversió elèctrica (energia solar fotovoltaica) i conversió tèrmica (energia solar tèrmica).

A.1 PRINCIPI DE FUNCIONAMENT DE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

La conversió directa en energia elèctrica es produeix a les cèl·lules solars i es basa en l'anomenat efecte fotovoltaic. Explicar aquest efecte i donar una visió general d'aquesta tecnologia són els objectius d'aquest apartat.

A.1.1 L'EFECTE FOTOVOLTAIC

Els sistemes fotovoltaics transformen l'energia radiant del sol en energia elèctrica. Aquest procediment de transformació es produeix en un element semiconductor anomenat cèl·lula fotovoltaica. Quan la llum del sol incideix sobre una cèl·lula fotovoltaica, els fotons de la llum solar transmeten la seva energia als electrons del semiconductor per que així puguin circular dins del sòlid.

En unir dues regions d'un semiconductor al que artificialment s'ha dotat de concentracions diferents d'electrons per mitjà d'elements dopants es provoca un camp electrostàtic constant que reconduïx el moviment d'electrons (unió P-N). D'aquesta manera, quan sobre de la cèl·lula incideix la radiació solar, apareix en ella una tensió anàloga a la que es produeix

entre les bornes d'una pila. Per mitjà de la col·locació de contactes metàl·lics en cadascuna de les cares es pot extreure l'energia elèctrica.

Des d'un punt de vista quàntic, el funcionament de l'efecte fotovoltaic es basa en la capacitat de transmetre l'energia dels fotons de la radiació solar als electrons de valència dels materials semiconductors, de manera que aquests electrons trenquen l'enllaç que anteriorment els tenia lligats a un àtom.

Per cada enllaç que es trenca queda un electró lliure i un forat (falta d'electró en un enllaç trencat) per circular dintre del semiconductor. El moviment dels electrons i forats en sentits oposats genera una corrent elèctrica en el semiconductor la qual es pot alliberar pot circular per un circuit extern.

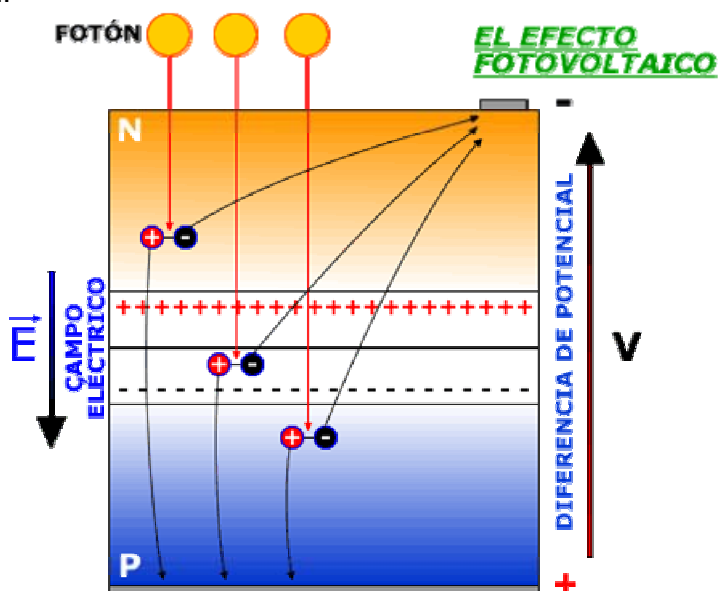


Figura 1 Efecte fotovoltaic

A.1.2 EI MÒDUL FOTOVOLTAIC

Per fer possible la manipulació pràctica de les cèl·lules fotovoltaïques, aquestes es presenten associades elèctricament entre elles i encapsulades en un panell anomenat mòdul fotovoltaic, el qual consisteix en l'element bàsic per la producció d'electricitat.

El mòdul fotovoltaic està format per un conjunt de cèl·lules connectades entre elles en sèrie i en paral·lel fins aconseguir el voltatge necessari per la seva utilització. Aquest voltatge sol

ésser variat en funció de la potència en Watts - pic del mòdul fotovoltaic, però normalment sol estar compresa entre 10V fins a 45V.

Normalment, un mòdul fotovoltaic està format per 36 cèl·lules, tenint en compte diferents mesures que oscil·len des de 0.5 fins a 1,5 m² amb un gruix entre 3,5 i 5 cm.

El procés de construcció d'un mòdul fotovoltaic s'inicia amb l'extracció del silici metàl·lúrgic des de la seva matèria prima, la farina de silici. Aquest material es purifica per produir silici metàl·lic amb propietats semiconductoras.

Aquest procés continua amb la producció de lingots que a posteriori es tallen en capes fines (anomenades col·loquialment *obleas*). El procés (monocristal·lí, policristal·lí) i la mida del lingot són factors crítics per determinar la quantitat d'energia produïda per cada *oblea* una vegada transformada en cèl·lula fotovoltaica.

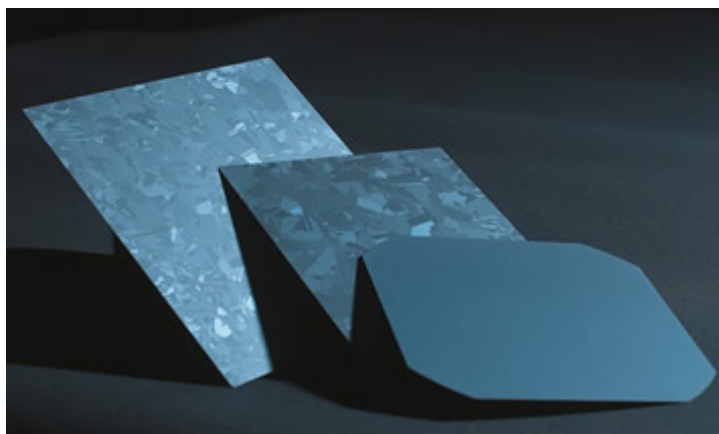


Figura 2 . *Obleas* d'un mòdul fotovoltaic.

Una vegada el lingot és tallat en *obleas*, aquestes són sotmeses a varis processos de tractament químic i impressió per transformar-les en cèl·lules. Un mòdul és el resultat d'interconnectar entre 12 i 60 cèl·lules i sellar entre elles les capes de plàstic i cristall protectores per possibilitar la seva explotació en una instal·lació solar.

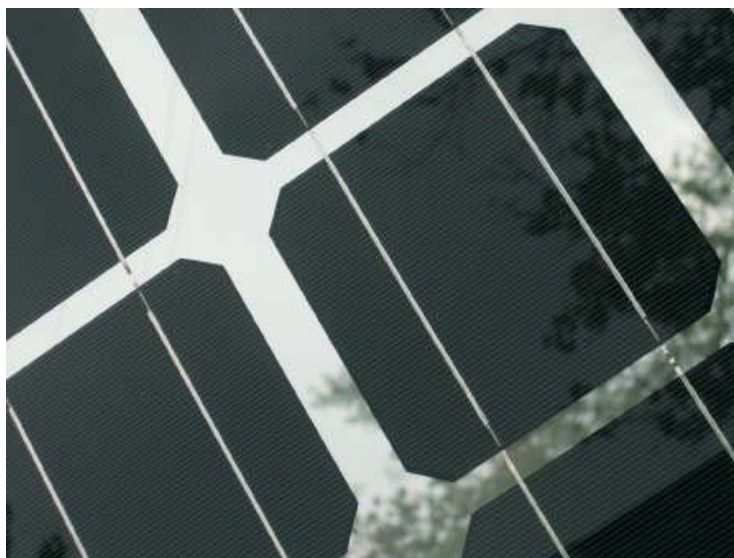


Figura 3. Cèl·lules ja integrades en un mòdul fotovoltaic.

A.1.3 LA RADIACIÓ SOLAR

Les condicions de funcionament d'un mòdul fotovoltaic depenen de variables externes tals com la radiació solar i la temperatura ambient. Per poder efectuar el disseny d'una instal·lació solar fotovoltaica és necessari disposar dels valors de la radiació solar de l'emplaçament objectiu o de similars.

Per això hi ha organismes especialitzats que posen a disposició dels usuaris taules amb els valors per província o localitat de la radiació solar en funció dels mesos de l'any, inclinació i orientació. Els instituts d'energia elaboren un atlas de radiació.

A Catalunya, l'estudi i recopilació de dades dels valors de radiació solar arreu del territori va iniciar-se ja a començaments dels anys setanta. L'Institut Català d'Energia (ICAEN) va publicar l'Atlas de Radiació Solar de Catalunya l'any 2000, on es recullen les dades de radiació global i difusa de les estacions de la xarxa radiomètrica de Catalunya.

A Catalunya, la mitjana anual de radiació solar diària disponible es situa al voltant dels 4 kWh/m² (14,5 MJ/m²) sense que hi hagi diferències significatives entre aquests valors arreu del territori. Malgrat això, es produeixen diferències importants en els nivells de radiació diària mitjana rebuda, segons l'època de l'any i la zona estudiada.

Així, els valors de la zona de Lleida presenten una gran amplitud anual d'oscil·lació, passant dels 4,5 MJ/m² (1,25 kWh/m²) el mes de gener als 25 MJ/m² (7 kWh/m²) el mes de juny, donant els màxims i mínims absoluts de l'any a Catalunya.

La Costa Brava o els Pirineus, en canvi, són més regulars i tenen una oscil·lació menys acusada. També és destacable la permanència de valors alts durant tot l'any a la Costa Daurada, en contrast amb els de la Costa Brava. Aquest fenomen es pot relacionar probablement amb el fet que hi ha moltes més brises a la costa tarragonina.

L'avaluació del potencial per a la instal·lació de sistemes solars actius no depèn només de les condicions climatològiques, sinó també del parc d'edificis i instal·lacions susceptibles d'aplicar aquests sistemes, considerant les seves demandes.

La quantitat d'energia rebuda del sol (radiació solar) i la demanda diària d'energia seran els factors que marquen el disseny dels sistemes fotovoltaics. Com a norma general aquesta energia serà donada en kJ/m².

L'elecció de les dades de radiació solar dependrà directament de la situació de la instal·lació, així com de les condicions meteorològiques predominants i particulars de cada lloc.

A la Figura 4. Mapa d'irradiació global diària, mitjana anual (MJ/m²) es pot observar el mapa de radiació global diària en MJ/m² facilitat per l'Institut Català de l'Energia. En aquest mapa s'hi pot veure una representació gràfica dels valors expressats en els paràgrafs anteriors.

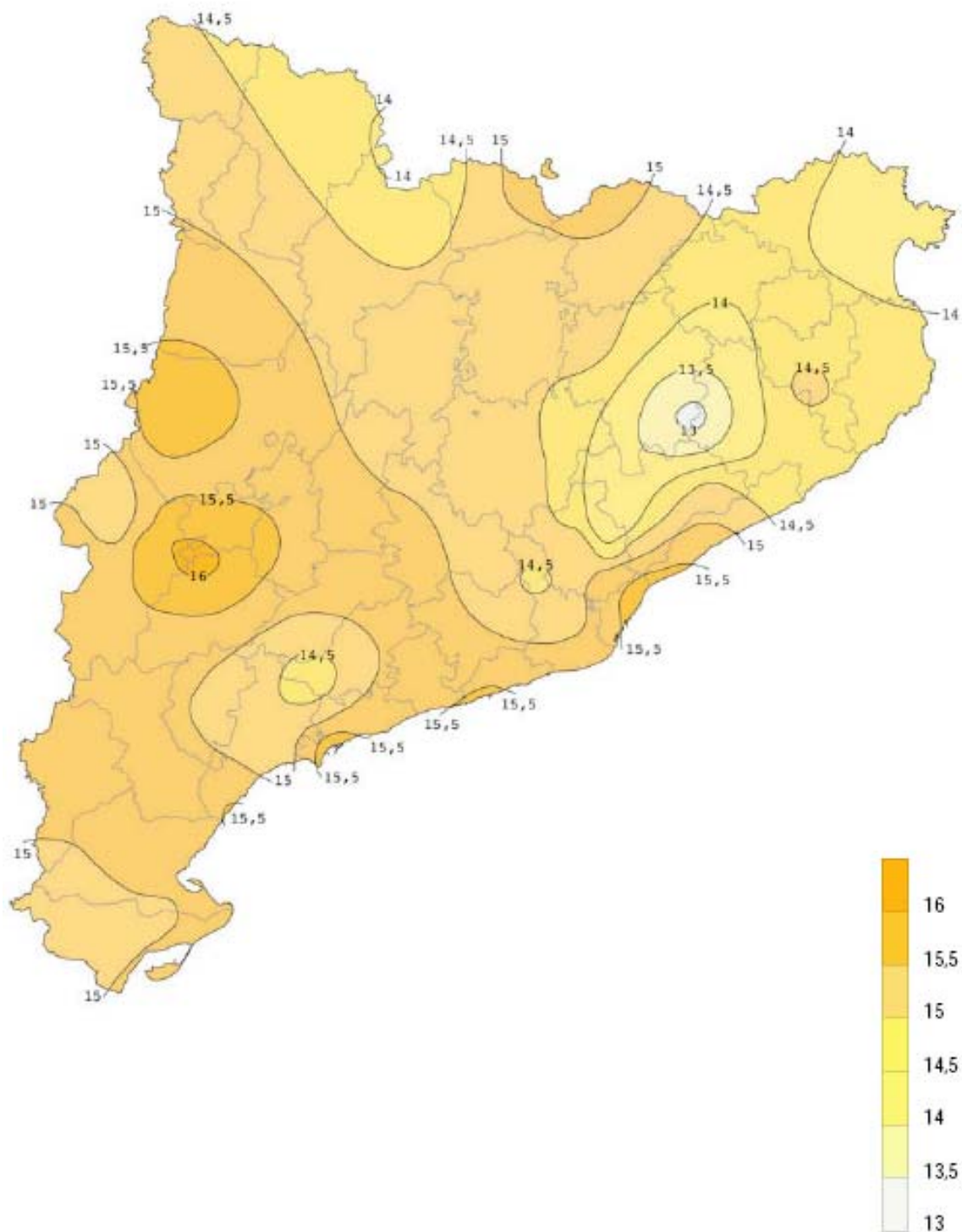


Figura 4. Mapa d'irradiació global diària, mitjana anual (MJ/m²)

A.1.4 UNITATS DE POTÈNCIA DELS MÒDULS FOTOVOLTAICS

Existeixen dues unitats que permeten dimensionar la superfície del mòdul solar:

Watt pic (W.P.)

Es defineix com la màxima potència que pot rebre un panell o mòdul fotovoltaic i coincideix amb una intensitat de radiació constant de 1000 W/m^2 o 100 mW/cm^2 a una temperatura de 25°C i distribució espectral AM 1,5 G.

Per exemple, una placa de 40 Wp produirà 40 Wh d'energia si durant una hora rep aquesta radiació nominal (1000 W/m^2). Si la radiació no arriba a aquesta intensitat necessitarà més d'una hora per produir aquests 40 Wh. Per tant, cal utilitzar un nou concepte, el de l'hora solar pic.

Hora solar pic (H.S.P.)

Es defineix com la quantitat d'hores de sol amb una intensitat de radiació de 1000 W/m^2 que incideix sobre la superfície del mòdul solar. A Espanya aquest valor està comprès entre les 14.00 hores p.m a l'hivern i a les 16.00 p.m. hores a l'estiu.

Per exemple, un dia pot tenir 10 hores de sol, però en canvi pot ser que només tingui 4 o 5 hores de pic. El nombre d'hores pic d'un dia determinat s'obté dividint tota l'energia de radiació d'aquell dia (en $\text{Wh/m}^2/\text{dia}$) per 1.000 W/m^2 .

Per això, per saber l'energia que ens donarà una placa no es pot multiplicar la seva potència (en watts-pic) pel nombre d'hores de sol d'un dia, ja que no totes aquestes hores no són de màxima intensitat solar. Per tenir una idea, sumant tota l'energia que dona el sol durant un dia només equival a unes 5 hores solars de pic a l'estiu i entre 3 i 4 a l'hivern (a una latitud de 41° per exemple).

A.2 TIPOLOGIES D'INSTAL·LACIONS SOLARS FOTOVOLTAIQUES

Existeixen dues formes d'utilitzar l'energia elèctrica generada a partir de l'efecte fotovoltaic. Primer de tot existeixen instal·lacions aïllades de la xarxa elèctrica, que són sistemes en les que l'energia generada s'emmagatzema en bateries per poder disposar del seu ús quan sigui necessari. Aquests sistemes s'utilitzen sobretot en aquells llocs en els que no hi ha accés a la xarxa elèctrica i resulta més econòmic instal·lar un sistema fotovoltaic que construir una línia de xarxa elèctrica fins al punt de consum o suplir-la a base de generadors que funcionin amb carburants.

En segon lloc hi ha les instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica convencional, en les que tota l'energia generada s'envia a la xarxa per la seva distribució on sigui demanada.

Degut a que la instal·lació fotovoltaica objecte del present projecte correspon a aquesta segona tipologia, en endavant es comentaran amb major detall els sistemes i components per aquest tipus d'instal·lacions.

A.2.1 INSTAL·LACIONS SOLARS FOTOVOLTAIQUES AILLADES

Normalment es tracta de sistemes aïllats de la xarxa elèctrica on és necessària la captació d'energia elèctrica per mitjà de panells fotovoltaics i el posterior emmagatzematge de l'energia elèctrica. Aquests sistemes normalment estan formats per:

- Mòduls fotovoltaics.
- Reguladors de càrrega.
- Bateries de plom-àcid.
- Sistema inversor.

- Sistema de suport de càrrega (grup electrogen).

Els sistemes fotovoltaics aïllats, són, la majoria de vegades, sistemes per treballar a tensions de 12, 24 o 48V D.C. L'energia s'emmagatzema en bateries de plom-àcid que tenen una vida útil d'uns 10 anys de mitjana. Per mitjà de petits inversors es modula la tensió contínua per obtenir una xarxa monofàsica de 230V segons dos tipologies: ona modificada o ona pura. Els valors més usuals són petites aplicacions que no arriben a 1 kW i llavors vivendes unifamiliars entre 3 i 5 kW.

Aquests sistemes aïllats normalment es dimensionen per disposar d'una autonomia de 3 dies i poden ser recolzats per un sistema mixt per mitjà d'un aerogenerador i un d'un grup electrogen de socors per pot servir per carregar les bateries de forma inversa a través de l'inversor (no tots els models ho permeten).

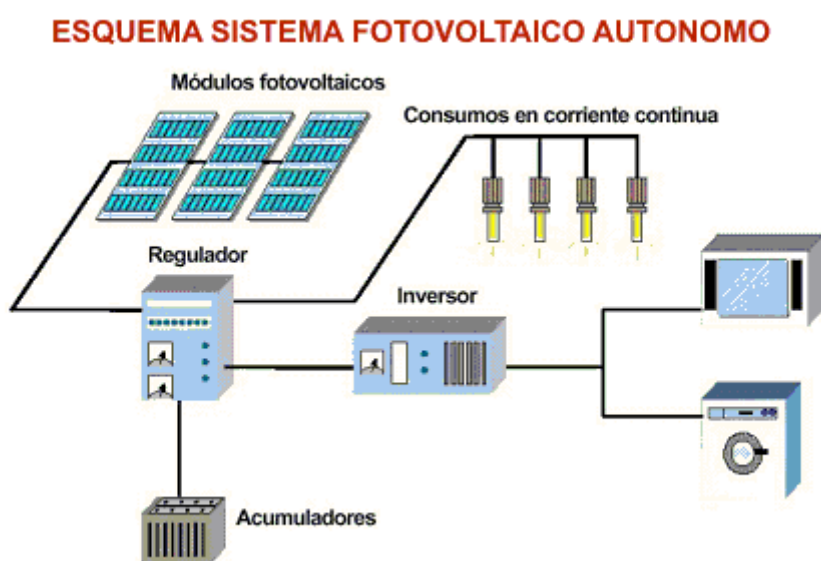


Figura 5. Composició d'uns sistema fotovoltaic autònom

El disseny d'aquesta instal·lació es realitza en base a les necessitats en Watts-hora diàries amb una autonomia diària i segons potència instal·lada. El preu orientatiu d'aquestes instal·lacions facilitat per el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (d'ara endavant, IDAE) és al voltant de 13 €/ Watt pic instal·lat.

A.2.2 INSTAL·LACIONS SOLARS FOTOVOLTAIQUES DE CONNEXIÓ A LA XARXA

A diferència de les instal·lacions solars fotovoltaïques aïllades, es busca la major transferència d'energia elèctrica cap a la xarxa elèctrica possible. No hi ha emmagatzematge d'energia elèctrica. Aquest tipus d'instal·lacions treballen en paral·lel amb la resta de sistemes de generació que subministren energia a la xarxa de distribució.

Per poder aportar energia elèctrica cap aquestes instal·lacions, primer de tot haurà d'existir una línia de distribució elèctrica pròxima amb capacitat per admetre l'energia produïda per la instal·lació fotovoltaïca. En els llocs els quals es disposa d'electricitat, la connexió a xarxa del sistema fotovoltaïc genera els següents avantatges:

- Contribueix a la reducció d'emissions de diòxid de carboni (CO₂) a l'atmosfera.
- Reducció de la corba de càrrega de consum en les principals hores de consum (el major consum és de dia, quan la instal·lació solar fotovoltaïca és capaç de generar més energia).

Esquema sistema fotovoltaïc conectado a red

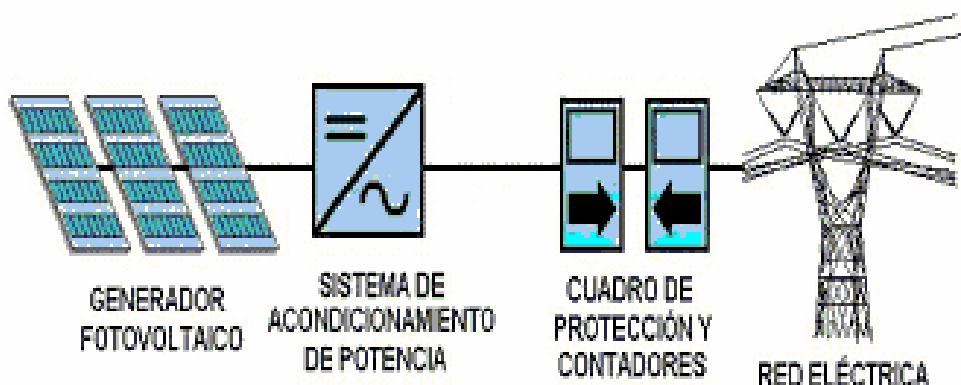


Figura 6. Composició d'un sistema fotovoltaïc de connexió a la xarxa

En les instal·lacions actuals, el consum d'electricitat és independent de l'energia generada pels panells fotovoltaics. El propietari de la instal·lació fotovoltaica compra l'electricitat que consumeix la seva instal·lació a la distribuïdora al preu establert segons les tarifes elèctriques vigents i mentrestant pot facturar els kWh generats per la instal·lació fotovoltaica a un preu molt superior, ja que a l'Estat Espanyol, l'electricitat generada amb sistemes fotovoltaics rep una prima que en millora la seva rendibilitat econòmica.

En les instal·lacions connectades a xarxa, la mida de la instal·lació és independent del consum d'electricitat de l'edifici, la qual cosa simplifica en grans mesura el seu disseny.

Per dimensionar la instal·lació s'haurà de tenir en compte la inversió inicial i l'espai disponible, així com la rendibilitat que es desitja obtenir amb la venda d'energia elèctrica generada.

A.2.3 TIPUS D'INSTAL·LACIONS D'ENERGIA SOLAR CONNECTADES A LA XARXA ELÈCTRICA

Qualsevol lloc no és vàlid per instal·lar-hi una instal·lació de producció en règim especial amb energia solar fotovoltaica.

Aquesta instal·lació, a part de disposar d'una bona interconnexió amb la xarxa de distribució ha de garantir ser una zona lliure d'ombres, amb bona orientació i inclinació.

En l'actualitat, els sistemes més utilitzats que acullen instal·lacions d'energia solar fotovoltaica són els següents:

A.2.3.1 SISTEMES SOBREEXPOSATS EN TEULADES D'EDIFICIS

Són sistemes modulars de fàcil instal·lació on s'aprofita la superfície del teulat existent per sobreposar-hi els panells fotovoltaics. El pes dels panells sobre el teulat dels panells no suposa una sobrecàrrega per la majoria de teulades existents.



Figura 7. Instal·lació fotovoltaica sobre teulada

A.2.3.2 CAMPS FOTOVOLTAICS

Són aplicacions de caràcter industrial que poden instal·lar-se en zones rurals no aprofitades per altres usos o sobreposades en grans cobertes d'àrees urbanes (polígons, zones comercials, àrees esportives, etc.).



Figura 8. Camp solar fotovoltaic

En els terrenys, les instal·lacions poden estar fetes amb estructura fixa o bé amb un seguidor que segueix la trajectòria del sol.

La majoria solen ser de dos eixos, variant la posició (seguiment del sol) i la inclinació (en funció de l'època de l'any).

Aquests sistemes automàtics (seguidors solars) tenen l'avantatge d'augmentar el nombre d'hores de sol aprofitables per les plaques, respecte a unes plaques fixes.

Tanmateix cal valorar els seus inconvenients: tenen un cost econòmic més significatiu; el guany energètic respecte a unes plaques fixes és considerable a l'estiu, però poc significatiu a l'hivern; és un aparell susceptible d'averies; té un consum elèctric, etc.

Tot i així, pot ser recomanable en determinats casos: grans consums elèctrics durant l'estiu, utilització de cèl·lules amb concentració, centrals elèctriques fotovoltaïques, etc.



Figura 9. Seguidor solar

A.2.3.3 INTEGRACIÓ EN EDIFICIS

Aquesta aplicació té com a principal característica ser un sistema fotovoltaic integrat en la construcció, de manera que els panells solars queden tan estructuralment com estèticament integrats a la coberta de l'edifici.

Alguns exemples de sistemes fotovoltaics integrats en els edificis serien els següents:

- Teulada fotovoltaica. Substitueix l'acabat final, i en alguns casos, la impermeabilització.
- Teulada en dents de serra. La vessant sud es fotovoltaica i la nord pot ser opaca o permetre l'entrada de llum zenital.
- Façana. El camp solar pot cobrir totalment la façana.
- Teulada plana. Es poden situar fileres de plaques paral·leles, a una distància adequada per no produir ombres entre elles.
- Atri. Coberta entre dos edificis.
- Pèrgoles, porxos i voladís.
- Franges fotovoltaiques al llarg d'una façana, alternant franges transparents.
- Lames de ombrejat, per sobre de les finestres, permeten evitar l'entrada de radiació directa a l'estiu.
- Façana inclinada, en forma de hivernacle, per tancaments fotovoltaics semitransparents.

- Lames o para-sols d'inclinació variable.

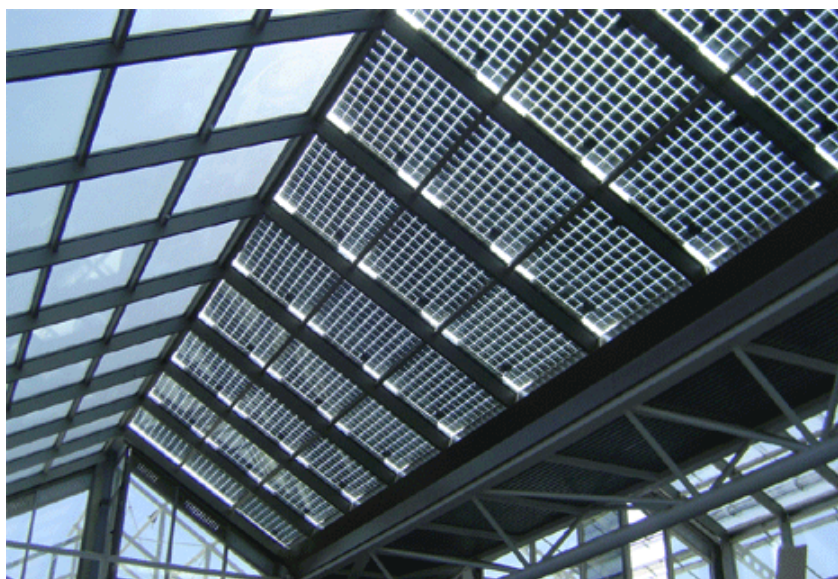


Figura 10. Sistema d'integració fotovoltaica en un edifici. Teulada fotovoltaica.

A.2.4 ALTRES APLICACIONS SOLAR FOTOVOLTAIQUES

A part de l'electrificació d'edificis, l'energia solar fotovoltaica pot ésser emprada en qualsevol utilització que necessiti consum d'electricitat, elements urbans d'il·luminació o de control, etc. Una de les més populars i estesa és el bombament d'aigua.

Aquestes instal·lacions generalment treuen un cabal d'aigua variable, segons la radiació solar incident, que s'emmagatzema en un dipòsit o bassa a punt per quan calgui consumir-la. Aquest sistema no necessita l'acumulació de l'electricitat en bateries, funciona de manera automàtica i pràcticament no té cap manteniment ni cap necessitat de combustible.

Altres aplicacions sobradament conegudes poden ser les faroles fotovoltaiques que funcionen de forma autònoma o certs equipaments de les vies de circulació, entre d'altres.



Figura 11. Sistema solar fotovoltaic per una aplicació d'il·luminació

A.2.5 DESCRIPCIÓ DELS COMPONENTS DE LES INSTAL·LACIONS SOLARS FOTOVOLTAIQUES DE CONNEXIÓ A XARXA

Els elements que formen part de les instal·lacions fotovoltaïques de connexió a la xarxa elèctrica són:

- Generador (panell) fotovoltaic.
- Sistema de suport i fixació de panells fotovoltaics.
- Proteccions i cablejat per la part de Corrent Contínua.
- Inversor.
- Equip de contacte i proteccions per la part de Corrent Alterna

A.2.5.1 MÒDULS SOLARS FOTOVOLTAICS.

Tal i com s'ha comentat en punts anteriors de la present memòria, un dels principals components dels sistemes solars fotovoltaics connectats a la xarxa són els panells fotovoltaics per la qual cosa en aquest punt es descriu amb major detall les característiques tècniques dels mateixos.

La matèria primera per la fabricació de les cèl·lules fotovoltaïques més utilitzada actualment és el silici.

El silici és el material més abundant a la terra després de l'oxigen, donat que la combinació dels dos forma el 60% de l'escorça terrestre. El silici utilitzat actualment en la fabricació de les cèl·lules fotovoltaïques es presenta en tres formes diferents:

- Silici monocristal·lí: En aquest cas el silici que compona les cèl·lules dels mòduls és un únic cristall. La xarxa cristal·lina és la mateixa en tot el material i té molt poques imperfeccions. El procés de cristal·lització és costós i complicat, però tot i així és el que proporciona major eficàcia de la conversió de llum en energia elèctrica.



Figura 12. Mòdul fotovoltaic de silici monocristal·lí

- Silici policristal·lí. El procés de cristal·lització no és tan pulcre i la xarxa cristal·lina no és la mateixa en tot el material. Aquest procés és més barat que l'anterior però s'obtenen rendiments lleugerament inferiors.



Figura 13. Mòdul fotovoltaic silici policristal·lí

- Silici amorf. En el silici amorf no hi ha xarxa cristal·lina i s'obté un rendiment inferior als anteriors monocristal·lins i policristal·lins. Tot i així, aquesta tecnologia té els avantatges de baix cost i de ser un material molt absorbent, pel qual solament fa falta una fina capa per captar la llum solar i capta millor les partícules de la llum difosa, a diferència de les altres dues tecnologies.



Figura 14. Mòdul fotovoltaic silici amorf

A la taula següent es poden observar els rendiments actuals de les diferents tecnologies de mòduls solars en fase de comercialització:

| Tecnologia | Eficiència |
|-----------------------|------------|
| Silici monocristalí | 13 – 15 % |
| Silici policristal·lí | 11 % |
| Silici amorf | 7 % |

Taula 1. Comparativa d'eficiència entre les diferents tecnologies fotovoltaïques

En referència a la taula anterior només una part de l'energia en forma de llum que arriba a les plaques fotovoltaïques, es transforma en electricitat. La resta es perd per reflexió o es dissipa en forma de calor. La majoria de les pèrdues són degudes a la pròpia eficiència de conversió de les cèl·lules FV.

Per altra banda, també existeixen altres tecnologies o processos no basats en el silici que donen un rendiment acceptable. Actualment es troben en fase de desenvolupament en laboratoris o iniciant la seva fabricació en petites plantes. Aquest és el cas del tel·lur de cadmi, arseniür de gal·li, cèl·lules bifacials, etc.

Els panells solars fotovoltaïcs poden exposar-se directament a la intempèrie ja que les parts elèctriques es troben aïllades de l'exterior. Els panells solen tenir un pes aproximat màxim de 15 kg/m², sense contar el pes de l'estructura suport que en cas d'aquest present projecte seria de 4 kg/placa màxim, la qual cosa no suposa un excés de càrrega per la majoria de cobertes existents. És important tenir en compte en el moment de la seva col·locació i subjecció l'orientació dels panells i l'efecte del vent sobre els mateixos.

Tots els mòduls han de satisfer les especificacions de la norma UNE-EN 61215:1997 per els mòduls de silici cristal·lí o UNE-EN 61646:1997 per mòduls fotovoltaïcs de capa fina, així com estar qualificats per algun laboratori acreditat (EA) o per el *Laboratorio d'Energía Solar Fotovoltaica del Departamento de Energías Renovables* (CIEMAT), demostrat per mitjà de la presentació de la fulla de paràmetres corresponent.

Entre altres aspectes, les normes anteriors estipulen que per afavorir-ne el reconeixement, els mòduls fotovoltaics han de portar de forma clarament visible i indeleble el model i nom o logotip del fabricant, potència pic, així com una identificació individual o número de sèrie traçable a la data de fabricació.

Per altra banda, aquestes normes també fixen que els mòduls fotovoltaics seran de classe II amb un grau de protecció IP-65. Per motius de seguretat i de manteniment s'instal·laran els elements necessaris per la desconexió (fusibles, interruptors, etc.), de forma independent i en ambdós parts de cada unes de les branques del panell fotovoltaic (positiva i negativa).

A.2.5.2 SISTEMA DE SUPORT I FIXACIÓ DELS PANNELLS FOTOVOLTAICS EN TEULADA

Els panells fotovoltaics han d'estar subjectes entre ells per mitjà d'una estructura. Aquesta és diferent si la instal·lació es tracta en teulada o en camp obert. Degut a l'aplicació del present projecte, es comentaran les diferents tipologies d'estructura per mòduls fotovoltaics en instal·lacions sobre coberta.

El sistema de suport fixació dels mòduls fotovoltaics té la funció de mantenir les plaques en una posició correcta, fixar el conjunt a una estructura sòlida (marge, paret, teulada, etc.) i de garantir la integritat de les plaques malgrat l'acció del vent, els canvis de temperatura, el glaç, les pedregades i, fins un cert punt, el vandalisme o el robatori.

En general els sistemes estructurals per panells fotovoltaics haurien de complir els següents compromisos:

- Resistència a vents de 100 a 150 km/h
- Resistència a la corrosió (ferro galvanitzat en calent, alumini anoditzat, fusta tractada a l'autoclau, materials plàstics..., així com cargoleria d'acer inoxidable).

- En cas de ser metàl·lic ha de tenir una connexió a terra, junt amb el marc de les plaques fotovoltaïques.

Normalment, es consideren dues alternatives per la instal·lació dels mòduls solars en edificis: integració arquitectònica i superposició arquitectònica.

Es considera integració arquitectònica quan els mòduls compleixen les funcions energètiques i arquitectòniques alhora, i a més substitueixen elements constructius convencionals. Aquesta opció s'ha de tenir en compte en la fase de disseny del projecte a fi de dissenyar la coberta amb el grau d'inclinació òptim.

Respecte els sistemes de fixació i muntatge en integració arquitectònica, són ben coneguts els problemes que existeixen a l'hora d'equipar amb panells solars qualsevol edificació. La col·locació de panells solars té el desavantatge, a més del seu cost, que si es porta a terme sobre una coberta, l'ancoratge dels suports pot ocasionar la pèrdua d'estanqueïtat en alguns punts.

Es considera superposició arquitectònica quan la col·locació dels mòduls es realitza paral·lela a l'envolvent de l'edifici, en aquest cas a la coberta de l'edifici.

En la majoria dels casos s'utilitza una estructura universal que busca la millor orientació i inclinació del panell fotovoltaic sobre un teulat pla o amb bona predisposició a que li toqui la llum del sol.

El sistema està compost per uns perfils modulars d'alta flexibilitat d'ajustament, un element de subjecció dels mòduls fotovoltaics, una esquadra de subjecció per a la teulada i diferents elements d'unió.

Aquests sistemes posseeixen una gran capacitat d'adaptació a qualsevol tipus de mòdul i garanteixen un muntatge ràpid i senzill.



Figura 15. Estructura de fixació sobre coberta

A.2.5.3 PROTECCIONS I CONNEXIONAT PER LA PART DE CORRENT CONTÍNUA.

La instal·lació incorporarà tots els elements necessaris per garantir en tot moment la qualitat del subministrament elèctric, de manera que compleixin les directives comunitàries de Seguretat Elèctrica en Baixa Tensió i Compatibilitat Electromagnètica, IEC 60364-7-712 i UNE-EN 20640-7-712.

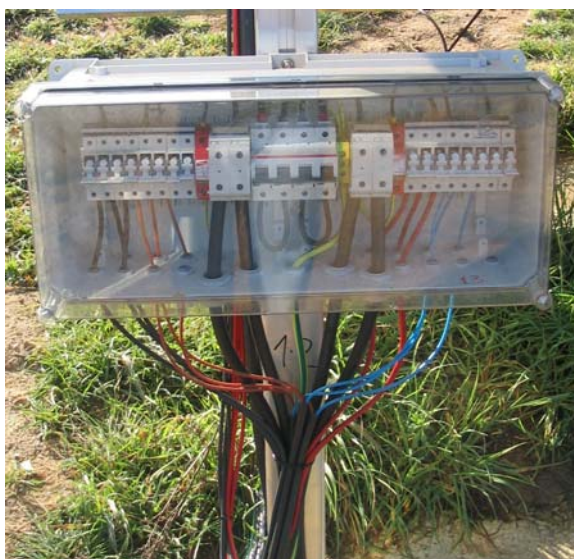


Figura 16. Caixa de proteccions d'un sistema fotovoltaic

Amb l'avenç del sector fotovoltaic, existeixen ja tots els elements necessaris de seguretat i proteccions pròpies de les persones i curtcircuits, sobrecàrregues així com altres elements i proteccions que resultin de l'aplicació de la legislació vigent segons el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió.

La instal·lació ha de permetre la desconexió i seccionament de l'inversor, tant en la part de corrent contínua com en la part de corrent alterna, per facilitar les tasques de manteniment.

El cablejat és recomanable que sigui resistent a la llum solar, ja que el cable de tipus RV-K flexible amb aïllament de 1.000V (el més utilitzat en la majoria d'instal·lacions) es deteriora amb la llum solar. Per tant, una solució seria utilitzar uns cables recomanats per les instal·lacions fotovoltaïques i que tenen una doble capa de protecció per tal que la radiació solar no els deteriori.

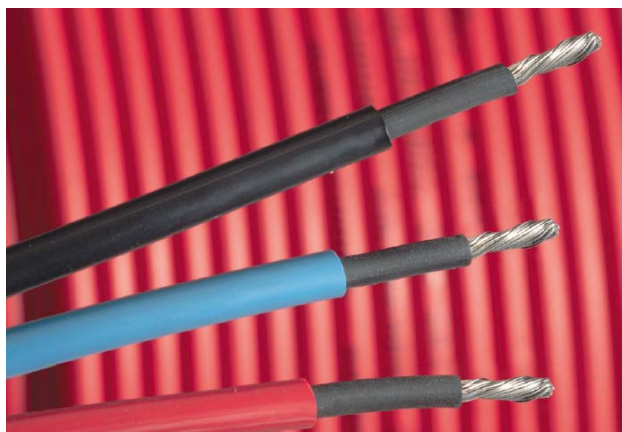


Figura 17. Cablejat de doble aïllament utilitzat en aplicacions fotovoltaïques

A.2.5.4 INVERSOR

Els inversors són aquells elements que converteixen l'energia generada pel panell fotovoltaic (en forma de corrent continua) en corrent alterna per tal que aquesta pugui ser transferida a la xarxa amb les condicions sol·licitades per la companyia elèctrica distribuïdora.

La tensió generada per l'inversor és sinusoidal i s'obté per mitjà de la tècnica de modulació per ample d'impulsos. En la majoria dels casos, un microcontrolador determina

el tipus d'ona que es genera a partir d'una taula de valors disponibles en la memòria auxiliar del sistema. D'aquesta manera es fan treballar els transistors tipus MOSFET o IGBT de potència a una freqüència de commutació de 20 kHz, amb el que s'aconsegueix una forma d'ona sinusoidal de molt baixa distorsió, menor del 1% i un contingut baix d'harmònics.

Com que la sortida dels inversors està connectada la xarxa elèctrica, el sincronisme amb aquesta és un aspecte fonamental en el funcionament de l'inversor. El control principal ho tracta de forma prioritària, realitzant sempre un seguiment molt sensible a qualsevol canvi a la xarxa.

Això permet introduir les correccions necessàries cada 10 milisegons en la majoria d'equips. El control de la xarxa es realitza per mitjà d'un circuit analògic, el qual permet ajustos del sistema, mesures de tensió, corrent i factor de potència.

És necessari que els inversors estiguin connectats a la xarxa perquè s'engeguin. Per aconseguir el millor rendiment de la instal·lació, el sistema de control dels inversors treballa detectant contínuament el punt de màxima potència (MPP) de la característica tensió – intensitat dels panells fotovoltaics.



Figura 18. Inversor fotovoltaic

La situació d'aquest punt de màxima potència és variable, depenent de diversos factors ambientals, com la variacions en la radiació solar rebuda, variacions de temperatura dels

mòduls, etc. La sensibilitat del circuit detector del punt de màxima potència sol ser de 30W i el temps de cerca del nou punt MPP oscil·la entre 2 i 10 segons en la majoria de models.

A partir dels paràmetres de la xarxa elèctrica, de la situació del sincronisme i el seguiment del punt de màxima potència, el sistema de control principal de l'inversor comunica al generador de forma d'ona sinusoïdal (S.P.W.M.) les accions a realitzar en cada moment.

Durant els períodes nocturns l'inversor roman parat vigilant els valors de tensió del bus de corrent contínua del generador fotovoltaic. Al sortir el sol, la tensió del mòdul fotovoltaic augmenta, la qual cosa posa en funcionament l'inversor i aquest comença a injectar corrent a la xarxa si la potència disponible en els panells supera un valor mínim.

Així doncs, als inversors utilitzats en les instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica se'ls exigeix una baixa producció d'harmònics, la seva adaptació a qualsevol tipus de xarxa i una generació amb alt factor de potència.

A.2.5.5 EQUIP DE CONTATGE I PROTECCIONS PER LA PART CORRENT ALTERNA

En les instal·lacions d'energia solar connectades a la xarxa elèctrica és necessari un comptador per tal de comptabilitzar l'energia produïda i enviada a la xarxa perquè pugui ser facturada a la companyia als preus estipulats.

El comptador ha de permetre llegir en els 4 quadrants l'energia reactiva, és a dir, que permeti distingir si l'energia reactiva és capacitiva o inductiva i si aquesta és transferida de la xarxa o absorbida.

Fins fa poc, en diferents instal·lacions es requerien dos comptadors amb finalitats diferents. Un comptador principal per comptabilitzar l'energia produïda i per l'altra banda, un comptador secundari per la mesura dels petits consums de la instal·lació fotovoltaica. En les últimes inspeccions a instal·lacions de règim especial, s'ha començat a exigir l'existència d'un únic comptador, de compra i venda alhora (tipus bidireccional).

Les característiques bàsiques dels comptadors usats en instal·lacions de règim especial es troben detallats al RD 1110/2007 del 24 de Agost, on s'aprova el reglament unificat dels punts de mesura del sistema elèctric. En aquest Real Decret s'estableixen les característiques mínimes dels equips de comptatge utilitzats en les instal·lacions d'energia solar fotovoltaica connectades a xarxa, entre les quals destaquen les següents, entre d'altres:

- Classe de mesura 1 i 2 per l'energia reactiva.
- Bidireccional en l'activa.
- Reactiva en els quatre quadrants.
- Port òptic frontal i port de comunicacions per la lectura.
- Display, funció de registrador, tarificador i màximetre incorporades.



Figura 19. Contador bidireccional de quatre quadrants per instal·lacions de producció en règim especial.

A.2.6 AVANTATGES I INCONVENIENTS DE LES INSTAL·LACIONS SOLARS FOTOVOLTAIQUES

Les instal·lacions de generació d'energia elèctrica fotovoltaica presenten els següents avantatges:

- Són sistemes modulars, la qual cosa facilita la seva flexibilitat per adaptar-se a diferents tipus d'aplicacions. En conseqüència, la seva instal·lació és relativament senzilla.
- Tenen una llarga duració. La vida útil d'una planta fotovoltaica, ve definida per la vida útil dels seus components, principalment el mòdul fotovoltaic, el qual representa el 50% del cost de la instal·lació. Els mòduls tenen una vida esperada de més de 35 anys.
- El manteniment de les instal·lacions amb connexió a xarxa és relativament senzill i ràpid. Tot i així, és convenient realitzar-lo en hores nocturnes per tenir una disponibilitat diürna de producció energètica màxima, sinó que es redueix el risc al disminuir la intensitat elèctrica en la instal·lació.
- Les instal·lacions fotovoltaïques són d'una alta fiabilitat i disponibilitat operativa alta, de l'ordre del 95%.
- No produeixen cap tipus de contaminació ambiental, per la qual cosa contribueixen a la reducció d'emissions de diòxid de carboni, CO₂.
- Tenen un funcionament silencios.
- Realment no es tenen dades per saber la exactitud de la vida real d'un generador connectat a xarxa perquè no es pot tenir suficient perspectiva, tot i així existeixen mòduls d'instal·lacions aïllades de xarxa que porten funcionant més de 30 anys.

En referència a l'esment realitzat en la vida de les plaques fotovoltaïques, la instal·lació fotovoltaïca europea més antiga és la del Laboratori d'Energia i Economia (LEEE) de Lugano, Suïssa, el qual fa 20 anys que va començar a funcionar. Els experts del LEEE asseguren que aquesta instal·lació pot estar en funcionament almenys, 10 anys més.

La vida útil de la resta d'elements que componen la planta fotovoltaïca (inversors, comptadors, així com els elements auxiliars, cablejat, canalitzacions, caixes de connexió, etc.), és la tot equip electrònic i material elèctric convencional, compatible doncs, amb la llarga vida útil del mòdul Fotovoltaic, sempre i quan se segueixin les adequades tasques de manteniment.

Per altra banda, per tal d'aconseguir la seva plena incorporació als hàbits de la societat actual com una solució complementària als sistemes tradicionals de subministrament elèctric és necessari superar certes barreres i inconvenients:

- Preu elevat. A nivell econòmic s'haurà de fomentar la reducció dels costos de fabricació i preu final de la instal·lació a partir de les innovacions que s'introdueixin en el sector i a les economies d'escala generades com conseqüència de l'augment de la demanda i dels volums de producció. De la mateixa manera, s'haurà d'aconseguir condicions de finançament acceptables per abordar la inversió necessària.
- Des del punt de vista estètic, s'hauran d'integrar els elements fotovoltaïcs en els edificis des de la seva fase de disseny i també en els entorns tant urbans com rural.

A.3 INICIS DE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

El punt de partida de l'energia solar fotovoltaica es considera l'any 1839 quan el físic francès Edmund Bequerel va descobrir l'efecte fotovoltaic quan experimentava amb dos elèctrodes metàl·lics en una solució conductora i va fixar-se en un augment de la generació tensió amb la llum. Més tard, Willoughby Smith va descobrir el 1873 l'efecte fotovoltaic en sòlids (seleni). El 1877 W.G.Adams y R.E.Day varen produir la primera cèl·lula fotovoltaica de Seleni.

27 anys més tard, Albert Einstein va publicar el seu article sobre l'efecte fotovoltaic, al mateix temps que un article sobre la teoria de la relativitat.

El 1954 els investigadors D.M.Chaplin, C.S. Fuller y G.L.Pearson dels Laboratoris Bell a Murray Hill, New Jersey, van produir la primera cèl·lula de silici; en resultats de l'èxit van publicar l'article "A New Silicon p-n junction Photocell for converting Solar Radiation into Electrical Power", i varen fer la presentació oficial a Washington (26 abril). En conseqüència, el 1955 se'ls hi assignà la tasca de produir elements solars fotovoltaics per aplicacions espacials.

Els rendiments ençà eren del 3% i van anar augmentant fins al 10% el 1959.

El gran avenç fins a la situació actual en producció de cèl·lules solars fotovoltaiques es produeix el 1963 quan Sharp aconsegueix una forma pràctica de produir mòduls de silici. En el mateix moment, s'instal·la a Japó un sistema de 242W aïllat en un far, el major d'aquells temps.

D'ençà, d'aquells temps, l'evolució de la producció de panells solars fotovoltaics a nivell mundial és exponencial. Els punts més destacats d'aquesta evolució són:

- 1977 : Producció de 500 kW.

- 1980: Producció de 1 MW (es funda ARCO Solar, després Siemens, després Shell Solar).
- 1983: Producció de 20 MW.
- 1998: S'arriba a un total de 1000 MWp de sistemes fotovoltaics instal·lats.
- 2002: Es produeixen més de 500 MWp de generadors fotovoltaics en un any

En conseqüència, en augmentar la producció i la demanda, aquest fet ha fet possible reduir-ne els costos inicials i per tant, reduir-ne el preu de venda (figura 20).

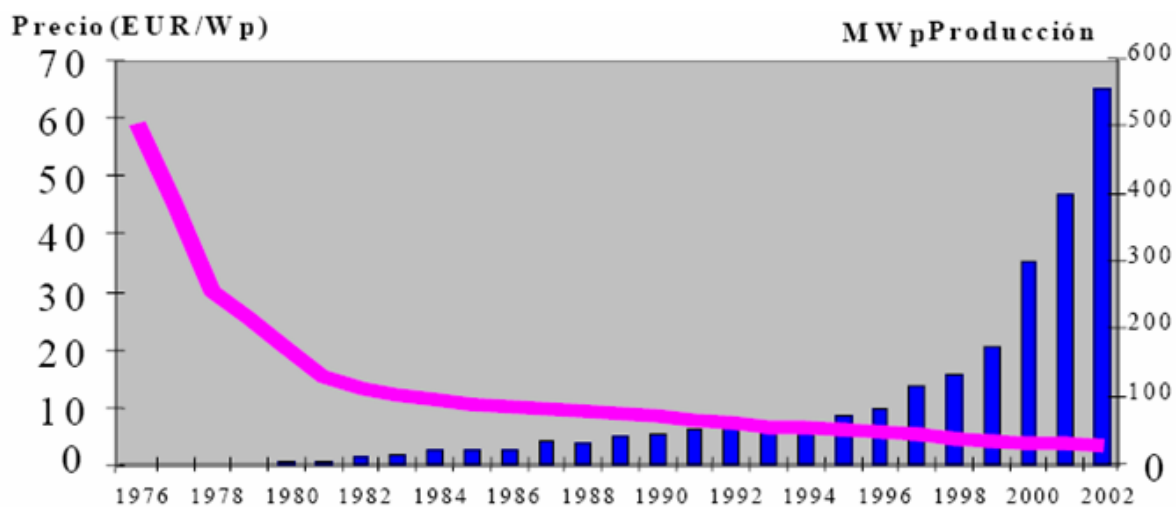


Figura 20. Evolució del preu del mòdul fotovoltaic (€/wp)

A.4 ESTAT ACTUAL DE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

La modularitat i la gran varietat de formes en les que es poden fabricar els generadors fotovoltaics permet alimentar elèctricament tan satèl·lits i artefactes especials com productes de consum (rellotges, calculadores, etc.), equips industrials (telecomunicacions, protecció catòdica), de senyalització (fars, boies, balises, etc.), elements d'electrificació rural (vivendes, bombeig, etc.) o bé alimentar la pròpia xarxa elèctrica per distribució i ús on es necessiti.

Segons les dades publicades per la revista Photon Magazine International, lluny queden les dades de 500 MW produïts el 2002. Segons aquesta revista, la producció de cèl·lules fotovoltaïques va ser de 2.535,6 MW l'any 2006.

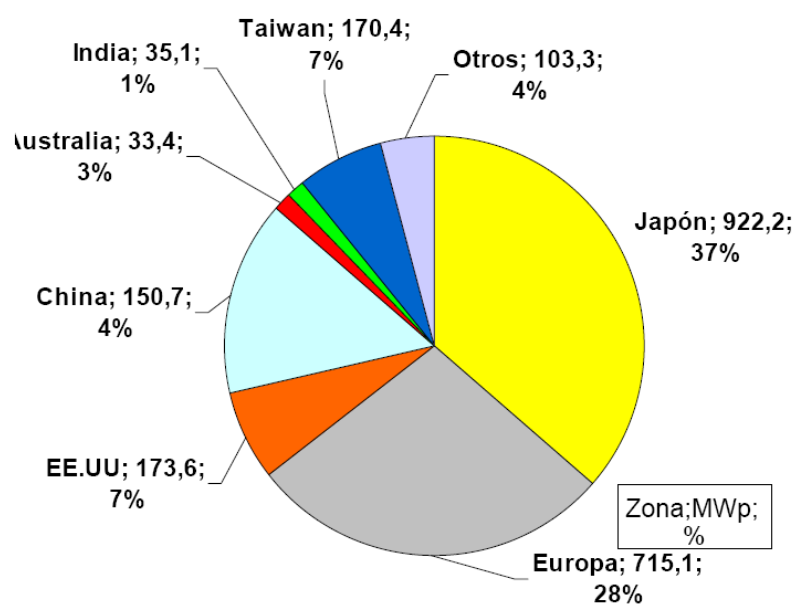


Figura 21. Principals països productors de plaques fotovoltaïques.

D'aquests 2.535,6 MW el 28% va ser fabricat a Europa i el percentatge en construcció de les diferents tecnologies fotovoltaïques varen ser la següents:

- Silici cristal·lí: 89,9%
- Silici amorf: 4,7 %
- Tel·lur de cadmi: 2,7 %
- Coure Seleni: 0,2 %
- Altres tecnologies: 2,6

Actualment, a nivell mundial el creixement anual és del 60%, aquesta és una de les raons per les quals s'està observant una escassetat de mòduls respecte la demanda. La raó d'aquestes tensions oferta - demanda s'ha de buscar en la insuficient capacitat del procés de purificació del silici (llarg i costós).

El silici és, darrera l'oxigen, l'element més abundant i distribuït al nostre planeta, però no s'encontra aïllat ni pur, sinó combinat amb oxigen; com per exemple en la quarcita (amb un 90% d'òxid de Silici (SiO_2)). Aquest oxigen s'ha d'extreure l'oxigen conjuntament amb les impureses per obtenir en una primera etapa, el silici de grau metal·lúrgic amb puresa de l'ordre del 99%.

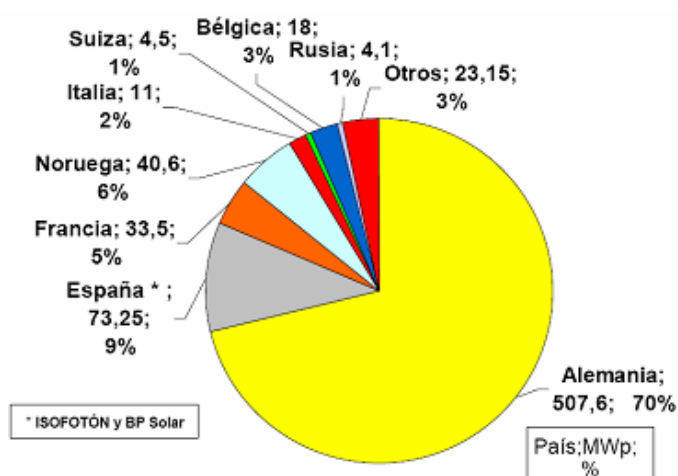


Figura 22. Producció de plaques fotovoltaïques a Europa.

L'any 2006, la producció a Espanya va ser de 73,25 MW, al voltant d'un 3% de la producció mundial (Figura 22. Producció de plaques fotovoltaïques a Europa.).

El mercat anual (instal·lacions realitzades cada any) continua estant dominat per Europa, concretament per Alemanya, la qual lidera el desenvolupament d'aquesta tecnologia tot i no tenir una òptima radiació solar (Figura 23 . Desenvolupament mundial d'instal·lacions d'energia solar fotovoltaïca).

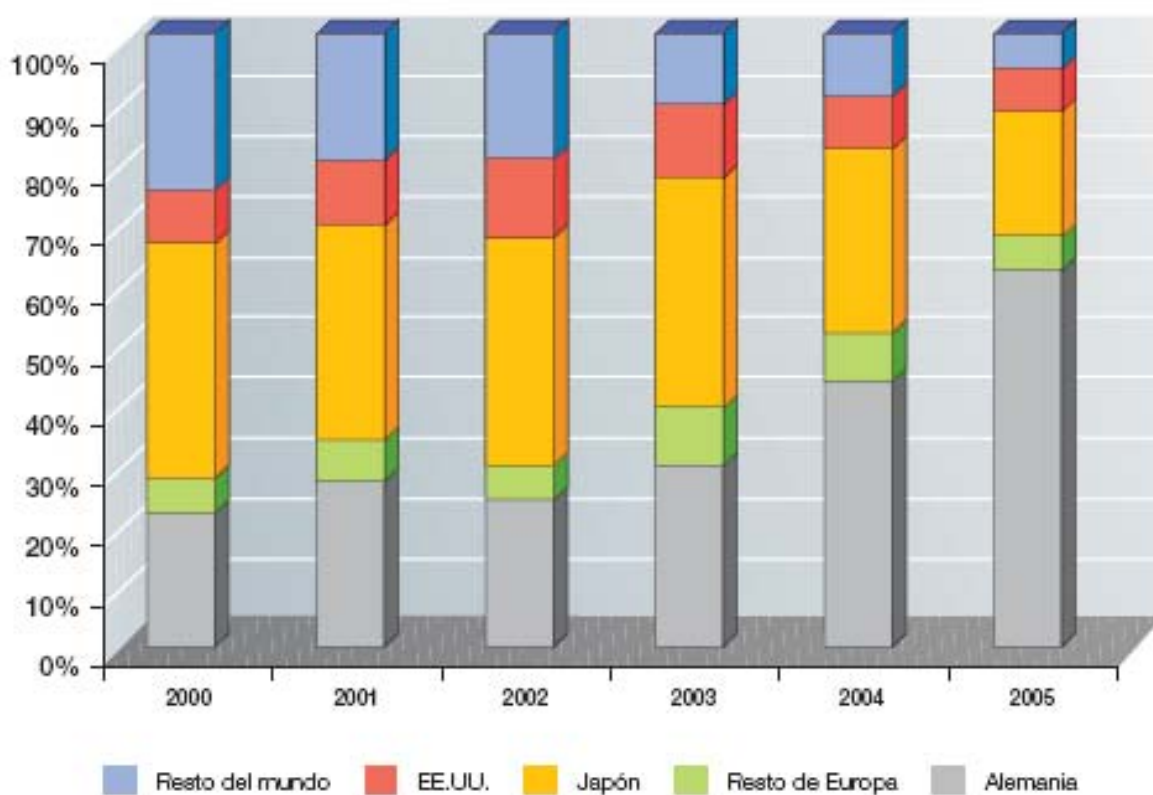


Figura 23 . Desenvolupament mundial d'instal·lacions d'energia solar fotovoltaïca

A.5 PERSPECTIVES DE FUTUR

A mitjà i llarg termini l'energia solar fotovoltaica hauria de jugar un paper significatiu en la cobertura de la demanda elèctrica. El model actual de cobertura no és sostenible, ja que en poc temps implicaria unes emissions de gasos d'efecte hivernacle molt per sobre les de compromeses per diferents països i un augment de la dependència energètica respecte dels combustibles fòssils per la majoria.

En la majoria de països, l'administració hauria de mantenir el recolzament a l'energia solar fotovoltaica a curt termini. Tot i els costos explícits d'aquesta tecnologia són, avui en dia, superior al d'altres alternatives, el ràpid desenvolupament tecnològic permetrà una reducció significativa en els pròxims anys. Si bé, aquest progrés tecnològic tindrà lloc independentment de la política energètica dels països afectats.

En el futur, la tendència a cèl·lules de major mida i menor gruix implica una creixent necessitat d'inversió per adaptar els processos productius, la qual cosa portarà a una consolidació d'aquest sector en el futur.

El sector de fabricació de cèl·lules és un sector altament concentrat, tot i que amb tendències a la desconcentració. El motiu és que l'escala òptima per la fabricació de cèl·lules s'ha mantingut estable al mateix temps que es produïa un creixement significatiu de la demanda.

De fet, entre els diferents prejudicis per l'energia solar fotovoltaica que existeixen avui en dia, la gran majoria són injustificats. Entre ells, destaca el prejudici més persistent: Es necessita més energia per fabricar el generador que la que llavors pot generar el propi generador. De fet, actualment no hi ha raons per justificar aquesta afirmació.

En la figura 24 es pot observar que el temps de recuperació energètic d'un generador fotovoltaic amb la tecnologia més utilitzada el dia d'avui, la del silici cristal·lí, es pot veure com l'evolució positiva del temps de recuperació energètica i com el prejudici que existeix en aquest tema pot tenir origen en la situació que hi hagué en els moments inicials quan es

va descobrir la cèl·lula de silici (en els anys 50 del segle XX), moments en els que efectivament es necessitava més energia per produir les primeres cèl·lules de la que llavors sortirien d'elles.

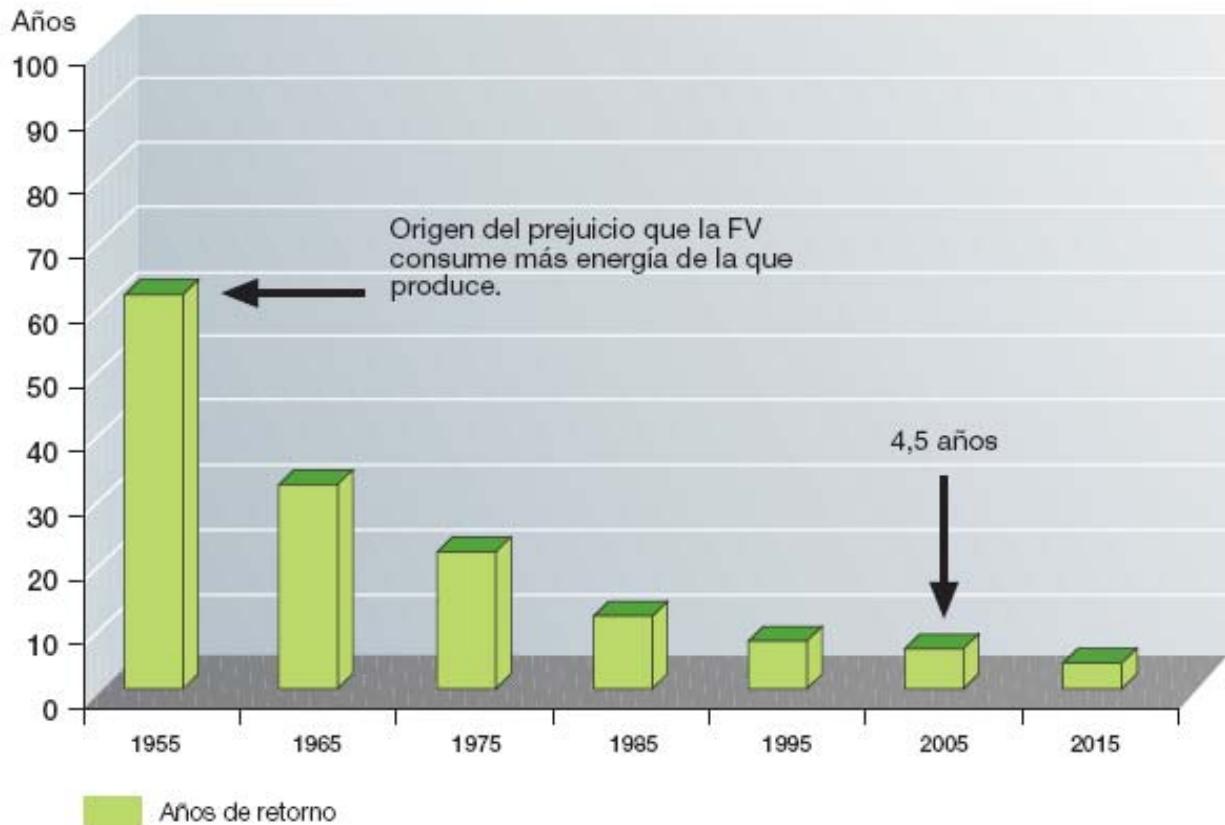


Figura 24. Retorn de l'energia utilitzada per fabricar un panell fotovoltaic

Els resultats d'un dels últims estudis que es mostra en la Figura 25. Informe de Crystal Clear-Proyect. Anys de retorn segons tipologia de mòdul fotovoltaic, a mesura que la tecnologia és més avançada, disminueix el nombre d'anys en els que el generador fotovoltaic retorna l'energia utilitzada en fabricar-lo.

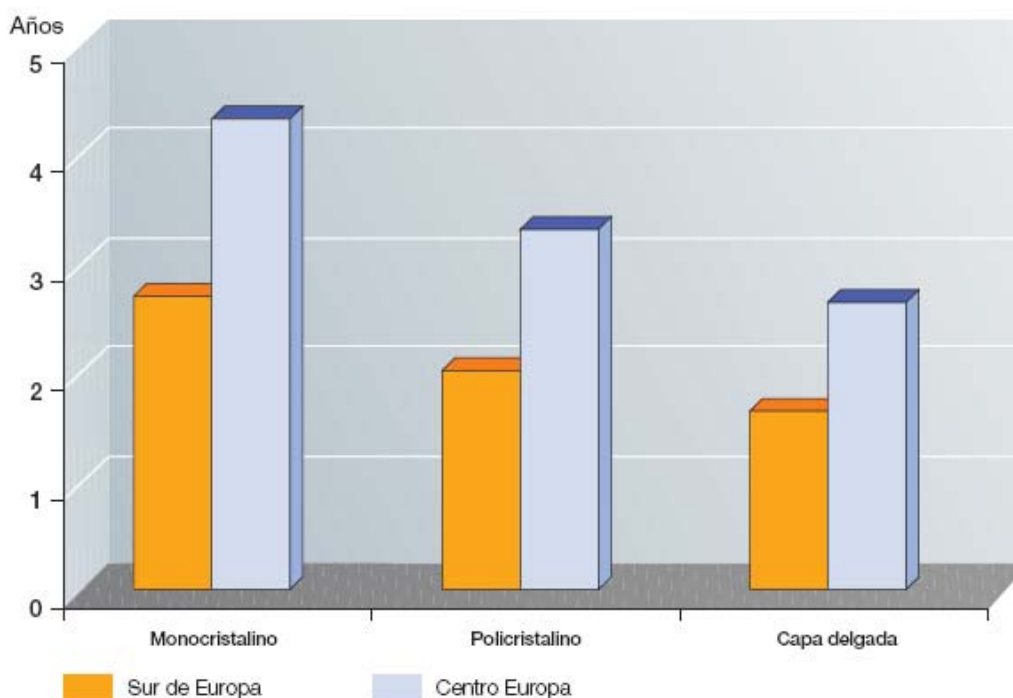


Figura 25. Informe de Crystal Clear-Proyect. Anys de retorn segons tipologia de mòdul fotovoltaic

Per altra banda, en perspectives de futur els costos del kWh generat amb energia solar fotovoltaica aniran disminuint a mesura que el volums vagin creixent per economies d'escala i perquè la I+D+i es potenciï de forma significativa amb el creixements de les aplicacions.

Per altra banda, el recolzament de la societat s'anirà adaptant paulatinament a la reducció dels costos del kWh fotovoltaic, per la qual cosa el resultat de la multiplicació del volum d'electricitat generada amb tecnologia FV i les ajudes al kWh experimentaran en un determinat any, un punt màxim que es calcula i s'observa que és un màxim assumible per el sistema tarifari perquè seran cèntims d'euro en el rebut mensual dels contribuents.

Els resultats de la multiplicació dels kWh generats i les ajudes al kWh anirà, posteriorment a aquest punt màxim, en caiguda i acabaran en zero, és adir, en zero ajudes, moment en què l'energia solar fotovoltaica serà una tecnologia competitiva: quan el cost del kWh s'iguali a la Tarifa Mitjana de Referència.

A.6 L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA A EUROPA

A nivell europeu, l'evolució del conjunt legislatiu de les energies renovables que afecta a l'energia solar fotovoltaica es podria resumir en la següent taula històrica:

| Data | Event |
|-------------------------------------|---|
| Novembre 1997 | Publicació del LLIBRE BLANC marcant la participació de les energies renovables del 12% l'any 2010 (objectiu transposat a Espanya amb la Llei 54/1997 |
| Desembre 1997 | La comunitat europea es compromet a reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle un 8% entre 2008 i 2012 adoptant així el protocol de Kyoto |
| Novembre 2000 | LLIBRE VERD de la Comunitat Europea aportant les directrius per objectius mediambientals econòmics i socials d'elles energies renovables. |
| Directiva 2001/77/CE, setembre 2001 | Objectiu comunitari del 22,1% d'aportació de les necessitats energètiques amb energies renovables i insta als estats membres la creació de mecanismes per garantir l'origen de l'electricitat generada. |
| Maig del 2004 | Comunicació sobre la cuota de les energies renovables a la unió Europea sobre que la majoria dels Estats no podran aconseguir l'objectiu del 22% per l'any 2010. l'Estat Espanyol és un dels quatre estats en vies d'aconseguir els seus objectius nacionals. |
| Cumbre unió Europea | Objectiu del 20% del consum energètic primari del 2020 procedeixi d'energies renovables. |

Taula 2. Evolució de l'actuació de la Unió Europea en matèria d'energia solar fotovoltaica

A.7 L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA A L'ESTAT ESPANYOL

L'energia solar fotovoltaica és una categoria de producció energètica en règim especial. Segons la legislació espanyola, s'entén per règim especial tota aquella producció d'energia elèctrica la font de la qual no procedeixi d'una instal·lació superior a 50 MW que utilitzi fonts d'energia renovables com l'energia eòlica, solar fotovoltaica, hidràulica biomassa i altres com el tractament de residus i cogeneració.

En aquest punt es detalla l'evolució de l'energia solar fotovoltaica en el règim especial a nivell espanyol, l'evolució legal i el corresponent desenvolupament exponencial que ha experimentat.

A.7.1 EL RÈGIM ESPECIAL. EVOLUCIÓ I SITUACIÓ ACTUAL.

El règim especial és regulat a Espanya des de 1980, any en què es va promoure la Llei 82/1980 de Conservació de l'Energia. Aquesta llei va ser motivada per la necessitat de fer front a la segona crisi del petroli, i en ella, s'establien els objectius de millorar l'eficiència de la indústria de producció energètica i de reduir la dependència de les importacions de fonts energètiques.

Des de l'aparició de les primeres instal·lacions a principis dels anys 90, el règim especial ha proporcionat el 19 % de la demanda bruta espanyola l'any 2006, quan l'objectiu comunitari respecte Espanya és aconseguir una participació de les energies renovables del 29,4% en el consum d'electricitat a l'any 2010.

En els últims anys s'ha experimentat un fort creixement en l'energia venuda d'origen eòlic mentre que s'observa un estancament en el creixement de l'energia aportada per les plantes de cogeneració, sobretot degut a l'increment dels preus dels derivats del petroli i el gas.

Per altra banda, les instal·lacions fotovoltaïques vénen experimentant un creixement exponencial, fonamentalment degut a una retribució més favorable.

A nivell de potència instal·lada, es donen a conèixer les següents dades:

Potència instal·lada eòlica a Espanya: 11.822 MW a finals del 2006

Potència instal·lada fotovoltaica a Espanya: 141 MW a finals del 2006

Potència instal·lada fotovoltaica a Espanya: 606 MW a finals del 2006

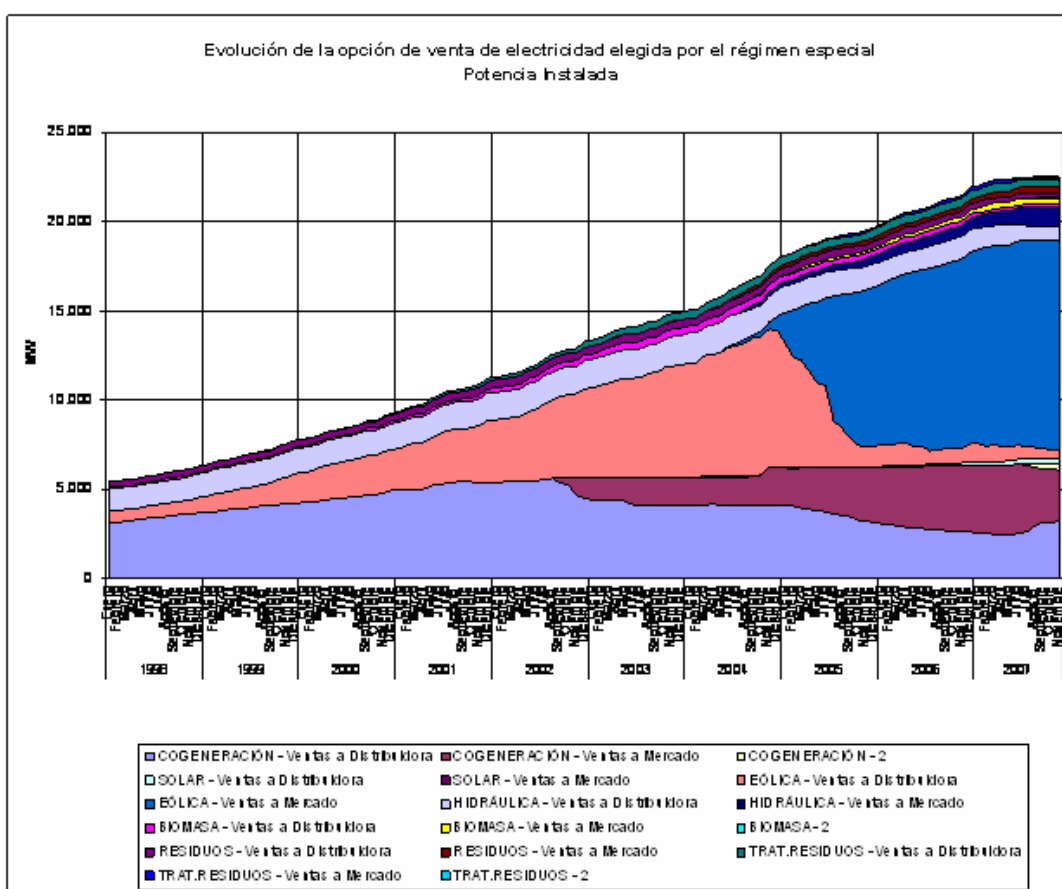


Figura 26. Evolució de l'opció de venda d'electricitat del Règim Especial

El passat any 2006 les energies renovables van cobrir un 6,8% del consum d'energia primària incloent-hi la gran hidràulica, davant l'objectiu del 12% para 2010, establert en la Disposició Transitòria 15ª de la Llei 54/97, també recollida en el Pla de Energies Renovables

(Figura 27. Participació de les energies renovables dins el context energètic total.).



Figura 27. Participació de les energies renovables dins el context energètic total.

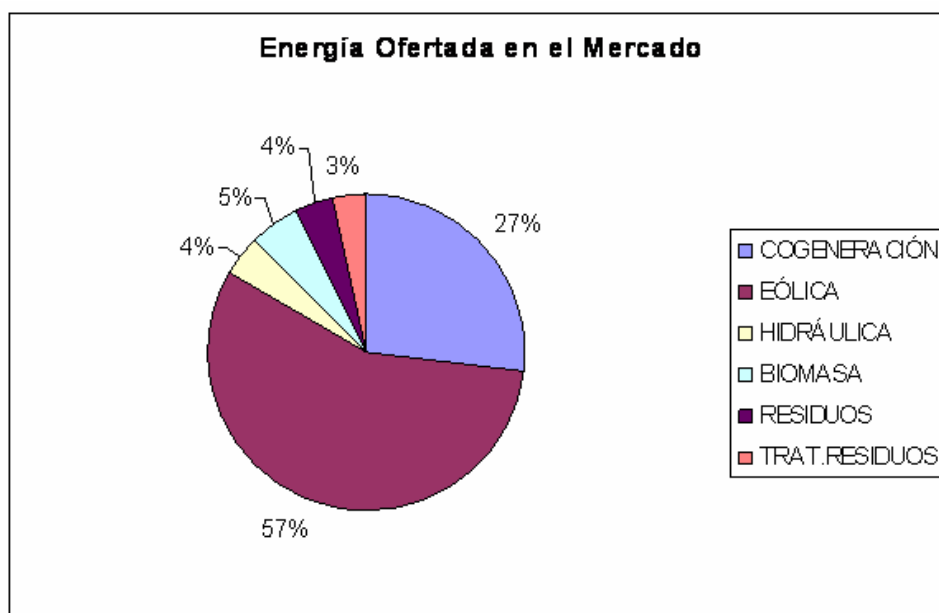


Figura 28. Participació de les diferents tipologies de Règim Especial en el total de participació.

Actualment, i tal com es pot observar a la Figura 28. Participació de les diferents tipologies de Règim Especial en el total de participació., l'energia eòlica i la cogeneració sumen el 84% d'energia aportada en el conjunt de productores en règim especial.

L'aportació de l'energia solar fotovoltaica és inferior al 2%, per tant, si l'entorn legal i econòmic continua impulsant l'energia solar fotovoltaica, hi ha esperances raonables que aquest percentatge augmenti exponencialment.

Així doncs, les ventes d'electricitat en règim especial en el mercat han representat el 22,4% de les ventes en el mercat de Desembre de 2006 i un 22% a l'agost del 2007. El Setembre del 2007, el 95% de l'energia eòlica es trobava al mercat per tal de ser comprada.

A.7.2 PLA D'ENERGIES RENOVABLES DE L'ESTAT ESPANYOL. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

El passat agost del 2005 fou aprovat el *Plan de Energías Renovables 2005-2010*, amb el propòsit de reforçar els objectius prioritaris de la política energètica del Govern central: la garantia de seguretat i qualitat del subministrament elèctric i el respecte al medi ambient. I amb la determinació de donar compliment als compromisos d'Espanya en l'àmbit internacional i als que es deriven de la corresponent part de la Unió Europea.

Aquest pla va suposar la revisió del *Plan de Fomento de las Energías Renovables 2000-2010* d'Espanya, i fou motivat per un creixement d'algunes tecnologies inferior a les previsions inicials. Les diferències principals varen ser: ampliar els objectius de l'energia eòlica a 20.155 MW (8.155 MW en l'antèior pla) i de l'energia solar a 400 MW (150 MW en l'anterior pla).

El pla d'energies renovables detalla en l'apartat de l'energia solar fotovoltaica com a principals punts forts els següents per tal que es desenvolupi i s'ampliï el nombre d'instal·lacions (l'any de redacció del pla va ser el 2005):

- Existència a Espanya de recursos molt favorables pel desenvolupament d'aquesta tecnologia.

- Interès de nous promotors.

- Existència de tecnologia i capacitat de fabricació a nivell nacional, estant la indústria espanyola al millor nivell internacional.
- Aprofitament de la indústria nacional, una de les més favorables perspectives d'evolució tecnològica i econòmica, que permeten preveure millors molt rellevants a curt termini.
- Impacte mediambiental molt reduït, existint un lleu impacte visual en la majoria d'instal·lacions, amb una adequada integració en el paisatge o als edificis.

| Comunitat Autònoma | Situació 2004 (MWp) | Increment 2005-2010 (MWp) | Potència al 2010 (MWp) |
|----------------------|---------------------|---------------------------|------------------------|
| Andalusia | 7,86 | 43,38 | 51,24 |
| Aragó | 0,67 | 16,08 | 16,75 |
| Astúries | 0,34 | 8,93 | 9,27 |
| Balears | 1,33 | 16,41 | 17,74 |
| Canàries | 1,20 | 16,04 | 17,24 |
| Cantàbria | 0,07 | 9,14 | 9,21 |
| Castilla i Lleó | 2,73 | 25,60 | 28,33 |
| Castilla i la Manxa | 1,78 | 11,64 | 13,42 |
| Catalunya | 4,11 | 52,48 | 56,59 |
| Extremadura | 0,54 | 12,85 | 13,39 |
| Galícia | 0,51 | 23,49 | 24,00 |
| Madrid | 2,38 | 29,33 | 31,71 |
| Comunitat Autònoma | Situació 2004 (MWp) | Increment 2005-2010 (MWp) | Potència al 2010 (MWp) |
| Múrcia | 1,03 | 19,03 | 20,06 |
| Navarra | 5,44 | 14,20 | 19,64 |
| La Rioja | 0,15 | 9,08 | 9,23 |
| Comunitat Valenciana | 2,83 | 31,25 | 34,08 |
| País Vasc | 2,40 | 23,70 | 26,10 |
| No Regionalitzable | 0,77 | - | 0,77 |
| Total (MW) | 37 | 363 | 400 |

Taula 3. Objectius del Plan de Energías Renovables 2005-2010 per les diferents CCAA

A.7.3 EVOLUCIÓ HISTÒRICA DE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA FINS AL REAL DECRET 436/2004

Actualment, en data de redacció d'aquest projecte, l'energia solar fotovoltaica en règim especial a l'Estat Espanyol està en un dels moments més propicis des de que va començar a distribuir-se i a instal·lar-se.

Les causes es remunten al passat any 2004 quan es va aprovar el Real Decret 436/2004 on l'Estat Espanyol obligava que les empreses comercialitzadores havien de comprar la totalitat de l'energia produïda per les instal·lacions en règim especial d'energia solar fotovoltaica a un preu regulat del 575% sobre el preu mitjà de referència de la tarifa elèctrica estipulat en 7,2072 c€/kWh.

Això suposava que el kWh produït per instal·lacions solars fotovoltaïques es pagava a 41,44 c€/kWh durant els 25 primers anys i a 33.15 c€/kWh els anys següents. A nivell financer, això suposava un retorn de la inversió en 10 anys i 15 anys de beneficis cobrant el 575% sobre el preu mitjà de referència de l'energia elèctrica.

Abans d'aquest Real Decret 436/2004, els titulars d'una instal·lació fotovoltaica no tenien cap seguretat jurídica que els garantís que rebrien una prima pel kWh fotovoltaic injectat a la xarxa durant els anys necessaris per aconseguir el retorn de la inversió. El mercat necessitava subvencions importants que disminuïssin aquesta inquietud, unes subvencions que limitaven el mercat dels pocs MW a l'any pels que hi havia ajuda.

Els inicis de la legislació del règim especial s'han de buscar en la Llei 82/1980 de Conservació de l'Energia, que a part de potenciar la cogeneració en gran part de les indústries, no va afavorir cap altre tecnologia del Règim Especial.

Més tard, es va aprovar el Real Decret 2366/1994 el qual regulava que les instal·lacions productores d'energia en règim especial podien cedir la seva energia excedentària a l'empresa comercialitzadora més pròxima; la qual tenia la obligació d'adquirir-la sempre i

quan fos tècnicament viable. El preu el fixava el sistema de tarifes elèctriques que es renovava cada principi d'any.

Més tard, va aparèixer la Llei 54/1997 dels Sector Elèctric que diferenciava els productors d'energia elèctrica en règim ordinari dels productors acollits al règim especial i podien escollir entre vendre l'excedent d'energia o vendre'n la totalitat produïda. En el segon cas, el preu de la prima era fixat per el Real Decret 2818/1998 que establia que les primes serien actualitzades anualment en funció d'una sèrie de paràmetres i revisades cada quatre anys.

Donada la nul·la participació de les instal·lacions de règim especial en el mercat sota l'aplicació del Real Decret 2818/1998, el Real Decret Llei 6/2000 de 23 de Juny de Mesures Urgents d'intensificació de la Competència en Mercats de Béns i Serveis, va establir la obligació per les instal·lacions del Real Decret 2366/1994 amb una potència superior a 50 MW de participar en el mercat nacional de producció.

Al mateix temps, es va fixar l'objectiu d'incentivar la participació en el mercat de la resta d'instal·lacions productores en règim especial. També es va establir la possibilitat de que aquestes instal·lacions poguessin realitzar contractes de venda d'energia amb les empreses comercialitzadores.

Dos anys més tard, el Real Decret 1663/2000, de 29 de setembre, sobre connexió d'instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de baixa tensió, va simplificar i estandarditzar les condicions per la connexió de les instal·lacions fotovoltaïques de règim especial a la xarxa pública de distribució d'energia elèctrica. Per la resta d'instal·lacions segueix vigent la Ordre del Ministeri d'Indústria i Energia del 5 de Setembre del 1985.

Així doncs, amb el Real Decret 436/2004 del 12 de Març, per el que s'establia la metodologia per l'actualització i sistematització del règim jurídic i econòmic de l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial, es va establir un nou marc regulatori per el règim especial: El titular de la instal·lació pot optar per vendre la seva producció o excedents d'energia elèctrica al distribuïdor, percebent-ne una retribució en funció de tarifa regulada, única per tots els períodes de programació, que es definia com un percentatge de la tarifa elèctrica mitja o de referència (TMR) de cada any, o bé per vendre aquesta producció o

excedents de la mateixa per mitjà d'un contracte bilateral, rebent en aquest cas un preu negociat en el mercat, més un incentiu per participar en ell i una prima si la instal·lació concreta té dret a percebre-la.

La revisió de tarifes, primes i incentius es faria cada quatre anys a partir del 2006, i només afectaria a les noves instal·lacions. En conseqüència es derogava el Real Decret 841/2005, del 2 d'agost i el Real Decret 2818/1998, de 23 de desembre, establint un període transitori per les instal·lacions acollides al RD 2366/1994 i al RD 2818/1998, els quals tenien l'opció de mantenir-se en l'antic règim econòmic que els hi correspongués.

En aquell moment, doncs, el RD 436/2004 va donar a la majoria dels inversors la seguretat de tenir una rendibilitat raonable, ja que en el cas de canviar la llei aquest mateix Reial Decret establí en el seu article 40 que: *"las posteriores revisiones de las tarifas solo afectaran a las instalaciones que se inscriban con posterioridad a dicha revisión."*

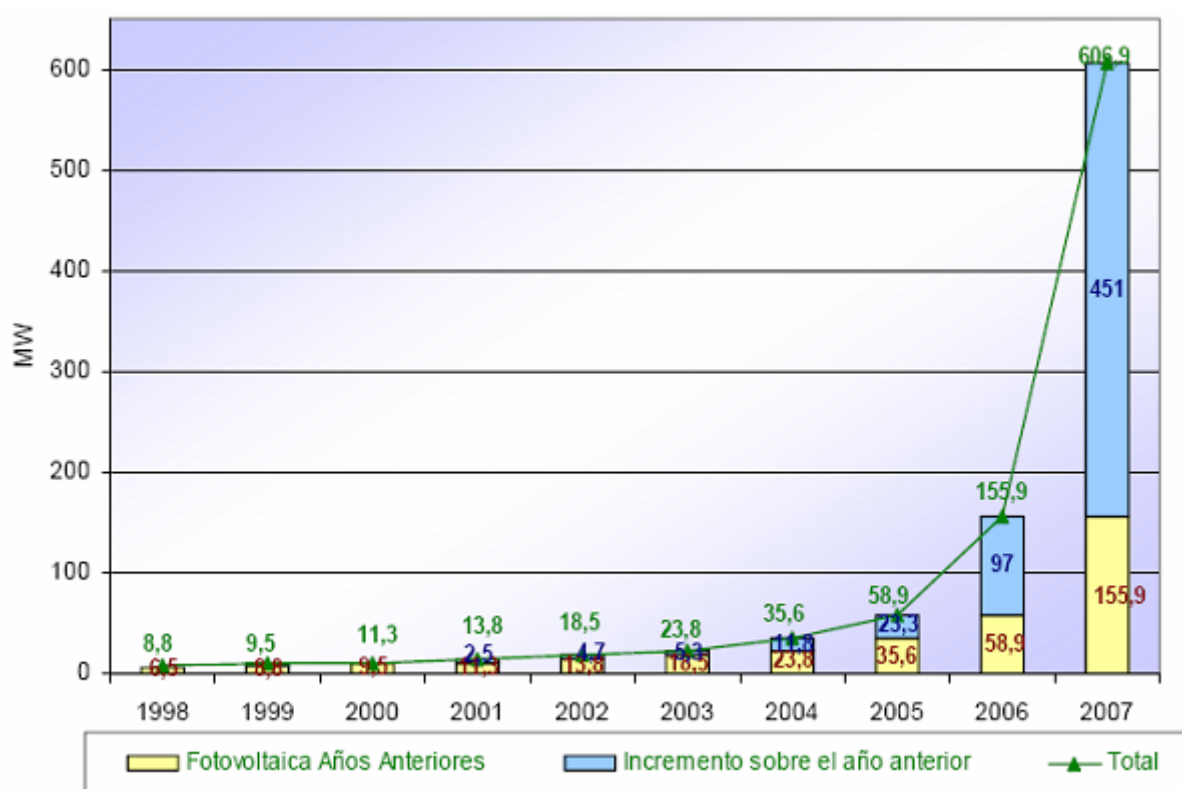


Figura 29. Evolució del nombre d'instal·lacions fotovoltaïques fins el 2006

Aquest fet va propiciar que, juntament amb un interès generalitzat per aquesta tecnologia, per la seva adequació mediambiental, senzillesa i fiabilitat, augmentés el nombre de projectes i mida mitja d'instal·lacions amb només dos o tres anys de diferència (Figura 29. Evolució del nombre d'instal·lacions fotovoltaïques fins el 2006).

Aquest nou context de major dinamisme i major volum va aconseguir que els preus baixessin i que la seva baixada fos compensada la pujada de preu d'alguns dels seus components del sistema, com ha estat el cas dels panells fotovoltaïcs en alguns casos.

La baixada anual dels preus de l'últim any a Espanya s'estima que ha estat del 5% que és el que ve seguint tradicionalment, amb la qual cosa la indústria espanyola en el seu conjunt, fabricants, distribuïdors, instal·ladors, etc. ha pogut mantenir el seu compromís tàcit de baixar anualment els preus justa correspondència a l'ajuda que rep de la societat.

Aquesta baixada de preus amb respecte als anys anteriors, juntament amb la seguretat que donava a l'inversor el RD 436/2004 permetia no necessitar subvencions per la majoria de les instal·lacions connectades, la qual cosa suposa evitar, el procés de demanar-les, el qual és molt costós per les seves tramitacions sempre lentes i complexes, la incertesa en la seva adjudicació, el condicionament del calendari de muntatges, etc.

El fet de no necessitar subvencions per les instal·lacions connectades a xarxa de forma estàndard que ha possibilitat el RD 436/2004, és una de les principals causes de la reducció mitja dels preus observada. Amb el RD 436/2004 es classificava les diferents tipologies d'instal·lacions productores d'energia en Règim Especial amb energia solar fotovoltaïca de la següent manera:

| Grup | Descripció | Retribució |
|------------|--|--|
| Grup b 1.1 | Instal·lacions solars fotovoltaïques amb potència nominal* < 100 kW | 575% sobre TMR els 25 primers anys. 460 % la resta dels anys. |
| | Resta d'instal·lacions solars fotovoltaïques de potència nominal >100 kW | 300% sobre TMR els 25 primers anys. 240% la resta dels anys. |

Taula 4. Classificació dels sectors fotovoltaïcs segons el RD 436/2004

* Entenent com a potència nominal la suma total del nombre d'onduladors connectats a la xarxa elèctrica (RD 1663/2000).)

En referència a la taula anterior, la TMR (*tarifa mitjana de referència*) a l'any 2004 era de 7.2072 c€/kWh.

La separació de la retribució entre instal·lacions majors i menors de 100 kW intentava evitar l'aparició de grans instal·lacions fotovoltaïques afavorint d'aquesta manera la generació distribuïda. Tot i així, aquesta separació només era a efectes legals, de manera que si diferents instal·lacions que no superessin 100 kW podien estar agrupades sota el mateix punt de connexió (R.D. 1663/2000), es podia constituir un parc fotovoltaic igualment amb moltes instal·lacions de potència inferior o igual a 100 kW i continuar cobrant la mateixa prima.

Les instal·lacions realitzades a l'any 2004 s'estimen en una mica més de 10Mw. El futur d'aquest volum se superarà molt si tenim el conte el nombre de projectes que estan iniciant i els nombrosos punts de connexió a la xarxa de distribució que s'estan demanant.

A.7.4 APARICIÓ DEL NOU CODI TÈCNIC DE L'EDIFICACIÓ. CONTRIBUTIÓ MÍNIMA D'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Posteriorment a l'aparició del Real Decret 436/2004, l'any 2006 va entrar en aplicació el Real Decret 314/2006 del nou Codi Tècnic de l'Edificació. L'objectiu del nou Codi Tècnic de l'Edificació és millorar la qualitat de l'edificació i de promoure la innovació i la sostenibilitat.

Bàsicament es tracta d'un instrument normatiu que fixa les exigències bàsiques de la qualitat dels edificis i les seves instal·lacions.

Dins dels diferents capítols, el Codi Tècnic de l'Edificació disposa l'últim capítol (HE 5) disposat a la contribució mínima d'energia solar fotovoltaica en els edificis. Segons el Codi Tècnic de la edificació, els edificis dels usos indicats a la Taula 5. Límits mínims segons el

CTE per la contribució d'energia solar fotovoltaica en edificis incorporaran sistemes de captació i transformació d'energia solar fotovoltaica per procediments fotovoltaics quan se superin els límits d'aplicació establerts en la taula abans esmentada.

| Tipus d'ús | Límit d'aplicació |
|------------------------------|----------------------------------|
| Hipermercat | 5.000 m ² construïts |
| Multibotiga i centres d'oci | 3.000 m ² construïts |
| Naus magatzem | 10.000 m ² construïts |
| Edificis administratius | 4.000 m ² construïts |
| Hotels i hostals | 100 places |
| Hospitals i clíniques | 100 llits |
| Pavellons de recintes firals | 10.000 m ² construïts |

Taula 5. Límits mínims segons el CTE per la contribució d'energia solar fotovoltaica en edificis

Tot i així, l'entrada en vigor del nou Codi Tècnic de l'Edificació, no va suposar un gran impuls en la indústria de l'energia solar fotovoltaica a l'estat Espanyol, ja que en el següent punt del mateix codi tècnic es justifica com poder disminuir o fins i tot anul·lar l'aportació de l'energia solar fotovoltaica complint els següents casos:

- a) Si es cobreix la producció elèctrica estimada que correspondria a la potència mínima per mitjà de l'aprofitament d'altres fonts d'energia renovables.
- b) Quan l'emplaçament no conti amb suficient sol per barreres externes al mateix i no es puguin aplicar solucions alternatives.
- c) En rehabilitació d'edificis, quan existeixin limitacions no subsanals derivades de la configuració prèvia de l'edifici existent o de la normativa urbanística aplicable.
- d) En edificis de nova planta, quan existeixin limitacions no subsanables derivades de la normativa urbanística aplicable que impossibilitin de forma evident la disposició de la superfície de captació necessària.

- e) Quan així ho determini l'organisme competent que hagi de dictaminar en matèria de protecció historicoartística.

A més, tal com diu el mateix codi tècnic, tots aquells edificis els quals siguin d'aplicació els apartats b) i c) es justificarà en el projecte la inclusió de mesures o elements alternatius que produeixin un estalvi energètic equivalent a la producció que s'obtidria amb la instal·lació d'energia solar fotovoltaica per mitjà de millores en instal·lacions consumidores d'energia elèctrica tals com la il·luminació, regulació de motors o equips més eficients.

Per altra banda, l'aplicació del nou codi tècnic tampoc busca en aprofitar el màxim de teulada disponible en aquells edificis que no puguin complir els apartats abans anomenats. El mateix bloc normatiu proposa la fórmula següent per realitzar el càlcul de la potència a instal·lar:

$$P = C \cdot (A \cdot S + B) \quad (\text{Eq. 1})$$

On:

- P: Potència a instal·lar (kWp)
- C: Coeficient de la taula 2.2 de la secció HE5 del C.T.E segons la zona climàtica de la instal·lació.
- A i B: Coeficients d'ús definits en la taula 2.1 de la secció HE5 del C.T.E.
- S: Superfície construïda de l'edifici en m²

Per exemple, aplicant els criteris de disseny dels punts 2 i 3 del mateix document (HE 5) en un exemple d'un hipermercat de 5.000 m² construïts l'aportació mínima d'energia solar fotovoltaica seria:

$$P=1,2 \cdot (0,001875 \cdot 5000 + (-3,13)) = 7,94 \text{ kWp.}$$

Si com a regla general, en una teulada favorable caben uns 100 kWp per 1500 m², en la instal·lació proposada i haurien fins a 333 kWp, o sigui que el Codi Tècnic estaria obligant a instal·lar el 2,3% dels kWp possibles.

A.7.5 EL REAL DECRET 661/2007

En ple auge de les instal·lacions solars fotovoltaïques i eòliques (sobretot gràcies a la prima que rebien respecte el preu mitjà de referència del kWh contractat a l'estat espanyol) va ser necessari una reforma de les condicions legals i econòmiques a que estaven sotmeses, degut a que la quantitat destinada a les primes estava augmentant molt més de les estimacions inicials en previsió del gran augment de les tarifes elèctriques a partir del 2007.

En conseqüència, el 11 de maig del 2007 es va aprovar el Real Decret Llei 661/2007 pel qual es regulava l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial, substituint el RD 436/2004 i establint un règim econòmic transitori per les instal·lacions pertanyents al seu àmbit d'aplicació. A més, el RD 661/2007 determinava una prima per les instal·lacions superiors a 50 MW que utilitzin energies renovables (amb excepció de la hidràulica), les cogeneracions i les instal·lacions de combustió de biomassa i biogàs.

Els canvis més significatius d'aquest Real Decret respecte a la regulació anterior en matèria de l'energia solar fotovoltaica varen ser:

- La retribució del règim especial ja no va lligada a la *Tarifa Media de Referencia*. L'actualització de les tarifes, primes i complements anirà lligada a l'evolució de diversos factors (com l'IPC o el preu del gas natural).
- S'estableix una prima de referència i uns límits superior i inferior per la generació procedent de renovables que participa en el mercat.

- S'estableix un aval que hauran de satisfer les instal·lacions de règim especial al sol·licitar l'accés a la xarxa de distribució. L'aval ja era necessari en el cas de productors que es vulguin connectar a la xarxa de transport.
- Obligació del règim especial de potència instal·lada superior a 10MW a estar connectada a un punt de control.
- Obligació del Règim Especial a tarifa a presentar ofertes en el mercat de producció a preu zero per mitjà d'un representant.
- Dret del Règim Especial a tarifa a que la distribuïdora sigui la seva representant per la participació en el mercat fins el 31/12/2008. Els distribuïdors començaran a cobrar 0.5 c€/kWh a partir del 01/07/2008.
- El 2008 començarà l'elaboració del pla d'energies renovables 2011-2020.

A.7.6 SITUACIÓ ACTUAL DE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA A L'ESTAT ESPANYOL

No està establert un sistema fiable per conèixer amb exactitud la potència fotovoltaica instal·lada a Espanya cada any. En dades oficials, l'estimació de potència instal·lada aïllada de la xarxa és de l'ordre de 1-1.5 MW anuals, en base al conjunt d'ajudes aprovades. També es disposa de les estadístiques de la Comissió Nacional de l'Energia (C.N.E.) per saber el nombre d'instal·lacions que estan connectades a la xarxa elèctrica i facturant la seva producció a final de cada mes.

A nivell general, la potència fotovoltaica instal·lada a nivell Espanyol no està igualment repartida per comunitats autònomes i tampoc guarda correlació amb els nivells d'insolació (Figura 30. Distribució d'instal·lacions d'energia solar fotovoltaica amb P>150 kW. Font Asif.).



Figura 30. Distribució d'instal·lacions d'energia solar fotovoltaica amb $P > 150$ kW. Font Asif.

Com a tret distintiu respecte d'altres països, les empreses i entitats fotovoltaïques espanyoles cobreixen amb qualitat tots els escalons de la cadena de valor de la instal·lació generadora. Per exemple, i segons dades de l'ASIF (Associació de la Indústria Fotovoltaica) donades a finals del 2006 la indústria fotovoltaica donava feina a un total de 10.645 persones entre fabricants, instal·ladors i altres.

El passat novembre del 2007 la CNE va fer públiques les balances de producció en front del cost de les instal·lacions de producció d'energia en règim especial. En aquest document, es detalla l'evolució en els últims anys de les diferents tipologies d'instal·lacions en règim especial segons el RD 661/2007, entre elles, l'energia solar fotovoltaica. Les dades de més interès, es troben resumides en el següents punts.

Es pot veure com la publicació del R.D. 436/2004 i el posterior R.D. 661/2007 ha donat "ales" a la indústria fotovoltaica, ja que la velocitat de creuer d'implantació de l'energia solar fotovoltaica ha passat a ser de 25,4 MW/mes, la qual en comparació amb l'energia eòlica i la

cogeneració està en un sorprenent tercer lloc (dades del juny del 2006 al 2007 segons la C.N.E.), tal com es pot veure a la Figura 31. Velocitat de creixement de les diferents tipologies de règim especial.

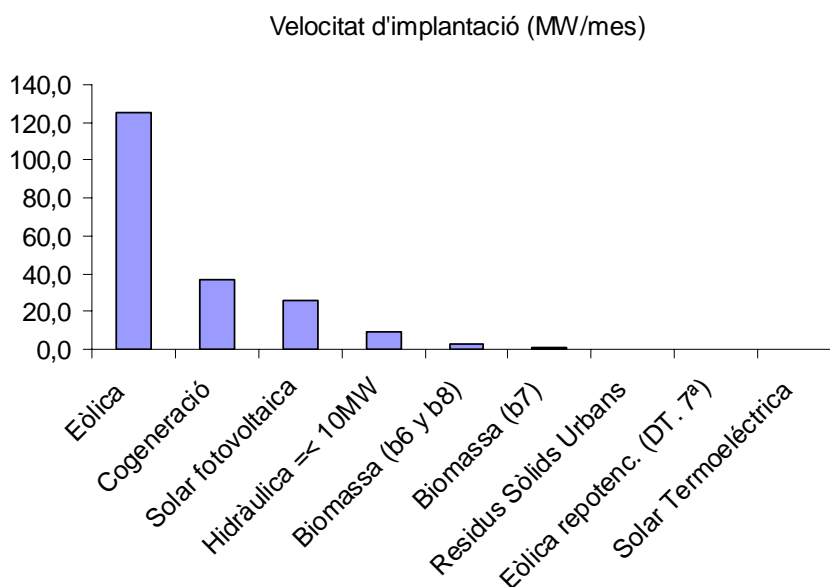


Figura 31. Velocitat de creixement de les diferents tipologies de règim especial

A part de comparar la velocitat de creixement de l'energia solar fotovoltaica, també és d'interès observar com el temps mig per acabar una obra instal·lació fotovoltaica de grans dimensions és inferior al d'altres tipologies abans esmentades (figura 33).

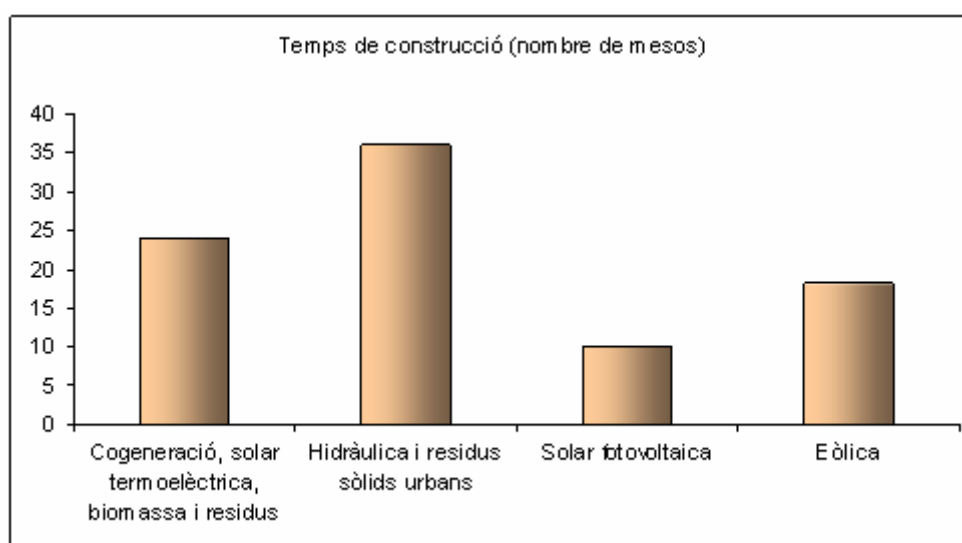


Figura 32. Temps mig de construcció entre diferents centrals de règim especial

Analitzats els valors de creixement i temps mig de construcció de l'energia solar fotovoltaica, el mateix organisme posa a disposició dels usuaris unes taules de comparació del ritme d'assoliment dels objectius del Pla d'energies renovables de l'estat Espanyol amb els resultats del mes d'octubre de l'any 2007. En el cas de l'energia solar fotovoltaica, aquests valors es troben resumits a la Taula 6. Assoliment d'objectius del PER per l'energia solar FV..

| Tecnologia | Pen (MW) | PO (MW) | Gn (%) | V (MW/mes) | N85 (nº mesos) | N100 (nº mesos) | Pi n (MW) | Pi n-12 (MW) |
|--------------------|----------|---------|--------|------------|----------------|-----------------|-----------|--------------|
| Solar fotovoltaica | 409 | 371 | 110% | 25 | SUPERAT | SUPERAT | 289 | 104 |

Taula 6. Assoliment d'objectius del PER per l'energia solar FV.

Els paràmetres expressats en l'anterior taula són:

PEn: Potència equivalent amb inscripció definitiva el mes d'octubre del 2007 (MW).

PO: Potència objectiu del *Plan de Energías Renovables* (MW).

Gn:Grau d'acompliment de l'objectiu (PO) el mes n (10/2007) respecte Pen.

V (MWmes): Velocitat d'implantació de l'energia solar fotovoltaica en règim especial.

N85: Nombre de mesos estimats per arribar al 85% dels objectius (PO).

N100: Nombre de mesos estimats per arribar al 100% dels objectius (PO).

Pi n: Potència informada en el mes de Setembre del 2007 (MW).

Pi n-12:Potència informada en el mes de Setembre del 2006 (MW).

Tal com es pot veure, els valors objectiu fixats pel *Plan de Energías Renovables* de l'Estat Espanyol han estat superats en matèria d'energia solar fotovoltaica tot i gràcies a l'empenta que ha agafat el sector amb el R.D. 436/2004 i el posterior R.D. 661/2007.

| Any | Mercat | Tecnologia | Potència Instal·lada (MW) | Energia Venuda (GWh) | Nombre d'instal·lacions | Preu mig de facturació (cent€/kWh) | Retribució total (cent€/kWh) | Preu Mig de retribució total (cent€/kWh) |
|------------|---------------|------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------------|--|
| 2006 | Distribuidora | SOLAR | 141 | 106 | 9.572 | 42,740 | 45.352 | 42,740 |
| Total 2006 | | | 141 | 106 | 9.572 | | 45.352 | 42,740 |

Taula 7. Resum econòmic any 2006 Energia solar fotovoltaica.

| Any | Mercat | Tecnologia | Potència Instal·lada (MW) | Energia Venuda (GWh) | Nombre d'instal·lacions | Preu mig de Facturació (cent€/kWh) | Retribució Total (cent€/kWh) | Preu Mig de Retribució Total (cent€/kWh) |
|------------|---|--------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------------|--|
| 2007 | Vendes a tarifa a través de distribuïdora | Solar Fotovoltaica | 289 | 315 | 13.245 | 43,467 | 136.960 | 43,467 |
| | Total Vendes a tarifa | | 289 | 315 | 13.245 | | 136.960 | 43,467 |
| | Participació en Mercat d'ofertes | Solar Fotovoltaica | 11 | 1 | 1 | 25,516 | 351 | 29,745 |
| | Participació total | | 11 | 1 | 1 | | 351 | 29,745 |
| Total 2007 | | | 300 | 316 | 13.246 | | 137.310 | 43,416 |

Taula 8. Resum econòmic any 2007 Energia solar fotovoltaica.

A nivell econòmic, el preu mig de retribució total va ser de 42,740 cent€/kWh l'any 2006 i de 43,467 cent€/kWh l'any 2007.

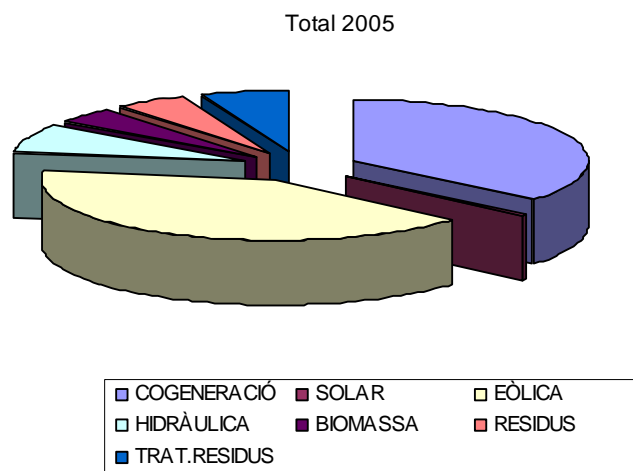


Figura 33. Participació total de l'energia solar fotovoltaica en els GWh produïts a nivell estatal l'any 2005

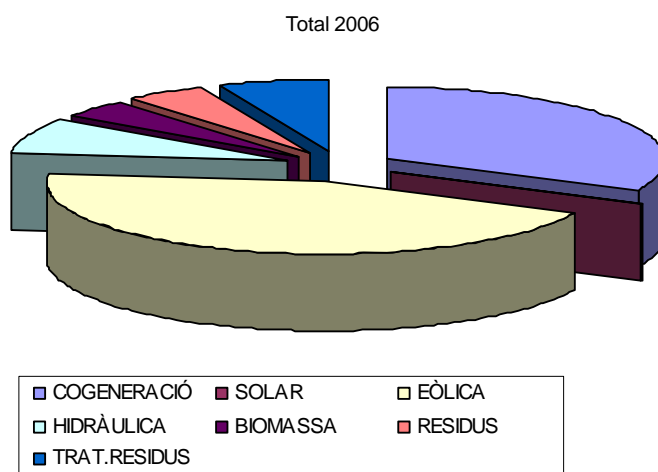


Figura 34. Participació total de l'energia solar fotovoltaica en els GWh produïts a nivell estatal l'any 2006

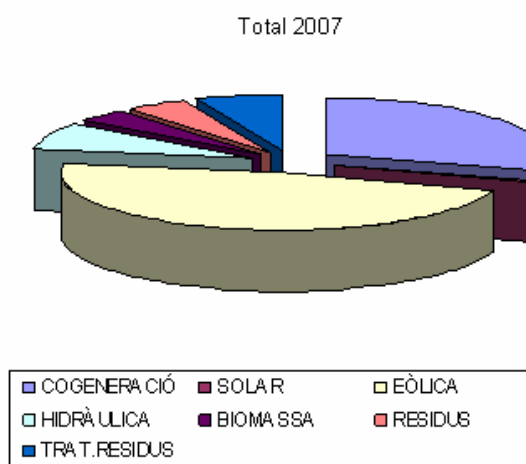


Figura 35. Participació total de l'energia solar fotovoltaica en els GWh produïts a nivell estatal l'any 2006

Tot i el gran augment del nombre d'instal·lacions fotovoltaïques connectades a xarxa i la seva gran disponibilitat horària, les tres tecnologies que continuen participant més en la producció de GWh a nivell estatal, i que per tant, s'emporten major part de les primes són la cogeneració, l'energia hidràulica i l'energia eòlica (figures 34, 35 i 36).

| Any | Energia venuda (GWh) | Potència instal·lada (MW) | Nombre d'instal·lacions |
|-----------|----------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1994-1997 | 1 | 1 | 1 |
| 1998 | 1 | 1 | 5 |
| 1999 | 1 | 1 | 7 |
| 2000 | 1 | 1 | 33 |
| 2001 | 2 | 3 | 183 |
| 2002 | 5 | 7 | 779 |
| 2003 | 9 | 11 | 1.554 |
| 2004 | 18 | 22 | 3.207 |
| 2005 | 41 | 44 | 5.268 |
| 2006 | 106 | 141 | 9.572 |
| 2007 | 316 | 300 | 13.245 |

Taula 9. Evolució del nombre d'instal·lacions respecte potència instal·lada i energia subministrada d'energia solar fotovoltaïca.

Vistes les dades, tan el Secretari d'Estat d'Energia i la CNE han fet pública la observació que el creixement experimentat per la tecnologia fotovoltaïca està essent molt superior a l'esperat. Segons la informació publicada per la CNE en relació al compliment dels objectius de les instal·lacions del règim especial, determinat d'acord amb els articles 21 i 22 del RD 661/2007 a l'agost del 2007 s'ha superat el 85% de l'objectiu de potència instal·lada fotovoltaïca per el 2010 (400MW).

Llavors, amb data 28 de setembre el Secretari d'Estat d'Energia va remetre a la CNE la proposta de Real Decret de retribució de l'activitat d'energia elèctrica per mitja de la tecnologia solar fotovoltaïca per les instal·lacions posteriors a la data límit de manteniment de la retribució del RD 661/2007.

Els canvis més significatius d'aquesta proposta Real Decret respecte a la regulació anterior són:

- Ampliació del límit de potència instal·lada a 1200 MW, establint un règim econòmic que incentivi l'evolució tecnològica i la competitivitat a mitjà o curt termini. D'aquests 1.200MW, 200MW seran per instal·lacions sobre teulada i 1.000 seran per instal·lacions a terra.
- Es considera necessària la racionalització de la distribució, modificant el règim econòmic per orientar la iniciativa privada cap a les instal·lacions integrades en edificis tant en façanes com en cobertes, per les seves avantatges com generació distribuïda i com política de difusió social de les energies renovables.
- S'evita la parcel·lació de una única instal·lació en vàries de menor mida, amb l'objectiu d'obtenir un marc retributiu més favorable.
- L'actual marc retributiu es manté fins que s'assoleixi la data límit establerta en l'article 22 del RD 661/2007 (dotze mesos després del comunicat de la CNE proposat a la Secretaria General de l'Energia, o i sigui, Setembre de 2008) si abans no s'assoleix l'objectiu abans anomenat (1.200 MW).
- Dins la mateixa proposta de Real Decret de la CNE a la Secretaria General de l'Energia, s'adjunta una proposta de règim econòmic per les instal·lacions solars fotovoltaïques en règim especial connectades a la xarxa pública de distribució:

| Tipologia | Potència | Tarifa regulada (c€/kWh) |
|---|---------------------------------------|--------------------------|
| Tipus I Instal·lació sobre edificació | $P \leq 20\text{kW}$ | 44,00 |
| | $20\text{ kW} < P \leq 200\text{ kW}$ | 39,00 |
| | $P > 200\text{ kW}$ | 33,00 |
| Tipus II Instal·lació a terra | | 31,00 |

Taula 10. Proposta de retribució per l'energia solar fotovoltaica segons la C.N.E.

Altrament, l'anterior proposta va seguida d'una altra proposta sobre l'actualització de tarifes:

- La tarifa per les instal·lacions que obtinguin el certificat d'inscripció definitiva en el registre administratiu de règim especial corresponent amb posterioritat a l'any 2009 es calcularan aplicant el valor per el 2009 que resulti d'acord amb la proposta anterior, multiplicant el preu de la retribució per un factor $(0,95)^n$, essent n la diferència entre l'any en que s'inscrigui la instal·lació de forma definitiva en el registre administratiu menys 2009.
- La tarifa que resulti d'aplicació a una instal·lació segons l'apartat anterior s'actualitzarà anualment d'acord amb l'article 44.1 del RD 661/2007 que sol·licitin accés i punt de connexió a les seves xarxes (IPC -0.25 fins al 2012 i IPC-0.5 a partir d'ençà).

A.8 L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA A CATALUNYA

La situació viscuda a l'Estat Espanyol en els últims anys d'ençà de l'aparició del Real Decret 436/2004 també s'ha notat a Catalunya. En els últims anys el nombre d'empreses que es dediquen a l'energia solar fotovoltaica ha augmentat exponencialment com també el nombre de projectes d'instal·lacions. Tot i així, en diferència amb altres comunitats, l'energia solar fotovoltaica no s'ha estès tant en instal·lacions del tipus anomenades hortes solars per diferents factors, entre ells una pressió urbanística molt forta i una administració lenta i massa extensa.

A.8.1 PLA DE L'ENERGIA

El febrer del 2006, surt el publicat el Pla de l'Energia de la Generalitat de Catalunya a través de l'ICAEN (Institut Català de l'Energia), el qual vol ser la guia que marqui l'actuació de l'administració pública catalana els propers anys en aquest camí cap a una nova consciència de l'energia, entre elles les produccions d'energia en règim especial i les energies renovables.

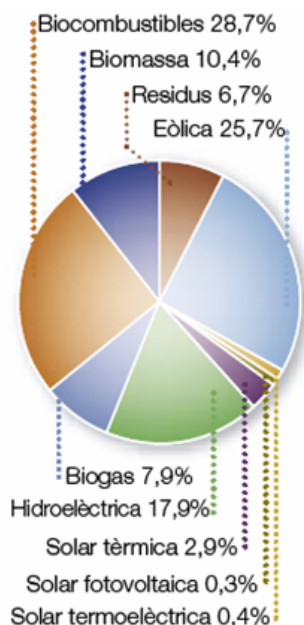


Figura 36. Objectiu del Pla de l'Energia de l'ICAEN

L'objectiu del pla de l'energia és que la participació de l'energia fotovoltaica sigui del 0.3% del conjunt de les energies renovables a l'any 2015 amb un objectiu de 100MW connectats a xarxa (figura 37).

El pla de l'energia intenta no interferir amb el *Plan de Energías Renovables* de l'Estat Espanyol, que fixa un objectiu de 56,59 MW l'any 2010 per Catalunya.

Potència [MWp]

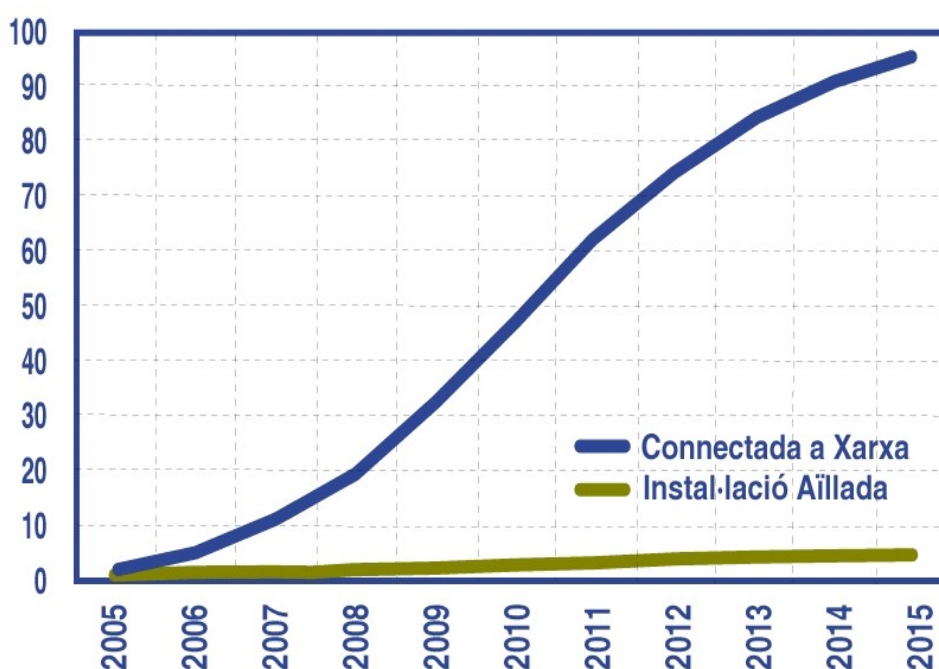


Figura 37. Evolució prevista a Catalunya de l'energia solar fotovoltaica

A més, el pla de l'energia de l'ICAEN proposa repartir el creixement de la tecnologia de producció d'energia solar fotovoltaica de la següent manera amb l'horitzó del 2015:

- Granges fotovoltaïques (grans instal·lacions de l'ordre del MegaWatt en terrenys rústics): 47 MW.

- Sector terciari (sector afectat pel Codi Tècnic de l'Edificació que marca la contribució mínima d'energia solar fotovoltaica als edificis): 25 MW.
- Sector domèstic (no afectat pel Codi Tècnic de l'Edificació però s'intentarà aconseguir amb una major conscienciació ambiental): 13 MW.

Per altra banda, l'objectiu en instal·lacions aïllades es fixa en 5 MWp repartits al voltant de 1.300 usuaris. L'objectiu de les aplicacions fotovoltaïques autònomes coincideix amb el potencial identificat, ja que se suposa que en el període fins l'any 2015 es cobriria la demanda d'electrificació detectada que no es pot cobrir mitjançant les actuacions previstes en electrificació rural convencional mitjançant línies elèctriques (Pla d'electrificació rural de Catalunya).

A.8.2 EVOLUCIÓ DE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EN RÈGIM ESPECIAL A CATALUNYA

Després d'un llarg període d'indefinició i entrebancs burocràtics, el 2007 s'ha tancat amb nou grans plantes en marxa i una potència instal·lada de 11,8 MegaWatts fotovoltaics.

A més a més, actualment hi ha a Catalunya 880 petites instal·lacions d'aprofitament de l'energia del sol per produir electricitat, que sumades a l'anterior eleven amb una potència total de 22 MegaWatts (taula 12).

Durant els últims mesos la Generalitat ha concedit autorització per a la instal·lació de 21 parcs d'energia solar més, que sumaran 20,1 MegaWatts. La direcció general d'Energia i Minrd calcula que els projectes en marxa i els que es troben en diverses fases de tramitació sumaran en conjunt 60 MegaWatts, és a dir, un 60% dels 100 MegaWatts que preveu el Pla de l'Energia per al 2015.

| | Energia Venuda (GWh) | Potència Instal·lada (MW) | Nombre d' Instal·lacions |
|------|----------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1998 | 0 | 0 | 1 |
| 1999 | 0 | 0 | 1 |
| 2000 | 0 | 0 | 3 |
| 2001 | 0 | 0 | 17 |
| 2002 | 0 | 1 | 78 |
| 2003 | 1 | 1 | 137 |
| 2004 | 2 | 2 | 249 |
| 2005 | 4 | 3 | 344 |
| 2006 | 7 | 9 | 582 |
| 2007 | 20 | 22 | 812 |

Taula 11. Evolució del nombre d'instal·lacions fotovoltaïques a Catalunya. Font: C.N.E.

En general els promotors i instal·ladors de parcs solars han criticat la falta d'un marc clar sobre els condicionants que s'han de complir per posar en marxa grans instal·lacions solars. De fet, el govern ha denegat algunes de les peticions presentades els últims mesos per considerar que podien tenir un impacte negatiu sobre el paisatge tot i que fins ara no hi ha una reglamentació específica sobre la qüestió.

En els pròxims mesos, la direcció general d'Energia i Minies prepararà un decret per regular la qüestió anterior amb coordinació amb els departaments de Medi Ambient i Política Territorial. Aquest decret determinarà les condicions d'espais, impacte ambiental i accés a la xarxa elèctrica general que han de complir els projectes de parcs solars. El decret també facilitarà la promoció pública d'espais per a la implantació d'aquesta mena d'energia renovable.

Albert Juan Casademont

Autor del projecte

Girona, 30 de Maig del 2008



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Industrial. Pla 2002

Títol: Projecte per la realització d'una instal·lació solar fotovoltaica en règim especial als edificis de l'Escola Politècnica Superior de la UdG

Document: B Disseny tècnic de la instal·lació

Alumne: Albert Juan Casademont

Director/Tutor: Josep Maria Corretger Canós
Departament: Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial
Àrea: Màquines i motors tèrmics

Convocatòria (mes/any): Juny 2008

ANNEX A LA MEMÒRIA**ÍNDEX**

| | | |
|----------|--|----------|
| B | DISSENY TÈCNIC DE LA INSTAL·LACIÓ | 3 |
| B.1 | PUNTS A DISSENYAR..... | 3 |
| B.2 | SELECCIÓ DE LES COBERTES..... | 5 |
| B.2.1 | EDIFICI POLITÈCNIC-1 | 6 |
| B.2.2 | EDIFICI POLITÈCNIC-2 | 7 |
| B.2.3 | EDIFICI POLITÈCNIC-3 | 9 |
| B.2.4 | EDIFICI POLITÈCNIC-4 | 11 |
| B.3 | CONSIDERACIONS TÈCNiques PRÈVIES PER EL CÀLCUL DEL NOMBRE DE PLAQUES SOBRE LES COBERTES SELECCIONADES | 13 |
| B.3.1 | CÀLCUL DE LA ORIENTACIÓ I INCLINACIÓ FAVORABLES..... | 13 |
| B.3.2 | CÀLCUL DE LA POSICIÓ SEGONS LES PÈRDUES PER OMBRES | 15 |
| B.4 | PANNEL SOLAR UTILITZAT | 20 |
| B.5 | SELECCIÓ DE L'ESTRUCTURA..... | 23 |
| B.6 | CÀLCUL DEL NOMBRE DE PLAQUES SOBRE LA COBERTA DE L'EDIFICI POLITÈCNIC-1 | 25 |
| B.6.2 | COBERTA DE L'EDIFICI DEL P-3 | 33 |
| B.7 | SELECCIÓ DE L'ONDULADOR | 36 |
| B.7.1 | AVANTATGES I INCONVENIENTS DELS DIFERENTS TIPUS D'ONDULADORS | 36 |
| B.7.2 | ONDULADOR ESCOLLIT | 38 |
| B.8 | COMPOSICIÓ DEL CAMP FOTOVOLTAIC | 44 |
| B.9 | PÈRDUES MÀXIMES PEL DISSENY DE LA INSTAL·LACIÓ | 47 |
| B.9.1 | PÈRDUES PER PARÀMETRES TÈRMICS | 47 |
| B.9.2 | PÈRDUES PER CAIGUDES DE TENSÍO | 50 |
| B.9.3 | PÈRDUES LA QUALITAT DEL MÒDUL I DE POTÈNCIA | 51 |
| B.9.4 | PÈRDUES PER L'ANGLE D'INCIDÈNCIA (IAM) | 53 |
| B.10 | GRÀFIC DE PÈRDUES | 54 |
| B.11 | QUADRE DE PROTECCIÓ DEL CIRCUIT DE CONTÍNUA..... | 56 |
| B.12 | SISTEMA DE CONTROL..... | 61 |
| B.12.1 | INTEGRACIÓ DELS ELEMENTS DISPONIBLES | 61 |
| B.12.2 | OBJECTIUS DEL SISTEMA DE CONTROL | 66 |
| B.12.3 | PROPOSTA DE SISTEMA DE CONTROL..... | 67 |
| B.12.4 | PROGRAMARI UTILITZAT | 71 |
| B.12.5 | COL·LOCACIÓ DELS MATERIALS | 74 |

| | | |
|--------|--|----|
| B.13 | SELECCIÓ DEL LOCAL TÈCNIC | 76 |
| B.14 | ESCOMESA DEL CIRCUIT ALTERNA..... | 79 |
| B.15 | CÀLCULS DEL CABLEJAT..... | 83 |
| B.15.1 | PÈRDUES EN CORRENT CONTÍNUA..... | 84 |
| B.15.2 | PÈRDUES EN CORRENT ALTERNA..... | 86 |
| B.16 | DISSENY DE LA LÍNIA D'EVACUACIÓ D'ENERGIA | 87 |
| B.17 | CÀLCUL INCIDÈNCIA DE LA TEMPERATURA EN ELS DIFERENTS ELEMENTS ELÈCTRICS..... | 90 |
| B.17.1 | CONDUCTORS..... | 90 |
| B.17.2 | QUADRES I CAIXES..... | 90 |
| B.17.3 | ONDULADORS | 90 |
| B.18 | CÀLCUL DE LA RESISTÈNCIA DEL TERRES | 91 |
| B.19 | CÀLCUL DE LA INTENSITAT DE CURT-CIRCUIT | 94 |
| B.19.1 | CÀLCUL DE LA INTENSITAT DE CURTCIRCUIT EN CORRENT CONTÍNUA..... | 94 |
| B.19.2 | CÀLCUL DE LA INTENSITAT DE CURTCIRCUIT EN CORRENT ALTERNA..... | 94 |
| B.20 | RENDIMENT DE LES INSTAL·LACIONS SOLARS FOTOVOLTAIQUES..... | 96 |

B DISSENY TÈCNIC DE LA INSTAL·LACIÓ

B.1 PUNTS A DISSENYAR

En el present annex es tractaran tots els punts a dissenyar de la instal·lació en referència al model de placa a utilitzar, el nombre de plaques que poden cabre a cada coberta en funció de les pèrdues per ombres i orientació i inclinació, els diferents components utilitzats (inversor, proteccions, ...), sistema de control, etc.

Tal com estan definits l'objecte i l'abast del present projecte, en cap moment no es pretén aconseguir l'autosuficiència energètica de l'edifici, sinó que l'objectiu és l'aprofitament òptim de les cobertes amb l'objectiu d'instal·lar el màxim nombre de generadors fotovoltaics possibles.

Per regla general, s'ha de decidir la disposició dels panells fotovoltaics respecte el sol, donat que s'han d'instal·lar de manera que rebin la major quantitat de radiació solar possible. Això implica a tenir en compte en el dimensionat de la instal·lació tres factors bàsics: orientació, inclinació i possibles ombres.

L'energia solar en forma de radiació és l'energia renovable més abundant i millor distribuïda, però tot i la seva abundància, presenta dos grans inconvenients: és altament difusa i està sotmesa a un cicle diari i a un anual, provocat pels moviments de translació i rotació de la terra.

Aquest últim fenomen és causat perquè la terra gira al voltant d'una òrbita el·líptica i al mateix temps gira sobre el seu propi eix, el qual es manté en una inclinació respecte la òrbita de 23.5°.

En conseqüència de la combinació d'aquests moviments i en funció de l'època de l'any, un mateix punt terrestre veurà moviments del sol variables sobre l'horitzó: El sol sortirà més aviat o més tard, o l'altura d'aquest al migdia serà menor o major.

L'energia que arriba a la superfície terrestre a través de la radiació solar depèn bàsicament del lloc (latitud), de la declinació solar i de la inclinació i orientació de la superfície fotovoltaica.

També afecta la turbulència atmosfèrica que difon la radiació solar i la massa d'aire que el raig d'aire ha de travessar. Des del punt de vista pràctic i en el que es refereix al càlcul i disseny de la instal·lació, la informació utilitzada ronda la mitjana de les variacions anteriorment citades. La situació geogràfica i climàtica queda englobada en les dades mitges d'insolació del lloc en què està ubicat l'edifici.

Respecte els càlculs, s'ha decidit utilitzar el programa PVSYST versió 4.21. Es tracta d'un dels programes de simulació de sistemes fotovoltaics amb més possibilitats, ja que permet a part de calcular la producció anual, veure les pèrdues per ombres, simulació d'aquestes sobre els edificis, càlculs de pèrdues globals del sistema, etc.

B.2 SELECCIÓ DE LES COBERTES

Tal i com delimita l'abast del present projecte, s'estudiarà la possibilitat de col·locar plaques fotovoltaïques a cadascun dels edificis de l'Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona, per tal de crear una participació popular entre els membres de l'escola (professors i pas).

Si aquesta iniciativa tingués èxit, i si es disposa de recursos tècnics i econòmics necessaris, aquesta possibilitat es podria estendre a altres facultats.

Per l'estudi de la coberta més favorable de l'Escola Politècnica Superior s'han estudiat 4 cobertes de 4 edificis: Edifici Politèctic-1, Edifici Politèctic-2, Edifici Politèctic-3 i Edifici Politèctic-4. Les característiques que han de complir les possibles instal·lacions solars fotovoltaïques que es col·loquin en les teulades d'aquests edificis són:

- Estar sota un mateix punt de connexió. Un sol contador ha de contar la totalitat de les instal·lacions. No poden ser instal·lacions diferents. És necessari per crear una sola societat a l'hora de facturar l'energia produïda.
- No sobrepassar una potència total de 85 kW nominal d'ondulador (la potència pic serà lleugerament superior). Com que ja existeix una instal·lació de 15 kW (projecte Universol), la màxima potència a evacuar a una xarxa trifàsica de 400V segons Fecsa Endesa és de 100kW. Per tant, la nova instal·lació com a màxim podrà ser de 85 kW. Si es volgués augmentar aquesta potència, s'hauria de reformar les actuals subestacions transformadores de l'anella del campus, ja que aquesta no està distribuïda en baixa tensió.
- Arribar a un ràtio potència pic / cost raonable. És preferible muntar una instal·lació per sota les expectatives esmentades abans d'arribar a una solució en la qual les obres i instal·lacions a realitzar siguin massa costoses i posin en un compromís el funcionament de les actuals instal·lacions.

- La connexió es farà en baixa tensió fins a l'actual estació transformadora existent al carrer Universitat de Girona, a l'altura de l'edifici del laboratori de pesants. Una ampliació de les actuals estacions transformadores i del centre de mesura és molt costós per una instal·lació de mida mitjana, i tampoc forma part de l'abast del present projecte.

Cadascun dels edificis abans esmentats ha estat analitzat i s'ha acceptat o no en base a criteris de disseny tècnic i també per obvietat en alguns dels casos.

B.2.1 EDIFICI POLITÈCNIC-1

La coberta de l'actual edifici Politècnic-1 ha estat acceptada perquè compleix els requeriments abans esmentats. En concret es troba situada prop de l'estació transformadora de manera que la connexió en baixa tensió podrà ser viable.



Figura 1. Vista frontal de l'edifici Politècnic – 1.

A part, aquesta coberta està lliure d'ombres d'objectes adjacents (és la més alta del conjunt), té una orientació favorable (-25° respecte l'azimut) i una forma de construcció òptima de cares a la instal·lació de panells fotovoltaics en estructura de superposició (coberta transitable, totalment plana de llosa de formigó reticulat i coberta amb grava).



Figura 2. Vista de la coberta de l'edifici Politècnic – 1 on anirien col·locats els panells

L'únic inconvenient és l'alçada de l'edifici (al voltant de 15.5 metres i de 17,5 sobre l'altell), la qual cosa fa que s'hauran de crear uns baixants del cable de les plaques solars els quals poden ser per l'exterior, si estan degudament protegits i fixats, i es necessitarà una sala especial per dipositar-hi els equips.

B.2.2 EDIFICI POLITÈCNIC-2

La coberta de l'actual edifici Politècnic-2 ha estat rebutjada tot i tenir una teulada amb unes condicions molt favorables.

El motiu del rebuig d'aquesta coberta ha estat la interconnexió de l'energia produïda: Una possible instal·lació fotovoltaica a la coberta del P-2 hauria d'anar a buscar el punt comú de

transmissió en baixa tensió per llavors anar a l'estació transformadora del carrer Universitat de Girona. A més, com que les actuals línies de transmissió d'energia elèctrica a la universitat són en mitja tensió (no n'hi ha en baixa tensió) s'hauria d'obrir una nova rasa per tal de passar una línia de baixa tensió d'una llargada considerable (amb el que això suposa en secció de cable, tub, etc.).

Una altra opció seria que la transmissió de l'energia produïda per la instal·lació fotovoltaica de la coberta de l'edifici Politècnic-2 fos en mitja tensió. Això es podria fer posant una cel·la de protecció de mitja tensió al centre de transformació de l'edifici Politècnic-2, elevar la tensió a través del transformador bidireccional existent, i llavors anar a buscar el C.M. situat a darrera del laboratori de pesants, llavors allà s'hauria de fer una ampliació de l'actual estació transformadora per tal de posar-ne una nova.



Figura 3. Vista de la coberta de l'edifici Politècnic-2

Si es demanés la petició a la companyia elèctrica Fecsa Endesa per evacuar l'energia elèctrica en baixa tensió segurament recomanaria obrir una rasa des de l'edifici Politècnic-2 travessant tot el pàrking del mateix edifici fins a arribar al carrer Universitat de Girona.

Allà la possible evacuació d'energia produïda es faria amb la xarxa subterrània de distribució ja existent.

Així doncs, tant la connexió amb baixa tensió des de l'edifici Politècnic-2 fins al Politècnic-1, com l'elevació a mitja tensió i l'ampliació dels dos centres de transformació existents o la connexió de la possible instal·lació amb la xarxa pública del carrer universitat de Girona són obres molt cares, ja que s'han d'obrir rases de llarga longitud (des de 60 metres la més curta fins a 300 metres la més llarga).

Si per altra banda es té en compte la superfície de radiació útil de la coberta de l'edifici Politècnic-2, considerant que l'elevació de la part sud de l'edifici (edifici de despatxos) implica deixar una gran separació per ombres, la superfície útil es redueix molt.

Segons els simuladors aeris proporcionats per l'Institut Cartogràfic de Catalunya, l'àrea disponible no subjecte a ombres adjacents de l'edifici del P-2 seria d'uns 1300 m², i segons els càlculs que facilita l'IDAE, serien aproximadament uns 85 kWp de plaques fotovoltaïques.

Llavors, els costos de les instal·lacions per evacuar l'energia podrien arribar a representar un percentatge molt elevat sobre el cost total de la instal·lació, la qual cosa declina la viabilitat d'una instal·lació fotovoltaïca a la coberta de l'edifici Politècnic-2.

B.2.3 EDIFICI POLITÈCNIC-3

La coberta de l'actual edifici Politècnic-3 ha estat acceptada conjuntament amb la de l'edifici politècnic-1, ja que també compleix els requeriments abans esmentats. En concret es troba situada prop de l'estació transformadora de manera que la connexió en baixa tensió podrà ser viable.

Aquesta coberta també està lliure d'ombres d'objectes adjacents (és la més alta del conjunt), té una orientació favorable (-25° respecte l'azimut) i una forma de construcció òptima de cares a la instal·lació de panells fotovoltaïcs en estructura de superposició (coberta transitable, totalment plana de llosa de formigó).

L'únic inconvenient és que està col·locat just darrera l'edifici Politècnic-1 i té una alçada inferior a aquest. En conseqüència serà necessari observar i calcular la distància mínima de la col·locació de les plaques sobre la coberta d'aquest edifici respecte el Politècnic-1 per tal que aquest no els hi faci ombra.



Figura 4. Vista de la coberta de l'edifici Politècnic-3. Ala est



Figura 5. Vista de la coberta de l'edifici Politècnic-3. Ala Sud

Per realitzar la instal·lació elèctrica s'aprofitarà que els edificis Politècnic-1 i Politècnic-3 són adjacents per un punt comú, fent passar els cables pel passadís d'unió entre ells.

B.2.4 EDIFICI POLITÈCNIC-4

El dictamen de la teulada de l'edifici Politècnic-4 és el mateix per l'edifici Politècnic-2. Tot i disposar d'una teulada molt favorable (bona orientació, ombres nul·les, facilitat de muntatge) aquesta no ha estat acceptada.

En aquest cas, l'inconvenient més gran ha tornat a ser la interconnexió de l'energia generada.

Si es muntés una instal·lació fotovoltaica a l'edifici Politècnic-4 es podria optar per dues solucions:

- Complir els requisits de la Fecsa Endesa per tal d'obrir una rasa i evacuar l'energia a la xarxa de distribució de baixa tensió del carrer Universitat de Girona (si és possible, és clar) la qual cosa obligaria a muntar una instal·lació sota un punt de connexió diferent
- Interconnectar el l'edifici Politècnic-2 i el Politècnic-4 amb una línia soterrada de baixa tensió fins al centre de transformació de l'edifici Politècnic-2 i d'allà elevar la tensió i portar-la fins al centre de mesura ubicat darrera del laboratori de pesants de l'edifici Politècnic-1.

Respecte la superfície de coberta útil i òptima, estimada en 800 m² aproximadament i considerant que sobre uns 1500-2000 m² poden cabre uns 110 kWp, la coberta de l'edifici Politècnic-4 podria aportar uns 50-55 kWp al total del conjunt.

El pressupost orientatiu, si es té en conta la ràtio de 6€/kWp que dona l'IDAE, seria al voltant de 330.000€.



Figura 6. Imatge de l'edifici Politècnic-4

Si en aquest cas s'ha de fer tota la tirada de línia fins al centre de transformació de l'edifici Politècnic-2 i llavors fins al Centre de Mesura darrera l'edifici del laboratori de pesants es tractaria d'una inversió molt alta sobre el pressupost estimatiu de 6€/kWp.

Així doncs el resum de la selecció de les cobertes serà el següent:

| Edifici | Superfície aproximada lliure d'ombres | kWp (aprox) | Selecció | Motiu |
|--------------|---------------------------------------|-------------|----------|--|
| Politècnic-1 | 600 | 30 | Sí | Facilitats de connexió en baixa tensió |
| Politècnic-2 | 1300 | 85 | No | No existeixen facilitats econòmiques de connexió per la poca potència estimada |
| Politècnic-3 | 625 | 35 | Sí | Facilitats de connexió en baixa tensió |
| Politècnic-4 | 800 | 55 | No | No existeixen facilitats econòmiques de connexió per la poca potència estimada |

Taula 1. Resum de la selecció de les cobertes de l'Escola Politècnica Superior de la UdG

Així doncs, una vegada observats els resultats s'espera una instal·lació de 60-70 kWp, tot en funció del nombre de plaques fotovoltaïques que es pugui col·locar de forma òptima.

B.3 CONSIDERACIONS TÈCNiques PRÈVIES PER EL CàLCUL DEL NOMBRE DE PLAQUES SOBRE LES COBERTES SELECCIONADES

L'objectiu d'aquest apartat és transmetre les consideracions tècniques que s'hauran d'utilitzar per calcular el nombre òptim de panells que es podran calcular en les cobertes dels edificis seleccionats en l'anterior punt.

En tot moment, el càlcul del nombre de panells es fa d'acord en minimitzar les pèrdues màximes admissibles per orientació, inclinació i ombres.

Per determinar els límits en la orientació i la inclinació dels mòduls d'acord amb les pèrdues màximes admissibles, aquestes es calcularan en funció de dos aspectes:

- La combinació de la orientació combinada i la inclinació dels panells
- La distància de separació respecte objectes i entre bateries de panells solars perquè no es facin ombres entre ells mateixos

B.3.1 CàLCUL DE LA ORIENTACIÓ I INCLINACIÓ FAVORABLES

El càlcul de les pèrdues per orientació i inclinació de les plaques fotovoltaïques considera en tot moment l'angle d'inclinació i d'orientació:

- Angle d'inclinació, β , definit com l'angle que forma la superfície dels mòduls amb el pla horitzontal. El seu valor és 0° per mòduls horitzontals y 90° per verticals.
- Angle d'azimut, α definit com l'angle entre la projecció sobre el pla horitzontal de la normal a la superfície del mòdul i el meridià del lloc. Valors típics són 0° per mòduls encarats al sud, -90° per mòduls encarats a l'est i $+90^\circ$ per mòduls encarats a l'oest.

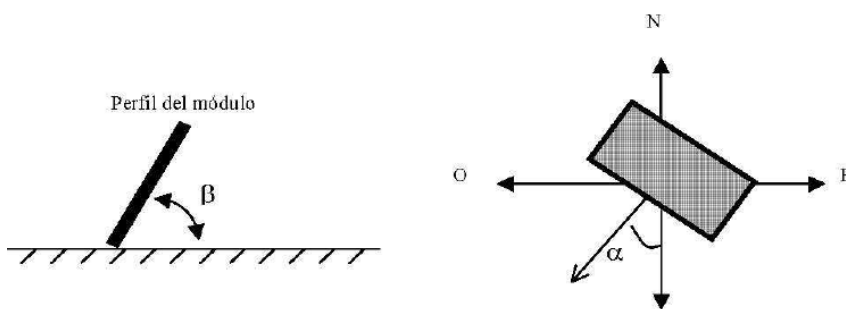


Figura 7. Representació de l'angle d'inclinació i orientació respectivament

Per calcular les pèrdues respecte la posició òptima (0° azimuth i 30° d'inclinació) es poden utilitzar complexos models matemàtics. Una altra manera és utilitzar gràfics que amb una exactitud més o menys acceptable poden donar un resultat semblant amb certa rapidesa.

Un exemple del paràgraf anterior seria la figura Figura 8. Càlcul gràfic de les pèrdues respecte el punt òptim en funció de la orientació i inclinació del panell, la qual permet calcular la desviació percentual respecte el punt òptim de funcionament en funció d'una inclinació i orientació fixades. Aquesta figura es pot trobar a la secció HE-5 del nou codi tècnic de l'edificació i és vàlida per una latitud de 41°.

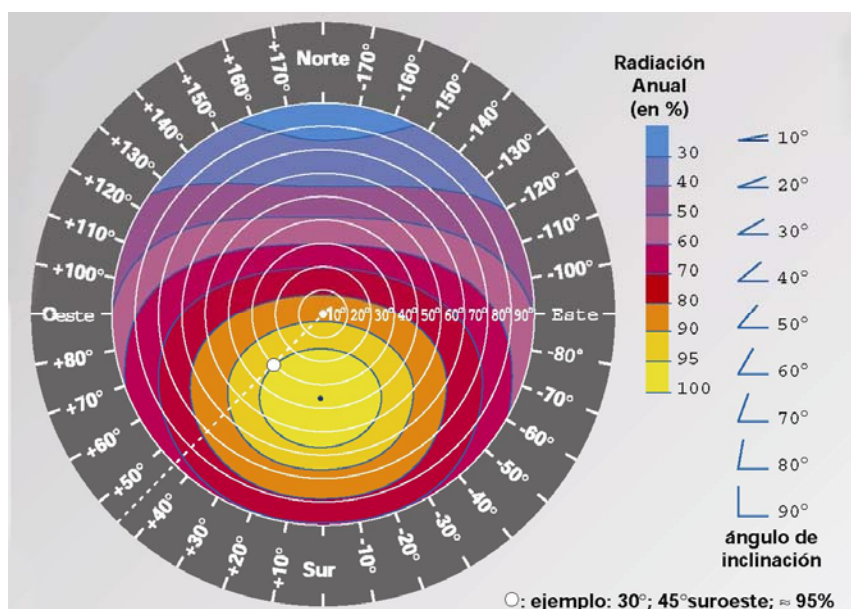


Figura 8. Càlcul gràfic de les pèrdues respecte el punt òptim en funció de la orientació i inclinació del panell

En el cas general, les pèrdues màximes admissibles són del 10% per superposició de mòduls o del 20% en els casos d'integració arquitectònica. Els punts d'intersecció del límit de pèrdues amb la recta d'azimut proporcionen els valors d'inclinació màxima i mínima.

Utilitzant la figura abans esmentada, es poden veure diferents zones que corresponen al percentatge d'energia respecte el màxim conseqüència de les pèrdues per orientació i inclinació.

B.3.2 CÀLCUL DE LA POSICIÓ SEGONS LES PÈRDUES PER OMBRES

Una vegada s'ha escollit l'angle d'inclinació i d'orientació, s'ha de determinar el nombre de panells que es poden col·locar en una superfície i en filera, és a dir, un darrera l'altre.

A més, aquests panells s'han de repartir de forma homogènia per tal de disposar d'una càrrega el més uniformement distribuïda en front d'una càrrega puntual

B.3.2.1 CÀLCUL DE LA DISTÀNCIA ENTRE LES BATERIES DE PANELLS SOLARS

Pels càlculs es farà servir el panell fotovoltaic que es triï i s'haurà de calcular la distància mínima de separació entre els panells per tal que no es facin ombres.

Per calcular la separació entre dues plaques fotovoltaïques és necessari la combinació de dos càlculs trigonomètrics tal com es pot entreveure en la següent imatge:

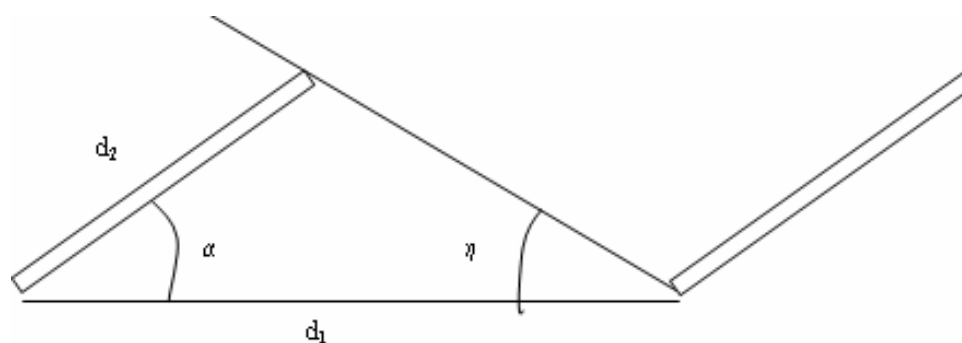


Figura 9. Combinació de valor trigonomètrics per calcular la separació entre panells fotovoltaïcs

així doncs, la separació de valor d_1 per deixar entre plaques fotovoltaïques valdrà:

$$d_1 = d_2 \cdot \cos \alpha + (d_2 \cdot \sin \alpha / \tan \eta) \quad (\text{Eq. 1})$$

on:

- α = Angle d'inclinació del panell fotovoltaic. Normalment sol ser 30° .
- η = Angle solar. Per el càlcul en el cas més desfavorable es recorre al dia 21 de desembre, ja que és quan el sol es troba a una altura més baixa.

Llavors, aquest dia l'altura solar és mínima i al migdia, l'angle de l'altura del sol respecte l'horitzontal té el següent valor:

$$H = (90^\circ - \text{latitud de la instal·lació}) - 23,5^\circ \quad (\text{Eq. 2})$$

En el cas del present projecte l'altura solar mínima valdrà:

$$H = (90 - 41^\circ 57') - 23.5^\circ = 24.7^\circ$$

Així doncs, el dimensionat de la coberta i la col·locació dels panells sobre ella s'ha realitzat tenint en compte que per el migdia solar del 21 de desembre els mòduls solars no es vegin afectats per les projeccions d'ombres de les files anteriors.

B.3.2.2 CÀLCUL DE LA DISTÀNCIA RESPECTE UN OBJECTE FIX

Un altre factor serà evitar si és possible col·locar plaques fotovoltaïques davant d'objectes immòbils com murs, aparells, etc. que tapin totalment la radiació incident sobre el panell fotovoltaic.

El valor de la distància de la ombra que produeix un objecte es calcula per mitjà d'una fórmula que es basa en la simplificació trigonomètrica de la següent fórmula en referència a la Figura 10. Paràmetres per el càlcul de la separació d'una placa respecte un objecte fix:

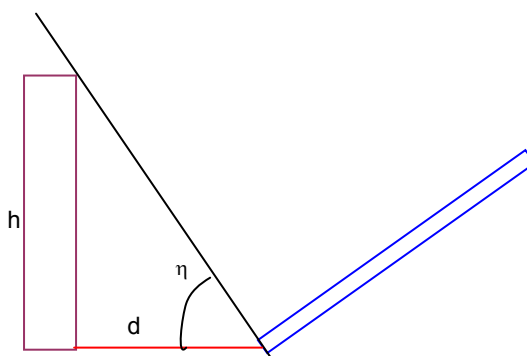


Figura 10. Paràmetres per el càlcul de la separació d'una placa respecte un objecte fix

El valor de la distància d val:

$$d = h / \tan \eta \quad (\text{Eq. 3})$$

on

- h= altura de l'objecte
- η= Angle solar. Per el càlcul en el cas més desfavorable es recorre al dia 21 de desembre, ja que és quan el sol es troba a una altura més baixa. De manera que es calcula segons l'apartat anterior.

B.3.2.3 PÈRDUA PROVOCADA PER OBJECTES ADJACENTS

A part de calcular la distància entre panells fotovoltaics respecte elements constructius, la presència d'objectes que arribin a tapar una part del recorregut solar respecte a un punt de captació solar, podrà provocar ombres sobre aquests.

Com més gran sigui el recorregut solar tapat per aquest objecte, menys energia podrà captar el mòdul. En el dia més desfavorable el període d'utilització del sistema, els panells solars no han de tenir més d'un 5% de la superfície útil de captació coberta per ombres.

El procediment consisteix en la comparació del perfil d'obstacles que afecta a la superfície d'estudi amb el diagrama de trajectòries del sol. Els passos a seguir, i que marca el Codi Tècnic de la Edificació són:

- Localització dels principals obstacles que afecten a la superfície, en termes de les seves coordenades de posició azimuth (angle de desviació respecte la direcció sud) i elevació (angle d'inclinació amb respecte el pla horitzontal).
- Representació del perfil d'obstacles en el diagrama de la Figura 11. Distribució de les hores solars per el càlcul d'ombres d'objectes adjacents, en el que es mostra la banda de trajectòries del sol al llarg de tot l'any, vàlid per localitats de la Península Ibèrica i illes Balears (per les Iles Canàries el diagrama s'ha de desplaçar 12° en sentit vertical ascendent). Aquesta banda es troba delimitada en porcions, separades per les hores solars (negatives abans del migdia i positives després d'aquest) amb identificació per una lletra i un número (A1, A2, D1).

Cada una de les porcions representa el recorregut del sol a una determinada hora un determinat dia de l'any, i per tant té una determinada contribució a la radiació solar global anual que incideix sobre la superfície d'estudi.

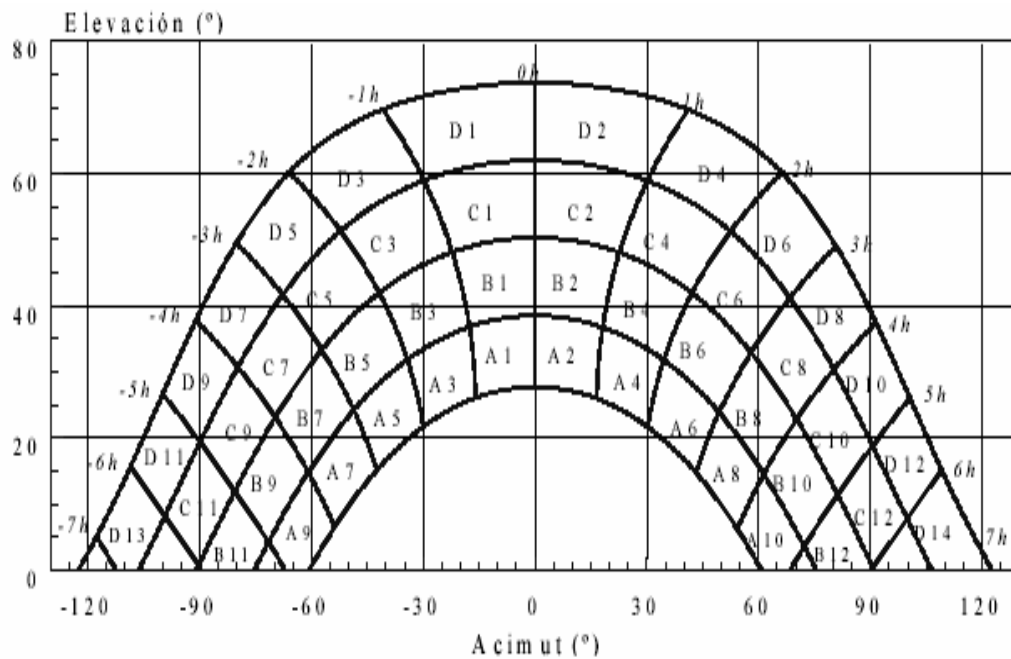


Figura 11. Distribució de les hores solars per el càlcul d'ombres d'objectes adjacents

La comprovació del perfil d'obstacles amb el diagrama de trajectòries permet calcular les pèrdues per ombres de la irradiació solar que incideix sobre al llarg de tot l'any. Per això s'han de sumar les contribucions d'aquelles posicions que resultin total o parcialment ocultes pel perfil d'obstacles representat. En el cas o d'ocultació parcial, s'utilitzarà el factor més pròxim als valors 0,25, 0,50, 0,75 o 1.

B.4 PANNELL SOLAR UTILITZAT

Per calcular el nombre de panells a col·locar sobre les cobertes és necessari saber quin serà el model a utilitzar. El panell solar proposat és el model P220/6+07 de la marca alemanya Solon. Aquests mòduls, de 220 Wp de potència estan constituïts per 60 cèl·lules quadrades fotovoltaïques de silici policristal·lí de 152mmx152mm.

A dia d'avui, Solon és un dels majors fabricants de panells solars europeu, oferint una alta qualitat del producte. Garanteix una bona producció perquè utilitza cel·les fotovoltaïques d'alta qualitat i vidres extremadament transparents.

Les característiques de la placa es detallen en la següent taula:

| | |
|---|--|
| Dades nominals amb condició de 1000 W/m ² , a 25°C : | |
| Potència pic màxima (W) | 220 +- 3% |
| Tensió en circuit obert (V) | 36,4 |
| Intensitat de curtcircuit (A) | 8,30 |
| Tensió en el punt de màxima potència (V) | 28,80 |
| Intensitat en el punt de màxima potència (A) | 7,65 |
| Màxima tensió del sistema | 860 V |
| Característiques tèrmiques: | |
| Coefficient de variació de la potència pic | -0,35 %/C° |
| Característiques constructives: | |
| Llargada (mm) | 1.640 |
| Amplada (mm) | 1.000 |
| Espessor del marc (mm) | 42 |
| Pes de la placa (kg) | 26 |
| Certificació: | |
| Homologació | TÜV s/ IEC 61215 |
| Seguretat elèctrica | Classe II |
| Garantia | |
| Material | 5 anys |
| Producció | 90% de la producció els 10 primers anys i 80% fins als 25 anys |
| Eficiència | 13,44 % |

Taula 2. Característiques constructives del panell fotovoltaic

El model de mòdul utilitzat ja pot ser seleccionat en el programa de simulació PVSYST en el fitxer que llavors servirà per realitzar la simulació de producció d'energia elèctrica.

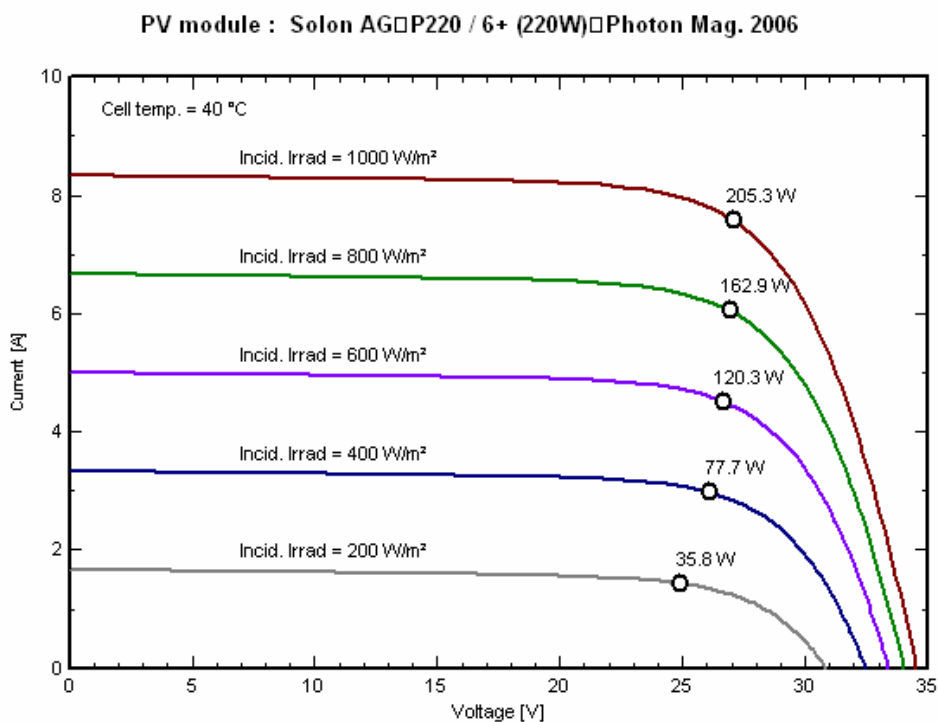


Figura 12. Gràfiques de característiques de les plaques en funció de la irradiació solar

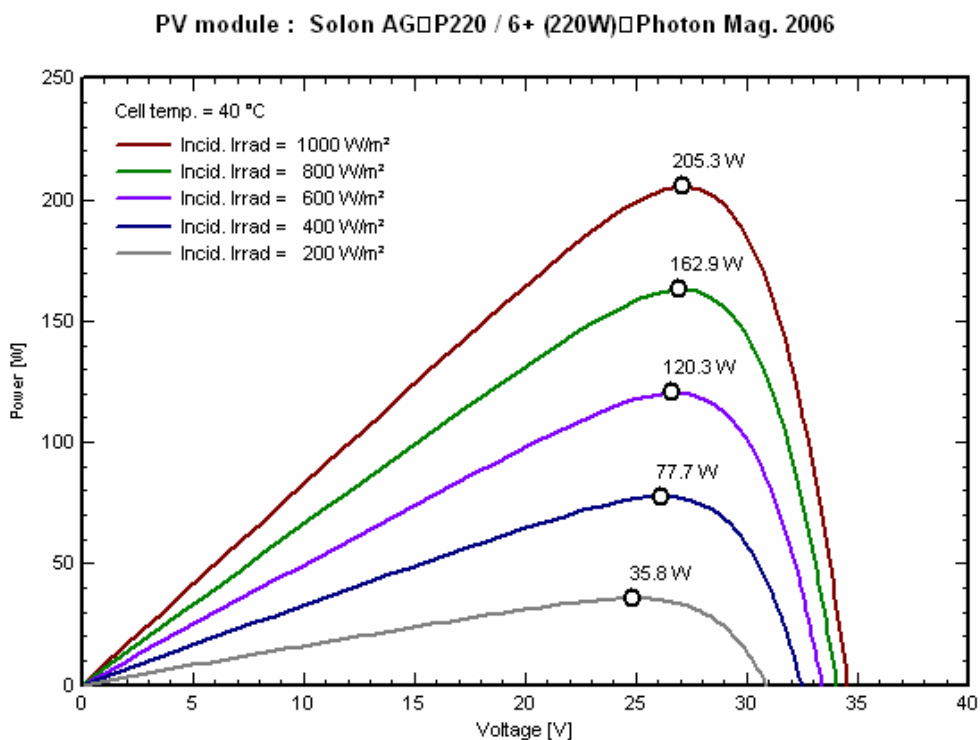


Figura 13. Gràfiques de característiques del voltatge en funció de la irradiació solar

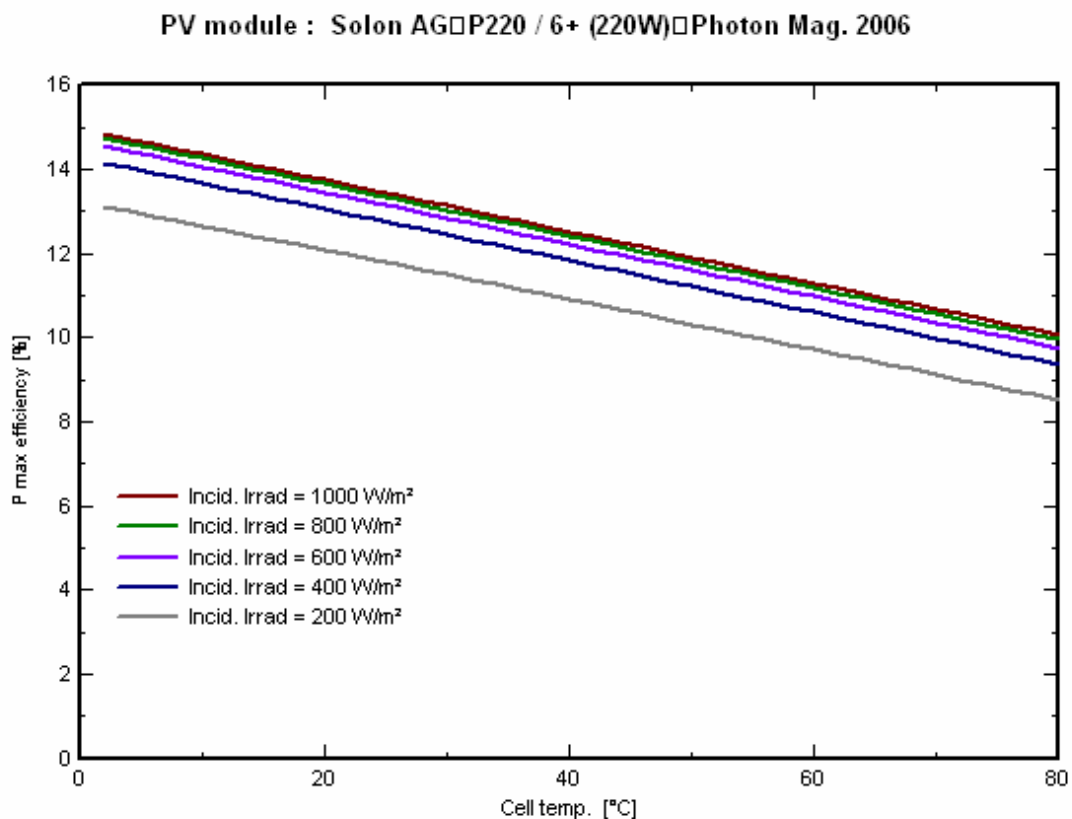


Figura 14. Gràfiques de característiques de l'eficiència de la cèl·lula en funció de la irradiació solar i de la temperatura d'aquesta

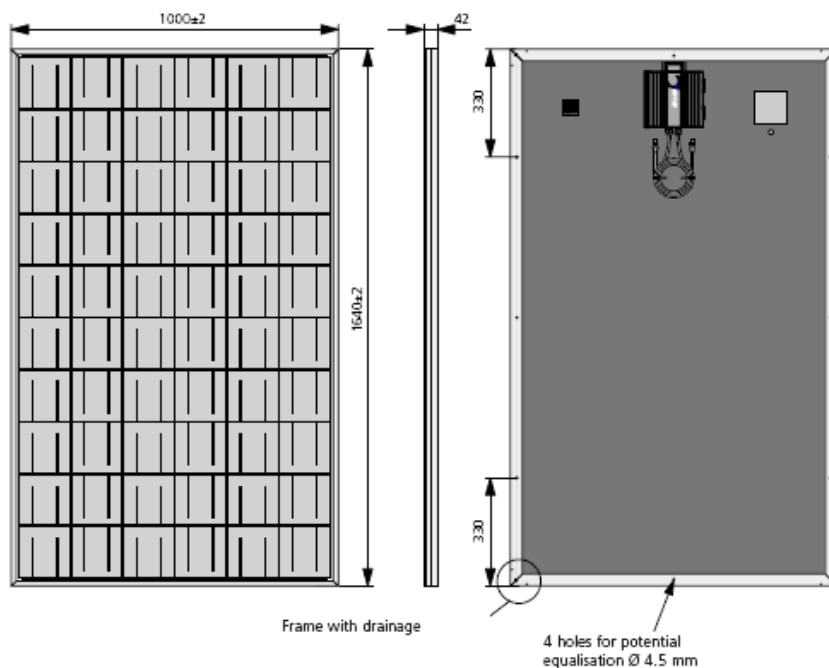


Figura 15. Mesures físiques del panell seleccionat

B.5 SELECCIÓ DE L'ESTRUCTURA

El model d'estructura seleccionat havia de complir els següents requisits mínims:

- Estructura d'alumini (baix pes) o en el seu defecte d'acer inoxidable per tenir una suficient resistència a la corrosió.
- Estructura de forma constructiva fàcil i senzilla. Fàcil muntatge amb poques eines de fixació directe a la coberta.
- Subministrament de les diferents peces per separat per reduir despeses de transport, ja que l'estructura es muntarà tota a l'obra.
- Fàcil adaptació al panell escollit i a l'apilament de diverses sèries sobre elles.
- Garantir que el producte aguanta els pesos i les accions a les que estarà sotmès.
- Reduït nombre d'anclatges per evitar el desgast o tall per cisalla d'algun component estructural.
- Garantia de producte i assegurament del subministrament.

El model escollit és l'estructura 1190DV del subministrador ANUSOL (Anudal Solar), de Badalona. Aquest fabricant extrueix directament el material de manera que el control de qualitat i el subministre del material subministrat és directe, sense intermediaris.

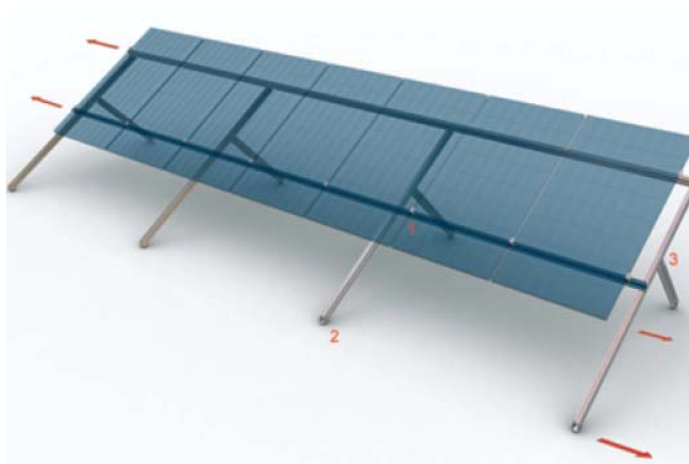


Figura 16. Vista de l'estructura escollida

A més, aquesta estructura permet adaptar-se bé a desnivells amb un angle variable de 15 a 50°, permet posar les plaques en horitzontal i vertical i la fixació d'aquestes a l'estructura mitjançant unes grapes expressament dissenyades per aquest fet.



Figura 17. Regulació dels sistemes de fixació



Figura 18. Fixació directe a l'estructura

La garantia del producte és de 10 anys, la fixació pot ser directe a l'estructura i el material és Alumini 6035.

B.6 CÀLCUL DEL NOMBRE DE PLAQUES SOBRE LA COBERTA DE L'EDIFICI POLITÈCNIC-1

S'utilitzaran els punts abans esmentats de cerca de la millor orientació i inclinació, com la millor col·locació dels panells fotovoltaics a la coberta de l'edifici Politècnic-1.

B.6.1.1 DETERMINACIÓ DE LA ORIENTACIÓ I DE LA INCLINACIÓ MÉS FAVORABLES.

L'edifici té una desviació de 25° respecte l'azimut. Es tracta d'una desviació que no es considera crítica i s'optarà per col·locar les plaques alineades en tot moment amb la línia general de l'edifici.

Aquesta decisió es justifica observant que el percentatge de pèrdues respecte una desviació de 0° de l'azimut no arriba al 5% de la producció. Així doncs, amb aquesta decisió, s'aprofita millor la coberta (col·locant les plaques en diagonal es perden metres quadrats útils), es reparteixen millor les càrregues sobre els actuals elements constructius (biguetes i lloses) i s'aconsegueix una millor integració arquitectònica.

La inclinació dels panells solars serà de 30°. L'objectiu és buscar la millor inclinació quan hi ha més hores de sol. Les èpoques amb major hores de sol són al voltant de l'estiu, quan la radiació solar directa és la latitud menys 10°.

Una altra manera d'observar el factor de la influència de la inclinació és a partir de les taules de dades de l'Atlas de la Radiació Solar de Catalunya amb les dades de Girona. En aquest document es pot observar que per la latitud de la instal·lació la inclinació que permet rebre major quantitat d'energia és a 30° sobre la horitzontal, la qual reforça la decisió de la inclinació dels panells solars sobre la horitzontal (coberta).

Determinat l'angle d'azimut i la inclinació, s'hauran de repartir les plaques per la teulada. En aquest cas, els objectius són repartir la càrrega de forma homogènia en la seva estructura (afavorir les càrregues uniformement repartides) i abaratir costos de material i mà d'obra.

B.6.1.2 DETERMINACIÓ DE LA SEPARACIÓ RESPECTE LES PÈRDUES PER OMBRES

Per determinar la separació entre plaques fotovoltaïques serà necessari saber com estan col·locades. En el cas de la coberta del P-1 s'ha estimat utilitzar la teulada sobre l'altell de l'aula de dibuix i les dues cobertes més enlairades (veure Document 2: Plànols).

En el cas de la teulada del P-1 s'ha estudiat la possibilitat de col·locar les plaques fotovoltaïques de tres formes:

La primera forma que s'ha estudiat ha estat la col·locació horitzontal d'un sol panell. L'avantatge d'aquesta forma és que s'aconsegueix una menor exposició al vent i les fileres de plaques poden estar més agrupades entre elles, ja que l'ombra projectada és menor.

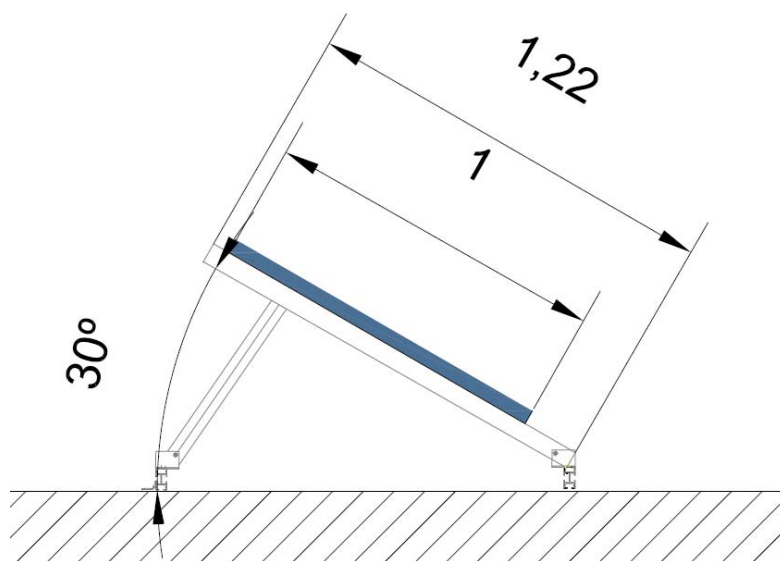


Figura 19 Col·locació horitzontal d'un sol panells

Els inconvenients de la col·locació de panells en forma horitzontal són diversos. Entre ells es necessita major quantitat de material per l'estructura, ja que tot i guanyar espai entre fileres, se'n perd de llargada i s'han de fer més fileres. Això també implica més cablejat i mà d'obra.

La segona forma estudiada és la col·locació vertical d'un sol panell. A diferència de la col·locació horitzontal d'un sol panell es té una major exposició al vent, però les caixes de connexió dels panells estan més pròximes entre elles i és més fàcil unir-los, de manera que hi ha un estalvi de cablejat.

A diferència del cas anterior, la separació entre fileres serà major, degut a un augment de l'ombra projectada, però cabran més panells fotovoltaics per metre lineal, de manera, que la despesa en estructura i mà d'obra serà semblant a la col·locació en horitzontal d'un sol panell. Tot i així, aquesta disposició en la teulada del P-1 no seria l'òptima, ja que la limitació existent en aquesta teulada és en llargada.

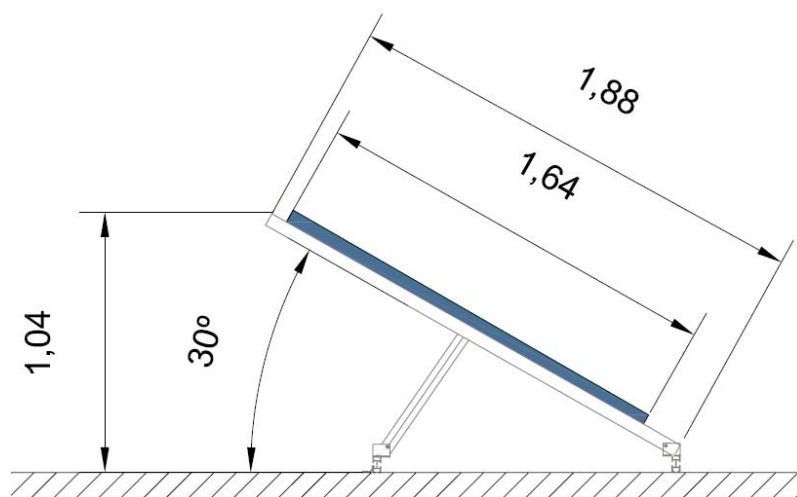


Figura 20. Col·locació vertical d'un sol panell

La tercera forma proposa ha estat la col·locació de 2 panells fotovoltaics col·locats en horitzontal (

Figura 21. Col·locació horitzontal de dos panells). La col·locació de dos panells en horitzontal permet col·locar més mòduls i per tant reduir costos en estructura respecte a la col·locació d'un sol panell.

Tot i així, el millor aprofitament seria 3 panells col·locats en horitzontal, en els casos en que s'haurà d'escollir aquesta configuració serà per la separació mínima entre fileres per tal que no es facin ombra entre elles, com seria el cas de part de la coberta del P-1.

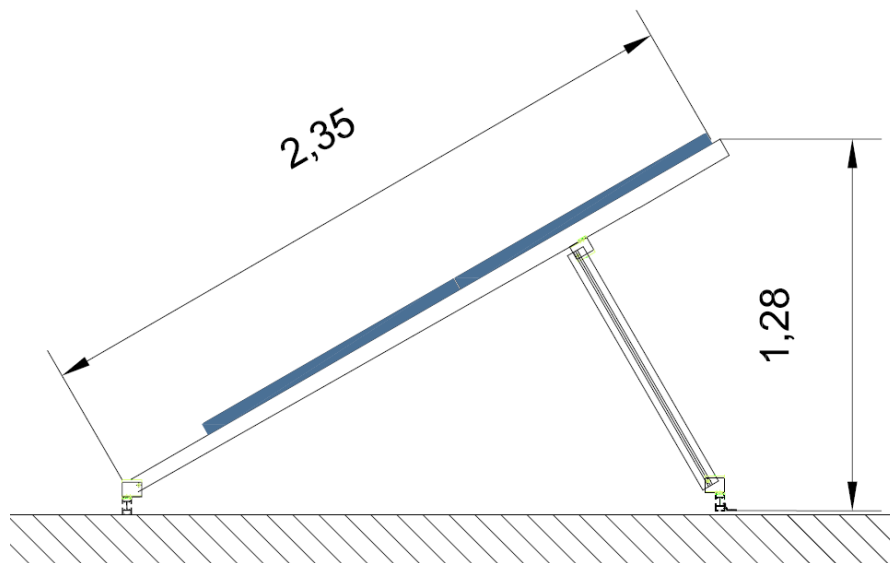


Figura 21. Col·locació horitzontal de dos panells

Segons la figura 22, la distància de separació entre fileres de plaques fotovoltaïques de dos panells col·locats en sèrie serà de 3,94 metres.

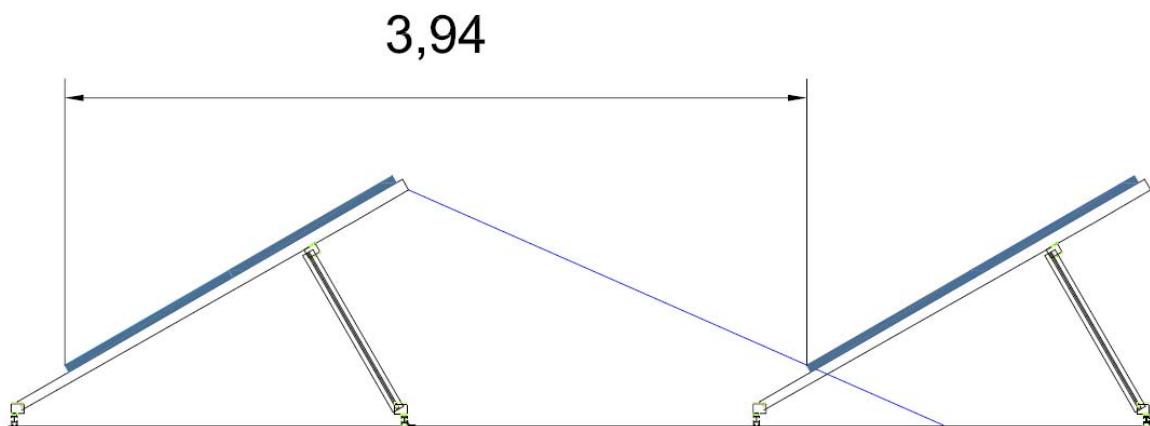


Figura 22. Separació entre grups de dos panells col·locats de forma horitzontal

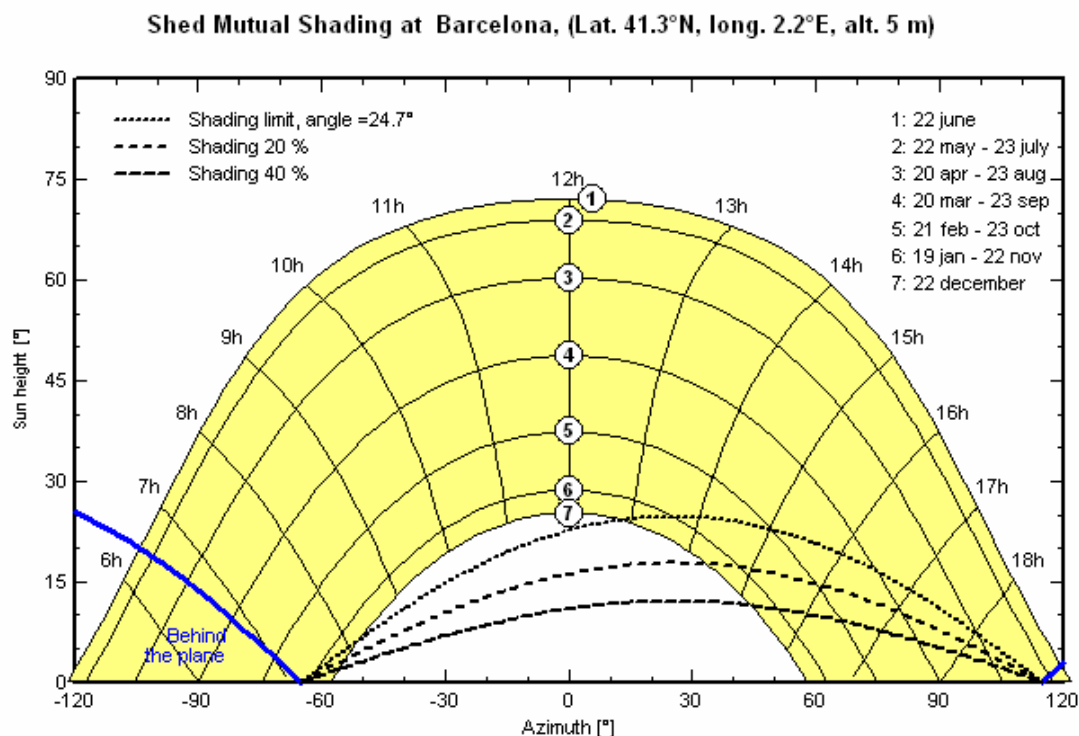


Figura 23. Influència en càlcul adjacent d'ombres de la separació de 3.94m entre fileres

La última proposta ha estat la col·locació de fins a tres panells en horitzontal sobre la mateixa estructura. Aquesta ha estat escollida quan ha estat possible per diversos motius:

- Tot i tenir una major exposició al vent, com que les cobertes sobre les quals seran de formigó permeten una major fixació que altres tipus de cobertes les quals ofereixen menors possibilitats (panell sandvitx, panell metàl·lic, etc.), per tant, la sobrecàrrega d'ús de les cobertes de formigó podrà aguantar bé la pressió descendent del vent.
- Es redueix molt el nombre de fileres a realitzar, ja que sobre una mateixa estructura es poden posar fins a tres fileres, de manera que hi ha un gran estalvi material i de mà d'obra de col·locació.
- Al col·locar estructures majors serà més fàcil circular sobre la coberta, ja que l'espai entre plaques serà major, afavorint els treballs de muntatge de la instal·lació i posteriors tasques de manteniment.

Així doncs, la col·locació de 3 panells en horitzontal s'utilitzarà sempre i quan sigui possible, ja que s'hauran de fer els corresponents càlculs per tal de veure si la pressió que pot exercir el vent sobre la superfície de plaques pot ser suportada per la coberta on estaran fixades.

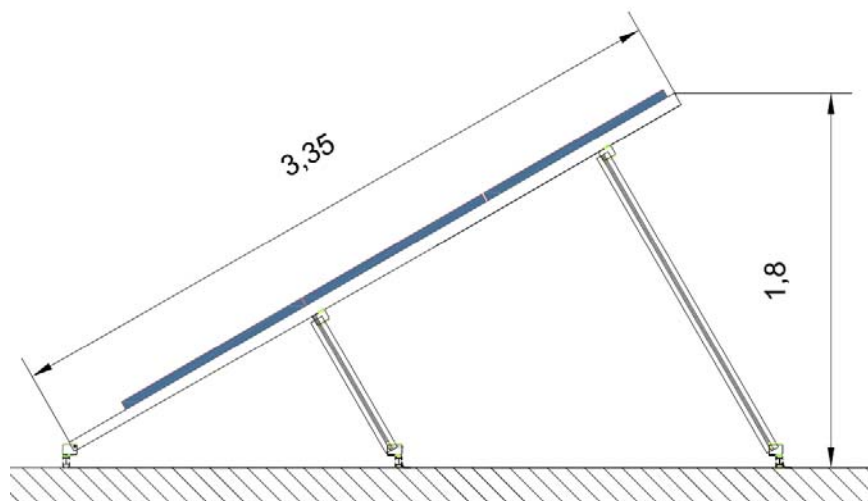


Figura 24. Estructura per la col·locació horitzontal de tres panells

Segons la figura 25 la separació òptima entre conjunts de 3 panells serà de 6.58 metres entre cada inici de placa fotovoltaica.

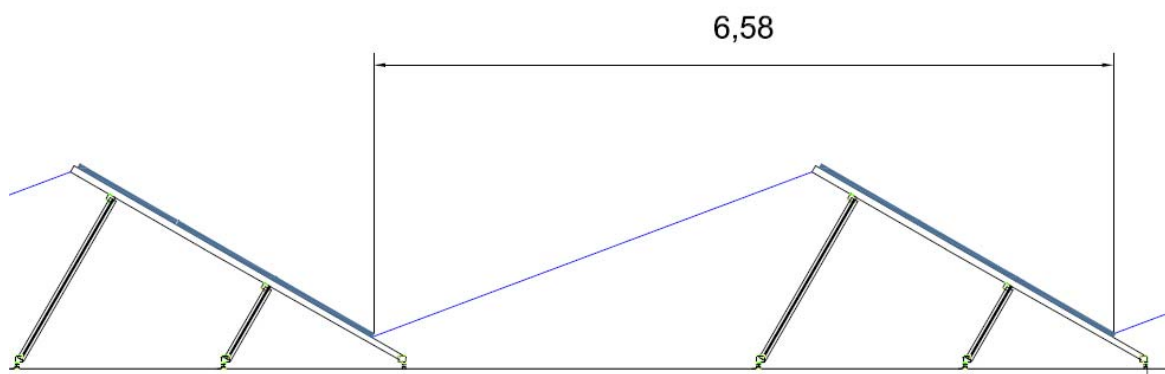


Figura 25. Separació entre grups de tres panells col·locats de forma horitzontal

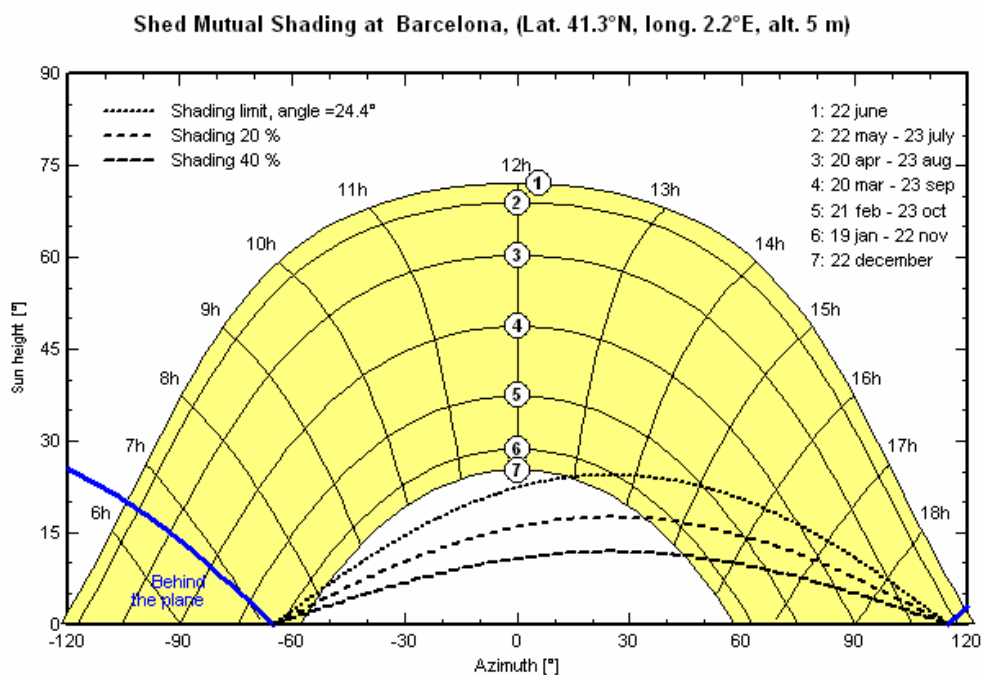


Figura 26. Influència en càlcul adjacent d'ombres de la separació de 3.94m entre fileres

Llavors, i tal com es pot veure en el document numero 2, Plànols, la distribució de plaques fotovoltaïques a la coberta del P-1 serà la següent:

72 plaques en una estructura 3 plaques horitzontals a l'altell del P-1, sobre l'aula de dibuix, així s'aprofita de crear una sola estructura d'una sola filera sobre l'altell en comptes de 3 si aquestes es col·loquessin soles horitzontals o 2 si es col·loquessin de forma vertical.

Instal·lant aquesta estructura sobre l'altell del P-1 també es permet enretirar les plaques mig metre a l'interior de l'altell, per treballar amb més seguretat.

68 plaques en una estructura de 2 plaques horitzontals. Separació entre fileres de 4 metres a la resta de coberta del P-1. En aquest cas s'ha hagut d'utilitzar aquesta configuració i no la de 3 panells per l'espai disponible, ja que la llargada disponible permetia encabir-hi molt bé 4 fileres de plaques horitzontals.



Figura 27. Col·locació dels panells sobre la coberta del P-1, conjunts de 3 i de 2 panells

La distància de separació entre les plaques fotovoltaïques col·locades sobre l'altell i les col·locades a la coberta posterior serà de 10,7 metres.

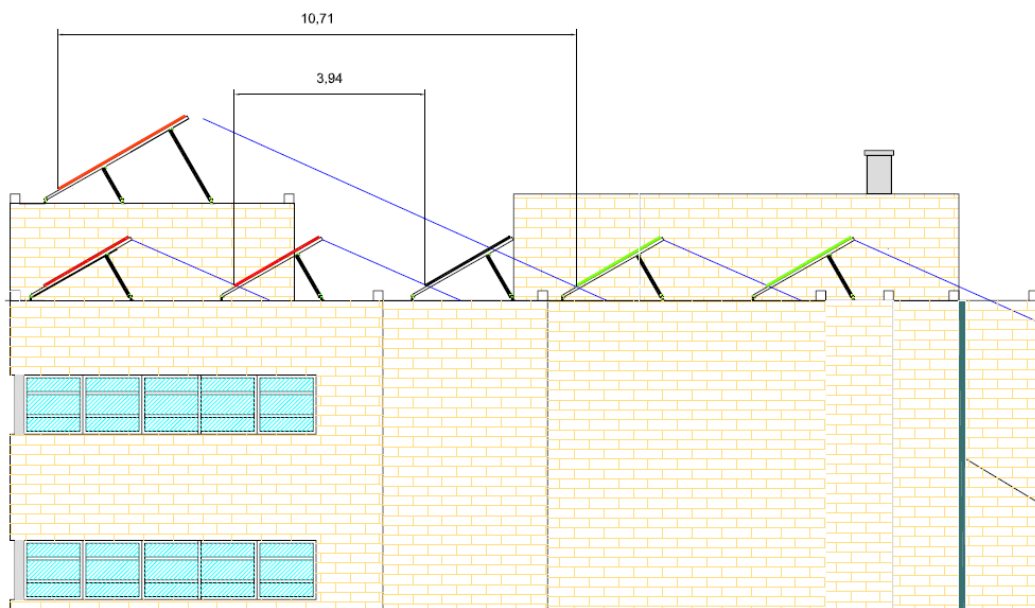


Figura 28. Separació entre els diferents grups de plaques de la coberta del P-1 (1)

B.6.2 COBERTA DE L'EDIFICI DEL P-3

L'edifici del P-3 està alineat amb l'edifici del P-1, per tant, tenen la mateixa desviació respecte l'azimut (+25°).

B.6.2.1 DETERMINACIÓ DE LA ORIENTACIÓ I DE LA INCLINACIÓ MÉS FAVORABLES.

La orientació i la inclinació de les plaques serà la mateixa que en la coberta del P-1. La col·locació de les plaques fotovoltaïques en la coberta del P-3 es realitzarà en l'extrem est de l'edifici i en el seu nucli central. Tot i ésser zones que estan força allunyades, són les que estan menys afectades per les ombres.

B.6.2.2 DETERMINACIÓ DE LA SEPARACIÓ RESPECTE LES PÈRDUES PER OMBRES

L'alçada de l'edifici P-3 és de 10.20 metres respecte el terra. Per altra banda, l'edifici P-1 té una alçada de 15.5 metres. El càlcul d'ombres realitzat ha determinat que les ombres que pot fer l'edifici del P-1 sobre la zona triada, són nul·les en les hores de producció d'una placa fotovoltaïca en les zones escollides per la seva col·locació.

L'estructura utilitzada en la part est, al ser allargada, serà la tipologia que pot suportar fins a 3 panells col·locats en horitzontal, respectant la separació entre ells (6,6 metres).

Per altra banda, la forma nucli central, no és gaire allargat, però sí molt ample. Aquest fet dificulta la utilització de l'estructura anterior, ja que no es pot fer gaire separació entre plaques fotovoltaïques. En aquest cas s'ha utilitzat la estructura de dos panells fotovoltaïcs col·locats en horitzontal (separació de 3,94 metres).

Així doncs la distribució de plaques fotovoltaïques a la coberta del P-3 ha estat la següent:

- 48 plaques fotovoltaïques en 4 estructures de 3 panells en horitzontal.

- 110 plaques fotovoltaïques en estructures de 2 panells horitzontal (55 conjunts).

Així doncs, el total de plaques fotovoltaïques: 158 plaques.

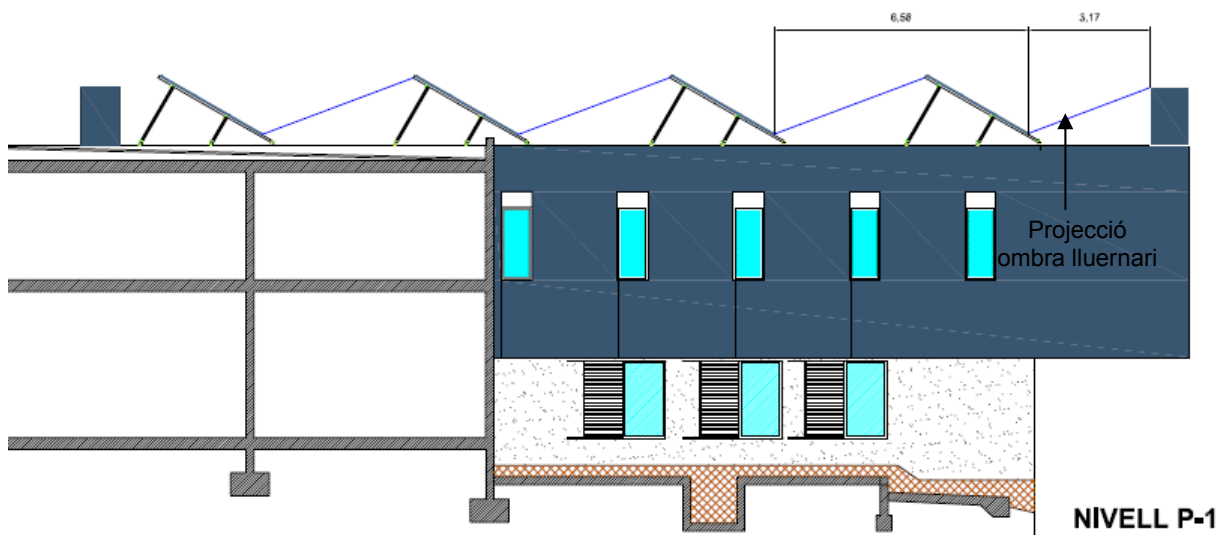


Figura 29. Col·locació de plaques fotovoltaïques a la part est del P-3

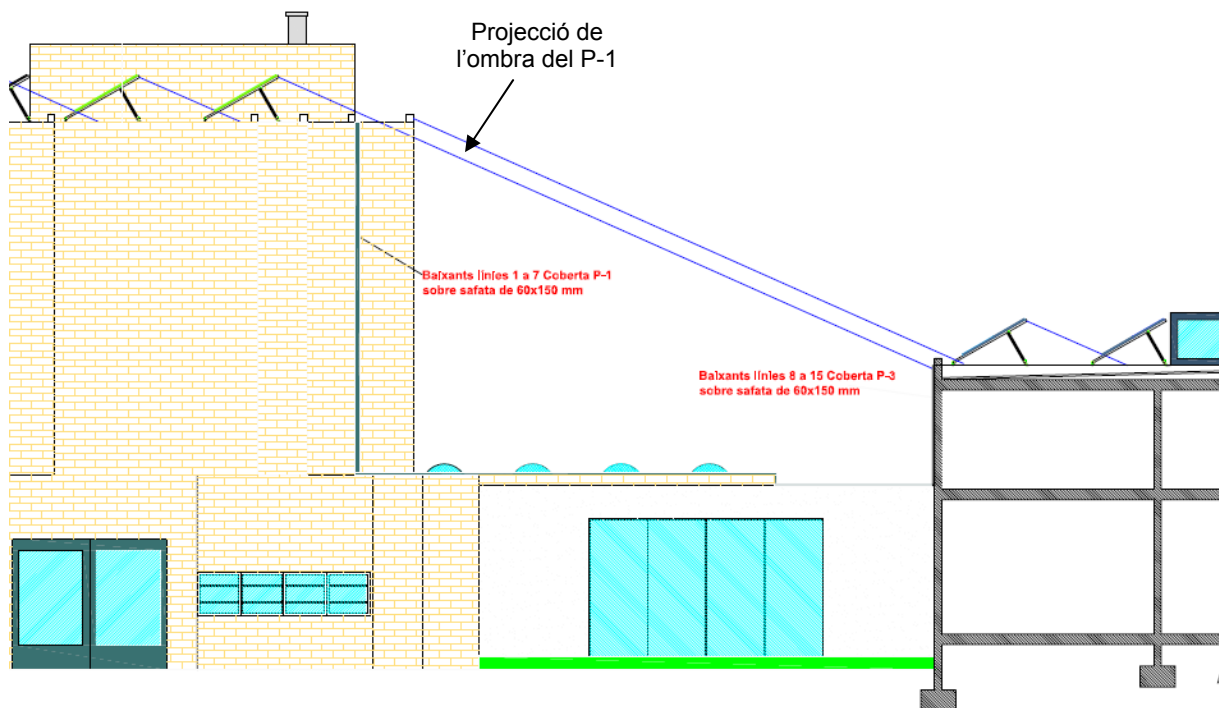


Figura 30. Col·locació de les plaques fotovoltaïques al nucli central del P-3 (vista oest)

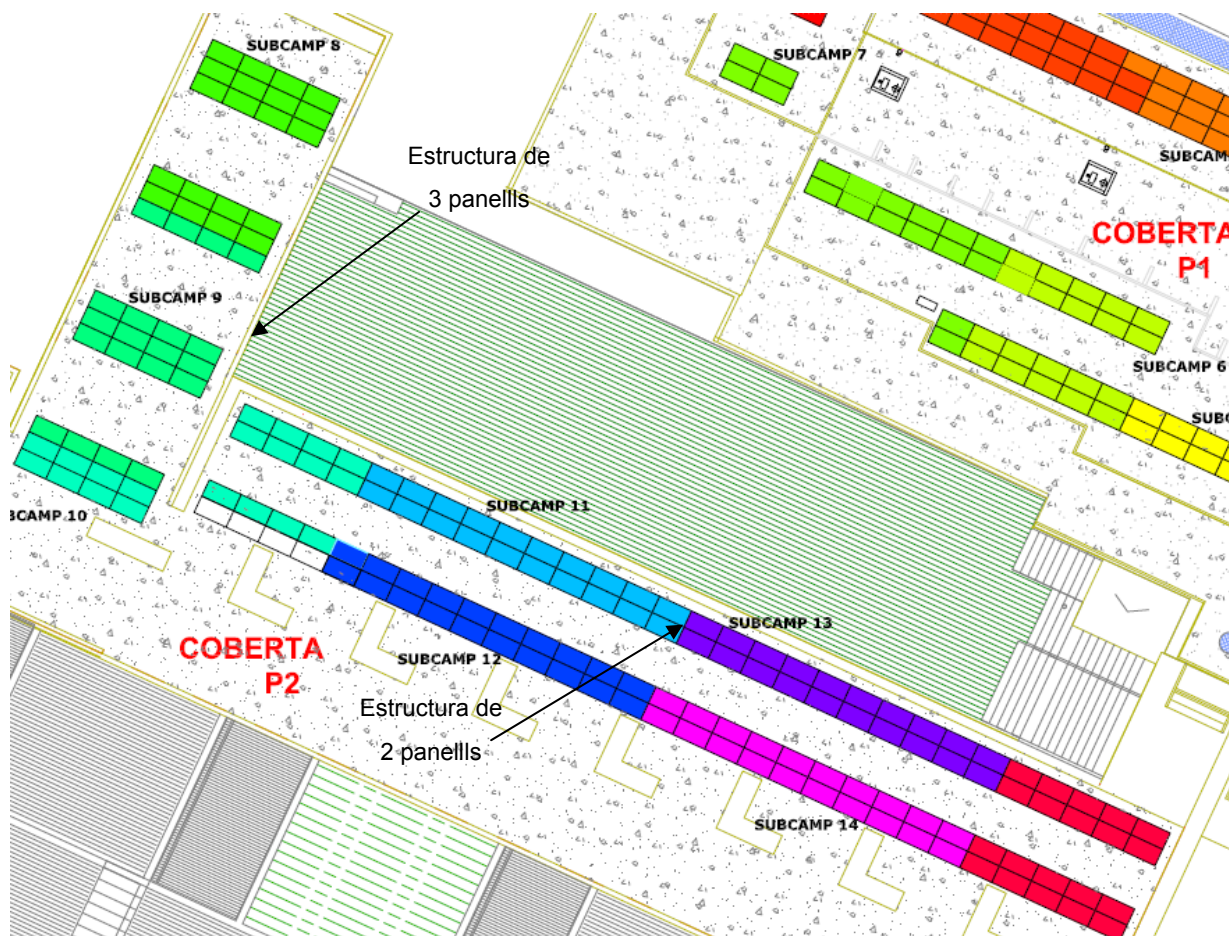


Figura 31. Vista de la col·locació dels panells a la teulada del P-3

B.7 SELECCIÓ DE L'ONDULADOR

Una vegada s'ha fet un càlcul de les plaques fotovoltaïques podien cabre a les cobertes seleccionades, és el moment d'escollir un ondulador fotovoltaic.

L'ondulador fotovoltaic (també anomenat inversor) és l'element que converteix i adequa la corrent contínua que li arriba del camp fotovoltaic a l'energia alterna per tal de connectar-se a la xarxa elèctrica de distribució. Segons les instal·lacions hi ha dos tipus d'onduladors: Onduladors descentralitzats o onduladors centralitzats.

B.7.1 AVANTATGES I INCONVENIENTS DELS DIFERENTS TIPUS D'ONDULADORS

Els onduladors descentralitzats solen ser petits onduladors monofàsics de potències al voltant de 5 kW. Tenen diversos avantatges com:

- Facilitat de muntatge (mides i pesos més reduïts) i col·locació (major resistència a la intempèrie).
- La instal·lació és menys dependent (és molt diferent que s'espatlli un ondulador descentralitzat d'un conjunt, a diferència d'un de central tot sol).

Ara bé, també tenen inconvenients:

- En haver-hi més equips, la instal·lació demana més manteniment.
- Si es vol establir una comunicació amb els equips, aquests hauran d'estar comunicats entre ells i hauran de tenir els protocols necessaris.
- En la utilització d'onduladors monofàsics és recomanable que el nombre final sigui múltiple de 3 unitats, per no descompensar les fases.

- La majoria d'ells s'autoalimenten, és a dir, per tal de funcionar roben una petita part de l'energia que produeixen. En els moments en què no hi ha tensió als seus borns, funcionen amb una bateria que hi ha al seu interior.

Per altra banda, tal com s'ha dit anteriorment existeixen els onduladors centrals. Es tracta de col·locar un sol ondulador per tota la instal·lació. Aquests equips existeixen a partir de potències superiors a 20 kW i ja són trifàsics. Entre d'altres, destaquen els seus avantatges:

- El manteniment es limita a un sol equip
- La majoria de vegades, no s'autoalimenten tant com els onduladors descentralitzats, de manera que augmenta una mica el rendiment de la instal·lació.
- Al ser un sol equip, el protocol de comunicació i control d'aquest és molt més senzill.
- El preu d'un ondulador central respecte un conjunt d'onduladors descentralitzats normalment és lleugerament inferior, sobretot en instal·lacions a partir de 60 kWp.

Per altra banda, els onduladors centrals també tenen els seus inconvenients:

- Precisen d'un local per ser col·locats, ja que no estan pensats per anar a l'exterior, tenen unes mides considerables i són molt pesats.
- Si s'espatlla un ondulador central la instal·lació deixa de funcionar, a diferència d'una instal·lació amb descentralitzats, on hi ha una baixada de la producció.

En el present projecte, s'ha preferit utilitzar un ondulador central al qual arribaran les dues parts de la instal·lació (coberta del P-1 i del P-3). Aquest ondulador haurà d'estar situat en un recinte especial, amb la ventilació necessària per tal que la temperatura de màxima de funcionament (40°C).

B.7.2 ONDULADOR ESCOLLIT

El model escollit és l'inversor SINVERT SOLAR MASTER 60kVA del fabricant SIEMENS i està especialment indicat per a les instal·lacions fotovoltaïques de connexió a xarxa. La seva facilitat d'utilització, nul·l manteniment i baix nivell sonor el fa molt adequat tant en entorns domèstics com industrials.

A part dels punts anteriors, la gamma d'inversors SIEMENS SINVERT disposa d'un sistema de control que li permet un funcionament completament automatitzat. Estan protegits enfront de situacions següents:

- Fallada en la xarxa elèctrica.
- Tensió de xarxa fora de rang.
- Freqüència de xarxa fora dels límits de treball.
- Temperatura de l'inversor elevada.
- Supervisió de defectes a terra (comprovació permanent de la resistència d'aïllament).
- Tensió del generador fotovoltaic baixa.
- Intensitat del generador fotovoltaic insuficient.

Per altra banda, els inversors SIEMENS poden acoblar-se en paral·lel, conformant així un sistema obert a possibles ampliacions futures. El cor dels Sinvert Solar és un convertidor de potència de la sèrie Simovert Master Drives de Siemens. Aquest convertidor, basat en tecnologia IGBT es caracteritza tant per la seva alta qualitat i fiabilitat com per la seva experiència en els mercats.

Totes les unitats porten el marcatge CE i compleixen importants normes internacionals (DIN VDE, EN, IEC).

El muntatge, d'acord amb les directives CEM permet el funcionament inclòs en àrees sensibles a interferències. Per obtenir un grau d'eficàcia el més elevat possible, s'ha optimitzat la unitat d'alimentació en el seu conjunt reduint al mínim les pèrdues.

La distribució integrada de corrent contínua i alterna possibilita una integració del sistema compacta i rentable. La regulació del MPP, el control i la supervisió de tota la instal·lació (generador fotovoltaic, inversor, distribució CC/CA integrada i interfície de xarxa la realitza un PLC del tipus SIMATIC S7. El PLC garanteix un funcionament altament flexible amb interfícies estandarditzades (RS232/RS485/MPI/Profibus DP). Amb ajuda d'interfícies, és possible integrar el sistema en una interfície home - màquina o en una instal·lació ja existent.



Figura 32. Vista frontal d'un ondulador central Siemens Sinvert de 60 kVA

Els inversors hauran de complir les exigències de les directives de Seguretat Elèctrica en Baixa Tensió i Compatibilitat Electromagnètica. L'inversor haurà de disposar d'un seguiment automàtic del punt de màxima potència del generador, no podrà treballar en illa i la potència de l'inversor serà com a mínim el 80% de la potència pic real del conjunt generador fotovoltaic.

A nivell de connexionat, l'inversor disposa de dues entrades de contínua, que llavors s'uneixen en un bus de contínua comú. Així, si s'espatlla un contactor, encara quedarà l'altre funcionant i la instal·lació no quedarà parada del tot.

A les següents imatges es mostren les característiques internes més representatives de l'ondulador:

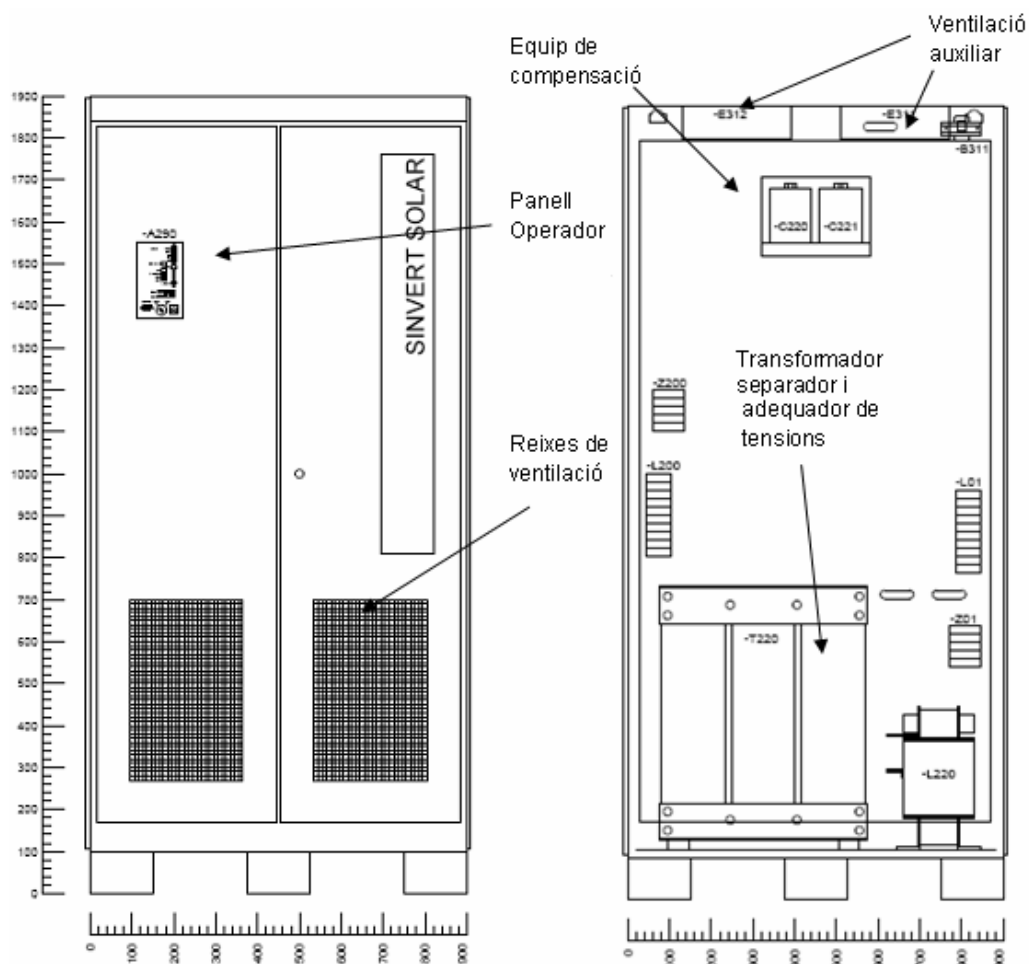


Figura 33. Vista davantera amb tapa i posterior sense Tapa d'un Sinvert Solar

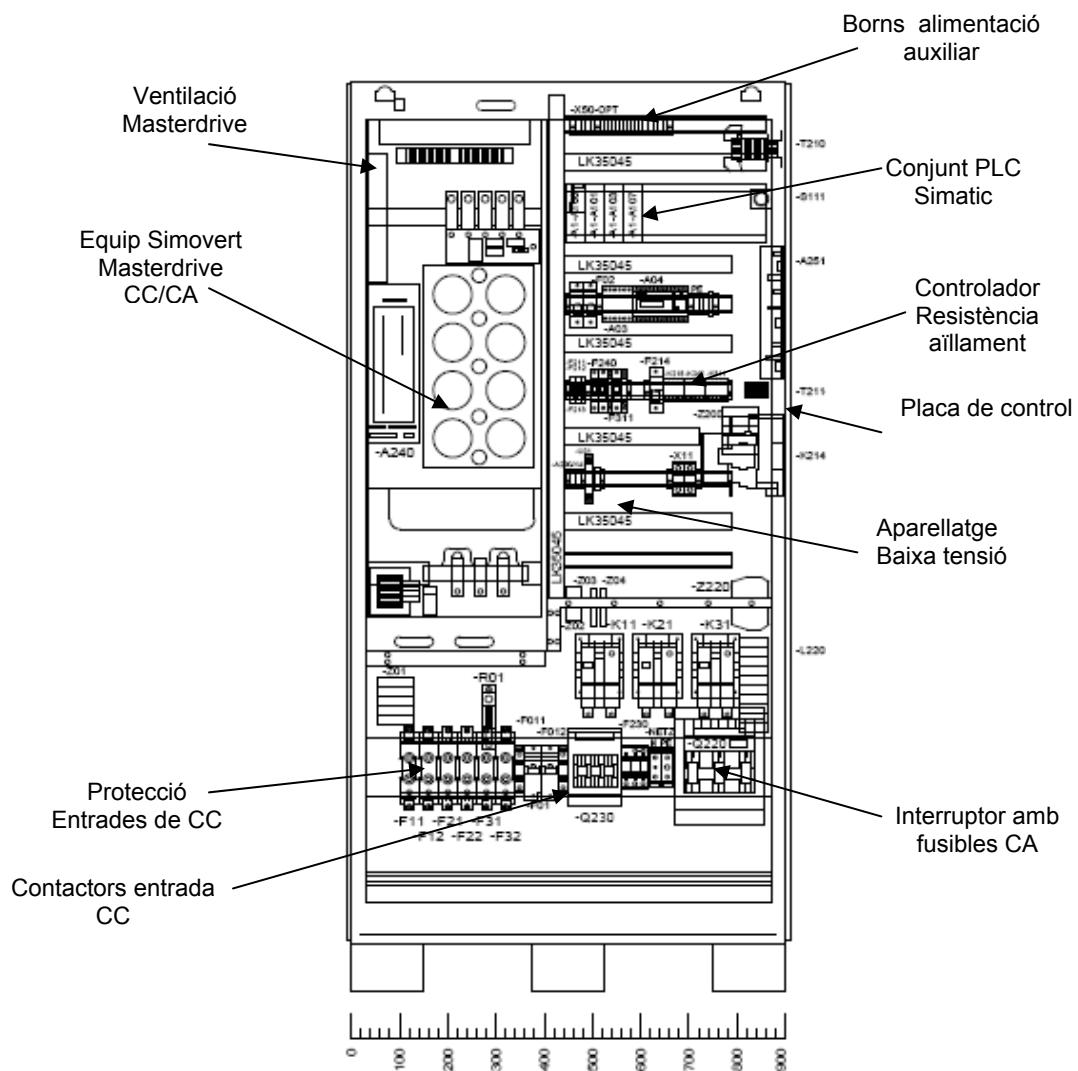


Figura 34. Vista frontal dels diferents components que formen el Sinvert Solar

Les dades característiques de l'ondulador són facilitades pel mateix fabricant. Aquestes dades han estat entrades al PVSYST per tal de fer el posterior dimensionat i simulació de la instal·lació fotovoltaica. El resum de les dades més significatives es pot veure a la següent figura.

| | |
|--|----------------------------------|
| PVSYST V4.1 | |
| DADES TÈCNIQUES ONDULADOR SIEMENS SINVERT SOLAR MASTER 60 KVA | |
| Characteristics of a grid inverter | |
| Manufacturer, Model : | Siemens, Sinvert Solar 60 |
| Availability : | Produced from 1998 |
| Data source : | Photon Mag. 2006 |
| File : | Sinvert_60.OND of 28/03/08 23h27 |
| Input characteristics (PV array side) | |
| Operating mode | MPPT |
| Minimum operation voltage Vmin | 450 V |
| Maximum operation voltage Vmax | 750 V |
| Maximum PV array voltage Vmax array | 900 V |
| Minimum voltage for Pnom Vmin PNom | N/A V |
| Behaviour at Vmin and Vmax | Limitation |
| Nominal PV power | Pnom DC 60 kW |
| Maximum PV power | Pmax DC 68 kW |
| Maximum PV current | Imax DC N/A A |
| Input Power Threshold | Pthresh. 600 W |
| Behaviour at PNom | Limitation |
| Output characteristics (AC voltage side) | |
| Grid voltage | Unom 400 V |
| Grid frequency | Freq 50/60 Hz |
| | Triphased |
| Efficiency | Max Eff. 95.9 % |
| European average efficiency | Euro Eff. 93.9 % |
| Nominal AC output power Pnom AC | 57 kWac |
| Maximum AC output power | Pmax AC 65 kWac |
| Nominal AC output current | Inom AC 68 A |
| Maximum AC output current | Imax AC 94 A |
| Remarks and Technical Features | |
| Technology: Master/Slave capability | Sizes: Width 950 mm |
| Protection: | Height 1725 mm |
| Control: 2 x LED 7 segments | Depth 850 mm |
| | Weight 620.00 kg |
| Efficiency profile vs Input power | |
| | |

Figura 35. Resum de les dades més importants de l'ondulador

Altres dades d'importància de l'ondulador:

- Tolerància de tensió en alterna: +/- 10% amb una precisió de +/- 2%.
- Valor eficaç de la corrent alterna en el costat CC com a màxim del 2% del valor mig instantani de la corrent contínua amb $R_i = 390 \Omega \cdot kW$.
- Els conductors actius no estan connectats a terra (xarxa CC: IT)
- Distorsió harmònica de la corrent < 3% a la potència nominal i amb distorsió harmònica de la tensió de xarxa < 2%.
- La distorsió harmònica de la tensió es pot ajustar en el punt d'alimentació aigües amunt del filtre actiu (la unitat millora el seu rendiment).
- Pèrdues sense càrrega (no es produeix sortida de potència a la xarxa) < 1% P_n .
- Pèrdues en stand-by aprox. 30 W.
- Taula de rendiment d'acord a la IEC61683.
- La ventilació interna de l'ondulador, de 1.500 m³/hora és externa, millorant el rendiment d'aquest.
- Grau de protecció IP-20.

B.8 COMPOSICIÓ DEL CAMP FOTOVOLTAIC

En base a l'inversor escollit, s'ha de configurar la millor forma de connectar tots els panells que caben a les teulades, intentant aprofitar el màxim nombre d'aquests. De totes les combinacions possibles, s'ha d'intentar que el marge global de tensions i intensitats en el punt de màxima potència i en circuit obert siguin respectuoses amb les exigències del fabricant.

La composició resultant de la instal·lació fotovoltaica serà de 20 panells en sèrie per 15 panells en paral·lel. Aquesta configuració ha estat comprovada amb el PVSYST.

| Paràmetre | Valor resultant de la configuració proposada | Marge de funcionament de l'inversor escollit |
|--------------------------|--|--|
| V _{mp} (60°C) | 495V | 450 < V < 750 |
| V _{oc} (-10°C) | 900V | 900V |
| kWp instal·lats | 300x220W = 66.000 Wp | 68.000 Wp |
| I _{mp} (60°C) | 112 A | 132 A |
| I _{sc} (-10 °C) | 125 A | 149 A |

Taula 3. Composició de la instal·lació fotovoltaica

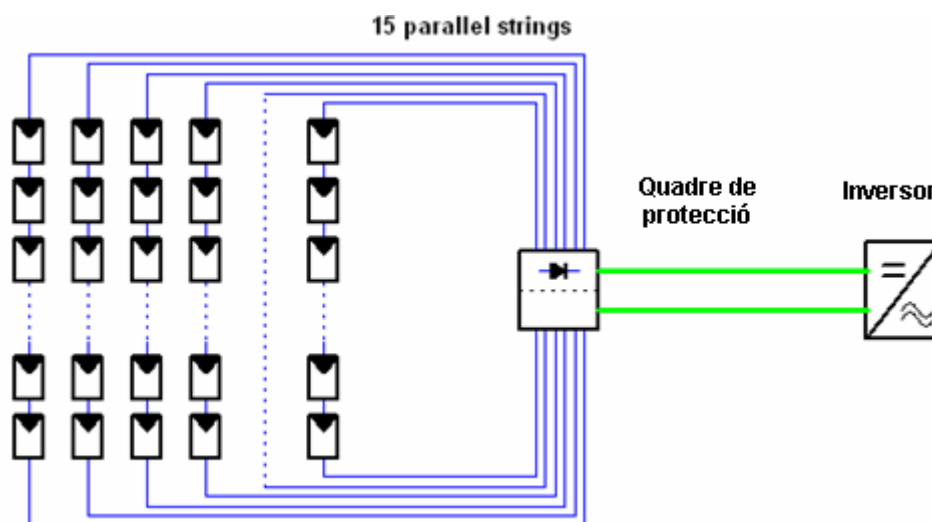


Figura 36. Vista gràfica de la composició de la instal·lació.

Així doncs, la composició del camp fotovoltaic serà de 300 panells fotovoltaics de 220 Wp.

El fet que la potència instal·lada sigui superior a la potència de sortida de l'inversor no suposa cap inconvenient, ja que s'ha de tenir en compte que la potència pic (Wp) és una potència mesurada en un laboratori, amb una radiació solar de 1000 W/m^2 , normal a la superfície i en un ambient a una temperatura de 25°C , amb l'objectiu de comparar les plaques dels diferents fabricants.

En situació d'explotació real no s'aconsegueix una irradiància de 1000 W/m^2 , sobre superfícies inclinades tret d'alguns migdies solars del mes de gener, en els que els rajos solars són els més baixos de tot l'any. Aquesta informació pot ser contrastada amb les dades obtingudes de l'explotació real d'alguns camps solars de Catalunya.

Així doncs, dimensionant el camp solar per sobre de la capacitat de producció dels inversors s'aconsegueix mantenint els nivells de generació d'energia facturable al màxim de la seva capacitat durant major part del període de funcionament, i per tant, millora el rendiment econòmic per Wp instal·lat. A l'annex B es detalla la producció de la instal·lació.

Per altra banda, el PVSYST permet veure si el dimensionat de la instal·lació és l'òptim respecte els voltatges de funcionament de les plaques. Realitzant la instal·lació de 15 panells en paral·lel per 20 en sèrie, la diferència de un 0.7 % (Figura 37. Comparació entre la configuració d'instal·lació proposada i la òptima segons el PVSYST).

Per altra banda, es proposa col·locar l'inversor central en un edifici aïllat de les inclemències meteorològiques. En principi, es proposa la col·locació d'un prefabricat totalment exterior i a part dels actuals edificis, tot i que no es rebutja la idea d'utilitzar alguna sala ja existent en desús de l'edifici.

En aquest centre hi haurà també l'equip de control de la instal·lació fotovoltaica i l'equip de protecció de corrent contínua de la instal·lació. L'escomesa de la instal·lació es col·locarà a l'exterior d'aquest edifici, per tal de que sigui sempre accessible al personal de la companyia elèctrica.

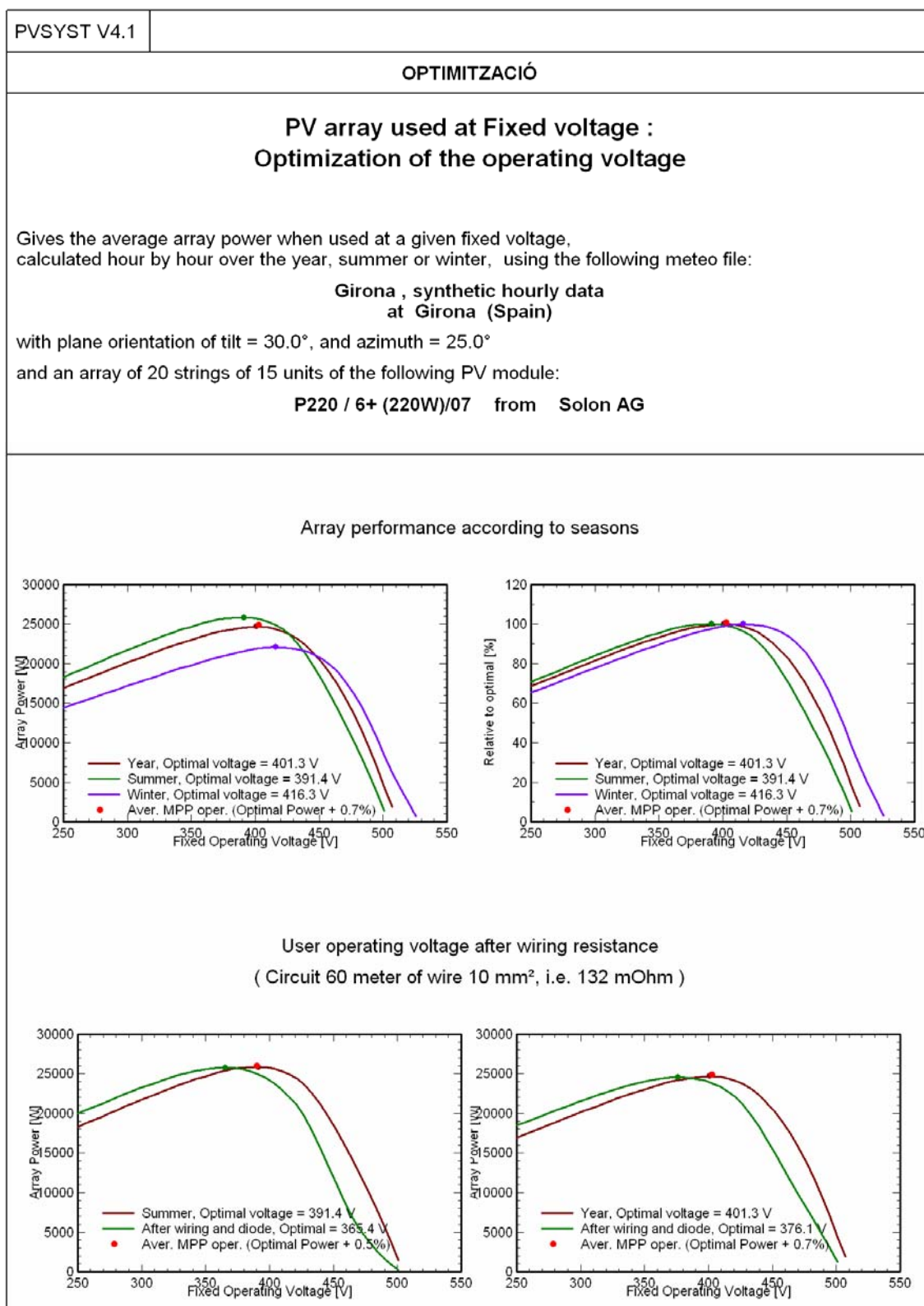


Figura 37. Comparació entre la configuració d'instal·lació proposada i la òptima segons el PVSYST

B.9 PÈRDUES MÀXIMES PEL DISSENY DE LA INSTAL·LACIÓ

La instal·lació fotovoltaica projectada es pot veure afectada per quatre tipus diferents de pèrdues. Aquestes pèrdues es calculen per un cas teòric de irradiació solar de 800 W/m².

Les pèrdues poden ser per:

- Paràmetres tèrmics.
- Caiguda de tensió.
- Pèrdua de qualitat del mòdul.
- Angle d'incidència.

B.9.1 PÈRDUES PER PARÀMETRES TÈRMICS

El comportament tèrmic del camp té una gran influència en el funcionament elèctric i es determina per mitjà d'un equilibri tèrmic entre la temperatura ambient i l'escalfor de la cèl·lula fotovoltaica a causa de la irradiació incident.

Una vegada determinats aquests valors, seran introduïts al simulador PVSyst (Figura 38. Entrada de valors de les pèrdues tèrmiques de la instal·lació).

Els diferents factors tèrmics que afecten a la instal·lació es detallen en els següents punts:

B.9.1.1 Field Thermal loss factor (Factor de pèrdues tèrmic del conjunt de panells solars)

Aquest factor (k), determina les pèrdues per temperatura de la instal·lació, i ve definit per la següent expressió:

$$k \cdot (T_{\text{cel·lula}} - T_{\text{ambient}}) = \alpha \cdot \text{Rad. incident} \cdot (1 - \eta) \quad (\text{Eq. 4})$$

On:

α és el coeficient d'absorció de la radiació solar (al voltant de 0,9).

η és l'eficiència del sistema fotovoltaic (al voltant de 0,1).

Per altra banda, k ve derivat del comportament tèrmic de la instal·lació caracteritzada per un factor de pèrdua tèrmic en funció de k , que pot ser composta en un component constant k_c i un factor proporcional a la velocitat de vent k_v :

$$k = k_c + k_v \cdot v \quad (k \text{ en } [W/m^2 \cdot K], \quad v = \text{velocitat del vent } [m/s]). \quad (\text{Eq. 5})$$

Aquests factors depenen de la forma de muntatge dels mòduls (coberts, teulades, façanes, etc.). Per a la circulació lliure, aquest coeficient mana a ambdues cares, o sigui, dues vegades l'àrea del mòdul. Si la part inferior dels mòduls està més o menys aïllada tèrmicament aquest valor hauria de baixar teòricament fins a la meitat del seu valor (és a dir el costat del darrere no participa més a la transferència tèrmica).

En la majoria d'instal·lacions, se solen recomanar els següents valors de diverses instal·lacions, per a mòduls muntats en rafals sense la cobertura del darrere, amb la circulació d'aire lliure tot al voltant:

$$k_c = 20 \text{ W/m}^2 \cdot K, \quad k_v = 6 \text{ W/m}^2 \cdot K / \text{m/s}$$

Aquests valors concorden molt bé les mesures (fan un terme mitjà de la desviació de l'ordre de 0.5 a 1°C), però aquestes van ser definides utilitzant dades de vent registrades, unes velocitats bastant inferiors que les dades de vent habituals disponibles en els arxius del simulador, registrades uns 10m per sobre el nivell del mar. Per tant amb aquests paràmetres PVsyst utilitza un coeficient dissipatiu molt alt i la temperatura de sèrie fresca, conduint a pèrdues de calor elevades.

Quan la velocitat de vent no és el present en les dades (és el cas per a tots els arxius sintètics construïts per PVSYST com en el present projecte), el PVsyst automàticament transfereix la contribució depenent de vent en el factor k_c , assumint una velocitat de vent mitjana de 1.5 m/s (o 5 m/s en el cas últim):

$$k_c = 29 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}, \quad k_v = 0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k} / \text{m/s}$$

B.9.1.2 Temperatura nominal de funcionament del col·lector solar (NOCT)

En la majoria de catàlegs de panells fotovoltaics s'especifica el coeficient NOCT ("Nominal Operating Collector Temperature"), com la temperatura assolida pels mòduls PV sense la cobertura de sota amb les condicions de funcionament estàndard definides com:

Radiació Incident= 800 W/m², Tamb=20°C, Velocitat vent = 1 m/s, Circuit obert.

El factor NOCT és relacionat amb la k de factor de pèrdua per l'equilibri tèrmic (de l'anterior expressió):

$$\alpha \cdot 800 \text{ W/m}^2 \cdot (1 - 0) = (k_c + k_v \cdot 1 \text{m/s}) \cdot (\text{NOCT} - 20^\circ\text{C}). \quad (\text{Eq. 6})$$

Segons les especificacions del fabricant, el valor del NOCT serà 45°C.

Una vegada determinats tots els valors anteriors, s'entraran les dades al programa de simulació.

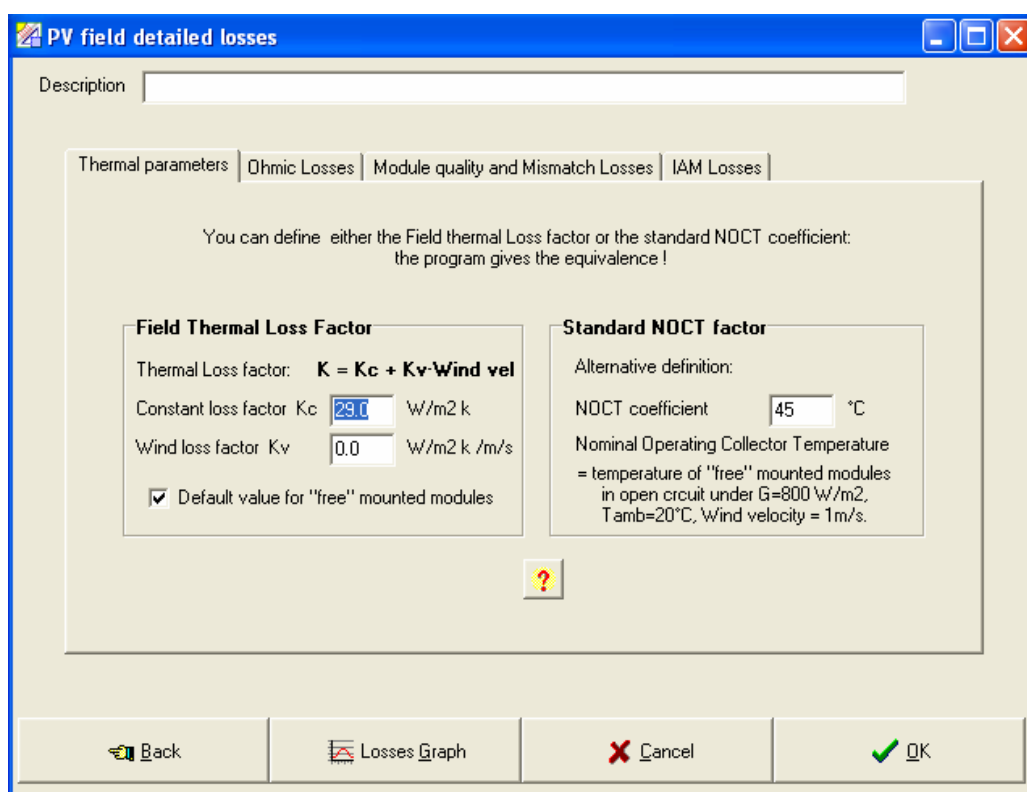


Figura 38. Entrada de valors de les pèrdues tèrmiques de la instal·lació

B.9.2 PÈRDUES PER CAIGUDES DE TENSÍO

La caiguda de tensió màxima permesa del circuit de contínua serà del 1,5-2% tenint en compte que hi poden haver longituds molt grans, però aquestes no han de superar els 200 metres si és possible.

Aquestes observacions es fixaran en el simulador, podent ser modificades. Com que ja es disposa de les dades de la placa, automàticament es mostren calculats els diferents valors per cada subcamp (Figura 39. Pèrdues màximes per caiguda de tensió).

Wiring layout : Groups of parallel strings

| | Aver. length m / circuit | Section mm ² | Per circuit | | Global array | |
|---------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------|--------------------|------------------|--------------------|
| | | | Current A | Resistance mOhm | | Resistance mOhm |
| One string = 20 modules: | | | | | | |
| String module connexions | 100 | 4 | 7.6 | 550 | 15 strings: | 36.7 |
| Main box to inverter | 10 | 35 | 114 | 6 | | 6.29 |
| Field global wiring resistance | | | | | 43.0 mOhm | |
| MPP Loss fraction at STC | | | | | 0.9 % | |
| Total copper mass | | | | | 50 kg | |
| Total wire cost | | | | | 0 EUR | |

Wiring layout

Parallel strings
 Groups of parallel strings

Optimisation

Target Loss fraction: 3.0 %

Minimize copper mass
 Minimize cost

Figura 39. Pèrdues màximes per caiguda de tensió

B.9.3 PÈRDUES LA QUALITAT DEL MÒDUL I DE POTÈNCIA

Són aquelles pèrdues que són conseqüència de les variacions donades pel fabricant i per les característiques tècniques del panell utilitzat.

B.9.3.1 DESVIACIÓ DE LA QUALITAT DEL MÒDUL

Desviació respecte l'eficiència donada pel fabricant (*module quality*): 3%.

El mateix fabricant dóna una desviació del 3% respecte els valors nominals de la fitxa tècnica del producte.

B.9.3.2 PÈRDUES DE POTÈNCIA PER DESAJUST (*MISMATCH LOSSES*)

Aquestes pèrdues es donen perquè els panells una vegada estan connectats entre ells no presenten la mateixa característica Tensió – Intensitat. Una sèrie de càlculs gràfics ajuden a visualitzar el comportament realista de la sèrie, amb una dispersió arbitrària de les característiques de corrent de curt-circuit de cada mòdul.

Aquesta eina gràfica permet quantificar la pèrdua de potència al màxim punt de potència, així com (generalment més elevat) la pèrdua d'intensitat treballant a voltatge fixe. A més, realitza la simulació per una falta d'adequació del factor de pèrdua, el qual es considera contant durant la simulació.

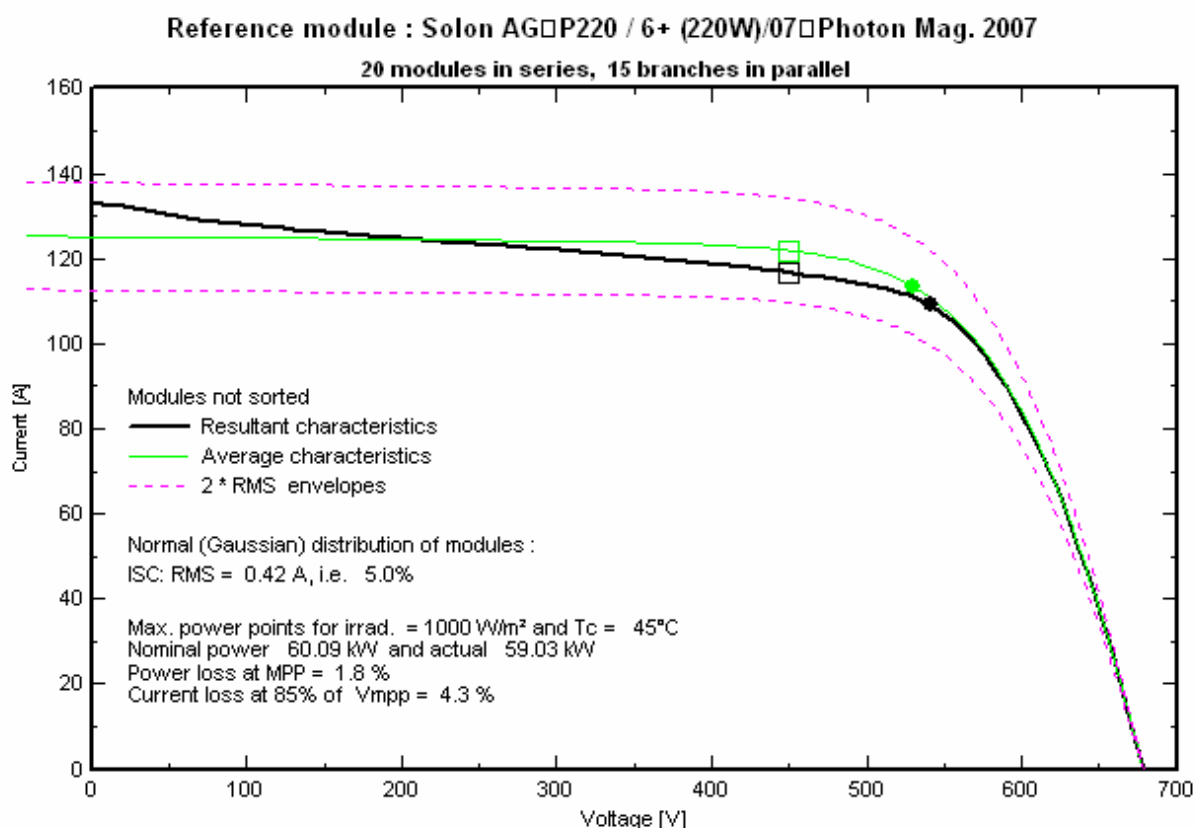


Figura 40. Pèrdues de potència respecte el MMP del mòdul segons la configuració realitzada

Els valors calculats pel simulador són:

- Pèrdua de potència en la zona de màxima potència (MPP): 1.8%.
- Pèrdues treballant a un voltatge fix: 4.3%.

Aquests valors són calculats tal com s'ha comentat anteriorment, i per fer-ho és necessari disposar de tots els valors de la fitxa tècnica del panell utilitzat. Per fer-ho, té en compte la composició de la instal·lació (15 strings en paral·lel).

B.9.4 PÈRDUES PER L'ANGLE D'INCIDÈNCIA (IAM)

Les pèrdues per la modificació de l'angle d'incidència (*Incidence angle modifier*) són el resultat de la debilitació de la irradiació en arribar a la superfície de les cèl·lules fotovoltaïques, amb respecte a les condicions normals d'incidència.

Principalment aquestes pèrdues es calculen en base a les lleis de Fresnel, relatives a la transmissió i reflexió sobre la capa protectora (vidre) i la sobre la superfície de la cèl·lula. A la pràctica, amb freqüència s'utilitza el mètode ASHRAE (el qual s'ha convertit en una norma estàndard a Estats Units) en funció d'un sol paràmetre: bo .

$$IAM = 1 - bo (1/\cos i - 1) \quad (\text{Eq. 7})$$

On:

i és l'angle d'incidència en el col·lector solar.

bo sol valdre 0.05 per la forma constructiva de la majoria de mòduls fotovoltaïcs.

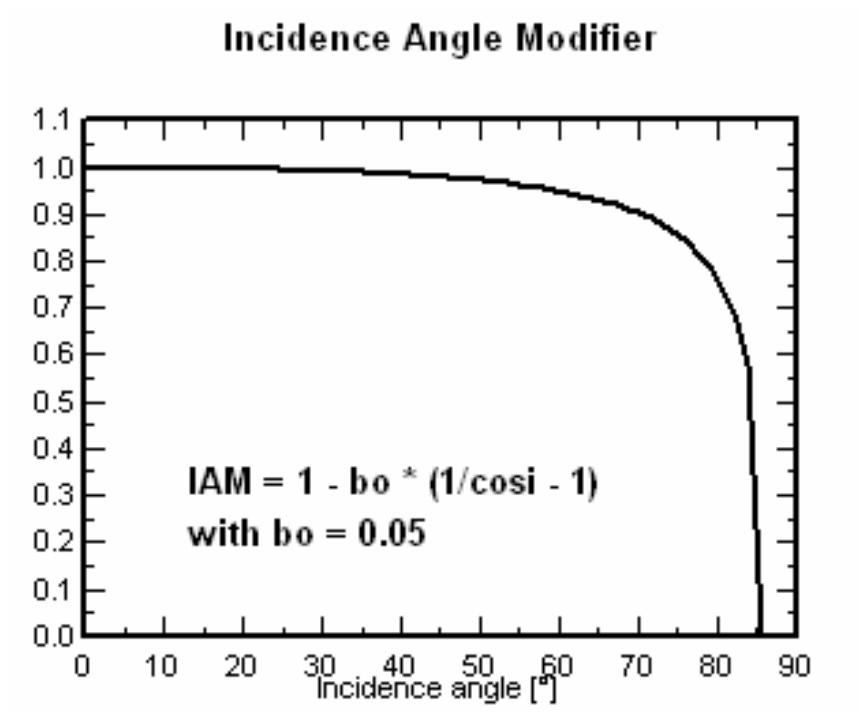


Figura 41. Gràfic de pèrdues per la modificació de l'angle d'incidència

B.10 GRÀFIC DE PÈRDUES

Una vegada tots els valors han estat introduïts de forma correcta (pèrdues tèrmiques, caigudes de tensió, qualitat dels mòduls i angle d'incidència) el PVsyst és capaç de calcular el total de pèrdues de la instal·lació fotovoltaica i representar-la gràficament (

Figura 42. Gràfic de pèrdues global de la instal·lació).

En el conjunt de les pèrdues, el total de pèrdues serà del 14.8%, d'on destaca la pèrdua per temperatura dels mòduls fotovoltaics que pot arribar a ser del 7.9% a 42.3°C respecte la corba nominal a 25°C de temperatura.

Per altra banda les pèrdues de potència, cablejat i refracció de la incidència de la irradiació solar no arriben al 3%. Per últim, la resta de pèrdues són despreciables.

**Collector array Solon AG P220 / 6+ (220W)/07 Photon Mag. 2007
20 modules in serie, 15 branches in parallel**

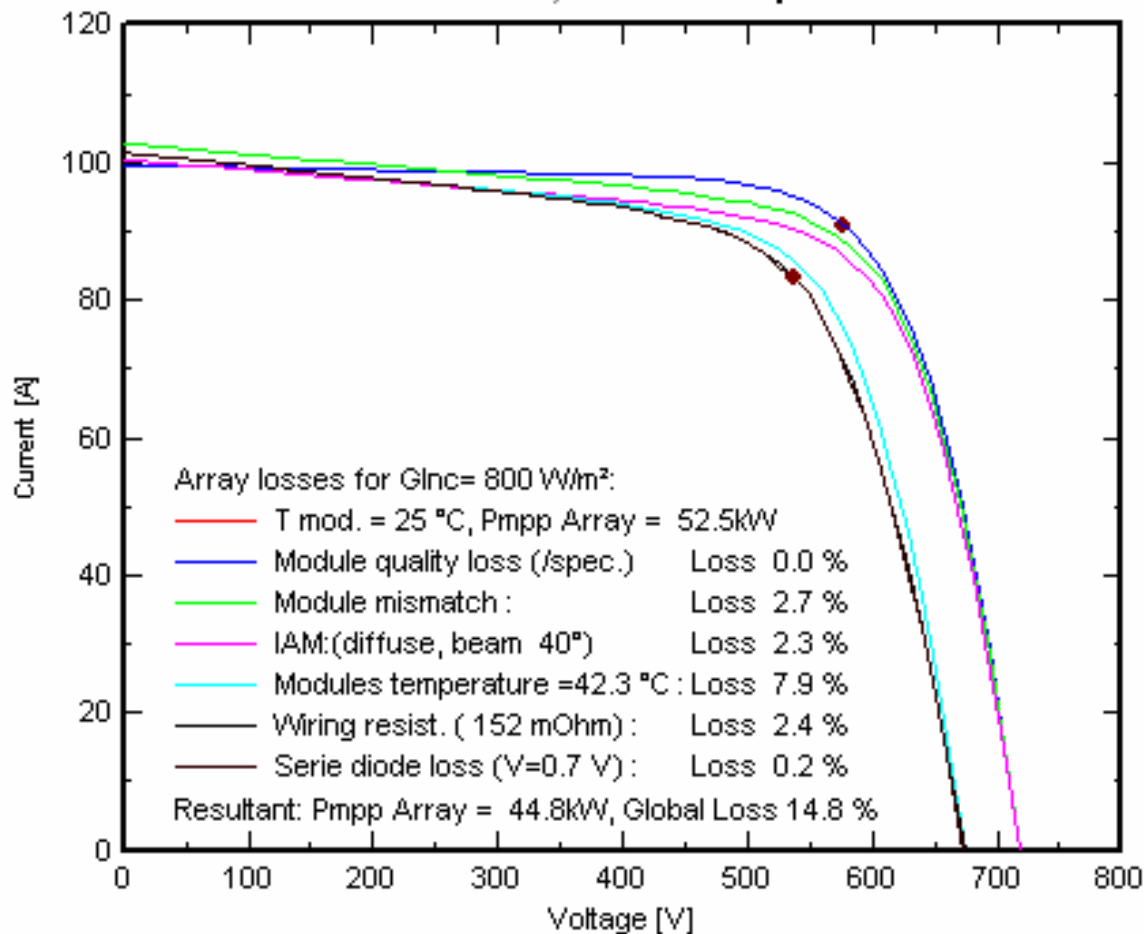


Figura 42. Gràfic de pèrdues global de la instal·lació

B.11 QUADRE DE PROTECCIÓ DEL CIRCUIT DE CONTÍNUA

Per tal de protegir els onduladors i els diferents elements de la instal·lació fotovoltaica en el seu camí entre les plaques i els onduladors es recomana disposar dels elements de seguretat necessaris per a poder seccionar en càrrega tal com detallen les normes IEC 60364-7-712 i UNE 20640-7-712 determinant les necessitats de seccionament i protecció de les instal·lacions.

Per altra banda, aquests elements de protecció també han de permetre l'accés i el manteniment sense risc als diferents elements de la instal·lació segons l'apartat 712.51 de la norma UNE-EN 60439-1.

Així doncs, s'ha volgut protegir l'entrada de l'ondulador escollit amb una protecció independent per a cada subcamp (en total n'hi ha 15). La protecció estarà composta per:

- 30 bases de fusible cilíndric de tipus modular de 10x38 amb tensió assignada 1000V D.C. Aquestes bases hauran d'estar realitzades amb materials termoplàstics amb contactes de coure platejats i terminals de connexió tipus brida.
- 30 fusibles del tipus gR de protecció per semiconductors de tensió assignada 1000V DC i de 10A de corrent assignada(segons la intensitat de curtcircuit de cada branca).
- 2 Seccionadors de tensió mínima assignada 800V C.C. i d'intensitat mínima de 63A (d'acord amb la intensitat de curtcircuit de cada branca).
- 1 protector de sobretensions per cada pol amb tensió màxima de servei de 1.000V DC, nivell de protecció màxim de 4kV, corrent nominal de descàrrega de 15kA, corrent màxima de descàrrega de 40kA i temps de resposta igual o inferior a 25 ns.
- 15 comptadors de corrent contínua amb sortida d'impulsos per llegir la producció de cada subcamp.

En cap moment poden haver-hi dubtes amb els fusibles, normalment en les sèries de panells les intensitats no són molt grans però és possible que existeixin sobrecàrregues i curtcircuits per això el fusible ha de ser de classe g.

Per altra banda, les instal·lacions fotovoltaïques estan formades per elements sensibles que necessiten una actuació ràpida del fusible, utilitzarem un fusible classe gR

En el cas que s'utilitzi un fusible tipus aR en una aplicació en la qual s'espera que existeixin sobrecàrregues és necessari protegir la instal·lació contra aquestes sobrecàrregues mitjançant altre dispositiu addicional. Si el fusible aR és sotmès a sobrecàrregues per sota de la mínima intensitat de fusió i per sobre de la intensitat de no fusió, la ceràmica del cos es trencarà i es produirà un arc elèctric que destruirà tot el que es troba al voltant del fusible.

En aquests casos l'alternativa més lògica és utilitzar un fusible de corba gR que proporcioni protecció enfront de sobrecàrregues i enfront de curtcircuits. La sobrecàrrega en una instal·lació fotovoltaïca pot produir-se per motius similars als quals provoquen sobrecàrregues en les instal·lacions de C.A.

En el cas d'utilitzar fusibles de C.A. en una aplicació de C.C. és necessari que la tensió a interrompre no sigui molt gran en comparació de la tensió nominal del fusible, en aquest cas tensió nominal del fusible AC escollit per a C.C. ha d'ésser entre un 50% i un 100% major que la tensió de la instal·lació de C.C.

En el cas del present projecte, la constant de temps esperada en una instal·lació fotovoltaïca serà un valor relativament petit, és a dir serà un sistema ràpid i semblant a una aplicació de C.A., per tant podrem usar fusibles de C.A. en les condicions esmentades anteriorment.

Per altra banda la protecció idònia en una instal·lació fotovoltaïca la proporcionen fusibles de corrent continu, l'element de fusió està especialment dissenyat per a això. Les consideracions anteriors d'utilització són únicament vàlides en el cas de curtcircuits, no és aconsellable utilitzar un fusible de C.A. en una xarxa de C.C. encara que la tensió del fusible C.A. estigui 50% per sobre de la de la xarxa per a protegir enfront de sobrecàrregues.

No obstant això en el cas particular d'una instal·lació fotovoltaica i a causa de la seva pròpia concepció, panells en sèrie i aquests al seu torn en paral·lel amb altres sèries de panells, existeix un perill de sobrecàrrega afegida. Si tenim un curtcircuit en una sèrie de panells, la resta de les sèries de panells alimentaran amb la intensitat nominal de la sèrie.

La intensitat total aportada al curtcircuit no serà suficientment gran com perquè un fusible aR operi de manera segura, no arribarem a la intensitat mínima de fusió. Per tant queda justificada la utilització de fusibles tipus gR.

Tot el material detallat en els anteriors punts es col·locarà en un armari metàl·lic, de porta opaca, de mides 1000mm d'altura x 1000mm d'amplada x 300mm de profunditat. Anirà muntat sobre una placa de muntatge metàl·lica, i en ella s'hi col·locaran els elements fixats sobre guies DIN de 35 mm d'amplada. El cablejat interior discorrerà entre canals de 60 mm d'amplada.

El dos seccionadors disposaran d'un allargador per tal de poder posar un mànec rotatori a la porta, facilitant la desconexió de la part de la instal·lació que sigui necessària quan es doni el cas. Aquests mànecs poden estar fixats amb candau si es vol.

Aquest quadre anirà col·locat al prefabricat conjuntament amb l'inversor i el rack informàtic per tal de visualitzar el procés. Per tant, a dintre seu es col·locarà el següent material. Es col·locarà just al costat de l'ondulador, de manera que els bornes corresponents

- Conjunt de fusibles i seccionadors abans esmentats.
- Borns d'entrada i sortida del cable.
- Petit aparellatge de distribució.

Serà necessari incorporar en el seu interior una font d'alimentació per passar la senyal a través del contacte lliure de potencial del comptador d'impulsos. També serà necessari

cablejar l'alimentació auxiliar dels comptadors de corrent contínua i separar-ne les dues línies que aniran als respectius seccionadors.

El quadre se subministrarà totalment muntat i degudament comprovat. En el document número 2 Plànols, es detallen tots els esquemes i layouts (disposició dels elements) per tal de realitzar aquest quadre.

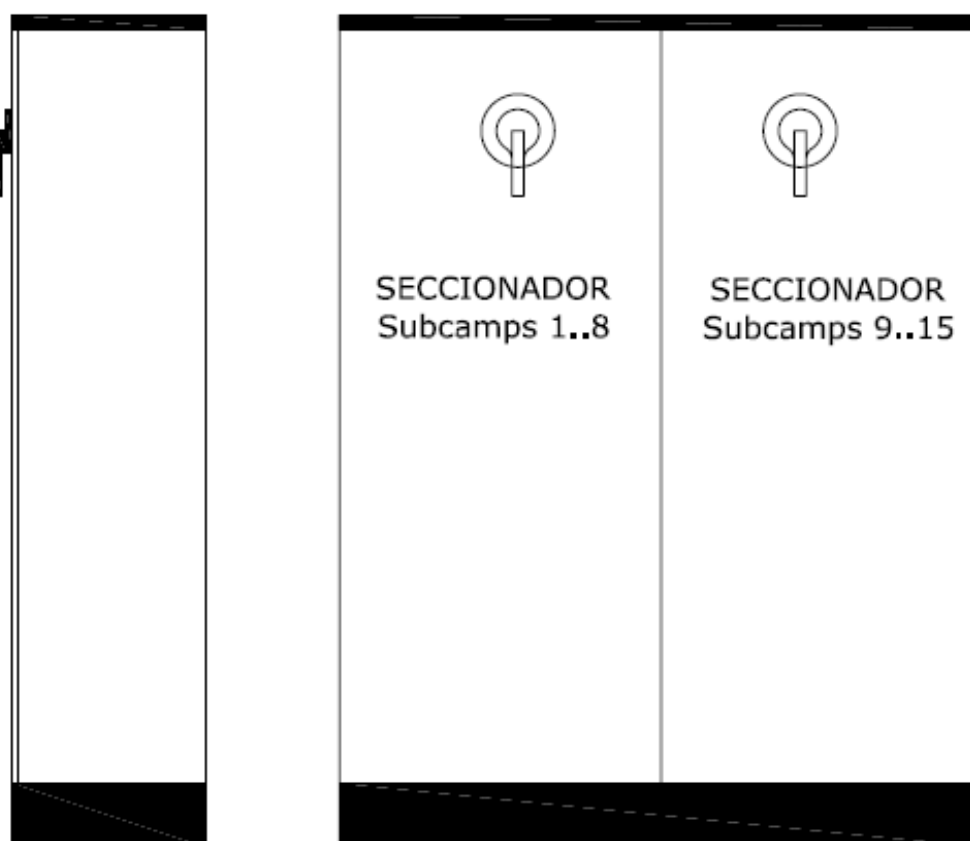


Figura 43. Vistes exterior quadre de protecció de corrent contínua

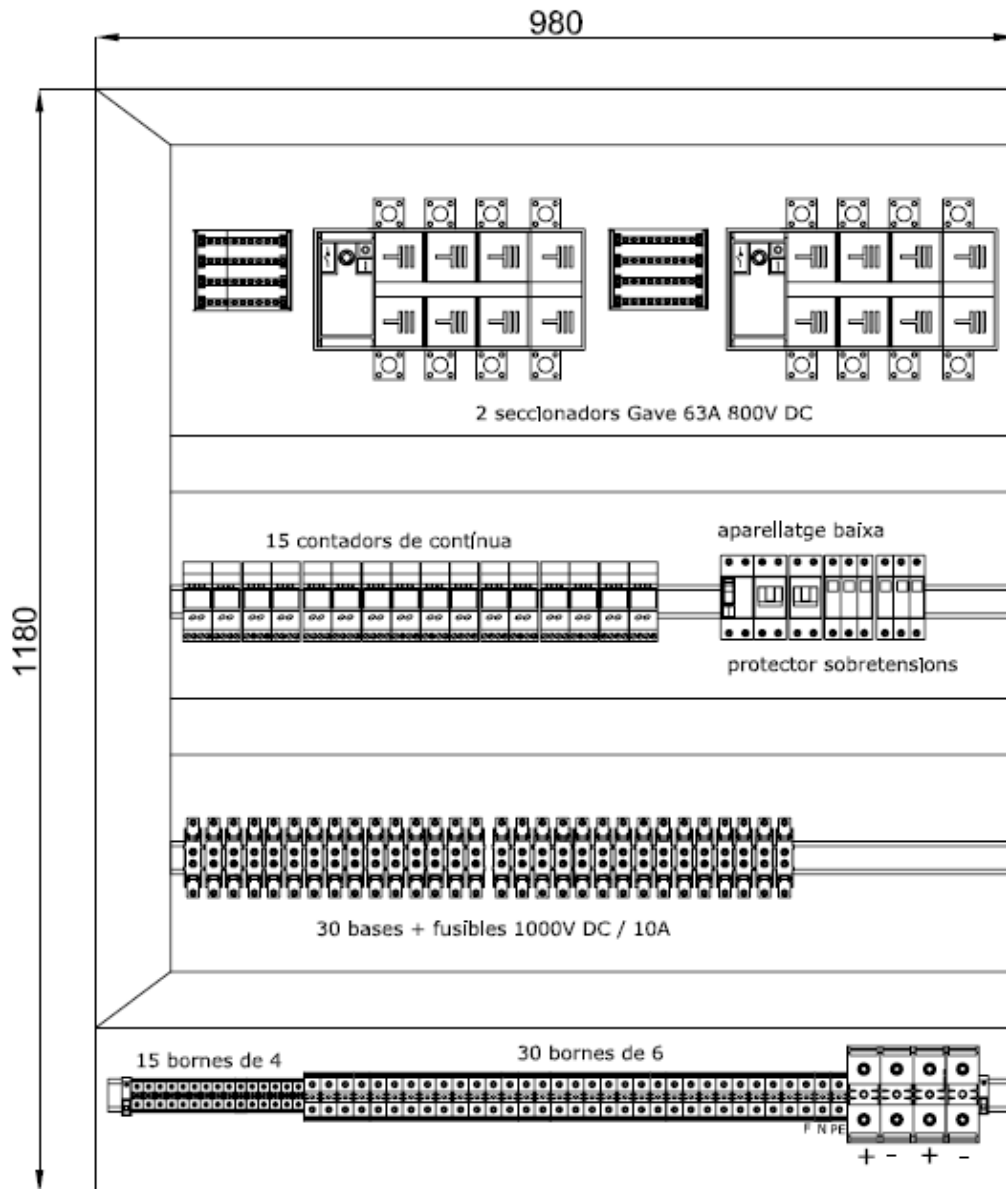


Figura 44. Vistes interiors del quadre de protecció de corrent contínua (Placa de muntatge)

B.12 SISTEMA DE CONTROL

Un dels objectius d'aquest projecte final de carrera és deixar preestablert un sistema de control de la instal·lació fotovoltaica de manera que l'accés a aquesta pugui ésser de forma remota, és a dir, que no hagi de ser a peu d'instal·lació, i que ella mateixa sigui capaç d'avisar al gestor de la instal·lació sempre i quan es produeixi alguna anomalia.

B.12.1 INTEGRACIÓ DELS ELEMENTS DISPONIBLES

Els elements disponibles per integrar al sistema de control són: l'ondulador, el comptador tarifador de part de corrent alterna de l'energia venuda, l'estació meteorològica i 15 equips de comptatge de corrent contínua, un per cada filera de plaques fotovoltaïques.

B.12.1.1 ONDULADOR

El model d'inversor escollit, el Siemens Sinvert Solar de 60 Kva, disposa d'una interfície de comunicacions MPI (MultiPoint Interface). Aquest senyal segueix el mateix estàndard que un protocol RS-485 de 3 fils adaptat per Siemens.

El punt físic de la interfície de comunicacions de l'ondulador és el l'autòmat programable que aquest té en el seu interior, un conjunt Simatic Siemens amb una CPU S7-314.



Figura 45. Imatge de la CPU del Sinvert

Aquest autòmat té en el seu interior el programa de control de les diferents parts que componen l'ondulador: la part del Sinamics Masterguard (que és la part que realitza la pròpia conversió de corrent contínuu a corrent alterna), la placa de control de les variables de funcionament de l'ondulador (tensions, intensitats, alarmes), entrades analògiques de variables del procés, i les diferents entrades i sortides digitals que corresponen a diferents estats del procés.

El propi programa de control està bloquejat per el fabricant, de manera que no és possible realitzar-hi cap modificació. Si fos possible desbloquejar-lo, llavors, en detectar-ho, el fabricant anul·laria la garantia, ja que el funcionament d'aquest es podria veure afectat per qualsevol modificació en el programa.

Tot i que el programa està bloquejat, en cap moment està prohibit tenir accés a les diferents variables del procés. O sigui, en qualsevol moment es pot tenir accés a través del PLC a les dades de producció (tan sigui diària, com mensual o total), valors d'estats de les variables d'entrada i sortida de la producció (tensions, intensitats, factor de potència, etc.) com també els diferents errors o alarmes que es poden produir per un mal funcionament de l'ondulador.

A diferència d'altres onduldors, el protocol de Siemens permet crear una aplicació configurable segons les necessitats del client. És a dir, altres marques d'onduldors venen l'aplicació de control sota un protocol de comunicació tancat i un software que no permet realitzar cap modificació o ampliació d'aquest sempre i quan no estigui desenvolupat.

Com a diferència positiva, el protocol de l'ondulador Siemens pot ésser llegit per qualsevol altre equip de Siemens que pugui connectar-se en aquest mateix protocol i crear així doncs una xarxa de comunicacions on poden haver-hi diversos equips connectats d'altres marques i protocols si fos necessari, per mitjà dels convertidors de senyal corresponents.

Per altra banda, la marca Siemens posa a disposició del usuari diversos programes per tal de desenvolupar les interfícies de comunicació home-màquina amb el disseny que cregui convenient. Una d'aquestes aplicacions és el WinCC flexible.

A través del WinCC flexible es podrà desenvolupar una aplicació de diàleg home-màquina, de manera que l'usuari es pugui connectar de forma remota i local a la instal·lació fotovoltaica sempre que vulgui o que aquesta l'avisi de forma automàtica quan es produeixi algun error.

Respecte la instal·lació de monitorització, en tot moment es partirà del concepte que l'aplicació estarà les 24 hores en marxa a través d'un servidor situat a la instal·lació.

B.12.1.2 ESTACIÓ METEOROLÒGICA

La utilització d'una estació meteorològica és recomanable per comprovar com afecten els diferents factors mediambientals a la instal·lació fotovoltaica. En aquest cas, l'estació meteorològica proposada controlarà els següents valors:

- Radiació solar (w/m^2).
- Temperatura de mòdul fotovoltaic ($^{\circ}C$).
- Temperatura ambient ($^{\circ}C$).
- Humitat relativa.

Per realitzar-ho s'ha optat per seleccionar els següents components:

- Sensor combinat de radiació solar i temperatura de mòdul. Sortides a 0-10V.
- Sensor combinat de temperatura ambient i humitat relativa, amb capa protectora, model DHD9008T amb Sonda de 180 mm longitud per 26 mm de diàmetre. Marge de temperatura: $-40+80^{\circ}C$. Precisió: $\pm 0.1^{\circ}C$. Marge d'humitat: 0-100% H.R. Alimentació: 9-40 Vdc. Sortides: 4-20 mA.



Figura 46. Sensor d'irradiació



Figura 47. Sensor d'irradiació

B.12.1.3 EQUIP DE CONTATGE PER LA TARIFICACIÓ DE CORRENT ALTERNA

El comptador que es col·locarà és un comptador trifàsic, electrònic multifuncional, bidireccional en energia activa i de quatre quadrants en energia reactiva, de classe de precisió 1 per energia activa i 2 per energia reactiva.

Aquest comptador serà per una potència normalitzada de 87 kW, ja que ampliant el punt de connexió de 13 kW (projecte Universol) fins a 73 kW (projecte Universol i projecte actual) la potència normalitzada immediatament superior serà de 87 kW.

El model escollit serà el comptador referència 5CTD de la marca ZIV amb tres transformadors d'intensitat de 100/5 A. Aquest comptador té dos ports de comunicacions:

un port òptic segons l'estàndard i un port de comunicacions format DB-9 que pot ser RS232 o RS485.

El protocol escollit serà el RS-485 (paral·lel). Aquest protocol permet distàncies de fins a 1000 metres, a diferència del RS232 (sèrie), de manera que la distància entre la situació de l'equip de comptatge i l'habitació de control no serà un problema afegit.

B.12.1.4 EQUIPS DE CONTROL DE SUBCAMPS

Una de les grans incògnites en tota instal·lació fotovoltaica és saber si algun dels strings o subcamps (filera de plaques fotovoltaiques) ha tingut algun malfuncionament i ha deixat de funcionar, o sigui, d'injectar potència a l'ondulador.

Per tenir un control sobre els subcamps fotovoltaics, es proposa col·locar un comptador d'impulsos de corrent contínua per cada subcamp, de manera que cada impuls que dona el comptador significa un watt de producció, en funció de com estigui programat (pot anar des de que un pols sigui 1W, 10W fins a 1.000.000W) .

En el total de la instal·lació hi haurà 15 comptadors de contínua. Senzillament comparant o col·locant uns marges de variació es podrà saber si algun subcamp de la instal·lació fotovoltaica té algun problema ja sigui perquè té una producció molt baixa (ombres, pèrdua de rendiment per efectes meteorològics o de configuració) o senzillament ha deixat de produir (dispar d'alguna protecció).

El comptador de contínua escollit serà el model MK30 DC de Circutor. Aquest comptador pot anar col·locat en una guia DIN ocupant solament 2 pols, per tant, la seva ubicació serà en el quadre de protecció del circuit de corrent contínua, just després del fusible que protegeix a cada sèrie i abans dels dos seccionadors generals.

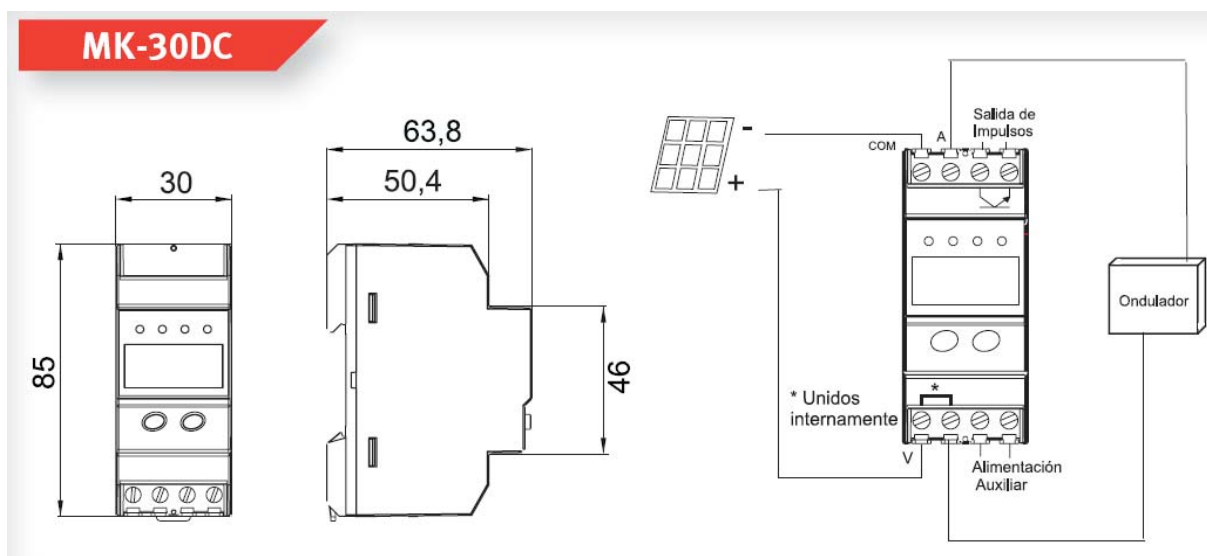


Figura 48. Comptador de C.C. per controlar la producció de cada subcamp

B.12.2 OBJECTIUS DEL SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control proposat té els següents objectius:

- Disposar en tot moment de les dades de producció de l'ondulador i els històrics de l'equip de comptatge per tal de saber la producció diària, mensual i total.
- Saber en tot moment l'estat de la instal·lació, ja sigui de forma remota com de forma local. O sigui, el protocol haurà de permetre visualitzar el procés dins el mateix prefabricat com de forma remota.
- Tenir accés als històrics de producció de l'ondulador, i en defecte fer-ne còpies de seguretat. Ídem per l'equip de comptatge.
- Enviar de forma automàtica el tancament mensual de la factura elèctrica per correu electrònic.

- Enviar de forma automàtica per correu electrònic o via missatge de text al telèfon mòbil del gestor de la planta de possibles errors o alarmes de l'ondulador o d'algun dels comptadors de corrent contínua de cada cadena de plaques fotovoltaïques.
- Integrar el funcionament de l'estació meteorològica i del conjunt de comptadors de corrent contínua.

B.12.3 PROPOSTA DE SISTEMA DE CONTROL

Vistos els elements disponibles i els objectius establerts pel sistema de control es proposa la següent configuració (Figura 49. Proposta de configuració del sistema de control de la instal·lació):

En el prefabricat on hi haurà l'ondulador i el quadre de protecció i de control del camp fotovoltaic es col·locarà un petit rack on hi aniran col·locats una sèrie d'elements per tal de realitzar el control en base als objectius especificat.

Entre tots els elements, cal destacar que hi haurà un autòmat programable que controlarà els diferents processos i un PC servidor de dades per tal de disposar de tota l'aplicació de visualització ja desenvolupada. Aquest PLC s'anomenarà Gestor de Dades.

El PC servidor proposat facilitarà l'accés de forma remota. Li serà assignada una adreça IP. D'aquesta manera, el gestor de la planta disposarà d'aquesta adreça i d'una contrasenya per tal de poder accedir de forma remota en aquest ordinador.

L'aplicació de monitorització, ja desenvolupada en el PC servidor amb el programa WinCC flexible, podrà enviar per correu electrònic l'aparició d'alarmes o errors de l'ondulador i dels comptadors de contínua de cada subcamp.

Per altra banda, aquest programa portarà instal·lats els programa Ziverlec el qual enviarà el tancament mensual del comptador per correu electrònic per fer la factura mensual.

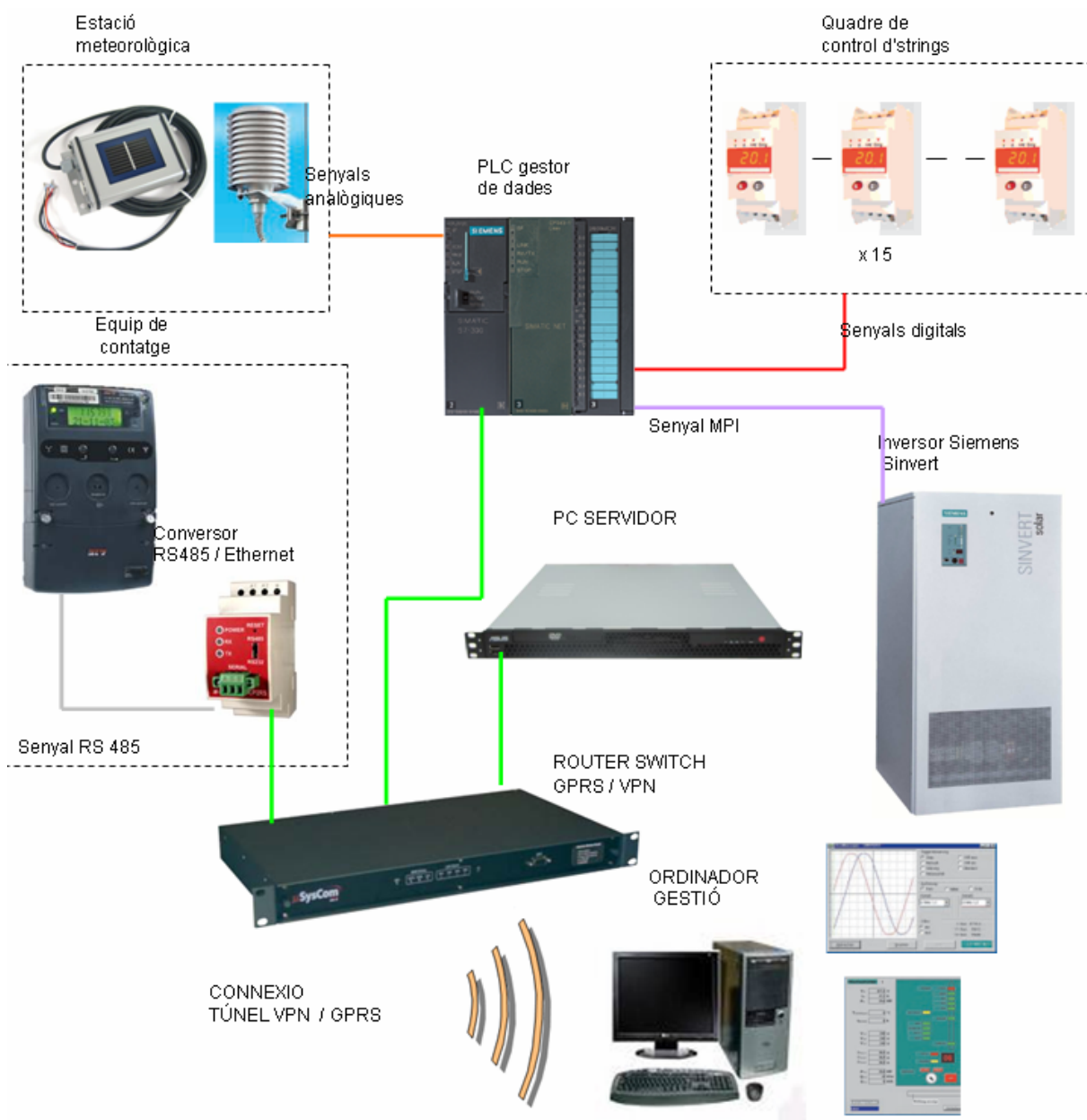


Figura 49. Proposta de configuració del sistema de control de la instal·lació

La gestió d'avisos via missatge de text al telèfon mòbil, és un servei extern que es contractarà amb un proveïdor de telefonia mòbil tipus Movistar o Vodafone, permetent que tots aquells correus electrònics que arribin a una determinada conta de correu electrònic (que serà la de la gestió d'aquesta instal·lació) arribin amb còpia a un telèfon mòbil determinat, com per exemple, el gestor de la instal·lació.

La connexió de forma remota al PC servidor de la planta es pot realitzar de dues formes. La primera forma és connectar aquest PC a la xarxa informàtica de l'escola politècnica superior. Aquest equip apareixerà a la xarxa virtual de l'Escola i per mitjà d'una adreça IP que li serà assignada es podrà realitzar la connexió per mitjà d'un escriptori remot

La segona opció es connectar aquest PC en un router de senyal IP/GPRS per tal d'enviar les dades a través d'una senyal de comunicació GPRS amb un túnel VPN. O sigui, el gestor de planta, disposarà d'una adreça IP amb la qual es connectarà via GPRS amb el PC servidor de la planta. Es tractarà d'una connexió completament aïllada de la xarxa de l'Escola Politècnica Superior, sense perill d'entrada d'agents exteriors.

Per més seguretat i rapidesa, la possible connexió amb senyal GPRS es faria per mitjà d'una VPN (Virtual Private Network). De forma resumida, una VPN, és una tecnologia de xarxa que permet una extensió d'una xarxa local sobre una xarxa pública o no controlada, com per exemple, Internet. Així s'assegura la connexió d'un usuari a un punt remot, per exemple.

O sigui, per connectar-se al PC servidor de planta, el gestor o usuari haurà de disposar d'un PC amb connexió a un servei de banda ampla i a través de la corresponent identificació amb nom d'usuari i contrasenya es podrà connectar a un equip remot que no tindrà serveis de banda ampla però sí cobertura de telèfon mòbil. La tipologia de la connexió és del tipus túnel, és a dir, obrir connexions entre dues màquines per mitjà d'un protocol segur (SSH, Secure SHell), sense que ningú més que els dos interlocutors que se situen a ambdós extrems del túnel hi puguin accedir.

En concret es col·locarà el següent material:

- 1 router TCP IP / GPRS VPN de la marca usyscom.
- 1 PC servidor tipus rack amb tot el software de monitorització inclòs (també les llicències) amb windows XP instal·lat.
- 1 CPU S7 313 Simatic.
- 1 Mòdul de 16 entrades digitals pels 15 comptadors de contínua de cada subcamp.
- 1 Mòdul de 8 entrades analògiques per les 4 senyals de l'estació meteorològica.
- 1 font d'alimentació.
- 1 mòdul de connexió a xarxa d'ethernet de l'anterior CPU.
- 1 S.A.I. per tal d'estabilitzar la tensió d'entrada i donar servei d'alimentació durant un temps determinat si hi ha falta de tensió de 1000VA.
- 1 Pantalla TFT de 17" la qual traurà per pantalla l'estat actual del procés.
- 1 convertidor RS485 / Ethernet amb protocol transparent per convertir la senyal RS-485 provenint del comptador per tal d'adaptar-la al router.
- 1 conjunt d'aparellatge de baixa tensió per alimentar al conjunt d'aparells del rack.
- 1 conjunt de llicències del Software WinCC de Siemens per tal de dissenyar les diferents pantalles de visualització.

B.12.4 PROGRAMARI UTILITZAT

Per tal de poder adoptar la solució proposada serà necessari la utilització de certs programes per tal d'executar de forma correcta l'aplicació. Aquest programari serà divers: des de la manipulació d'autòmats fins a la gestió de contes de correu.

B.12.4.1 SISTEMA OPERATIU

El sistema operatiu que anirà instal·lat en el PC servidor serà en tot moment el Windows XP professional Service Pack 2. Haurà de ser aquest sistema i no altres (windows server, Vista, NT) per així no tenir problemes d'incompatibilitat amb els programes de la firma Siemens.

Es deixaran instal·lats tots els paquets extres que aquest software porti per defecte. Tot software o actualització que s'instal·li a posterior, haurà de ser compatible amb el logotip de Windows XP.

Per altra banda, aquest sistema operatiu estarà protegit amb l'antivirus NOD32 Server Edition, del fabricant de Software Eset.

B.12.4.2 STEP 7

El programa de Siemens STEP-7 és el paquet bàsic per la configuració i la programació dels diferents components de Simatic. Inclou eines i funcions variades de diferents projectes d'automatització, editors de programes en diferents llenguatges, editors de hardware i xarxes d'automatització.

A través d'aquest programa, el gestor o encarregat del manteniment de la planta, podrà tenir accés al programa del propi ondulador i consultar l'estat de certes variables del procés sempre que vulgui (aquest fet implica que la persona responsable del manteniment haurà de tenir nocions d'aquest programari).

B.12.4.3 WINCC FLEXIBLE

WinnCC Flexible és l'eina HMI (interfície home màquina) de Siemens per tal de desenvolupar pantalles de monitorització de petita i mitjana magnitud. Aquest programa permet realitzar un SCADA amb la majoria de llibreries ja predisenjades per tal de tenir acció sobre totes les variables del programa de control de l'ondulador.

Per tal d'obtenir el funcionament desitjat, serà necessari disposar de la llicència del Runtime, és a dir, el mòdul executador del programa. Aquest mòdul utilitzarà per altra banda, la part de llicència *archives* i l'*smartservice*.

La llicència del paquet *archives* serveix per enregistrar tots els events que s'hagin produït, així com l'enregistrament de dades de la instal·lació com per exemple els històrics mensuals de producció de la instal·lació solar fotovoltaica.

Per altra banda, la llicència de *smart service*, s'utilitza per el diagnòstic i manteniment i d'estacions de comandament via internet.

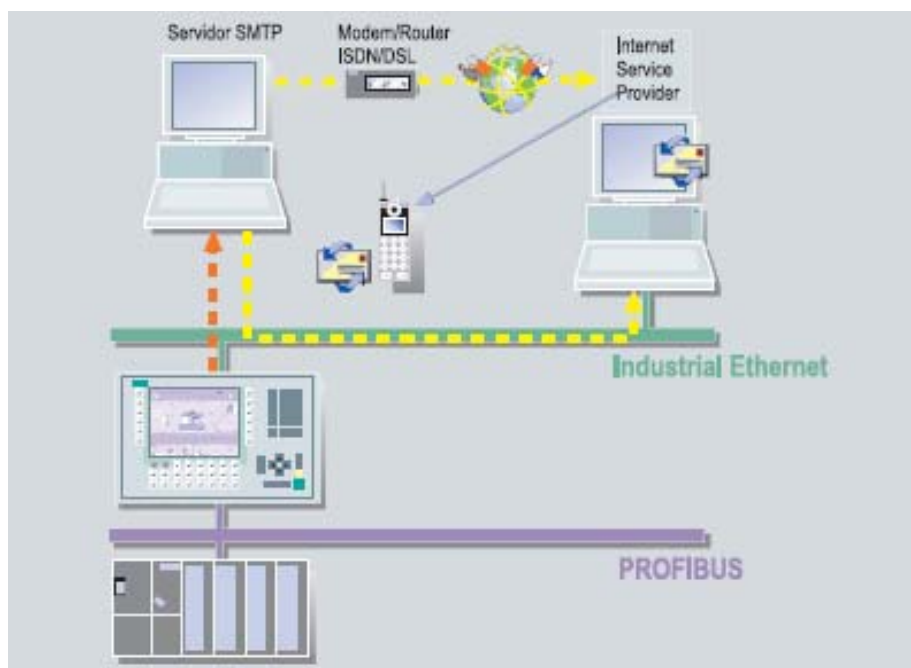


Figura 50. Descripció del sistema smartservice de WinCC

Així doncs, la utilització dels Softwares de Siemens per la monitorització del procés, establirà la següent configuració a nivell jeràrquic.

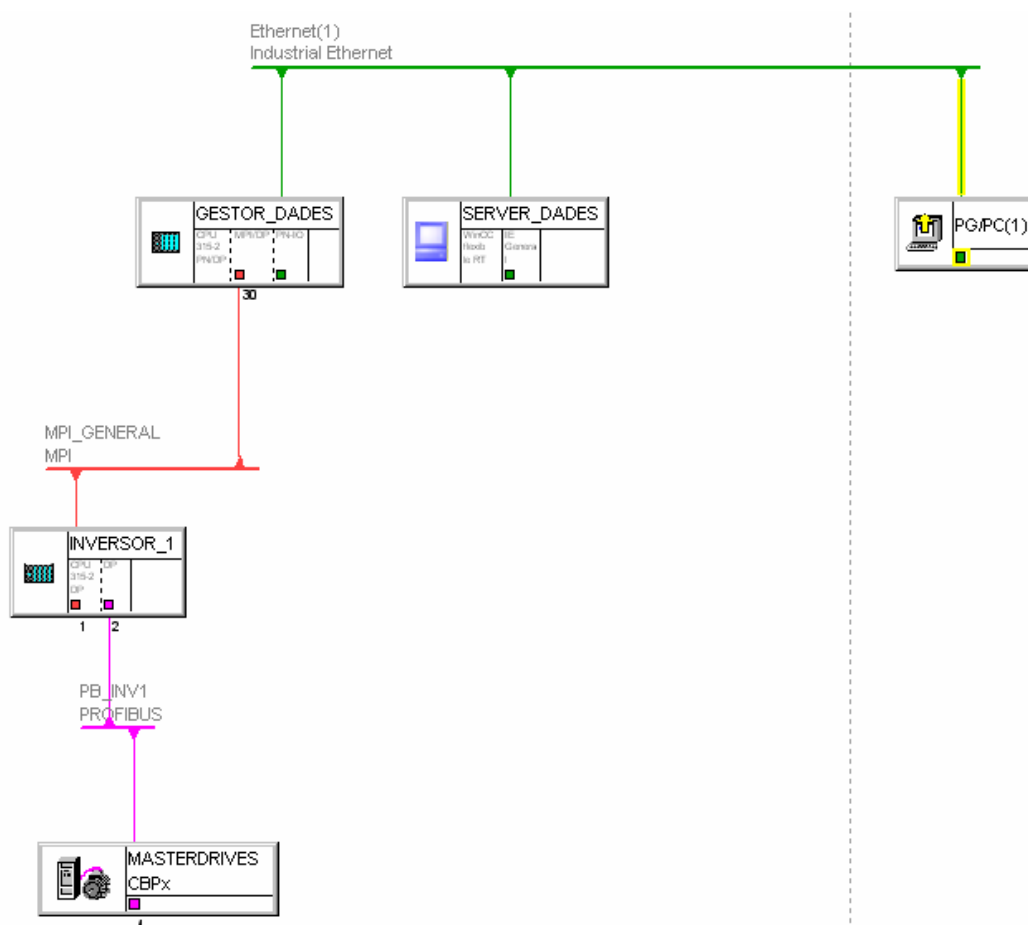


Figura 51. Estructura jeràrquica del software de monitorització

B.12.4.4 ZIVERLEC

En aquest cas, el fabricant dels equips de contacte (ZIV) distribueix el software Ziverlec. Aquest software permet realitzar la lectura dels equips de contacte que estiguin connectats al PC al qual estiguin connectats.

En l'aplicació dissenyada, al existir una distància superior a 10 metres entre el prefabricat i l'equip de contacte, s'ha preferit una xarxa de comunicació RS485 (màxima distància: 1000 metres), ja que permet anar a distàncies molt més llargues que una RS232 (màxima distància: 10 metres).

Com que la majoria d'ordinadors i ja no disposen de port RS485 i pocs ja de RS232, s'ha preferit desviar la senyal de les dades de l'equip de contacte directament al switch del router GPRS/VPN. Aquest direccionament es farà per mitjà d'un convertidor de senyal de RS485 a protocol transparent TCP/IP, assignant una adreça IP a l'equip de contacte. Així doncs, el software Ziverlec, s'adreçarà a l'equip de contacte per mitjà del seus identificadors (nom, punt de mesura i direcció d'enllaç) i la seva adreça IP.

El ziverlec és un programa per realitzar la gestió de qualsevol equip de mesura amb protocol 870-5 de REE, tan de forma local com remota, orientat a la recollida d'estadístics (perfils de càrrega i tancaments, permetent recollir també successos i firmes digitals dels perfils). Des del programa es gestionen les comunicacions, l'explotació del sistema i les dades recollides.

B.12.5 COL·LOCACIÓ DELS MATERIALS

Tots els components es col·locaran muntats en un rack de tipus informàtic de mides 780x600x600.

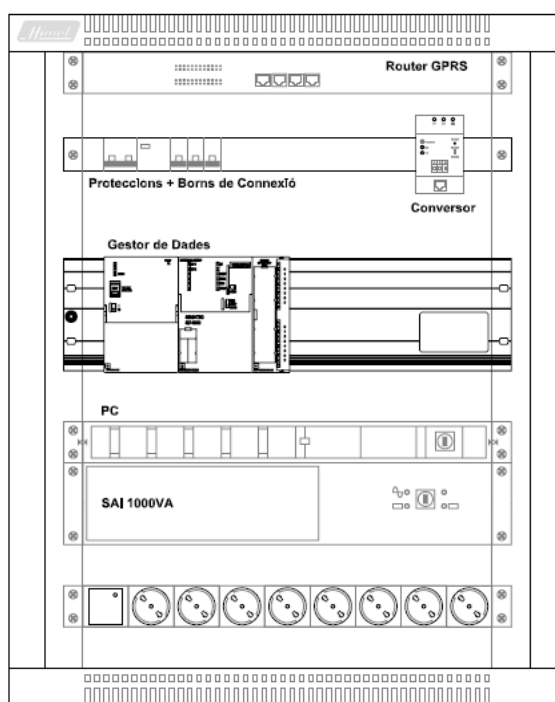


Figura 52. Distribució del rack del sistema de control

Aquest rack anirà clavat a la paret, reposant a terra, i si és necessari s'aixecarà sobre un sòcol per treballar-hi millor. A sobre d'aquest, s'hi pot col·locar una pantalla TFT per mostrar l'evolució del procés. En l'actual pressupost no s'ha tingut en compte.

B.13 SELECCIÓ DEL LOCAL TÈCNIC

Des del punt de vista del disseny tècnic de la instal·lació s'ha decidit col·locar una estructura completament independent dels edificis actuals per tal de col·locar-hi l'ondulador fotovoltaic, el quadre de protecció de corrent contínua i el conjunt de control de la instal·lació.

En qualsevol moment, si es volgués desenvolupar la instal·lació, es podria contemplar l'opció de col·locar el conjunt complet abans esmentat en una sala tècnica lliure de l'edifici P-1 o P-3 que estigués mínimament condicionada (sala aïllada, neta, ben comunicada i accessible)

El local tècnic seleccionat és un prefabricat de formigó de la marca Ormazabal del tipus PFU-3. Aquest prefabricat de mides exteriors 3280mm (llarg) x 2380mm (fondària) x 2780mm (altura vista) i de mides interiors 3100mm x 2200mm x 2355mm (6.8m²) es col·locarà a l'exterior, adjacent a l'edifici del P-3 entre aquest últim i el laboratori de pesants.

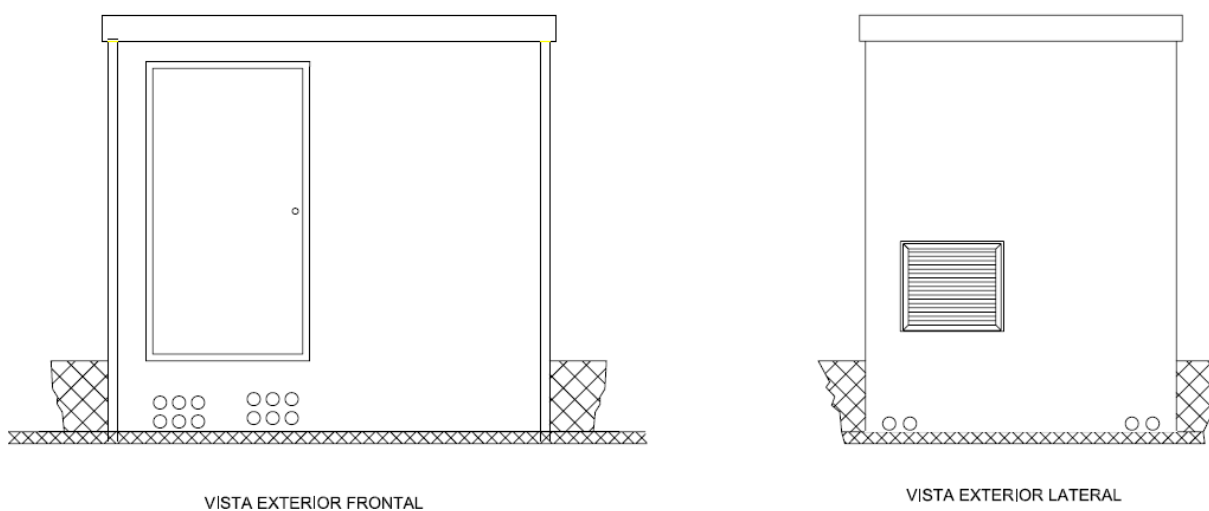
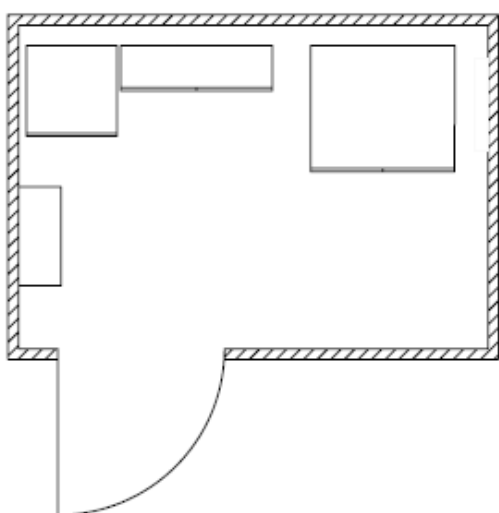


Figura 53. Vistes exteriors del prefabricat escollit

Aquest prefabricat té l'accés per una porta de dimensions 2200 mm d'altura per 1200 mm d'amplada, d'obertura cap enfora. Aquestes mides seran suficients per tal de poder-hi fer

entrar l'ondulador, el quadre de control de corrent contínua i el rack amb tot el material informàtic i de control.

El fabricant dona el preu de l'edifici incloent-hi el transport fins a peu d'instal·lació. Els ítems per descarregar el prefabricat (grua) aniran a càrrec del client. El pes del component és de 10.500 kg i les dimensions de l'excavació seran de 4080mm (longitud) x 3180mm (amplada) x 560mm (fondària).



VISTA INTERIOR SUPERIOR

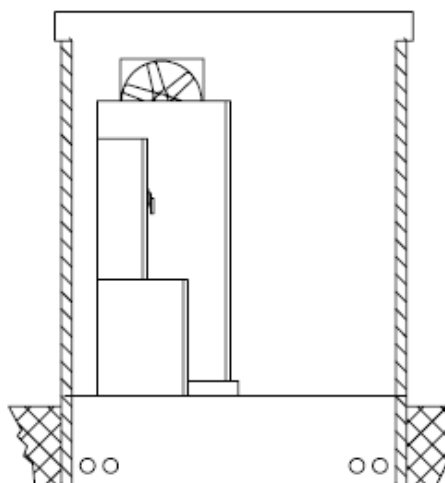
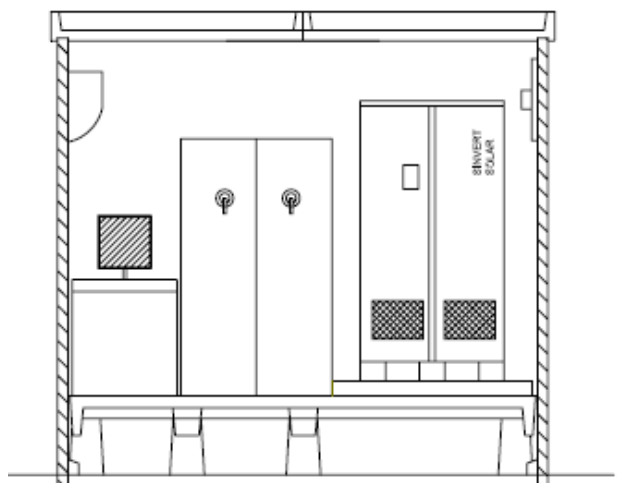


Figura 54. Vistes interiors del prefabricat



Figura 55. Situació del prefabricat proposat



Figura 56. Vista sobre el terreny de la situació del prefabricat proposat

B.14 ESCOMESA DEL CIRCUIT ALTERNA

L'empresa distribuïdora i de serveis elèctrics, en aquest cas, FECOSA ENDESA, estableix la limitació de fins a 100 kW per tal que una instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa elèctrica sota un mateix punt de connexió perquè pugui ésser transmesa a través de la xarxa de baixa tensió.

Així doncs, i considerant que ja existeix una instal·lació fotovoltaica de 15 kWn, i que la potència nominal de la nova instal·lació és de 57 kW, el total de potència serà de 72 kW.

Les prescripcions de la companyia elèctrica es troben recollides en les Normes tècniques particulars (NTP) de Fecsa Endesa (Edició octubre del 2006, versió 5.1) segons la resolució EFC/4548/2006 del 29 de desembre, relatives a les instal·lacions de xarxa i a les instal·lacions d'enllaç (DOGC núm 4827, 22/02/07).

Les principals característiques de la interconnexió són que aquesta es farà per mitjà d'un interruptor automàtic sobre el qual actuaran els equips de protecció i maniobra. La interconnexió es compon de tres parts: El circuit de potència, les proteccions i la mesura.

El circuit de potència és on es defineixen tots aquells elements que formen part de la interconnexió a sortida d'ondulador.

Les proteccions elèctriques tenen com a objectiu assegurar la protecció de les persones, així com mantenir el nivell de qualitat del servei de la xarxa. Per això es disposarà d'un conjunt d'elements destinats a tal fi, que actuaran sobre l'interruptor d'interconnexió.

Segons les normes abans esmentades, la configuració del quadre d'escomesa serà la següent:

- Potència màxima del quadre: 87 kW.
- Protecció diferencial: Toroïdal de 70 amb sensibilitat regulada a 300 mA.
- ICP de 160A regulat a 125A, amb poder de tall mínim assignat de 10 kA.
- Forma constructiva TMF10 (Figura 57. Forma constructiva TMF10).
- Fusibles DIN1, 250A, igual per la CGP.
- Equip de contacte multifunció, amb transformadors d'intensitat 100/5.

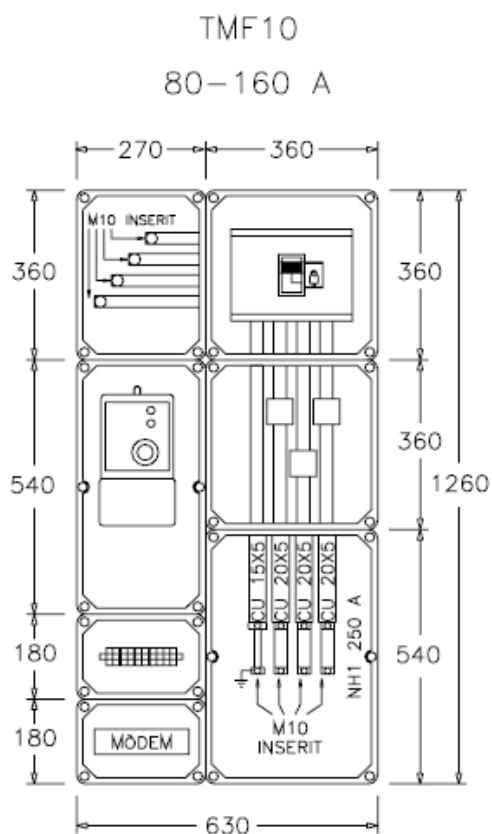


Figura 57. Forma constructiva TMF10

La col·locació d'aquest equip de mesura serà just darrera el laboratori de pesants on ja hi ha una escomesa existent per el projecte Universol, dins d'un nínxol d'obra, adjacent a la paret amb mides d'acord a la Figura 58. Col·locació del TMF10 i conjunt de protecció.

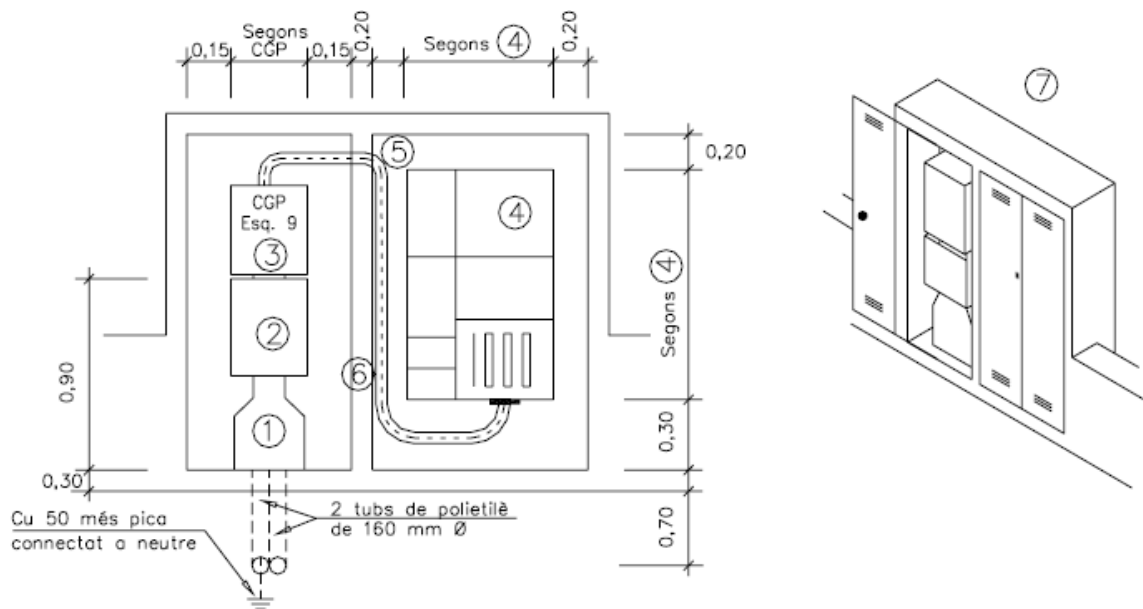


Figura 58. Col·locació del TMF10 i conjunt de protecció

Només com a observació respecte la Figura 57. Forma constructiva TMF10, en aquest cas, la sortida de la instal·lació fotovoltaica es farà passar per l'ICP i llavors la sortida serà a puntes de l'embarat (just al contrari de les instal·lacions convencionals).

A la Figura 58. Col·locació del TMF10 i conjunt de protecció es pot veure la caseta d'obra definitiva on aniran col·locats el comptador i la caixa general de protecció. Les portes exteriors seran metàl·liques d'acer inoxidable i de grau de resistència IK10. En aquest cas es pot aprofitar la caseta d'obra existent.

Per altra banda, a la Figura 59. Nínxol per la col·locació de l'equip de protecció i comptatge es pot veure el nínxol existent, el qual serà actualitzat per tal de poder-hi col·locar el nou conjunt de protecció i comptatge.

En el present projecte es vol aprofitar el nínxol existent, ja que compleix les prescripcions del nou vademècum i està col·locat just al costat del carrer Universitat de Girona, essent accessible des de fora la instal·lació per personal qualificat de la companyia elèctrica distribuïdora per possibles verificacions i comprovacions.



Figura 59. Nínxol per la col·locació de l'equip de protecció i comptatge



Figura 60. Espai per tirar la línia de l'ondulador fins a l'equip de contacte

B.15 CÀLCULS DEL CABLEJAT

Un cop s'ha col·locat els diferents components de la instal·lació (mòduls, estructura, quadre de corrent contínua, inversor, etc.) és necessari comprovar si el cablejat utilitzat per unir els diferents elements és necessari per tal de complir els següents objectius:

- Caiguda màxima de tensió en el circuit de corrent contínua: 1.5 %.
- Caiguda màxima de tensió en el circuit de corrent alterna fins l'equip de comptatge: 1%.

Si una font de tensió inicial (V_0) alimenta un receptor de potència (P) mitjançant una línia de determinada longitud (L) i secció (S), en els borns d'aquesta càrrega la tensió (V) serà menor que V_0 , a causa de la resistència (R) dels conductors. Aquesta diferència entre V i V_0 es coneix amb el nom de caiguda de tensió.

Per altra banda, en circular una Intensitat (I) per un conductor es produeix calor, segons la Llei de Joule. Aquesta calor augmentarà la temperatura del conductor fins que la quantitat de calor que es produeix en ell sigui igual a la que es dissipa per conducció, convecció i radiació.

La calor dissipada pel conductor depèn de la intensitat, la secció del conductor, l'aïllament i la forma de canalització. S'entén que perquè el conductor no produeixi més calor del que pot dissipar, doncs seria perillós o s'espallaria, haurà d'estar limitada la intensitat que per ell circula a un valor màxim (I_{max}) segons el tipus de canalització, i els valors de la qual vénen donats pel fabricant i els reglaments corresponents.

A continuació es descriuen els càlculs per a trobar la secció de dos tipus de línies: corrent contínua i corrent alterna trifàsica en funció de la caiguda de tensió i la pèrdua de potència.

Una vegada realitzats aquests càlculs, cal comprovar per a l'elecció definitiva del conductor, (mitjançant la normativa corresponent: REBT, taules del fabricant, etc), si la secció triada

admet la intensitat que ha de circular pel mateix (en alguns casos, també, és necessari calcular la secció pel criteri de curtcircuit).

B.15.1 PÈRDUES EN CORRENT CONTÍNUA

En una línia de c.c. un conductor de secció S (mm^2) i longitud $2 \cdot L$ (m), presenta una resistència R (ohms) de valor:

$$R = \frac{2 \cdot \rho \cdot L}{S} \quad (\text{Eq. 8})$$

Aquesta resistència de la línia origina una caiguda de tensió (volts) de valor:

$$\delta = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I}{S} \quad (\text{Eq. 9})$$

Per altra banda, el pas de la intensitat en corrent contínua pels conductors de línia produeix una pèrdua de potència (W) de valor:

$$P_p = I^2 \cdot R \quad (\text{Eq. 10})$$

| | | |
|---|-------|-----------|
| Nombre de mòduls connectats en sèrie | 20 | |
| nombre de mòduls connectats en paral·lel | 15 | |
| Potència pic del mòdul | 220 | Wp |
| Tensió mmp del mòdul | 28,8 | V |
| Intensitat mmp del mòdul | 7,65 | A |
| Potència per inversor | 66000 | Wp |
| Potència per subcamp | 4400 | Wp |
| Voltatge per subcamp | 576 | V |
| Resistivitat del coure a 20°C | 0,018 | ohm/mm2/m |
| Temperatura del cable | 70 | °C |
| factor de potència de carrèga de l'inversor | 1 | |
| Caiguda de potència màxima permesa en cc | 1,5 | % |
| Caiguda de potència màxima permesa en ca | 2 | % |

Taula 4. Característiques de la instal·lació de corrent contínua

| Sucamp | nombre plaques | L ₁ | L ₂ | S ₁ | S ₂ | R ₁ | R ₂ | R | I |
|--------|-------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|--------|------|
| | | m | m | mm ² | mm ² | ohms | ohms | ohms | A |
| 1 | 20 | 2 | 125 | 4 | 6 | 0,0162 | 0,750 | 0,7662 | 7,65 |
| 2 | 20 | 2 | 104 | 4 | 6 | 0,0162 | 0,624 | 0,6402 | 7,65 |
| 3 | 20 | 2 | 90 | 4 | 6 | 0,0162 | 0,540 | 0,5562 | 7,65 |
| 4 | 20 | 2 | 90 | 4 | 6 | 0,0162 | 0,540 | 0,5562 | 7,65 |
| 5 | 20 | 2 | 67 | 4 | 6 | 0,0162 | 0,402 | 0,4182 | 7,65 |
| 6 | 20 | 2 | 80 | 4 | 6 | 0,0162 | 0,480 | 0,4962 | 7,65 |
| 7 | 20 | 2 | 85 | 4 | 6 | 0,0162 | 0,510 | 0,5262 | 7,65 |
| 8 | 20 | 2 | 125 | 4 | 6 | 0,0162 | 0,750 | 0,7662 | 7,65 |
| 9 | 20 | 2 | 110 | 4 | 6 | 0,0162 | 0,660 | 0,6762 | 7,65 |
| 10 | 20 | 2 | 98 | 4 | 6 | 0,0162 | 0,588 | 0,6042 | 7,65 |
| 11 | 20 | 2 | 86 | 4 | 6 | 0,0162 | 0,516 | 0,5322 | 7,65 |
| 12 | 20 | 2 | 92 | 4 | 6 | 0,0162 | 0,552 | 0,5682 | 7,65 |
| 13 | 20 | 2 | 72 | 4 | 6 | 0,0162 | 0,432 | 0,4482 | 7,65 |
| 14 | 20 | 2 | 78 | 4 | 6 | 0,0162 | 0,468 | 0,4842 | 7,65 |
| 15 | 20 | 2 | 53 | 4 | 6 | 0,0162 | 0,318 | 0,3342 | 7,65 |

Taula 5. Característiques de la instal·lació de corrent contínua. Diferents subcamps

| Sucamp | cdt entre plaques | | c.d.t. línia c.c. | | c.d.t. total | | Pèrdua de potència | |
|--------|-------------------|---------|-------------------|---------|--------------|---------|--------------------|---------|
| | V | % | V | % | V | % | W | % |
| 1 | 2,48 | 0,4303% | 5,7375 | 0,9961% | 8,22 | 1,4264% | 44,83994 | 1,0191% |
| 2 | 2,48 | 0,4303% | 4,7736 | 0,8288% | 7,25 | 1,2591% | 37,4661 | 0,8515% |
| 3 | 2,48 | 0,4303% | 4,131 | 0,7172% | 6,61 | 1,1475% | 32,55021 | 0,7398% |
| 4 | 2,48 | 0,4303% | 4,131 | 0,7172% | 6,61 | 1,1475% | 32,55021 | 0,7398% |
| 5 | 2,48 | 0,4303% | 3,0753 | 0,5339% | 5,55 | 0,9642% | 24,47411 | 0,5562% |
| 6 | 2,48 | 0,4303% | 3,672 | 0,6375% | 6,15 | 1,0678% | 29,03886 | 0,6600% |
| 7 | 2,48 | 0,4303% | 3,9015 | 0,6773% | 6,38 | 1,1077% | 30,79454 | 0,6999% |
| 8 | 2,48 | 0,4303% | 5,7375 | 0,9961% | 8,22 | 1,4264% | 44,83994 | 1,0191% |
| 9 | 2,48 | 0,4303% | 5,049 | 0,8766% | 7,53 | 1,3069% | 39,57291 | 0,8994% |
| 10 | 2,48 | 0,4303% | 4,4982 | 0,7809% | 6,98 | 1,2113% | 35,35929 | 0,8036% |
| 11 | 2,48 | 0,4303% | 3,9474 | 0,6853% | 6,43 | 1,1156% | 31,14567 | 0,7079% |
| 12 | 2,48 | 0,4303% | 4,2228 | 0,7331% | 6,70 | 1,1634% | 33,25248 | 0,7557% |
| 13 | 2,48 | 0,4303% | 3,3048 | 0,5737% | 5,78 | 1,0041% | 26,22978 | 0,5961% |
| 14 | 2,48 | 0,4303% | 3,5802 | 0,6216% | 6,06 | 1,0519% | 28,33659 | 0,6440% |
| 15 | 2,48 | 0,4303% | 2,4327 | 0,4223% | 4,91 | 0,8527% | 19,55822 | 0,4445% |

Taula 6. Característiques de la instal·lació de corrent contínua. Pèrdues

Les pèrdues totals de la instal·lació de corrent contínua seran de 490W, que representaria una pèrdua de potència a del 0.74 %.

B.15.2 PÈRDUES EN CORRENT ALTERNA

En les línies recorregudes per corrents alterns, els conductors ofereixen una resistència R al pas del corrent produint-se una c.d.t., de la mateixa manera que passa en els circuits de corrent contínua. A part d'això es produeixen altres fenòmens complexos, deguts a l'efecte de l'autoinducció, inducció mútua i capacitat dels conductors.

En aquest càlcul intervenen els mateixos paràmetres que l'anterior, però en aquest cas la intensitat és la de línia (sortida de l'inversor), s'ha de multiplicar per l'arrel quadrada de 3 i intervé el factor de potència.

$$\delta = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I_L \cdot \cos \varphi}{S} \quad (\text{Eq. 11})$$

En aquest cas, el factor de potència es pot considerar 0.99, ja que l'ondulador ja porta un mecanisme regulador del factor de potència.

| Potència | L | S | R | I | cosφ | Caiguda de tensió | | Pèrdua de potència | |
|----------|----|-----------------|------|----|------|-------------------|---------|--------------------|-------|
| W | m | mm ² | ohms | A | | V | | w | |
| 57000 | 60 | 70 | 0,01 | 83 | 1 | 2,1932 | 0,5483% | 318,86 | 0,56% |

Taula 7. Característiques de la instal·lació de corrent alterna. Pèrdues

B.16 DISSENY DE LA LÍNIA D'EVACUACIÓ D'ENERGIA

Quan els representants legals de la instal·lació donin la confirmació de que volen executar la instal·lació fotovoltaica proposada, s'haurà de demanar permís per evacuar aquesta energia produïda a la companyia elèctrica subministradora.

Per fer-ho, s'haurà de realitzar una sol·licitud d'ampliació de punt de connexió a la delegació de Fecsa Endesa Girona, en concret al departament de nous subministres. Aquesta sol·licitud anirà acompanyada d'una aportació econòmica de 550 € per tal de que la companyia elèctrica realitzi un estudi. Aquest estudi contindrà els següents punts:

- Confirmació de la petició de connexió a la xarxa pública de baixa tensió.
- Avantprojecte del traçat de les línies de connexió.
- Projecte i detall dels materials necessaris per tal de realitzar la connexió.
- Pressupost de les obres de la connexió.
- Condicions de pagament i exclusions de la oferta.

En el cas del present projecte, la connexió es realitzarà a l'estació transformadora ubicada al carrer Universitat de Girona. Aquesta estació transformadora va ser modificada amb anterioritat al connectar-hi l'actual instal·lació fotovoltaica del projecte Universol (Figura 61. Vista àrea de la possible línia per evacuar l'energia produïda).

Les prescripcions de la companyia elèctrica es basaran en fer complir les NTP de Fecsa Endesa, abans esmentades i el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió. En aquest cas, les prescripcions es trobaran en el creuament dels terrenys que separen la possible col·locació del comptador i l'actual estació transformadora.

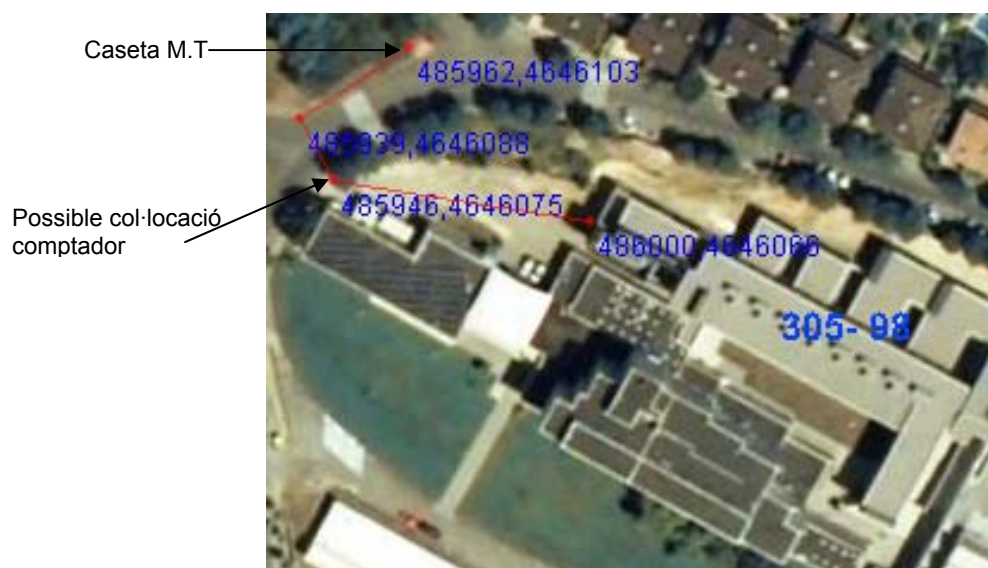


Figura 61. Vista àrea de la possible línia per evacuar l'energia produïda

La distància entre la possible col·locació serà de 50 metres aproximadament. La línia serà soterrada, i les prescripcions seran diferents pels tres possibles casos on haurà de circular la canalització: sota vorera, terra i calçada.

Sempre que sigui possible, els cables recorreran en terrenys de domini públic (voreres, vials, etc.), el traçat serà el més rectilini i paral·lel en tota la seva longitud a voreres o façanes possible.

Els cables es disposaran enterrats directament en el terreny. Sota les voreres, a les zones d'entrada i sortida de vehicles a les finques, en les quals no es prevegi el pas de vehicles de gran tonatge, es disposaran a dins de tubs en sec (sense formigonar).

Als accessos a finques de vehicles de gran tonatge i als encreuaments de calçada, es disposaran a dins de tubs formigonats.

La profunditat, fins a la part superior del cable no serà menor de 0,60 m a sota la vorera, ni de 0,80 m a sota la calçada.

En els encreuaments amb carrers i carreteres, els cables es disposaran en tubs formigonats en tota la seva longitud a una profunditat mínima de 0.8 metres, sempre que sigui possible, l'entrecruament es farà perpendicular a l'eix del vial .

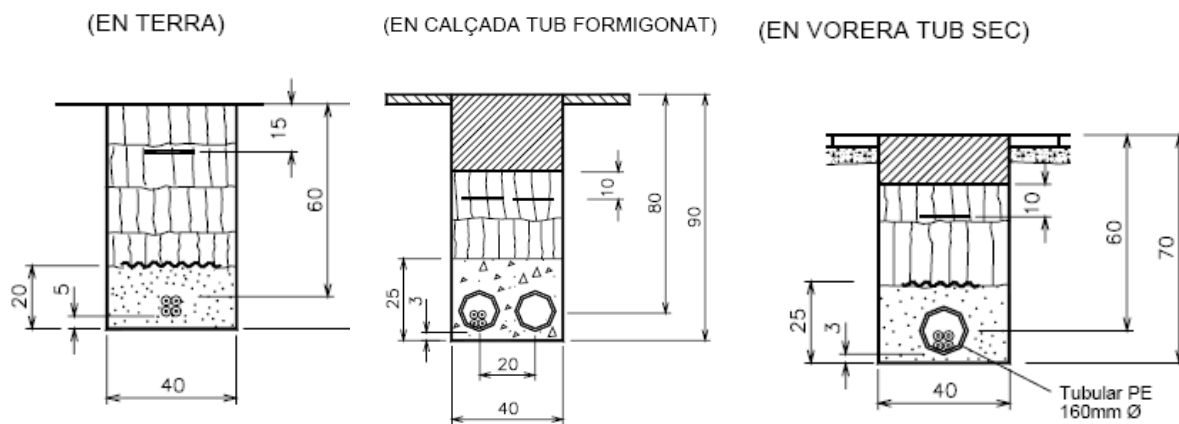


Figura 62. Diferents especificacions segons la companyia elèctrica distribuïdora per la col·locació dels cables

A la següent figura es pot veure el terrenys d'ús públic que haurà de recórrer la línia elèctrica en qüestió:



Figura 63. Terrenys per on haurà de discórrer la línia d'evacuació de l'energia produïda

B.17 CÀLCUL INCIDÈNCIA DE LA TEMPERATURA EN ELS DIFERENTS ELEMENTS ELÈCTRICS.

La incidència de la temperatura en els mòduls fotovoltaics ja ha estat calculada amb anterioritat, tot i així, no s'ha mencionat l'efecte d'aquesta magnitud sobre la resta de components. Es comprova que la tensió obtinguda és inferior als 900V que suporten els onduldadors.

B.17.1 CONDUCTORS

Els conductors en superfície es fixaran a l'estructura metàl·lica per la part inferior, per tant quedant a l'ombra. D'aquesta forma es pot considerar que la temperatura mai superarà els 40°C, que és la temperatura dels valors de la taula 1 de la ITC-BT-19 on figuren les intensitats màximes dels conductors.

En els conductors soterrats considerarem que la temperatura del terreny no superarà els 25°C, per tant no quedarà limitada la capacitat màxima de corrent que pot passar pel conductor.

B.17.2 QUADRES I CAIXES

Els quadres i caixes elèctrics, al igual que totes les proteccions i equips del seu interior no estaran sotmesos a la radiació solar, per tant no caldrà cap càlcul de la temperatura que assoliran els seus components.

B.17.3 ONDULADORS

Duen incorporats sistema de ventilació per refrigerar l'equip, i amb sistema de parada en cas de que augmenti la temperatura per sobre dels límits establerts pel fabricant. El cabal de refrigeració de 1500 m³/h permet evacuar tota la calor dissipada.

B.18 CÀLCUL DE LA RESISTÈNCIA DELS TERRES

La xarxa de terres té l'objectiu de derivar totes aquelles possibles falles de la instal·lació elèctrica cap al terra de l'edifici per evitar el risc de contacte indirecte per les persones. En instal·lar una aplicació fotovoltaica a les teulades de l'edifici P-1 i P-3, aquesta s'haurà de connectar a terra.

La connexió a terra es farà de la següent manera:

- L'estructura de fixació de les plaques i el marc d'aquestes es connectaran al terra del parallamps de l'edifici sempre i quan sigui possible. S'ha de vigilar en aquelles cobertes metàl·liques, llavors, el terra es connectarà al terra de l'edifici per evitar crear una possible diferència de potencial.
- La resta d'elements (descarregadors de sobretensions, etc.) es connectaran al terra general de l'edifici.

Per el càlcul de la tensió límit de contacte, s'ha de complir sempre la següent condició:

$$R_a \cdot I_a \leq U \quad (\text{Eq. 12})$$

On R_a és la suma de les resistències de la presa de terra i dels conductors de protecció de masses i I_a és la corrent que assegura el funcionament automàtic del dispositiu de protecció. Quan el dispositiu de protecció és un dispositiu de corrent diferencial-residual és la corrent diferencial-residual assignada.

Per altra banda, U , és la tensió de contacte límit convencional (50V en c.a. i 24V en c.c.).

En el cas d'una instal·lació de corrent contínua, el valor de R_a es calcula segons el següent valor:

$$R_a = \frac{\text{Resistència a terra part C.C.}}{\text{Impedància corporal} + \text{impedància de calçat}} \quad (\text{Eq. 13})$$

On el valor de la impedància corporal i la impedància de calçat valen 800 i 400 ohms respectivament.

| TENSÍO DE CONTACTE EN CONTINUA | |
|---|-------------------------------|
| Resistència Conductor del terra | |
| Conductor de terra aïllat: Cu | 16 mm ² |
| Resistivitat Cu, 20°C: | 0,018 ohm mm ² /m |
| Temperatura del cable (T) | 70°C |
| Resistivitat Cu, T°C: | 0,022 ohm mm ² /m |
| longitud de conductor | 40 m |
| Resistència conductor | 0,0450 Ohms |
| | |
| Resistència de l'estructura | |
| Resistivitat de l'alumini a 20°C: | 0,029 Ohms mm ² /m |
| longitud estructura alumini | 55 m |
| secció estructura alumini | 2200 mm ² |
| Resistència d'estructura (Rest) | 0,0007 Ohms |
| | |
| Resistència a Terra de la instal·lació en la part de CC | 25,05 Ohms |
| Tensió de plaques | 576 V |
| Defecte d'aïllament | 250 Ohms |
| Impedància corporal | 800 Ohms |
| Impedància calçat | 400 Ohms |
| Impedància de l'emplaçament | 0 Ohms |
| Corrent de defecte | 2,19 A |
| Tensió de defecte | 28,57 V |
| Intensitat de contacte | 23,81 mA |
| Tensió de contacte límit corporal | 19,04 V |

Taula 8 . Justificació i càlcul de la tensió de contacte en corrent contínua.

| TENSÍO DE CONTACTE EN ALTERNA | | |
|--|--------|------------------------|
| Resistència Conductor del terra | | |
| Conductor de terra aïllat: Cu | 16 | mm ² |
| Resistivitat Cu, 20°C: | 0,018 | ohm mm ² /m |
| Temperatura del cable (T) | 70 °C | |
| Resistivitat Cu, T°C: | 0,022 | ohm mm ² /m |
| longitud de conductor | 20 | m |
| Resistència conductor | 0,0225 | Ohms |
| Minima sensibilitat interruptor diferencial (I _a): | 300 | mA |
| Tensió de contacte límit, (U _c =I _a *R _t): | 7,51 | V |

Taula 9. Càlcul de la tensió de contacte en corrent alterna

La resta de masses de la instal·lació així com els descarregadors de sobretensions estan units al terra de l'edifici, amb el qual disposa d'una resistència de 5 ohms segons comprovacions realitzades in situ.

B.19 CÀLCUL DE LA INTENSITAT DE CURT-CIRCUIT

El càlcul de la intensitat de curt-circuit és necessari per tal de determinar el grau de protecció necessari dels diferents elements de protecció que s'han escollit o per tal de tenir noció d'aquest valor en el cas d'accedir a la instal·lació

B.19.1 CÀLCUL DE LA INTENSITAT DE CURTCIRCUIT EN CORRENT CONTÍNUA

Intensitat de curtcircuit en borns del mòdul fotovoltaic: 8,30A

Intensitat de curtcircuit en borns de l'ondulador: 124,5 A

B.19.2 CÀLCUL DE LA INTENSITAT DE CURTCIRCUIT EN CORRENT ALTERNA

Com que generalment es desconeix la impedància del circuit d'alimentació a la xarxa (impedància del transformador, xarxa de distribució i escomesa) s'admet que en cas de curtcircuit la tensió en l'inici de les instal·lacions dels usuaris es pot considerar com 0.8 vegades la tensió de subministrament.

S'agafa el defecte fase – terra com el més desfavorable i a més se suposa despreciable la inductància dels cables. Aquesta consideració és vàlida quan el centre de transformació està situat fora de l'edifici o lloc del subministrament afectat.

Per tant, es pot utilitzar la següent fórmula simplificada:

$$I_{cc} = \frac{0.8 \cdot V}{R} \quad (\text{Eq. 14})$$

A l'anterior fórmula intervenen dos paràmetres, V (tensió d'alimentació, 400V) i R (resistència del coure a 20°C).

La resistència del coure a 20°C es calcula de la següent manera:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S} \quad (\text{Eq. 15})$$

On:

ρ : Resistivitat del coure a 20°C en 0.018 ohms/mm²/m

L: longitud de la línia de corrent alterna (m)

S: secció de la línia en concret (mm²)

Així doncs, el càlcul de la intensitat de curt-circuit de l'inversor fins al conjunt de protecció i mesura suposant una distància de 10 metres, ja que la intenció és col·locar el nínxol al costat del prefabricat serà:

$$R = \frac{0.018 \cdot 60}{70} = 0,01543 \Omega$$

$$I_{cc} = \frac{0.8 \cdot 400}{0,01543} = 20.750 \text{ A} = 20.7 \text{ kA}$$

Com que les proteccions de corrent alterna instal·lades tenen un poder de tall mínim de 10kA, es pot assegurar l'actuació d'aquests en el cas d'un curtcircuit.

B.20 RENDIMENT DE LES INSTAL·LACIONS SOLARS FOTOVOLTAIQUES

Com tota instal·lació, les plantes generadores d'energia elèctrica amb energia solar fotovoltaica tenen un rendiment en funció de paràmetres com els elements utilitzats, sistemes de transformació, pèrdues, etc.

B.20.1.1 VIDA ÚTIL

La vida útil d'una planta fotovoltaica és la dels seus components. Si la planta està dissenyada correctament i es realitza el manteniment recomanat, es poden esperar a Espanya els següents valors de vida útil:

- Panells fotovoltaics: 40 anys.
- Electrònica: més de 30 anys.
- Elements auxiliars, com el cablejat, les canalitzacions, caixes de connexió, etc. poden durar més de 40 anys si estan muntades correctament.

B.20.1.2 RENDIMENT GLOBAL

Els mòduls fabricats a Espanya, en funció de la tecnologia i de la potència de les cèl·lules fotovoltaiques que el componen, tenen un rendiment de valors entre el 13.5 i el 11.5 %, és a dir, que un 1 m² de panell fotovoltaic, segons mòdul i classe, es tindrà una potència entre 135 Wp i 115 Wp (irradiació de 1000 W/m²).

El rendiment de les instal·lacions fotovoltaiques també ve determinat per una sèrie de factors entre els quals destaquen els que es descriuen en els punts següents:

Tolerància en els valors de potència nominal del panell fotovoltaic (entre el +0% - 10%).

Si un mòdul fotovoltaic ha estat certificat segons la norma IEC 61326, si és de silici cristal·lí, o la IEC 61646 si és de capa fina, i fabricat amb un sistema de qualitat ISO 9001, no hauria de presentar una degradació significativa.

La connexió en sèrie de mòduls fotovoltaics amb potències produeix pèrdues al quedar la intensitat de la sèrie limitada al mòdul de menor intensitat.

La pèrdua de potència quan el mòdul treballa en condicions d'operació diferents a les que tenia quan es va mesurar la seva potència nominal. El panell per exemple, adquireix en operació temperatures superiors als 25°C, temperatura a la qual es mesuren els diferents valors a fàbrica (pèrdues entre un 5 -10%).

Altres pèrdues, generalment caigudes de tensió (se sol limitar a un 3% normalment).

La pols o la brutícia que es dipositarà a sobre del mòdul pot disminuir la potència de sortida del mòdul. Si el mòdul està inclinat a més de 15° i no es produeixen brutícies localitzades, com les produïdes per excrements d'aus, aquestes pèrdues seran petites.

Les pèrdues per ombres sobre les superfícies de les cèl·lules seran normalment nul·les, perquè en el projecte i a la instal·lació s'haurà tingut en compte aquest factor, però pot que el propi disseny toleri ombrejats parcials en les hores extremes del dia.

Les pèrdues de l'ondulador i el dispositiu de seguiment del punt de màxima potència (MPP) estan compreses entre un 4 i un 10%, excloent onduladors sense transformador i inversors de molt baix rendiment.

Les pèrdues per caiguda de tensió del cablejat, tan del de corrent contínua com el d'alterna, solen ser petites perquè el bon dissenyador preferirà posar cables de major diàmetre abans que perdre potència per concepte.

Per últim, la disponibilitat de la instal·lació fotovoltaica és un factor clau per el fet evident de que si la instal·lació està fora de servei apareixen importants pèrdues i afecta

significativament al rendiment global. El rang de disponibilitat d'una instal·lació d'energia solar fotovoltaica esta compresa entre el 98 i el 94% del temps total d'insolació.

Per altra banda, i en última posició, existeixen les pèrdues en la transformació de tensions i les de la línia elèctrica de la connexió amb la xarxa (tot i no formar part del sistema fotovoltaic, sí que afecten a la totalitat d'aportació d'energia elèctrica).

Per tant, sobre la potència nominal del panell s'han d'aplicar els següents valors mitjos de rendiment global en una primera aproximació:

| Mida de la instal·lació fotovoltaica | Rendiment global aproximat de la instal·lació |
|--------------------------------------|---|
| Petita (entre 1 i 5 kW) | 75 % |
| Mitjana (entre 5 i 100 kW) | 77,5 % |
| Gran (entre 100 kW i 1 MW) | 80 % |
| Centrals (entre 1 i 50 MW) | 82,5 % |

Taula 10. Rendiment global de la instal·lació (mòduls fotovoltaics no inclosos)

Per altra banda, a la Taula 11. Percentatge dels diferents tipus de pèrdues sobre el rendiment global d'una instal·lació FV es pot veure, com afecten els diferents paràmetres abans esmentats sobre el rendiment global.

| Pèrdues en una instal·lació fotovoltaica | Pèrdua òptima (%) | Pèrdua més provable (%) | Pitjor cas (%) |
|--|-------------------|-------------------------|----------------|
| Tolerància del mòdul/Pèrdues amb el temps. | 0 | 5,0 | 10 |
| Dispersió de característiques. | 0,5 | 3,8 | 7 |
| Pols i brutícia. | 0,5 | 2,7 | 5 |
| Augment de temperatura en les cèl·lules. | 3 | 6,5 | 10 |
| Ombres als mòduls. | 0 | 1,0 | 2,0 |
| Caigudes de tensió en cables de D.C. | 0,5 | 0,8 | 1,0 |
| Rendiment de l'inversor/seguiment del PMP. | 4,0 | 7,0 | 10 |
| Caigudes de tensió en cables de c.a. | 0,5 | 0,7 | 1,0 |
| Falta de disponibilitat per manteniment. | 1,0 | 2,5 | 4 |
| Pèrdues totals. | 10 | 30 | 50 |

Taula 11. Percentatge dels diferents tipus de pèrdues sobre el rendiment global d'una instal·lació FV

Rendiment Instal·lació solar fotovoltaica de connexió a xarxa

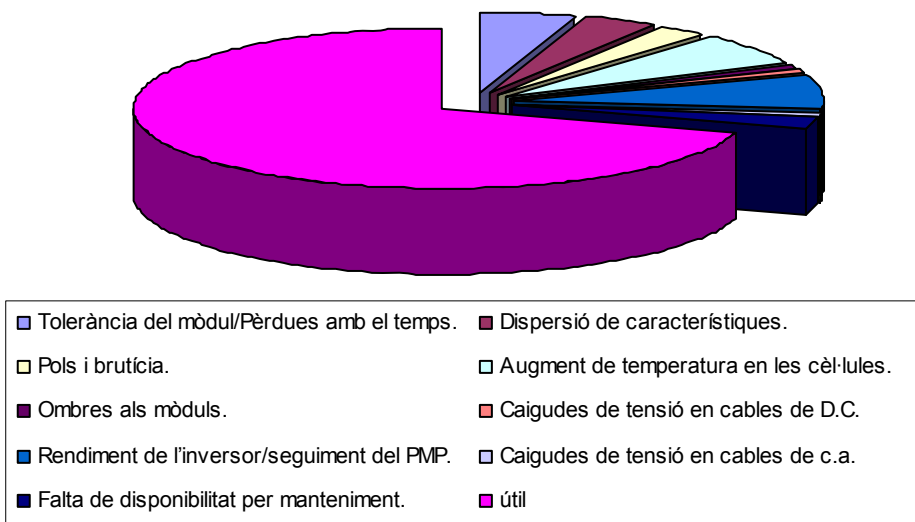


Figura 64. Rendiment d'una instal·lació solar fotovoltaica de connexió a xarxa

Albert Juan Casademont

Autor del projecte

30 de Maig del 2008



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Industrial. Pla 2002

Títol: Projecte per la realització d'una instal·lació solar fotovoltaica en règim especial als edificis de l'Escola Politècnica Superior de la UdG

Document: C Simulació anual de la producció d'energia elèctrica i el benefici mediambiental

Alumne: Albert Juan Casademont

Director/Tutor: Josep Maria Corretger Canós
Departament: Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial
Àrea: Màquines i motors tèrmics

Convocatòria (mes/any): Juny 2008

ANNEX A LA MEMÒRIA

ÍNDEX

| | | |
|-------|---|----|
| C | SIMULACIÓ ANUAL DE LA PRODUCCIÓ D'ENERGIA ELÈCTRICA I BENEFICI MEDIAMBIENTAL..... | 2 |
| C.1 | UTILITZACIÓ DEL PROGRAMA PVSYSY 4.2.1 | 2 |
| C.2 | PROJECT / VARIANT | 3 |
| C.2.1 | ENTRADA DE LES DADES GEOGRÀFIQUES I CLIMATOLÒGIQUES | 3 |
| C.2.2 | COEFICIENT D'ALBEDO | 6 |
| C.3 | ORIENTACIÓ | 7 |
| C.4 | PÈRDUES PER OMBRES EN L'HORIZZÓ | 9 |
| C.5 | PÈRDUES PER PROXIMITATS D'OMBRES AMB EL MOVIMENT DEL SOL | 11 |
| C.5.1 | CREACIÓ DEL MODEL | 11 |
| C.5.2 | SIMULACIÓ DEL MODEL | 14 |
| C.5.3 | TAULA DEL FACTOR D'OMBRES..... | 19 |
| C.6 | CONFIGURACIÓ DEL SISTEMA..... | 21 |
| C.7 | RESULTATS DE LA SIMULACIÓ | 24 |
| C.8 | BENEFICIS MEDIAMBIENTALS DE LA INSTAL·LACIÓ..... | 28 |
| C.8.1 | BALANÇ ENERGÈTIC DE CATALUNYA ANY 2006..... | 28 |
| C.8.2 | REDUCCIÓ D'EMISSIONS DE DIÒXID DE CARBONI. SIMULACIÓ ANUAL | 30 |

C SIMULACIÓ ANUAL DE LA PRODUCCIÓ D'ENERGIA ELÈCTRICA I BENEFICI MEDIAMBIENTAL

Per tal de realitzar la simulació tècnica de producció d'energia elèctrica de la instal·lació projectada s'ha utilitzat el programa PVSYS versió 4.2.1. Aquest programa permet realitzar una simulació completa d'una instal·lació fotovoltaica connectada a xarxa.

La simulació per mitjà d'aquest programa té en compte diferents factors, com les dades climatològiques de la zona de la instal·lació, les pèrdues globals de la mateixa tan per ombres com per temperatura, cablejat i al efectes.

C.1 UTILITZACIÓ DEL PROGRAMA PVSYS 4.2.1

El programa PVSYS disposa de cinc submenús:

- *Project/Variant*: part del programa on s'han de definir aspectes com la situació de la instal·lació i les dades climatològiques d'aquesta.
- *Orientation*: part on s'han d'entrar els paràmetres d'inclinació i orientació de la instal·lació projectada.
- *Horizon*: apartat per el càlcul d'ombres en el cas que hi hagi un objecte fix en l'horitzó de les plaques fotovoltaiques que sigui susceptible de produir-li ombra.
- *Near Shading*: punt on es pot visualitzar i calcular el rendiment de la instal·lació en base a les ombres de l'espai que les envolta.
- *System*: Definició de tots els components que formen la instal·lació: panells, onduladors, estructura de connexió i els seus corresponents paràmetres i pèrdues màximes permeses

- *Simulation*: Últim apartat que permet simular la producció i el rendiment de la instal·lació una vegada s'han definit tots els paràmetres necessaris

C.2 PROJECT / VARIANT

Una vegada ha estat creat el fitxer, el programa permet definir la situació geogràfica de la instal·lació, així com les dades meteorològiques d'aquesta: radiació solar, temperatura mitja, la radiació difusa i la velocitat mitjana del vent entre d'altres.

C.2.1 ENTRADA DE LES DADES GEOGRÀFIQUES I CLIMATOLÒGIQUES

En aquest cas, s'ha creat la situació geogràfica de Girona amb les dades de les coordenades geogràfiques i altura respecte el nivell del mar facilitades per l'Institut Cartogràfic de Catalunya.

Les dades dels històrics de temperatura mitjana de Girona s'han obtingut a través del Servei Meteorològic de Catalunya Gràcies a l'Institut Meteorològic de Catalunya i les dades de la radiació solar es trobaven ja disponibles a l' Atlas de radiació solar de Catalunya de l'ICAEN, publicat l'any 2000 i que conté les dades de Girona ciutat.

Una vegada recollides les dades s'han introduït al programa. A nivell de detall, el PVSYST demana que les dades de radiació solar siguin amb orientació a 0° azimuth i a nivell horitzontal (0° d'inclinació).

Una vegada han estat introduïts tots els valors, el mateix programa et permet crear una fulla per veure si tots els paràmetres són correctes i per observar les corbes de l'altura i posició del sol en funció de la data (Figura 1. Resum de les dades climatològiques de la instal·lació).

Les corbes de posició del sol permeten veure com la més baixa correspondrà al solstici d'hivern, el 22 de novembre , i per la més alta al solstici d'estiu, 22 de Juny.

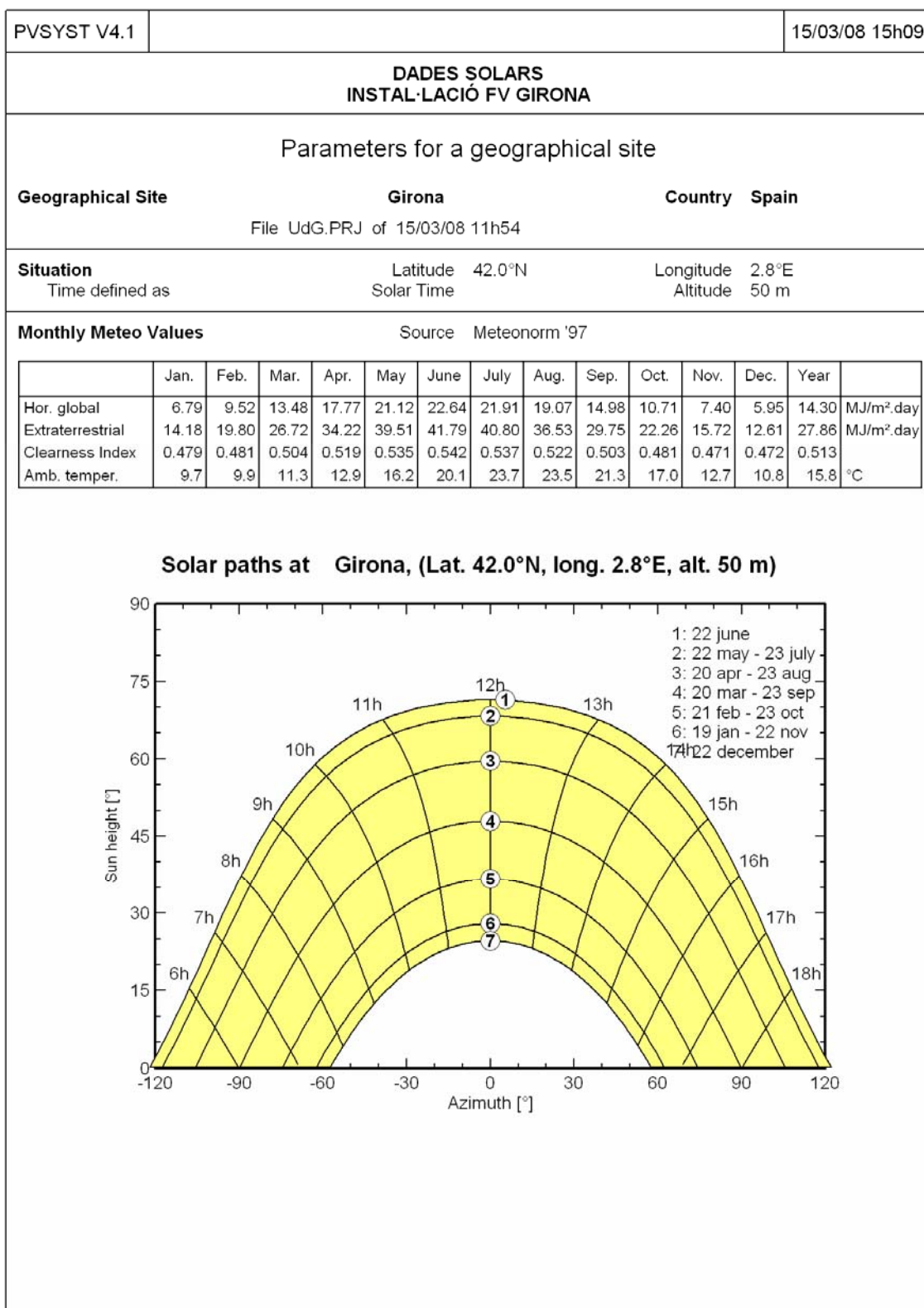


Figura 1. Resum de les dades climatològiques de la instal·lació

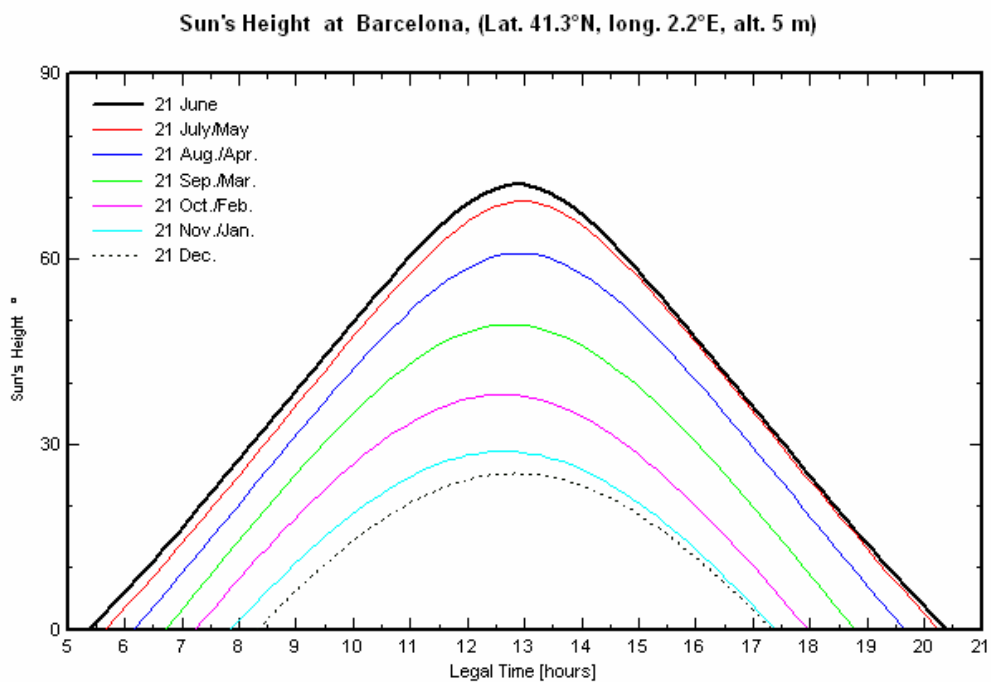


Figura 2. Altura del sol en funció de la data a Barcelona

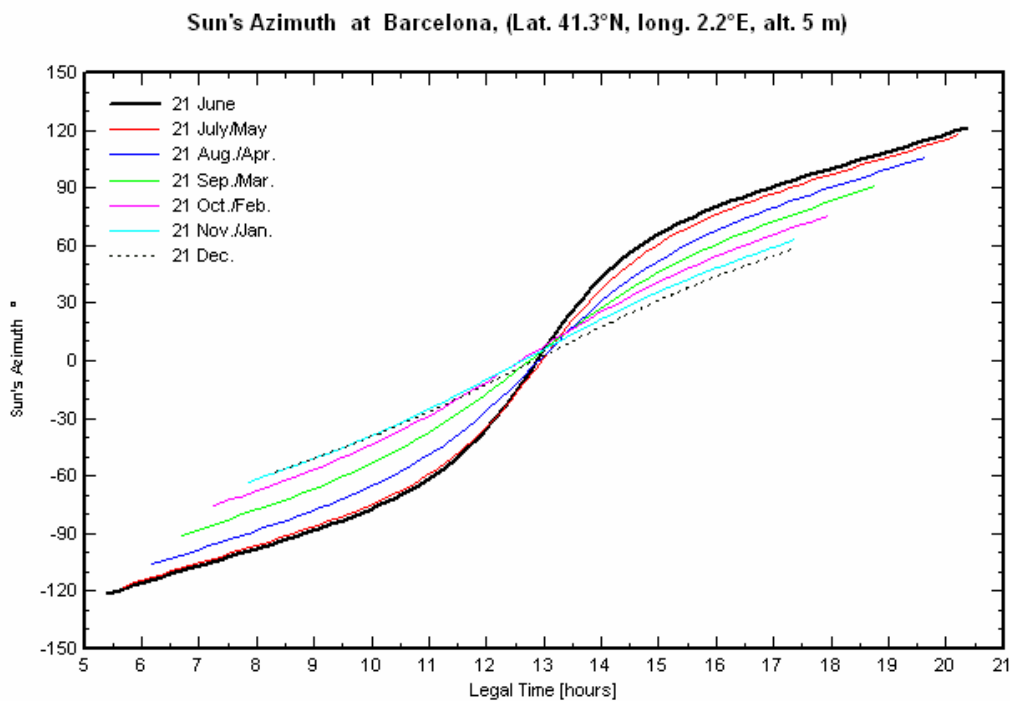


Figura 3. Evolució de l'azimut en funció de la data a Barcelona

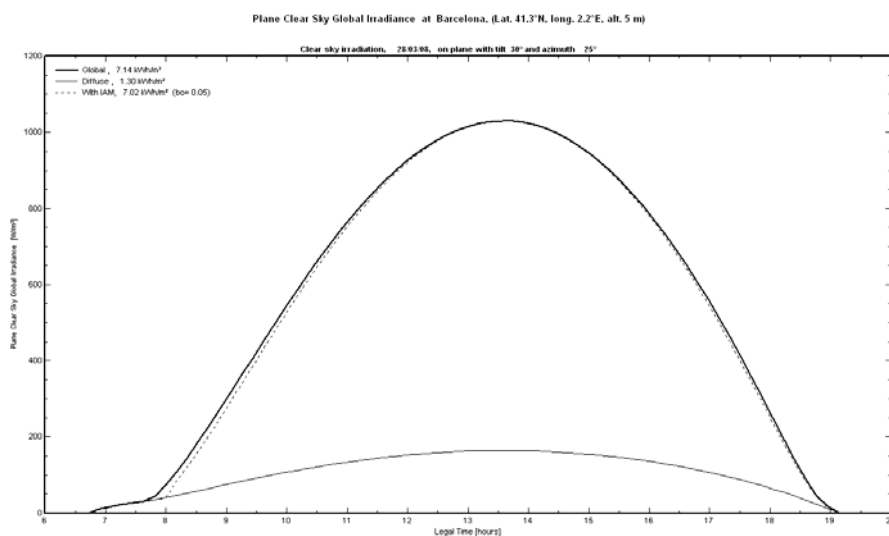


Figura 4. Comparació de la radiació solar directe i difusa a data de Març

Les anteriors gràfiques donen lloc a la comparació dels diferents valors de les posicions del sol i del valor de la radiació solar al llarg de l'any, per tal de veure quins seran els mesos més productius.

C.2.2 COEFICIENT D'ALBEDO

Un altre paràmetre que afecta a la producció de les instal·lacions fotovoltaïques és el coeficient d'Albedo.

Aquest coeficient és la fracció del total de la radiació solar que és reflectida pel terra davant del panell fotovoltaic.

L'efecte del coeficient d'Albedo té lloc amb la transformació de la reflexió de la radiació horitzontal respecte a una superfície inclinada.

En la definició del projecte, el valor del coeficient d'albedo pot ajustar-se per cada mes amb

l'objectiu de tenir en compte l'acció de la neu (és una opció que es contempla en els països nòrdics) o del tipus de sòl. El valor més usual en ciutats varia de l'ordre de 0,14 a 0,22 i pot ser incrementat fins al valor de 0,8 en el cas de neu.

En principi, el millor valor seria l'obtingut a peu d'instal·lació, però a títol orientatiu, el coeficient d'Albedo sol tenir els següents valors:

| Ambient | Coeficient d'Albedo |
|-------------------|---------------------|
| Urbà | 0,14-0,22 |
| Herba | 0,15-0,25 |
| Herba molla | 0,26 |
| Neu fresca | 0,82 |
| Neu humida | 0,55-0,75 |
| Asfalt sec | 0,09-0,15 |
| Asfalt humit | 0,18 |
| Formigó | 0,25-0,35 |
| Alumini | 0,85 |
| Acert galvanitzat | 0,35 |

Taula 1. Valors diferents del coeficient d'Albedo en funció del sòl

Tot i que les cobertes són de formigó amb grava, s'ha considerat un valor mig de coeficient d'Albedo en 0,20, ja que la instal·lació es troba situada en un ambient urbà, amb presència de la neu ocasional o nul·la.

C.3 ORIENTACIÓ

Considerant que els dos edificis tenen una desviació de $\pm 25^\circ$ respecte el Sud, s'ha respectat mantenir les plaques amb l'alineació de la façana de l'edifici, ja que d'aquesta

manera hi cap un major nombre de plaques en front de la desviació respecte el punt òptim de funcionament (al voltant del 5%)

Entrant les dades al programa (a l'apartat *Orientation*): inclinació (*Plane Tilt*) 30° i desviació (*Plane orientation*) $+25^\circ$, aquest ens retorna la desviació real respecte el punt òptim: -1.9% de pèrdues (Figura 5. Desviació respecte el punt òptim segons inclinació i orientació)

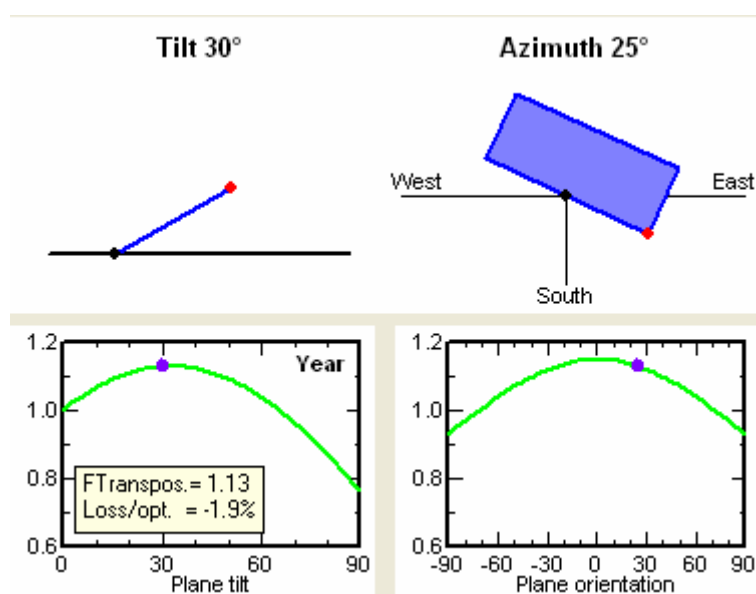


Figura 5. Desviació respecte el punt òptim segons inclinació i orientació

Tot i els arguments en l'annex B Disseny tècnic de la instal·lació, es pot veure com en la gràfica de la inclinació, és que el programa marca el punt òptim en els 40° d'inclinació, en comptes dels 30° com s'ha definit en l'annex esmentat.

Aquest fet és degut a què hi ha més mesos d'hivern que d'estiu, una menor altura del sol, la qual cosa fa augmentar la inclinació de les plaques.

Tot i això, el que realment importa és que en els mesos d'estiu hi ha més hores de sol a l'estiu que a l'hivern i en conseqüència, com que el sol està a angles superiors, les plaques han de baixar la seva inclinació.

C.4 PÈRDUES PER OMBRES EN L'HORIZÓ

Aquesta opció no ha estat utilitzada en la simulació perquè la col·locació de les plaques està dimensionada de manera que es respecti la distància mínima entre elles perquè no es facin ombra en les pitjors situacions i evitant que davant seu hi hagi obstacles que els impedeixin rebre una radiació solar de forma directe.

Un exemple de càlcul per pèrdues en l'horitzó seria el de la Figura 6. Exemple de càlcul de pèrdues per ombres a l'horitzó, on la zona de color verd són objectes que ressalten per davant la placa en l'horitzó i li obstaculitzen la llum directa del sol (no es respecta la distància mínima calculada en l'annex de disseny tècnic de la instal·lació)

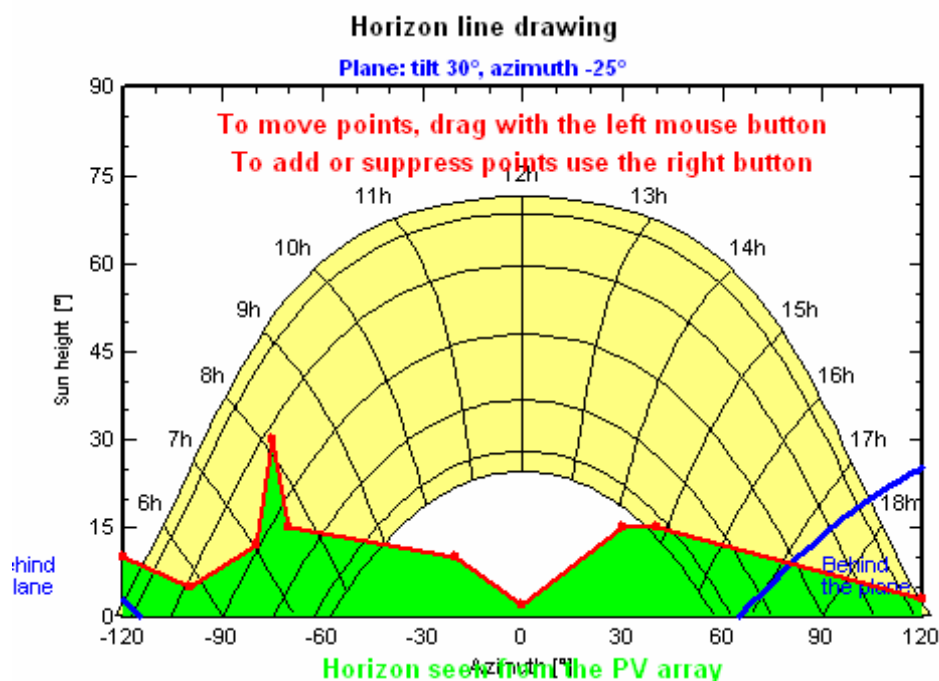


Figura 6. Exemple de càlcul de pèrdues per ombres a l'horitzó

De la mateixa forma que en els apartats anteriors, el programa ens proporciona un informe sobre el resultat de les pèrdues per ombres a l'horitzó (Figura 7. Recull del càlcul de pèrdues per objectes a l'horitzó).

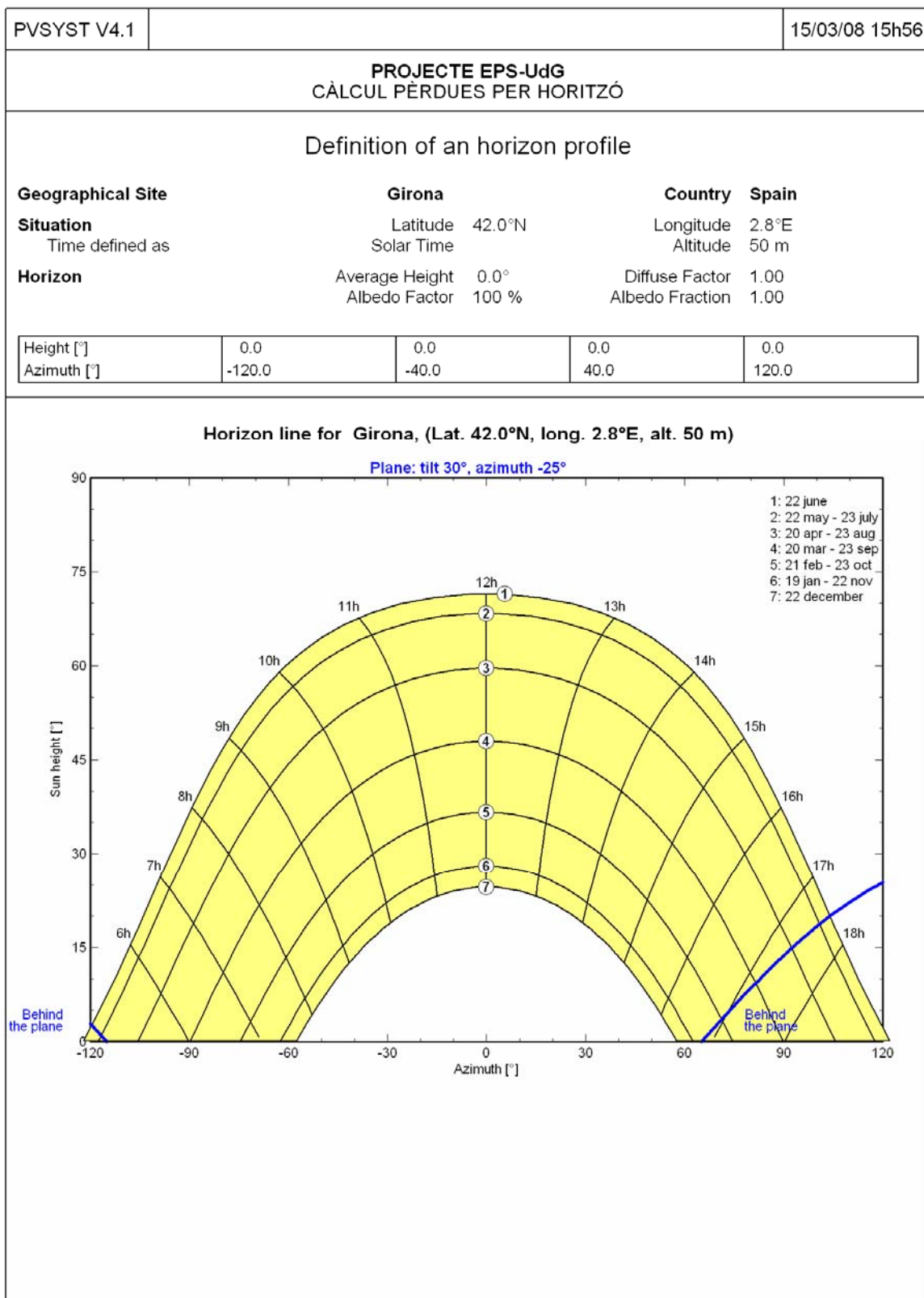


Figura 7. Recull del càlcul de pèrdues per objectes a l'horitzó

C.5 PÈRDUES PER PROXIMITATS D'OMBRES AMB EL MOVIMENT DEL SOL

Una bona eina del PVSYST és el *Near Shading*, un simulador que permet crear un entorn en dimensions similar a la instal·lació projectada i analitzar com afecten les ombres a aquesta. Els passos són: crear un model, simular-lo i observar-ne els resultats.

C.5.1 CREACIÓ DEL MODEL

La opció de *Near Shadings* del programa PVSYST permet realitzar una simulació de l'escenari de la instal·lació en tres dimensions i analitzar com respon el dimensionat i la col·locació de les plaques teòric en dos dimensions de la instal·lació en front a diferents posicions del sol i en diferents dies estratègics de l'any.

Tal com especifica el paràgraf anterior, aquesta opció permet modelar la instal·lació i simular l'efecte de les ombres amb el moviment del sol. Per fer-ho s'han de crear els edificis amb blocs paral·lelepípedes i anar-los ajuntant.

Sempre s'ha de tenir clar l'eix de coordenades en què es treballa (x,y,z,) traspasant-lo de forma correlativa a oest, sud, altura, respectivament.

En el desenvolupament d'aquest projecte s'ha considerat necessari utilitzar aquesta aplicació. D'aquesta manera es pot saber si la col·locació de determinats mòduls en els plànols de dos dimensions és òptima, ja que la desviació de l'azimut en +25° pot provocar certes ombres que podien no haver estat contemplades inicialment .

Tot i els avantatges de la opció *Near Shadings* del PVSYST, aquesta també té certs inconvenients:

- No es poden importar objectes ni plànols prèviament dissenyats en dos ni en tres dimensions de cap format, de manera que els edificis s'han de crear de nou en base a les mesures que tinguin.

- No es permeten crear més formes que les ja definides en les plantilles del programa. De manera que, per crear edificis s'ha de partir del paral·lelepípede bàsic. Això comporta que quan un edifici té una certa complexitat arquitectònica, aquest s'ha d'anar creant a base d'anar ajuntant diferents paral·lelepípedes, com per exemple, els edificis del present projecte.
- La situació dels elements (plaques, blocs d'edificis, etc.) es fa punt a punt (x,y,z) i amb la desviació d'azimut respectivament. Això implica que si es parteix d'un plànol en dos dimensions, per tal d'anar col·locant objectes en una maqueta de tres dimensions desviada de l'azimut en +25° s'ha d'utilitzar una matriu de canvi de coordenades en dos dimensions per tal de trobar les noves coordenades (x',y') de l'element respecte la posició inicial (Fórmula 1), com també és el cas del present projecte.

$$[x' \ y'] = [x \ y] \cdot \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \quad (\text{Eq. 1})$$

En tot cas, les mesures dels edificis, així com les distàncies entre ells, s'han extret dels plànols i de la informació donada per el SOTIM (Servei d'Oficina Tècnica I Manteniment) de la Universitat de Girona.

Els resultats del disseny en 3 dimensions del campus de la EPS-UdG, en concret dels edificis Politècnic-1 i Politècnic-3 han estat els que es mostren a les següents imatges:

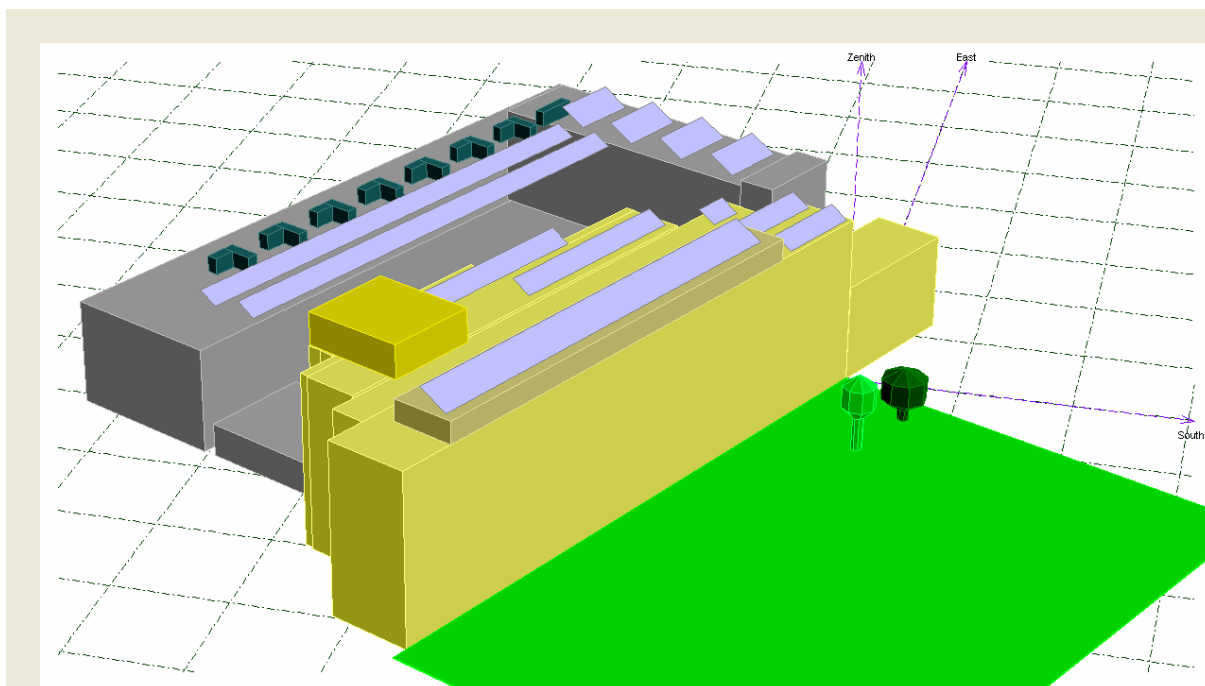


Figura 8. Vista Sud-Oest de la simulació del campus de la EPS-UdG.

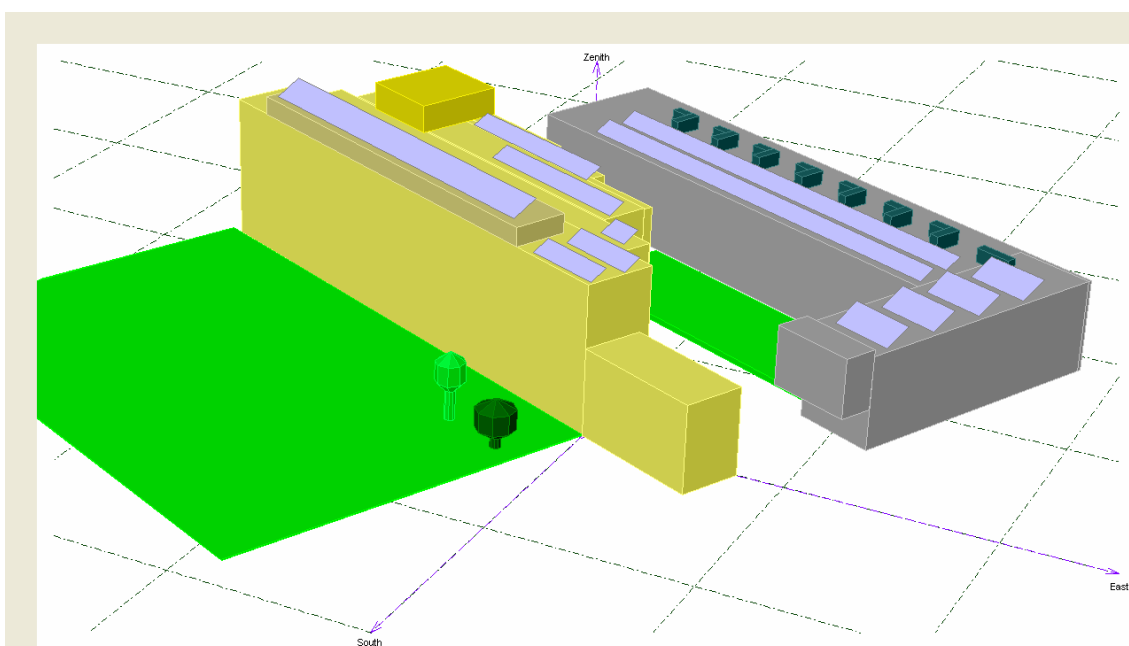


Figura 9. Vista Sud-Est de la simulació del campus de la EPS-UdG.

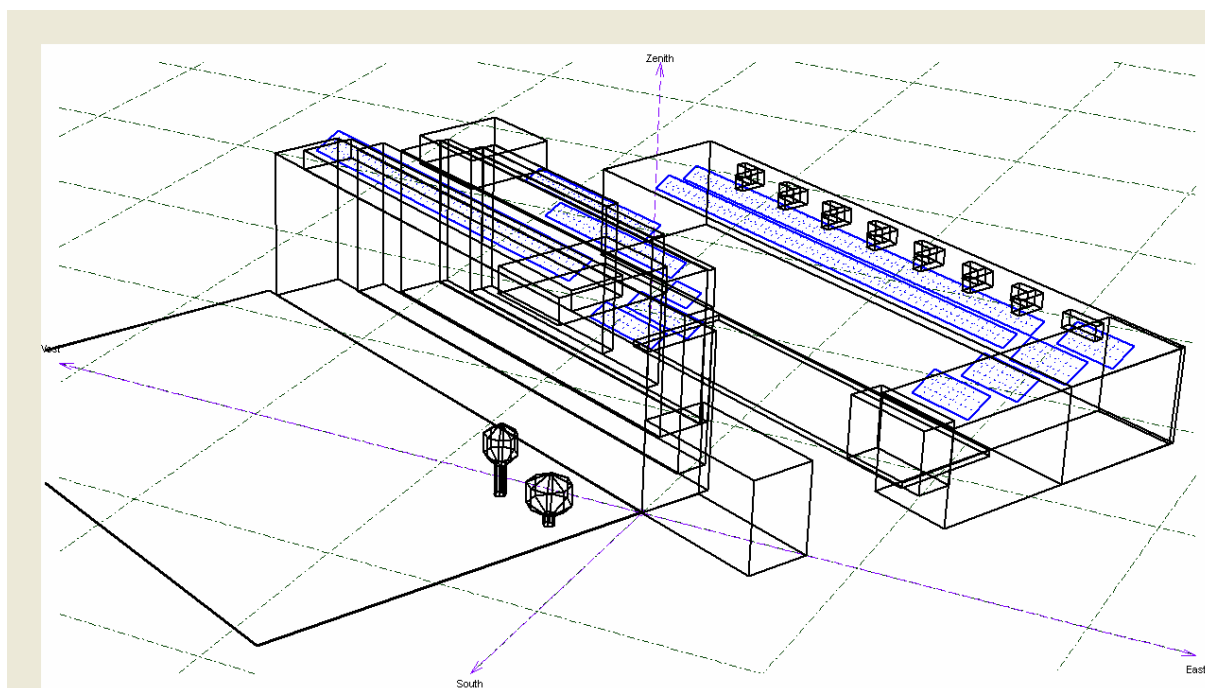


Figura 10. Vista Sud-Est de la simulació del campus de la EPS-UdG sense volums

C.5.2 SIMULACIÓ DEL MODEL

Una vegada s'ha creat el model, executant la opció *shadows animations all over one day* sense sortir del programa, es té el resultat del moviment de les ombres al llarg del dia escollit (també hi ha l'opció de simular-ho en un dia i una hora concrets).

Per exemple, la primera animació que s'ha de realitzar primer per tal de veure si les plaques estan ben col·locades segons l'annex A és per la data del 21 de desembre, que és quan el sol té altures menors (Figures 11, 12, 13 i 14).

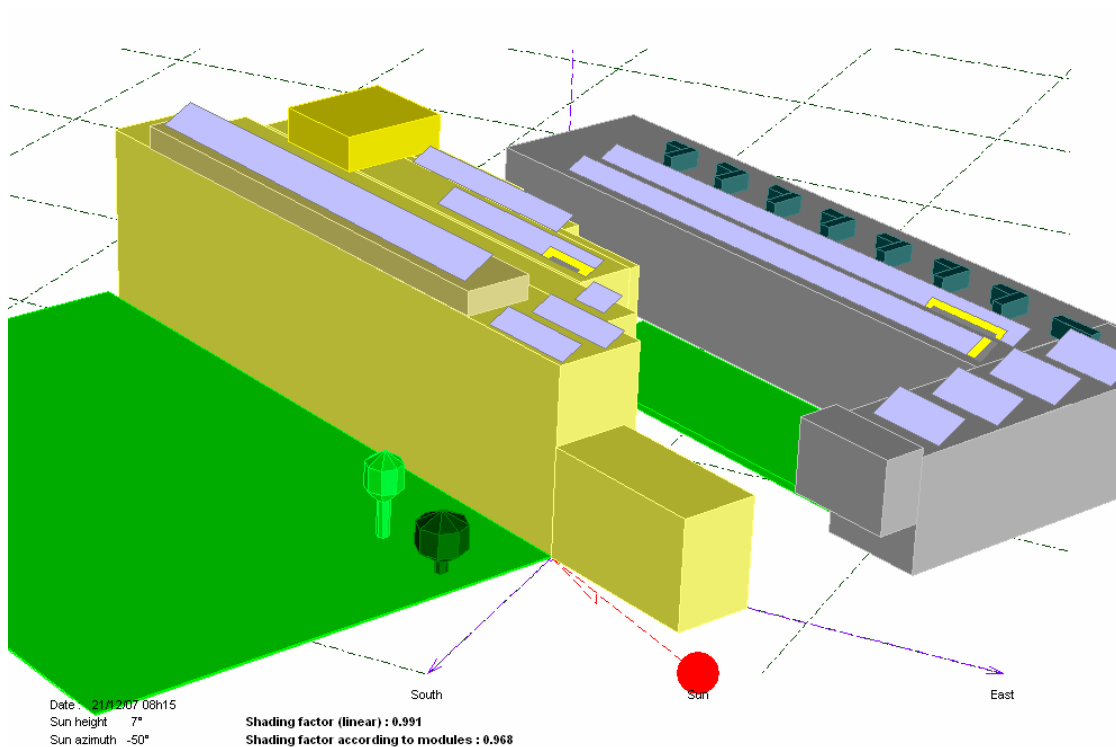


Figura 11. Simulació d'ombres pel 21 de desembre a les 8.00 hora solar

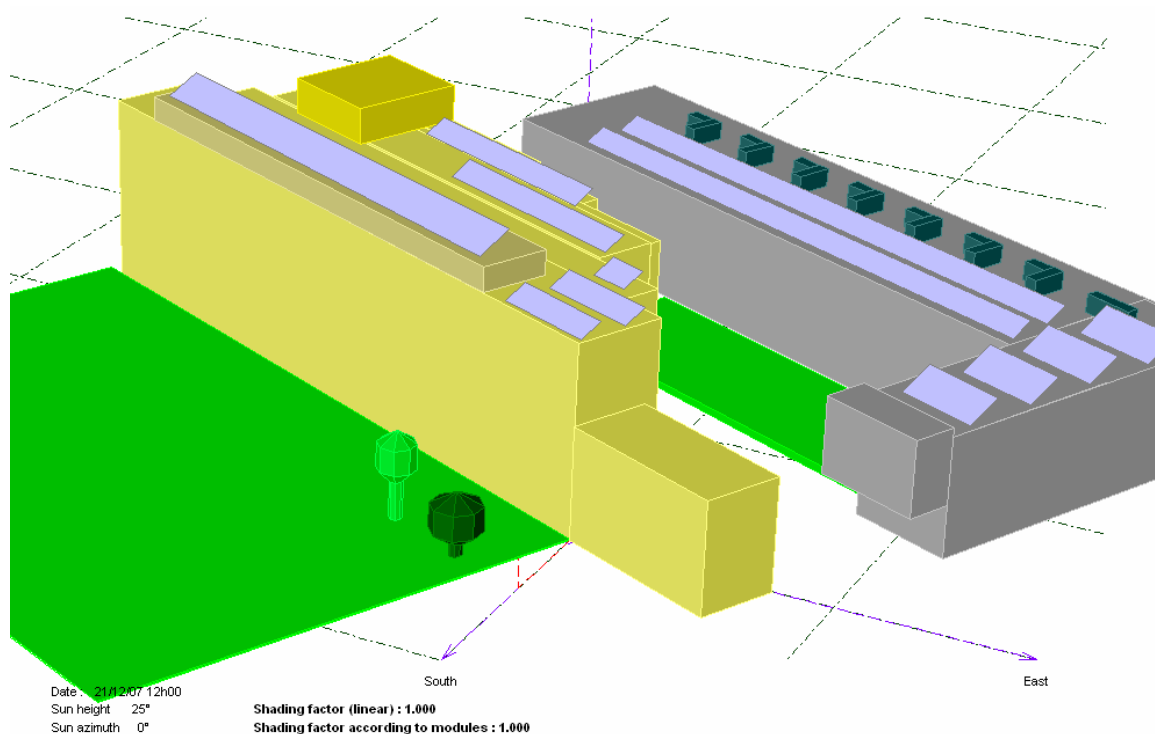


Figura 12. Simulació d'ombres pel 21 de desembre a les 12.00 hora solar

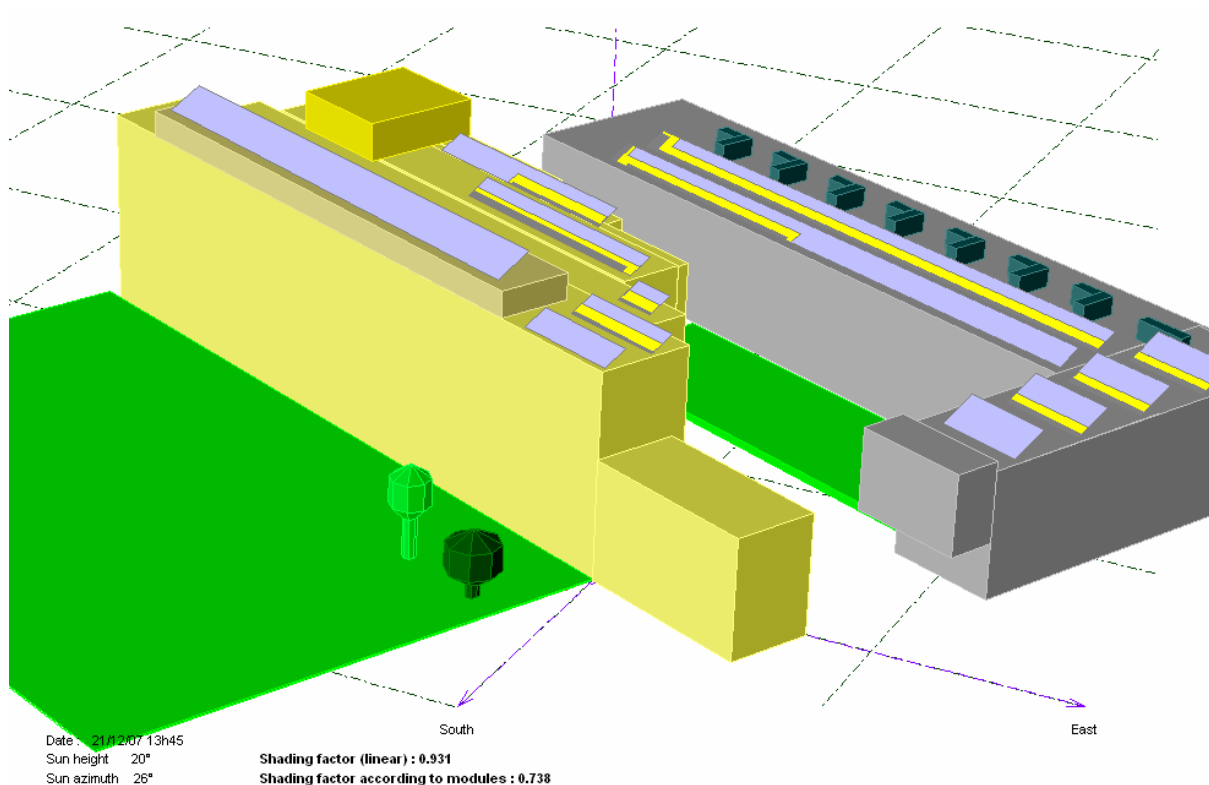


Figura 13. Simulació d'ombres pel 21 de desembre a les 14.00 hora solar

Una vegada observades les simulacions es pot veure si és necessari alguna redistribució de mòduls en les teulades. Vistes les evolucions de les ombres es considera necessari redistribuir un total de 8 mòduls de la coberta de l'edifici Politècnic-1. Aquesta redistribució ja és la definitiva en els plànols que documenten en aquest projecte i en l'annex A.

Vist el cas més desfavorable, es realitzarà una simulació del cas contrari: la simulació del dia, el 21 de Juny, que és quan hi ha més hores de sol i aquest està més alt (Figures 14, 15, 16, i 17).

En el cas del 21 de Juny es pot veure com a part de tenir més hores de sol (l'inici de l'hora solar és a les 5.00 fins a les 17.00h) aquest avança a angles molt més elevats i per tant, la incidència de les possibles ombres sobre la distribució de plaques fotovoltaïques és menor o gairebé nul·la)

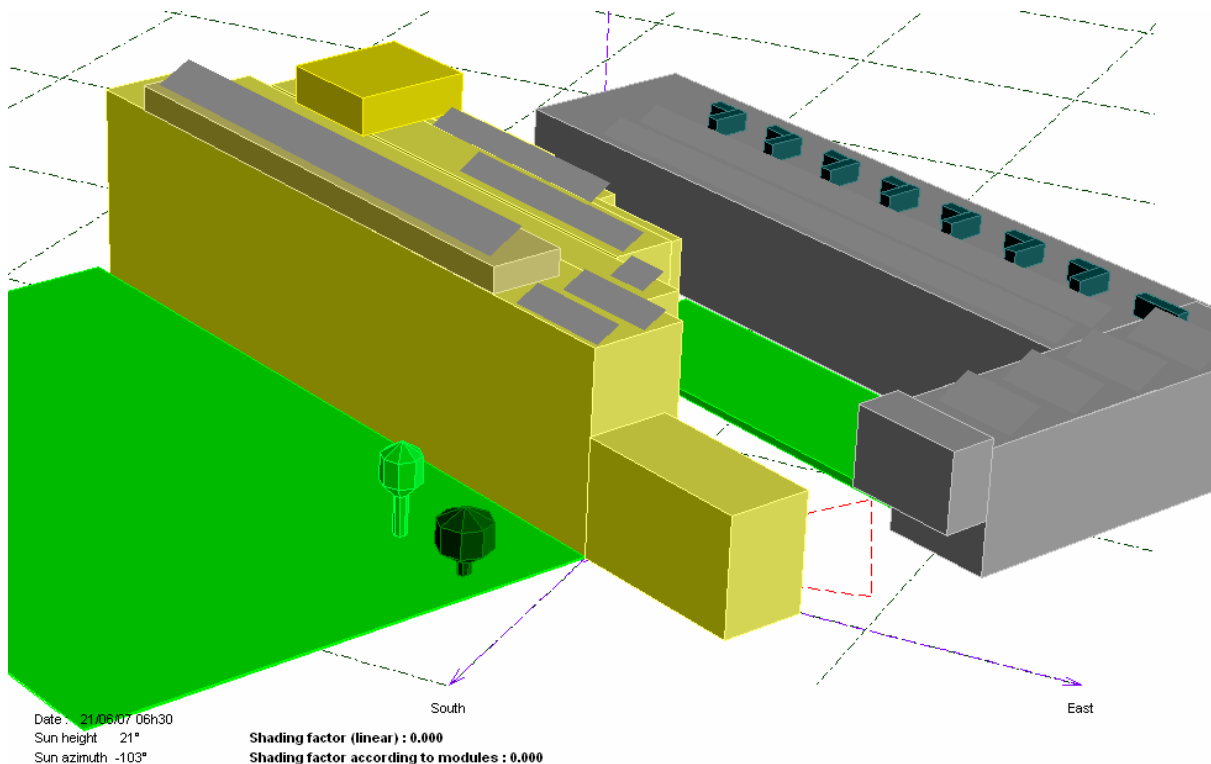


Figura 14. Simulació d'ombres pel 21 de Juny a les 06.30 hora solar

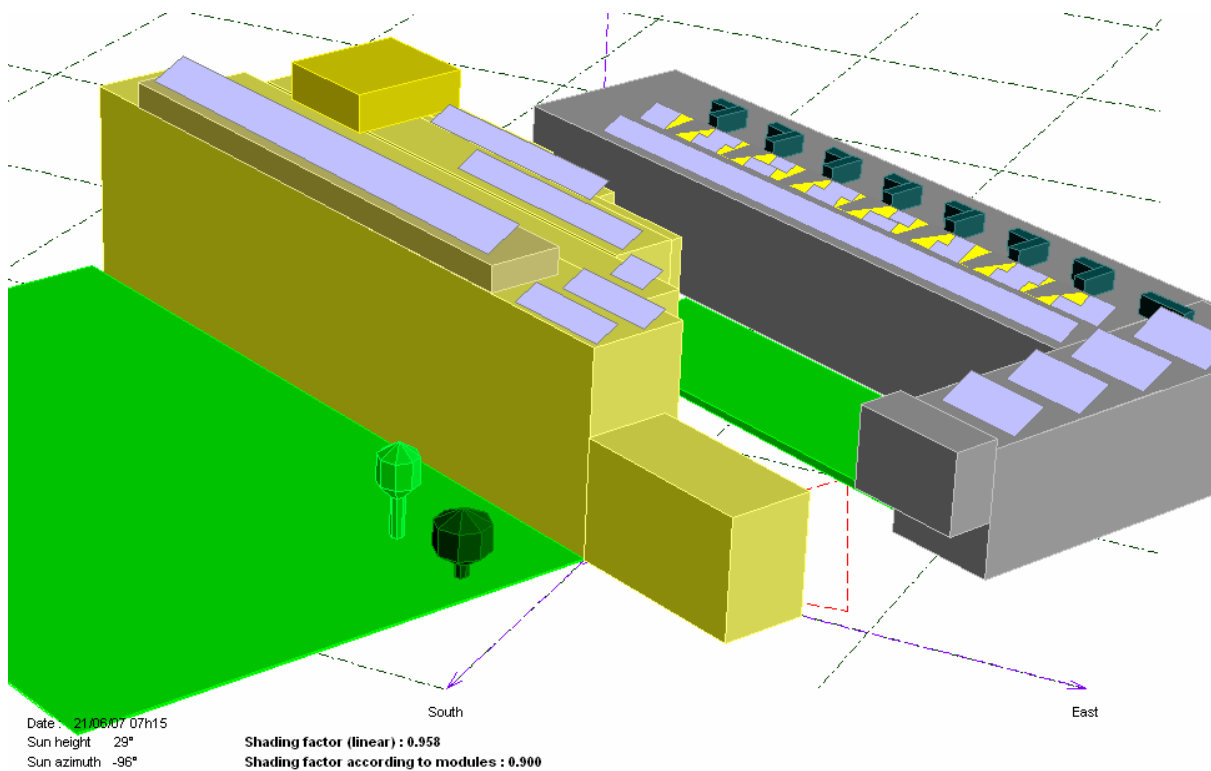


Figura 15. Simulació d'ombres pel 21 de Juny a les 07.15 hora solar

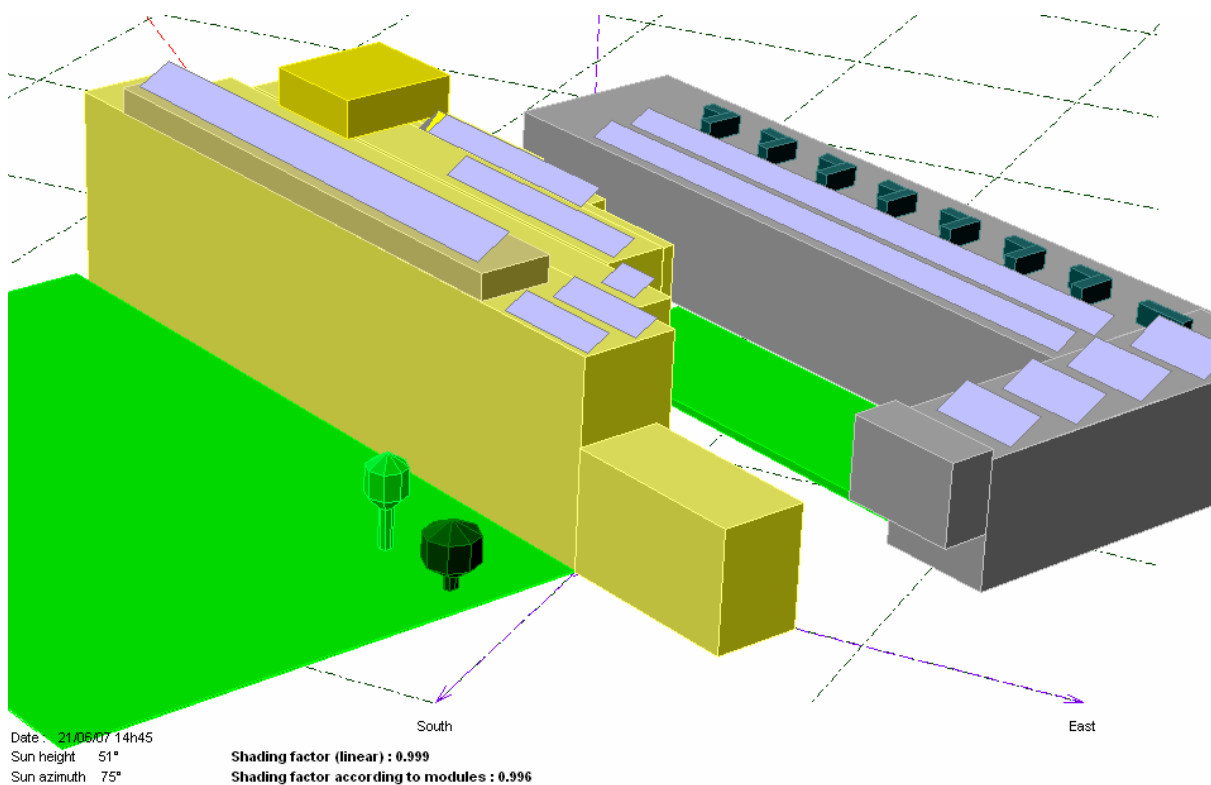


Figura 16. Simulació d'ombres pel 21 de Juny a les 14.45 hora solar

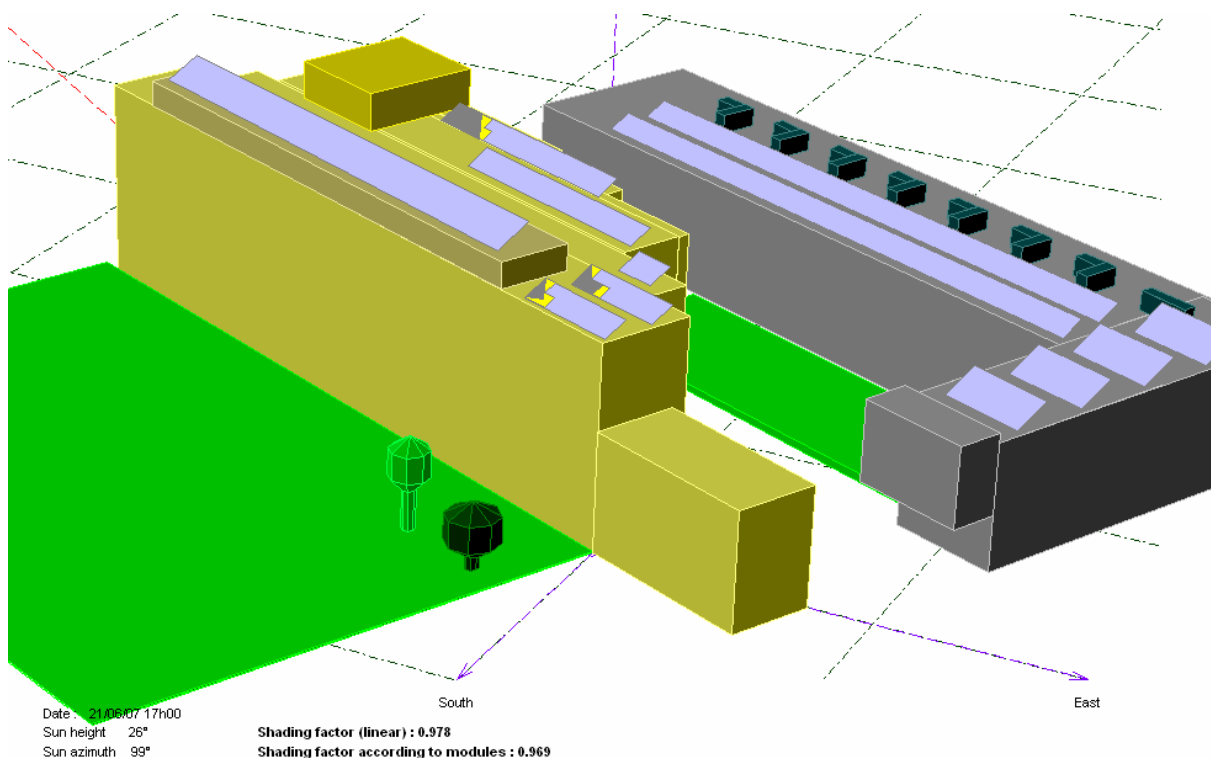


Figura 17. Simulació d'ombres pel 21 de Juny a les 147.00 hora solar

C.5.3 TAULA DEL FACTOR D'OMBRES

A part d'observar l'evolució de les ombres sobre les plaques fotovoltaïques, l'aplicació del *Near Shadings* permet aportar una informació molt útil per el rendiment global d'una instal·lació fotovoltaïca: el càlcul del coeficient d'ombres.

C.5.3.1 CÀLCUL DEL COEFICIENT D'OMBRES

El càlcul del coeficient d'ombres és un càlcul complex, ja que és necessari realitzar-ho per cada diferent posició d'azimut. En aquest cas, el PVSYST realitza aquest càlcul en salts de 10° en l'altura del sol i de 20° en el valor d'azimut, i els resultats es presenten en forma de taula.

La configuració geomètrica de l'ombra que cau sobre el conjunt de panells fotovoltaïcs, i la determinació del factor d'ombra, es realitzen d'una forma purament geomètrica i analítica.

Per una posició solar donada, primer de tot, el programa realitza una transformació de coordenades de tots el sistema, per tal de col·locar l'eix OZ en la direcció del sol.

Després, per cada element sensible del camp del FV (rectangles, polígons), el programa projecta cada superfície elemental del sistema en el pla del camp que és considerat. La intersecció de l'element del camp amb les projeccions positives (es a dir, davant del pla) de cada element també és calculada. La unió d'aquestes ombres elementals forma un polígon que representa l'ombra global en l'element del camp considerat. El factor de pèrdua que rep ombra és el quocient de l'àrea del polígon de l'ombra respecte l'àrea de l'element sensible. Aquest procés es repeteix amb cada element sensible del camp fotovoltaïc.

La dificultat més gran d'aquest procediment és el càlcul de les unions i interseccions dels polígons en el pla. Aquesta operació ha demostrat ser extremadament complexa. Les dificultats apareixen principalment quan els punts més alts dels segments es sobreposen o estan molt pròxims entre ells.

Aquest és el cas de la majoria de les construccions de l'objecte, quan aquesta punta és una part de vàries superfícies elementals en l'espai de tres dimensions.

Tot i així, en alguns casos el resultat pot ser erroni. Sovint, el programa troba el coeficient pel seu compte i comença el càlcul amb una posició solar lleument diversa (variacions de 1° en 1°).

En el pitjor cas, si el programa falla una altra vegada, el factor d'ombres del camp fotovoltaic llavors es calcula d'una manera totalment diferent: Es reparteixen un total de 2.000 punts pel camp fotovoltaic i es calcula l'ombra en cada punt. Tot i que es tracta d'un mètode aproximatiu, condueix sempre a un resultat fiable.

Tot i així, alguns en càlculs pot romandre sempre algun error que el programa no és capaç de detectar per si mateix, la majoria de vegades però, es tracta d'errors que tendeixen generalment a tenir molt poca influència en la simulació global anual.

C.5.3.2 RESULTATS DEL CÀLCUL DEL FACTOR D'OMBRES

A la següent taula es detalla el resultat del còmput total de factor d'ombres del model en tres dimensions de la instal·lació projectada:

| Taula Factor d'ombres | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Azimuth | -140° | -120° | -100° | -80° | -60° | -40° | -20° | 0° | 20° | 40° | 60° | 80° | 100° | 120° | 140° |
| Height | | | | | | | | | | | | | | | |
| 80° | 0.972 | 0.972 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 70° | 0.972 | 0.972 | 0.970 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.972 |
| 60° | 0.972 | 0.969 | 0.967 | 0.970 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.998 | 0.996 | 0.996 | 0.967 |
| 50° | 0.939 | 0.965 | 0.965 | 0.969 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.998 | 0.996 | 0.994 | 0.994 | 0.961 |
| 40° | 0.935 | 0.927 | 0.955 | 0.963 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.996 | 0.992 | 0.986 | 0.986 | 0.947 |
| 30° | 0.956 | 0.911 | 0.904 | 0.953 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.998 | 0.990 | 0.982 | 0.974 | 0.939 | 0.892 |
| 20° | Behind | 0.941 | 0.852 | 0.883 | 1.000 | 1.000 | 0.997 | 0.792 | 0.751 | 0.709 | 0.911 | 0.960 | 0.947 | 0.901 | 0.823 |
| 10° | Behind | Behind | 0.891 | 0.829 | 0.994 | 0.855 | 0.723 | 0.522 | 0.432 | 0.379 | 0.329 | 0.478 | 0.848 | 0.767 | 0.858 |
| 2° | Behind | Behind | Behind | 0.765 | 0.925 | 0.602 | 0.483 | 0.375 | 0.321 | 0.299 | 0.282 | 0.335 | 0.508 | 0.760 | Behind |
| Shading factor for diffuse : 0.942 and for albedo : 0.414 | | | | | | | | | | | | | | | |

Taula 2. Còmput del factor d'ombres del total de la instal·lació

Tal com es pot observar a la Taula 2. Càlcul del factor d'ombres del total de la instal·lació el factor d'ombra del camp fotovoltaic és molt baix com més alta és l'altura del sol, i com més baix és aquesta més alt és el factor d'ombra. La desviació en % respecte el 100% també té la seva representació sobre la corba de les pèrdues d'ombres per objectes en el pla horitzontal frontal de la instal·lació fotovoltaica (Figura 18. Representació de les diferents línies de pèrdua del factor d'ombres).

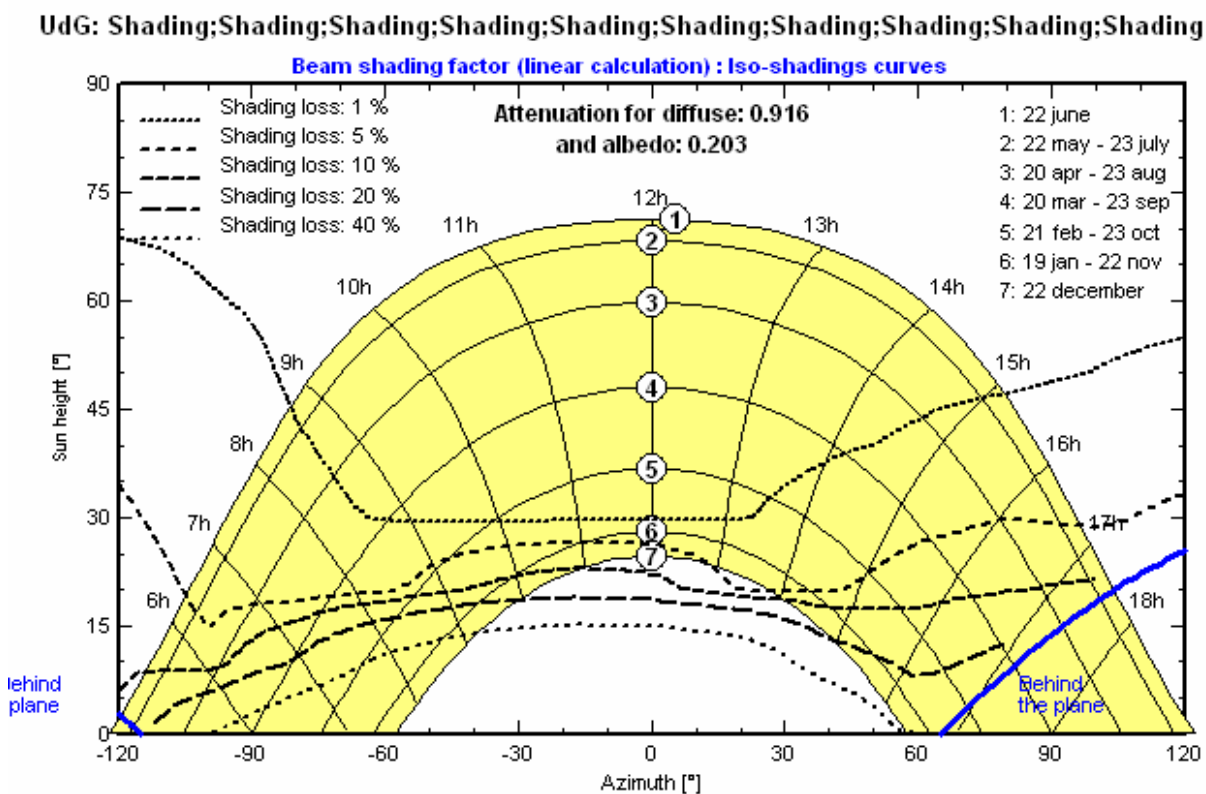


Figura 18. Representació de les diferents línies de pèrdua del factor d'ombres

C.6 CONFIGURACIÓ DEL SISTEMA

Una vegada han estat definits els paràmetres de situació i emplaçament, ombres, etc. s'han d'entrar les dades pertinents al disseny tècnic del sistema. Per fer-ho és necessari treballar amb la opció *system* del PVSYS.

En aquest cas també partirem de les especificacions de l'Annex B del disseny tècnic de la instal·lació. A més, aquest programa disposa d'una extensa base de dades de plaques

fotovoltaïques i onduladors de connexió a xarxa, la qual pot ser modificable si algun paràmetre està mal entrat.

Així doncs, les dades que són necessàries per aquest apartat són les següents:

| Concepte | Descripció |
|---|---|
| Placa fotovoltaica | <p>Nom: Solon P220/6+ 07</p> <p>Potència: 220 Wp, tolerància: 3%</p> <p>Voltatge V_{mmp}/V_{oc}: 28,8/36,40V</p> <p>Intensitat I_{mmp}/I_{sc}: 7,65/8,30 A</p> |
| Ondulador | <p>Nom: Siemens Sinvert Solar Master 1x60</p> <p>Nombre d'entrades de corrent contínua: 2</p> <p>Potència nominal/màxima a l'entrada: 60/ 68 kW</p> <p>Potència nominal/màxima a la sortida: 57/ 65 kW</p> <p>Marge de tensions de treball: 450 – 750V</p> <p>Tensió màxima d'entrada: 900V</p> |
| Instal·lació FV de 15x20 panells fotovoltaics | <p>V_{mmp} (60°C): 492V</p> <p>V_{oc}: 814V</p> <p>I_{mmp}: 113A</p> <p>I_{sc} (60°C): 126A</p> <p>Potència instal·lada: 66 kWp</p> |

Taula 3. Composició de la instal·lació

Llavors, una vegada repassats tots els valors entrats des de les dades de la instal·lació fins a la composició tècnica d'aquesta, el programa permet simular les dades de producció

anual (Figura 19. Simulació de producció 1/4, Figura 20. Simulació de producció 2/4, Figura 21. Simulació de producció 3/4, Figura 22. Simulació de producció 4/4) les més importants són:

- Producció específica: 1263 kWh / kWp / any
- Producció anual estimada: 76.800 kWh/any
- *Performance Ratio* (Rendiment global): 73.2%
- Eficiència mitja en la connexió a xarxa: 9.70%

C.7 RESULTATS DE LA SIMULACIÓ

| | | | |
|--|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| PVSYST V4.1 | | Page 1/4 | |
| SIMULACIÓ PRODUCCIÓ PLANTA FV 66 kWp EPS-UdG | | | |
| Sistema conectado a la red: Parámetros de simulación | | | |
| Proyecto : | UdG 1 | | |
| Lugar geográfico | Girona | País | España |
| Situación | Latitud 42.0°N | Longitud | 2.8°E |
| Hora definida como | Hora solar | Altitud | 50 m |
| | Albedo 0.20 | | |
| Datos meteorológicos : | Girona , synthetic hourly data | | |
| Variante de simulación : VCalcul;Simulation variant | | | |
| | Fecha de simulación | 29/03/08 09h45 | |
| Parámetros de simulación | | | |
| Orientación de plano de colector | Inclinación | 30° | Azimut 25° |
| Horizonte | Horizonte libre | | |
| Sombras próximas | según el módulo | | |
| Características de campo FV | | | |
| Módulo FV | Si-poly | Modelo | P220 / 6+ (220W)/07 |
| | | Fabricante | Solon AG |
| Número de módulos FV | En serie | 20 módulos | En paralelo 15 cadenas |
| Total número de módulos FV | Nº módulos | 300 | Potencia nom. un. 220 Wp |
| Potencia total campo | Nominal (STC) | 66 kWp | En cond. funcionamiento 59 kWp (50°C) |
| Características de funcionamiento de campo (50°U mpp) | | 517 V | 1 mpp 113 A |
| Superficie total | Superficie de módulo | 492 m² | |
| Factores de pérdida de campo FV | | | |
| Factor de pérdida de calor | ko (const) | 29.0 W/m²K | kv (viento) 0.0 W/m²K / m/s |
| => Temp. nom. func. col. (800 W/m², Tamb=20°C, viento 1 m/s) | | | NOCT 45 °C |
| Pérdida óhmica de cables | Res. campo total | 148.9 mOhm | Fracción de pérdida 3.0 % en STC |
| Pérdida de diodos serie | Caída de tensión | 0.7 V | Fracción de pérdida 0.1 % en STC |
| Pérdida de calidad de módulo | | | Fracción de pérdida 3.0 % |
| Pérdida de desadaptación de módulo | | | Fracción de pérdida 2.0 % en MPP |
| Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE | IAM = | 1-bo (1/cos i - 1) | Parámetro bo 0.05 |
| Parámetro del sistema | Tipo de sistema | Sistema conectado a la red | |
| Inversor | Modelo | Sinvert Solar 60 | |
| | Fabricante | Siemens | |
| Características de inversor | Tensión de funcionamiento | 450-750 V | Potencia nom. un. 57 kW AC |
| Necesidades de los usuarios : | Carga ilimitada (red) | | |

Figura 19. Simulació de producció 1/4

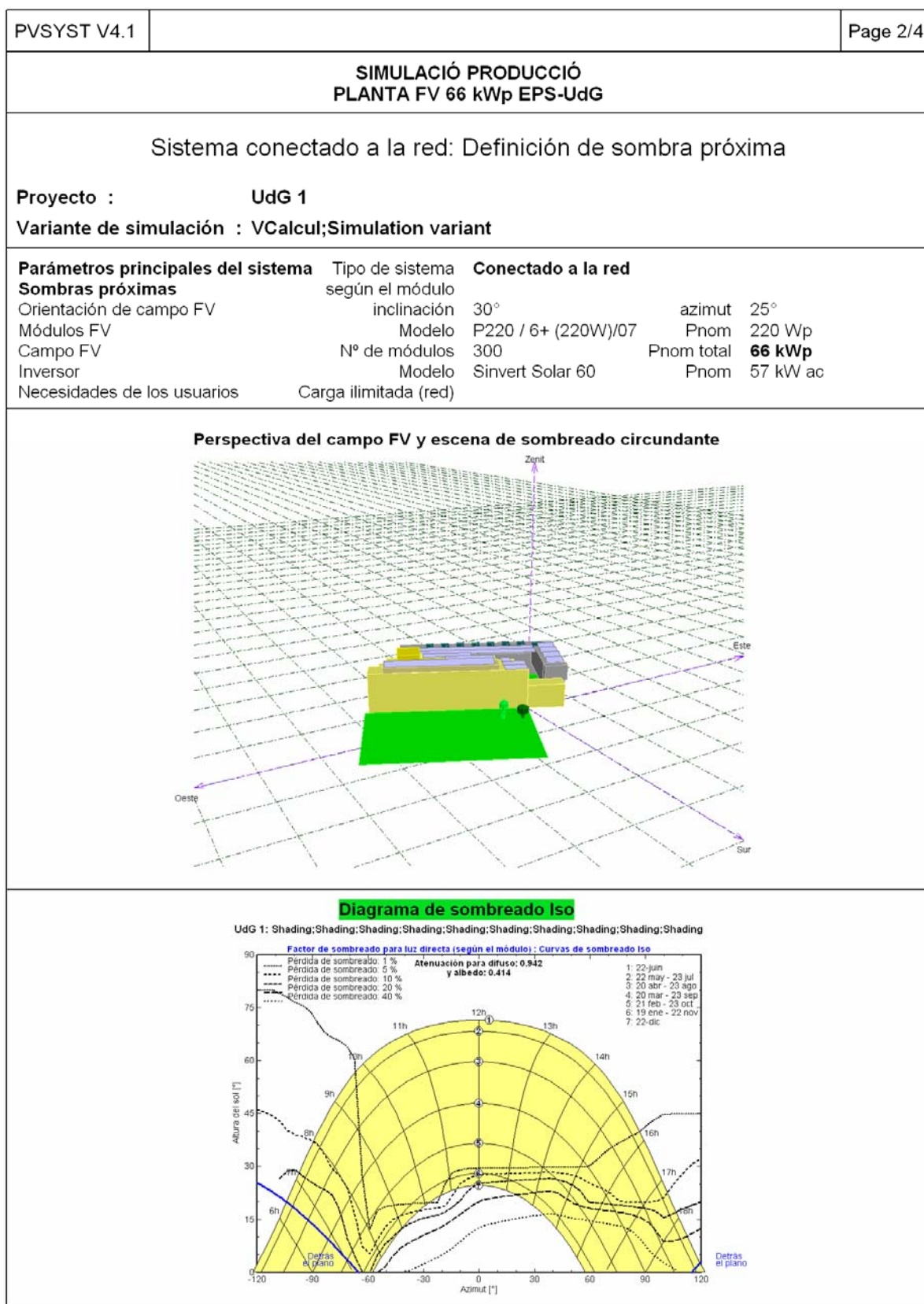


Figura 20. Simulació de producció 2/4

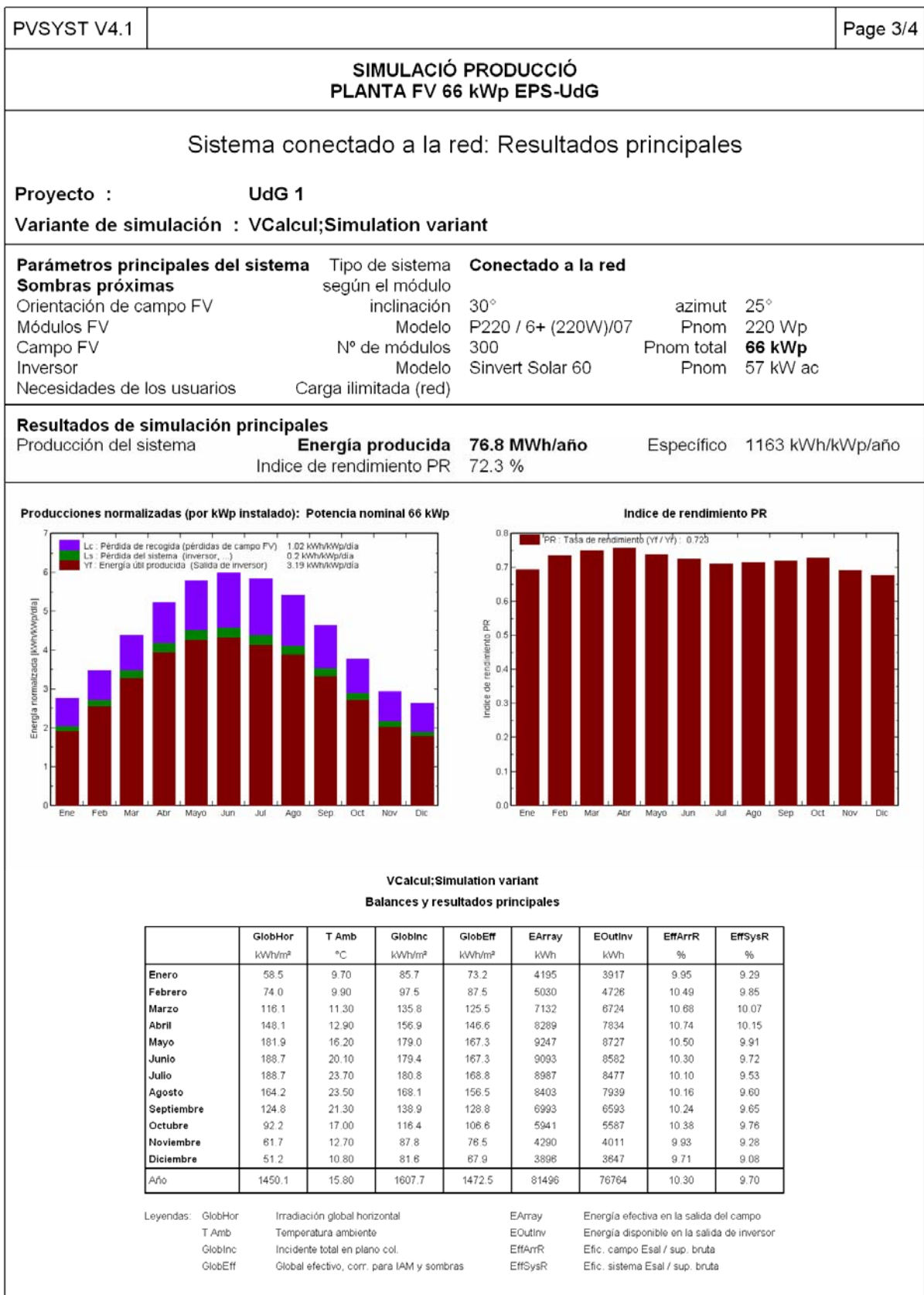


Figura 21. Simulación de producción 3/4

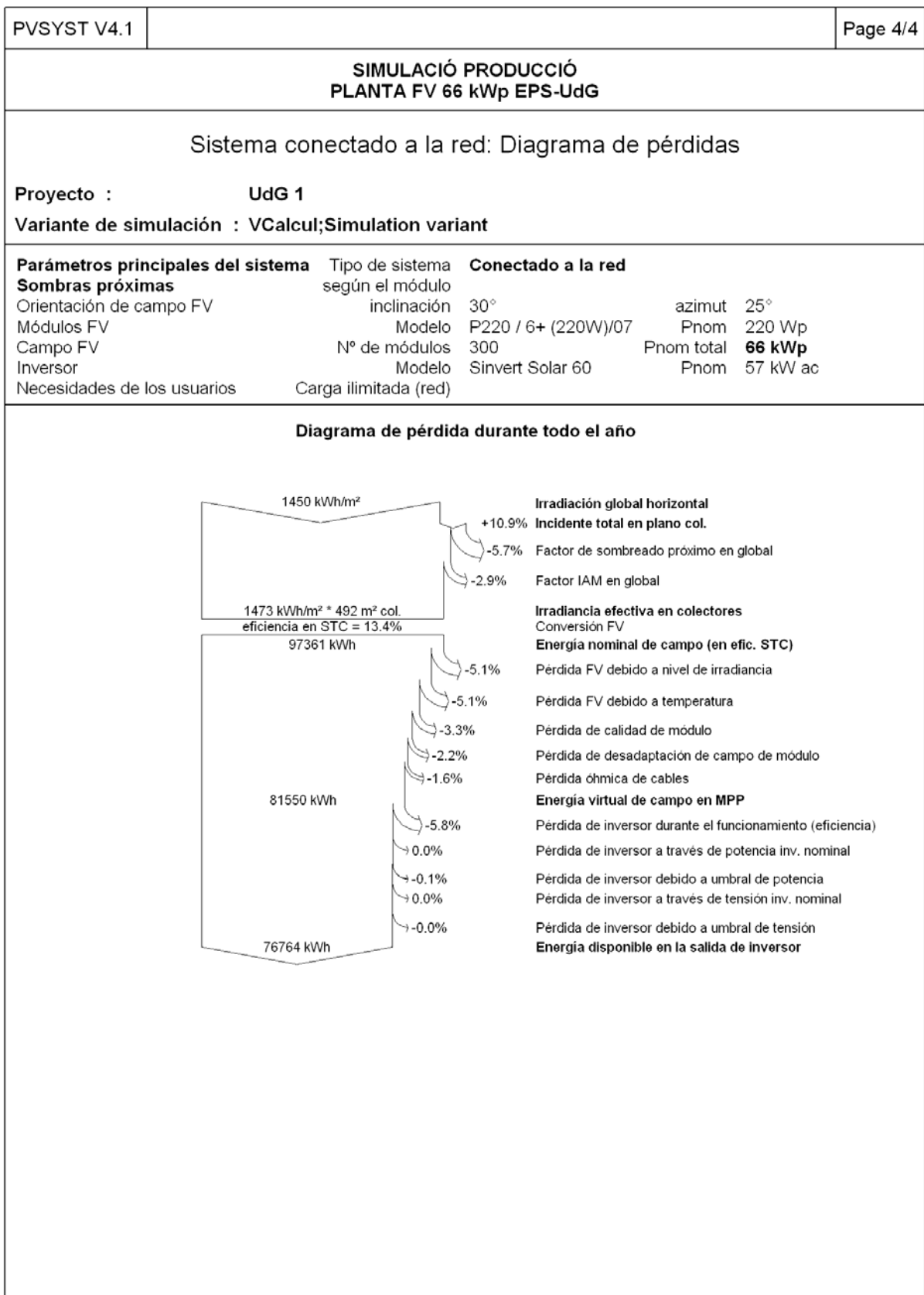


Figura 22. Simulació de producció 4/4

C.8 BENFICIS MEDIAMBIENTALS DE LA INSTAL·LACIÓ

L'energia solar fotovoltaica contribueix a la millora del medi ambient, evitant l'emissió de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera i assegurant un món millor per al futur. A més, al ésser una energia distribuïda es consumeix a prop de on és generada, evita pèrdues de transport.

Per altra banda, el fet de disposar d'una instal·lació fotovoltaica millora la imatge del propietari davant la societat i l'indueix a un ús racional de l'energia (pren major consciència energètica). Per altra banda, el retorn del preu d'un mòdul fotovoltaic està estimat en 2 o 3 anys de la seva producció (veure Annex A, Tecnologia i desenvolupament de l'energia solar fotovoltaica) .

C.8.1 BALANÇ ENERGÈTIC DE CATALUNYA ANY 2006

Abans de calcular l'estalvi energètic de la instal·lació és necessari disposar de dades fiables dels principals índexs de consum energètic de Catalunya.

Segons l'Institut Català de l'energia (ICAEN), l'any 2006 es va produir un descens del 0.1% en el consum d'energia final degut a les millores en eficiència energètica, a l'increment sostingut dels preus de l'energia i a factors climatològics.

La reducció del consum va permetre una reducció del 1,2% de les emissions de CO₂ degudes al consum final d'energia de l'any 2006, i un 1% l'any 2005.

L'estructura del consum d'energia elèctrica a Catalunya per grans tecnologies l'any 2006 es pot observar a la figura següent:

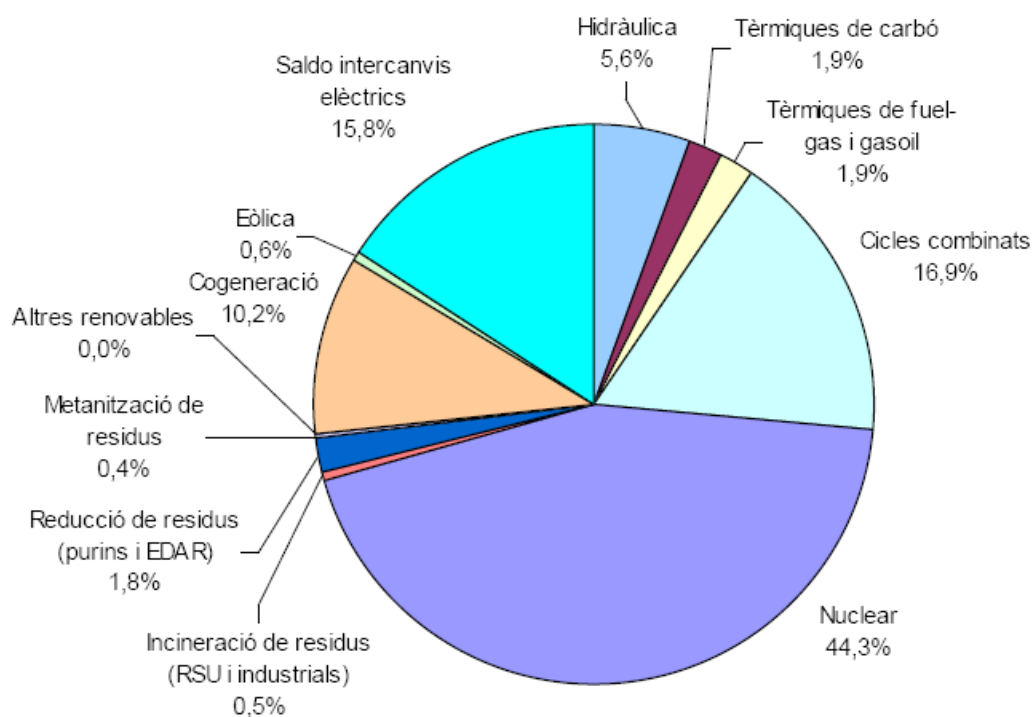


Figura 23. Estructura del consum energètic a Catalunya (Font: ICAEN)

El mateix organisme posa a la disposició dels consultors les produccions de CO₂ d'aquelles tecnologies que es podrien no englobar en la producció d'energia elèctrica en règim especial: Centrals tèrmiques de cycle combinat, fuel-gas oil i carbó tal com es detalla a continuació

| Tecnologia | Kg de CO ₂ per kWh produït |
|--|---------------------------------------|
| Tèrmica de Carbó | 0.75 |
| Tèrmica de Fuel o gas oil | 0.60 |
| Tèrmica de gas natural, cycle combinat | 0.26 |

Taula 4. Kg de CO₂ per kWh segons tecnologia de producció

L'energia nuclear, no es té en compte per la generació de CO₂ tot i no ser considerada una producció d'energia elèctrica en règim especial.

C.8.2 REDUCCIÓ D'EMISSIONS DE DIÒXID DE CARBONI. SIMULACIÓ ANUAL

La reducció de kg de CO₂ que aportaria la construcció de la instal·lació projectada s'exposen a continuació:

| Mes | Simulació de producció (kWh) | Emissió de kg de Co ₂ / kWh segons tecnologia | | | Reducció de kg de CO ₂ segons tipologia i producció | | |
|--|------------------------------|--|----------------|-----------------------------|--|------------------|-----------------------------|
| | | Carbó | Fuel o gas-oil | Gas natural, cycle combinat | Carbó | Fuel o gas-oil | Gas natural, cycle combinat |
| Gener | 3.917,00 | 0,750 | 0,599 | 0,260 | 2.937,36 | 2.346,28 | 1.017,91 |
| Febrer | 4.726,00 | | | | 3.544,03 | 2.830,87 | 1.228,15 |
| Març | 6.724,00 | | | | 5.042,33 | 4.027,68 | 1.747,37 |
| Abril | 7.834,00 | | | | 5.874,72 | 4.692,57 | 2.035,82 |
| Maig | 8.727,00 | | | | 6.544,38 | 5.227,47 | 2.267,89 |
| Juny | 8.582,00 | | | | 6.435,64 | 5.140,62 | 2.230,20 |
| Juliol | 8.477,00 | | | | 6.356,90 | 5.077,72 | 2.202,92 |
| Agost | 7.939,00 | | | | 5.953,46 | 4.755,46 | 2.063,11 |
| Setembre | 6.593,00 | | | | 4.944,09 | 3.949,21 | 1.713,32 |
| Octubre | 5.587,00 | | | | 4.189,69 | 3.346,61 | 1.451,89 |
| Novembre | 4.011,00 | | | | 3.007,85 | 2.402,59 | 1.042,34 |
| Desembre | 3.647,00 | | | | 2.734,89 | 2.184,55 | 947,75 |
| TOTAL | 76.764,00 | | | | 57.565,32 | 45.981,64 | 19.948,66 |
| Preu per tonalada de CO₂ | | | | | 1.208,87 | 965,61 € | 418,92 € |

Taula 5. Reducció de kg de CO₂ segons tipus de tecnologia

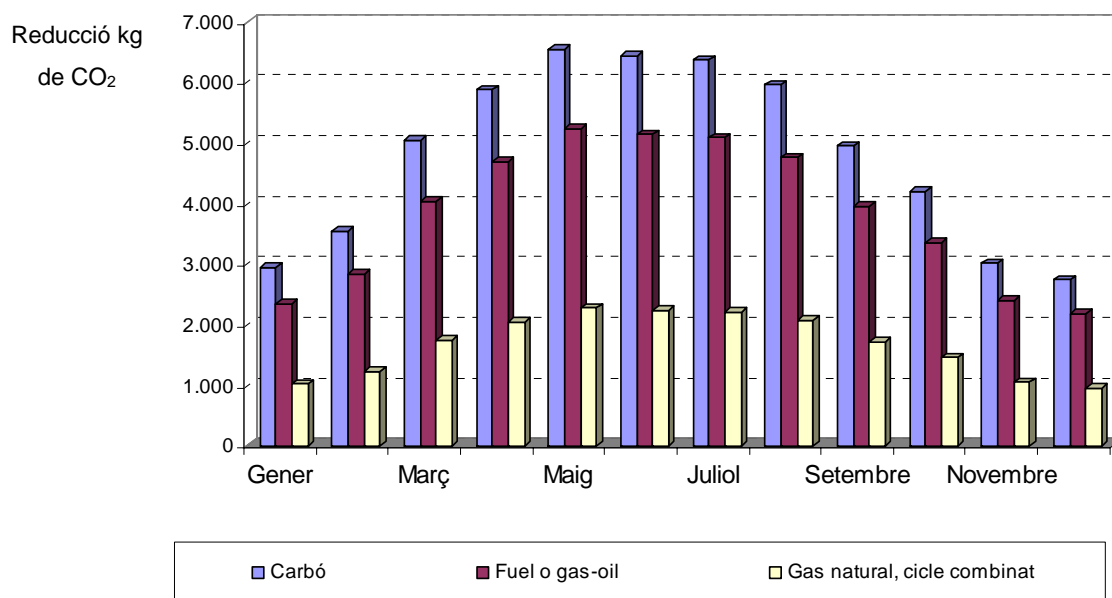


Figura 24. Representació gràfica de la reducció de kg de CO₂

Albert Juan Casademont

Autor del projecte

Girona, 30 de Maig del 2008



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Industrial. Pla 2002

Títol: Projecte per la realització d'una instal·lació solar fotovoltaica en règim especial als edificis de l'Escola Politècnica Superior de la UdG

Document: D Comprovació de la seguretat estructural

Alumne: Albert Juan Casademont

Director/Tutor: Josep Maria Corretger Canós
Departament: Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial
Àrea: Màquines i motors tèrmics

Convocatòria (mes/any): Juny 2008

ANNEX A LA MEMÒRIA

ÍNDEX

| | | |
|----------|---|----------|
| D | COMPROVACIÓ DE LA SEGURETAT ESTRUCTURAL..... | 2 |
| D.1 | DB-SE AE. SEGURETAT ESTRUCTURAL. ACCIONS EN L'EDIFICACIÓ..... | 2 |
| D.1.1 | CÀLCUL DE LA PRESSIÓ DINÀMICA..... | 4 |
| D.1.2 | CÀLCUL DE LA SOBRECÀRREGA D'ÚS I DE LES PRESSIONS..... | 5 |

D COMPROVACIÓ DE LA SEGURETAT ESTRUCTURAL

Les exigències del Codi Tècnic de l'edificació relatives a la seguretat estructural seran d'aplicació a l'estructura de suport dels mòduls.

El càlcul i la construcció de l'estructura i el sistema de fixació permetrà les necessàries dilatacions tèrmiques sense transmetre càrregues que puguin afectar a la integritat dels mòduls essent les indicacions del fabricant.

Els objectius d'aquest annex de càlcul serà assegurar que el pes de l'estructura no posa en perill els límits de funcionament de l'edifici. Serà necessari un càlcul estàtic per observar si hi ha perill que el pes dipositat estàticament sobre els diferents cobertes. També, serà necessari segons les exigències del nou Codi Tècnic de l'Edificació amb el càlcul de l'estructura en funció a les forces de l'acció del vent.

D.1 DB-SE AE. SEGURETAT ESTRUCTURAL. ACCIONS EN L'EDIFICACIÓ.

El camp d'aplicació d'aquest Document Bàsic és la determinació de les accions sobre els edificis, per a verificar el compliment dels requisits de seguretat estructural (capacitat portant i estabilitat) i aptitud al servei, establerts en el DB-SE AE.

La col·locació de les plaques fotovoltaïques a la teulada d'un edifici ja construït s'entén com una sobrecàrrega d'ús. S'entén per sobrecàrrega d'ús aquell pes de tot el que pot gravitar sobre l'edifici per raó del seu ús.

L'acció de vent, en general una força perpendicular a la superfície de cada punt exposat, o pressió estàtica, que pot expressar-se com:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

(Eq. 1)

essent:

q_b : la pressió dinàmica del vent. De forma simplificada com a valor en qualsevol punt del territori espanyol, pot adoptar-se 0,5 kN/m².

c_e : el coeficient d'exposició, variable amb l'altura del punt considerat, en funció del grau d'aspre de l'entorn on es troba situada la construcció. Es determina d'acord amb l'establert en 3.3.3 del CTE. En edificis urbans de fins a 8 plantes pot prendre's un valor constant, independent de l'altura, de 2,0.

c_p : el coeficient eòlic o de pressió, dependent de la forma i orientació de la superfície respecte al vent, i si escau, de la situació del punt respecte a les vores d'aquesta superfície; un valor negatiu indica succió. El seu valor s'estableix en 3.3.4 i 3.3.5. Segons l'Eurocodi UNE-ENV 1991-1-4 que és -1.8 quan l'efecte del vent és ascendent i de 1.2 quan l'efecte del vent és descendent

Per el càlcul de la pressió dinàmica del vent es pot utilitzar la següent expressió:

$$P_d = 0.6 \cdot v^2$$

(Eq. 1)

On v és el valor de la velocitat del vent, el qual s'obté del mapa de l'annex D, del document Bàsic de Seguretat en l'edificació, accions en l'edificació. La zona de Girona es troba dins la zona C, corresponent a una velocitat de 29m/s (105 km/h), o bé a una pressió dinàmica de 0.52 kN/m².

El càlcul de la pressió dinàmica del vent es realitzarà en funció de si el vent va en direcció Nord – Sud (efecte ascendent) o en direcció oposada (sentit ascendent). Tots els càlculs tindran l'objectiu de no sobrepassar la sobrecàrrega d'ús de la coberta.

D.1.1 CÀLCUL DE LA PRESSIÓ DINÀMICA

En base a la fórmula de les equacions 1 i 2, els càlculs de la pressió dinàmica amb el vent en efecte ascendent i descendent es mostren el taules que s'adjunten en aquest punt.

Els valors utilitzats són els abans comentats i en funció dels criteris aconsellats per el Codi Tècnic de l'Edificació en aquests casos. El valor resultant de la pressió serà transformat al valor vertical (perpendicular a la superfície) per mitjà de la relació trigonomètrica corresponent.

| Paràmetre | Valor |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Angle inclinació | 30 ° |
| Amplada de les plaques | 1,64 m |
| Llargada plaques | 1 m |
| Pes placa | 26 kg |
| Pes estructura | 8 kg |
| Nº plaques | 3 |
| Velocitat del vent | 29 m/s |
| Velocitat del vent | 104,4 km/h |
| Pressió dinàmica | 0,5 kN/m ² |
| Pressió dinàmica | 51,02 kg/m ² |
| Coefficient d'exposició | 2 taula 3,3,3 DB-SE-AE |
| Altura del terreny | 15,5 m |
| Altura sobre el terreny (z) | 0,6 m |
| Coefficient de pressió exterior | -1,8 eurocodi |
| Pressió | -183,67 kg/m² |
| Pressió vertical | -159,07 kg/m² |

Taula 1. Càlcul de la pressió vertical en efecte ascendent

| Paràmetre | Valor |
|--------------------------------|--------------------------------|
| Angle inclinació | 30 ° |
| Amplada de les plaques | 1 m |
| Llargada plaques | 1,64 m |
| Pes placa | 26 kg |
| Pes estructura | 8 kg |
| Nº plaques | 3 |
| Velocitat del vent | 29 m/s |
| Velocitat del vent | 104,4 km/h |
| Pressió dinàmica | 0,52 kN/m ² |
| Pressió dinàmica | 53,06 kg/m ² |
| Coeficient d'exposició | 2 taula 3,3,3 DB-SE-AE |
| Altura del terreny | 15,5 m |
| Altura sobre el terreny | 0,6 m |
| coeficient de pressió exterior | 1,2 eurocodi |
| Pressió | 127,35 kg/m² |
| Pressió vertical | 110,29 kg/m² |

Taula 2. Càlcul de la pressió vertical en efecte descendent.

D.1.2 CÀLCUL DE LA SOBRECÀRREGA D'ÚS I DE LES PRESSIONS

Les pròximes taules recullen el càlcul de la pressió total ascendent sobre les diferents cobertes de l'edifici P-1 i de l'edifici P-3. El mateix càlcul també permet veure el valor resultant de la pressió estàtica per metre quadrat a sobre les cobertes seleccionades i comprovar si aquest pot resultar vinculant o no a l'hora d'instal·lar les plaques a les cobertes dels edificis.

D.1.2.1 ALTELL AULA DE DIBUIX DEL P-1

Sobre la coberta de l'attell de l'aula de dibuix del P-1 hi aniran col·locades 72 plaques fotovoltaïques, en agrupacions de 3 plaques en horitzontal.

| | |
|---|--------------------------------|
| Nombre de plaques | 72,00 plaques |
| Superfície de plaques | 118,08 m ² |
| Força del vent ascendent sobre les plaques | -18.782,50 kg |
| Força del vent descendent sobre les plaques | 13.022,53 kg |
| Pes estructura | 288,00 kg |
| Pes estructura | 2.822,40 N |
| Pressió estructura | 2,44 kg/m ² |
| Superfície de coberta | 232,00 m ² |
| Pressió estructura i plaques sobre coberta | 9,31 kg/m ² |
| Pressió vent sobre coberta ascendent | -80,96 kg/m ² |
| Pressió vent sobre coberta descendent | 56,13 kg/m ² |
| Pressió total ascendent | -71,65 kg/m² |
| Pressió total descendent | 65,44 kg/m² |

Taula 3. Càlculs de pressió sobre l'estructura de l'altell del P-1 sobre l'aula de dibuix

D.1.2.2 ALA EST COBERTA P-1

A la part est de la coberta del P-1 s'hi podran col·locar 24 plaques, en estructura de 2 mòduls en horitzontal. Els càlculs es realitzaran seguint el mateix criteri.

| | |
|---|--------------------------------|
| nombre de plaques | 24,00 plaques |
| Superfície de plaques | 39,36 m ² |
| Força del vent ascendent sobre les plaques | -6.260,83 kg |
| Força del vent descendent sobre les plaques | 4.340,84 kg |
| Pes estructura | 96,00 kg |
| Pes estructura | 940,80 N |
| Pressió estructura | 2,44 N/m ² |
| Superfície de coberta | 117,00 m ² |
| Pressió estructura i plaques sobre coberta | 6,15 kg/m ² |
| Pressió vent sobre coberta ascendent | -53,51 N/m ² |
| Pressió vent sobre coberta descendent | 37,10 N/m ² |
| Pressió total ascendent | -47,36 kg/m² |
| Pressió total descendent | 43,26 kg/m² |

Taula 4. Càlculs de pressió sobre l'estructura de l'ala est del P-1

D.1.2.3 COBERTA P-1

A la resta de coberta del s'hi podran col·locar 44 plaques, en estructura de 2 en horitzontal.

| | | |
|---|---------------|-------------------------|
| Nombre de plaques | 44,00 | plaques |
| Superfície de plaques | 72,16 | m ² |
| Força del vent ascendent sobre les plaques | -11.478,19 | kg |
| Força del vent descendent sobre les plaques | 7.958,21 | kg |
| Pes estructura | 176,00 | kg |
| Pes estructura | 1.724,80 | N |
| Pressió estructura | 2,44 | N/m ² |
| Superfície de coberta | 205,88 | m ² |
| Pressió estructura i plaques sobre coberta | 6,41 | kg/m ² |
| Pressió vent sobre coberta ascendent | -55,75 | N/m ² |
| Pressió vent sobre coberta descendent | 38,65 | N/m ² |
| Pressió total ascendent | -49,34 | kg/m² |
| Pressió total descendent | 45,07 | kg/m² |

Taula 5. Càlcul per la resta de coberta del P-1

Analitzant el valor de les anteriors taules, es pot veure com els valors de sobrecàrrega d'ús són valors molt petits respecte la majoria de valors que es tenen en compte a l'hora de calcular les accions sobre cobertes (neú, vent, etc.)

Per altra banda, els valors de les pressions total ascendent i descendent tampoc posen en perill la teulada existent (formigó reticulat de cantell 25+4 cm).

COBERTA P-3

En el total de la coberta del P-3 s'hi podran col·locar 160 plaques, en estructura de 2 i 3 plaques en horitzontal. Els càlculs els quals s'exposen a la taula posterior són els mateixos que en els anteriors casos.

| | | |
|---|---------------|--------------|
| nombre de plaques | 160,00 | plaques |
| Superfície de plaques | 262,40 | m2 |
| Força del vent ascendent sobre les plaques | -41.738,89 | kg |
| Força del vent descendent sobre les plaques | 28.938,96 | kg |
| Pes estructura | 640,00 | kg |
| Pes estructura | 6.272,00 | N |
| Pressió estructura | 2,44 | N/m2 |
| Superfície de coberta | 730,00 | m2 |
| Pressió estructura i plaques sobre coberta | 6,58 | kg/m2 |
| Pressió vent sobre coberta ascendent | -57,18 | N/m2 |
| Pressió vent sobre coberta descendent | 39,64 | N/m2 |
| Pressió total ascendent | -50,60 | kg/m2 |
| Pressió total descendent | 46,22 | kg/m2 |

Taula 6. Càlculs per la coberta del P-3

L'anàlisi dels valor de l'anterior taula mostra uns valors de sobrecàrrega d'ús molt petits respecte la majoria de valors que es tenen en compte a l'hora de calcular les accions sobre cobertes (neu, vent, etc.)

Per altra banda, els valors de les pressions total ascendent i descendent tampoc posen en perill la teulada existent (llosa de formigó de 25 cm de cantell).

Albert Juan Casademont

Autor del projecte

Girona, 30 de Maig del 2008



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Industrial. Pla 2002

Títol: Projecte per la realització d'una instal·lació solar fotovoltaica en règim especial als edificis de l'Escola Politècnica Superior de la UdG

Document: E Estudi de viabilitat econòmica

Alumne: Albert Juan Casademont

Director/Tutor: Josep Maria Corretger Canós
Departament: Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial
Àrea: Màquines i motors tèrmics

Convocatòria (mes/any): Juny 2008

ANNEX A LA MEMÒRIA

ÍNDEX

| | | |
|----------|--|----------|
| E | ESTUDI DE VIABILITAT | 2 |
| E.1 | L'EXPERIÈNCIA: EL PROJECTE "ONES SOLARS" DE LA FUNDACIÓ TERRA..... | 2 |
| E.1.1 | ONA SOLAR DEL MERCAT DEL CARMEL. CARACTERÍSTIQUES TÈCNiques I ECONÒMIQUES..... | 3 |
| E.2 | OBLIGACIONS COM A SOCIETAT PRODUCTORA EN RÈGIM ESPECIAL | 7 |
| E.3 | RELACIÓ DE PARÀMETRES TÈCNICS, ECONÒMICS I D'EXPLOTACIÓ | 8 |
| E.3.1 | DEFINICIÓ DELS DIFERENTS PARÀMETRES | 8 |
| E.3.2 | INTERACCIÓ DELS DIFERENTS PARÀMETRES | 10 |
| E.3.3 | COSTOS TRIBUTATIUS DE LA INSTAL·LACIÓ | 11 |
| E.4 | COST TOTAL DE LA INVERSIÓ | 12 |
| E.5 | NOMBRE DE PARTICIPACIONS | 12 |
| E.6 | SIMULACIÓ ECONÒMICA | 13 |
| E.6.1 | SIMULACIÓ ECONÒMICA SEGONS EL PREU FIXAT PER LA ITC 3860/2007..... | 14 |
| E.6.2 | SIMULACIÓ ECONÒMICA SEGONS EL PREU FIXAT PER LA PROPOSTA DE R.D. DEL 27 DE SETEMBRE..... | 20 |

E ESTUDI DE VIABILITAT ECONÒMICA

Aquest annex té l'objectiu de determinar la rendibilitat i viabilitat econòmica de la instal·lació per tal d'atreure possibles inversors que vulguin invertir els seus actius econòmics en la constitució d'una societat i que mensualment vagin rebent una suma de diners degudes a la producció d'energia elèctrica.

En aquest annex es tractaran diversos aspectes. Primer de tot s'analitzarà el projecte ONES SOLARS, un dels primers projectes de participació popular en una instal·lació fotovoltaica, després les obligacions de la societat productora en règim especial, els diferents indicadors d'explotació i financers a tenir en compte, i per últim s'analitzarà la instal·lació projectada.

E.1 L'EXPERIÈNCIA: EL PROJECTE “ONES SOLARS” DE LA FUNDACIÓ TERRA

El projecte ONES SOLARS promociat per la *Fundació Terra*, pretén fer possible la inversió de persones i entitats en projectes d'energia solar fotovoltaica d'acord amb els incentius previstos per l'actual legislació. Es tracta de construir instal·lacions generadores d'electricitat amb energia solar fotovoltaica en ciutats urbanes i en edificis d'ús públic.

La idea de l'ONA SOLAR visualitza la imatge de facilitar l'accés a les energies renovables entre la ciutadania des de la pràctica: essent participants en projectes populars i lligats als usuaris de les instal·lacions. La fórmula per portar a terme cada ONA SOLAR és la participació promoguda des d'una entitat sense ànim de lucre com la Fundació Terra. Es tracta doncs, d'un producte pensat perquè hi pugui accedir un públic popular i que aquest es beneficiï de la possibilitat d'inversió prevista per l'estat Espanyol.

Per poder dur a terme aquest projecte d'instal·lació solar fotovoltaica de participació popular, és imprescindible disposar d'un sòl públic on ubicar-la. Per aquesta raó, la primera ONA SOLAR es va buscar d'acord amb l'Institut de Mercats de Barcelona, amb l'objecte de poder-la ubicar a la coberta d'un mercat, el més idoni dels escollits va ser el Mercat del Carmel.

El mercat en si mateix ja és un equipament públic pensat per aportar un benefici col·lectiu (en aquest cas essencialment alimentari i de salut).

En general, l'objectiu de cada ONA SOLAR que es promou és repartir els rendiments econòmics previstos segons la retribució regulada per la legislació vigent en aquest tipus d'instal·lació d'energia renovable i retornar anualment als participants, primer el capital invertit, i llavors una vegada aquest està recuperat, ingressar els beneficis segons la quantitat proporcional que han aportat (traient les despeses de manteniment de la instal·lació, assegurança i gestió del parc).

Les bases que manté la Fundació Terra i que també vol exemplificar el present projecte és que la inversió en aquest tipus de projectes és una activitat ètica, solidària i sostenible, es tracta doncs, d'una vertadera mobilització popular per les energies renovables i contra el canvi climàtic. Una iniciativa de capitalisme popular i de conscienciació mediambiental.

La iniciativa d'una central fotovoltaica de subscripció popular s'apropa més a les experiències del capitalisme amb rostre humà. En aquest cas invertir 1.000 euros en energia solar és com posar una quantitat simbòlica en una llibreta bancària d'estalvi quan neix un/a fill/a. Al final del període de 25 anys estem llegant no només un benefici econòmic sinó, sobretot, un gest exemplar de com fer viable un planeta lliure de l'escalfament global. Lògicament, el fet que la propietat de la central solar fotovoltaica i la gestió del projecte la faci una entitat sense ànim de lucre garanteix que la màxima rendibilitat va per al participant i a l'hora per visualitzar el propi projecte com a iniciativa ciutadana.

E.1.1 ONA SOLAR DEL MERCAT DEL CARMEL. CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES I ECONÒMIQUES.

El projecte existent ONA SOLAR del Mercat del Carmel, converteix el mercat en el primer equipament públic que permet la participació popular contra el canvi climàtic invertint en energies renovables. Es tracta d'una experiència única al nostre país i que la Fundació Terra vol poder estendre en properes iniciatives. A més, es contribueix directament a estalviar emissions i restituir part de l'energia generada amb combustibles fòssils.

La primera central fotovoltaica de participació popular vol ser un exemple paradigmàtic de la implicació ciutadana permanent contra el canvi climàtic. En aquesta ocasió, els clients del mercat i la ciutadania en general són els protagonistes d'una nova forma d'estalviar per al futur i el benestar col·lectiu

L'inici de la construcció de la instal·lació va ser el Març del 2007 i es va inaugurar a principis de Maig del mateix any.

Amb aquest nou projecte, el client del mercat i en general la ciutadania tindrà en el mercat també un benefici ambiental estalviant emissions de gasos amb efecte hivernacle. A la vegada, aquesta instal·lació popular rendirà uns beneficis d'acord amb el marc legal de cada moment i que permet amortitzar la inversió en un període de menys de 10 anys i amb l'incentiu econòmic garantit a 25 anys.

Segones les dades de la Fundació Terra, la inversió total de la central fotovoltaica del Mercat del Carmel en concepte claus en mà és de 301.000 € per 43,7 kWp. El projecte previst a la coberta del mercat del Carmel té 41,4 kW de potència nominal i es preveu una producció de 51.000 kWh/any. La instal·lació de la central solar ha estat realitzat per l'empresa SunTechnics.

La despesa de manteniment preventiu anual, assegurança, gestió del projecte etc. estan fixades en uns 5.000,00 €/any, i es disposa d'un sistema de monitorització in situ i d'un altre amb accés remot a través d'Internet.

Es calcula que el rendiment brut serà d'uns 24.000 € i suposarà un estalvi d'unes 25 tones de CO₂. Una participació en el projecte de 1.000 € suposa ser propietari d'uns 175 kWh anuals d'energia elèctrica neta, és a dir, l'equivalent a un estalvi d'uns 80 kg de CO₂. La Fundació Terra afirma que invertir 1.000 € en energia solar fotovoltaica permet un estalvi energètic del 7 % del consum elèctric mitjà per persona i any. En definitiva, una inversió a favor del desenvolupament de les energies renovables és la clau per lluitar contra el canvi climàtic.

Cada euro invertit generarà 3.4 kWh en 20 anys de producció d'electricitat verda evitant emissions de gasos d'efecte hivernacle, CO₂ i altres. Els nivells de participació econòmica fixats per la Fundació Terra són els següents:

| Nom inversió | Valor invertit |
|--------------------|----------------|
| Inversió sol petit | 1.000,00 € |
| Inversió sol mitjà | 2.000,00 € |
| Inversió sol gran | 3.000,00 € |

Taula 1. Tipus d'inversions tabulades per una instal·lació fotovoltaica de participació popular

En total les sol·licituds admeses en el projecte ONA SOLAR del Mercat del Carmel va ser d'uns 200 participants. L'objectiu és que hi hagués el màxim nombre de beneficiaris, l'esperit d'aquesta inversió no és tant el benefici en si mateix ja que no és un negoci en la mesura que el guany està limitat.

Amb els ajuts institucionals i el propi incentiu legal la inversió es podrà recuperar al voltant dels 8 - 9 anys.

E.1.1.1 APLICACIÓ AMB LA INVERSIÓ SOL PETIT (1.000,00 €). EXEMPLE PRÀCTIC

Una inversió de 1.000,00€ a 25 anys (període en que es paga la prima màxima de retribució S/RD 661/2007 amb energia solar fotovoltaica), correspon a una participació de 0.80€/setmana o 0.11 €/dia.

En un sistema generador fotovoltaic, ben dissenyat i instal·lat, una aportació corresponent a la inversió sol petit, pot contribuir a generar una mitjana de 500 kWh/dia o 3.5 kWh a la setmana d'electricitat neta renovable. Aquesta producció equival a una reducció del 11.7% del consum elèctric domèstic per persona (sobre la base de l'estimació del consum elèctric per habitatge) i un estalvi d'emissions de CO₂ en abocar aquesta electricitat a la xarxa i així reduir l'aportació d'electricitat fòssil. Segons dades oficials del Ministeri de Medi Ambient, 1 kWh correspon a una emissió de 0.337 kg de CO₂, el consum mitjà per llar és de 363.5 kWh

al mes, la qual cosa suposa unes emissions de 123 kg de CO₂ al mes, un total de 1.476 kg a l'any. Si es reduís el consum en cada llar un 10%, es podria aconseguir una reducció proporcional de gasos amb efecte hivernacle, uns 150 kg llar.

Exemple de l'ONA SOLAR del Mercat del Carmel

| | | |
|--|-----------|-------------------------------------|
| Hores estimades de producció | 1.167 | Hores/any |
| Producció prevista | 51.000 | kWh / any |
| Preu de facturació any 2008 | 0.45 | €/kwh |
| Total facturació global | 22.950,00 | € |
| Nombre de participacions | 300 | Participacions (inversió sol petit) |
| Producció per participació | 170 | kWh / any |
| Retorn any 2008 per participació | 76.5 | € |
| Consum mes | 363.5 | kWh/mes |
| Consum any | 4.362 | kWh/any |
| Consum elèctric per un habitatge amb 3 persones | 121 | kWh/mes/persona |
| | 1.454 | kWh/any/persona |
| Estalvi equivalent de la central fotovoltaica ONA SOLAR MERCAT DEL CARMEL | | |
| Comptabilitat per habitatge | | |
| Consum elèctric per habitatge | 4.362 | kWh/any |
| Inversió sol petit | 170 | Kwh/any |
| | 4.192 | Kwh/25anys (desgast, parades, ...) |
| Percentatge equivalent d'estalvi en electricitat no renovable | 3.9 | % |
| Comptabilitat per persona i any | | |
| Consum elèctric per persona | 1.454 | kWh/any |
| Generació elèctrica amb inversió sol petit | 170 | kWh/any |
| Diferència | 1284 | kWh/any |
| Reducció | 11.7 | % |
| Contabilitat energètica de la instal·lació ONA SOLAR Mercat del Carmel | | |
| Anys de producció garantida | 25 | Anys |
| Possibles aturades per avaria i manteniment (1setmana per any) | 0.5 | Anys |
| Producció neta | 24.5 | Anys |
| Recuperació de l'energia dels materials | 4.5 | Anys |
| Anys en què es lliura energia neta sense CO ₂ | 20 | Anys |

Taula 2. Exemple d'aplicació inversió sol petit projecte Ones Solars

E.2 OBLIGACIONS COM A SOCIETAT PRODUCTORA EN RÈGIM ESPECIAL

El fet de ser propietari d'una instal·lació solar fotovoltaica implica la gestió de certs tràmits i compromisos :

- Inscripció REPE.
- Alta IAE al municipi a on es realitza el projecte.
- Declaració trimestral de l'IVA.
- Repercussió declaració IRPF o Impost de societats.
- Facturació mensual de l'energia produïda a la ED.
- Actualització anual de documentació.
- Impost especial sobre l'electricitat. Registre Territorial de l'Agència tributària de la província per obtenir el Codi d'Activitat i de l'Establiment (CAE) . Quota 0.

E.3 RELACIÓ DE PARÀMETRES TÈCNICS, ECONÒMICS I D'EXPLOTACIÓ

Dels diferents paràmetres que s'hauran de tenir en compte en la simulació financera s'han de tenir en compte els que estan exposats en els punts que es detallen a continuació.

E.3.1 DEFINICIÓ DELS DIFERENTS PARÀMETRES

Preu d'instal·lació de la planta: preu total de la instal·lació posada en obra, incloent el total de material, mà d'obra, projectes i enginyeria, taxes, etc. (€/kWp), en base al pressupost d'execució material.

Potència instal·lada en planta: total de panells fotovoltaics instal·lats a la planta fotovoltaica (kWp).

Preu de facturació del kWh produït (€/kWh): preu regulat per llei segons Real Decret vigent el qual es garanteix que es pagarà el kWh produït segons el grup corresponent de generació d'energia solar fotovoltaica.

Producció estimada anual de la planta: Valor simulat en base als diferents components instal·lats a la planta solar (panells, onduladors, cablejats) i la seva configuració, de la producció total anual en kWh/kWp instal·lats de la instal·lació solar. Els càlculs s'obtenen a partir de diversos programes que són expressos per aquestes tecnologies i que tenen en compte el total de paràmetres (temperatura, rendiment, etc.) de la instal·lació)

Pèrdua de capacitat de producció anual: Se suposa de caràcter anual, ja bé sigui per la pèrdua de rendiment de les plaques, brutícia, etc. la instal·lació perdrà un 1% de la seva producció estimada.

Manteniment de planta: Preu que es dona per kWp instal·lat del manteniment de la instal·lació. Aquest manteniment inclou revisions periòdiques i comprovació via online del correcte funcionament del procés. Òbviament també es contempla reparar desperfectes o

components que no funcionin del tot bé.

Despeses d'assegurança multirisc (€/kWp): Les instal·lacions fotovoltaïques generadores d'energia elèctrica tenen la consideració d'instal·lació industrial i per tant s'asseguraran com un producte de multi assegurança industrial.

Despeses d'administració (€/kWp): una vegada la planta ha estat instal·lada i engegada, hi haurà una figura que serà l'administrador. Aquesta, s'encarregarà de vigilar el correcte funcionament diari de la instal·lació, de rebre els correus i avisos al mòbil de possibles errors i solucionar els problemes tècnics tan directament com indirectament. També s'encarregarà de gestionar les factures elèctriques mensuals i de separar els dividends en base al nombre total de socis de la societat inversora.

Previsió d'increment de l'IPC anual (%): segons l'últim Real Decret i encara actualment en vigor (RD 1667/2007) el preu de facturació del kWh produït s'actualitzarà en un augment anual segons l'IPC (increment de preus del consum) menys un 0.25% els quatre primers anys, i llavors, l'IPC menys un 0.5% la resta d'anys fins arribar al 25è any. Segons els últims valors anuals, aquest valor s'ha estipulat en un 3%.

IVA de la instal·lació (€): 16% que es grava sobre el preu total de la instal·lació

Desgravació del 6%: segons política de la conselleria de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya. Prevista en l'Article 39 del Reial Decret Legislatiu 4/2004, de 5 de març de 2004, de l'Impost de Societats i reformada per l'Article 114 de la Llei 35/2006, de 28 de desembre de 2006, de Reforma de la Llei de l'IRPF i de l'Impost de Societats, on l'inversor en un projecte fotovoltaic realitzat en l'exercici del 2008 podrà beneficiar-se d'una deducció igual al 6% del total invertit a la quota íntegra de la societat des de la que s'inverteix.

E.3.2 INTERACCIÓ DELS DIFERENTS PARÀMETRES

Una vegada s'han definit els anteriors paràmetres, es pot veure com interaccionen entre ells:

Total de la inversió neta (€): és el valor resultant de multiplicar la potència instal·lada total (kWp) per el preu total de la instal·lació (€/kWp).

$$\text{Total inversió neta (€)} = \text{Pot. instal·lada (kWp)} \cdot \text{Preu instal·lació (€/kWp)} \quad (\text{Eq. 1})$$

Evolució del preu de facturació de l'energia elèctrica produïda: l'evolució del preu de l'energia produïda evolucionarà segons la següent fórmula en base a l'increment de l'IPC:

$$\text{Evolució preu (€)} = \text{Preu actual (€)} \cdot \left(1 + \frac{\Delta \text{IPC}}{100}\right) \quad (\text{Eq. 2})$$

On ΔIPC és l'increment de l'IPC en %.

Producció anual estimada de la planta: Es basa en multiplicar la producció estimada (kWh/Kwp) per el total de potència instal·lada (kWp). Aquest valor es veurà afectat per la pèrdua de producció anual de la planta:

$$\text{Producció anual (kWh)} = \text{Producció estimada (kWh/kWp)} \cdot \text{Potència instal·lada (kWp)} \cdot \left(1 - \frac{\Delta \eta}{100}\right) \quad (\text{Eq. 3})$$

On $\Delta \eta$ és la pèrdua anual de rendiment de la planta en %.

Total de despeses operatives: és la suma de les despeses de manteniment, assegurança multirisc i gestió de la planta actualitzades anualment en funció de l'increment de l'IPC.

$$\text{Evolució preu (€)} = \sum (\text{manteniment, assegurança i administració}) \cdot \left(1 + \frac{\Delta \text{IPC}}{100}\right) \quad (\text{Eq. 4})$$

Cash Flow explotació planta: és la diferència entre el total d'ingressos de la instal·lació i el total de despeses. Quan aquest valor passa de negatiu a positiu és quan es dona la injecció econòmica amortitzada i passa a ser beneficiosa.

$$\text{Cash Flow (€)} = \sum (\text{ingressos}) - \sum (\text{despeses}) \quad (\text{Eq. 5})$$

Rendiment de la inversió (%): És el valor de dividir el cash flow entre el total de la inversió.

$$\text{Rendiment (\%)} = \frac{\text{Cash flow}}{\text{Total Inversió}} \quad (\text{Eq. 6})$$

E.3.3 COSTOS TRIBUTATIUS DE LA INSTAL·LACIÓ

A part dels paràmetres definits amb anterioritat, fa falta determinar certs aspectes necessaris que serien els següents:

Impost sobre el valor afegit (I.V.A.): 16% (61.268,03 €).

Desgravació sobre polítiques en medi ambient (vigent el 2008): 6% (22.976 €) segons la llei 35/2006 del 28 de novembre del 2006.

Capital per la creació de la societat limitada laboral (s.l.l.): 3.005,06 €

E.4 COST TOTAL DE LA INVERSIÓ

Així doncs, vistos els anteriors paràmetres i despeses, el cost total de la inversió serà el següent:

Cost total de la inversió = Inversió total neta + I.V.A (16%) - Capital creació S.L. (Eq. 7)

Si se sumen els paràmetres de l'anterior fórmula el cost total de la inversió serà de **447.199,00 €**

E.5 NOMBRE DE PARTICIPACIONS

Per estimar el nombre de participacions entre els quals es repartirà el cost total de la inversió i la posterior recuperació d'aquests diners, s'ha de buscar un nombre el qual permeti que l'import de cada participació no sigui gaire elevat però que tampoc doni uns rendiments econòmics molt baixos.

Per aquest motiu, s'ha decidit realitzar un total de **148** divisions. Mantenint aquest nombre de divisions, el cost unitari per cadascuna d'elles és de **3.022 €**. D'aquesta manera, si algú vol optar a més d'una participació podrà fer-ho i qui es vulgui limitar a una de sola també.

Cada participant haurà d'abonar l'import abans esmentat de 3.022 €, i cada mes rebrà la part proporcional a la producció de la planta. Per altra banda, el primer mes rebrà la part proporcional d'I.V.A. i la part proporcional de la desgravació de medi ambient.

E.6 SIMULACIÓ ECONÒMICA

Una vegada determinat el cost total de la inversió, el nombre de participacions i els diferents paràmetres tècnics i econòmics de la inversió és el moment de determinar la rendibilitat d'aquesta.

Per fer-ho s'ha utilitzat una fulla d'excel on interaccionen tots els paràmetres entre ells. En el moment actual del desenvolupament d'aquest projecte s'han hagut de realitzar dues simulacions.

La primera simulació econòmica s'ha realitzat amb el preu fixat per el Real Decret 661/2007 i actualitzat posteriorment per la ordre ITC 3860/2007 de 0,4551€/kWh i vàlid fins al 27 de setembre del 2008.

La segona simulació utilitzarà el preu suggerit per la proposta de Real Decret del 27 de Setembre del 2007 de 0.39 €/kWh per les instal·lacions sobre teulada de potències entre l'interval de 20 a 200 kW.

En les mateixes fulles s'adjunten els totals acumulats i es pot veure el retorn de la inversió.

E.6.1 SIMULACIÓ ECONÒMICA SEGONS EL PREU FIXAT PER LA ITC 3860/2007

| Ingressos i inversions | | |
|-------------------------------------|---------|----------|
| Preu instal·lació de la planta | 5,8019 | €/ Wp |
| Potència instal·lada en planta | 66,000 | kWp |
| Total de la inversió | 382.925 | € |
| Preu facturació kWh produït | 0,4551 | €/ KW |
| Producció estimada anual planta | 1.192 | kW / kWp |
| Pèrdua de capacitat producció anual | 1,00% | Anual |

Taula 3. Ingressos i inversions de la instal·lació

| Despeses operatives anuals de la Planta | | |
|---|-----------|--------------------------|
| Manteniment Planta i lloguer terreny | 37 | €/ kWp instal·lat |
| Assegurança multirisc | 23,0 | €/ kWp instal·lat |
| Administració | 10,0 | €/ kWp instal·lat |
| TOTAL DESPESES ANUALS | 70 | €/ kWp instal·lat |
| Paràmetres de la planificació financera | | |
| Previsió increment anual de la tarifa | 2,00% | |
| Previsió increment IPC anual | 3,00% | |

Taula 4. Despeses operatives anuals de la planta

| PERÍODE EXPLOTACIÓ PLANTA (N° Any) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| INGRESSOS | | | | | | | | | |
| Previsió increment % anual preu tarifa ref ^a | 0,00% | 2,75% | 2,75% | 2,75% | 2,75% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% |
| Preu facturació producció elèctrica (€/kWh) | 0,4551 | 0,4676 | 0,4805 | 0,4937 | 0,5073 | 0,5200 | 0,5330 | 0,5463 | 0,5600 |
| Producció anual estimada planta (KW) | - | 78.672 | 77.885 | 77.106 | 76.335 | 75.572 | 74.816 | 74.068 | 73.327 |
| TOTAL INGRESSOS: Facturació producc. | 0 | 36.787 | 37.424 | 38.067 | 38.725 | 39.297 | 39.877 | 40.463 | 41.063 |
| DESPESES OPERATIVES DE LA PLANTA | | | | | | | | | |
| Previsió d'increment % IPC anual | 0,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% |
| Contracte manteniment instal·lació | - | -2.442 | -2.515 | -2.591 | -2.668 | -2.748 | -2.831 | -2.916 | -3.003 |
| Assegurança a tot risc | - | -1.518 | -1.564 | -1.610 | -1.659 | -1.709 | -1.760 | -1.813 | -1.867 |
| Administració | - | -660 | -680 | -700 | -721 | -743 | -765 | -788 | -812 |
| TOTAL DESPESES OPERATIVES | - | -4.620 | -4.759 | -4.901 | -5.048 | -5.200 | -5.356 | -5.517 | -5.682 |
| CASH FLOW EXPLOTACIÓ PLANTA | - | 32.167 | 32.665 | 33.166 | 33.676 | 34.098 | 34.521 | 34.947 | 35.381 |
| % Rendiment inversió explotació planta | | 8,40% | 8,53% | 8,66% | 8,79% | 8,90% | 9,02% | 9,13% | 9,24% |

Taula 5. Gestió d'explotació de la instal·lació fins l'any 8

| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| INGRESSOS | | | | | | | | | | |
| 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% |
| 0,5740 | 0,5884 | 0,6031 | 0,6182 | 0,6337 | 0,6495 | 0,6657 | 0,6823 | 0,6994 | 0,7169 | 0,7348 |
| 72.594 | 71.868 | 71.149 | 70.438 | 69.734 | 69.037 | 68.347 | 67.664 | 66.987 | 66.317 | 65.654 |
| 41.669 | 42.287 | 42.910 | 43.545 | 44.190 | 44.840 | 45.499 | 46.167 | 46.851 | 47.543 | 48.243 |
| DESPESES OPERATIVES DE LA PLANTA | | | | | | | | | | |
| 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% |
| -3.093 | -3.186 | -3.282 | -3.380 | -3.482 | -3.586 | -3.694 | -3.805 | -3.919 | -4.036 | -4.157 |
| -1.923 | -1.981 | -2.040 | -2.101 | -2.164 | -2.229 | -2.296 | -2.365 | -2.436 | -2.509 | -2.584 |
| -836 | -861 | -887 | -914 | -941 | -969 | -998 | -1.028 | -1.059 | -1.091 | -1.124 |
| -5.852 | -6.028 | -6.209 | -6.395 | -6.587 | -6.785 | -6.988 | -7.198 | -7.414 | -7.636 | -7.865 |
| 35.816 | 36.259 | 36.701 | 37.150 | 37.603 | 38.055 | 38.510 | 38.969 | 39.437 | 39.907 | 40.377 |
| 9,35% | 9,47% | 9,58% | 9,70% | 9,82% | 9,94% | 10,06% | 10,18% | 10,30% | 10,42% | 10,54% |

Taula 6. Gestió d'explotació de la instal·lació des de l'any 9 fins l'any 19

| 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | TOTAL | MITJANA ANUAL DEL PERÍODE 25 ANYS | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|---|---------------------------------|-----------|
| INGRESSOS | | | | | | | | | |
| 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,54% | % Increment tarifa ref ^a mitja anual | | |
| 0,7532 | 0,7720 | 0,7913 | 0,8111 | 0,8314 | 0,8522 | 0,6434 | €/ kWh Preu mig anual | | |
| 64.997 | 64.347 | 63.704 | 63.067 | 62.436 | 61.812 | 1.747.933 | 69.917,32 KW Producció mitja anual | | |
| 48.956 | 49.676 | 50.409 | 51.154 | 51.909 | 52.676 | 1.110.226 | 44.409,03 | € Facturació mitja anual | |
| DESPESES OPERATIVES DE LA PLANTA | | | | | | | | | |
| 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | % IPC mitjana anual estimada | | |
| -4.282 | -4.411 | -4.543 | -4.679 | -4.819 | -4.964 | | | | |
| -2.662 | -2.742 | -2.824 | -2.909 | -2.996 | -3.086 | | | | |
| -1.157 | -1.192 | -1.228 | -1.265 | -1.303 | -1.342 | | | | |
| -8.101 | -8.344 | -8.595 | -8.852 | -9.118 | -9.392 | -168.442 | 15,17% | Mitjana anual despeses : | 6.737,67 |
| 40.855 | 41.332 | 41.814 | 42.301 | 42.791 | 43.285 | 941.784 | 84,83% | Cash Flow mitjana anual : | 37.671,36 |
| 10,67% | 10,79% | 10,92% | 11,05% | 11,17% | 11,30% | 245,94% | 9,84% | Rendiment mig anual s/ inversió | |

Taula 7. Gestió d'explotació de la instal·lació des de l'any 20 fins l'any 25 i resultats globals

| PERÍODE (N° Any) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| EXPLOTACIÓ PLANTA (Ingressos- Despeses) | 0 | 32.167 | 32.665 | 33.166 | 33.676 | 34.098 | 34.521 | 34.947 | 35.381 |
| PREU VENDA PLANTA | 382.925 | | | | | | | | |
| I.V.A. PLANTA | 61.268 | | | | | | | | |
| DESGRAVACIO 6% | 22.976 | | | | | | | | |
| Numeros participacio | 148 | | | | | | | | |
| Inversió inicial | 447.199 | | | | | | | | |
| Inversio participacio | 3.022 | | | | | | | | |
| Devolució produccio | 0 | 217 | 221 | 224 | 228 | 230 | 233 | 236 | 239 |
| Devolucio IVA i deducció | | 569 | | | | | | | |
| Saldo acumulat | -3.022 | -2.235 | -2.014 | -1.790 | -1.563 | -1.332 | -1.099 | -863 | -624 |

Taula 8. Exemple de viabilitat per participació de 3.022 € fins l'any 8

| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 35.816 | 36.259 | 36.701 | 37.150 | 37.603 | 38.055 | 38.510 | 38.969 | 39.437 | 39.907 | 40.377 | 40.855 | 41.332 |
| | | | | | | | | | | | | |
| 242 | 245 | 248 | 251 | 254 | 257 | 260 | 263 | 266 | 270 | 273 | 276 | 279 |
| | | | | | | | | | | | | |
| -382 | -137 | 111 | 362 | 616 | 873 | 1.134 | 1.397 | 1.663 | 1.933 | 2.206 | 2.482 | 2.761 |

Taula 9. Exemple de viabilitat per participació de 3.022 € des de l'any 9 fins l'any 21

| 22 | 23 | 24 | 25 |
|--------|--------|--------|--------|
| 41.814 | 42.301 | 42.791 | 43.285 |
| | | | |
| 283 | 286 | 289 | 292 |
| | | | |
| 3.044 | 3.329 | 3.619 | 3.911 |
| | | | |

Taula 10. Exemple de viabilitat per participació de 3.022 € des de l'any 22 fins l'any 25 i resultats globals

E.6.2 SIMULACIÓ ECONÒMICA SEGONS EL PREU FIXAT PER LA PROPOSTA DE R.D. DEL 27 DE SETEMBRE

| Ingressos i inversions | | |
|-------------------------------------|---------|----------|
| Preu instal·lació de la planta | 5,8019 | €/ Wp |
| Potència instal·lada en planta | 66,000 | kWp |
| Total de la inversió | 382.925 | € |
| Preu facturació kWh produït | 0,39 | €/ KW |
| Producció estimada anual planta | 1.192 | kW / kWp |
| Pèrdua de capacitat producció anual | 1,00% | Anual |

Taula 11. Ingressos i inversions de la instal·lació

| Despeses operatives anuals de la Planta | | |
|---|-----------|--------------------------|
| Manteniment Planta i lloguer terreny | 37 | €/ kWp instal·lat |
| Assegurança multirisc | 23,0 | €/ kWp instal·lat |
| Administració | 10,0 | €/ kWp instal·lat |
| TOTAL DESPESES ANUALS | 70 | €/ kWp instal·lat |
| Paràmetres de la planificació financera | | |
| Previsió increment anual de la tarifa | 2,00% | |
| Previsió increment IPC anual | 3,00% | |

Taula 12. Despeses operatives anuals de la planta solar fotovoltaica

| PERÍODE EXPLOTACIÓ PLANTA (N° Any) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| INGRESSOS | | | | | | | | | |
| Previsió increment % anual preu tarifa ref ^a | 0,00% | 2,75% | 2,75% | 2,75% | 2,75% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% |
| Preu facturació producció elèctrica (€/kWh) | 0,3900 | 0,4007 | 0,4117 | 0,4230 | 0,4346 | 0,4455 | 0,4566 | 0,4680 | 0,4797 |
| Producció anual estimada planta (KW) | - | 78.672 | 77.885 | 77.106 | 76.335 | 75.572 | 74.816 | 74.068 | 73.327 |
| TOTAL INGRESSOS: Facturació producc. | 0 | 31.524 | 32.065 | 32.616 | 33.175 | 33.667 | 34.161 | 34.664 | 35.175 |
| DESPESES OPERATIVES DE LA PLANTA | | | | | | | | | |
| Previsió d'increment % IPC anual | 0,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% |
| Contracte manteniment instal·lació | - | -2.442 | -2.515 | -2.591 | -2.668 | -2.748 | -2.831 | -2.916 | -3.003 |
| Assegurança a tot risc | - | -1.518 | -1.564 | -1.610 | -1.659 | -1.709 | -1.760 | -1.813 | -1.867 |
| Conservació, vigilància i control | - | -660 | -680 | -700 | -721 | -743 | -765 | -788 | -812 |
| TOTAL DESPESES OPERATIVES | - | -4.620 | -4.759 | -4.901 | -5.048 | -5.200 | -5.356 | -5.517 | -5.682 |
| CASH FLOW EXPLOTACIÓ PLANTA | - | 26.904 | 27.307 | 27.714 | 28.127 | 28.467 | 28.805 | 29.147 | 29.493 |
| % Rendiment inversió explotació planta | | 7,03% | 7,13% | 7,24% | 7,35% | 7,43% | 7,52% | 7,61% | 7,70% |

Taula 13. Gestió d'explotació de la instal·lació fins al vuitè any

| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | | | | | | | | |
| 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% |
| 0,4917 | 0,5040 | 0,5166 | 0,5295 | 0,5427 | 0,5563 | 0,5702 | 0,5845 | 0,5991 | 0,6141 | 0,6295 |
| 72.594 | 71.868 | 71.149 | 70.438 | 69.734 | 69.037 | 68.347 | 67.664 | 66.987 | 66.317 | 65.654 |
| 35.694 | 36.221 | 36.756 | 37.297 | 37.845 | 38.405 | 38.971 | 39.550 | 40.132 | 40.725 | 41.329 |
| | | | | | | | | | | |
| 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% |
| -3.093 | -3.186 | -3.282 | -3.380 | -3.482 | -3.586 | -3.694 | -3.805 | -3.919 | -4.036 | -4.157 |
| -1.923 | -1.981 | -2.040 | -2.101 | -2.164 | -2.229 | -2.296 | -2.365 | -2.436 | -2.509 | -2.584 |
| -836 | -861 | -887 | -914 | -941 | -969 | -998 | -1.028 | -1.059 | -1.091 | -1.124 |
| -5.852 | -6.028 | -6.209 | -6.395 | -6.587 | -6.785 | -6.988 | -7.198 | -7.414 | -7.636 | -7.865 |
| 29.842 | 30.193 | 30.547 | 30.902 | 31.258 | 31.621 | 31.983 | 32.352 | 32.718 | 33.089 | 33.464 |
| 7,79% | 7,88% | 7,98% | 8,07% | 8,16% | 8,26% | 8,35% | 8,45% | 8,54% | 8,64% | 8,74% |

Taula 14. Gestió d'explotació de la instal·lació des de l'any 9 fins al 19

| 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | TOTAL | MITJANA ANUAL DEL PERÍODE 25 ANYS | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|---|---------------------------------|-----------|--|
| | | | | | | | | | | |
| 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,50% | 2,54% | % Increment tarifa ref ^a mitja anual | | | |
| 0,6452 | 0,6613 | 0,6778 | 0,6947 | 0,7121 | 0,7299 | 0,5512 | €/ kWh Preu mig anual | | | |
| 64.997 | 64.347 | 63.704 | 63.067 | 62.436 | 61.812 | 1.747.933 | 69.917,32 | KW Producció mitja anual | | |
| 41.936 | 42.553 | 43.179 | 43.813 | 44.461 | 45.117 | 951.030 | 38.041,21 | € Facturació mitja anual | | |
| | | | | | | | | | | |
| 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | % IPC mitjana anual estimada | | | |
| -4.282 | -4.411 | -4.543 | -4.679 | -4.819 | -4.964 | | | | | |
| -2.662 | -2.742 | -2.824 | -2.909 | -2.996 | -3.086 | | | | | |
| -1.157 | -1.192 | -1.228 | -1.265 | -1.303 | -1.342 | | | | | |
| -8.101 | -8.344 | -8.595 | -8.852 | -9.118 | -9.392 | -168.442 | 17,71% | Mitjana anual despeses : | 6.737,67 | |
| 33.835 | 34.208 | 34.584 | 34.960 | 35.343 | 35.725 | 782.588 | 82,29% | Cash Flow mitjana anual : | 31.303,54 | |
| 8,84% | 8,93% | 9,03% | 9,13% | 9,23% | 9,33% | 204,37% | 8,17% | Rendiment mig anual s/ inversió | | |

Taula 15. Gestió d'exploatació de la instal·lació fins l'any 25 i resultats globals.

| PERÍODE (N° Any) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| EXPLOTACIÓ PLANTA (Ingressos-Despeses) | 0 | 26.904 | 27.307 | 27.714 | 28.127 | 28.467 | 28.805 | 29.147 | 29.493 |
| PREU VENDA PLANTA | 382.925 | | | | | | | | |
| I.V.A. PLANTA | 61.268 | | | | | | | | |
| DESGRAVACIO 6% | 22.976 | | | | | | | | |
| Numeros participacio | 148 | | | | | | | | |
| Inversió inicial | 447.193 | | | | | | | | |
| Inversio participacio | 3.022 | | | | | | | | |
| Devolució produccio | 0 | 182 | 185 | 187 | 190 | 192 | 195 | 197 | 199 |
| Devolucio IVA i deducció | 569 | | | | | | | | |
| Saldo acumulat | -3.022 | -2.271 | -2.086 | -1.899 | -1.709 | -1.516 | -1.322 | -1.125 | -926 |

Taula 16. Exemple de viabilitat per participació de 3.022 € fins l'any 8

| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 29.842 | 30.193 | 30.547 | 30.902 | 31.258 | 31.621 | 31.983 | 32.352 | 32.718 | 33.089 | 33.464 | 33.835 | 34.208 |
| | | | | | | | | | | | | |
| 202 | 204 | 206 | 209 | 211 | 214 | 216 | 219 | 221 | 224 | 226 | 229 | 231 |
| -724 | -520 | -314 | -105 | 106 | 320 | 536 | 755 | 976 | 1.199 | 1.426 | 1.654 | 1.885 |

Taula 17. Exemple de viabilitat per participació de 3.022 € des de l'any 9 fins al 21

| 22 | 23 | 24 | 25 |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 34.584 | 34.960 | 35.343 | 35.725 |
| | | | |
| 234 | 236 | 239 | 241 |
| | | | |
| 2.119 | 2.355 | 2.594 | 2.835 |

Taula 18. Exemple de viabilitat per participació de 3.022 € fins l'any 25 i resultats globals

Albert Juan Casademont

Autor del projecte

Girona, 30 de Maig del 2008



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Industrial. Pla 2002

Títol: Projecte per la realització d'una instal·lació solar fotovoltaica en règim especial als edificis de l'Escola Politècnica Superior de la UdG

Document: F Documentació legal a presentar

Alumne: Albert Juan Casademont

Director/Tutor: Josep Maria Corretger Canós
Departament: Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial
Àrea: Màquines i motors tèrmics

Convocatòria (mes/any): Juny 2008

ANNEX A LA MEMÒRIA

ÍNDEX

| | | |
|-------|---|----|
| F | CONJUNT DE DOCUMENTACIÓ LEGAL | 2 |
| F.1 | DOCUMENTACIÓ PER PRESENTAR AL DEPARTAMENT D'INDÚSTRIA | 2 |
| F.1.1 | ÒRGAN REGULADOR DE LES INSTAL·LACIONS FOTOVOLTAIQUES..... | 2 |
| F.1.2 | DOCUMENTACIÓ A PRESENTAR A L'ÒRGAN REGULADOR..... | 3 |
| F.2 | DOCUMENTACIÓ PER FECSA ENDESA | 6 |
| F.2.1 | PROCEDIMENT D'INTERCONNEXIÓ..... | 6 |
| F.3 | CREACIÓ DE LA SOCIETAT CORPORATIVA | 8 |
| F.3.1 | CONDICIONS PER LA CREACIÓ | 9 |
| F.3.2 | TRAMITACIÓ DE LA SOL·LICITUD..... | 10 |

F CONJUNT DE DOCUMENTACIÓ LEGAL

Per tal de realitzar aquest projecte serà necessari complir tota una sèrie de punts estipulats segons l'àmbit a què es destinin. O sigui, en el cas de voler realitzar una instal·lació fotovoltaica, és necessari complir una sèrie de tràmits amb el Departament d'Indústria, la Companyia Elèctrica Subministradora i també serà necessari complir amb els procediments per tal crear una societat laboral limitada per la repartició dels beneficis de la venda de l'energia produïda.

F.1 DOCUMENTACIÓ PER PRESENTAR AL DEPARTAMENT D'INDÚSTRIA

A diferència d'altres projectes com instal·lacions elèctriques, per exemple, en el cas d'instal·lacions de règim especial i en concret d'instal·lacions fotovoltaïques, és el mateix Departament d'Indústria que regula i controla l'execució d'aquestes instal·lacions.

F.1.1 ÒRGAN REGULADOR DE LES INSTAL·LACIONS FOTOVOLTAIQUES

A nivell de la comunitat autònoma de Catalunya, l'òrgan responsable de les instal·lacions fotovoltaïques de règim especial d'acord amb RD 661/2007 és la Direcció General d'Energia i Mines segons el decret 190/2005, del 13 de Setembre, el decret 421/2006 del 28 de Novembre i el decret 566/2006 del 19 de Desembre.

Les funcions d'aquest òrgan regulador són:

- Dirigir, executar i coordinar les actuacions del Departament en matèria de règim energètic i miner.

- Planificar les infraestructures energètiques, a partir de l'anàlisi de les necessitats futures i l'estudi de les diverses alternatives energètiques per cobrir aquestes necessitats.

- Dissenyar les polítiques energètiques a aplicar a Catalunya, elaborar les iniciatives normatives en el marc de les competències de l'administració de la Generalitat de Catalunya, en matèria d'energia elèctrica, hidrocarburs, eficiència energètica i mineria.
- Autoritzar administrativament les instal·lacions energètiques ubicades a Catalunya, d'acord amb el que preveu la normativa sectorial.
- Dirigir i fer el seguiment de les entitats d'inspecció i control reglamentari, i també la els seus inspectors i interventors en l'aplicació de les reglamentacions específiques.
- Gestionar els registres administratius de competència autonòmica d'acord amb la normativa vigent en matèria d'energia i mines.

F.1.2 DOCUMENTACIÓ A PRESENTAR A L'ÒRGAN REGULADOR

Segons la Direcció General d'Energia i Mines la documentació a presentar degudament omplerta a les dependències de la Oficina de Gestió Empresarial (OGE) per l'ampliació d'una instal·lació fotovoltaica entre 5 i 100 kW és la següent (Codi taxa: EC.07.02):

- Instància (Sol·licitud) segons el model Annex 1, on s'hi ha d'especificar les dades del titular de la instal·lació, de l'emplaçament, de l'adreça a efectes de notificacions, les característiques principals d'aquesta, l'empresa instal·ladora, el tipus de sol·licitud i tota la documentació necessària a presentar.
- DNI i NIF: Fotocòpia del DNI O NIF de la persona física que signa la sol·licitud i del NIF del titular (de l'activitat i/o de la instal·lació). El NIF haurà de ser definitiu, només se n'admetran de provisionals si van acompanyats de les escriptures registrades pel Registre Mercantil.

- Escritura notarial de la societat: Fotocòpia de l'escriptura notarial de constitució de la societat (per a les noves activitats i per a canvi de titularitat), i de les ampliacions, modificacions de capital i modificacions de l'adreça social, si escau (així mateix, caldrà presentar còpia de l'escriptura que atorgui poders al representant de la societat).
- Document de posada en servei: Document de posada en servei, d'acord amb el model corresponent.
- Contracte amb l'empresa elèctrica: Original o còpia del contracte subscrit amb l'empresa elèctrica titular de la xarxa de distribució a la qual es connecta la instal·lació fotovoltaica. En el cas de mantenir el mateix contracte que l'anterior titular, s'haurà de fer constar que el nou titular es subroga a tots els drets i deures de l'anterior a partir del moment en què sigui autoritzat pel Departament d'economia i Finances.
- Contracte amb el propietari dels terrenys: Acord o contracte subscrit amb el propietari dels terrenys o llocs afectats quan aquest no coincideix amb el mateix titular de la instal·lació.
- Fitxa d'identificació: Fitxa d'identificació i característiques de la instal·lació, d'acord amb el model que s'adjunta. En el cas d'instal·lacions de > de 100 KW la signatura de l'instal·lador pot ser substituïda per la de l'enginyer que ha confeccionat el projecte tècnic.
- Certificat d'instal·lació elèctrica de baixa tensió: Original signat per un instal·lador especialista autoritzat i amb el segell de l'empresa instal·ladora especialista inscrita, que acrediti que s'ha realitzat la instal·lació d'acord amb el vigent Reglament Electrotècnic per a baixa tensió, les Instruccions MI BT i Normes de l'empresa subministradora oficialment aprovades segons model que s'adjunta
- Declaració CE de conformitat: Declaració CE de Conformitat emesa pel fabricant, de les plaques fotovoltaïques i dels onduladors, segons el R. D.

154/1995 i el R. D 1580/2006. Es pot admetre la declaració de conformitat emesa pel distribuïdor de les plaques si es dóna el cas de què el fabricant de les mateixes és d'un país no comunitari. En el cas de què aquest document estigui escrit en una llengua diferent del català o castellà, caldrà presentar una traducció jurada.

- Certificat del fabricant dels onduladors: Certificat del fabricant dels onduladors en el cas que les proteccions siguin interiors als equips onduladors, indicant el valor de regulació de les proteccions i que aquestes són inaccessibles per a l'usuari de la instal·lació, segons el R. D. 1663/2000 article 11.7. En el cas de què aquest document estigui escrit en una llengua diferent del català o castellà, caldrà presentar una traducció jurada.
- Certificació dels nivells d'aïllament: Certificació del fabricant dels onduladors que acrediti que la separació galvànica compleix les especificacions de l'article 12 del R. D 1663/2000.
- Contracte de manteniment: Original o fotocòpia compulsada del contracte de manteniment subscrit amb una empresa instal·ladora , si la instal·lació està situada en locals de pública concurrència o és de més de 25 kW (Decret 363/2004).
- Projecte de la instal·lació: Projecte tècnic de la instal·lació signat pel facultatiu competent i visat pel col·legi professional corresponent.
- Certificat de direcció i acabament d'obra: Certificat original de direcció i acabament d'obra segons el model que estableix l'annex 5 del Decret 352/2001 de 18 de desembre.
- Informe del gestor de la xarxa: Informe del gestor de la xarxa o del operador del sistema que acrediti que s'han completat els procediments d'accés i connexió,

així com els d'informació, tècnics i operatius. En el cas d'instal·lacions de potències superiors a 10 MW, aquest informe ha d'incloure quin és el centre de control al qual està adscrita la instal·lació (art. 12 del R .D. 661/2007).

- Còpies de la documentació a presentar: Caldrà aportar dues còpies en suport informàtic, format PDF, que siguin una reproducció fidel de la documentació presentada. Si la instal·lació es troba ubicada a Barcelona i comarques només caldrà una còpia.
- Compliment dels punts de mesura: Certificació emesa per l'encarregat de la lectura que acrediti el compliment del que disposa el Reglament de punts de mesura segons article 12 del RD 661/2007.
- Taxes (per valor d'immobilitzat fix de Més de 120.202,42 fins a 1.202.024,21): 436.45€

F.2 DOCUMENTACIÓ PER FECSA ENDESA

Per tal que la documentació presentada a l'Oficina de Gestió Empresarial sigui correcte, serà necessari complir amb els tràmits de la Companyia Elèctrica Subministradora de la zona, els quals es troben detallats en els punts que segueixen a continuació.

F.2.1 PROCEDIMENT D'INTERCONNEXIÓ

Per iniciar l'estudi del Punt de Connexió, és necessari que es faci arribar la documentació que es relaciona a continuació a l'atenció del GESTOR DE NOUS SUBMINISTRAMENTS de l'oficina del carrer de la Creu, número 5 de Girona:

- Nom, adreça, NIF i telèfon del promotor de la planta fotovoltaica.
- Adreça de la instal·lació fotovoltaica.

- Esquema Unifilar i Potència nominal de la instal·lació.
- Original d'una factura mensual de consum elèctric (per obtenir el Número de Subministrament o pòlissa).
- Plànols d'ubicació de la instal·lació, general, detall i coordenades UTM (en el cas de no disposar de la factura mensual de consum elèctric en BT).
- Dades de contacte de l'enginyeria (Nom, Adreça, telèfon i e-mail).

Els possibles costos d'extensió de la xarxa BT, necessaris per portar a terme la connexió de la instal·lació fotovoltaica, s'hauran de pressupostar i seran a càrrec del promotor de la instal·lació fotovoltaica.

Un cop determinat el Punt de Connexió, FECSA ENDESA enviarà un e-mail o carta indicant les característiques d'aquest Punt, i li sol·licitarà que ompli un imprès-formulari amb les dades necessàries per preparar el Conveni de Compra d'Energia.

El Punt de Connexió, segons el RD 1663/2000 ha de ser un punt de la xarxa de l'empresa distribuïdora o a l'escomesa de l'usuari.

Qualsevol altra solució de connexió (p. ex. en línia general d'alimentació del client), en el cas que fos possible per potència d'evacuació i característiques de la mateixa, farà necessària la firma d'un ASSUMEIX de responsabilitats per danys a sí mateix o a tercers, per part del propietari de la instal·lació i en els casos de xarxa comunitària, també el permís de la comunitat per a la connexió de la instal·lació a la seva xarxa privada.

Quan el promotor de la instal·lació fotovoltaica hagi omplert totes les dades sol·licitades, haurà de retornar l'imprès formulari per correu electrònic o via fax al Gestor de la Zona que li va facilitar els impresos.

La Unitat de Nous Subministraments validarà les dades de la instal·lació fotovoltaica, i llavors executarà les següents actuacions:

Enviarà les dades a la Unitat ATR i Règim Especial. Aquesta Unitat es posarà en contacte amb el promotor de la instal·lació fotovoltaica amb la finalitat de formalitzar el Conveni de Compra i també indicarà el procediment a seguir per a l'elaboració i cobrament de les factures mensuals d'energia elèctrica que produeixi la instal·lació fotovoltaica.

Emetrà una factura en concepte dels costos de la primera verificació, que ascendeix per a 97,31 € més IVA. El pagament d'aquesta quantitat es realitzarà mitjançant l'ingrés al compte bancari indicat a la factura i s'haurà d'enviar còpia del justificant de l'ingrés al número de fax que consta a la mateixa factura.

El promotor de la instal·lació fotovoltaica, una vegada disposi de l'autorització de Posada en Servei (atorgada per la OGE de la Generalitat de Catalunya, Direcció General d'Energia i Mines), enviarà una còpia a Nous Subministraments, Sr. Félix Jové, fax 93.509.2639 y telèfon 93.509.4282.

A la recepció d'aquest document, FECSA ENDESA tramitarà la realització de la primera verificació de la instal·lació, que es realitzarà en un termini de 10 dies, i en cas de ser satisfactòria, el promotor o representant podrà connectar la instal·lació fotovoltaica a la xarxa BT de FECSA ENDESA.

Posteriorment la Unitat Oficina Tècnica enviarà les dades de la instal·lació fotovoltaica a les unitats Centre Control de BT, Bases de Dades, Comercial i Distribució Zona.

F.3 CREACIÓ DE LA SOCIETAT CORPORATIVA

A part de la documentació necessària per legislar la instal·lació fotovoltaica a l'Oficina de Gestió Empresarial i per tal de poder-la connectar a la xarxa segons les NTP de Fecsa

Endesa, serà necessari crear una societat limitada laboral per tal que gestioni els diners rebuts de la producció generada per la instal·lació.

Les societats laborals són societats anònimes o limitades amb el qualificatiu de laboral. Es tracta d'un tipus de societat mercantil (anònima o limitada) on la majoria de capital social és propietat dels treballadors i treballadores, que tenen una relació laboral indefinida, personal i directa.

F.3.1 CONDICIONS PER LA CREACIÓ

Els socis i sòcies poden ser persones físiques o persones jurídiques. Cap dels socis no pot tenir més d'una tercera part del capital social, llevat de les empreses públiques, que poden superar el límit d'un terç del capital social, sense arribar al 50%.

Per crear un societat limitada laboral es necessita un capital mínim de 3.005,06 euros; la major part del capital està en mans dels socis i sòcies treballadors, amb un mínim de 3 socis, i cap no pot tenir més del 33% del capital.

Llavors, les societat s'inscriurà a dos registres, el registre administratiu i el registre mercantil. El registre administratiu de societats laborals és un organisme depenent de la Direcció General d'Economia Cooperativa, Social i d'Autoocupació. Per altra banda, el registre mercantil depèn de l'administració de l'Estat.

S'hi inscriu l'escriptura pública del notari que conté els estatuts socials. Els càrrecs, els poders, el dipòsit de comptes i la diligència dels llibres socials només es tramiten al registre mercantil. Els estatuts recullen el sistema de funcionament de la societat, i s'han de redactar conforme a la Llei de societats laborals, i a la Llei de societats anònimes (per a societats anònimes laborals) o a la Llei de societats de responsabilitat limitada (si és una societat limitada laboral). La redacció dels estatuts correspon a la societat (normalment ho fa una gestoria); hi ha models d'estatuts al web del Departament de Treball. El notari, en principi, transcriu els estatuts.

El termini de la sol·licitud en el registre administratiu és de 3 mesos des que el ciutadà o ciutadana presenta la sol·licitud perquè l'administració resolgui.

F.3.2 TRAMITACIÓ DE LA SOL·LICITUD

La tramitació de la sol·licitud comporta emplenar tot un seguit de documents que es detallen a continuació:

Certificació de denominació social: es fa la sol·licitud al registre mercantil central. Un cop obtingut el certificat de denominació social, hi ha un termini de dos mesos per fer l'escriptura pública, i 15 mesos per inscriure al registre mercantil.

Redacció d'estatuts socials:: es pot trobar un model al Servei d'Ordenació Jurídica o bé al web del Departament de Treball. Els estatuts recullen el funcionament de la societat, l'objecte social, el domicili, el sistema d'administració, etc.

Espectura pública de constitució davant notari: cal anar al notari perquè elevi a públics els estatuts, amb el certificat de la denominació social i el certificat bancari relatiu al desemborsament del capital.

Agència tributària: sol·licitud del CIF, que és provisional fins que s'incruï al registre mercantil.

Impostos: transmissions patrimonials i actes jurídics documentals. És una operació exempta de pagament, però cal fer l'autoliquidació de l'impost.

Inscripció en el registre administratiu de societats laborals: cal aportar la còpia autèntica i la còpia simple de l'escriptura de constitució; l'acreditació de la liquidació de l'impost de transmissions patrimonials i actes jurídics documentats, i el CIF provisional. Amb la qualificació favorable d'aquest Registre es retorna la còpia autèntica, i la còpia simple queda en mans del Registre.

Inscripció en el registre mercantil de la província: cal aportar còpia autèntica de l'escriptura de constitució; l'acreditació de la qualificació favorable del registre administratiu de societats laborals (resolució expedida pel registre administratiu); l'acreditació de la liquidació de l'impost sobre transmissions patrimonials i actes jurídics documentats, i el CIF provisional. Amb aquesta inscripció la societat adquireix personalitat jurídica.

Seguretat Social: alta dels socis i sòcies treballadors i dels treballadors i treballadores no socis, a determinar en cada cas per la Tresoreria de la Seguretat Social.

Documentació cal adjuntar a la sol·licitud:

- Sol·licitud d'inscripció (es pot obtenir al mateix registre o al web del Departament de Treball)
- Còpia autèntica i còpia simple de l'escriptura de constitució de la societat laboral. Les ha de fer un notari o notària.
- Acreditació de l'autoliquidació de l'impost de transmissions patrimonials i actes jurídics documentats.
- CIF (codi d'identificació fiscal).

Albert Juan Casademont

Autor del projecte

Girona, 30 de Maig del 2008

F.4 IMPRESSOS I DOCUMENTS LEGALS



INDEX D'ASPECTES QUE CAL INCLOURE EN EL PROJECTE D'UNA INSTAL·LACIÓ DE PRODUCCIÓ D'ENERGIA ELÈCTRICA EN RÈGIM ESPECIAL

1.- Memòria

- Titular i Objecte de la instal·lació.
- Emplaçament de la instal·lació i accessos
- Descripció general del projecte.
- Estudi energètic i de rendiments.
 - Dades de radiació solar. Incidència de la orientació i inclinació dels mòduls.
 - Característiques dels mòduls. Camp fotovoltaic.
 - Previsió anual de producció energètica.
- Tensions de treball, corrent continua i corrent alterna.
- Onduladors. Característiques tècniques. Separació galvànica.
- Quadres C.C i de CA. Configuració i característiques tècniques.
- Proteccions de C.C i de CA (sobretensions, curtcircuits, sobretensions atmosfèriques, contactes directes, contactes indirectes, sincronisme, tensió, freqüència, etc.).
- Posades a terra de la instal·lació. Criteris emprats en el seu disseny i dimensionament. Distàncies entre posades a terra independents.
- Dimensionat de la instal·lació de distribució.
- Descripció del sistema de medició per al seguiment de produccions. Justificació del compliment del Reglament de Punts de Mesura (RD 1110/2007).
- Compliment de prescripcions de locals mullats (ITC-BT 030)
- Centres de transformació i instal·lacions de connexió a xarxa, si és d'aplicació.

2.- Càlculs justificatius, amb especial consideració als següents aspectes,

- Justificació del compliment de la legislació electrotècnica aplicable (Càlculs de circuits, Curtcircuits, etc)
- Vent. Dimensionament de fonaments, suports i estructures (ITC-BT-06)
- Temperatura. Incidència en els diferents elements elèctrics.
- Xarxes de posada a terra. Càlcul dels valors de posada a terra i justificació de les distàncies per a evitar un possible acoblament entre elles.

3.- Pressupost. Inversió estimada, Finançament. Estudi de viabilitat i econòmic. Planing d'execució.

4.- Plànols

- Plànol de situació incloent-hi els accessos al lloc de la instal·lació.
- Esquema elèctric unifilar de la instal·lació de potència.
- Esquema de proteccions elèctriques i de protecció de la interconnexió amb l'empresa elèctrica.
- Esquema de la instal·lació de comptatge energètic segons el Reglament de punts de mesura.
- Plànol(s) general(s), i de detall, en planta i alçat suficientment amples, a escala convenient i amb indicació de cotes essencials, posant de manifest l'emplaçament i la disposició dels equips, aparells, traçat de circuits, rases, i connexions principals.
- Xarxes de terres.

5.- Estudi de Seguretat i Salut

NOTA: Es pot obtenir informació d'interès per a redactar el projecte en els següents documents:

- Atlas de radiació solar a Catalunya:
http://www.icaen.net/uploads/bloc2/publicacions/estudis_monografics/cat/12-cat.pdf
- Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red:
<http://www.idae.es/index.asp?i=es>

SIEMENS

DATOS DEL INVERSOR

Nº de Fabricación del inversor : LB/V6/002481076 - 00040-0013

Fabricante: SIEMENS S.A.

Modelo: SINVERT SOLAR 3-DC MAESTRO 100 kW

La compañía SIEMENS S.A. con domicilio social en Ronda Europa, 5 28760 Tres Cantos (Madrid)

CERTIFICA

Que el inversor arriba descrito cumple con la normativa establecida en el Real Decreto 1663/2000 de 29 de Septiembre sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de Baja Tensión, y en concreto con las siguientes condiciones técnicas:

1. Las funciones de protección de máxima y mínima frecuencia y máxima y mínima tensión a que se refiere el Artículo 11 del RD están integradas en el equipo inversor, y las maniobras de desconexión-conexión por actuación de las mismas son realizadas mediante un contactor que realizará el rearme automático del equipo una vez que se restablezcan las condiciones normales de suministro de la red. Este contactor cumple con lo especificado el apto 7 del Art. 11 del RD 1663/2000.
2. La protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia está dentro de los valores de 51 y 49 Hz, respectivamente y los de máxima y mínima tensión entre 1,1 y 0,85 Un, respectivamente, existiendo imposibilidad de modificar los valores de ajuste de las protecciones por el usuario mediante software.
3. Para la conexión del inversor a la red, éste monitoriza la tensión de red y siempre que esté dentro de los valores de tara del mismo (0,85 Un - 1,1 Un y 49 Hz – 51 Hz), y exista potencia disponible en continua (radiación solar suficiente), el inversor realiza la conexión a la red sincronizándose en tensión (+/- 8%), frecuencia (+/- 1Hz), y fase (+/- 10º) de acuerdo con lo dispuesto en la ICT-BT-40 del Reglamento Electrotécnico en Baja Tensión y evacuando toda la energía disponible a la misma.
4. Las protecciones de sobretensión son Clase II tanto en la parte de C.C. como de C.A.

Ronda de Europa, 5
28760 Tres Cantos (Madrid)

Tfno: (91) 514 80 00
(91) 514 44 37
Fax (91) 514 70 19/20

1

Sede Central en Tres Cantos: Ronda de Europa, 5. 28760 Tres Cantos - Madrid, Apdo. Correos 155, 28080 Madrid- Fábricas en Cornellá de Llobregat (Barcelona) y Getafe (Madrid) - Centros de Venta en: Campanillas (Málaga), Cornellá (Barcelona), Bilbao, Gijón, Madrid, Murcia, Palma de Mallorca, Santiago de Compostela (La Coruña), Sevilla, Valencia, Valladolid, y Zaragoza.
Registro Mercantil de la provincia de Madrid, T. 62, F. 142, H. 2583, C.I.F.: A-28006377

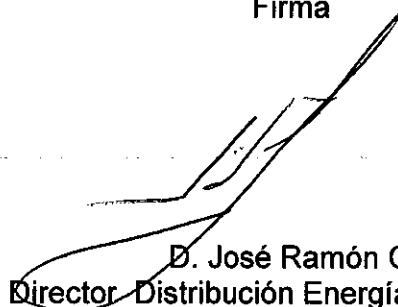


SIEMENS

5. Asimismo se certifica que en el caso en que la red de distribución a la que se conecta la instalación fotovoltaica se desconecte por cualquier motivo, el inversor no mantendrá la tensión en la línea de distribución.
6. Los dispositivos usados para la detección de frecuencia y tensión se han calibrado mediante un equipo amplificador analógico-digital, habiendo el inversor superado todas las pruebas realizadas, estando estas documentadas.
7. El inversor dispone de separación galvánica entre la red de distribución de BT y la instalación fotovoltaica. Dicha separación galvánica se consigue mediante un transformador de potencia según UNE 60742.
8. Los inversores SINVERT solar cumplen con todas las normas y Directivas Comunitarias de seguridad aplicables.
 - Directiva 89/336/CEE, del Consejo de 3 de mayo de 1989 sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros relativas a la compatibilidad electromagnética así como sus modificaciones 91/263/EEC, 92/31/EEC y 93/68/EEC.
 - Directiva 73/23/CEE del Consejo, de 19 de febrero de 1973, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión, así como su modificación 93/68/CEE del Consejo de 22 de Julio de 1993.
 - Normas EN 61727, EN 50178, EN 60146, EN 50160, EN 50081-2 (opcional EN 50081-1), EN 50082-2, EN 61000-3-2

Se expide el presente CERTIFICADO en Madrid el día 7 de Marzo de 2008

Firma



D. José Ramón Castro
Director Distribución Energía y Renovables

Ronda de Europa, 5
28760 Tres Cantos (Madrid)

Tfno: (91) 514 80 00
(91) 514 44 37
Fax: (91) 514 70 19/20

2

Sede Central en Tres Cantos: Ronda de Europa, 5. 28760 Tres Cantos - Madrid, Apdo. Correos 155, 28080 Madrid- Fábricas en Cornellá de Llobregat (Barcelona) y Getafe (Madrid) - Centros de Venta en: Campanillas (Málaga), Cornellá (Barcelona), Bilbao, Gijón, Madrid, Murcia, Palma de Mallorca, Santiago de Compostela (La Coruña), Sevilla, Valencia, Valladolid, y Zaragoza.
Registro Mercantil de la provincia de Madrid, T. 62, F. 142, H. 2583, C.I.F.: A-28006377





Sol·licitud d'instal·lació fotovoltaica (segons decret 352/2001)

- Autorització Administrativa
- Atorgament de la condició d'instal·lació acollida al règim especial.
- Autorització de posada en servei
- Inscripció definitiva en el registre d'instal·lacions de producció en règim especial

1. Dades del/de la titular i domicili social

| | | |
|----------------------------|-------------|-------------------|
| Titular de la instal·lació | | NIF |
| Adreça | Població | |
| Província | Codi postal | |
| Telèfon | Fax | Correu electrònic |

2. Dades de l'emplaçament de la instal·lació

| | | |
|-----------|----------|----------------------|
| Adreça | Població | Codi postal |
| Província | Comarca | |
| Telèfon | Fax | Núm. inscripció REIC |

3. Adreça a efectes de notificacions (Indiqueu-la si és diferent de l'adreça del domicili social)

| | | |
|--|-------------|-------------------|
| Nom de la persona o entitat destinatària de la correspondència | | NIF |
| Adreça | Població | |
| Província | Codi postal | |
| Telèfon | Fax | Correu electrònic |

4. Característiques principals de la instal·lació

| | | |
|---|--|---|
| Potència màxima nominal (onduladors) KW | Superfície total de les plaques: m ² | Estimació energia anual produïda: kWh |
| Grup de classificació (art.2 Reial decret 661/2007) b.1.1 | Connexió a la xarxa: | <input type="checkbox"/> Monofàsica. Tensió: V <input type="checkbox"/> Trifàsica. Tensió: V |

Empresa elèctrica a interconnectar:

Nom oficial que identificarà la instal·lació:

5. Empresa instal·ladora especialista

| | | |
|--------|--------------------|-------------|
| Nom | Número de registre | Telèfon |
| Adreça | Població | Codi postal |

6. Projecte



Nom de l'autor/a

Telèfon

Adreça

Població

Codi postal

7. Sol·licitud que es formula

Nova instal·lació

Ampliació

Canvi de titular

Modificació o reforma

8. Documentació que es presenta

Per a tot tipus de tràmit

Còpia del NIF del Titular

Còpia autenticada de l'escriptura notarial de constitució i modificació, si és el cas de tractar-se d'entitats jurídiques

Dades de l'entitat peticionària (Regesp 2)

Còpia del contracte subscrit amb l'empresa elèctrica titular de la xarxa de distribució a la qual es connecta la instal·lació fotovoltaica, previ compliment de les condicions establertes al RD 1663/2000

Acord o contracte subscrit amb el propietari dels terrenys o llocs afectats quan aquest no coincideixi amb el mateix titular de la instal·lació

Fitxa d'identificació i característiques de la instal·lació (Annex 2)

Document de posada en servei (Annex 3)

Certificat d'instal·lació elèctrica de baixa tensió segons D363/2004

Declaració CE de conformitat emesa pel fabricant de les plaques fotovoltaïques i dels onduladors, segons RD 1580/2006 i 154/1995

Certificat del fabricant, en el cas de que les proteccions siguin interiors als equips onduladors, indicant els valors de regulació de les proteccions i que aquestes són inaccessibles per a l'usuari de la instal·lació segons RD 1663/2000, article 11 d,e.

Certificació del fabricant que acrediti la separació galvànica segons RD 1663/2000, article 12.

Contracte de manteniment amb una empresa instal·ladora, segons D 363/2004, article 9., si la instal·lació està situada en locals de pública concurrència o és de més de 25 KW

Certificat emès per l'encarregat de la lectura (empresa distribuïdora) de compliment del Reglament de punts de mesura (art. 12 RD 661/2007)

Informe del gestor de la xarxa de distribució conforme s'han completat els procediments d'accés i connexió.

Full de declaració de dades del Registre d'Establiments Industrials de Catalunya (REIC) si és tracta d'un establiment industrial

Per a instal·lacions de potència nominal igual o inferior a 5 KW amb memòria tècnica de disseny

Plànol d'emplaçament

Plànols generals en planta i alçat suficientment amples, amb l'especificació dels equips, aparells i connexions principals.

Memòria tècnica i càlculs justificatius

Esquema unifilar

Certificació emesa per l'instal·lador/a electricista autoritzat que l'ha executat (Annex 4 específic per fotovoltaïques)

Per a instal·lacions de potència nominal superiors a 5 KW i fins a 100 KW

Projecte executiu de la instal·lació signat per facultatiu amb competència professional i visat pel col·legi corresponent

Certificat de direcció i acabament d'obra (annex 5)

Dues còpies en suport informàtic, en format PDF, que siguin una reproducció fidel de la documentació aportada

La persona que subscriu MANIFESTA que són correctes les dades de la instal·lació descrita, la qual desitja posar en funcionament previs els tràmits corresponents.

Titular o representant autoritzat del/de la titular

DNI

Càrrec

Signatura

Lloc i data

DIRECCIÓ GENERAL D'ENERGIA I MINES



Fitxa d'identificació i característiques de la instal·lació fotovoltaica.

Característiques dels equips de control, connexió, seguretat i mesura

1. Connexió a la xarxa

Potència nominal de la instal·lació (onduladors): sí no Monofàsica sí no Trifàsica
 KW

2. Generador fotovoltaic

| Fabricant | Model | Nombre total de plaques | |
|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--|
| Potència màxima Pmàx. | Corrent de màxima potència. Imàx | Tensió en circuit obert Voc | |
| Wp | A | V | |
| Intensitat de circuit Isc | Tensió de màxima potència VMàx | V | |
| A | V | | |

3. Ondulador AC (a complimentar per cada ondulador instal·lat). En cas necessari afegir fulls addicionals

| | Ondulador 1 | Ondulador 2 | Ondulador 3 | Ondulador 4 |
|---|---|---|---|---|
| Fabricant | | | | |
| Model | | | | |
| Número de sèrie | | | | |
| Tensió nominal AC, Vn | V | V | V | V |
| Potència AC, Pn | kW | kW | kW | kW |
| Vcc màxima | V | V | V | V |
| Vcc mínima | V | V | V | V |
| Connexió RN, TN, SN (monofàsic), trifàsic | | | | |
| Protecció contra Vac baixa | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no |
| Tensió d'actuació | V | V | V | V |
| Protecció contra Vac alta | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no |
| Tensió d'actuació | V | V | V | V |
| Protecció contra freqüència baixa | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no |
| Freqüència d'actuació | Hz | Hz | Hz | Hz |
| Protecció contra freqüència alta | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no |
| Freqüència d'actuació | Hz | Hz | Hz | Hz |
| Protecció contra funcionament en illa | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no | <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no |
| Potència nominal de la instal·lació | kWp | kWp | kWp | kWp |

4. Proteccions externes

| | | |
|-------------------------|---------------------|----|
| Interruptor general | Fabricant | |
| | Model | |
| | Tensió nominal Vn | V |
| | Corrent nominal, In | A |
| Interruptor diferencial | Poder de tall | kA |
| | Fabricant | |
| | Model | |
| | Intensitat nominal | A |
| | Sensibilitat | mA |



| | | |
|---|-----------------------|----|
| Protecció contra Vac baixa * | Fabricant | |
| <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no | Model | |
| | Tensió d'actuació | V |
| Protecció contra Vac alta* | Fabricant | |
| <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no | Model | |
| | Tensió d'actuació | V |
| Protecció contra freqüència baixa* | Fabricant | |
| <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no | Model | |
| | Freqüència d'actuació | Hz |
| Protecció contra freqüència alta* | Fabricant | |
| <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no | Model | |
| | Freqüència d'actuació | Hz |

* no complimentar en el cas que l'onduador incorpori aquestes proteccions internament

5. Aparells de mesura i control

| | | |
|----------------------|--|--|
| | Comptador de sortida d'energia o bidireccional | Comptador d'entrada d'energia (en el cas que no hi hagi comptador bidireccional) |
| Fabricant | | |
| Model | | |
| Número de fabricació | | |
| Relació d'intensitat | | |
| Tensió | V | V |
| Constant de lectura | | |
| Classe | | |

6. Accés a la informació. Dades dels interlocutors per a la lectura in situ de comptadors.

| | | | |
|-----------------|---------|-----|-------|
| Nom del titular | Telèfon | Fax | Email |
| Per l'ED | Telèfon | Fax | Email |

La persona que subscriu MANIFESTA que són correctes les dades de la instal·lació descrita

| | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| Nom i cognoms de l'instal·lador | Nom de l'empresa instal·ladora |
|---------------------------------|--------------------------------|

Signatura i segells de l'instal·lador i empresa instal·ladora

Lloc i data

EG-Konformitätserklärung EC Declaration of Conformity

No. A5E01606545 / 02.08

Hersteller: Siemens AG.....
Manufacturer: Industrial Automation - System Engineering.....
Anschrift: IA SE.....
Address: Würzburger Str. 121.....
90766 Fürth.....
Produkt- Projekt Girona.....
bezeichnung: SINVERT solar 100-3.....
Product.....
description.....

Das bezeichnete Produkt stimmt in der von uns in Verkehr gebrachten Ausführung mit den Vorschriften folgender Europäischer Richtlinien überein:

The product described above in the form as delivered is in conformity with the provisions of the following European Directives:

2006/95/EG Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten betreffend elektrische Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen

Directive of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the harmonisation of the laws of Member States relating to electrical equipment designed for use within certain voltage limits

CE-Kennzeichnung / CE marking : 08

Die Konformität mit den Richtlinien wird nachgewiesen durch die Einhaltung folgender Normen:

Conformity to the Directives is assured through the application of the following standards:

| Referenznummer Reference number | Ausgabedatum Edition | Referenznummer Reference number | Ausgabedatum Edition |
|------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| EN 60439-1 | 1999 + A1:2004 | | |
| | | | |

Fürth, 28.02.08

Siemens AG

Mr. Schmitt S.
Produktmanager, IA SE S6
Product Manager



Name, Funktion
Name, function

Unterschrift
signature

Mr. Schott
Geschäftszweig Leitung, IA SE S/SP
Subdivision Head



Name, Funktion
Name, function

Unterschrift
signature

Diese Erklärung bescheinigt die Übereinstimmung mit den genannten Richtlinien, ist jedoch keine Beschaffenheits- oder Haltbarkeitsgarantie nach §443 BGB. Die Sicherheitshinweise der mitgelieferten Produktdokumentation sind zu beachten.
This declaration certifies the conformity to the specified directives but contains no assurance of properties. The safety documentation accompanying the product shall be considered in detail.



ANNEX 3. Ampliació de les instal·lacions

Exp. núm

Justificant d'acompliment del procediment administratiu aplicable a les instal·lacions d'energia solar fotovoltaica.

Analitzada la documentació presentada a l'expedient a dalt esmentat i en aplicació de l'article 7 del Decret 352/2001, mitjançant aquest document es consideren complerts els següents tràmits, relatius a la instal·lació que s'indica tot seguit:

1. Atorgament de la condició d'instal·lació acollida al règim especial de producció.
2. Autorització administrativa.
3. Autorització de posada en servei.
4. Inscripció definitiva de la instal·lació en el Registre d'instal·lacions de Producció en Règim

especial amb número de

RIPRE

Aquest tràmit només és d'aplicació quan es tracta d'ampliació d'una instal·lació existent, autoritzada i inscrita al Registre d'Instal·lacions de producció en Regim Especial.
En cas que la potència total superi els 5kW s'aplicarà el procediment corresponent a instal·lacions d'aquesta potència > 5 kW.

TITULAR

Nom:

NIF:

Tel:

Adreça:

Població:

Província

NCP:

EMPRESA INSTAL·LADORA ESPECIALISTA

Nom:

Núm. registre:

Adreça:

Població:

Tel:

EMPLAÇAMENT DE LA INSTAL·LACIÓ

Adreça: C/ Universitat de Girona

Població: Girona

NCP: 17003

Coordenades 486.020 , 4.646.28

UTM:

CARACTERÍSTIQUES DE LA INSTAL·LACIÓ

POTÈNCIA MÀXIMA NOMINAL D'ONDULADORS

Instal·lació existent 15 kW

Aquesta ampliació 57 kW

Total 72 kW

Superfície total de les plaques: 610

Estimació de l'energia anual produïda: 89431 kWh

Grup de classificació (art. 2 661/2007) b.1.1 b.1.1

Empresa elèctrica a interconnectar: Fecsa Endesa

Connexió a la xarxa:

Monofàsica Tensió: V

Trifàsica Tensió: 400 V

PERSONA QUE DILIGÈNCIA EL DOCUMENT PER L'OGÉ

Nom i Cognoms:

Signatura i data:



INSTRUCCIONS PER COMPLIMENTAR EL CERTIFICAT D'INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA DE BAIXA TENSÍO PER PART DE L'EMPRESA INSTAL·LADORA.

1. L'apartat Expedient núm..... ha d'ésser complimentat per l'organisme que repcepciona la documentació.
2. Al requadre de l'apartat d'empresa instal·ladora de baixa tensió, a més dels seu número d'inscripció al Registre corresponent, cal indicar amb una X la categoria de l'empresa: categoria bàsica (EIBTB) o categoria especialista (EIBTE).
3. La potència màxima admissible és la màxima que pot suportar el conjunt de la instal·lació. Coincideix amb la utilitzada en els càlculs i amb la prevista a la ITC-BT-10.
4. Quan es tracti d'instal·lacions d'enllaç i serveis comuns, a l'apartat de "característiques tècniques de la instal·lació", s'especificaran les que corresponguin als serveis comuns.

A l'apartat d'observacions s'hi farà constar, com a mínim, la potència màxima admissible de les instal·lacions d'enllaç, prevista a la ITC-BT10, la secció de la línia general d'alimentació i la intensitat de l'interruptor general de maniobra.

5. Per a les instal·lacions que són objecte d'inspecció inicial per part d'una EIC, el certificat d'instal·lació elèctrica de baixa tensió que ha d'estendre l'empresa instal·ladora serà emès una vegada s'hagi obtingut el certificat d'inspecció inicial amb la qualificació de resultat favorable.
6. Com annex al certificat d'instal·lació que s'entrega al titular de qualsevol instal·lació elèctrica, l'empresa instal·ladora haurà de confeccionar unes instruccions pel correcte ús i manteniment de la mateixa. Aquestes instruccions, com a mínim, inclouran un esquema unifilar de la instal·lació amb les característiques tècniques fonamentals dels equips i materials elèctrics instal·lats, així com un croquis del seu traçat.

Annex 5. Certificat de direcció i acabament d'obra. Instal·lació fotovoltaica**Dades de la persona titulada**

Nom i cognoms

Núm. de col·legiat

Titulació

Dades de la instal·lació

Adreça

Localitat

Municipi

Titular de la instal·lació

Nom i cognoms

Adreça

Projecte específic

Nom i cognoms de l'autor/a

Objecte

Data de presentació

Oficina

Empresa instal·ladora

Nom

Núm. d'inscripció

La persona que consta com a titulat/da, director/a tècnic/a de la instal·lació esmentada,

CERTIFICO:

- Que la instal·lació s'adapta al projecte específic presentat i disposa dels elements de control requerits.
- Que tots els equips i instal·lacions sotmesos a condicions tècniques compleixen amb el Reial decret 1663/2000, de 29 de setembre, sobre connexió d'instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de baixa tensió, així com amb la normativa que els és d'aplicació.
- Que els documents adjunts són originals emesos pel fabricant, o fotocòpies fidedignes, d'acord amb els punts 2g), 2h) i 2i) de l'article 5 del Decret 352/2001, de 18 de desembre, sobre procediment administratiu aplicable a les instal·lacions d'energia solar fotovoltaica connectades a la xarxa elèctrica:
 - Declaració CE de conformitat emesa pel fabricant de les plaques fotovoltaïques i dels onduladors, d'acord amb el Reial decret 154/1995 i el Reial decret 1580/2006.
 - Certificat del fabricant, en el cas que les proteccions siguin interiors als equips onduladors.
 - Certificat del fabricant que acrediti que la separació galvànica assoleix els nivells d'aïllament que determina la legislació aplicable a aquest tipus d'equips, d'acord amb la tecnologia emprada.
- Que s'han comprovat tots els equips d'acord amb la reglamentació pròpia, amb un resultat favorable, i que es troben en condicions d'entrar en funcionament.
- Que les coordenades UTM de la instal·lació són: . . .

Signatura del/de la directora/a tècnic/a

Visat del col·legi oficial

Lloc i data



GARANTIA ESTÁNDAR DE PRODUCTO

Nº de Fabricación del inversor:

Fabricante: SIEMENS S.A.

Modelo: Inversor fotovoltaico SINVERT Solar

GARANTÍA DE PRODUCTO SINVERT SOLAR

Se incluyen 24 meses de garantía de producto para los inversores trifásicos de conexión a red eléctrica SINVERT Solar y de acuerdo a lo indicado en nuestras "Condiciones Generales de Venta"



Firma

D. Álvaro Esteve Vives
Director Sistemas de Automatización

Ronda de Europa, 5
28760 Tres Cantos (Madrid)

Tfno: (91) 514 80 00
(91) 514 44 37
Fax (91) 514 70 19/20

1

Sede Central en Tres Cantos: Ronda de Europa, 5, 28760 Tres Cantos - Madrid, Apdo. Correos 155, 28080 Madrid- Fábricas en Cornellá de Llobregat (Barcelona) y Getafe (Madrid) - Centros de Venta en: Campanillas (Málaga), Cornellá (Barcelona), Bilbao, Gijón, Madrid, Murcia, Palma de Mallorca, Santiago de Compostela (La Coruña), Sevilla, Valencia, Valladolid, y Zaragoza.
Registro Mercantil de la provincia de Madrid, T. 62, F. 142, H. 2583, C.I.F.: A-28006377



SIEMENS

CONDICIONES GENERALES DE VENTA

I. GENERALIDADES.- En todas las ventas y suministros de maquinaria, materiales y accesorios concertados con SIEMENS, S.A., serán de obligatoria aplicación para ambas partes las presentes condiciones generales, salvo estipulación en contrario.

Los presupuestos, ofertas, indicaciones de precios, detalles comerciales o técnicos, plazos, etc., serán válidos exclusivamente en su fecha y no obligan a SIEMENS, S.A., hasta que sea aceptado o confirmado el correspondiente pedido.

Los datos o material documental correspondiente a la oferta, como láminas, dibujos y referencias al peso de los objetos, tienen sólo un valor normativo aproximado en tanto que no se les indique expresamente como obligatorios. En cuanto a presupuestos, dibujos y otro material de información, SIEMENS, S.A. se reserva los correspondientes derechos de propiedad intelectual e industrial; dicho material no puede hacerse accesible a tercera persona. Los dibujos y demás material perteneciente a la oferta deberán ser devueltos sin demora, si así se solicitara, en el caso de que la oferta no fuese aceptada. No podrá ser reproducido o copiado su material o maquinaria sin consentimiento de SIEMENS, S.A.

Los contratos y pedidos se establecerán por escrito y en firme. En caso de que hubiese que formalizar el contrato o el pedido, los gastos a que dé lugar, serán por cuenta del comprador.

II. CALIDAD DE LAS MERCANCIAS.- Los suministros se harán ajustándose a lo indicado en catálogo, para materiales de fabricación en serie y a lo acordado y registrado en los documentos que, de común acuerdo, ambas partes reconozcan como contractuales. Para todos los ensayos y pruebas de los mismos regirán las reglas normales de la Asociación de Electrotécnicos Alemanes.

A estos ensayos y pruebas podrá asistir, si así se hubiese convenido, el comprador o un representante debidamente autorizado. Los datos de rendimientos, factores de potencia, revoluciones, pesos, dimensiones, etcétera, se entienden aproximados.

III. GARANTIA.- SIEMENS, S.A., para todos los suministros que contrate, se compromete durante un año, a contar desde la entrega en fábrica, sin que le sean exigibles por ningún concepto otras o mayores indemnizaciones o responsabilidades:

1ª. A reparar por su cuenta, en el plazo más breve posible, todas las anomalías e irregularidades del material que impidan su uso normal y todas las piezas que resulten defectuosas e inservibles por la calidad del material empleado o por faltas de construcción, quedando excluidos aquellos materiales que se deterioren a consecuencia del desgaste natural, manejo negligente, casos fortuitos, excesos de sobrecarga, cimientos y fundaciones deficientes, empleo de lubricantes inadecuados, etc.

2ª. A reparar en el plazo más breve posible todos los defectos de funcionamiento observados en la puesta en marcha, en caso de que se haya contratado el servicio por SIEMENS, S.A., siempre que aquélla se lleve a cabo dentro del plazo de garantía.

Cuando los suministros procedan de otra casa y, en general, siempre que no lo fabrique SIEMENS, S.A., ésta otorgará al cliente las mismas garantías que a ella se le concedan.

Estas garantías se extinguen si el comprador efectuase el montaje por sí mismo o llevase a cabo modificaciones o reparaciones en el material sin autorización de SIEMENS, S.A.

Es obligación del comprador informar inmediatamente al vendedor sobre defectos observados.

Las reparaciones o sustituciones de material consecuencia de la aplicación de esta cláusula, se prestarán o realizarán en fábrica constructora o lugar de origen de la prestación, siendo por cuenta del comprador los gastos de envío, seguro, etc., así como los gastos de desplazamientos, dietas, etc. a que dé lugar la sustitución o reparación.

IV. PLAZO PARA LA ENTREGA DE LA MERCANCIA.- El plazo para la entrega se contará desde que SIEMENS, S.A. acuse recibo de aceptación del pedido y el comprador haga el primer pago a cuenta del precio, una vez hechas satisfactoriamente las aclaraciones pedidas por la fábrica, cuando esto proceda. Los plazos se considerarán prorrogados por causa justificadas o de fuerza mayor; y entre ellas, declaración de guerra, revolución, movilización, huelga, aunque sea parcial; cierre, interrupción del servicio en los almacenes, talleres o fábricas de los constructores o de sus abastecedores de primeras materias, producida por incendio, inundación, rotura de máquinas, huelga, epidemia, interrupción de las vías de comunicación, faltas en la fundición, malgramiento de piezas importantes, mal éxito de los ensayos previos, dificultades en la adquisición o transporte de materias primas y, en general, por motivo ajeno a la voluntad y previsión de la constructora.

V. ENTREGA DE LA MERCANCIA.- Se entenderá entregada la mercancía al terminar satisfactoriamente las pruebas en fábrica o, a falta de éstas, al expedirse desde el taller o almacén donde se encuentra. Son admisibles los suministros parciales.

VI. CLAUSULA PENAL.- En caso de retraso no justificado en la entrega o en las demás obligaciones sujetas a plazo, SIEMENS, S.A. abonará como única responsabilidad, una indemnización de 0.5 por 100 semanal del valor que la parte de la mercancía retrasada tenga en la fábrica constructora, siempre que el comprador justifique haber sufrido algún perjuicio y sin que por ningún concepto pueda exigir el comprador la anulación del pedido o la rescisión del contrato. Esta indemnización podrá llegar, como máximo, a un 5 por 100 del total y se descontará del último pago del precio.

VII. CONDUCCION.- Las mercancías viajan por cuenta y riesgo del comprador, siendo a su cargo los gastos de embalaje, transporte y aduanas, lo mismo cuando los gastos sean satisfechos por tanto alzado o con arreglo a justificante, que cuando se hallen comprendidos en el precio total del suministro, siendo de cuenta del comprador todo aumento eventual o posterior de los mismos.

Si el envío o las entregas se retrasaran a petición del cliente, en ambos casos el riesgo pasa al cliente a partir del día de hallarse el material listo para su envío.

El vendedor está obligado a efectuar, a petición y cargo del cliente, los seguros por éste solicitados.

Las reclamaciones a hacer por estos conceptos deberá formularlas el comprador, aunque hubiese actuado por su encargo SIEMENS, S.A., directamente frente a la compañía aseguradora o transportista, quedando SIEMENS, S.A. en libertad de elegir los medios y líneas de transporte y el puerto o estación de destino, salvo estipulación especial.

Si el envío o entrega se retrasara por deseo del cliente, podrá cargarse a su cuenta a partir de un mes después del anuncio de hallarse el pedido listo para su envío, gastos de almacenaje de un 1.5% del importe de la factura por cada mes comenzado; los gastos de almacenaje son ilimitados.

VIII. MONTAJE.— En caso de encargarse SIEMENS, S.A. del montaje de la maquinaria, se establecerá un convenio especial. Salvo declaración expresa en contrario, regirán sus Condiciones Generales de Montaje.

IX. PRECIOS.— Se entenderán siempre convenidos sobre la base de una relación justa entre su importe y el valor de la cosa vendida. Si por causas ajenas a SIEMENS, S.A., este valor aumentase con carácter general durante la ejecución del pedido, la entidad vendedora podrá: o recabar el aumento del precio en la proporción correspondiente o rescindir el contrato sin más obligación por su parte que devolver la cantidad percibida.

Los precios referidos a moneda extranjera o que han de invertirse en pagos al extranjero, serán pagaderos en relación al cambio oficial que tenga aquella moneda en la fecha del pago total.

X. PAGOS.— Todas las operaciones de venta que realiza SIEMENS, S.A. son al contado, sin descuento alguno y libres de gastos. Salvo otras condiciones expresamente pactadas, podrá recabar el pago de hasta un 50 por 100 del precio al aceptar el pedido, en concepto de anticipo a cuenta.

Los pagos se realizarán en la plaza del Centro de Venta de SIEMENS, S.A., en cuestión y todos los gastos que ocasione el pago serán de cuenta del deudor. La entrega de letras no sufrirá los efectos de pago mientras no esté satisfecho el importe. Toda demora en el pago dará lugar automáticamente al devengo de intereses calculados al 20 por 100 anual. No es lícita la retención de pagos a causa de cualquier pretensión del cliente, no reconocida por el vendedor.

XI. RESERVA DE DOMINIO RESCISIÓN.—La entidad vendedora SIEMENS, S.A., se reserva expresamente el dominio de la mercancía objeto de la citada compraventa, que continuará siendo de su propiedad hasta que el comprador haya verificado el completo pago del precio convenido.

En consecuencia, el comprador se abstendrá de realizar cualquier acto de cesión por cualquier título, disposición o gravamen respecto de la mercancía en tanto se encuentre pendiente de pago cualquier cantidad de precio.

Si la compradora promoviera expediente de suspensión de pagos se abstendrá de incluir en su activo la citada mercancía y en caso de ser declarada en quiebra cuidará igualmente de que no sea incluida en la masa activa, poniéndolo en conocimiento de la vendedora en caso contrario.

Asimismo, la compradora se obliga a proclamar la existencia de esta reserva de dominio ante quien proceda en cualesquiera supuestos, enunciándose con carácter limitativo, los casos en que concierte o tenga concertadas hipotecas o garantías de cualquier índole sobre el establecimiento en que se haya instalado el material, los de embargo por un tercero, u otras situaciones análogas, en todas las cuales la compradora se compromete a formular la protesta correspondiente ante el tercero que se trate y a notificar a la vendedora, sin tardanza, todo evento de esta naturaleza.

El adquirente vendrá obligado a conservar en su poder las mercancías con toda diligencia y cuidado y aseguradas por su cuenta contra todo posible riesgo. En caso de incumplimiento de las obligaciones por parte del adquirente, SIEMENS, S.A. podrá optar por reivindicar los suministros, retirándolos de donde se encuentren, sin necesidad de otra autorización, o por pedir que se confirme la venta, exigiendo al contado la parte del precio aún no pagada y reclamando en ambos casos los perjuicios ocasionados.

XII. COMPETENCIA.— Los contratantes se someten, con renuncia expresa de su fuero, a los Tribunales de Madrid para decidir en todas las contiendas que se susciten con motivo de los contratos que estipulen con SIEMENS, S.A.

SIEMENS, S.A.

SIEMENS, S.A. Sede Central en Madrid: Orense, 2, 28020 Madrid, Aptdo. 155 - Fábricas en Cornellá de Llobregat (Barcelona) y Getafe (Madrid) - Centros de Venta en Barcelona, Bilbao, Gijón, La Coruña, León, Madrid, Málaga, Murcia, Palma de Mallorca, Pamplona, Sevilla, Valencia, Valladolid, Vigo y Zaragoza.

Registro Mercantil de la Provincia de Madrid, tomo 62, folio 142, hoja 2583 - C.I.F. A-28-006377

Edición, Octubre 1994



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Industrial. Pla 2002

Títol: Projecte per la realització d'una instal·lació solar fotovoltaica en règim especial als edificis de l'Escola Politècnica Superior de la UdG

Document: G Catàlegs comercial i informació dels equips

Alumne: Albert Juan Casademont

Director/Tutor: Josep Maria Corretger Canós

Departament: Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Màquines i motors tèrmics

Convocatòria (mes/any): Juny 2008

ANNEX A LA MEMÒRIA

ÍNDEX

DOCUMENT 1. FITXA TÈCNICA PLACA FOTOVOLTAICA SITUACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ

DOCUMENT 2. FITXA TÈCNICA ESTRUCTURA DE FIXACIÓ

DOCUMENT 3. FITXA TÈCNICA CONNECTORS

DOCUMENT 4. FITXA TÈCNICA COMPTADOR CORRENT CONÍNUA

DOCUMENT 5. CATÀLEG COMERCIAL ONDULADORS

DOCUMENT 6. FITXA TÈCNICA ONDULADOR

SOLON photovoltaic modules

- ➔ Reduce CO₂ emissions by 15,000 kg/kW_p over a 20-year period
- ➔ Greater power from the same surface area
- ➔ SOLON Solar glass ensures high energy yields
- ➔ Individual performance data sheets for each module
- ➔ Made in Germany

Modules

SOLON is one of the main manufacturers of solar modules in Europe, offering its customers only high-grade quality modules. An excellent energy yield is guaranteed because we use high-quality crystalline solar cells and tempered solar glass that is extremely transparent.

SOLON solar glass

We use special solar glass from well-known German suppliers for manufacturing our photovoltaic modules. This glass has a special surface structure and increased light transmittance. This significantly increases the energy yields of the SOLON solar energy systems – over the entire module lifetime.

Frames

Our module frames are made from extruded anodised aluminium. They are extremely torsion resistant, have drainage bores, and are suitable for all existing installation systems. Please read our installation notes carefully before beginning installation work. On request SOLON can provide modules without frames.

Power output guarantee

The module's output will still be 90 percent in 10 years, and 80 percent in 25 years, based on the minimum output levels at delivery. Please find our power output guarantee on our website at www.solon-pv.com/english/service.

Certification

SOLON modules are tested by TÜV (German Technical Inspection Agency), certified according to IEC 61215, and comply with protection class II.

Contact

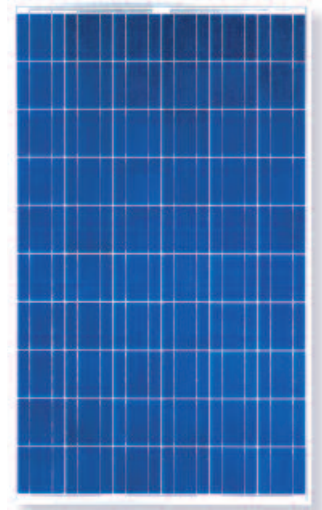
SOLON AG
Ederstrasse 16
D-12059 Berlin
Tel.: + 49-(0)30-8 18 79 100
Fax: + 49-(0)30-8 18 79 110
E-mail: export@solonag.com
Internet: www.solon-pv.de



SOLON P220/6+/07

Mechanical specifications

| | |
|-------------------------------------|--|
| Length: | 1,640 mm |
| Width: | 1,000 mm |
| Height: | 42 mm |
| Weight: | 26 kg |
| Junction box: | 1 SOLON EDII junction box with bypass diodes |
| Cable: | Solar cable, length 900 mm, 4 mm ² , prefabricated with MC-4 plug |
| Front glass: | White toughened safety glass, 4 mm |
| Cells: | 60 pc. polycrystalline Si 6.2" (156 mm x 156 mm) |
| Cell encapsulation: | EVA (Ethylene-Vinyl-Acetate) |
| Back: | Tedlar composite film |
| Frame: | Anodised aluminium profile |
| Dimensions of the frameless module: | 1,633 x 993 x 5 mm (L x W x H) |



Electrical specifications (typical)

| Module class/peak power P _{max} (± 3 %): | 235 W _p * | 230 W _p | 225 W _p | 220 W _p | 215 W _p | 210 W _p | 205 W _p | 200 W _p |
|---|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Rated voltage U _{mpp} : | 29,2 V | 29,0 V | 28,9 V | 28,8 V | 28,5 V | 28,3 V | 28,1 V | 27,8 V |
| Rated current I _{mp} : | 8,05 A | 7,95 A | 7,80 A | 7,65 A | 7,55 A | 7,45 A | 7,30 A | 7,20 A |
| Open circuit voltage U _{oc} : | 36,9 V | 36,7 V | 36,6 V | 36,4 V | 36,3 V | 36,1 V | 35,9 V | 35,6 V |
| Short circuit current I _{sc} : | 8,65 A | 8,55 A | 8,40 A | 8,30 A | 8,20 A | 8,10 A | 8,00 A | 7,90 A |
| Maximum system voltage: | 860 V | 860 V | 860 V | 860 V | 860 V | 860 V | 860 V | 860 V |
| Module efficiency: | 14,33 % | 14,02 % | 13,72 % | 13,41 % | 13,11 % | 12,80 % | 12,50 % | 12,20 % |

Temperature coefficient of open circuit voltage: -0.35 %/K

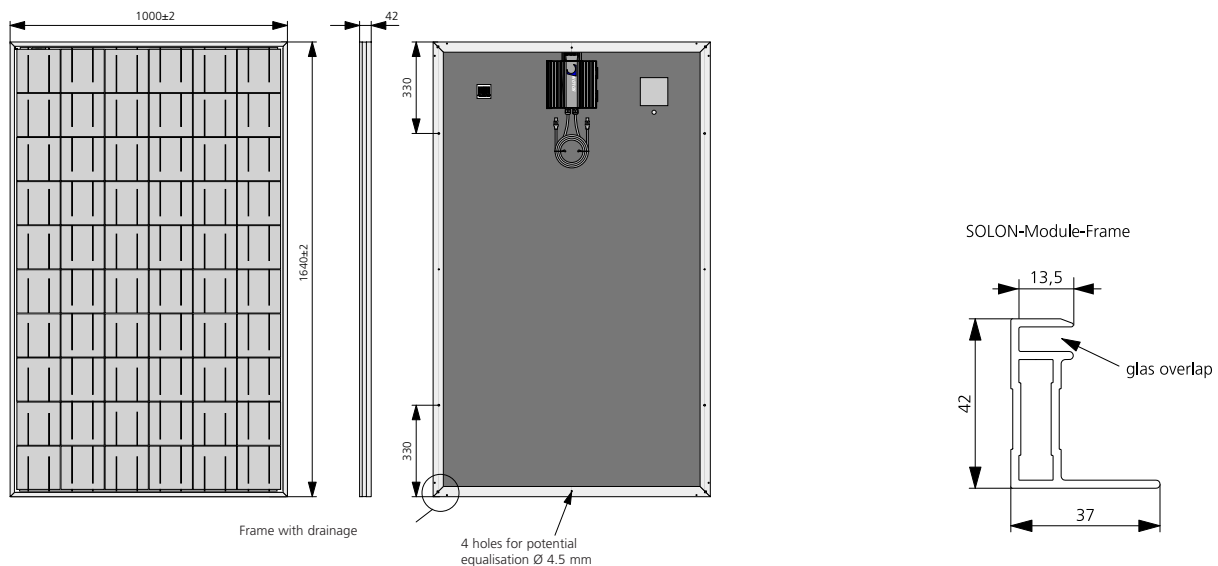
Temperature coefficient of short circuit current: 0.05 %/K

Temperature coefficient of power: -0.44 %/K

These values are effective for irradiation of 1,000 W/m², AM 1.5, and a cell temperature of 25 °C (standard test conditions). These modules can be delivered with their characteristic data series upon request.

Operating conditions

| | |
|--------------------------------|--|
| Temperature range: | -40 °C to +85 °C |
| Hail: | maximum diameter of 28 mm with impact speed of 86 km/h |
| Maximum surface load capacity: | tested up to 5,400 Pa according to IEC 61215 (advanced test) |

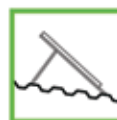
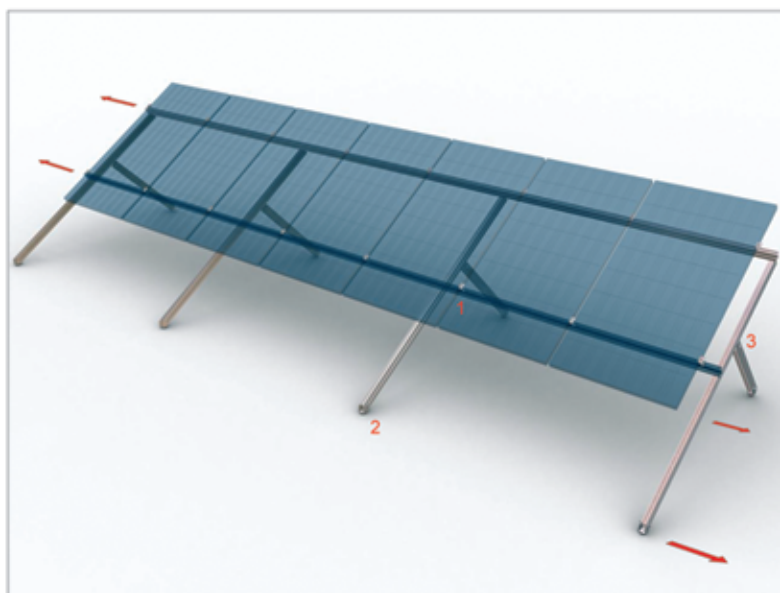


ESTRUCTURA DAMM - EDIFICIO CELOGRAF

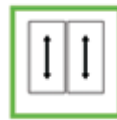
Estructura de soporte de placas fotovoltaicas **sobre cubierta**

1190DV es un sistema de estructura diseñado para el soporte placas fotovoltaicas en cubiertas planas o inclinadas con cualquier tipo de orientación.

El sistema se forma mediante un entramado de perfiles de aluminio extrusionado que sujeta las placas con la posibilidad de posicionarlas en con varios grados de inclinación. La estructura se puede fijar directamente a cubierta y la posición de las placas es en formato vertical.



Sobre Cubierta



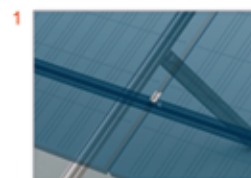
Vertical



Material



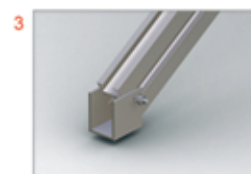
Garantía



1 Sujeción de las placas mediante grapas en posición vertical



2 Uniones mecánicas entre perfiles con posibilidad de regulación



3 Fijación directa a cubierta

Versatilidad

La cubierta del edificio puede tener cualquier tipo de orientación ya que la estructura permite la absorción de desniveles para reorientar las placas.

Fácil Instalación

El sistema 1190DV esta pensado para minimizar el tiempo de instalación y en consecuencia el coste de la misma. La estructura se puede montar sin necesidad de que el instalador tenga que utilizar maquinaria de corte ni taladros, para el montaje de la estructura.

Llaves estándar de mercado

Simplemente con una llave de mercado podemos instalar toda la estructura:
-Llave Allen nº6

Reducción del peso del conjunto

La realización de toda la estructura en aluminio permite la reducción de peso de toda la instalación lo que permite hacer proyectos en cubiertas con menos capacidad de carga.

Orientación Cubierta:

Este-Oeste

Fijación a cubierta sobre:

Cerchas

Distancia máxima de fijación:

2m

Peso estructura módulo:

35kg/módulo

Accesorios de fijación:

Premontados

Material de la estructura:

Aluminio 6063 T5

Ángulo Variable:

De 15° a 50°

Módulo de 7 Placas de 170w

PV-KST4...-UR



Kupplungsstecker als Einzelteile
(inklusive Isolierteile)

Male cable coupler as individual parts
(including insulating parts)

Raccords mâles en pièces détachées
(isolants inclus)

| Type Type Type | Bestell-Nr. Order No. No. de Cde | Ø-Bereich Kabelverschraubung Ø range of cable gland Ø sur isolant du câble | Leiterquerschnitt Conductor cross section Section du câble | | b (mm) | Crimpwerkzeug Crimping tool Outil de sertissage |
|----------------------|--|--|--|---------|--------|---|
| | | | mm ² | AWG | | |
| PV-KST4/2,5I-UR | 32.0011P0001-UR | 3 – 6 | 1,5 – 2,5 | 14 | 3 | PV-CZM ¹⁾ |
| PV-KST4/2,5II-UR | 32.0013P0001-UR | 5,5 – 9 | 1,5 – 2,5 | 14 | 3 | PV-CZM ¹⁾ |
| PV-KST4/6I-UR | 32.0015P0001-UR | 3 – 6 | 4 – 6 | 12 / 10 | 5 | PV-CZM ¹⁾ |
| PV-KST4/6II-UR | 32.0017P0001-UR | 5,5 – 9 | 4 – 6 | 12 / 10 | 5 | PV-CZM ¹⁾ |

Kupplungsstecker auf Trägerband
(auf Rollen à 2000 Stück inklusive Isolierteile)

Male cable coupler on carrier band
(on reels of 2000 pieces including insulating parts)

Raccords mâles montées sur bande
(à 2000 pièces, isolants inclus)

| | | | | | | |
|------------------|-----------------|---------|-----------|---------|---|---------------|
| PV-KST4/2,5I-UR | 32.0011P2000-UR | 3 – 6 | 1,5 – 2,5 | 14 | 3 | ²⁾ |
| PV-KST4/2,5II-UR | 32.0013P2000-UR | 5,5 – 9 | 1,5 – 2,5 | 14 | 3 | ²⁾ |
| PV-KST4/6I-UR | 32.0015P2000-UR | 3 – 6 | 4 – 6 | 12 / 10 | 5 | ²⁾ |
| PV-KST4/6II-UR | 32.0017P2000-UR | 5,5 – 9 | 4 – 6 | 12 / 10 | 5 | ²⁾ |

PV-KBT4...-UR



Kupplungsbuchsen als Einzelteile
(inklusive Isolierteile)

Female cable coupler as individual parts
(including insulating parts)

Raccords femelles en pièces détachées
(isolants inclus)

| Type Type Type | Bestell-Nr. Order No. No. de Cde | Ø-Bereich Kabelverschraubung Ø range of cable gland Ø sur isolant du câble | Leiterquerschnitt Conductor cross section Section du câble | | b (mm) | Crimpwerkzeug Crimping tool Outil de sertissage |
|----------------------|--|--|--|---------|--------|---|
| | | | mm ² | AWG | | |
| PV-KBT4/2,5I-UR | 32.0010P0001-UR | 3 – 6 | 1,5 – 2,5 | 14 | 3 | PV-CZM ¹⁾ |
| PV-KBT4/2,5II-UR | 32.0012P0001-UR | 5,5 – 9 | 1,5 – 2,5 | 14 | 3 | PV-CZM ¹⁾ |
| PV-KBT4/6I-UR | 32.0014P0001-UR | 3 – 6 | 4 – 6 | 12 / 10 | 5 | PV-CZM ¹⁾ |
| PV-KBT4/6II-UR | 32.0016P0001-UR | 5,5 – 9 | 4 – 6 | 12 / 10 | 5 | PV-CZM ¹⁾ |

Kupplungsbuchsen auf Trägerband
(auf Rollen à 2000 Stück inklusive Isolierteile)

Female cable coupler on carrier band
(on reels of 2000 pieces including insulating parts)

Raccords femelles montées sur bande
(à 2000 pièces, isolants inclus)

| | | | | | | |
|------------------|-----------------|---------|-----------|---------|---|---------------|
| PV-KBT4/2,5I-UR | 32.0010P2000-UR | 3 – 6 | 1,5 – 2,5 | 14 | 3 | ²⁾ |
| PV-KBT4/2,5II-UR | 32.0012P2000-UR | 5,5 – 9 | 1,5 – 2,5 | 14 | 3 | ²⁾ |
| PV-KBT4/6I-UR | 32.0014P2000-UR | 3 – 6 | 4 – 6 | 12 / 10 | 5 | ²⁾ |
| PV-KBT4/6II-UR | 32.0016P2000-UR | 5,5 – 9 | 4 – 6 | 12 / 10 | 5 | ²⁾ |

¹⁾ Siehe Seite 25

²⁾ Informationen zu halbautomatischem Crimpergerät oder Montagegerät, auf Anfrage

¹⁾ See page 25

²⁾ Information about a semi-automatic crimp device or assembly device, on request

¹⁾ Voir page 25

²⁾ Informations concernant les outils de sertissage ou de montage, sur demande



Verschlusskappen, Seite 24



Sealing caps, page 24



Bouchons de protection, p. 24



Montagewerkzeug, Seite 24



Assembly tools, page 24



Outils de montage, page 24



Sicherungshülse, Seite 27



Safety lock clip, page 27



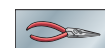
Clip de sécurité, page 27



Montageanleitung MA231
www.multi-contact.com



Assembly instructions MA231
www.multi-contact.com



Instructions de montage MA231
www.multi-contact.com

MEDIDA CC



| Corriente nominal | Display | Módulos | Magnitud | Salida de impulsos | Tipo | Código |
|-------------------|---------|---------|----------------|--------------------|----------|--------|
| 30 Ac.c. | Digital | 2 | kW-h, V, A, kW | 1 | Mk-30-DC | M30300 |
| .../60 mV | Digital | 2 | kW-h, V, A, kW | 1 | Mk-SH-DC | M30400 |

Ideal para aplicaciones fotovoltaicas

CARACTERÍSTICAS

| | MK-30-DC | MK-SH-DC |
|---------------------------------|--------------|-----------|
| Circuito de alimentación | 230 V c.a. | |
| Tolerancia | ± 10 % | |
| Frecuencia | 40 ... 70 Hz | |
| Consumo | 4 V·A | |
| Circuito de tensión | | |
| Tensión nominal | 800 V c.c. | |
| Tensión máxima | | |
| Circuito de corriente | | |
| Consumo | V·A | |
| Tipo de conexión | Directa | Indirecta |
| Corriente del primario | 30 Ac.c. | .../60 mV |
| Corriente máxima permanente | 36 Ac.c. | |
| Visualizador | digital | |
| Dígitos | 4 | |
| Unidades de energía | kW-h | |
| Resolución | 0,001 kW-h | |
| Máximo valor a contar | 999 999 kW-h | |
| Clase | 1 | |

| | MK-30-DC | MK-SH-DC |
|--------------------------------------|---|----------|
| Condiciones ambientales | | |
| Temperatura de uso | - 40 ... +70 °C | |
| Características constructivas | | |
| Dimensiones (módulos) | 30 x 85 x 63,8 (2) | |
| Peso | 170 g | |
| Tipo de caja | Carril DIN | |
| Grado protección terminales | IP 54 | |
| Grado protección relé empotrado | - | |
| Conexión- Tornillos | pozidriv | Plano |
| Salidas de impulsos | | |
| Tipo de salidas (transistor) | optoacoplado | |
| Corriente máxima | 50 mA | |
| Tensión máxima | 35 V c.c. | |
| Cadencia de impulsos | programable | |
| Duración del impulso | 240 ms | |
| Aislamiento | 500 Vc.c | |
| Normas | IEC 1010, IEC 348, IEC 664, EN 50081-1, EN 50082-1, IEC EN 62053-31 | |

ACCESORIOS



Shunts
(ver M.7)



Centralizador de impulsos
(ver pág. M3-6)



Software de gestión
(ver M.9)

DIMENSIONES / CONEXIONES

MK-M / MK-LCD

CEP 96

MKT / MKT2

MKT

MKT2

EM30-C

EMS30-C

EDMk

LM50-TCP

MK-30DC

SINVERT solar 60 Master

Description:

Power conditioning unit with three-phase output for grid parallel operation, 3x 230/400 V, 50 Hz; consisting of IGBT inverter, DC/AC distribution, isolating transformer and SIMATIC S7 controller; MPP tracking for optimum utilisation of PV field power; VAR control in three-phase network (optional); integrated control panel with display of operating states and actual values; manual/automatic switch-over by integrated key-switch; isolation monitoring with selective fault allocation and safety disconnection; interfaces RS232, RS485; visualization and service software PowerProtect solar; MPI communication interface (Profibus DP interface optional) for process visualization and integration in management systems, for example WinCC; remote visualization with PowerProtect solar via telephone modem (optional); Mini webserver with datalogger (optional); cabinets for floor mounting; forced ventilation by fan; air intake at lower front and through bottom; air discharge through the cabinet roof; cable entry at base from below. According to standards VDE 0160, EN 50178, IEC 62103.

Technical data:

| | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Grid interface | 3~ 230/400 V; 50 Hz | |
| Rated output power (AC) | 57 kW | (continuous operation at 35°C) |
| Maximum output power (AC) | 65 kW | |
| Rated output current (AC) | 83 A | |
| Maximum output current (AC) | 94 A | |
| MPP voltage range | 450 - 750 V | |
| Maximum system voltage (DC) | 900 V | (inverter does not start operation) |
| Rated input power (DC) | 60 kW | |
| Maximum input power (DC) | 68 kW | (at 455 V DC) |
| Rated input current (DC) | 132 A | |
| Maximum input current (DC) | 149 A | |
| Number of DC inputs | 2 | |
| Maximum current per DC input | 80 A | |
| Eta at Prated 100% | 96 % | |
| Eta at Prated 75% | 96 % | |
| Eta at Prated 50% | 95 % | |
| Eta at Prated 25% | 93 % | |
| Eta at Prated 10% | 85 % | |
| Power consumption at night | 30 W | |
| Max. current external infeed (AC) | 2 A | (optional) |
| Number of cabinets | 1 | |
| Dimension per cabinet (H x W x D) | 1725 x 950 x 850 mm | |
| Weight per cabinet | 620 kg | |
| Colour | ergogrey | |
| Temperature range | 0 - 40 °C | (up to 1000 m above sea level) |
| Air consumption per cabinet | 1500 m ³ /h | |
| Humidity rating | EN 60 068-2-56 | |
| Degree of protection | IP 20 | (IP 21 / IP 31 optional) |
| Noise level per cabinet | < 65 dB (A) | |
| EMC - immunity | IEC 801 | |
| EMC - emission | EN 50091-2 Table 2 and 4 | |
| Harmonics | EN 61000-3-2; DIN VDE 0838 Part 2 | |

Annotation:

The inverter works like an active harmonic filter, this means power quality of the grid voltage is improved. Maximum current THD <3% (at nominal power and grid voltage THD <2%).



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Industrial. Pla 2002

Títol: Projecte per la realització d'una instal·lació solar fotovoltaica en règim especial als edificis de l'Escola Politècnica Superior de la UdG

Document: H Estudi bàsic de seguretat i salut

Alumne: Albert Juan Casademont

Director/Tutor: Josep Maria Corretger Canós
Departament: Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial
Àrea: Màquines i motors tèrmics

Convocatòria (mes/any): Juny 2008

ANNEX A LA MEMÒRIA

ÍNDIX

| | | |
|--------|--|---|
| H | ESTUDI BÀSIC DE SEGURETAT I SALUT | 2 |
| H.1 | OBJECTE DE L'ESTUDI | 2 |
| H.2 | JUSTIFICACIÓ DE L'ESTUDI BÀSIC DE SEGURETAT I SALUT | 2 |
| H.3 | NORMATIVA | 2 |
| H.3.1 | NORMES GENÈRIQUES: | 3 |
| H.3.2 | CONDICIONS DEL LLOC DE TREBALL | 4 |
| H.4 | SEGURETAT EN MÀQUINES I EQUIPS DE TREBALL | 4 |
| H.4.1 | ELECTRICITAT | 5 |
| H.5 | CARACTERÍSTIQUES DE LA INSTAL·LACIÓ | 6 |
| H.5.1 | TÍTOL DEL PROJECTE | 6 |
| H.5.2 | AUTOR | 6 |
| H.5.3 | PROMOTOR | 6 |
| H.5.4 | DIRECCIÓ FACULTATIVA | 6 |
| H.5.5 | COORDINADOR DE SEGURETAT | 7 |
| H.5.6 | TERMINI D'EXECUCIÓ | 7 |
| H.5.7 | NOMBRE DE TREBALLADORS | 7 |
| H.5.8 | VOLUM D'UNA OBRA | 7 |
| H.5.9 | XIFRA DEL PRESSUPOST D'EXECUCIÓ | 7 |
| H.5.10 | UBICACIÓ I ENTORN DE L'OBRA | 7 |
| H.5.11 | INSTAL·LACIONS PROVISIONALS | 8 |
| H.5.12 | DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA D'ATENCIÓ MÈDICA | 8 |
| H.5.13 | INTERFERÈNCIA AMB ALTRES OBRES O SERVEIS | 8 |
| H.5.14 | DESCRIPCIÓ DELS PROCESSOS I PROGRAMACIÓ | 9 |
| H.5.15 | DEFINICIÓ DELS RISCOS I LES MESURES DE PREVENCIÓ I PROTECCIÓ | 9 |

H ESTUDI BÀSIC DE SEGURETAT I SALUT

Segons els índex d'aspectes que cal incloure en un projecte d'una instal·lació de producció d'energia elèctrica en règim especial, és necessari incloure un Estudi Bàsic de Seguretat i Salut.

H.1 OBJECTE DE L'ESTUDI

El present Estudi Bàsic de Seguretat i Salut ha estat redactat per complir el Reial Decret 1627/1997 on s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres i en les instal·lacions. Tot això se situa en el marc de la Llei 31/1995 de Prevenció de Riscos Laborals.

H.2 JUSTIFICACIÓ DE L'ESTUDI BÀSIC DE SEGURETAT I SALUT

Com es podrà comprovar en els punts del 4.6 al 4.9, les xifres que apareixen del pressupost, de durada estimada o termini d'execució, de nombre de treballadors simultanis i de volum de mà d'obra estimada són inferiors als valors que apareixen als punts a), b), c) del paràgraf 1 de l'article 4 del RD 1627/1997.

Al mateix temps, a l'obra no es requereix cap mena de treball subterrani ni presa, per tant, a aquesta obra li és d'aplicació el paràgraf 2 de l'esmentat article 4 en el sentit que cal elaborar un Estudi Bàsic de Seguretat i Salut.

H.3 NORMATIVA

A continuació es detalla el conjunt de normes genèriques que són d'aplicació en un Estudi Bàsic de Seguretat i Salut.

H.3.1 NORMES GENÈRIQUES:

Llei de prevenció de Riscos Laborals 31/1995, del 8 de Novembre, de prevenció de riscos laborals (BOE 10-11-1995).

- Instrucció de 26 de Febrer de 1996, per a l'aplicació de la Llei 31/1995, del 8 de Novembre, de prevenció de riscos laborals.
- Llei 21/1992, del 16 de Juliol d'Indústria (BOE 22-7-1997).
- Reial Decret 2200/1995 de 28 de Setembre, que aprova el reglament de la infraestructura per a la qualitat i la seguretat industrials (BOE 6-2-1996).
- Reial Decret 1/1995 Estatut dels Treballadors del 24 de Maig, pel qual s'aprova el Text Refós de la Llei de l'Estatut de Treballadors (BOE 29-3-1995).
- Reial Decret 39/1997, de 17 de Gener, pel qual s'aprova el Reglament dels SErveios de Prevenció (BOE 31-1-1997).
- Ordre de 9 de Març de 1971, per la que s'aprova l'Ordenança General de Seguretat i Higiene en el Treball (BOE 16-3-1971), derogada pràcticament en la seva totalitat, excepte el capítol VI "Treballs amb electricitat".
- Llei 13/1987 del 9 de Juliol de Seguretat en les instal·lacions Industrials (DOGC 27-7-1987).
- Decret 2414/1961 Reglament d'activitats molestes, insalubres, nocives i perilloses (BOE 7-12-1961).

H.3.2 CONDICIONS DEL LLOC DE TREBALL

- Decret 3565/1972, del 23 de Desembre, sobre normes tecnològiques de l'edificació (BOE 15-1-1973).
- Reial Decret 1316/1989 del 27 d'octubre, sobre mesures de protecció dels treballadors en front als riscos derivats a la seva exposició al soroll (BOE 27-1-1990).
- Reial Decret 485/1997, del 14 d'abril, pel qual s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut als llocs de treball (BOE 23-4-1997).
- Reial Decret 664/1997, del 12 de Maig sobre la protecció dels treballadors contra els riscos relacionats amb l'exposició a agents biològics durant el treball (BOE 24-5-1997).
- Reial Decret 665/1997, del 12 de Maig, sobre la protecció dels treballadors contra els riscos relacionats amb l'exposició a agents cancerígens durant el treball (BOE 24-5-1997).
- Reial Decret 487/1997, del 14 d'abril, pel que s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la manipulació manual de càrregues que comportin riscos, en particular dors lumbar per als treballadors (BOE 23-4-1997).

H.4 SEGURETAT EN MÀQUINES I EQUIPS DE TREBALL.

Reial Decret 1435/1992, del 27 de Novembre, pel què es dicten les disposicions d'aplicació de la directiva del Consell 89/392/CEE relativa a l'aproximació de les legislacions dels Estats membres sobre màquines, modificat per el Reial Decret 56/1995 (BOE 8-2-1995) (BOE (11-12-1992)).

- Reial Decret 1407/1992, del 20 de Novembre, pel qual es regulen les condicions per la comercialització i lliure circulació intracomunitària dels equips de protecció individual (BOE 28-12-1992).
- Real Decret 773/1997 del 30 de Maig sobre disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització d'equips de treball (BOE 12-6-1997).
- Reial Decret 1215/1997 del 18 de Juliol sobre disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització per part dels treballadors d'equips de treball (BOE 7-8-1997).

H.4.1 ELECTRICITAT

LEGISLACIÓ ESTATAL

- Reial Decret 842/2002 del 2 d'Agost que aprova el Reglament electrotècnic per a baixa tensió (BOE 18-9-02).
- Ordre del 25 d'Octubre de 1979 que implanta el Document de Qualificació Empresarial per a instal·ladors (BOE 5-11-1979).
- Reial Decret 7/1988 del 8 de Gener de 1988 sobre exigències de seguretat del material elèctric destinat a ser utilitzat en determinats límits de tensió (BOE 14-1-1988) modificat per el Reial Decret 154/1995 (BOE 03-03-1995) i desenvolupat per ordre 06-06-1989 (BOE 21-06-1989).
- Reial Decret 400/1996 de l'1 de març que dicta disposicions d'aplicació de la directiva del Parlament Europeu i del consell 94/9/CE, relativa a a parells i sistemes de protecció per a l'ús en atmosferes potencialment explosives (BOE 08-04-1996).

H.4.1.1 LEGISLACIÓ CATALANA

- Decret 351/1987 del 263 de novembre pel qual es determinen els procediments administratius aplicables a les instal·lacions elèctriques (DOGC 20-12-1987).

- Resolució del 4 de novembre de 1988 que estableix un certificat sobre el compliment de les distàncies reglamentàries d'obres i construccions a línies elèctriques (DOGC 30-11-1986).

H.5 CARACTERÍSTIQUES DE LA INSTAL·LACIÓ

Es tracta d'una instal·lació fotovoltaica sobre coberta ja construïda de formigó de 66 kWp. Es tractarà de col·locar 300 panells fotovoltaics sobre una estructura d'alumini amb peus d'acer la qual anirà fixada directament a través d'un conjunt de cargols amb un tac químic per no malmetre la qualitat de la coberta.

H.5.1 TÍTOL DEL PROJECTE

Projecte per la realització d'una instal·lació d'energia solar fotovoltaica en règim especial als edificis de l'Escola Politècnica Superior de la UdG.

H.5.2 AUTOR

Albert Juan Casademont.

H.5.3 PROMOTOR

Universitat de Girona.

H.5.4 DIRECCIÓ FACULTATIVA

Sr. Josep Maria Corretger Canós.

H.5.5 COORDINADOR DE SEGURETAT

No és necessari en la fase d'el·laboració del projecte.

La Direcció Facultativa assumeix les funcions del Coordinador de Seguretat en la fase d'execució de l'obra.

H.5.6 TERMINI D'EXECUCIÓ.

La durada de l'obra és de 45 dies laborables.

H.5.7 NOMBRE DE TREBALLADORS

En la instal·lació hi haurà un nombre màxim de 8 treballadors treballant simultàniament.

H.5.8 VOLUM D'UNA OBRA

La suma d'hores estimada per la realització de l'obra és de 2.000 hores.

H.5.9 XIFRA DEL PRESSUPOST D'EXECUCIÓ

El total del pressupost és de 444.193,21 €

H.5.10 UBICACIÓ I ENTORN DE L'OBRA

La instal·lació fotovoltaica anirà situada a la coberta dels edificis Politècnic-1 i Politècnic-3 del Campus Montelivi de la Universitat de Girona.

La disponibilitat d'electricitat estarà coberta per la pròpia instal·lació elèctrica de l'edifici. No es preveu necessitat d'altres serveis.

H.5.11 INSTAL·LACIONS PROVISIONALS

No són necessàries.

Tampoc seran necessaris serveis comuns com menjadors o vestidors. Es podran utilitzar els lavabos i la cantina de l'edifici.

El servei sanitari quedarà cobert per una mútua d'assistència mèdica.

H.5.12 DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA D'ATENCIÓ MÈDICA

En cas d'ésser necessari es dispensarà d'atenció mèdica en el centre més pròxim de la mútua Asepeyo:

C/ Francesc Ciurana, 15.

17002 Girona

Telèfon:972 – 226356

H.5.13 INTERFERÈNCIA AMB ALTRES OBRES O SERVEIS

Durant l'execució de l'obra en la coberta d'ambdós edificis no hi ha d'haver cap interferència amb d'altres serveis. Tampoc en el moment d'efectuar la connexió a la xarxa de Baixa Tensió pública, que efectuarà el personal autoritzat, contractat per la propietat, no hi haurà cap incidència amb altres serveis, doncs es parteix d'un punt de subministrament en baixa tensió ja existent.

En els treballs d'elevació de càrregues amb grua no interromprà el pas de vehicles ja que es farà dins d'un parking d'ús reservat amb poca afluència de visitants.

H.5.14 DESCRIPCIÓ DELS PROCESSOS I PROGRAMACIÓ

1a fase: Treballs previs (descàrrega de materials i eines, preparació de proteccions col·lectives, hissat de materials). Muntatge de les estructures.

2a fase: Muntatge i conexió dels panells fotovoltaics. Cablejat.

3a fase: Adequació del prefabricat (solera i col·locació).

4a fase: Muntatge i conexió de quadres i inversors. Posada en marxa.

H.5.15 DEFINICIÓ DELS RISCOS I LES MESURES DE PREVENCIÓ I PROTECCIÓ

H.5.15.1 Identificació de riscos:

1. Caiguda d'objectes o càrregues.
2. Caigudes de persones a diferent nivell.
3. Caigudes de persones al mateix nivell.
4. Projecció de partícules als ulls.
5. Danys a les extremitats.
6. Sobreesforços.
7. Cops contra objectes.
8. Atrapament per objectes o màquines.

9. Electrocuciions.

10. Atropellament per vehicles.

11. Ambient polsegós.

12. Bolcament de la grua.

H.5.15.2 Riscos específics

No n'hi ha.

H.5.15.3 Prevenció (P):

1. Impedir el pas sota llocs on hi hagi risc de caiguda d'objectes
2. Impedir el pas en les àrees d'abast de les plomes de la grua.
3. Comprovar l'estrep de les càrregues.
4. Comprovar l'estat de ganxos, cables, grillons o qualsevol altre mitjà auxiliar d'elevació.
5. Escales ben afermades.
6. Ordre i neteja de la zona de treball.
7. Efectuar les operacions amb un ordre preestablert amb l'objectiu d'evitar cops i ensopegades.

8. Utilitzar sistemes antiatrapament.
9. Utilitzar sistemes de bloqueig de les connexions amb la senyalització corresponent per evitar posades en càrrega inadvertida.
10. utilitzar senyals acústics als equips de moviment de material per evitar atrapaments.
11. Estacionament i apuntalament acurats per a la grua.

H.5.15.4 Protecció col·lectiva. (PC)

1. Senyalització de les zones de treball.
2. Instal·lació d'un cable d'acer al voltant de la coberta.

H.5.15.5 Protecció individual (PI)

1. Casc.
2. Arnés de seguretat subjecte a estructures estables, o al cable d'acer, que permeti una caiguda màxima de 1.5 m.
3. Calçat antilliscant. Calçat amb puntera metàl·lica. Calçat amb sola aïllant de l'electricitat.
4. Ulleres de protecció mecànica.
5. Guants de protecció mecànica. Guants aïllants elèctrics.
6. Faixa lumbar.

H.5.15.6 Operacions

1. Càrrega, assegurament i transport d'elements.
2. Descàrrega i distribució a l'obra.
3. Muntatge d'estructures.
4. Muntatge de barres de suport i panells fotovoltaics.
5. Connexió.
6. Unions.
7. Acabaments.
8. Estesa de cables sota canalitzacions.
9. Fixació d'aparells a les parets o estructures.
10. Posada en marxa i programació.

H.5.15.7 Equip tècnic

1. Mitjans auxiliars de càrrega, descàrrega i distribució (grues, carretons elevadors).
2. Dispositius de subjecció.
3. Vehicls de transport.

4. Escales.
5. Eines manuals:Trepant. Amoladora.
6. Eines aïllants.
7. Comprovadors de tensió i de xarxa elèctrica.

H.5.15.8 Treballs posteriors.

No es contemplen.

Albert Juan Casademont

Autor del projecte

Girona, 30 de Maig de l'any 2008