



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 1 / Memòria

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

MEMÒRIA**ÍNDEX**

1	INTRODUCCIÓ	4
1.1	ANTECEDENTS	4
1.2	OBJECTE DEL PROJECTE	5
1.3	ESPECIFICACIONS I ABAST	6
2	MEMÒRIA TÈCNICA	8
2.1	TITULAR I OBJECTE DE LA INSTAL·LACIÓ	9
2.2	TÈCNIC REDACTOR DEL PROJECTE	10
2.3	EMPLAÇAMENT DE LA INSTAL·LACIÓ I ACCESSOS	10
2.4	CLASSIFICACIÓ DE L'ACTIVITAT	11
2.5	DESCRIPCIÓ GENERAL DEL PROJECTE	11
2.6	TENSIONS DE TREBALL	24
2.6.1	CORRENT CONTÍNUA	24
2.6.2	CORRENT ALTERNA	26
2.7	ONDULADORS	26
2.7.1	CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES	26
2.7.2	SUPERVISIÓ DE DEFECTES A TERRA	31
2.8	QUADRES DE C.C. I DE C.A.	32
2.8.1	QUADRE DE CORRENT CONTÍNUA	32
2.8.2	QUADRE DE CORRENT ALTERNA	34
2.9	PROTECCIONS DE CORRENT CONTÍNUA I ALTERNA	36
2.9.1	PROTECCIÓ CONTRA LES SOBRETENSIONS	36
2.9.2	PROTECCIÓ CONTRA LES SOBREINTENSITATS	37
2.10	POSADES A TERRA DE LA INSTAL·LACIÓ	39
2.10.1	INVERSORS	40
2.10.2	TRANSFORMADORS	40
2.10.3	ESTRUCTURA DELS PANNELLS	40
2.10.4	PROTECTORS DE SOBRETENSIONS DE C.C.	41
2.11	DIMENSIONAT DE LA INSTAL·LACIÓ DE DISTRIBUCIÓ	41
2.11.1	CONNEXIÓ EN SÈRIE DELS MÒDULS FOTOVOLTAICS EN CC	42
2.11.2	CONNEXIÓ A L'INTERIOR DEL QUADRE DE CONNEXIONS EN CC	43
2.11.3	CONNEXIÓ ENTRE EL QUADRE DE CORRENT CONTÍNUA I L'ONDULADOR	43
2.11.4	CONNEXIÓ ENTRE ONDULADOR EL QUADRE DE CORRENT ALTERNA	43

2.12	DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA DE MEDICIÓ PER AL SEGUIMENT DE PRODUCCIÓ	44
2.12.1	DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA DE CONTROL	44
2.13	SISTEMA DE CONTROL	44
2.13.1	INTEGRACIÓ DELS ELEMENTS DISPONIBLES	44
2.13.2	OBJECTIUS DEL SISTEMA DE CONTROL	47
2.13.3	PROPOSTA DE SISTEMA DE CONTROL.....	48
2.13.4	PROGRAMARI UTILITZAT	51
2.13.5	COL·LOCACIÓ DELS MATERIALS.....	53
2.13.6	JUSTIFICACIÓ DEL COMPLIMENT DEL REGLAMENT DE PUNTS DE MESURA RD 1110/2007	54
2.14	COMPLIMENT DE PRESCRIPCIONS DE LOCALS MULLATS	55
2.15	ESTUDI ENERGÈTIC I DE RENDIMENTS.....	56
2.15.1	DADES DE LA RADIACIÓ SOLAR.....	56
2.15.2	MÒDULS UTILITZATS	56
2.15.3	CAMP FOTOVOLTAIC	60
2.15.4	PREVISIÓ ANUAL DE PRODUCCIÓ ELÈCTRICA.....	61
3	CÀLCULS JUSTIFICATIUS	69
3.1	COMPLIMENT DE LA LEGISLACIÓ ECTROTOTÈCNICA APLICABLE	69
3.2	CÀLCUL DE LÍNIES DE C.C. I C.A.....	71
3.2.1	PÈRDUES EN CORRENT CONTÍNUA	71
3.2.2	PÈRDUES EN CORRENT ALTERNA	74
3.3	VENT. DIMENSIONAMENT DE SUPORTS I ESTRUCTURES	75
3.3.1	CÀLCUL DE LA PRESSIÓ DINÀMICA.....	77
3.3.2	CÀLCUL DE LA SOBRECÀRREGA D'ÚS I DE LES PRESSIONS	78
3.4	TEMPERATURA. INCIDÈNCIA DE LA TEMPERATURA EN ELS DIFERENTS ELEMENTS	80
3.4.1	CONDUCTORS.....	80
3.4.2	QUADRES I CAIXES.....	80
3.4.3	ONDULADORS	81
3.5	XARXES DE POSADA A TERRA	81
3.6	CÀLCUL DE LA INTENSITAT DE CURT-CIRCUIT	84
4	ANALISI I DESENVOLUPAMENT FINANCER DE LA INSTAL·LACIÓ	86
4.1	EVOLUCIÓ DEL MARC LEGISLATIU DE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	86
4.2	PLANING D'EXECUCIÓ	89
4.3	ESTUDI DE VIABILITAT	92
4.3.1	DEFINICIÓ DELS DIFERENTS PARÀMETRES	92
4.3.2	INTERACCIÓ DELS DIFERENTS PARÀMETRES	93
4.3.3	COST TOTAL DE LA INVERSIÓ.....	93
4.3.4	SIMULACIÓ DE LA INVERSIÓ	94
4.3.5	RESULTATS SEGONS ITC 3860/2007.....	95
4.3.6	RESULTATS SEGONS PROPOSTA DE REAL DECRET DEL 27/09/07.....	97
4.3.7	BENEFICI MEDIAMBIENTAL DE LA INSTAL·LACIÓ	99
5	RESUM DEL PRESSUPOST	102

6	CONCLUSIONS	103
7	RELACIÓ DE DOCUMENTS	105
8	BIBLIOGRAFIA	106

1 INTRODUCCIÓ

1.1 ANTECEDENTS

La generació d'energia elèctrica és necessària, i en gran quantitat, ja que les previsions apunten a que en els pròxims 25 anys el consum mundial d'electricitat es dupliqui i, per complicar el panorama a mitjà o llarg termini, algunes de les fonts d'energia primària d'on s'aconsegueix actualment s'esgotaran en unes dècades.

En aquest context apareix a mitjans del segle XX una tecnologia energètica per produir electricitat d'una font inesgotable com és el sol: l'energia solar fotovoltaica que ofereix la conversió directa d'energia solar en electricitat.

Com a forma de generar electricitat, l'energia solar fotovoltaica té vocació de tecnologia trencadora i revolucionària com en el seu temps també ho varen ser el cotxes pels carruatges o com el P.C. i el processador de text per a la màquina d'escriure. Tecnologies que quan arriben a la seva maduresa tecnològica i econòmica fan desaparèixer les tecnologies anteriors.

Tots els que tenen una instal·lació fotovoltaica pròpia funcionant o formen part del sector, aprecien de forma tangible tots els beneficis d'aquesta generació elèctrica senzilla i neta, una tecnologia que aposta per el futur: produint energia útil, essent respectuosa amb el medi ambient i inesgotable (el temps de vida esperat del sol és de 5.000 milions d'anys encara).

Una de les aplicacions de l'energia solar fotovoltaica és generar aquesta energia i adaptar-la de tal forma que es pugui injectar a la xarxa pública de consum elèctric.

A la Universitat de Girona, en concret al campus de l'Escola Politècnica Superior, ja existeix una instal·lació d'energia solar fotovoltaica. Es tracta d'una instal·lació de 15 kWn posada en funcionament l'any 2003 gràcies a l'aportació econòmica d'un projecte europeu de difusió de l'energia solar fotovoltaica: El projecte Universol.

Aquesta energia generada és retribuïda de forma obligatòria per llei per les companyies elèctriques distribuïdores al titular de la instal·lació per cada kilowatt-hora produït, la qual cosa ha causat un augment exponencial de les instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa de pública de distribució elèctrica en els últims anys.

Així doncs, les instal·lacions fotovoltaïques de connexió a xarxa han passat a ser un producte financer, on un inversor diposita una inversió inicial, la qual serà retornada amb un temps (amortització) i generarà una sèrie de beneficis (rentabilitat).

1.2 OBJECTE DEL PROJECTE

El present projecte té per principal objectiu dur a terme el disseny d'una instal·lació solar fotovoltaïca de producció d'energia elèctrica en règim especial sobre teulada instal·lada en un edifici de caràcter oficial de l'Escola Politècnica Superior amb l'objectiu de generar energia elèctrica per la seva venda.

Tot i així, i a diferència de la majoria d'instal·lacions, el finançament d'aquesta possible instal·lació com el posterior repartiment de beneficis seria de caràcter "popular", és a dir, que la participació no es centrarà en un únic inversor financer sinó en un conjunt dispers de participacions econòmiques enfocades als col·laboradors de la pròpia universitat (professorat, pas, etc.).

En resum, el present projecte es centrarà en:

- Definir els corresponents elements d'una instal·lació fotovoltaïca per centrar les bases de selecció dels diferents components per la instal·lació.
- Anàlisi del context econòmic present i futur del règim especial i en concret de l'energia solar fotovoltaïca a l'estat espanyol.
- Disseny tècnic global de la solució més favorable.

- Solució proposada per la participació popular a nivell financer de la instal·lació.
- Dotar el projecte de tots els mecanismes necessaris per tal de poder ser executat amb posteritat segons les ordenances que li són d'aplicació.

1.3 ESPECIFICACIONS I ABAST

L'abast del projecte inclou quatre aspectes diferenciats:

En primer lloc es presentarà una introducció a l'energia solar fotovoltaica: el seu principi de funcionament, les seves diferents tipologies d'instal·lació, elements necessaris, etc. En aquest punt s'aprofundirà més en detall amb les instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa, fixant l'atenció en els principals components que les integren i les estratègies actuals.

En segon lloc serà necessari analitzar el context de la tecnologia solar fotovoltaica a nivell legal, tan mundial com a nivell espanyol. D'aquesta manera s'aportarà tot un seguit d'indicadors per tal de tenir coneixement del present i futur de l'energia solar fotovoltaica.

En tercer lloc, es durà a terme el disseny tècnic òptim d'una coberta solar fotovoltaica en un edifici de caràcter oficial, concretament s'estudiaran els edificis P-1, P-2, P-3 i P-4 de l'Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona, amb l'objectiu poder col·locar el major nombre de plaques fotovoltaïques en base a una sèrie de criteris de disseny, estètics i funcionals.

El disseny tècnic donarà les pautes a seguir respecte a la realització de la instal·lació en base als reglaments i instruccions que afecten a la instal·lació a nivell tècnic i legal. En aquest punt, també es dissenyarà un possible sistema de manteniment i visualització remota de la instal·lació.

Una vegada s'hagi realitzat un disseny tècnic de les cobertes objectius se sabrà la potència pic màxima que es pot instal·lar. Llavors, es podran realitzar les simulacions i estudis pertinents de producció en base a les dades de irradiació de què es disposen. Els resultats

de les simulacions donaran una idea del rendiment d'aquesta i es podrà calcular la producció econòmica i el benefici mediambiental resultants, entre d'altres.

I per últim, s'enfocarà el projecte des d'un punt de vista social participatiu intentant que el finançament de la instal·lació i el posterior repartiment de beneficis es realitzi per mitjà de participacions adquirint així un caràcter popular. D'aquesta manera, la instal·lació passaria a formar part del conjunt de col·laboradors de la Universitat, adoptant una major consciència de benefici mediambiental.

El projecte inclourà els requisits mínims segons els òrgans reguladors actuals oficials perquè aquest compleixi tots els punts que li són d'aplicació. També s'acompanyarà de la màxima informació possible en base als materials utilitzats, com també els documents legals necessaris per tal de realitzar la instal·lació.

2 MEMÒRIA TÈCNICA

En els següents apartats es detallen els aspectes que s'han tingut en consideració pel dimensionat òptim de la instal·lació fotovoltaica. En qualsevol cas, la instal·lació no ha estat dimensionada en funció de les necessitats energètiques de l'edifici, sinó en funció de la superfície disponible i sempre sota criteris tècnics, arquitectònics, estètics i de sostenibilitat.

En la redacció de la present memòria tècnica s'han seguit els punts recomanats segons la Oficina de Gestió Empresarial, de la Direcció General d'Energia i Mines, actual òrgan regulador de Catalunya per les instal·lacions de producció d'energia elèctrica en règim especial.

Per altra banda, els diferents capítols que formen part d'aquesta memòria es troben molt més extensos i detallats en els respectius annexos:

Annex A. Desenvolupament de l'energia solar fotovoltaica: Serveix per conèixer els elements que formen part d'una instal·lació fotovoltaica i la situació a nivell global i local d'aquesta tecnologia, en referència a tot el conjunt de normativa que li és d'aplicació, i evolució històrica d'aquesta.

Annex B. Disseny tècnic de la instal·lació: S'hi trobaran detallats la majoria de punts que es contemplen en aquesta memòria, en base als càlculs i fórmules utilitzades i la justificació dels resultats (selecció de cobertes, estudis d'ombres, càlcul del nombre de plaques, selecció d'equips, sistema de control, xarxes de terres i elements de protecció, etc.).

Annex C. Simulació de la producció: S'hi detalla tot el procés de creació del model de simulació de la producció d'energia elèctrica segons el disseny tècnic realitzat en l'anterior Annex B. En aquest cas s'utilitza un programa de simulació on es comentaran tots els aspectes tècnics necessaris perquè aquest funcioni de forma correcta.

Annex D. Disseny estructural: En base al disseny i càlcul del nombre de plaques fotovoltaïques que cabran a cada coberta realitzat a l'Annex B, serà necessari justificar el dimensionament dels diferents suports i estructures, per tal de veure si el pes i les accions d'un conjunt d'estructures fotovoltaïques pot afectar als edificis actuals.

Annex E. Estudi econòmic i de viabilitat: Determinat el disseny tècnic i en conseqüència el pressupost de la instal·lació; i coneixent també els valors de simulació de producció d'energia elèctrica, es calcularà la viabilitat econòmica de la instal·lació (marge financer, retorn de la inversió, etc.)

Annex F. Conjunt de documentació legal a presentar: S'analitzaran tot un conjunt de documentació burocràtica necessària per tal que aquesta sèrie de projectes pugin executar-se.

Annex G. Catàlegs comercials dels equips: Hi haurà la informació dels diferents materials i equips seleccionats per tal de desenvolupar el projecte amb les especificacions demanades.

2.1 TITULAR I OBJECTE DE LA INSTAL·LACIÓ

Les dades en referència al titular de la instal·lació seran les següents:

Nom fiscal	Universitat de Girona
Nif	Q-6750002E
Domicili	Avinguda Lluís Santaló s/n
Terme municipal	Girona
Codi Postal	17003
Representant	Sr. Josep Velayos
Càrrec	Director

Taula 1. Dades del titular de la instal·lació

2.2 TÈCNIC REDACTOR DEL PROJECTE

A la següent taula es recullen les dades necessàries per identificar el tècnic redactor del projecte:

Nom	Albert Juan Casademont
DNI-F	40362224-F
Domicili	Riu Terri 7 3r A
Terme municipal	Girona
Codi Postal	17003

Taula 2. Dades del titular de la instal·lació

2.3 EMPLAÇAMENT DE LA INSTAL·LACIÓ I ACCESSOS

A la següent taula es detallen les dades de l'emplaçament de la instal·lació:

Carrer	Avda Lluís Santaló s/n
Ciutat	Girona
Codi postal	17003
Coordenades UTM	X= 486.020, Y=4.646.28, fus 31, hemisferi Nord
Coordenades geogràfiques	Longitud= 2°, 49', 62'', latitud= 41°, 57', 02''

Taula 3. Dades de l'emplaçament

L'accés a l'edifici es realitza des de la cantonada entre l'avinguda Lluís Santaló i el carrer Universitat de Girona.

2.4 CLASSIFICACIÓ DE L'ACTIVITAT

La classificació de l'activitat és necessària per tal de legislar-la. Per classificar-la, s'han d'atendre a les diferents lleis i codis que regeixen avui en dia.

Segons els codis CCAE-93, l'activitat es classificarà en la secció E: Producció i distribució d'energia elèctrica, gas i aigua, subclasse 40.104: Producció i distribució d'energia elèctrica. Producció d'altres energies.

Segons el RD 661/2007: la tecnologia de producció utilitzada es classifica com a categoria: b, grup: b.1, subgrup: b.1.1, que pertany a les instal·lacions que únicament utilitzin com a energia primària la solar fotovoltaica.

2.5 DESCRIPCIÓ GENERAL DEL PROJECTE

La instal·lació consistirà en una planta fotovoltaica de 57 kW nominals de potència instal·lada, formada per una sola instal·lació fotovoltaica col·locada en dues cobertes connectada a 1 ondulador de 57 kW de potència, el qual evacuarà l'energia produïda a un únic punt de la xarxa pública de distribució de l'empresa subministradora i de serveis Fecsa Endesa a la tensió de 400V trifàsics, 3 fases més neutre.

El funcionament del sistema fotovoltaic es divideix en dos sistemes:

- Subsistema de generació de corrent contínua utilitzant mòduls fotovoltaics.

- Subsistema de conversió de tensió contínua a tensió alterna i injecció a la xarxa de l'energia generada.

La realització del primer subsistema es realitzarà utilitzant mòduls fotovoltaics policristal·lins de 220 W de potència pic amb una variació del $\pm 3\%$.

En tot moment s'ha optat per aquest tipus de panells en comptes d'altres tipologies (cèl·lules de concentració, alt rendiment o silici amorf) per les garanties de funcionament i solvència demostrada en altres instal·lacions ja funcionant.

A l'hora de determinar la potència nominal de la instal·lació, i per tant, el nombre de mòduls a col·locar i el posterior disseny de la instal·lació, s'han seguit els següents criteris:

- En tot moment, la instal·lació estarà sota un mateix punt de connexió. Un sol comptador contarà la totalitat de l'energia produïda. Aquesta restricció és necessària per crear una sola societat a l'hora de facturar l'energia produïda.
- La nova instal·lació no podrà sobrepassar una potència total de 85 kW (la potència pic serà lleugerament superior). Aquesta limitació és deguda a què ja existeix una instal·lació de 15 kW (projecte Universol) i la màxima potència a evacuar a una xarxa trifàsica de 400V en baixa tensió segons Fecsa Endesa és de 100kW. Si es volgués augmentar aquesta potència, s'hauria de reformar les actuals subestacions transformadores de l'anella del campus, objectiu no plantejat en aquest projecte.
- Arribar a un ràtio potència pic respecte el 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 les actuals instal·lacions.

Sota els criteris abans esmentats, s'han estudiat les cobertes dels principals edificis que componen l'Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona. Les cobertes estudiades han estat les dels edificis Politècnic 1, 2, 3 i 4.

En la selecció de les cobertes el principal problema a part de les possibles ombres que poguessin existir, ha estat la possibilitat de la interconnexió dels diferents edificis. Les diferents teulades presenten unes condicions favorables per la instal·lació d'un sistema generador d'energia solar fotovoltaica, però la connexió entre elles no és gaire rentable en base a la potència instal·lada que hi podia arribar a cabre.

Edifici	Superfície aproximada lliure d'ombres (m ²)	kWp (aprox.)	Selecció	Motiu
Politécnic-1	600	30	Sí	Teulada favorable (bona exposició i ombres nul·les). Facilitats de connexió en baixa tensió.
Politécnic-2	1300	85	No	No existeixen facilitats econòmiques de connexió en base a la potència estimada.
Politécnic-3	625	35	Sí	Teulada favorable (bona exposició i ombres nul·les). Facilitats de connexió en baixa tensió.
Politécnic-4	800	55	No	No existeixen facilitats econòmiques de connexió en base a la potència estimada
Total seleccionats	1.225	65		

Taula 4. Selecció de les diferents cobertes de l'Escola Politècnica Superior de la UdG

La dificultat de connectar les teulades del P-2 i del P-4 rau en què s'hauria de tirar una línia de baixa tensió fins a l'extrem del P-1, que és on es faria la interconnexió per tal de connectar sota un mateix punt de connexió. La connexió entre el P-4 i el P-1 tindria una llargada superior a 500 metres. Aquesta longitud ja descartaria una possible interconnexió en baixa tensió, i a més, per una potència de 55 kW, no resultaria viable modificar l'actual subestació transformadora.

Si per altra banda, es volgués connectar solament la teulada de l'edifici Politècnic-2 de forma directa, les prescripcions de la companyia elèctrica obligarien a connectar la instal·lació directament a l'actual Estació Transformadora situada a l'inici del carrer Universitat de Girona.

Aquest fet obligaria a obrir la totalitat del carrer i del pàrking del Politècnic-2, unes obres que resultarien molt cares en execució d'aquestes, i sense mencionar una possible negació per part de la Direcció General d'Energia i Mines i de Fecsa Endesa perquè la Universitat de Girona tingués dues instal·lacions fotovoltaïques en dos punts de connexió en baixa tensió diferents sota la mateixa Estació Transformadora.

Per tant, aprofitant les facilitats d'interconnexió i la bona exposició al sol, s'utilitzaran les teulades dels actuals edificis Politècnic -1 i Politècnic-3.

Els mòduls fotovoltaics aniran col·locats sobre les cobertes seleccionades de forma fixa per mitjà d'una estructura d'alumini en forma de triangle rectangle amb una inclinació de 30° respecte la horitzontal. La fixació es realitzarà de forma directe per mitjà d'uns peus d'acer ja dimensionats per aquesta funció.

L'estructura de fixació serà fixa, sempre amb la mateixa inclinació (30°) i la mateixa orientació respecte el sud (25° positius respecte l'azimut). La desviació respecte el punt òptim (30° d'inclinació i 0° de desviació respecte azimut) no es considera crítica, ja que aquesta desviació solament comportarà unes pèrdues inferiors al 2% segons el simulador utilitzat (veure Annex C, càlcul de la simulació de producció d'energia elèctrica i benefici mediambiental).

La justificació de mantenir les plaques alineades amb l'estructura de l'edifici permet aconseguir una millor integració visual de les plaques fotovoltaïques en el conjunt de l'edifici i s'aprofitaran millor les teulades disponibles.

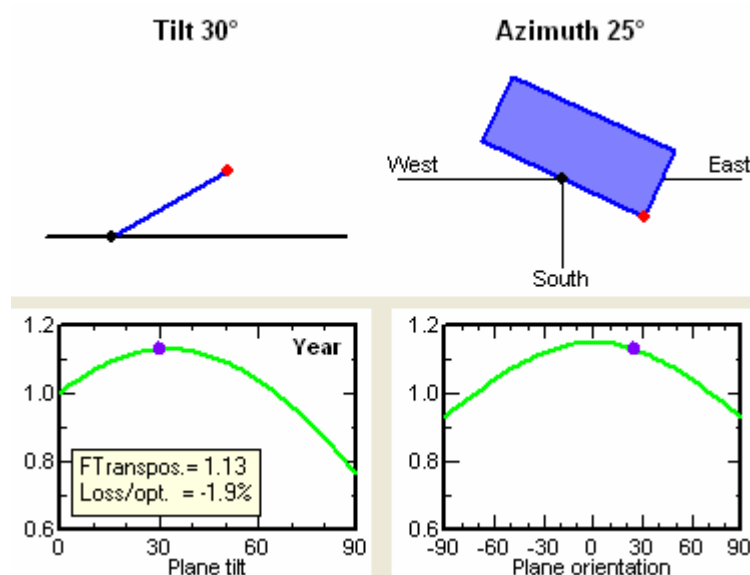


Figura 1. Pèrdues respecte el punt òptim respecte la solució proposada

L'estructura utilitzada permetrà la fixació de dos mòduls col·locats de forma horitzontal (un sobre l'altra) en els casos en què es disposi d'una superfície ample però poc llarga i de 3 mòduls col·locats de forma horitzontal (un sobre l'altre també) en els casos en què es disposi d'una superfície llarga.

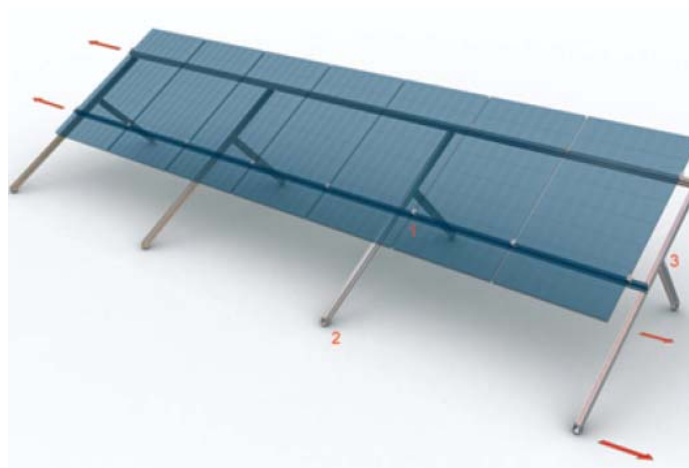


Figura 2. Estructura utilitzada. Model 1190DV del fabricant Anudal Solar



Figura 3 .Peu de fixació directa de l'estructura a la teulada

El fabricant de l'estructura donarà les garanties suficients que el conjunt de perfils aguantarà sense problemes el pes de les plaques fotovoltaïques, així com també facilitarà tota la documentació possible per tal d'efectuar-ne el muntatge de forma ràpida.

Per la col·locació de l'estructura, prèviament es netejarà l'espai a ocupar de grava. Posteriorment es procedirà a la seva alineació en fileres segons plànols, es fixaran a la llosa existent.

L'estructura suport resistirà les sobrecàrregues de vent i neu, d'acord amb el que s'indica en els documents bàsics sobre seguretat estructural, accions en l'edificació, del codi tècnic de l'edificació. CTE DB-SE-AE.

El disseny i la construcció de l'estructura i el sistema de fixació dels mòduls permetrà les necessàries dilatacions tèrmiques, sense transmetre càrregues que puguin afectar a la integritat dels mòduls, seguint les indicacions del fabricant.

Els punts de subjecció per el mòdul fotovoltaic seran suficients en nombre, tenint en compte l'àrea de recolzament i posició relativa, de forma que no es produeixi flexions en els mòduls superiors a les permeses pel fabricant i els mètodes homologats pel model del mòdul.

L'estructura es protegirà superficialment contra l'acció dels agents ambientals. La realització de forats en l'estructura es portarà a terme abans de procedir la protecció de l'estructura.

La ferreteria en acer inoxidable compleix la Norma MV-106. La part de l'estructura que és galvanitzada, s'admetran cargols galvanitzats. La subjecció dels mòduls a l'estructura seran sempre d'acer inoxidable.

Els topalls de subjecció dels mòduls i la pròpia estructura no projectarà ombres sobre els mòduls. L'estructura suport serà calculada segons Norma MV-103 per suportar càrregues extremes degudes a factors climatològics adversos tals com el vent, neu, etc.

La part d'estructura que sigui galvanitzada, complirà amb les Normes UNE 37-501 i UNE 37-508, amb el gruix mínim de 80 micres per eliminar les necessitats de manteniment i prolongar la vida útil.

Es prendrà especial cura amb la impermeabilització de la coberta per tal que no hi hagi filtracions a l'interior de les naus.

Determinades la orientació i inclinació dels mòduls, serà necessari calcular la distància de separació mínima entre ells. Els càlculs i formules es troben detallats a l'Annex B disseny tècnic de la instal·lació.

La distància mínima de separació entre estructures serà de 3.94 metres en el cas que l'estructura a col·locar sigui de 2 plaques. En el cas que l'estructura sigui de 3 plaques la distància mínima de separació serà de 6.58 metres.

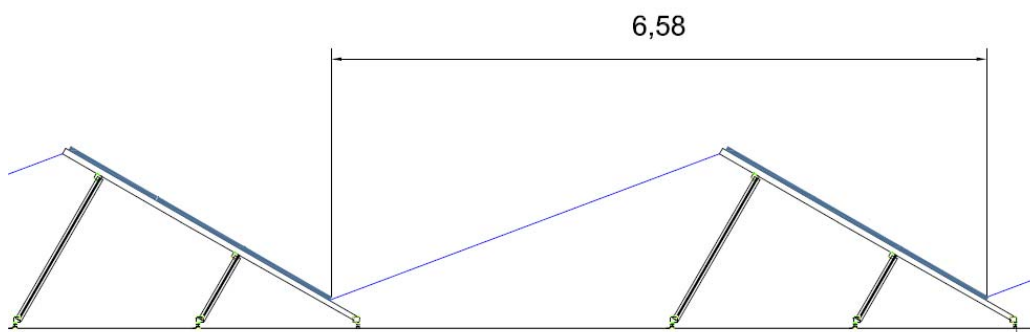


Figura 4. Distància mínima de separació entre conjunts estructurals de tres plaques en horitzontal

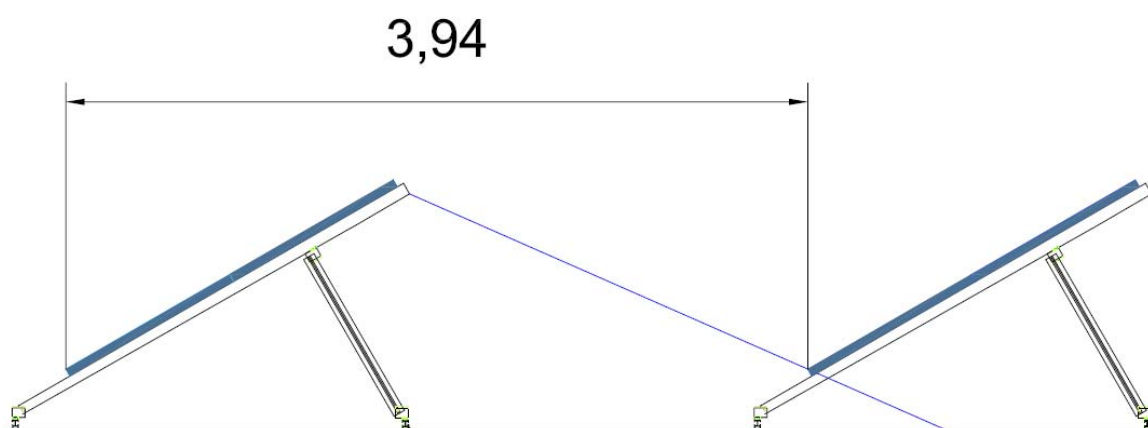


Figura 5. Distància mínima de separació entre conjunts estructurals de dues plaques en horitzontal

Conegudes les distàncies mínimes de separació, serà qüestió de “jugar” amb la millor combinació de col·locació de les plaques fotovoltaïques sobre les cobertes seleccionades.

Les plaques es connecten entre elles en sèrie i en paral·lel, i es van fent grups en paral·lel per tal d'adaptar la tensió i intensitat als marges de funcionament de l'ondulador seleccionat.

La col·locació definitiva serà de un conjunt d'estructura de 3 mòduls sobre l'altell del P-1 i a l'ala est del P-3, i d'un conjunt de 2 mòduls en la coberta del P-1 que resti lliure d'ombres i a la coberta del P-3 (zona més ampla i menys llarga).

Edifici	Nombre de plaques
Coberta del P-1	72 plaques en una estructura de 3 plaques col·locades en horitzontal. 68 plaques en una estructura de 2 plaques col·locades en horitzontal.
Coberta del P-3	48 plaques fotovoltaïques en 4 estructures de 3 panells en horitzontal. 110 plaques fotovoltaïques en estructures de 2 panells horitzontal (55 conjunts)
TOTAL	300 plaques fotovoltaïques de 220Wp (66 kWp)

Taula 5. Total de mòduls en les dues cobertes

Els mòduls ocuparan les zones descrites en els plànols, respectant les servituds de pas que siguin necessàries per al manteniment de totes les màquines ubicades en aquesta, a més del propi manteniment de la instal·lació fotovoltaïca.

El generador estarà dividit en 15 subcamps, formats per 15 sèries en paral·lel de 20 mòduls cadascuna.



Figura 6. Vista davantera de l'edifici Politécnic-1 i la possible col·locació de plaques fotovoltaïques

En total hi haurà 300 mòduls de 220 Wp, amb una potència pic total de 66 kWp

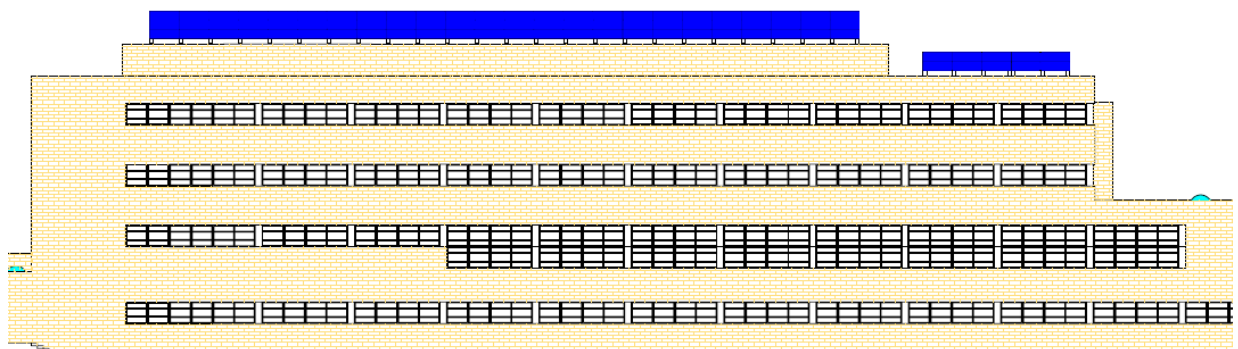


Figura 7. Distribució de les plaques fotovoltaïques a les diferents zones de la coberta del P-1

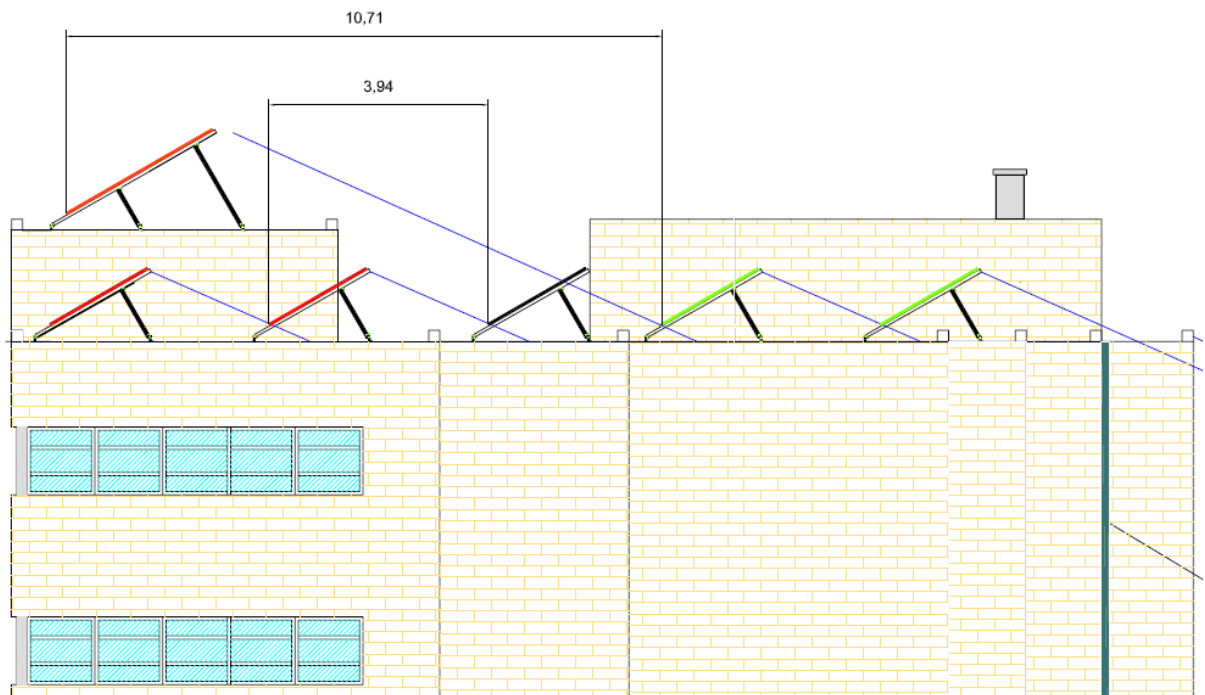


Figura 8. Separació i col·locació de les plaques a la coberta del P-1 (secció)

Les diferents línies de generació d'energia elèctrica amb corrent contínua es portaran fins a un dispositiu de protecció i control de cada subcamp de plaques fotovoltaïques.

Aquest dispositiu serà un quadre elèctric amb una protecció per sobreintensitats i sobrecàrregues elèctriques de cada subcamp per mitjà d'un fusible adequat i equipat amb els dispositius de seccionament necessaris per tal de seccionar una part de la instal·lació si fos necessari.

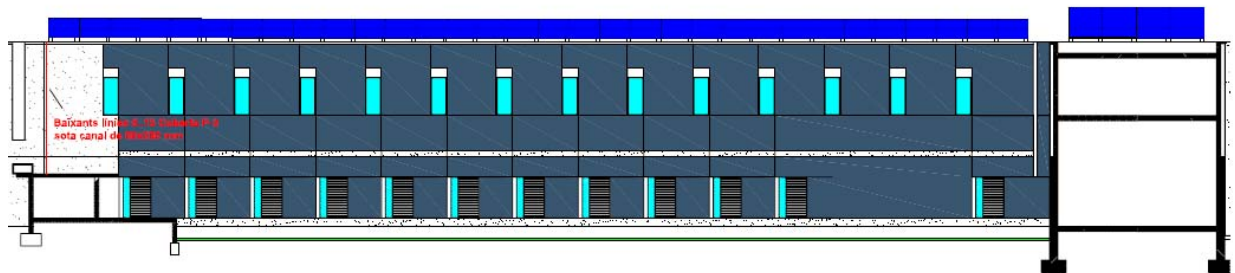


Figura 9. Vista davantera de l'edifici Politècnic-3 i la possible col·locació de plaques fotovoltaïques

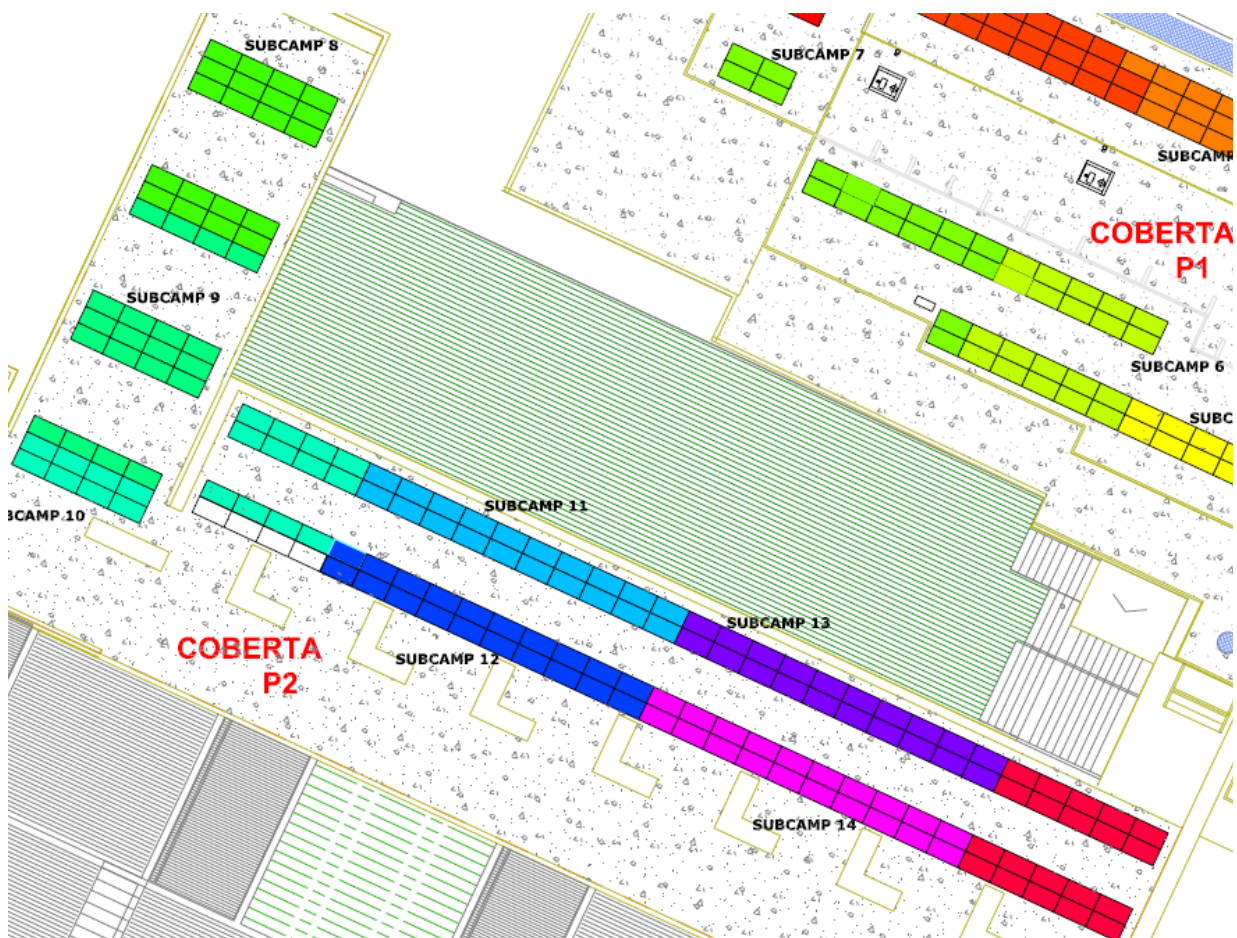


Figura 10. Distribució de les plaques fotovoltaïques a les diferents zones de la coberta del P-3

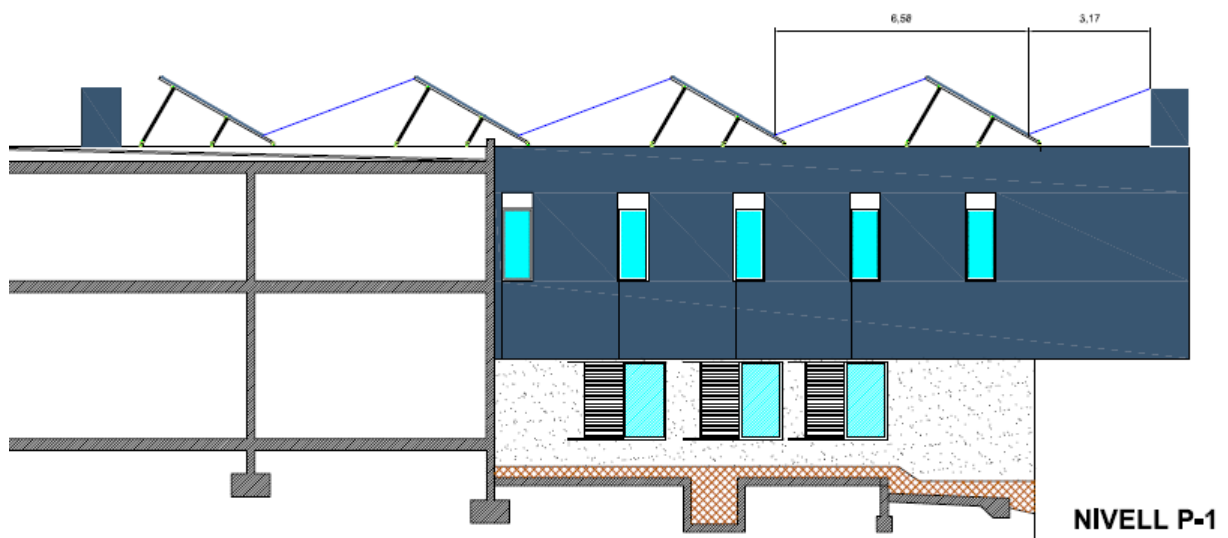


Figura 11. Separació i col·locació entre els diferents grups de plaques de la coberta del P-3 (secció)

La corrent continua generada pels mòduls fotovoltaics es transformarà a corrent alterna mitjançant un ondulador electrònic (inversor). L'ondulador es trobarà situat de forma aïllada a l'interior d'un prefabricat, just al costat del quadre de protecció de corrent contínua.

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 darrera de l'edifici P-1 en el tram d'unió amb el P-3. S'ha decidit utilitzar un prefabricat per no utilitzar cap sala dels actuals edificis i així reduir les longituds de cables i aïllar els elements de control, protecció i l'ondulador.

Aquest prefabricat estarà refrigerat per mitjà d'un inverter Fuji ACF18U que s'activarà quan la temperatura del local sigui superior a 25°C i inferior a 4°C. En la resta de casos, l'aire es renovarà per mitjà d'un extractor Soler i Palau referència HXM-350 i de 1.800 m³/hora de renovació d'aire.

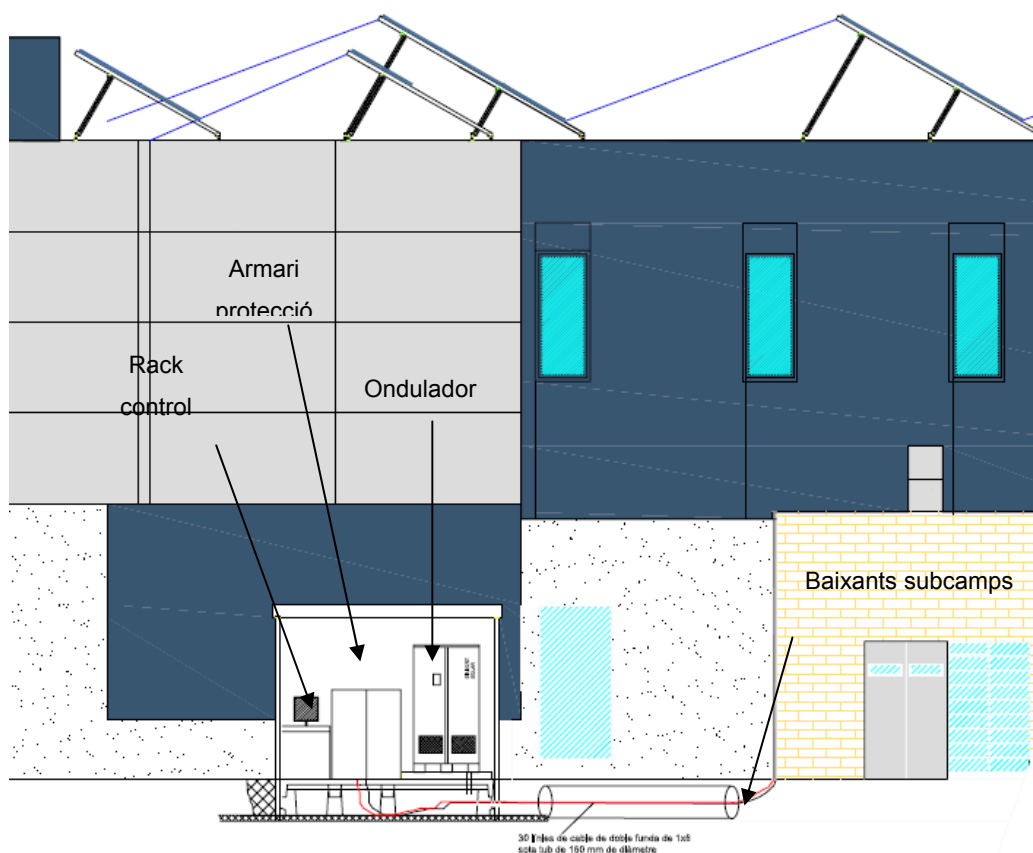


Figura 12. Col·locació dels diferents elements de recepció dels subcamps i sortida cap a l'escomesa

Els conductors de sortida en corrent alterna de l'ondulador es faran arribar fins a un quadre de protecció i comptatge que es trobarà en un nínxol ja existent de l'anterior projecte Universol, a peu del carrer Universitat de Girona.

Des d'aquest quadre de protecció es podrà desconnectar la instal·lació fotovoltaica de la xarxa de distribució elèctrica, ja que disposa dels respectius tallacircuits tripolars amb fusible de ganiveta, del qual la companyia de distribució tindrà accés per desconnectar la instal·lació de la xarxa de subministrament.

Des d'aquest quadre, surten els conductors que aniran fins a l'estació transformadora que es troba a l'interior d'una caseta d'obra ja existent a l'exterior del complex universitari, a una distància d'uns 40 metres aproximadament.



Figura 13. Recorregut per evacuar l'energia produïda fins a l'actual C.T.

El transformador de l'estació existent, elevarà la tensió a la del servei de la xarxa (25KV). Del transformador actualment ja surten els conductors que transporten l'energia elèctrica en Mitja Tensió fins a les cel·les ubicades en la mateixa caseta on es troba tota la maniobra i seguretat en Mitja Tensió i connectar-se a la xarxa de distribució existent.

2.6 TENSIONS DE TREBALL

És necessari tenir coneixement dels valors de tensió de la instal·lació fotovoltaica, ja sigui per la pròpia seguretat de les persones que hauran de realitzar la instal·lació, per el propi manteniment, com també per el dimensionament dels propis components elèctrics de la instal·lació.

Els mòduls fotovoltaics estan compostats per cèl·lules fotovoltaiques que generen una corrent elèctrica contínua (CC) quan estan exposades a la llum solar. Com que cada cèl·lula genera una tensió de menys d'un Volt, les cèl·lules es connecten en sèrie per produir un valor més elevat.

La tensió de sortida d'un mòdul varia inversament amb la càrrega de corrent i amb la temperatura ambient. La intensitat produïda per cada mòdul varia amb la intensitat de la llum solar que cau sobre el frontal de les cèl·lules. Si una de les cèl·lules està a l'ombra, no es produeix cap corrent o energia, i es comporta com una resistència; reduint considerablement el rendiment del sistema.

2.6.1 CORRENT CONTÍNUA

Els mòduls fotovoltaics es connecten en sèrie i en paral·lel de tal forma que el total de la tensió en el punt de màxima potència del conjunt dels panells estigui entre els marges de la tensió màxima i mínima de l'inversor.

L'inversor disposa de dos terminals d'entrada, cadascun amb la polaritat positiva i negativa i protegit amb fusibles. Llavors, les fileres dels diferents subcampes es reparteixen entre els dos terminals.

Número de plaques connectades en sèrie	20
Número de plaques col·locades en paral·lel	15
Tensió de treball a 25°C a MPP	28.8 V
Tensió de curt-circuit	36.4 V
Intensitat de treball a 25°C a MPP	7.65 A
Tensió de treball a 25°C a MPP	576 V
Tensió en circuit obert a -10°C	728 V
Intensitat màxima d'entrada a l'inversor a 25°C en MPP	114, 75 A

Taula 6. Paràmetres totals de la instal·lació de corrent contínua

Terminal	Fileres	Potència d'entrada (kW)
1	7	30,8
2	8	35,2
Total	15	66

Taula 7. Potència d'entrada a cada terminal de l'ondulador

En l'apartat de càlculs (Annex B), es justifica el nombre de mòduls fotovoltaics connectats en sèrie i el nombre de fileres connectades en paral·lel per tal d'ajustar els marges de treball de l'ondulador respecte el nombre màxim de plaques que es poden col·locar a les cobertes seleccionades.

La justificació inclou la comprovació del sistema a diferents temperatures com per exemple a 70°C, una de les màximes temperatures a les que pot arribar un conjunt fotovoltaic com també el comportament del sistema en tensió de circuit obert (totes aquestes proves les realitzar el simulador PVSYST).

Al document 2 Plànols, plànol número 3, esquema unifilar general de la instal·lació, es pot veure la composició del camp fotovoltaic.

2.6.2 CORRENT ALTERNA

El subministrament elèctric es realitzarà a 400V trifàsics (3 fases més neutre) i 230V monofàsics (fase més neutre). La connexió de la instal·lació fotovoltaica a la xarxa elèctrica serà a 400V trifàsics i a 50 Hz de freqüència. La instal·lació es dur a terme segons l'esquema de distribució TT.

Tensió:	230/400 V a 50 Hz
Cos φ :	1
Rendiment de l'inversor	95%

Taula 8. Característiques de la connexió a la xarxa de distribució.

2.7 ONDULADORS

La conversió de la corrent continua generada en els mòduls fotovoltaics a corrent trifàsica alterna per injectar-la a la xarxa pública de subministrament, es realitza per mitjà d'un ondulador central de capacitat adaptada a la potència de la planta.

2.7.1 CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES

El model escollit és el SINVERT SOLAR de 57 KW nominal de SIEMENS. Aquest model compleix amb la totalitat de les normatives que li són d'aplicació i ofereix unes relacions de funcionament respecte el rendiment molt favorables (Figura 14. Evolució del rendiment en funció del percentatge de reducció de la Potència nominal).

A continuació es detallen les característiques més importants del model seleccionat:

Potència nominal	68 kW
Potència màxima d'entrada	68 kW
Potència màxima de sortida	65 kW
Mínima tensió (MPP)	450 V
Màxima tensió (MPP)	750 V
Tensió màxima d'entrada	900V
Intensitat d'entrada	132 A
Intensitat màxima d'entrada	149 A
Numero d'entrades	2
Corrent màxima per entrada	80 A

Taula 9. Característiques dels valors d'entrada de l'ondulador

Terminals de sortida	3~ 230/400 V
Freqüència de sortida	50 Hz
Potència sortida	57 Kw/nom
Potència màx. de sortida	65 KW
Tensió nominal	400 V
Intensitat de sortida	83 A
Intensitat màx. de sortida	94 A
Cos φ	1
Pes	620 kg

Taula 10. Característiques de sortida de l'ondulador

Rendiments del Sinvert Solar Master	
Rendiment al 100% Pn	95 %
Rendiment al 75% Pn	96 %
Rendiment al 50% Pn	95 %
Rendiment al 25% Pn	93 %
Rendiment al 10% Pn	86 %

Taula 11. Rendiments a diferències potències de l'ondulador

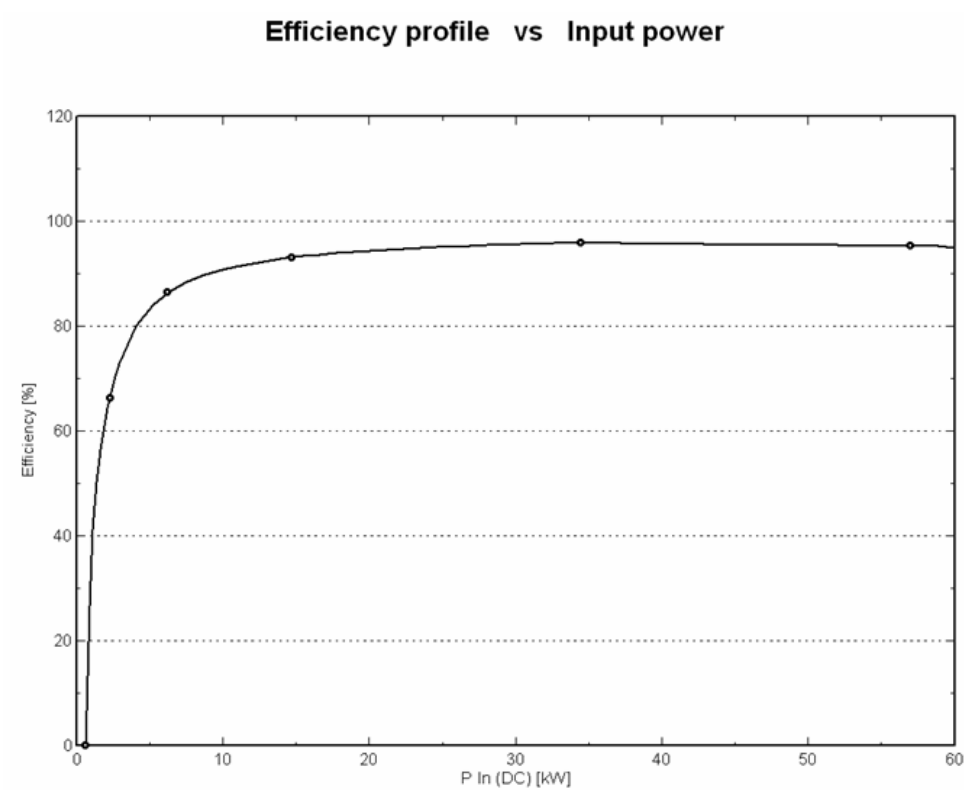


Figura 14. Evolució del rendiment en funció del percentatge de reducció de la Potència nominal

L'inversor es col·locarà en una sala tècnica a part, conjuntament amb el quadre de proteccions i control de subcamps i tot el sistema necessari de control.



Figura 15. Vista frontal de l'ondulador Siemens Sinvert

Potència consumida a la nit	15 W
Intensitat màxima de corrent d'alimentació externa	2 A (optional)
Dimensió de la caixa	1725 x 950 x 850 mm
Color	gris (RAL 7044)
Rang de temperatures de treball	0 - 50 °C
Consum d'aire per caixa	1500 m³/h
Grau de protecció	IP 20
Nivell sonor de la caixa	< 66 dB (A)

Taula 12. Altres característiques de l'inversor Siemens Sinvert

L'ondulador porta el marcat CE i compleix altres normes internacionals (DIN, VDE, EN, IEC). El muntatge d'acord amb les directives CEM permet el funcionament fins i tot en àrees sensibles de interferències.

La regulació MPP, el control i la supervisió de tota la instal·lació (mòduls fotovoltaics, ondulators, distribució CC/CA integrada i interfície de xarxa) la realitza un PLC intern de tipus SIMATIC S7-300 de Siemens. El PLC garanteix un funcionament altament flexible amb interfícies estandarditzades de comunicació (RS232/ MPI / Profibus DP). Amb ajuda d'aquestes interfícies és possible integrar el sistema en un conjunt d'interfície home-màquina.

Els Onduladors compleixen amb la reglamentació, normes i directrius de seguretat aplicables:

- Disposen d'un interruptor de interconnexió intern per la desconexió automàtica segon RD 1663/2000.
- Disposen de protecció interna de màxima i mínima tensió segons RD 1663/2000.
- Disposen de protecció interna de màxima i mínima freqüència segons RD 1663/2000.
- Disposen d'un relé de bloqueig de proteccions. Aquest relé és activat per les proteccions de màxima i mínima tensió i màxima i mínima freqüència segons RD 1663/2000 i amb la possibilitat de rearmament automàtic als tres minuts de la tornada a la normalitat.
- Disposa d'un transformador, que assegura una separació galvànica entre el costat de corrent continua i la xarxa segons RD 1663/2000.
- Compleix les "Directrius per la operació en paral·lel d'instal·lacions de generació de energia fotovoltaica amb la xarxa de baixa tensió de la companyia d'abastament d'electricitat", publicada per la Associació d'empreses Elèctriques d'Alemanya.

- Compleix amb les directrius 89/336/CEE sobre CEM i 73/23/CEE sobre DBT.
- Compleix Normes EN 61727, EN 50178, EN 60146, EN 50160, EN 50081-2 (opcional EN 50081-1), EN 50082-2, EN 61000-3-2.
- La tolerància de tensió en corrent alterna és d'un $\pm 10\%$ amb una precisió de $\pm 2\%$.
- La distorsió harmònica de la corrents és inferior al 3% a la potència nominal i amb distorsió de la tensió de xarxa inferior del 2%.

2.7.2 SUPERVISIÓ DE DEFECTES A TERRA

L'ondulador SINVERT Solar porta integrada una supervisió de defectes a terra que controla permanentment la resistència d'aïllament entre els mòduls fotovoltaics i terra.

Si es produeix una fuga a terra, amb una rutina de selecció es reconeix i es desconnecta el mòdul parcial defectuós.

La supervisió de defectes a terra es realitza mitjançant una supervisió dinàmica del valor d'aïllament.

Aquest mètode no valora la corrent de fuga estàtica o la resistència absoluta d'aïllament en la xarxa CC IT, sinó que treballa segons al principi de la correcció dinàmica del valor d'aïllament amb avaluació per etapes.

D'aquesta forma també es pot supervisar si en mòduls fotovoltaics amb elevades corrents de derivació es produeixen veritables defectes a terra.

A l'annex B es detalla més extensament les característiques de l'ondulador (components, funcionament, etc.).

2.8 QUADRES DE C.C. I DE C.A.

És necessari la protecció de les diferents parts de la instal·lació per mitjà dels dispositius adients. Això inclou els dos sistemes: el sistema de generació de corrent contínua i el sistema de corrent alterna.

2.8.1 QUADRE DE CORRENT CONTÍNUA

Per tal de protegir els onduladors i els diferents elements de la instal·lació fotovoltaica en la connexió 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 sobre 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, es realitzarà un quadre elèctric al qual arribaran les línies dels diferents subcamps.

A més, aquest quadre de control dels subcamps disposarà en el seu interior de tot l'aparellatge necessari pel control i automatització del procés, descrit en els punts més posteriors.

Una de les coses importants en aquest quadre és remarcar que tots els elements estan dimensionats per treballar en corrent contínua i que seran capaços d'aguantar les tensions a què es veuran sotmesos.

Per aquest motiu, les bases dels fusibles i els seccionadors, estan dimensionats per aguantar fins a 1.000 V DC. Un altre punt important és la utilització de fusibles del tipus gA en comptes dels convencionals gR. Tots aquests detalls es poden trobar àmpliament detallats en l'annex B, disseny tècnic de la instal·lació.

Aquest armari es col·locarà a la mateixa sala tècnica al costat de l'ondulador i tindrà les següents característiques:

Protecció contra sobreintensitats i curt-circuits	30 bases de fusible cilíndric de 10x38 amb tensió assignada de 1000 V DC 30 fusibles gA de 1000V D.C. de tensió assignada i de 10A d'intensitat nominal.
Protecció per tensió màxima de treball	Seccionador de 800V DC i 63A a l'entrada de l'ondulador
Protecció	IP-20
Protecció contra contactes indirectes	Classe II
Protector sobretensions	Protector de sobretensions de 40kA i de 1000V D.C.
Control	15 comptadors d'energia per cada subcamp, els quals s'integraran en el sistema de control.
Mides armari (mm)	1200x1000x300

Taula 13 .Resum de característiques del quadre de protecció de corrent contínua

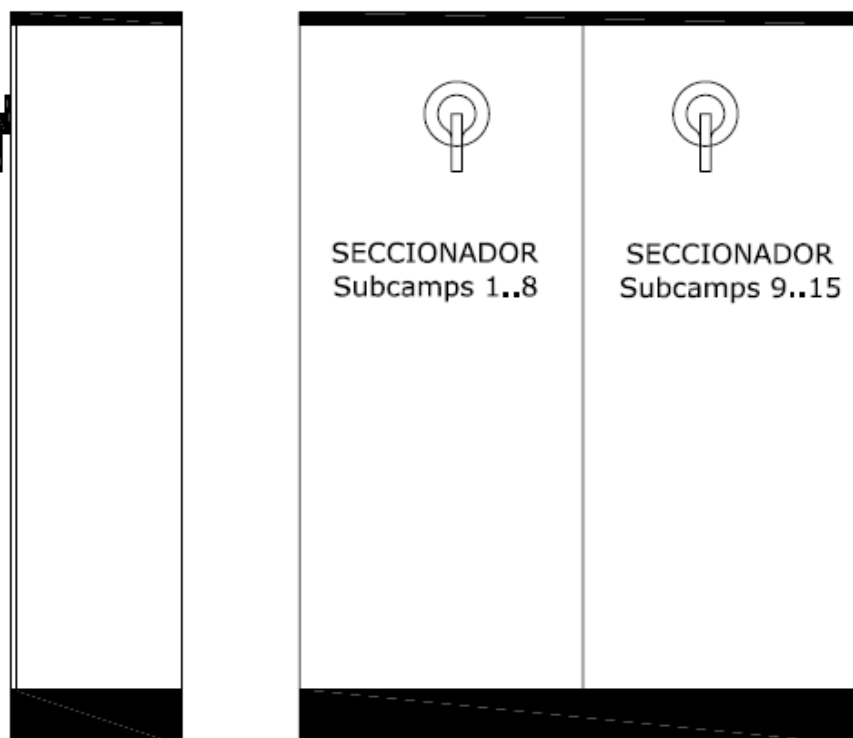


Figura 16. Vista interior del quadre de control de corrent contínua

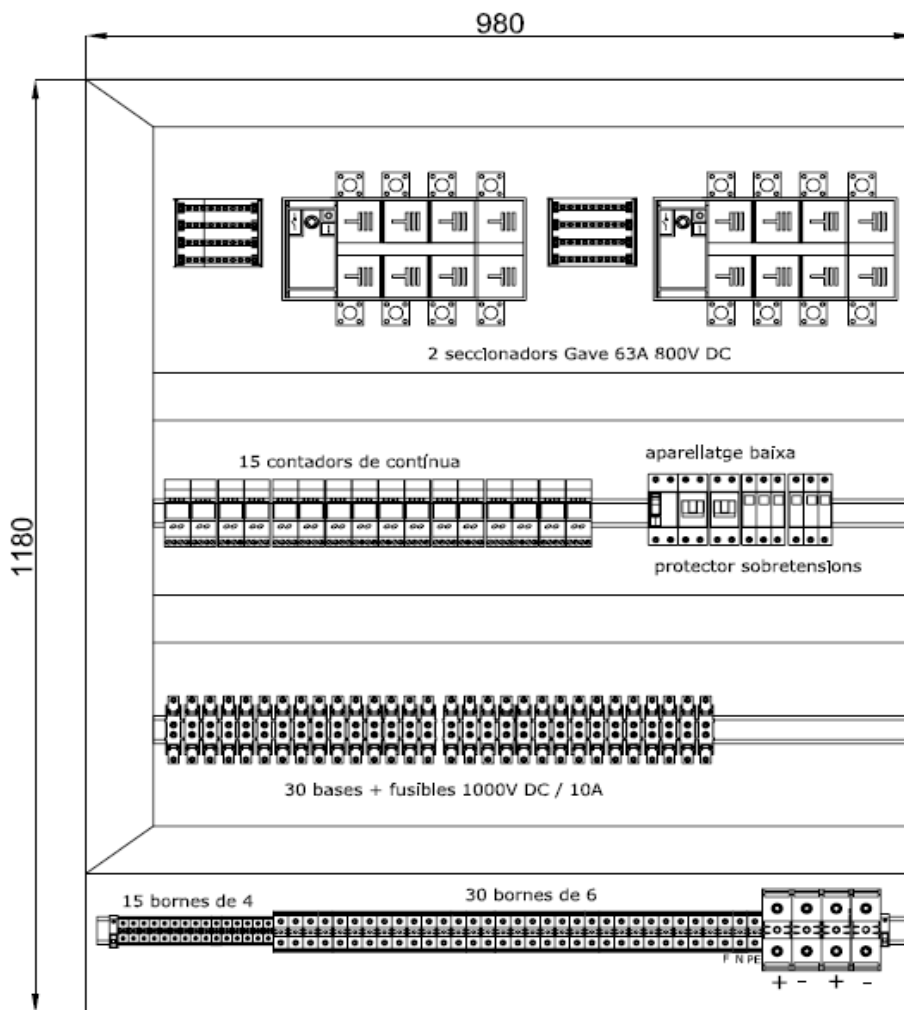


Figura 17. Vista exterior del quadre de control de corrent contínua

2.8.2 QUADRE DE CORRENT ALTERNA

A part de les proteccions internes de corrent alterna que portarà incorporades l'ondulador, és necessari col·locar un quadre de protecció de corrent alterna segons les normes tècniques particulars de Fecsa Endesa (DOGC núm 4827, 22/02/07) per tal de protegir la instal·lació.

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.

Les característiques d'aquest quadre seran les següents:

- 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 18. Quadre normalitzat de protecció en corrent alterna)
- Fusibles DIN1, 250A, també per la caixa general de protecció (CGP).
- Equip de comptatge multifunció, amb transformadors d'intensitat 100/5.

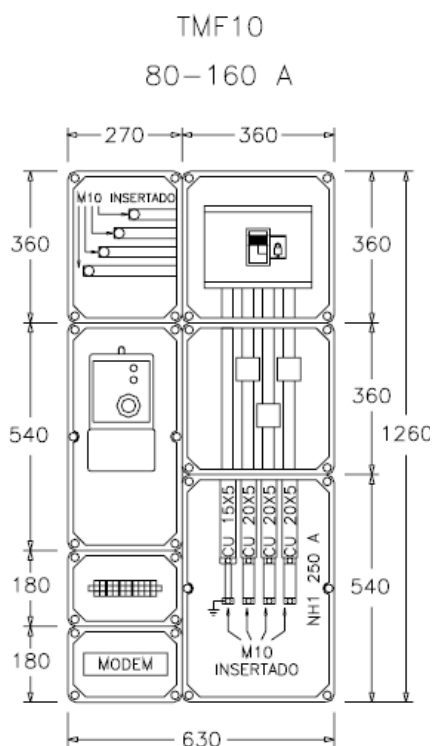


Figura 18. Quadre normalitzat de protecció en corrent alterna

2.9 PROTECCIONS DE CORRENT CONTÍNUA I ALTERNA

És necessària la definició del conjunt de protecció per diferents causes que es poden produir a la instal·lació (sobrintensitats, curtcircuits, sobretensions atmosfèriques, contactes directes i indirectes, etc.).

2.9.1 PROTECCIÓ CONTRA LES SOBRETENSIONS

Les sobretensions poden ser de diferents tipus. Segons el seu origen es pot classificar en dos grups: d'origen extern i d'origen intern.

- Sobretensions d'origen extern: Llamps, fluctuacions i transitoris de la xarxa.
- Sobretensions d'origen intern: Defectes dels components, errors d'operació, fenòmens transitoris.

Els mètodes de protecció poden ser:

- Equipotencials: S'interconnectaran tots els elements amb un llaç de baixa impedància.
- Posada a terra: De l'estructura que suporta els mòduls fotovoltaics i de l'electrònica de d'instal·lació fotovoltaica. Eficax contra els contactes de persones.
- Blindatge dels conductors.
- Interceptació de les ones de xoc (per exemple parallamps).

Els dispositius de protecció dintre l'electrònica de la instal·lació fotovoltaica poden ser diodes, varistor, dispositius de descàrrega, transformadors d'aïllament, filtres o optoacopladors.

La instal·lació en continua, es protegirà amb un descarregador de sobretensions ubicat en el quadre de protecció d'entrada a ondulador de corrent contínua amb el control dels subcamps i també a l'inversor. Aquests descarregadors es trobaran connectats amb el cable de terra general de l'edifici.

El descarregador de sobretensions utilitzat té les característiques tècniques segons la Taula 14. Característiques del protector de sobretensions utilitzat. Per altra banda, també es disposa del mateix protector de sobretensions en l'ondulador, com també de protecció interna de màxima i mínima tensió segons RD 1663/2000.

I _{max} :	25 kA
U _p :	3.5 KV
U _c :	750 V
U _n :	600 V
Model utilitzat:	9000681S

Taula 14. Característiques del protector de sobretensions utilitzat

Els protectors de sobretensions utilitzats són per corrent contínua, de manera que protegeixen cada pol de forma independent. Si algun d'aquests dispositius tingués un malfuncionament, l'indicador de què disposen passaria a ser de color vermell. Aquest fet implicaria el recanvi del component de forma immediata.

2.9.2 PROTECCIÓ CONTRA LES SOBREINTENSITATS

2.9.2.1 PROTECCIONS DE CORRENT CONTÍNUA

Per la protecció en el costat de Corrent Continua (CC) cal tenir diferents aspectes en consideració, tal com es detalla en els punts que es detallen en els següents paràgrafs.

Es mòduls fotovoltaics són intrínscament limitats en corrent de curtcircuit a un valor aproximat de 1.2 vegades al corresponent al nominal d'operació, per tant, un curtcircuit no tindria influències negatives sobre el sistema de distribució.

Les sobreintensitats que es podrien produir degut a una fuga en un dels seus conductors per defecte d'aïllament, seria detectat a per l'ondulador i derivat a terra evitant d'aquesta forma la presència de sobreintensitats degut a què aquest disposa d'aïllament galvànic. A més, tota la instal·lació disposa de protecció classe II, fent que aquesta sigui intrínscament segura.

El quadre de connexió és un lloc propici a la formació d'arcs elèctrics, degut al risc de fallada en algun dels contactes. Per eliminar la possibilitat de derivacions a terra l'aïllament dels fusibles serà de plàstic, reforçat amb fibra de vidre. El cablejat intern serà amb doble aïllament, separant els cablejats corresponents als potencials positiu i negatiu, mitjançant barreres aïllants o bé físicament, i assegurant els conductors d'entrada i sortida.

Es col·locaran dos fusibles en els extrems de cada filera en l'interior del quadre de protecció de corrent contínua, dimensionats per almenys el 130% del valor de corrent nominal de la filera. El valor nominal dels fusibles serà de 10A.

2.9.2.2 PROTECCIONS DE CORRENT ALTERNA

Per altra banda, la protecció en el costat de Corrent Alterna es basa en què els dispositius seran interruptors magnetotèrmics de tall omnipolar de capacitat ajustada al conductor i a la demanda prevista. Segons la taula 1 de la ITC-BT-22, per circuits F+N amb esquema TT, el dispositiu de protecció actua sobre el conductor de fase.

La seva elecció s'ha realitzat tenint en compte les corbes de funcionament, segons les intensitats de curt circuit i la intensitat màxima admissible del conductor que d'ells actua (ITC-BT-19). Els interruptors vindran marcats de forma clara, per reconèixer les línies sobre les quals actuen.

2.9.2.3 ROTECCIÓ CONTRA CONTACTES DIRECTES

La protecció contra qualsevol possible contacte accidental amb parts actives s'ha realitzat mitjançant l'aïllament de les parts actives, a la col·locació de barreres o envolvents i a la limitació del volum d'accessibilitat establert a l'apartat 3.4 de la ITC-BT-29.

Per a la instal·lació amb presència de corrent continua, s'assegura mitjançant la protecció de classe II de tota la distribució de corrent continua, quedant inclosos els mòduls fotovoltaics, el quadre de protecció i el cablejat.

En cas que alguns dels elements s'hagin de protegir contra aquest tipus de contacte es col·locarà una barrera fortament fixada de material aïllant i resistent al cops mecànics abans de poder accedir a l'element actiu. En cas que l'obstacle sigui metàl·lic, aquest mateix estarà connectat a la xarxa de terra.

2.9.2.4 PROTECCIÓ CONTRA CONTACTES INDIRECTES

En la instal·lació de corrent alterna, al no haver-hi presència de cap tipus de receptor, no es considera la possibilitat de cap contacte indirecte.

Per a la instal·lació amb presència de corrent continua, la protecció contra contactes indirectes s'assegura mitjançant protecció classe II de tota la distribució de corrent continua, quedant inclosos els mòduls fotovoltaics, el quadre de connexions i el cablejat.

2.10 POSADES A TERRA DE LA INSTAL·LACIÓ

La posada a terra de la instal·lació fotovoltaica podrà ser conjunta a la ja existent de l'edifici i es farà de forma que no s'alterin les condicions de posada a terra de la xarxa de l'empresa distribuïdora, assegurant en qualsevol cas que no es produeixin transferències de defectes a la xarxa de distribució i la protecció de les persones i als equips.

Per dur-ho a terme, l'ondulador de la instal·lació ha de disposar d'una separació galvànica entre la xarxa de distribució de baixa tensió i la de corrent contínua de les instal·lacions fotovoltaïques

La posada a terra afecta als següents equips:

2.10.1 INVERSORS

L'ondulador SINVERT Solar porta integrada una supervisió de defectes a terra que controla permanentment la resistència entre els mòduls fotovoltaïcs i terra. Per aquest motiu ha d'estar connectat al terra general de l'edifici.

A més, disposa de descarregadors de tensió a l'entrada en CC i a la sortida en CA, per tant aquests descarregadors han d'estar units al mateix terra.

Per la presa a terra del inversor, s'utilitzarà mitjançant conductor amb aïllament 750V groc/verd de 16mm² que es connectarà a la pletina de terra que disposa la planta de la nau.

2.10.2 TRANSFORMADORS

Es connecta el neutre de la instal·lació en BT de la sortida del transformador a un terra. Aquest terra, ha de ser independent de tots els altres terres. Aquesta part anirà a càrrec l'empresa Fecsa Endesa Distribució.

2.10.3 ESTRUCTURA DELS PANNELLS

Per fer el terra de l'estructura es té en compte que en la coberta de la nau hi ha parallamps, i per tant la probabilitat de caiguda d'un llamp és elevada.

Tenint en compte que la distància entre el parallamps i l'estructura és superior a 1m, no es connectarà l'estructura al terra del parallamps. Es connectarà la massa que forma l'estructura metàl·lica que sustenta els mòduls fotovoltaics al terra de l'edifici.

Es canalitzarà el conductor protector dins safates i es durà a terme mitjançant conductor amb aïllament 750V groc/verd de 16mm². Aquest conductor entrarà a l'edifici i es connectarà a la platina del terra de l'edifici.

2.10.4 PROTECTORS DE SOBRETENSIONS DE C.C.

El limitador de sobretensions del circuit de CC que es troba al quadre de protecció de Corrent Contínua ha d'estar connectat al terra per mitjà d'un conductor amb aïllament 750V groc/verd de 16mm², el qual es portarà per dintre safates, fins a l'interior de la nau a buscar la platina del terra de l'edifici.

2.11 DIMENSIONAT DE LA INSTAL·LACIÓ DE DISTRIBUCIÓ

La secció dels conductors per cadascun dels diferents trams de la instal·lació s'ha escollit en funció dels màxims admissibles pels equips i les seves terminals (caixa de connexions i ondulador) i en base a minimitzar la caiguda de tensió en el conjunt del sistema.

Per les intensitats màximes admissibles pels conductors interiors s'ha aplicat la taula 1 de la ITC-BT-19 i la taula 5 de la ITC-BT-07.

Per altra banda, l'aïllament entre conductors i d'aquests respecte a terra serà de 500.000Ω com a mínim.

En referència als tubs protectors, les característiques dels diferents sistemes de conducció en cas que s'opti per canalitzar els conductes són:

- Tub enterrat, designació segons norma UNE-EN 50086-2-4. Quan vagi totalment embegut en formigó tindrà una resistència a la compressió 250N; mentre que en sorra 450N.
- Canal protectora, no propagadora de la flama UNE-EN 50085-1. Grau de protecció IP4X. Preferentment en muntatge superficial i trams aeris o a l'aire.
- Safata, no propagadora de la flama UNE-EN 61537. Únicament en muntatge en superfície, aeri i en canals d'obra.

Les unions es realitzaran de forma que l'extrem del tub anterior quedi dintre del tub següent en el sentit de la corrent, sense reduir la secció del tub. Els tubs rígids curvables en calent poden unir-se directament, recobrint la junta amb una cola especial quan necessiti ser estanca. Les corbes seran contínues i no reduiran la secció del tub. Els radis mínims de curvatura seran els especificats pel fabricant.

Per evitar que en la execució de les obres es produeixin contactes directes, tots els conductor es protegiran mitjançant borns de connexió i caixes de connexió.

En general, es donarà compliment, al disposat a la ITC-BT-19.

2.11.1 CONNEXIÓ EN SÈRIE DELS MÒDULS FOTOVOLTAICS EN CC

Els mòduls aniran muntats de forma superficial i fixats al perfil d'alumini de l'estructura que s'uniran entre ells per mitjà d'un conductor de cable de 1x6 mm² de coure amb doble aïllament, tensió d'aïllament de 0,6/1kV. Resistent a la radiació UV, designació ZZ-F (AS) 0,6/1kV lliure d'halògens, i unit amb connectors ràpids de la marca Multi-Contact.

Entre els extrems de cada filera i fins a la caixa de connexions s'utilitzarà conductor unipolar de 1x4 mm² de coure, amb doble aïllament, tensió d'aïllament de 0,6/1kV. Resistent a la radiació UV, designació ZZ-F (AS) 0,6/1kV lliure d'halògens.

Els cables aniran fixats amb brides sobre safates metàl·liques de reixeta zincades bricomatades. Aquestes safates estaran fixades directament a l'estructura, igual que l'estructura de fixació dels panells.

La secció de les safates serà de 60 mm d'altura per 150 mm d'amplada. Entre la safata i la superfície es col·locaran uns suports elevadors cada 1,5 metres per tal de fixar correctament la safata a l'estructura.

La fixació dels suports a l'estructura es farà per mitjà d'un taco que entrarà de forma directa i perpendicular a l'estructura. La unió es tancarà amb un agent químic per tal de no afectar a les propietats de l'estructura.

La canal serà de la marca Interflex, així es disposarà de diferents elements com curves, canvis de nivell podent adaptar en tot moment el circuit dels cables a l'estructura de l'edifici.

2.11.2 CONNEXIÓ A L'INTERIOR DEL QUADRE DE CONNEXIONS EN CC

El cablejat ha de ser amb cable de doble aïllament, separant els cablejats corresponents als potencials positiu i negatiu, mitjançant barreres aïllants o bé físicament, i assegurant mecànicament tots els que entren o surten de la caixa mitjançant borns de connexió.

2.11.3 CONNEXIÓ ENTRE EL QUADRE DE CORRENT CONTÍNUA I L'ONDULADOR

S'utilitzarà conductor unipolar de coure aïllat, tipus RZ1-K amb tensió aïllament de 0.6/1kV. Secció en funció de les pèrdues, determinades a l'annex B, disseny tècnic de la instal·lació.

2.11.4 CONNEXIÓ ENTRE ONDULADOR EL QUADRE DE CORRENT ALTERNA

S'utilitzarà conductor unipolar de coure aïllat, tipus RZ1-K amb tensió aïllament de 0.6/1kV. Secció en funció de les pèrdues. Segons el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió aquest cable serà no propagador de flama i amb baixa emissió de fums.

2.12 DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA DE MEDICIÓ PER AL SEGUIMENT DE PRODUCCIÓ

Segons les instruccions de la Direcció d'Energia i Mines s'ha de presentar un històric anual de la producció de la instal·lació. Per altra banda, es considera necessari instal·lar un sistema de control de la instal·lació, integrant el sistema de medició per al seguiment de la producció.

2.12.1 DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA DE CONTROL

Un dels punts principals en tota instal·lació fotovoltaica és disposar d'un sistema de control per tal de poder supervisar-ne el correcte funcionament i estar a l'aguait de possibles errors o defectes d'aquest.

2.13 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.

2.13.1 INTEGRACIÓ DELS ELEMENTS DISPONIBLES

Els elements disponibles per integrar al sistema de control són: l'ondulador, el comptador tarificador 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.

2.13.1.1 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. Aquest autòmat té en el seu interior el programa de control de les diferents parts que componen l'ondulador.



Figura 19. Imatge de la CPU del Sinvert

El propi programa de control està bloquejat per el fabricant, de manera que no és possible realitzar-hi cap modificació. 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.

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.

Siemens posa a disposició del usuaris 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.

2.13.1.2 ESTACIÓ METEOROLÒGICA

La utilització d'una estació meteorològica és recomanable per comprovar com afecten els diferents factors mediambientals a la instal·lació fotovoltaica. 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. Sortides 4-20 mA.

2.13.1.3 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.

El protocol de lectura serà RS-485 (paral·lel). Aquest protocol permet llegir elements a 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.

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.

2.13.1.4 EQUIPS DE CONTROL DE SUBCAMPS

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 signifiqui 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).

2.13.2 OBJECTIUS DEL SISTEMA DE CONTROL

Una vegada analitzats els components, 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.

2.13.3 PROPOSTA DE SISTEMA DE CONTROL

Vistos els elements disponibles i els objectius establerts pel sistema de control es proposa el sistema que es mostra a la

Figura 20. Composició del sistema de monitorització.

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. Per fer-ho, 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.

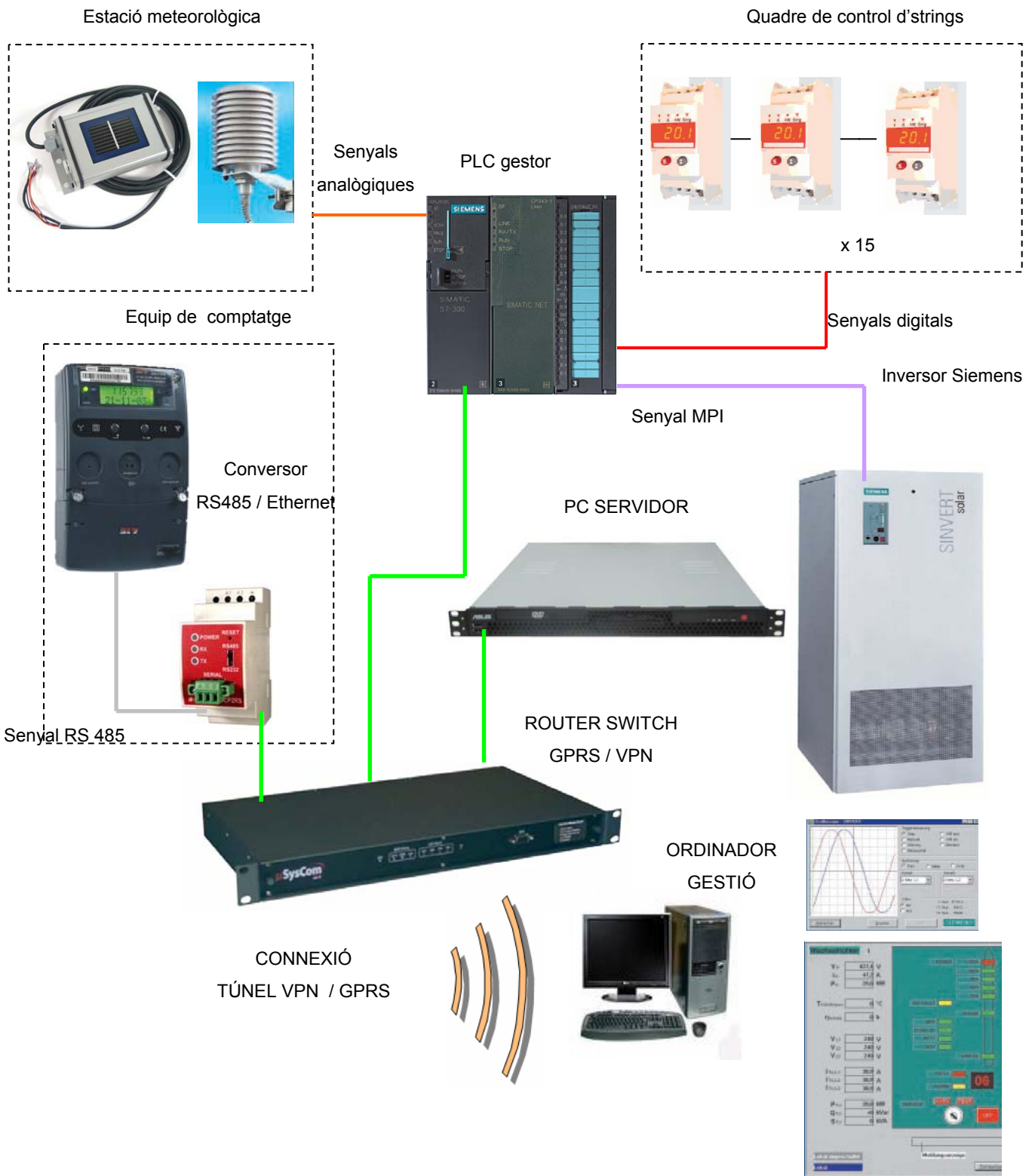


Figura 20. Composició del sistema de monitorització.

Per altra banda, el servidor de planta portarà instal·lat el programa Ziverlec el qual enviarà el tancament mensual del comptador per correu electrònic per fer la factura mensual de forma automàtica.

La connexió de forma remota al PC servidor de la planta es pot realitzar de dues formes.

- Connexió del 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.
- Connexió del 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. 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.

A la Taula 15. Relació de material necessària per el sistema de control de la instal·lació es detalla una relació del material necessari per tal de realitzar aquest equip de control. Als documents 4 i 5 (Amidaments i Pressupost) es pot trobar aquesta relació molt més ben detallada.

Es tracta d'una solució tècnicament molt desenvolupada en comparació a altres que ja existeixen. D'aquesta manera, amb aquests components es pot garantir una alta transmissió de dades de forma segura i una aplicació a mida del client.

Quantitat	Descripció
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 contadors 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 contador 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.

Taula 15. Relació de material necessària per el sistema de control de la instal·lació

2.13.4 PROGRAMARI UTILITZAT

A part de la relació de material, serà necessari disposar de tot un conjunt de programari per tal de que aquest sistema funcioni.

Aquest programari es pot veure a la taula següent:

Sistema operatiu	Windows XP professional Service Pack 2. Antivirus NOD32 Server Edition, del fabricant de Software Eset.
Software de programació	Administrador Simatic STEP-7. Inclou eines i funcions variades de diferents projectes d'automatització, editors de programes en diferents llenguatges, editors de hardware i xarxes d'automatització
Software de visualització	WinCC Flexible. Eina HMI de Siemens per tal de desenvolupar pantalles de monitorització de petita i mitjana magnitud. Es tindrà accés sobre totes les variables del programa de control de l'ondulador.
Llicències de software	Wincc Flexible archives. Enregistrament de dades Wincc Flexible smartservice. Enviament automàtic d'errors i alarmes per correu electrònic, veure Figura 21. Descripció del sistema smartservice de WinCC.
Lectura de comptadors	Ziverlec Permet 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).

Taula 16. Relació de programari necessari per l'aplicació de control

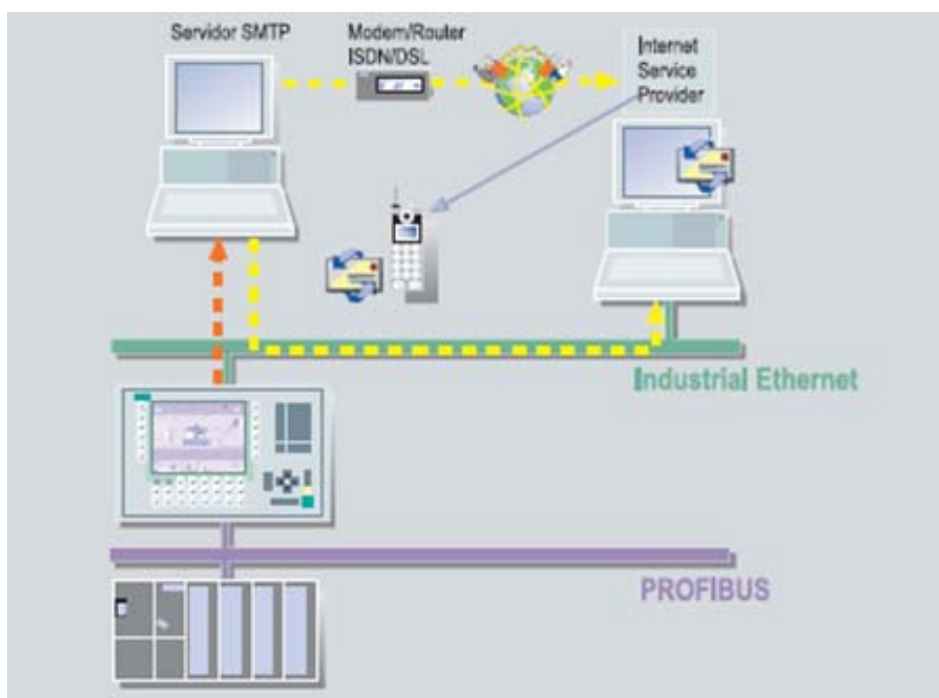


Figura 21. Descripció del sistema smartservice de WinCC

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

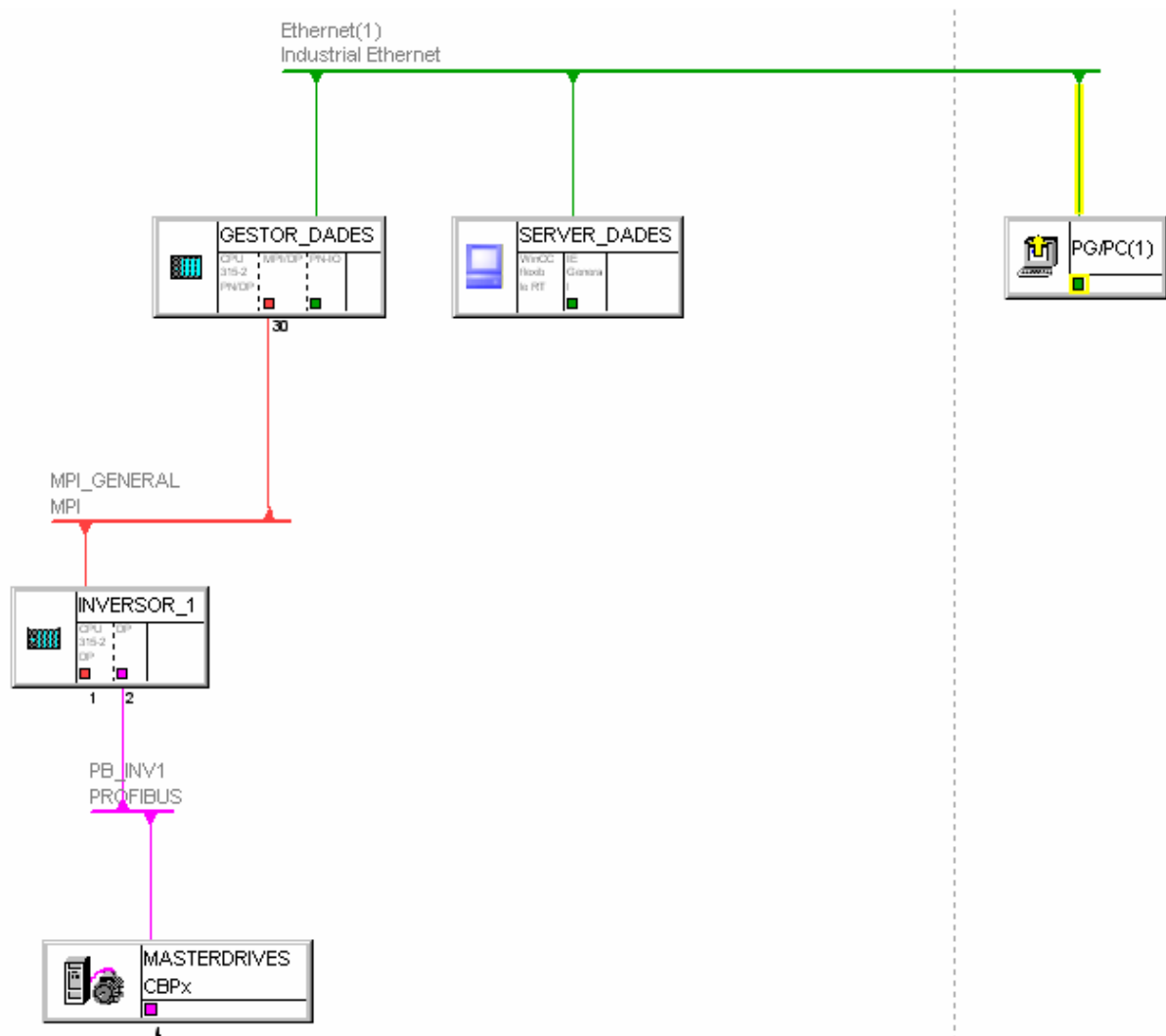


Figura 22. Estructura jeràrquica del software de monitorització

2.13.5 COL·LOCACIÓ DELS MATERIALS

Tots els components es col·locaran muntats en un rack de tipus informàtic de mides 780x600x600. Aquest rack, es col·locarà en el prefabricat, conjuntament amb el quadre de control de subcamps i de protecció en corrent contínua i l'ondulador.

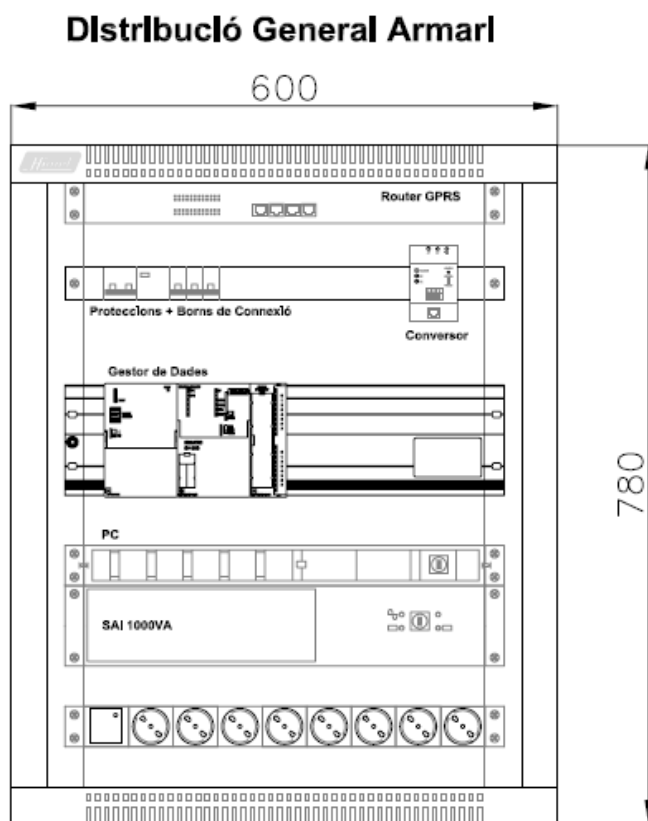


Figura 23. Distribució del rack del sistema de control

Aquest rack (Figura 23. Distribució del rack del sistema de control) 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).

2.13.6 JUSTIFICACIÓ DEL COMPLIMENT DEL REGLAMENT DE PUNTS DE MESURA RD 1110/2007

El sistema de seguiment de la producció actua mitjançant la lectura directa sobre el comptador que es troba en el conjunt de protecció i mesura.

Es tracta d'un comptador model ZIV referència 5CTD-E1C-055402U, trifàsic digital multifunció de quatre quadrants amb una precisió classe 0.5S en energia reactiva.

Aquest comptador disposa d'un sistema autònom de retenció de dades que evita la seva pèrdua davant la absència de tensió d'alimentació. Algunes de les seves característiques són:

- Més de 150 paràmetres mesurats i calculats.
- Display amb sistema de pantalles configurables que ens permet treballar exclusivament amb la informació necessària.
- Precintes jeràrquics d'informació (corba de càrrega, tancaments de facturació i incidències).
- Ports de comunicacions: interfase òptica, RS-232 per companyia, per lectura i programació RS-232 o RS-485 per lectura.
- Envoltant dissenyada segons norma DIN 43859 i dimensions segons norma DIN 43857.
- El comptador disposa de 6 totalitzadors d'energia (3 per la consumida i 3 per la generada).
- L'equip també calcula els següents paràmetres elèctrics: tensió entre fases, corrent per fase, freqüència, factor de potència de fases, potència activa de fases i trifàsica, potència reactiva de fases i trifàsica, potència aparent de fases i trifàsica.

2.14 COMPLIMENT DE PRESCRIPCIONS DE LOCALS MULLATS

No es considera que existeixin locals mullats en la instal·lació fotovoltaica segons la definició d'aquests de la ITC-BT-30.

2.15 ESTUDI ENERGÈTIC I DE RENDIMENTS

Tota instal·lació fotovoltaica per la generació d'energia en règim especial es dimensiona de forma que es pugui aprofitar al màxim l'energia generada aprofitant la màxima exposició possible, el mínim de pèrdues possibles, etc.

2.15.1 DADES DE LA RADIACIÓ SOLAR

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° azimut i a nivell horitzontal (0° d'inclinació).

Actualment a l'Escola Politècnica Superior de Universitat de Girona existeix una estació meteorològica del Departament de Física Ambiental. De fet, les dades d'aquesta estació meteorològica són les que utilitzen precisament l'ICAEN i l'Institut Meteorològic de Catalunya.

Els resultats es poden veure de forma resumida a la Figura 24. Resum de les dades de radiació i climatològiques més importants de la zona.

2.15.2 MÒDULS UTILITZATS

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.

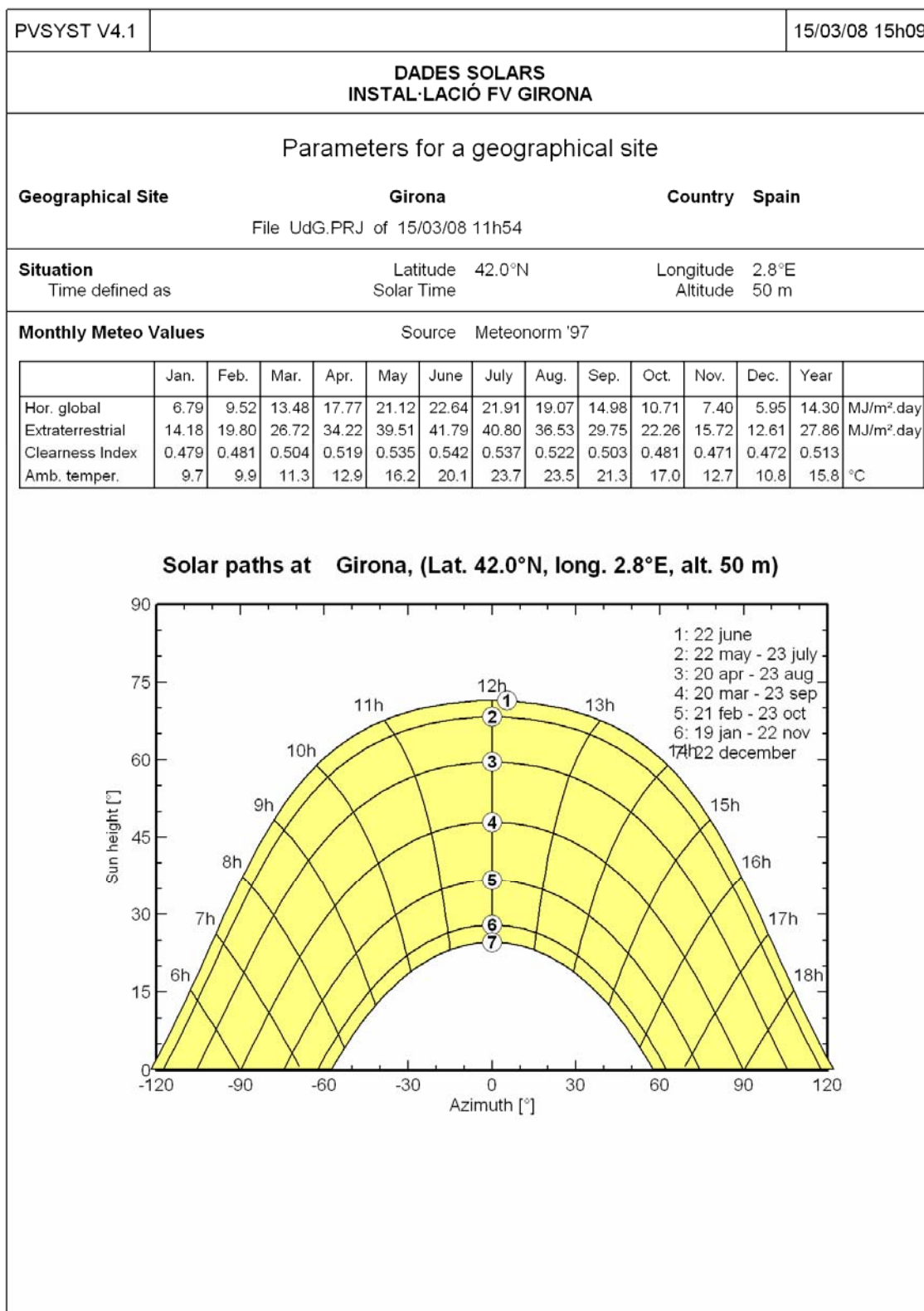


Figura 24. Resum de les dades de radiació i climatològiques més importants de la zona.

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

Les característiques de la placa es detallen en les següents taules:

Dades nominals amb condició de 1000 W/m ² , a 25°C :	
Potència pic màxima	220 W +- 3%
Tensió en circuit obert	36,4 V
Intensitat de curtcircuit	8,30 A
Tensió en el punt de màxima potència	28,80 V
Intensitat en el punt de màxima potència	7,65 A
Màxima tensió del sistema	860 V
Coefficient de variació de la potència pic	-0,35 %/C°

Taula 17. Dades nominals de la placa amb condició de 1000 W/m² a 25 °C

Característiques constructives	
Llargada	1.640 mm
Amplada	1.000 mm
Espessor del marc	42 mm
Pes de la placa	26 kg

Taula 18. Característiques tècniques del mòdul utilitzat

Garantia	
Material	5 anys
Producció	90% de la producció els 10 primers anys i 80% fins als 25 anys
Eficiència	13,44 %

Taula 19. Garantia del mòdul utilitzat

Certificació	
Homologació	TÜV s/ IEC 61215
Seguretat elèctrica	Classe II

Taula 20. certificació del mòdul utilitzat

La capa especial antireflexiva inclosa en el tractament de les cèl·lules, assegura una uniformitat de color en totes les elles, evitant colorejats diferents dintre del mòdul, millorant estèticament el producte. La gran potència d'aquests mòduls fa que siguin els més idonis en grans instal·lacions, en les que el cost d'interconnexió i muntatge és menor que si s'utilitzen més mòduls de menor potència.

Gràcies a la robusta construcció mecànica amb sòlids marcs laterals d'alumini anoditzat, capaços de suportar el pes i dimensions d'aquests mòduls i essent la part frontal de vidre templat antireflectant per sota baix contingut de ferro, aquests equips compleixen amb les estrictes normes de qualitat a les que són sotmesos, suportant les inclemències climàtiques més dures i funcionant eficaçment sense interrupció durant la seva llarga vida útil.

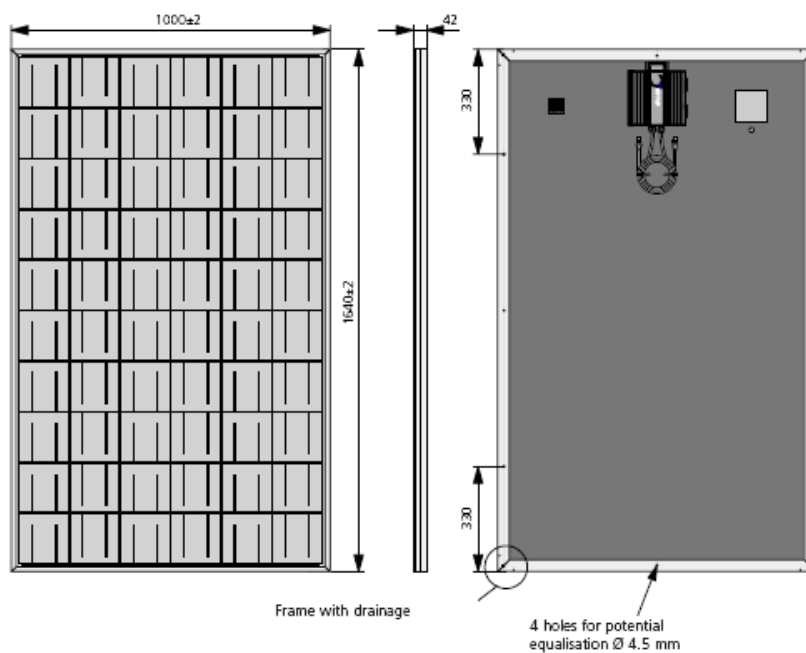


Figura 25. Característiques constructives de la placa utilitzada

Si es vol millorar la temperatura de les cèl·lules dels panells, convé situar-les en llocs que estiguin ben airejats, aquesta és una de les raons per les quals la instal·lació es realitza a la coberta de l'edifici.

2.15.3 CAMP FOTOVOLTAIC

El camp fotovoltaic estarà compost de la següent manera:

Coberta	Disposició de les plaques
Coberta del P-1	72 plaques col·locades en grups de 3 plaques en horitzontal sobre l'altell de l'aula de dibuix.
	68 plaques col·locades en grups de 2 plaques en horitzontal sobre la resta de coberta del P-1 no afectada per ombres.
Coberta del P-1	42 plaques col·locades en grups de 3 plaques en horitzontal sobre l'ala est de l'edifici.
	110 plaques fotovoltaïques en estructures de 2 panells horitzontal.

Taula 21. Composició del camp fotovoltaic

Per altra banda, es considera necessari realitzar un resum de la instal·lació tal qual es detalla en la Taula 22. Característiques globals de la instal·lació.

En tot moment el disseny s'ha realitzat per tal d'ajustar la configuració a les especificacions del fabricant perquè l'ondulador treballi sempre en el punt de màxima potència, o sigui, el punt òptim entre la tensió i la intensitat d'entrada del camp fotovoltaic.

Per la seva banda, l'ondulador ja disposa d'un algoritme intern capaç de buscar en tot moment el punt de màxima potència, un punt oscil·lant, ja que la tensió i la intensitat d'entrada a l'ondulador mai són valors constants.

Concepte	Descripció
Placa fotovoltaica	Nom: Solon P220/6+ 07 Potència: 220 Wp, tolerància: 3% Voltatge V _{mp} /V _{oc} : 28,8/36,40V Intensitat I _{mp} /I _{sc} : 7,65/8,30 A
Ondulador	Nom: Siemens Sinvert Solar Master 1x60 Nombre d'entrades de corrent contínua: 2 Potència nominal/màxima a l'entrada: 60/ 68 kW Potència nominal/màxima a la sortida: 57/ 65 kW Marge de tensions de treball: 450 – 750 V Tensió màxima d'entrada: 900 V
Instal·lació FV de 15x20 panells fotovoltaics	V _{mp} (60°C): 492 V V _{oc} : 814V I _{mp} : 113 A I _{sc} (60°C): 126 A Potència instal·lada: 66 kWp

Taula 22. Característiques globals de la instal·lació

2.15.4 PREVISIÓ ANUAL DE PRODUCCIÓ ELÈCTRICA

Una vegada han estat repassats tots els valors entrats; des de les dades de la instal·lació fins a la composició tècnica d'aquesta, el programa utilitzat en aquest programa (PVSYST) permet simular les dades de producció anual (Figura 26. Simulació de producció 1/4, Figura 27. Simulació de producció 2/4, Figura 28. Simulació de producció 3/4, Figura 29. 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%.

En l'Annex C, càlcul de la previsió de producció anual d'energia elèctrica es detalla els mètodes utilitzats per tal de poder calcular aquests valors. Entre les diferents parts, val la pena mencionar la utilització del mòdul *Near Shadings* del PVSYST.

Aquest mòdul permet crear un entorn virtual en tres dimensions de la instal·lació i dels diferents elements que componen el seu entorn. S'hi poden col·locar els edificis, les plaques fotovoltaïques i altres elements.

Una vegada s'ha creat l'entorn virtual, aquest mateix mòdul permet calcular el factor d'ombres anual. Es tracta del percentatge d'ombres global de la instal·lació en funció de l'altura i inclinació del sol al llarg de l'any.

Es tracta d'un càlcul llarg, però permet simular el veritable rendiment de la instal·lació en base a les possibles ombres existents.

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°C)		U mpp	517 V	I 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 26. Simulació de producció 1/4

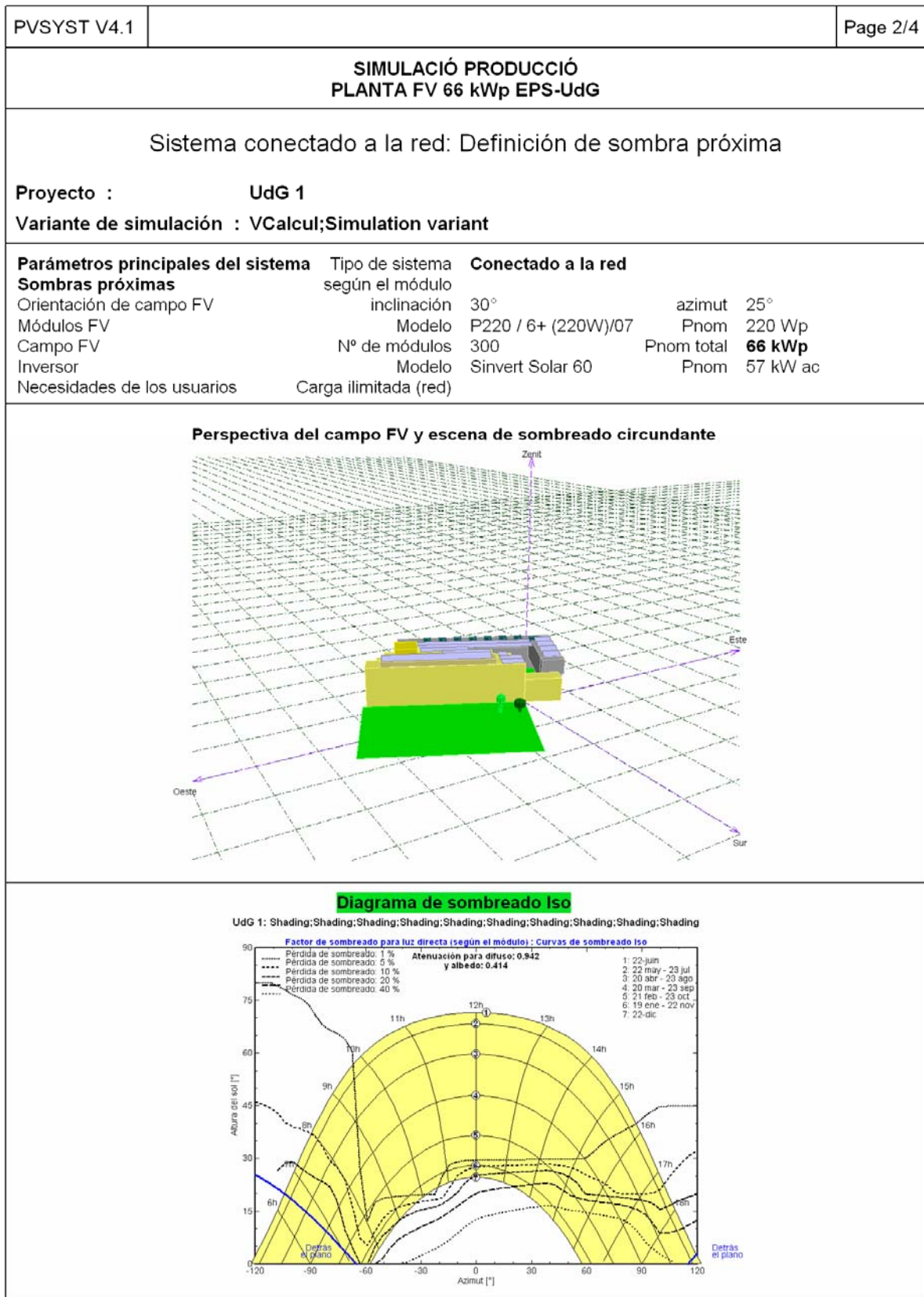


Figura 27. Simulació de producció 2/4

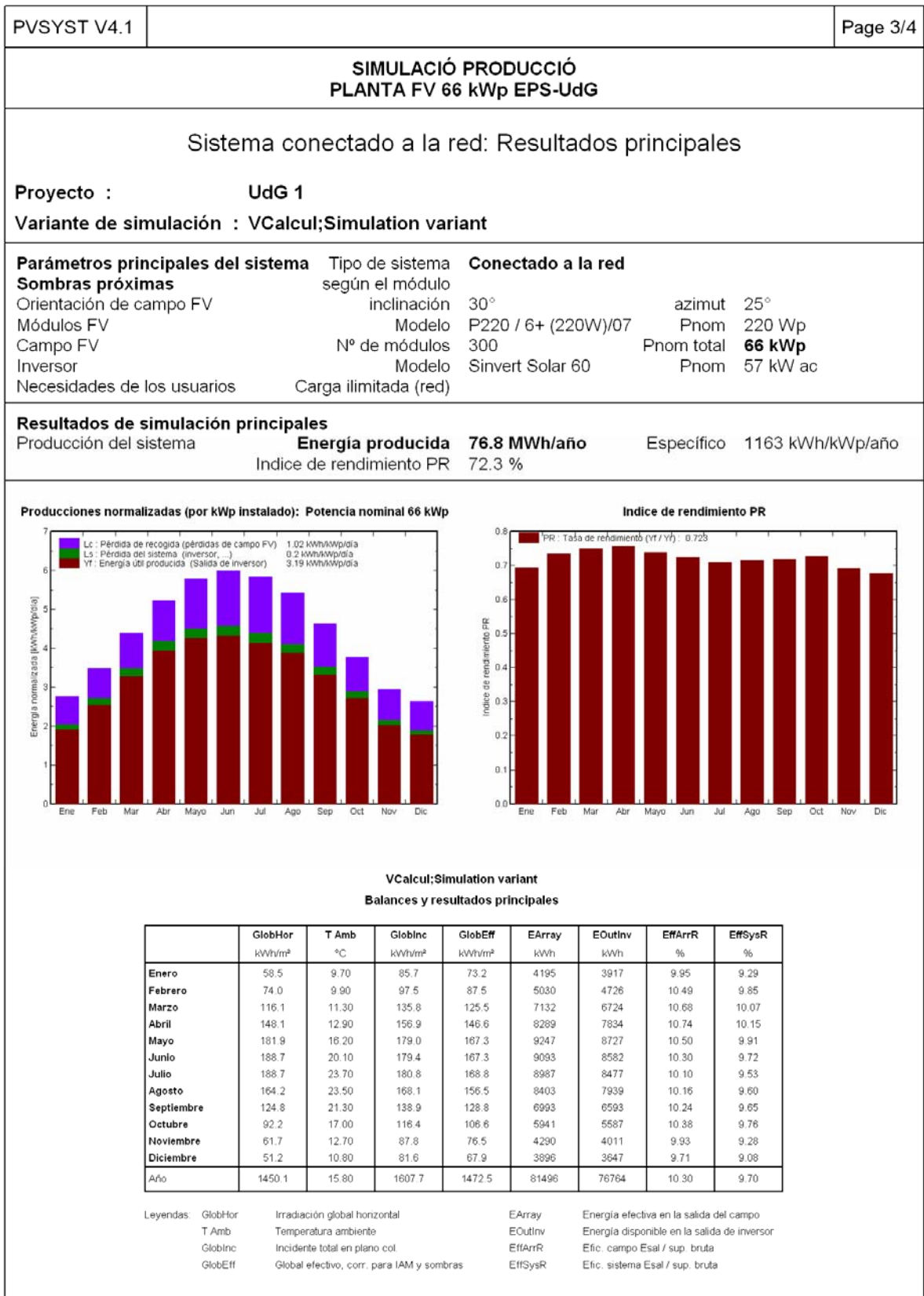


Figura 28. Simulació de producció 3/4

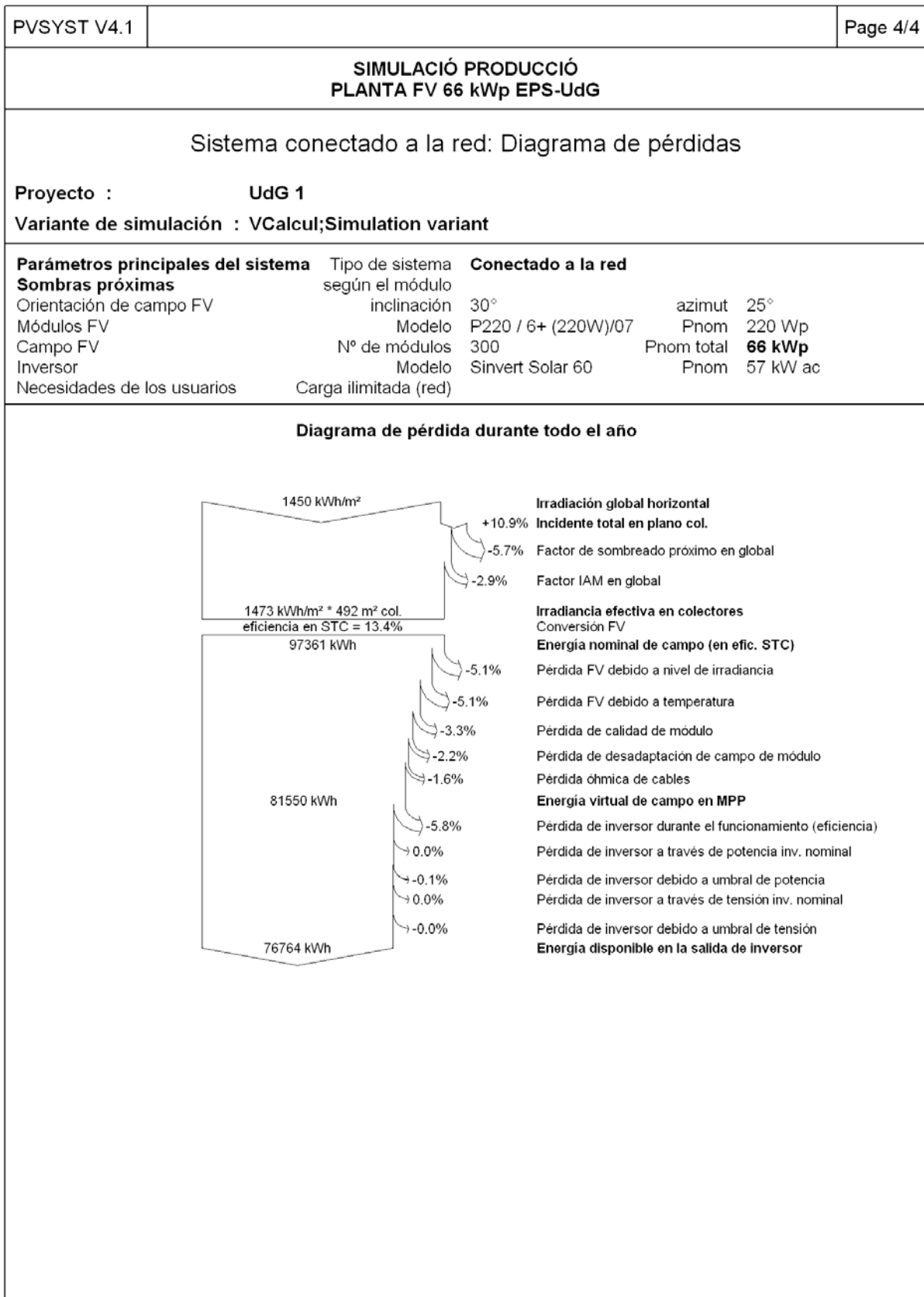


Figura 29. Simulació de producció 4/4

Les simulacions d'ombres també han servit per veure si era necessària una redistribució d'alguns mòduls en base a l'evolució de les ombres (Figura 30. Simulació d'ombres pel 21 de desembre a les 8.00 hora solar, Figura 31. Simulació d'ombres pel 21 de desembre a les 12.00 hora solar, Figura 32. Simulació d'ombres pel 21 de desembre a les 14.00 hora solar).

Les simulacions s'han realitzat per diferents dies de l'any, però l'observació més important ha estat per la simulació del 21 de desembre (el dia en què l'altura solar té el valor mínim), per tal de veure si la separació entre plaques és correcta en base als càlculs realitzats en l'Annex B.

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 aquest projecte i en l'annex A.

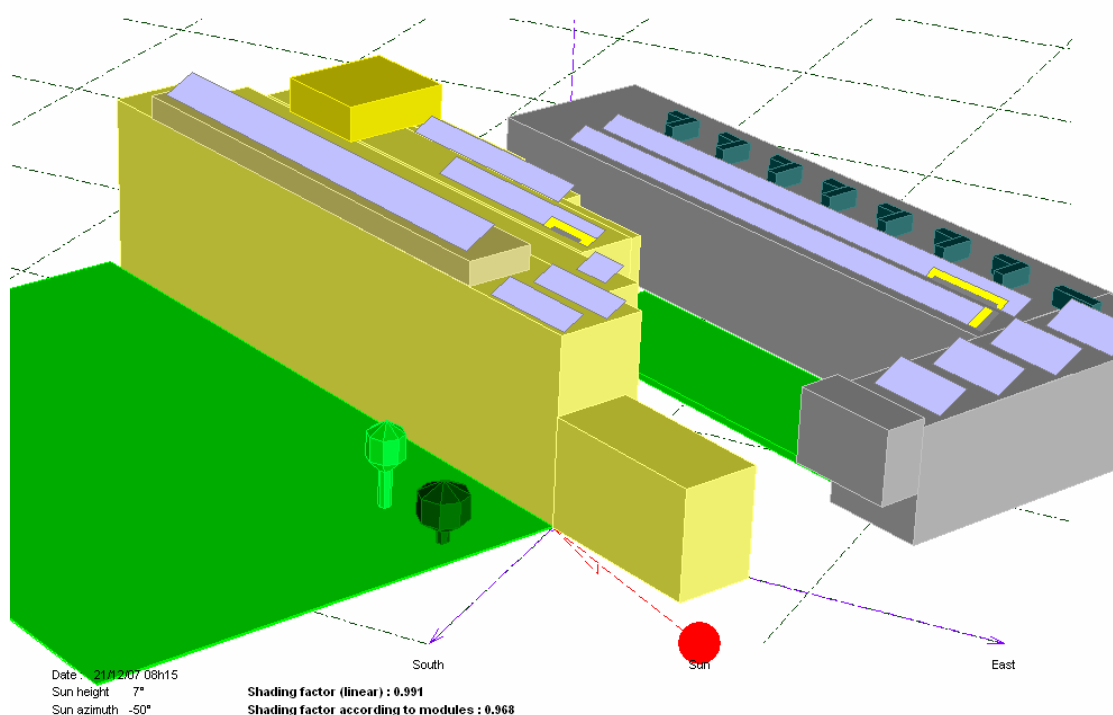


Figura 30. Simulació d'ombres pel 21 de desembre a les 8.00 hora solar

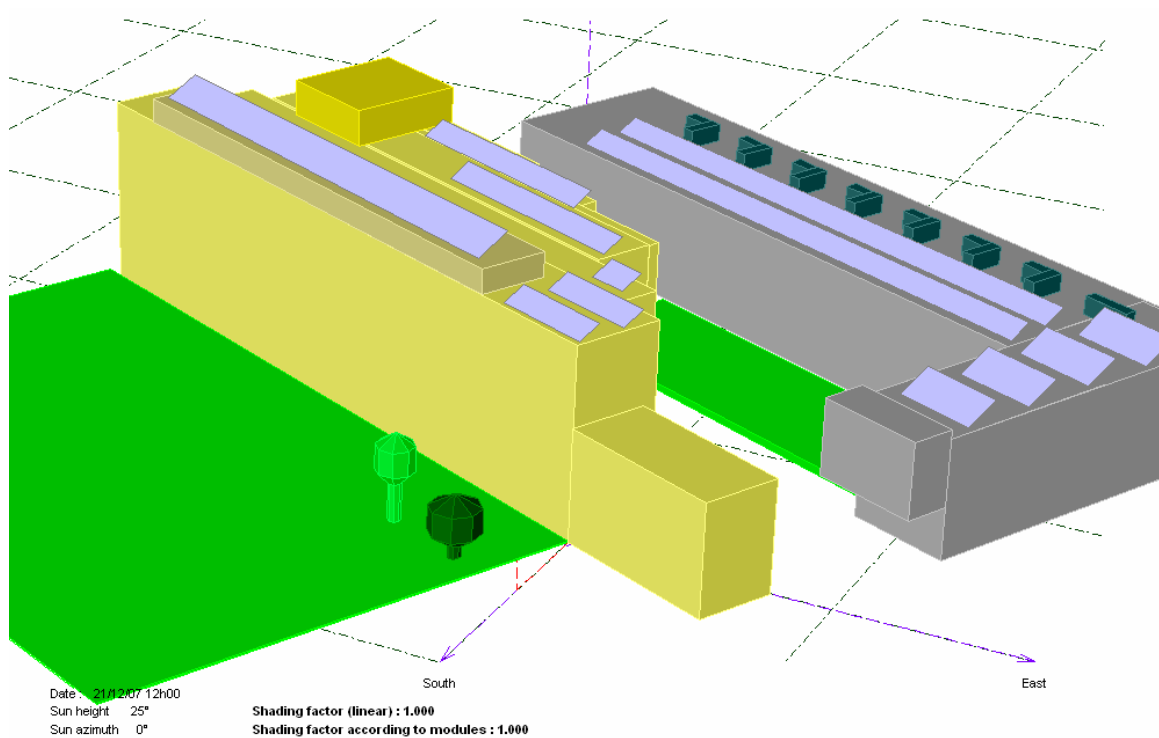


Figura 31. Simulació d'ombres pel 21 de desembre a les 12.00 hora solar

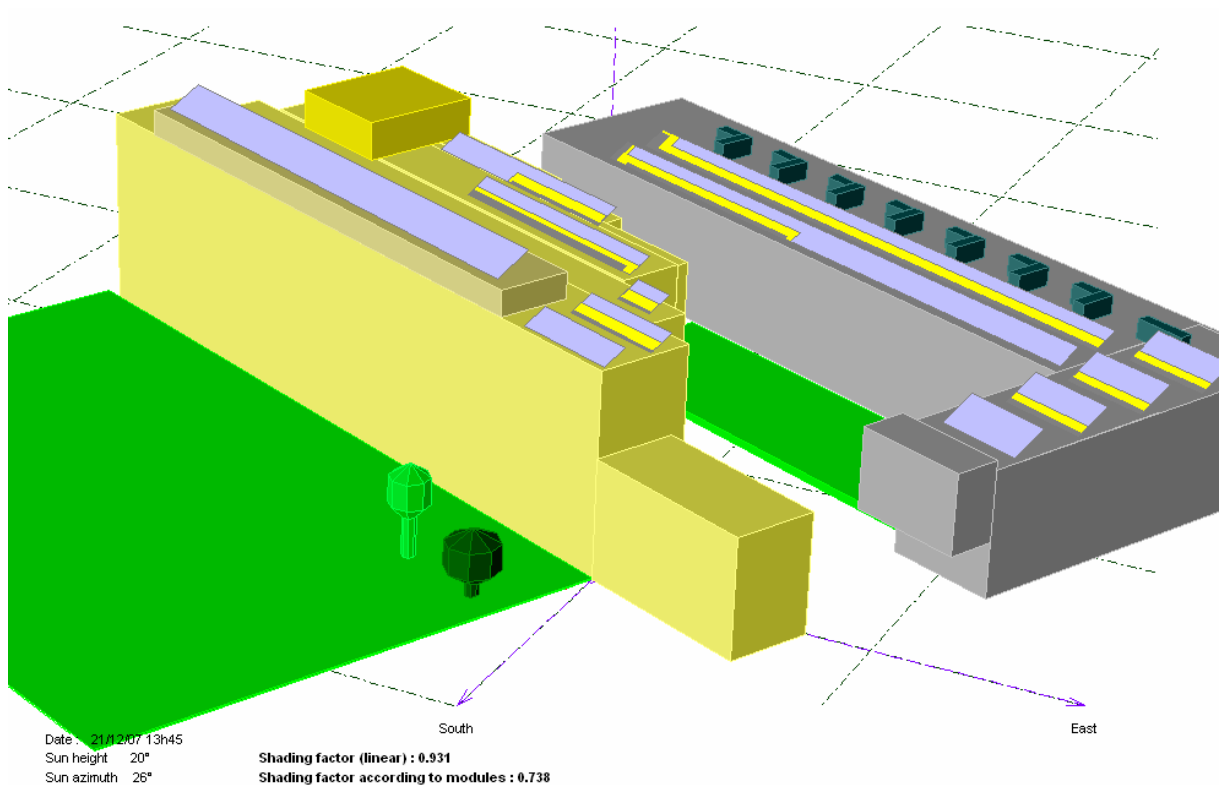


Figura 32. Simulació d'ombres pel 21 de desembre a les 14.00 hora solar

3 CÀLCULS JUSTIFICATIUS

A continuació es detallen part dels càlculs realitzats en els diferents annexes que componen el projecte. En aquest apartat, s'hi ha resumit els càlculs més significatius.

3.1 COMPLIMENT DE LA LEGISLACIÓ ECTROTOTÈCNICA APLICABLE

Les normes, reglaments i instruccions de referència que regeixen la majoria de projectes fotovoltaics són:

- Llei 54/1997, de 27 de novembre, del Sector Elèctric (BOE núm. 285, 28/11/1997).
- Real Decret 661/2007, de 25 de maig, pel qual es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial (substitueix el Real Decret 436/2004, de 12 de març).
- Real Decret 1955/2000, d'1 de desembre, sobre procediments d'autorització de les instal·lacions de producció, transport i distribució d'energia elèctrica (BOE núm. 310 de 27/12/2000).
- Decret 308/1996, d'1 de setembre, pel qual s'estableix el procediment administratiu per a l'autorització d'instal·lacions de producció d'energia elèctrica en règim especial a Catalunya (DOGC núm. 2257 de 18/09/1996).
- Real Decret 1663/2000, Real Decret sobre la connexió de instal·lacions fotovoltaïques en la xarxa de baixa tensió.
- Decret 352/2001, de 18 de setembre, sobre procediment administratiu aplicable a les instal·lacions d'energia solar fotovoltaïca connectades a la xarxa elèctrica (DOGC 3544, de 2/1/2002).

- Real Decret 842/2002, de 2 d'agost pel que s'aprova el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió i les instruccions tècniques complementàries (ITC-BT-01 a ITC-BT-51).
- Decret 363/2004, de 24 d'agost, pel qual es regula el procediment administratiu per a l'aplicació del Reglament electrotècnic per a baixa tensió.
- Ordre 14/05/87 per la qual es regula el procediment d'actuació del Departament d'Indústria i Energia per a l'aplicació del R.E.B.T. mitjançant la intervenció de les EIC de la Generalitat de Catalunya i la seva posterior modificació Ordre del 28/11/00.
- Codi Tècnic de l'edificació. DB-SE-AE (Acciones en la edificación). Aprovat per Real Decret 314/2006.
- UNE-EN 61173:98 "Protecció contra les sobretensions dels sistemes fotovoltaics (FV) productors d'energia".
- UNE-EN 61727:96 "Sistemes fotovoltaics (FV). Característiques de la interfície de connexió a la xarxa elèctrica".
- EUROCODI 1: UNE-ENV 1991-1-4. Accions en estructures. Accions generals. Accions de vent.
- UNE EN 61215:1997. Mòduls fotovoltaics (PV) de silici cristal·lí para l'aplicació terrestre. Qualificació del disseny i aprovació del tipus.
- Resolució del 31 de Maig de 2001 per la que s'estableixen el model de contracte tipus i model de factura per les instal·lacions solars fotovoltaiques connectades a la xarxa de baixa tensió.
- RD 1110/2007 per el qual s'aprova el reglament unificat de punts de mesura del sistema elèctric (BOE 224, de 18-9-2007.).

3.2 CÀLCUL DE LÍNIES DE C.C. I C.A.

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%.

3.2.1 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:

$$R = \frac{2 \cdot \rho \cdot L}{S} \quad (\text{Eq. 1})$$

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

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

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

$$P_p = I^2 \cdot R \quad (\text{Eq. 3})$$

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/mm ² /m
Temperatura del cable	70 °C

Taula 23. Característiques de la instal·lació de corrent contínua

Subcamp	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 24. 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 25. 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 %.

3.2.2 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.

$$\delta = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I_L \cdot \cos \varphi}{S} \quad (\text{Eq. 4})$$

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 26. Característiques de la instal·lació de corrent alterna. Pèrdues

3.3 VENT. DIMENSIONAMENT DE SUPORTS I ESTRUCTURES

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, qe pot expressar-se com:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad (\text{Eq. 5})$$

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:

$$P_d = 0.6 \cdot v^2 \quad (\text{Eq. 6})$$

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.

3.3.1 CÀLCUL DE LA PRESSIÓ DINÀMICA

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/m ²
Pressió vertical	-159,07 kg/m ²

Taula 27. 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
Coefficient 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/m ²
Pressió vertical	110,29 kg/m ²

Taula 28. Càlcul de la pressió vertical en efecte descendent.

3.3.2 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.

Edifici	Variable	Valors
Altell aula dibuix P-1	Nombre de plaques	72 plaques
	Pressió estructura i plaques	9.31 kg/m ²
	Pressió total ascendent	-71,65 kg/m ²
	Pressió total descendent	65,44 kg/m ²
Ala est P-1	Nombre de plaques	24 plaques
	Pressió estructura i plaques	6,15 kg/m ²
	Pressió total ascendent	-47,36 kg/m ²
	Pressió total descendent	43,26 kg/m ²
Resta de coberta P-1	Nombre de plaques	44 plaques
	Pressió estructura i plaques	6.41 kg/m ²
	Pressió total ascendent	-49,34 kg/m ²
	Pressió total descendent	45,07 kg/m ²
Coberta P-3	Nombre de plaques	160 plaques
	Pressió estructura i plaques	6.58 kg/m ²
	Pressió total ascendent	-50,60 kg/m ²
	Pressió total descendent	46,22 kg/m ²

Taula 29. Càlculs per la coberta del P-3

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 (neu, vent, etc.)

Per altra banda, els valors de les pressions total ascendent i descendent tampoc posen en perill la teulada existent (P-1, formigó reticulat de cantell 25+4 cm i P-3, llosa de formigó de 25 cm de cantell).

Per tant, observant els valors resultants de l'estudi es pot donar per vàlida la col·locació dels mòduls fotovoltaics sobre les cobertes seleccionades.

3.4 TEMPERATURA. INCIDÈNCIA DE LA TEMPERATURA EN ELS DIFERENTS ELEMENTS

La incidència de la temperatura en els mòduls fotovoltaics ja ha estat calculada en la simulació de la instal·lació i en el disseny tècnic per part del simulador PVSYST . 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 onduladors.

3.4.1 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.

3.4.2 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.

3.4.3 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.

3.5 XARXES DE POSADA A TERRA

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 general de l'edifici. En el cas en què la distància entre les plaques i el parallamps fos inferior a 1 metre, aquesta s'uniria amb el terra del parallamps de l'edifici sempre i quan fos possible.
- 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:

$$R_a = I_a \leq U \quad (\text{Eq. 7})$$

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:

$$R_a = \frac{\text{Resistència a terra part C.C.}}{\text{Impedància corporal} + \text{impedància de calçat}} \quad (\text{Eq. 8})$$

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

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 30. Càlcul de la tensió de contacte en corrent alterna

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 31 . Justificació i càlcul de la tensió de contacte en corrent contínua.

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

3.6 CÀLCUL DE LA INTENSITAT DE CURT-CIRCUIT

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:

$$I_{cc} = \frac{0.8 \cdot V}{R} \quad (\text{Eq. 9})$$

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:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S} \quad (\text{Eq. 10})$$

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 (mm^2).

Així doncs, el càlcul de la intensitat de curt-circuit de l'inversor fins al conjunt de protecció i mesura suposant una distància de 60 metres amb cable de secció de 70 mm^2 , serà:

$$R = \frac{0,018 \cdot 60}{70} = 0,01543 \Omega$$

$$I_{cc} = \frac{0,8 \cdot 400}{0,01543} = 20.740\text{A} = 20.7\text{kA}$$

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.

4 ANALISI I DESENVOLUPAMENT FINANCER DE LA INSTAL·LACIÓ

En els últims temps hi ha hagut un important desenvolupament en l'espai de les inversions amb energia solar perquè el preu actual al que es retribueix el kilowatt hora és el més elevat de les diferents tipologies de producció d'energia elèctric en règim especial aconseguint una amortització i beneficis assegurats.

De fet, alguns bancs i empreses ofereixen aquests serveis en el seu catàleg d'inversions als seus clients. Tot i així, aquestes inversions estan orientades cap a grans capitals i no cap a petites inversions. Així doncs, el present projecte intenta ser una iniciativa per facilitar que els petits capitals puguin gaudir d'aquesta rendibilitat que ofereixen les energies renovables.

4.1 EVOLUCIÓ DEL MARC LEGISLATIU DE L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A l'annex A, tecnologia i desenvolupament de l'energia solar fotovoltaica es detalla el conjunt de normativa que afecta a l'energia solar fotovoltaica i l'evolució d'aquesta.

Actualment, el marc legislatiu de l'energia solar fotovoltaica es troba regulat per el Real Decret 661/2007 del 25 de Maig per el qual es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica amb 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.

El règim especial i en concret, l'energia solar fotovoltaica ha passat per diferents escenaris legislatius d'ençà de l'any 1980. Aquests diferents escenaris han potenciat una tipologia o altre de producció d'energia.

Any	Llei	Descripció
1980	82/1980	Llei de conservació de l'energia. Només definia uns objectius per millorar l'eficiència de la producció d'energia per reduir la dependència energètica.
1994	RD 2366/1994	les instal·lacions productores d'energia en règim especial podien cedir la seva energia excedentària a l'empresa comercialitzadora més pròxima. El preu es fixava cada any.
1997	Llei 54/1997 del Sector Elèctric	Separació entre els productors d'energia elèctrica en règim ordinari i els de règim especial.
2000	RD 1663/2000	Instruccions per la connexió de les instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de distribució elèctrica.
2004	RD 436/2004	Classificació de les diferents tipologies de producció en règim especial. Classificació de l'energia solar fotovoltaïca i retribució de l'energia produïda amb el 575% de la T.M.R. Preu i actualització fixats per 25 anys.
2005	PER 2010	Pla d'Energies Renovables de l'estat espanyol. Objectius de 400MW amb energia solar fotovoltaïca.
2006	RD 314/2006	Aprovació del nou C.T.E., on es fixa una possible contribució mínima d'energia solar fotovoltaïca en els edificis.
2007	RD 661/2007	Fixació d'un preu per la producció amb energia solar fotovoltaïca a 0.44 €/kWh. Mesures regulatòries (Avals bancaris).
2007	Proposta de Real Decret	Fixació d'una possible nova retribució en base a l'assoliment dels objectius del PER 2005-2010 per aplicar-se a partir del setembre del 2008.

Taula 32. Evolució del marc legislatiu de l'energia solar fotovoltaïca

Tal com es pot veure a la Figura 33. Evolució del nombre d'instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa (Font: Asif), el creixement de les instal·lacions fotovoltaïques en règim especial ha estat exponencial a partir de l'any 2004.

Aquest fet ha provocat que a data del setembre de l'any 2007 s'assolís el 85% de la potència prevista en el Pla d'energies renovables de l'estat espanyol fixat en 400 MW tal com es mostra a la Taula 33. Assoliment dels objectius del PER 2005-2010 en energia solar fotovoltaïca .

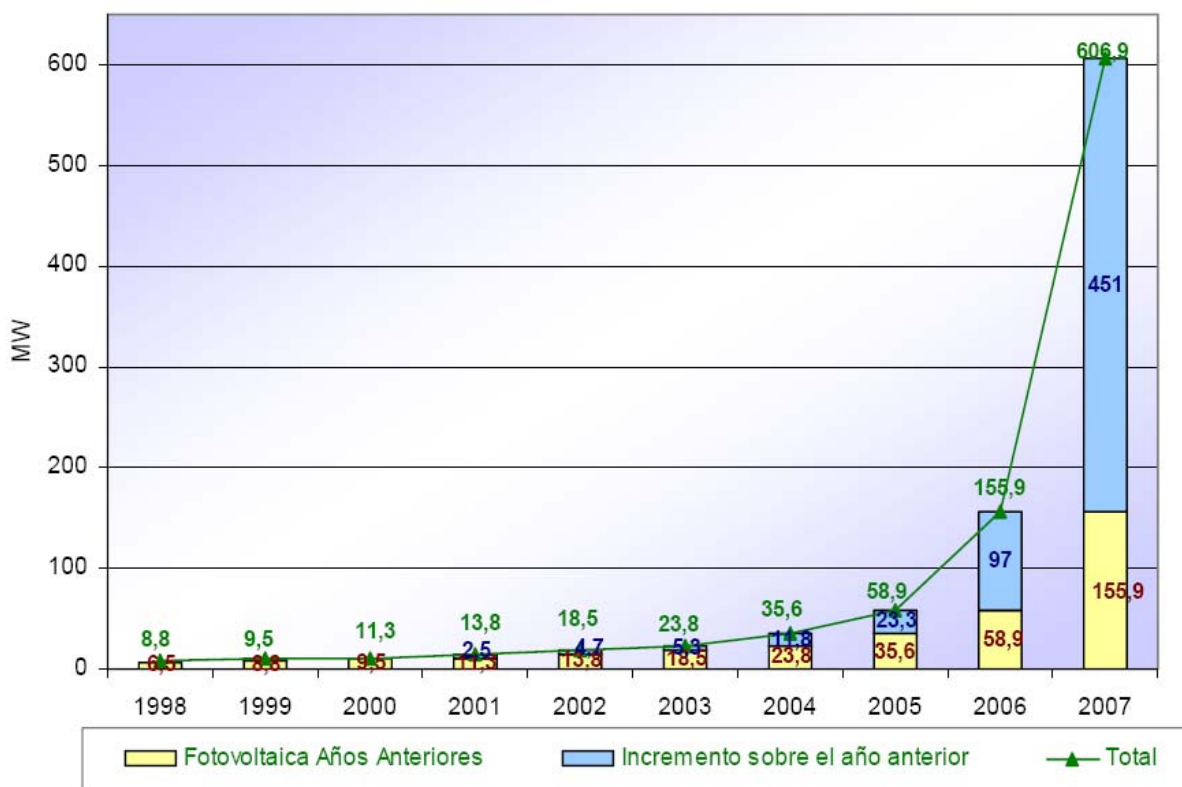


Figura 33. Evolució del nombre d'instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa (Font: Asif)

Segons una clàusula del RD 661/2007, en arribar a aquest límit, el secretari d'estat d'energia havia de remetre una proposta de retribució d'aquesta tecnologia a la C.N.E.

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 33. Assoliment dels objectius del PER 2005-2010 en energia solar fotovoltaica

La proposta, realitzada pel secretari d'estat d'energia proposa l'aplicació d'un Real Decret a partir del setembre del 2008 fixa el preu de la producció en kWh en funció del tipus d'instal·lació fotovoltaica:

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	Totes les potències	31,00

Taula 34. Proposta de retribució de l'energia solar fotovoltaica a partir del setembre del 2008

4.2 PLANING D'EXECUCIÓ

L'execució de la instal·lació està prevista amb un mes i mig per la realització del conjunt de les tasques, inclosa la interconnexió amb la companyia elèctrica. El plànning d'execució inclou els següents conceptes:

Tasca	Color
Recepció i assignació de tot el material	
Muntatge estructura de fixació	
Fonamentació i col·locació del prefabricat	
Col·locació dels mòduls fotovoltaics	
Connexió dels mòduls fotovoltaics	
Muntatge de safates i extensió de les línies fins al prefabricat	
Connexionat dels subcamps al quadre de protecció de corrent contínua	
Ponts de connexió entre quadre de connexió i ondulador	
Ponts de connexió entre ondulador i escomesa	
Realització dels treballs d'interconnexió amb la línia elèctrica	
Desenvolupament del programa de control	
Realització de proves de la instal·lació (control, posada en marxa)	
No laborable	

Taula 35. Classificació de les activitats del plànning

El conjunt de tasques anteriorment definit inclou un total de 1.977 hores a distribuir en 24 dies laborables. La mitjana resultant és de 82 hores per dia, la qual cosa significa un nombre entre 9 i 10 treballadors treballant per dia de forma simultània.

Tot i així, hi ha diverses tasques que no es desenvoluparan de forma simultània a peu d'instal·lació, com per exemple, la programació del sistema de control.

Setmana	Número de dia	tasques	
1a setmana	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
2a setmana	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
3a setmana	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
	21		

Setmana	Número de dia	tasques	
4ta setmana	22		
	23		
	24		
	25		
	26		
	27		
	28		
5a setmana	29		
	30		
	31		
	32		
	33		
	34		
	35		
6 setmana	36		
	37		
	38		
	39		
	40		
	41		
	42		

Taula 36. Plànning d'execució de la instal·lació

Els terminis fixats per la interconnexió són uns terminis estimats per la mateixa companyia elèctrica distribuïdora (Fecsa Endesa).

4.3 ESTUDI DE VIABILITAT

L'estudi de viabilitat permetrà determinar si el preu de retribució de l'energia produïda respecte el cost total de la instal·lació permet realitzar una inversió rentable, o sigui, determinar el retorn de la inversió i calcular el marge de rendibilitat d'aquesta.

A l'annex E, estudi de viabilitat econòmica, es detalla els resultats que s'exposen en els punts que segueixen a continuació, en base a la interacció de diferents paràmetres entre ells.

4.3.1 DEFINICIÓ DELS DIFERENTS PARÀMETRES

Els diferents paràmetres que interaccionen en l'estudi de viabilitat d'una instal·lació fotovoltaica s'exposen a la següent taula:

Paràmetre	Descripció
Potència instal·lada	Total de panells fotovoltaics instal·lats.
Preu de facturació (€/kWh)	Preu regulat per llei segons Real Decret vigent el qual es garanteix que es pagarà el kWh produït.
Producció estimada anual de la planta	Valor simulat de la producció de la planta anual en kw/kwp instal·lat en base al disseny efectuat.
Pèrdua de capacitat anual de producció	1% (brutícia, pèrdua de rendiment, etc.).
Manteniment de la planta	Revisions periòdiques, comprovacions, reparacions de desperfectes.
Assegurança multirisc	Assegurança de la producció segons consideració d'instal·lació industrial.
Despeses d'administració	Vigilància del funcionament, gestió de factures elèctriques i interacció amb el gestor de xarxa.
Previsió d'increment d'IPC	Afecta a l'actualització del preu de la prima.
I.V.A.	16% que es grava sobre el preu total de la instal·lació.
Desgravació Medi Ambient	Desgravació del 6% del valor de la planta segons l'Article 114 de la Llei 35/2006.

Taula 37. Paràmetres bàsics de l'anàlisi de viabilitat d'una instal·lació fotovoltaica

4.3.2 INTERACCIÓ DELS DIFERENTS PARÀMETRES

Una vegada s'han definit els anteriors paràmetres, es pot veure com interaccionen entre ells:

$$\text{Total inversió} = \text{Pot. instal·lada (kWp)} \cdot \text{Preu instal·lació (€/kWp)} \quad (\text{Eq. 11})$$

$$\text{Evolució del preu de facturació de l'energia produïda} = \text{Preu actual (€)} \cdot \left(1 + \frac{\Delta \text{IPC}}{100}\right) \quad (\text{Eq. 12})$$

$$\text{Producció anual estimada} = \text{Producció estimada (kWh/kWp)} \cdot \text{Potència instal·lada (kWp)} \cdot \left(1 - \frac{\Delta \eta}{100}\right) \quad (\text{Eq. 13})$$

$$\text{Total de despeses operatives} = \sum (\text{manteniment, assegurança i administració}) \cdot \left(1 + \frac{\Delta \text{IPC}}{100}\right) \quad (\text{Eq. 14})$$

$$\text{Cash Flow} = \sum (\text{ingressos}) - \sum (\text{despeses}) \quad (\text{Eq. 15})$$

$$\text{Rendiment de la inversió} = \frac{\text{Cash flow}}{\text{Total Inversió}} \quad (\text{Eq. 16})$$

4.3.3 COST TOTAL DE LA INVERSIÓ

Així doncs, vistos els anteriors paràmetres i despeses, el cost total de la inversió serà el següent:

$$\text{Cost total de la inversió} = \text{Inversió total neta} + \text{I.V.A (16\%)} - \text{Capital creació S.L.} \quad (\text{Eq. 17})$$

Si se sumen els paràmetres de l'anterior fórmula, combinats amb els valors mostrats al document 5, pressupost, el cost total de la inversió serà de **447.199,00 €**

4.3.4 SIMULACIÓ DE LA INVERSIÓ

El nombre de participacions s'ha fixat en 148 inversions, a 3.022 € la participació.

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	€
Producció estimada anual planta	1.192	kW / kWp
Pèrdua de capacitat producció anual	1,00%	Anual

Taula 38. Total d'ingressos i inversions de la instal·lació projectada

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 39. Total de despeses operatives de la planta

Per simular el benefici econòmic i el retorn de la inversió, s'ha utilitzat una fulla d'excel dissenyada per tal fi 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.

4.3.5 RESULTATS SEGONS ITC 3860/2007

La ITC 3860/2007 fixa l'actualització de la prima per energia solar fotovoltaica per l'any 2007 en 0,4551€/kWh produït. La simulació dels valors econòmics els següents valors (a l'annex E, Estudi de viabilitat econòmica es poden consultar al detall les taules resultants d'aquesta simulació):

Valors globals de la instal·lació	
Producció mitja anual	69.917,32 kW
Facturació mitjana anual	44.409,03 €
Cash Flow mitjà anual	37.671,36 €
Rendiment mig anual segons inversió	9,84 %

Taula 40. Valors de rendiment econòmic globals de la instal·lació

Facturació mitjana anual	253 €
Saldo inicial	- 3.022 €
Saldo final acumulat	+ 3.911 €
Retorn de la inversió	11è any

Taula 41. Valors de rendiment econòmic a nivell de participació

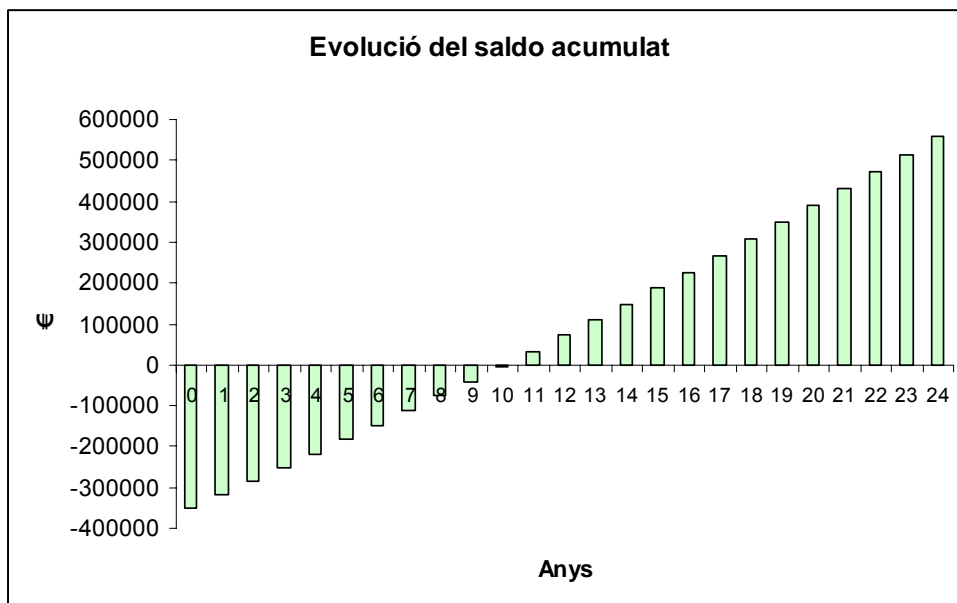


Figura 34. Evolució del saldo acumulat per el global de la instal·lació

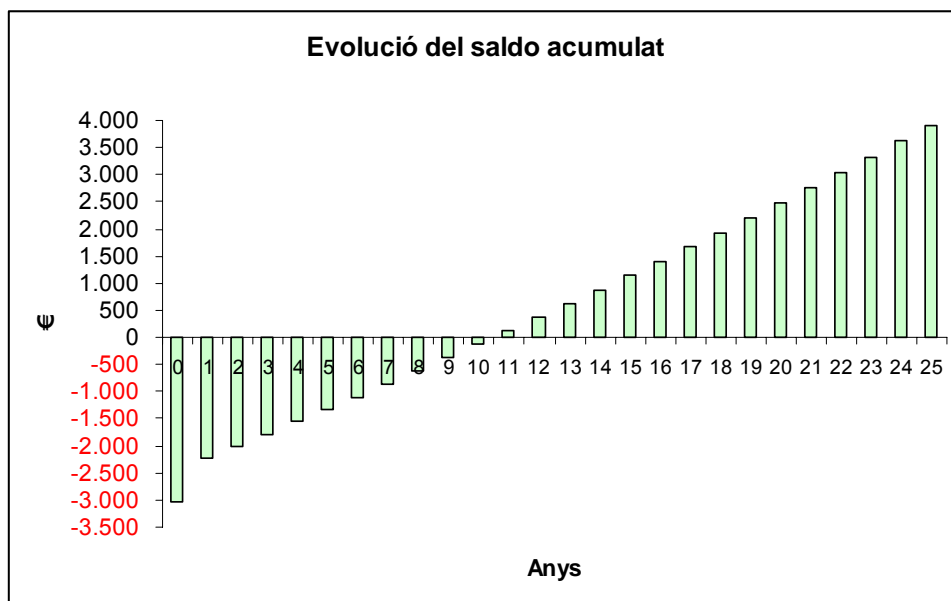


Figura 35. Evolució del saldo acumulat per participació

4.3.6 RESULTATS SEGONS PROPOSTA DE REAL DECRET DEL 27/09/07

La simulació dels valors econòmics segons l'actual preu fixat per la ITC 3860/2007 i durant 25 anys ha donat els següents valors (a l'annex E, Estudi de viabilitat econòmica es poden consultar al detall les taules resultants d'aquesta simulació):

Valors globals de la instal·lació	
Producció mitja anual	69.917,32 kW
Facturació mitjana anual	38.041,21 €
Cash Flow mitjà anual	31.303,54 €
Rendiment mig anual segons inversió	8,17 %

Taula 42. Valors de rendiment econòmic globals de la instal·lació

Facturació mitjana anual	203 €
Saldo inicial	- 3.022 €
Saldo final acumulat	+ 2.835 €
Retorn de la inversió	13è any

Taula 43. Valors de rendiment econòmic a nivell de participació

La reducció del preu de la producció del kwh en més d'un 14% ha produït una baixada de més de 1.6% en la rendibilitat de la instal·lació. Tot i així, un rendiment mig de la inversió d'un 8.17% pot suposar una bona alternativa a plans d'estalvis a llarg termini, amb millors condicions que les que ofereixen les entitats bancàries.

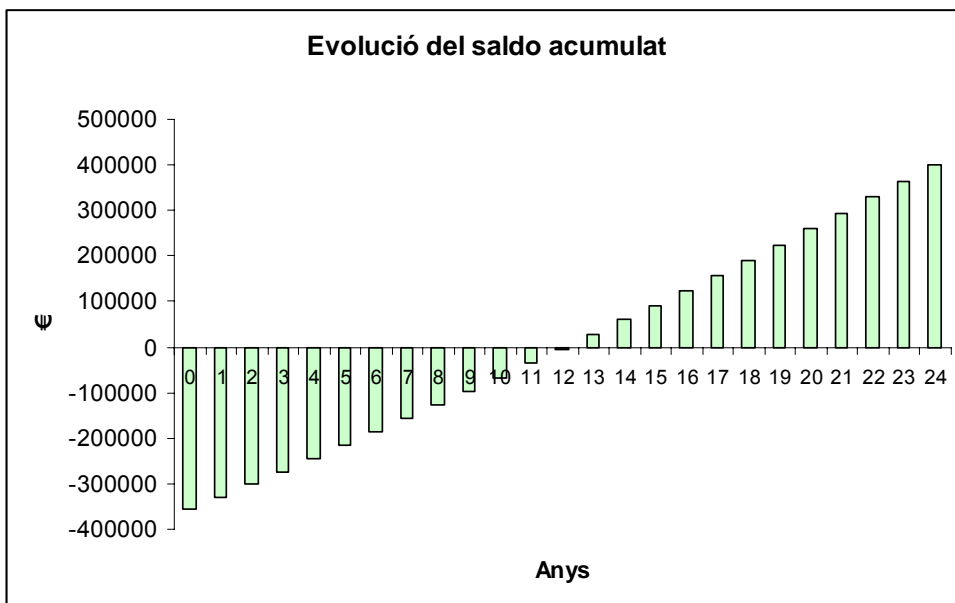


Figura 36. Evolució del saldo acumulat per el global de la instal·lació

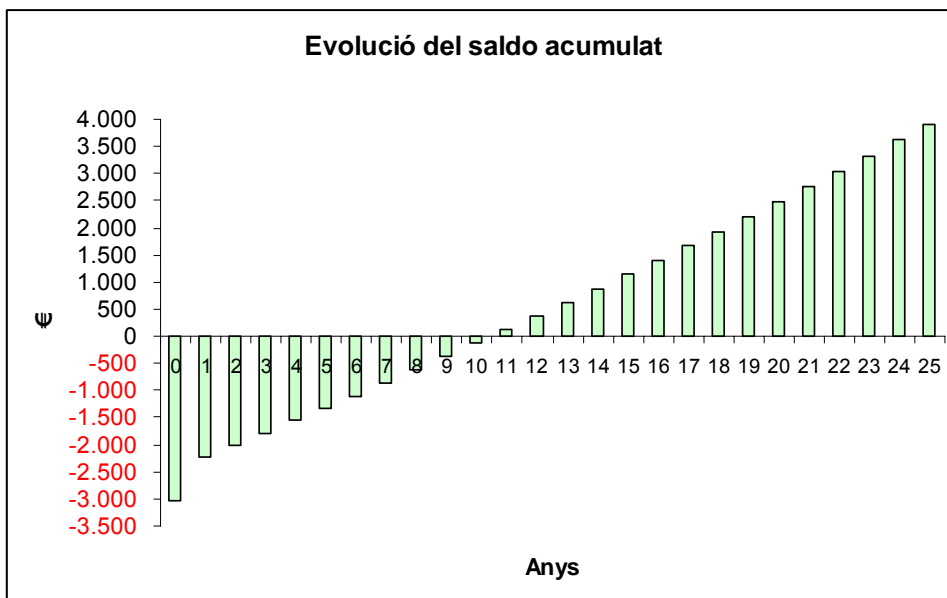


Figura 37. Evolució del saldo acumulat per participació

4.3.7 BENEFICI MEDIAMBIENTAL DE LA INSTAL·LACIÓ

Invertir en energia solar fotovoltaica és, a part d'un projecte financer, una diversificació de les inversions i l'acció d'impulsar el desenvolupament mediambiental i en conseqüència reduir les emissions de CO₂.

A més, per part del propietari, el fet de disposar d'una instal·lació fotovoltaica millora la imatge d'aquest davant de la societat i l'indueix a un ús racional de l'energia prenent una major conscienciació energètica.

A partir de les dades de la simulació de producció anual d'energia elèctrica i en base a les dades donades per l'Institut Català d'Energia (ICAEN), la producció d'energia elèctrica en aquest país es basa en diferents tipologies de fonts energètiques. D'aquestes, les que podrien no ser catalogades dins el grup d'energies renovables o en el de règim especial serien les següents:

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, cicle combinat	0.26

Taula 44. kg de CO₂ per kWh segons tecnologia de producció

A part de veure la reducció global de la instal·lació, també s'estudiarà a nivell de participació. Segons les dades de la C.N.E., el consum mig per un habitatge és de 121 per kWh per mes i persona.

Així doncs, si la mitjana d'habitants és de 3 persones per habitatge, el consum seria de 4356 kWh/any.

Mes	Simulació de producció (kWh)	Emissió de kg de Co2/ kWh segons tecnologia			Reducció de kg de CO2 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 tonelada de CO2					1.208,87 €	965,61 €	418,92 €

Taula 45. Reducció de kg de CO2 segons tipus de tecnologia

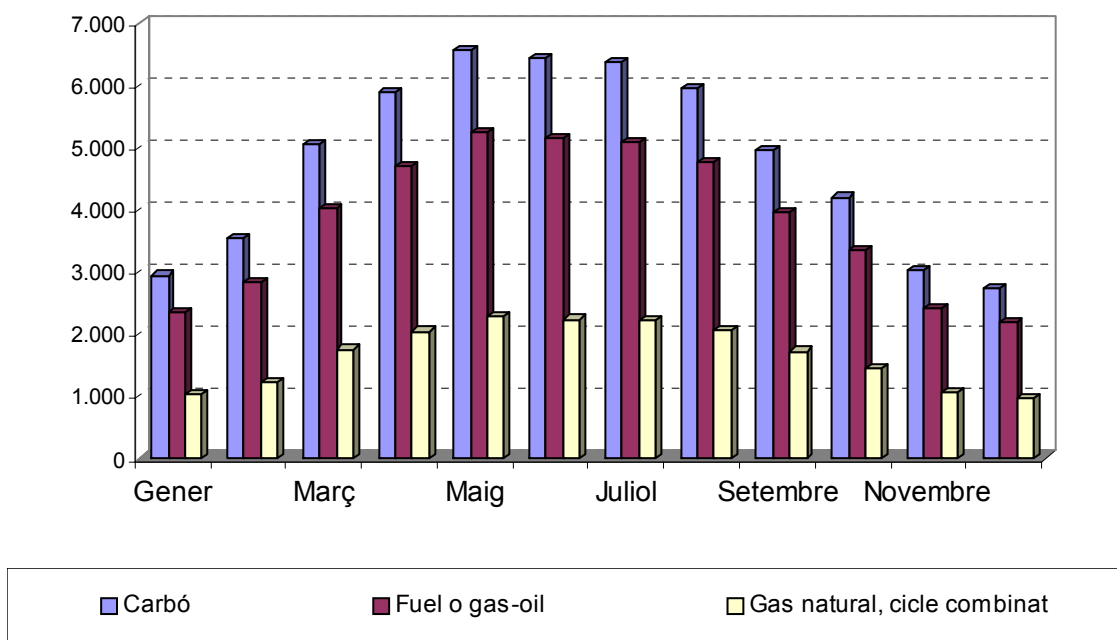


Figura 38. Representació gràfica de la reducció de kg de CO2

Producció anual de la planta	1192 kWh/kWp/any
Potència instal·lada	66 kWp
Producció esperada	76758 Kwh/any
Nombre de participacions	148
Producció esperada per participació	518.64 kWh/any
Consum elèctric per habitatge amb 3 persones	4356 kWh/any
Reducció del consum	11.91 %

Taula 46. Benefici mediambiental per participació

5 RESUM DEL PRESSUPOST

Una vegada analitzades totes les condicions imposades en el projecte, es creu haver trobat la solució més adequada per poder-lo dur a terme. En conseqüència, el pressupost per poder desenvolupar el projecte ascendeix a tres-cents vuitanta dos mil nou-cents cinquanta sis euros amb vint-i-sis cèntims d'euro sense IVA (382.956,26 €).

El pressupost inclou la realització claus en mà de l'obra, i el preu donat per la potència instal·lada es pot fixar en uns cinc euros amb vuitanta cèntims d'euro el watt-pic aproximadament; per tant, es tracta d'un preu força ajustat i competitiu per tal de realitzar una instal·lació d'aquestes característiques.

La validesa de la xifra del pressupost serà de 60 dies d'ençà de la seva entrega. Un cop transcorregut aquest temps, serà necessari una reactualització dels preus de tots els components que l'integren.

Albert Juan Casademont

Autor del projecte

30 de Maig del 2008

6 CONCLUSIONS

Amb tot el que anteriorment s'ha exposat en la present memòria i amb els documents que l'acompanyen, s'estima que la instal·lació està suficientment detallada perquè es pugui realitzar a una possible execució d'aquesta.

Per altra banda, es consideren assolits els diferents objectius que s'havien plantejat en la definició de l'objecte del present projecte:

- S'han definit els corresponents elements d'una instal·lació fotovoltaica per centrar les bases de selecció dels diferents components per la instal·lació.
- S'ha analitzat el context econòmic present i futur del règim especial i en concret de l'energia solar fotovoltaica a l'estat espanyol.
- S'ha realitzat un disseny tècnic global de la solució més favorable.
- La solució proposada de participació popular a nivell financer ha obtingut una bona rendibilitat i demostra com l'energia solar fotovoltaica, a part de ser una bona per diversificar les fonts energètiques, és un bon producte financer a petita escala.
- S'ha dotat el projecte de tots els mecanismes necessaris per tal de poder ser executat amb posteritat segons les ordenances que li són d'aplicació.

Tot i així, es pot dir que el projecte pot ésser millorable en alguns aspectes, els quals es podrien incloure en futures ampliacions d'aquest.

Per exemple, podria realitzar-se una ampliació de l'estructura actual de distribució en mitja tensió que interconnecta els diferents centres i estendre la possibilitat de col·locar plaques fotovoltaïques a altres edificis del campus universitari.

També podria estudiar-se la possibilitat d'altres tecnologies de plaques fotovoltaïques en teulades de formes no favorables amb mòduls fotovoltaïcs de silici amorf o la integració de mòduls fotovoltaïcs en l'estructura de possibles nous edificis.

Per altra banda, també es podria realitzar un estudi molt més precís de les sol·licitacions estructurals en què es veurien afectats els edificis, en conseqüència de col·locar-hi les plaques fotovoltaïques fixades a les lloses de les teulades. Tot i així, tal com es detalla en l'annex corresponent, la influència d'aquestes càrregues té una connotació de poca importància si es tenen en compte altres variables utilitzades per els càlculs estructurals dels edificis.

Albert Juan Casademont

Autor del projecte

30 de Maig del 2008

7 RELACIÓ DE DOCUMENTS

Aquest capítol serveix per tenir una llista amb tots els documents que formen el Projecte. En concret aquest projecte està format pels següents documents

- Resum

- Document 1. Memòria i annexos a la memòria

Volum 1: Memòria

Volum 2: Annexos

- Document 2. Plànols

- Document 3. Plec de condicions

- Document 4. Estat d'amidaments

- Document 5. Pressupost

8 BIBLIOGRAFIA

A continuació s'exposen certs documents consultats per la redacció tècnica del present projecte. El recull de normativa tècnica no s'ha inclòs ja que es considera d'aplicació i ja ha estat nombrada en els punts corresponents del present projecte.

Material informàtic i audiovisual:

MITJÀ, A. Atlas de la radiació solar a Catalunya. Edició del 2001. Departament d'Indústria Comerç i Turisme. Institut Català d'Energia. Barcelona, setembre del 2001.

SOLER, F. Eduard. Jornada sobre seguretat i Legalització d'instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa. Barcelona, maig del 2005.

LITTLE, A. El papel de la generación fotovoltaica en España. Madrid, novembre del 2007.

COMISIÓN NACIONAL DE LA ENERGIA. Informe mensual de ventas de energía en régimen especial. Madrid, novembre del 2007.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA. Resumen del plan de Energías Renovables 2005-2010. Madrid, agost del 2005

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA. Pliego de condiciones técnicas para instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red. Madrid, octubre del 2002.

ASOCIACIÓN DE LA INDUSTRIA FOTOVOLTAICA. Situación de la energía solar fotovoltaica en el 2006. Madrid, Gener del 2007.

ASOCIACIÓN DE LA INDUSTRIA FOTOVOLTAICA. Situación de la energía solar fotovoltaica en el 2007. Madrid, Gener del 2008.

INSTITUT CATALÀ D'ENERGIA. Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015. Departament d'Indústria Comerç i Turisme de la Generalitat de Catalunya. Barcelona, novembre del 2005.