



Projecte d'una instal·lació fotovoltaica assistida

Àrea Tecnològica

Curs 2014-15

1. ÍNDEX

1. Índex	Pàg. 1
2. Agraïments	Pàg. 5
3. Justificació i introducció del treball	Pàg. 6
3.1. Justificació del treball	Pàg. 6
3.2. Introducció del treball	Pàg. 6
4. Estudi tècnic	Pàg. 8
4.1. Antecedent i objectius del treball	Pàg. 8
4.2. Possibilitats d'execució	Pàg. 10
4.2.1. Instal·lació fotovoltaica d'autoconsum connectada a la xarxa	
4.2.2. Instal·lació fotovoltaica assistida aïllada	
4.2.3. Instal·lació d'un grup electrogen	
4.2.4. Connexió a la xarxa elèctrica	
4.3. Justificació de la variable escollida	Pàg. 13
5. Projecte tècnic	Pàg. 15
5.1. Memòria descriptiva	Pàg. 15
5.1.1. Descripció i implementació del projecte	
5.1.2. Maquinària i muntatges del sistema	
5.1.2.1. <i>Instal·lació fotovoltaica</i>	
5.1.2.2. <i>Grup electrogen</i>	
5.1.2.3. <i>Inversors de xarxa</i>	
5.1.2.4. <i>Inversors híbrids</i>	
5.1.2.5. <i>Bateries</i>	

5.1.2.6. Cablejat i connexions

5.1.2.7. Control i comunicacions

5.1.2.8. Elements de protecció i comandament

5.1.2.8.1. Interruptor bypass

5.1.2.8.2. Proteccions CC

5.1.2.8.3. Proteccions CA

5.1.2.8.4. Posada a terra

5.1.3. Mà d'obra necessària

5.2. Memòria de càlcul

Pàg. 33

5.2.1. Justificació de càlculs

5.2.1.1. Potència necessària de la instal·lació

5.2.1.2. Configuració dels inversors de xarxa

5.2.1.3. Dimensionat de la instal·lació fotovoltaica

5.2.1.4. Optimització de la inclinació dels panells

5.2.1.5. Distribució i separació dels panells

5.2.1.6. Dimensionat i configuració de les bateries

5.2.1.7. Longituds i seccions

5.2.2. Conclusió o resultat de càlculs

5.3. Plànols

Pàg. 73

5.3.1. Plànols de situació i emplaçament

5.3.2.1. Plànol topogràfic situació

5.3.2.2. Ortofoto situació

5.3.2.3. Ortofoto emplaçament

5.3.2. Plànols constructius

5.3.2.1. *Plànol alçat nau 6*

5.2.2.2. *Plànol planta coberta nau 6*

5.2.2.3. *Plànol alçat nau 7*

5.2.2.4. *Plànol planta coberta nau 7*

5.2.2.5. *Plànol detall panells*

5.2.2.6. *Plànol planta casetes*

5.2.2.7. *Plànol alçat caseta bateries*

5.3.3. Plànols elèctrics

5.3.3.1. *Esquema elèctric*

5.3.3.2. *Plànol cablejat instal·lació fotovoltaica*

5.3.3.3. *Esquema de comunicacions*

5.3.4. Representació en tres dimensions

5.4. Pressupost d'execució Pàg. 88

5.5. Plec de condicions Pàg. 90

5.6. Estudi de seguretat i salut Pàg. 90

6. Viabilitat econòmica del projecte Pàg. 91

6.1. Manteniment de la instal·lació Pàg. 91

6.1.1. Manteniment tècnic

6.1.2. Manteniment econòmic

6.2. Comparació amb altres solucions possibles Pàg. 94

6.2.1. Comparació enfront la connexió a la xarxa

6.2.2. Comparació enfront la instal·lació del grup electrogen

6.2.3. Comparació enfront l'hipotètic cas de desconnexió de la xarxa

6.3. Conclusió de la viabilitat econòmica del projecte Pàg. 100

7. Conclusions Pàg. 101

8. Bibliografia i webgrafia Pàg. 103

2. AGRAÏMENTS

Un cop finalitzada la realització d'aquest Treball de Recerca, em plau agrair a les següents persones l'ajuda prestada durant el desenvolupament del treball:

- Mañas Ramaders SL, per la prestació de les seves instal·lacions per realitzar hipotèticament el projecte d'aquest treball, així com facilitar-me constantment informació de l'explotació ramadera i per permetre'm accedir a les instal·lacions en tot moment que ho he necessitat.
- Sergio Alegre López, enginyer industrial mecànic amb màster en energies renovables i director d'obra nacional en l'empresa Sofos Energia situada a Lleida, empresa promotora d'instal·lacions relacionades amb el camp de les energies renovables i, sobretot, en instal·lacions solars. Em plau agrair-li la facilitació de dades comercials de l'empresa i l'ajuda prestada durant el desenvolupament d'aquest treball.
- Al tutor d'aquest Treball de Recerca, per prestar una constant atenció en el desenvolupament d'aquest treball i per la seva ajuda en els moments en què ho he necessitat.
- Ex-alumnes de batxillerat i alumnes d'altres estudis superiors, per facilitar-me treballs amb la finalitat de poder fer-me una idea del sistema de treball i l'estructura del treball de recerca.
- Família, amics i persones properes a la meva persona per l'ajuda psicològica prestada durant el desenvolupament del treball.

La realització exitosa d'aquest document hauria estat impossible sense l'ajuda de les persones esmentades anteriorment.

3. JUSTIFICACIÓ I INTRODUCCIÓ DEL TREBALL

3.1. Justificació del treball

En primer lloc, un dels motius pels quals he decidit realitzar aquest treball és perquè sóc conscient de la importància de les energies renovables per afavorir el desenvolupament sostenible de la nostra societat. A més a més, tinc un elevat interès per l'aprofitament de les fonts d'energia renovables ja que, juntament amb el desenvolupament de l'energia nuclear, estan destinades a ser el futur energètic de la nostra societat, amb la consegüent progressiva desaparició dels combustibles fòssils.

En segon lloc, estic estudiant el batxillerat tecnològic i, així mateix, m'agradaria orientar el meu futur acadèmic i, posteriorment, el meu futur professional, cap a un camp relacionat directament o indirectament amb el tema d'aquest treball. He considerat que aquest treball de recerca és una magnífica oportunitat per endinsar-me en el món de les instal·lacions elèctriques.

Finalment, atesa la meva intenció d'orientar el meu futur cap a una enginyeria, és de vital importància dins d'aquesta branca saber realitzar i redactar projectes tècnics i, consegüentment, he pensat que aquest treball és una possibilitat per fer el meu primer projecte i, així mateix, conèixer el mètode de treball que s'ha de seguir per construir-lo.

3.2. Introducció del treball

En aquest treball realitzaré el projecte tècnic d'una instal·lació fotovoltaica assistida aïllada de la xarxa elèctrica.

Per una banda, el desenvolupament sostenible és un dels conceptes més utilitzats en la societat actual, la qual està fonamentalment basada en l'electricitat com a font d'energia per a totes les activitats domèstiques, industrials i de lleure. Un dels factors que condicionen i possibiliten una societat sostenible és la utilització de les energies renovables, entre les quals es troba, amb una importància notablement creixent durant l'última dècada, l'aprofitament de l'energia solar per produir energia elèctrica mitjançant la conversió fotovoltaica.

Així mateix, he decidit situar la instal·lació en una explotació ramadera perquè Gimenells, el meu lloc de residència, així com Almacelles, població en la qual està situat el centre educatiu on estudio, són municipis on el sector ramader i l'agrícola tenen una elevada importància. D'aquesta manera, amb l'enorme evolució d'aquestes infraestructures, basades en sistemes d'automatització per substituir la mà d'obra humana, és de vital importància el subministrament elèctric en aquestes explotacions, que, en aquest cas, es produirà aïlladament de la xarxa elèctrica.

A més a més, amb motiu del context econòmic actual, marcat per la crisi internacional que afecta tots els sectors econòmics del nostre país, realitzaré aquest treball pretenent reduir al mínim les despeses econòmiques que comportarà, ja que, com he dit anteriorment, el factor econòmic juga un paper molt important en la societat actual.

Finalment, cal dir que el treball serà construït seguint l'estructura característica de qualsevol projecte, i que, a més a més, aquesta estructura serà adaptada a l'àmbit d'un treball acadèmic. Així mateix, el treball constarà, inicialment, d'un estudi tècnic on analitzaré i explicaré la situació prèvia al projecte, i en el qual plantejaré les possibilitats d'execució i l'alternativa escollida. A continuació, realitzaré el projecte tècnic, el qual constarà de la memòria descriptiva, la memòria de càlcul, els plànols, el pressupost d'execució, el plec de condicions i el corresponent estudi de salut i seguretat. Després, analitzaré el projecte des del punt de vista de la viabilitat econòmica i, per últim, acabaré citant les conclusions a les quals hauré arribat després de realitzar el treball.

4. ESTUDI TÈCNIC

4.1. Antecedent i objectius del treball

La intenció d'aquest treball és realitzar el projecte d'instal·lació elèctrica d'una explotació porcina formada per vuit naus, destinada a l'activitat de cria i reproducció. La instal·lació elèctrica haurà de satisfer la demanda energètica de la granja seguint criteris d'optimització mediambientals i econòmics. Les dades de la situació de la granja són:

- Latitud: 41° 38' 43,26" N
- Longitud: 0° 22' 49,33" E
- Fus UTM: 31
- Província: Lleida (25)
- Municipi: Gimenells i el Pla de la Font (321)
- Polígon: 6
- Parcel·la: 66
- Recinte: 2
- Referència cadastral: 25321A006000660000UH

La situació exacta de l'explotació està indicada al plànol de situació i emplaçament d'aquest treball i, a més a més, és important dir que la granja està localitzada a 1 km de la xarxa de distribució d'energia elèctrica a mitja tensió més propera.

Les infraestructures de l'explotació disposen d'avançats sistemes d'automatització, diversos mecanismes de refrigeració, una instal·lació de calefacció elèctrica en algunes de les seves naus i un sistema de bombejament d'aigua, així com diverses instal·lacions d'il·luminació. D'aquesta manera, la granja on vull realitzar el projecte necessita que la instal·lació de subministrament elèctric garanteixi una potència elèctrica d'aproximadament uns 37 kW ens els moments amb més demanda d'energia elèctrica.

Tanmateix, el clima del Segrià, comarca on està situada l'explotació ramadera, juga un paper molt important a l'hora de preveure els consums de la granja. Aquest clima es caracteritza, entre altres factors, per tenir temperatures molt

elevades a l'estiu, les quals poden arribar als 40°C a les hores més caloroses, així com per presentar hiverns amb ambients gèlids, en els quals es poden assolir temperatures de -10°C durant la nit. Conseqüentment, els moments amb demanda energètica més elevada seran aquells en què el sistema de refrigeració haurà de treballar al màxim per mantenir la temperatura adequada a la instal·lació durant les hores amb temperatures més altes i, per altra banda, les hores més fredes de l'hivern en què la calefacció haurà d'escalfar les diverses naus de l'explotació. Tot i així, només una nau té un sistema de calefacció amb mantes elèctriques, ja que les altres disposen d'una instal·lació de calefacció amb una caldera de biomassa. D'aquesta manera, els moments amb més demanda elèctrica estaran situats, bàsicament, en les hores més caloroses dels mesos de juny, juliol i agost, en els quals les temperatures assoleixen els nivells més elevats de tot l'any.

Així mateix, aquesta instal·lació ha de complir, en major o menor grau, una sèrie d'objectius, els quals enunciaré a continuació:

- 1- Subministrar en tot moment la demanda elèctrica necessària de l'explotació ramadera. D'aquesta forma hem de garantir d'una forma contínua el correcte funcionament de tots els equips de consum elèctric.
- 2- Independitzar l'explotació el màxim possible de la xarxa elèctrica. Per tant, haurà de consumir el mínim possible d'energia provinent d'aquesta. Els motius pels quals volem produir aquest aïllament són, en primer lloc, perquè hem de fer arribar la xarxa de distribució d'energia elèctrica a l'explotació ramadera, la qual es troba a 1 km i, en segon lloc, pel continu creixement del preu de l'energia elèctrica, sobretot del terme de potència. Per tant, la instal·lació ha d'ésser el màxim autònoma possible.
- 3- Utilitzar alguna font d'energia renovable per a la producció de l'energia elèctrica contribuint, conseqüentment, a l'avanç cap a una societat basada en un desenvolupament sostenible.
- 4- Ser el més econòmica possible, ja que el factor econòmic és un dels més importants a l'hora d'elegir una alternativa. D'aquesta manera, els costos de la instal·lació han de ser els més reduïts possibles, tot i que els seus components

i sistemes han d'ésser d'una bona qualitat i han de garantir un correcte funcionament durant el màxim temps possible.

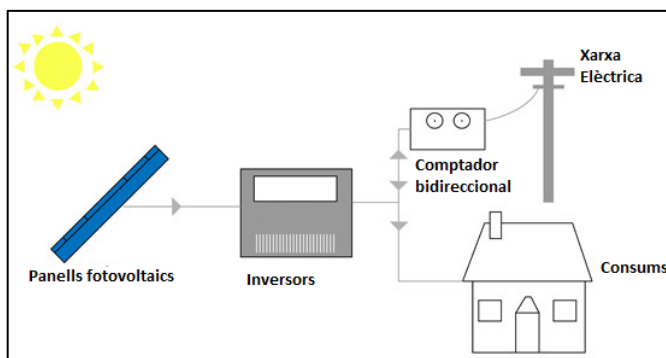
5- Produir les mínimes molèsties possibles al propietari de l'explotació porcina, així com que el manteniment de la instal·lació ha de ser insignificant.

En conclusió, durant aquest treball realitzaré el projecte de la instal·lació de subministrament elèctric d'una explotació porcina intentant complir al màxim els objectius plantejats anteriorment.

4.2. Possibilitats d'execució

A partir dels objectius esmentats anteriorment i després d'informar-me, plantejo quatre possibles alternatives que podrien satisfer la nostra necessitat d'electricar l'explotació ramadera complint una sèrie de condicions. D'aquesta manera, com he dit anteriorment, les diferents possibilitats d'execució, que esmentaré i explicaré breument a continuació, busquen, en menor o major grau, satisfer els objectius marcats anteriorment.

4.2.1. Instal·lació fotovoltaica d'autoconsum connectada a la xarxa



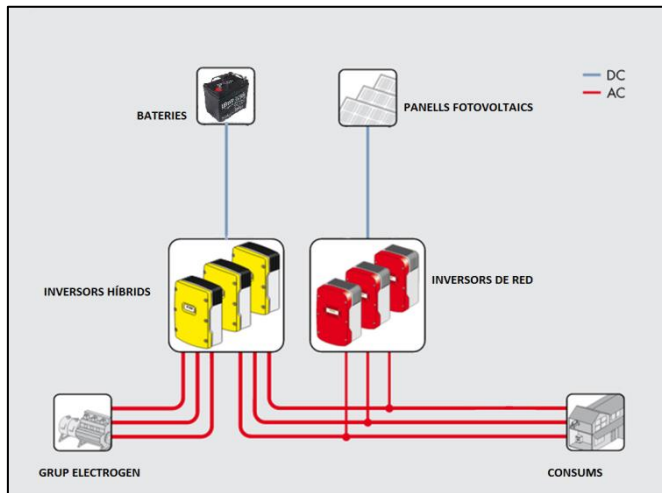
Il·lustració 1. Esquema bàsic d'una instal·lació fotovoltaica d'autoconsum connectada a la xarxa.

Aquesta primera possibilitat consisteix a instal·lar un sistema de producció d'energia elèctrica mitjançant la conversió fotovoltaica, és a dir, instal·lar panells fotovoltaics per a la producció d'energia elèctrica. Com tothom sap,

l'energia solar és una font d'energia renovable, de manera que l'objectiu 3 plantejat a l'apartat 4.1 es compliria amb aquesta alternativa.

Tot i així, l'energia solar no garanteix una producció contínua d'energia elèctrica, ja que la radiació solar no és en tot moment la suficient per a la producció d'electricitat. D'aquesta manera, aquesta instal·lació hauria d'estar connectada a la xarxa de subministrament elèctric, amb la finalitat que es consumís energia de la xarxa elèctrica en els moments en què la producció

Com hem vist anteriorment, els panells fotovoltaics no garanteixen un subministrament continu d'electricitat i, per tant, la instal·lació necessita un segon sistema de producció d'energia elèctrica que garanteixi el subministrament elèctric en tot moment.



Il·lustració 3. Esquema d'una instal·lació fotovoltaica assistida aïllada.

Tot i així, contràriament del que passa en l'alternativa anterior, en aquest cas no es portaria la línia de distribució a l'explotació porcina, sinó que els panells fotovoltaics serien complementats amb un grup electrogen que produiria electricitat a partir de la combustió del gasoil. A més a més, la instal·lació constaria

d'un conjunt de bateries que serien carregades en els moments en què hi hagués un excedent de producció d'energia elèctrica provinent dels panells fotovoltaics. Els diferents components de la instal·lació estarien interconnectats mitjançant uns inversors híbrids que realitzarien el control del sistema, així com que carregarien les bateries en els moments amb excedents de producció.

Tanmateix, aquest sistema donaria sempre preferència a la producció fotovoltaica, de manera que en les hores en què la incidència dels raigs solars fos l'òptima per a la producció fotovoltaica, els equips de consum treballarien amb l'energia produïda pels panells solars i, posteriorment, amb l'energia de les bateries, les quals haurien estat prèviament carregades. D'aquesta manera, durant aquests moments el grup electrogen no treballaria i, per tant, el consum de combustible en els moments de l'any amb més hores d'energia solar seria mínim.

En conclusió, amb aquest sistema s'aconseguiria un complet aïllament de la xarxa elèctrica i, per tant, s'aconseguiria en el màxim grau possible complir l'objectiu 2 de l'apartat 4.1.

4.2.3. Instal·lació d'un grup electrogen

La tercera alternativa és la instal·lació d'un grup electrogen per a la producció d'energia elèctrica. Aquest component genera corrent elèctric mitjançant l'aprofitament del gasoil en un motor de combustió. Per tant, en aquesta alternativa tota la demanda energètica de l'explotació porcina seria coberta pel grup electrogen.

Amb aquest sistema s'aconsegueix l'aïllament plantejat en l'objectiu 2, però, contràriament, no hi ha cap aprofitament d'una font d'energia renovable i, per tant, s'incompleix completament l'objectiu 3.

4.2.4. Connexió a la xarxa elèctrica

L'última alternativa és la connexió a la xarxa elèctrica mitjançant una línia elèctrica a mitja tensió. Aquesta línia tindria una longitud d'1km, ja que aniria des del punt de connexió més proper fins l'explotació. Per tant, la totalitat dels consums de la granja serien satisfets per l'energia provinent de la xarxa de subministrament elèctric i, conseqüentment, el propietari de l'explotació hauria de tenir un contracte amb una empresa comercialitzadora, que li cobraria l'energia consumida i el terme de potència.

D'aquesta manera, com la instal·lació no estaria aïllada de la xarxa elèctrica i no utilitzaria directament cap font d'energia renovable, s'incomplirien els objectius 2 i 3 de l'apartat 4.1.

4.3. Justificació de la variable escollida

A partir de les diferents possibilitats explicades anteriorment, he escollit la segona, en què es planteja una instal·lació fotovoltaica assistida aïllada de la xarxa de subministrament elèctric, complementada amb un grup electrogen i un conjunt de bateries.

En primer lloc, he decidit descartar la possibilitat de la connexió a la xarxa elèctrica sense cap font d'energia auxiliar, ja que s'incompleixen completament els objectius 2 i 3, en què es plantegen un aïllament de la instal·lació i l'aprofitament directe d'una font d'energia renovable.

En segon lloc, he decidit eliminar la primera possibilitat, en la qual es planteja una instal·lació fotovoltaica d'autoconsum connectada a la xarxa, ja que no estaria aïllada de la xarxa i, conseqüentment, s'hauria de construir la línia de distribució d'1 km que portés la xarxa de subministrament a l'explotació porcina. A més a més, amb una connexió a la xarxa la instal·lació dependria del contínuament creixent cost de l'energia elèctrica en els moments en què l'energia produïda amb els panells fotovoltaics fos insuficient.

Per una altra banda, he decidit elegir aquesta alternativa en contra de la tercera, en la qual es planteja instal·lació d'un grup electrogen, perquè considero que la utilització de les fonts d'energia renovables, com l'energia solar, és important per aconseguir un model de societat basat en un desenvolupament sostenible. D'aquesta manera, amb l'alternativa escollida, en els moments en què la producció elèctrica dels panells fotovoltaics sigui suficient per alimentar la granja, així com quan la demanda elèctrica de l'explotació sigui coberta amb el conjunt de bateries, no es produirà energia amb el grup electrogen i, per tant, no es produiran emissions de gasos perjudicials per al medi ambient produïts per la combustió del gasoil.

Finalment, penso que la inversió per realitzar la instal·lació de l'alternativa elegida tindrà una molt bona rendibilitat comparada amb la instal·lació d'un grup electrogen aïllat. Uns dels motius que m'inciten a realitzar aquest pensament és que els consums elèctrics més elevats de l'explotació porcina es produeixen en les hores més caloroses dels mesos de juny i juliol i, d'aquesta manera, coincideixen amb els moments de l'any en què hi ha més hores d'energia solar i la incidència de la radiació solar és major, de manera que la producció fotovoltaica és la més elevada. Així mateix, durant les èpoques amb major producció fotovoltaica, en els moments del dia en què la producció fotovoltaica sigui insuficient, les bateries subministraran l'energia demanda per la granja, les quals hauran estat prèviament carregades amb els excedents de la producció fotovoltaica. D'aquesta manera, durant aquesta època el consum de combustible, el preu del qual està en constant augment, serà mínim i, per tant, es produiran estalvis notablement elevats.

5. PROJECTE TÈCNIC

5.1. Memòria descriptiva

5.1.1. Descripció i implementació del projecte

Com hem vist anteriorment, la instal·lació fotovoltaica assistida està situada a una explotació porcina del municipi del Gimènells i el Pla de la Font, les dades de situació de la qual estan indicades a l'apartat 4.1 del document. La instal·lació està formada per quatre parts principals:

1- Instal·lació fotovoltaica: La instal·lació fotovoltaica està formada per 336 panells fotovoltaics situats sobre les cobertes de les naus 6 i 7, els quals produeixen energia elèctrica de corrent continu a partir de l'energia solar. Així mateix, per cada 56 panells fotovoltaics s'instal·la un inversor de xarxa, i, per tant, s'instal·len una totalitat de 6 inversors de xarxa, els quals transformen l'energia elèctrica de corrent continu produïda pels panells fotovoltaics en energia elèctrica de corrent altern trifàsic. Els inversors de xarxa estan paral·lelament connectats a la sortida de corrent altern dels inversors híbrids, els quals explicaré a continuació.

2- Inversors híbrids: Els inversors híbrids tenen la funció de realitzar la càrrega de les bateries, transformar l'energia elèctrica de corrent continu provinent de les bateries en energia elèctrica de corrent altern monofàsic i realitzar el control i la regulació del sistema, així com comandar la posada en marxa del grup electrogen. D'aquesta manera, hi ha instal·lats una totalitat de 6 inversors híbrids, 2 connectats en la seva part de corrent altern a cada fase, amb la finalitat que aquestes estiguin equilibrades. Cada grup de 3 inversors connectats a cada fase diferent s'uneixen en la seva part de corrent continu a un embarrat que està connectat a 2 de les 4 sèries de bateries.

3- Grup electrogen: El grup electrogen és un component auxiliar de la instal·lació que produeix energia elèctrica de corrent altern trifàsic a partir de la combustió del gasoil. El generador produeix energia elèctrica en els moments en què l'energia produïda a partir de la conversió fotovoltaica és insuficient per

satisfer els consums de l'explotació porcina. La sortida del grup electrogen és trifàsica, i està connectada a la part alterna dels inversors híbrids.

4- Bateria: Les bateries tenen la funció d'emmagatzemar l'energia elèctrica excedent de la producció fotovoltaica, en els moments en els quals aquesta és superior al consum de l'explotació ramadera. D'aquesta manera, l'energia emmagatzemada en les bateries és aquella que no es consumeix en el moment en què es produeix. El sistema consta de 4 sèries de 24 bateries, la qual cosa esdevé en una totalitat de 96 bateries, les quals estan connectades en grups de dos sèries a un embarrat unit amb la part de corrent continu dels inversors híbrids, tal com he especificat en l'explicació d'aquests.

El control del sistema és realitzat, com he dit anteriorment, pels inversors híbrids i els seus accessoris de control i comunicacions, els quals estan connectats mitjançant cablejat de comunicacions. D'aquesta manera, en els moments en què la producció fotovoltaica és superior als consums de la instal·lació, els inversors híbrids s'encarreguen de realitzar la càrrega de les bateries amb l'energia no consumida directament. Així mateix, en els moments en què la producció fotovoltaica és insuficient per satisfer els consums de la granja i les bateries tenen una càrrega elèctrica superior al 50%, els consums elèctrics de la instal·lació són satisfets a partir de l'energia elèctrica produïda per les bateries. Finalment, quan la producció fotovoltaica és nul·la i la càrrega de les bateries és inferior al 50%, l'inversor híbrid transmet l'ordre d'arrencada al grup electrogen, el qual satisfà els consums de l'explotació ramadera.

Tanmateix, cal dir que totes les parts del sistema tenen diversos elements de protecció i seguretat, amb la finalitat de protegir els diferents components de la instal·lació i el cablejat que els uneix, així com garantir la seguretat de les persones que puguin manipular directament o indirectament la instal·lació.

Finalment, m'agradaria indicar que els inversors de xarxa, els inversors híbrids, el grup electrogen i les bateries estan situats a unes casetes de la nau 6, la situació de la qual està indicada en el plànol d'emplaçament d'aquest projecte. Així mateix, la distribució dels components situats a les casetes està especificada en els plànols constructius de les casetes.

5.1.2. Maquinària i muntatges del sistema

5.1.2.1. Instal·lació fotovoltaica

La instal·lació fotovoltaica, situada sobre les cobertes de les naus 6 i 7, està formada per 336 panells fotovoltaics ATERSA Ultra A-250P, distribuïts en 24 sèries de 14 panells. Aquests panells estan inclinats 15° relativament sobre la coberta, la qual té una inclinació de 18°, de manera que els panells tenen una inclinació total de 33°. Els panells de cada fila s'han de separar 0,02m, amb la finalitat de permetre la dilatació tèrmica dels materials.

Les característiques principals d'aquests panells són:

- Cèl·lules policristal·lines.
- Potència nominal de 250Wp.
- Corrent de 8,45A en potència màxima i corrent de 8,91A en curtcircuit.
- Tensió de sortida de 29,53V en potència màxima i tensió de 37,6V en circuit obert.

La configuració dels panells fotovoltaics i la distribució d'aquests estan especificats a les diferents taules dels resultats obtinguts a la memòria de càlcul, en les quals s'indiquen els panells fotovoltaics col·locats per sèrie i el nombre de sèries per inversor, així com les diferents distàncies de separació entre els panells, les quals estan representades als plànols de distribució dels mòduls.



Il·lustració 4. Panell utilitzat ATERSA ULTRA A-250P.

La fitxa tècnica del panell fotovoltaic és la següent:

Características eléctricas (STC: 1kW/m ² , 25°C±2°C y AM 1,5)*			
	A-240P	A-245P	A-250P
Potencia Nominal (0/+5 W)	240 W	245 W	250 W
Eficiencia del módulo	14,74%	15,04%	15,35%
Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp)	8,21 A	8,33 A	8,45 A
Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)	29,21 V	29,37 V	29,53 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8,73 A	8,82 A	8,91 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	37,16 V	37,38 V	37,60 V

Parámetros térmicos	
Coefficiente de Temperatura de Isc (α)	0,04% /°C
Coefficiente de Temperatura de Voc (β)	-0,32% /°C
Coefficiente de Temperatura de P (γ)	-0,43% /°C

Características físicas	
Dimensiones (mm ± 2 mm)	1645x990x40
Peso (kg)	21,5
Área (m ²)	1,63
Tipo de célula	Policristalina 156x156 mm (6 pulgadas)
Células en serie	60 (6x10)
Cristal delantero	Cristal templado ultra claro de 4 mm
Marco	Aleación de aluminio pintado en poliéster
Caja de conexiones	TYCO IP65
Cables	Cable Solar 4 mm ² 1200 mm
Conectores	TYCO

Rango de funcionamiento	
Temperatura	-40°C a +85°C
Máxima Tensión del Sistema / Protección	1000 V / CLASS II
Carga Máxima Viento / Nieve	2400 Pa (130 km/h) / 5400 Pa (551 kg/m ²)

Vista genérica de la construcción de un módulo fotovoltaico

Dimensiones en mm (pulgadas)

- Módulos por caja: **25 uds**
- Peso por palé: **580 kg**
- En un contenedor de 40 pies entran 25 cajas: **625 paneles**
- En un contenedor de 40 pies HC entran 26 cajas: **650 paneles**
- En un contenedor de 20 pies entran 10 cajas: **250 paneles**
- En un camión TAUTLINER entran 30 cajas: **750 paneles**

Garantía Ultra de Atersa

— Garantía Ultra (97% a 80%)
— Garantía estándar

NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.

www.atersa.com • atersa@elecnor.com

Madrid 915 178 452 • Valencia 902 545 111 • Italia +39 039 226 24 82 • Alemania +49 151 153 988 44


Revisado: 07/04/14
Ref.: MU-6P (1) 6x10-S
© Atersa SL, 2014

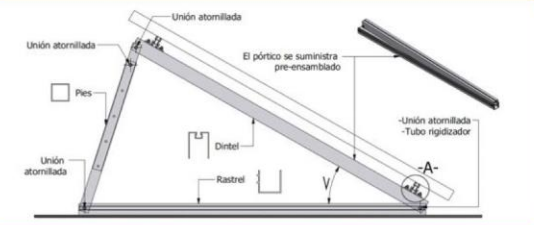


Les cobertes de les naus 6 i 7 estan construïdes amb fibrociment. L'estructura que sosté i dóna la inclinació desitjada al panell és el sistema BULNES de l'empresa Alusin, que està format per perfils d'alumini extruïts amb forma

Rastrel a la base de l'escaire, perfils d'alumini extruïts amb forma Peus al catet petit de l'escaire, pòrtics regulables amb forma Dintel a la hipotenusa de l'escaire i perfils corretja V3 que uneixen els pòrtics. Així mateix, sobre la coberta es col·loquen diversos carrils d'acer galvanitzat sobre els quals es recolzen les estructures dels panells, amb la finalitat de transmetre els esforços necessaris per suportar el pes dels mòduls a les bigues de la coberta. Els perfils utilitzats a tota l'estructura tenen una secció de 40mm.

Finalment, els cargols necessaris per realitzar les diverses unions necessàries són cargols M8 d'acer inoxidable amb capçal Allen. La fitxa tècnica de l'estructura utilitzada és la següent:






KIT Sistema BULNES Sistemas de Montaje Modulares con inclinación para paneles solares

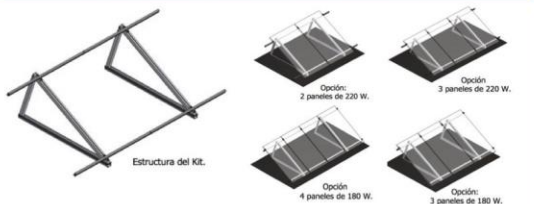
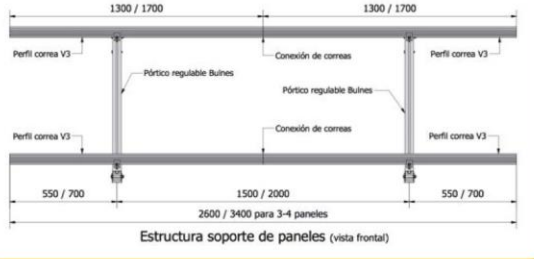
Rango de Potencia
Disponible para 2 a 4 paneles solares
Potencia total: 500 a 1200Wp (de media)

Montaje
Fácil instalación (se envía con Manual)
Montaje del sistema bajo solicitud

Configuración Flexible
Añada más Kits cuando desee!
Inclinación variable de 22° a 50°

Envío
Todas las piezas se envían en un único palet
Los costes de transporte están incluidos



Estructura soporte de paneles (vista frontal)

Alusín Solar S.L.U. | alusinsolar@alusinsolar.eu | www.alusinsolar.eu P: + 34 984 112 759 | Pol.Ind. de Tabaza 1 Zona A Facility 6A, Logreza - Carreño 33439, Asturias, Spain



Il·lustració 5. Estructura similar a la del projecte.

5.1.2.2. Grup electrogen



Il·lustració 6. Grup electrogen GESAN DPA/S 65 E LS amb capot.

El grup electrogen és el component auxiliar de la instal·lació que produeix energia elèctrica a partir de la combustió del gasoil en els moments en què l'energia produïda mitjançant els mòduls fotovoltaics és

insuficient per satisfer directament o indirectament els consums de l'explotació. El

grup electrogen elegit per a la nostra instal·lació ha estat el GESAN DPA/S 65 E LS insonoritzat i amb capot, complementat per un dipòsit auxiliar de gasoil amb una capacitat de 2000L, situat a una de les casetes representades als plànols constructius del projecte. Les característiques principals del grup electrogen estan indicades en la següent fitxa tècnica, tenint en compte que la sortida és trifàsica amb una tensió de 230/400V a 50Hz:

Características / Beneficios

- Marcado CE para aplicaciones estacionarias.
- Modelo disponible en abierto y en insonorizado con capó galvanizado.
- Diseñado, calculado y fabricado para un óptimo funcionamiento
- Acceso externo a cuadro de control y fuerza.
- Facilidad de operación, mantenimiento y servicio.
- Amplia gama de opciones.

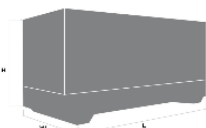
Características técnicas	50 Hz	60 Hz
Motor	1103A-33TG2	1103A-33TG2
Nivel emisión de escape	EU0	EPA0
Clase de Ejecución	G2	
■ Clase de ejecución de acuerdo con la norma ISO 8528/5 (2005) teniendo en cuenta el comportamiento del grupo tanto en régimen permanente en diferentes niveles de carga, como en régimen transitorio debido a golpes de carga.		
Estructura mecánica	Abierto	capot
Largo (L) mm	1970	2250
Ancho (A) mm	880	1050
Alto (H) mm	1735	1505
Peso (kg)	864	1274
Capacidad depósito combustible (l)	153	124
Presión acústica [LpA] (dBA @7m)	-	67
Potencia acústica [dB(A)]	-	93

Dimensiones (mm)

Abierto



capot



Estos croquis se muestran a modo de ilustración.

Potencias

Potencia de acuerdo al alternador dedicado

50 Hz	Pot. Prime	Pot. Prime	Potencia Emergencia	Potencia Emergencia
	kVA	kW	kVA	kW
380/220 V	60	48	66	53
400/230 V	61	49	68	54
415/240 V	61	49	68	54
60 Hz	Pot. Prime	Pot. Prime	Potencia Emergencia	Potencia Emergencia
	kVA	kW	kVA	kW
208/120 V	70	56	77	61
220/127 V	70	56	77	61
380/220 V	59	47	65	52
400/230 V	70	56	75	60
440/277 V	70	56	77	61
480/277 V	70	56	77	61

Potencia prime

POTENCIA PRIME: Datos de potencia eléctrica disponible a carga variable sin límite de horas por año. Está permitida una sobrecarga del 10 % durante 1 hora de cada 12. De acuerdo con la ISO 8528/1 (2005) – PRP

Potencia Emergencia

POTENCIA EMERGENCIA: Datos de potencia eléctrica disponible a carga variable en caso de emergencia de acuerdo con la norma ISO 8528/1 (2005) – ESP. Sobrecargas sobre la potencia de emergencia no están permitidas.

Cuadro de consumo de combustible

Nivel de carga	PRIME 50 Hz			EMERGENCIA 50 Hz		
	(L/h)	Aut. (h) Abierto	Aut. (h) capot	(L/h)	Aut. (h) Abierto	Aut. (h) capot
25%	4,0	38,3	31,0	-	-	-
50%	7,1	21,5	17,5	-	-	-
75%	10,2	15,0	12,2	11,3	13,5	11,0
100%	13,6	11,3	9,1	15,1	10,1	8,2
110%	15,1	10,1	8,2	-	-	-

NOTA: Rango de acuerdo con la configuración estándar.

5.1.2.3. Inversors de xarxa

El sistema consta de 6 inversors de xarxa FRONIUS IG PLUS 150 V-3 situats a una de les casetes, els quals tenen la funció de convertir l'energia elèctrica de CC que surt dels panells en energia elèctrica de CA amb una tensió de 400/230V a 50Hz. Les sortides dels inversors són trifàsiques i estan connectades paral·lelament a la sortida dels inversors híbrids.



Il·lustració 7. Imatge comercial de l'inversor de xarxa FRONIUS IG PLUS 150 V-3.

A partir dels càlculs realitzats a l'apartat "5.2.1.2. Configuració dels inversors de xarxa", he determinat que a cada inversor hi van connectades 4 sèries de 14 mòduls, de manera que cada inversor té una potència nominal de sortida de 12 kW en els moments en què la producció elèctrica mitjançant la conversió fotovoltaica assoleix el màxim nivell possible. Aquestes sèries van connectades directament a l'inversor, ja que aquest disposa d'una totalitat de 6 entrades de CC. La fitxa tècnica de l'inversor de xarxa elegit és la següent:

TECHNICAL DATA: FRONIUS IG PLUS (55 V-3 / 60 V-3 / 80 V-3 / 100 V-3 / 120 V-3 / 150 V-3)						
INPUT DATA	55 V-3	60 V-3	80 V-3	100 V-3	120 V-3	150 V-3
DC maximum power at $\cos \varphi = 1$	5,250 W	6,300 W	7,360 W	8,430 W	10,590 W	12,770 W
Max. input current ($I_{dc,max}$)	22.8 A	27.5 A	32.0 A	36.7 A	46.2 A	55.6 A
Max. array short circuit current	34.2 A	41.3 A	48.0 A	55.1 A	69.3 A	83.4 A
Min. input voltage ($U_{dc,min}$)	230 V					
Feed-in start voltage ($U_{dc,start}$)	260 V					
Nominal input voltage ($U_{dc,n}$)	370 V					
Max. input voltage ($U_{dc,max}$)	600 V					
MPP voltage range ($U_{mpp,min} - U_{mpp,max}$)	230 - 500 V					
Number of DC inputs	6					
OUTPUT DATA	55 V-3	60 V-3	80 V-3	100 V-3	120 V-3	150 V-3
AC nominal output ($P_{ac,n}$)	5,000 W	6,000 W	7,000 W	8,000 W	10,000 W	12,000 W
Max. output power	5,000 VA	6,000 VA	7,000 VA	8,000 VA	10,000 VA	12,000 VA
Max. output current ($I_{ac,max}$)	7.3 A	8.7 A	10.2 A	11.6 A	14.5 A	17.4 A
Grid connection ($U_{ac,n}$)	3-NPE 400 V / 230 V					
Min. output voltage ($U_{ac,min}$)	180 V					
Max. output voltage ($U_{ac,max}$)	270 V					
Frequency (f_n)	50 Hz / 60 Hz					
Frequency range ($f_{min} - f_{max}$)	46 - 65 Hz					
Distortion factor	< 3 %					
Power factor ($\cos \varphi_{ac,n}$)	0.75 - 1 ind. / csp. ¹⁾					
GENERAL DATA	55 V-3	60 V-3	80 V-3	100 V-3	120 V-3	150 V-3
Dimensions (height x width x depth)	1,263 x 434 x 250 mm					
Weight	49.2 kg					
Degree of protection	IP 54 ²⁾					
Protection class	1					
Overvoltage category (DC / AC)	2 / S					
Night-time consumption	ca. 1 W					
Inverter concept	HF transformer					
Cooling	Regulated air cooling					
Installation	Indoor and outdoor installation					
Ambient temperature range	-20 - +55 °C					
Permitted humidity	0 % to 95 %					
DC connection technology	Screw terminal connection, 1.5 - 16 mm ²					
AC connection technology	Screw terminal connection, 2.5 - 35 mm ²					
Certificates and compliance with standards	DIN V VDE V 0126-1-1, ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, UTE C15-712-1, EN 50438, G83, G59, C 10 / 11, CER 06-190, CEI 0-21, AS 4777-1, AS 4777-2, AS 4777-3, VDE AR N 4105, Generating systems on the medium-voltage network (BDEW)					

5.1.2.4. Inversors híbrids



Il·lustració 8. Imatge comercial de l'inversor híbrid Studer Innotec Xtender XTH 8000-48.

La instal·lació disposa de 6 inversors híbrids Studer Innotec XTENDER XTH 8000-48 situats a una de les casetes, els quals tenen la funció de realitzar la càrrega de les bateries i transformar l'energia elèctrica de corrent continu de 48Vcc provinent de les bateries en energia elèctrica de corrent altern amb una tensió de 230Vac a una freqüència de 50Hz.

Tanmateix, els inversors híbrids, juntament amb altres accessoris de control que especificaré a l'apartat "5.1.2.8. Control i comunicacions", realitzen el control i la regulació del sistema, així com que ordenen la posada en marxa del grup electrogen en els moments en què aquesta és necessària i controlen l'energia produïda mitjançant la conversió fotovoltaica provinent de les sortides dels inversors de xarxa.

D'una banda, les entrades i les sortides de CA dels inversors híbrids són monofàsiques i estan connectades amb la finalitat de compensar les fases, de manera que a cada fase n'hi ha connectats dos. D'altra banda, en les entrades de CC, els inversors estan connectats en grups de 3 inversors a un embarrat provinent de les bateries, de manera que hi ha una totalitat de 2 embarrats.

Finalment, cal dir que els inversors híbrids tenen tres nivells de potència, els quals esmentaré a continuació tenint en compte que $\cos\phi=1$:


- Potència contínua: 7000VA/7000W.
- Potència 30 min: 8000VA/8000W.
- Potència 5 seg: 21kVA/21kW.

Tot i així, he decidit limitar la potència dels inversors híbrids a la potència 30 min de 8000W ja que, a més que la potència 5 seg de 21 kW no ens és necessària per a la nostra instal·lació perquè els motors de ventilació de

l'explotació tenen arrencades electròniques suaus, tenir en compte aquesta potència a l'hora de realitzar els càlculs comportaria considerar intensitats molt elevades i, conseqüentment, els conductors resultants tindrien una secció d'unes dimensions enormes.

La fitxa tècnica dels inversors híbrids utilitzats és la següent:

Gama Xtender



Modelo	XTS 900-12	XTS 1200-24	XTS 1400-48	XTM 1500-12	XTM 2000-12	XTM 2400-24	XTM 2600-48	XTM 3000-24	XTM 4000-48	XTH 3000-12	XTH 5000-24	XTH 6000-48	XTH 8000-48
Inversor	12Vdc	24Vdc	48Vdc	12Vdc	24Vdc	48Vdc	12Vdc	24Vdc	48Vdc	12Vdc	24Vdc	48Vdc	48Vdc
Tensió nominal de bateria	12Vdc	24Vdc	48Vdc	12Vdc	24Vdc	48Vdc	12Vdc	24Vdc	48Vdc	12Vdc	24Vdc	48Vdc	48Vdc
Campo de tensió de entrada	9.5 - 17Vdc	19 - 34Vdc	38 - 68Vdc	9.5 - 17Vdc	19 - 34Vdc	38 - 68Vdc	9.5 - 17Vdc	19 - 34Vdc	38 - 68Vdc	9.5 - 17Vdc	19 - 34Vdc	38 - 68Vdc	38 - 68Vdc
Potència contínua @ 25°C	600**/500VA	800**/650VA	600**/750VA	1500VA	2000VA	2000VA	2000VA	3000VA	3000VA	3500VA	2500VA	4500VA	5000VA
Potència 30 min. @ 25°C	600**/700VA	1200**/1000VA	1400**/1200VA	1500VA	2000VA	2400VA	2400VA	3500VA	3500VA	4000VA	3000VA	5000VA	6000VA
Potència 5 sec. @ 25°C	2.9kVA	2.9kVA	2.9kVA	3.4kVA	4.9kVA	6kVA	6kVA	9kVA	9kVA	10.5kVA	7.5kVA	12kVA	19kVA
Carga màxima													
Carga asimètrica màxima	Hasta sorto circuito												
Detecció de càrrega (stand-by)	Hasta Point 2 a 25 W												
Cos φ	0.1-1												
Rendiment màxim	93%	93%	93%	93%	94%	94%	94%	94%	94%	94%	94%	94%	94%
Consumo OFF/Stand-by/ON	1.1W/1.4W/7W	1.2W/1.5W/8W	1.3W/1.6W/9W	1.2W/1.4W/8W	1.2W/1.4W/10W	1.4W/1.6W/9W	1.3W/1.5W/10W	1.4W/1.6W/12W	1.8W/2.1W/14W	1.2W/1.4W/14W	1.4W/1.6W/18W	1.8W/2.2W/22W	1.9W/2.4W/32W
Tensió de sortida	Sinusoidal pura 220Vac (+/- 2%) / 120Vac ⁽¹⁾												
Freqüència de sortida	50Hz / 60Hz ⁽¹⁾ +/- 0.05% (controlado por cuarzo)												
Distorsió harmònica	<2%												
Protecció de sobrecàrrega i cortocircuit	Desconnexió automàtica con 3 intentos de reinicio												
Protecció de sobretemperatura	Alarma antes de corte y reinicio automático												
Característiques de càrrega	6 etapas: Bulk-Absorció-Flotació-Equalització-Flotació reducida-Absorció periòdica												
Corrent de càrrega màxim	35A	25A	12A	70A	10A	55A	33A	60A	50A	100A	140A	100A	120A
Compensació per temperatura	Con BTS-01 o BSP 500/1200												
Correcció del factor de potència (PF)	EN 61000-3-2												
Dades generals	XTS 900-12	XTS 1200-24	XTS 1400-48	XTM 1500-12	XTM 2000-12	XTM 2400-24	XTM 2600-48	XTM 3000-24	XTM 4000-48	XTH 3000-12	XTH 5000-24	XTH 6000-48	XTH 8000-48
Rango de tensió de entrada	150 a 265Vac / 60 a 140Vac ⁽¹⁾												
Freqüència de entrada	45 - 60Hz												
Corrent màx. de entrada (llei de transferència) / corrent màx. de sortida	15Aac/20Aac							50Aac/50Aac				50Aac/90Aac	
Temps de transferència (UPS)	<15ms												
Contactos multifuncionals	2 contactos independientes (libres de potencial con 3 puntos, 15Aac/5Aac)												
Peso	8.2 kg	9 kg	9.3 kg	15 kg	18.5 kg	16.2 kg	21.2 kg	22.9 kg	34 kg	40 kg	42 kg	46 kg	46 kg
Dimensiones AxaxL [mm]	110x210x310			133x222x498				230x300x600				IP20	
Índice de protecció	IP54			IP20									
Conformitat	Directiva CEM 2004/108/CE: EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, EN 55014, EN 55022, EN 61000-3-2, EN 62040-2 Directiva de baixa tensió 2006/95/CE: EN 62040-1-1, EN 50091-2, EN 60950-1												
Rango de temperatura de treball	-20 a 55°C												
Humiditat relativa de funcionament	95% sin condensación												
Ventilació	Módulo de ventilación ECF-01 en opción							Forzada a partir de 55°C				95% sin condensación Forzada a partir de 55°C	
Nivel acústico	<40dB / <45dB (sin/ con ventilación)												
Garantía	5 años												
Opciones	Control remoto RCC-02 o RCC-03 Módulo XCOM-232 Sets de comunicación por internet Alcom-LAN/Com-GSM Controlador de estado de carga de batería BSP Módulo de entrada remota RCM-10 (3 m) Módulo con 2 contactos auxiliares ARMAQ2 Módulo de ventilación ECF-01 Sensor de temperatura de batería BTS-01 (3 m) Cable de comunicación para 3ph y // CAB-RJ45-S-2 Marco de montaje X-Connect												

* Ajustable con el RCC-02/03 ** Valores mencionados únicamente válidos con el módulo de ventilación ECF-01 (1) Con -01 al final de la referencia, significa 120V/60Hz. Disponible para todos los Xtender excepto el XTH 8000-48 Estos datos pueden cambiar sin preaviso.

v 1.1.0

5.1.2.5. Bateries



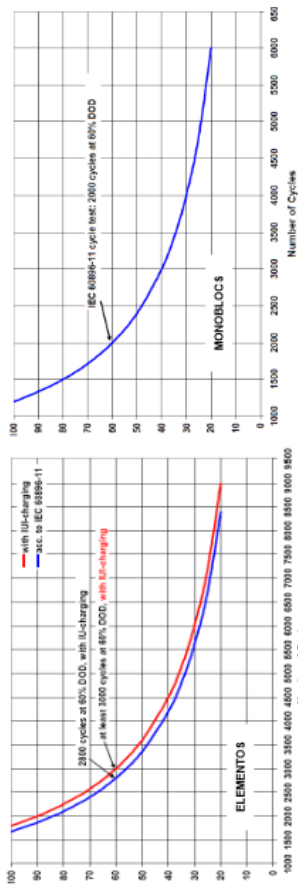
Il·lustració 9. Imatge on apareixen 12 elements de 2V OPzS Solar 2500.

El sistema consta d'un conjunt de bateries format per 4 sèries de 24 elements estacionaris de 2V OPzS Solar 2500, els quals tenen una capacitat unitària de $C_{24}=2015Ah$ amb una autonomia d'un dia, que és l'autonomia del conjunt de bateries d'aquest projecte. Com s'indica als càlculs, la profunditat de descàrrega de les bateries és del 50%, i, d'aquesta manera, tal com es veu en els gràfics de la fitxa tècnica, les bateries tenen 3500 cicles de vida amb una profunditat de descàrrega del 50%.

Les bateries estan situades en una de les casetes, cosa que s'indica en el plànol d'aquestes. Així mateix, els elements de cada sèrie estan disposats en fila i situats sobre esglaons en diferent nivell, la qual cosa possibilita la comprovació visual dels nivells de càrrega d'aquests.

Finalment, cal dir que cada grup de dos sèries està connectat a un embarrat, de manera que hi ha una totalitat de dos embarrats. Aquests estan connectats, com he dit en l'apartat anterior, a la part contínua dels inversors híbrids.

La fitxa tècnica dels elements que formen la bateria és la següent:



Classic	
OPzS Solar	
Vida cicles blocs: 2000 cicles según IEC 60896-11 Vida cicles elementos: 2.800 cicles al 60% DOD a 20°C ó 3.000 al 60% DOD de C10 con carga IUJia	
Placa Tubular	
Bajo mantenimiento	
Reciclable	

TIPO	VOLTS	C120 1,85VpC 25°C.Ah	LONGITUD x PROFUNDIDAD x ALTURA	PESO Kg
OPzS Solar 190	2	190	105 x 208 x 395	13,7
OPzS Solar 245	2	245	105 x 208 x 395	15,2
OPzS Solar 305	2	305	105 x 208 x 395	16,6
OPzS Solar 380	2	380	126 x 208 x 395	20,0
OPzS Solar 450	2	450	147 x 208 x 395	23,3
OPzS Solar 550	2	550	126 x 208 x 511	26,7
OPzS Solar 660	2	660	147 x 208 x 511	31,0
OPzS Solar 765	2	765	168 x 208 x 511	35,4
OPzS Solar 885	2	885	147 x 208 x 688	43,9
OPzS Solar 1080	2	1080	147 x 208 x 688	47,2
OPzS Solar 1320	2	1320	212 x 193 x 688	59,9
OPzS Solar 1410	2	1410	212 x 193 x 688	63,4
OPzS Solar 1650	2	1650	212 x 235 x 688	73,2
OPzS Solar 1950	2	1950	212 x 277 x 688	86,4
OPzS Solar 2350	2	2350	212 x 277 x 836	108,0
OPzS Solar 2500	2	2500	212 x 277 x 836	114,0
OPzS Solar 3100	2	3100	215 x 400 x 812	151,0
OPzS Solar 3350	2	3350	215 x 400 x 812	158,0
OPzS Solar 3850	2	3850	215 x 400 x 812	184,0
OPzS Solar 4100	2	4100	215 x 480 x 812	191,0
OPzS Solar 4600	2	4600	215 x 580 x 812	217,0
OPzS Solar 70	12	70	273 x 204 x 368	35,0
OPzS Solar 140	12	140	273 x 204 x 368	45,0
OPzS Solar 210	12	210	381 x 204 x 368	64,0
OPzS Solar 280	6	280	273 x 204 x 368	41,0
OPzS Solar 350	6	350	381 x 204 x 368	56,0
OPzS Solar 420	6	420	381 x 204 x 368	63,0

Densidad 1,24Kg/l a 20°C



Aplicaciones
Fotovoltaica

Type	C ₁₀ VpC	C ₂₀ VpC	C ₃₀ VpC	C ₄₀ VpC	C ₅₀ VpC	C ₆₀ VpC	C ₇₀ VpC	C ₈₀ VpC	C ₉₀ VpC	C ₁₀₀ VpC	C ₁₂₀ VpC
OPzS Solar 190	172	132	134	145	165	175	185	190	200		
OPzS Solar 245	159	173	176	190	215	230	240	245	260		
OPzS Solar 305	203	220	224	240	270	285	300	305	320		
OPzS Solar 380	250	273	277	300	330	350	370	380	400		
OPzS Solar 450	296	325	330	355	395	420	440	450	470		
OPzS Solar 550	353	391	398	430	480	515	540	550	580		
OPzS Solar 660	422	469	477	515	575	615	645	660	695		
OPzS Solar 765	492	546	555	600	670	710	750	765	805		
OPzS Solar 885	606	700	710	770	860	920	970	985	1035		
OPzS Solar 1080	669	773	784	845	940	1000	1055	1080	1100		
OPzS Solar 1320	820	937	950	1030	1150	1230	1295	1320	1385		
OPzS Solar 1410	888	1009	1024	1105	1225	1305	1380	1410	1440		
OPzS Solar 1650	1024	1174	1180	1260	1440	1540	1620	1650	1730		
OPzS Solar 1950	1218	1411	1430	1550	1730	1850	1950	1990	2080		
OPzS Solar 2500	1573	1751	1770	1910	2090	2200	2300	2350	2470		
OPzS Solar 3350	1957	1854	1875	2015	2215	2335	2445	2500	2600		
OPzS Solar 3850	2288	2524	2550	2740	2985	3135	3260	3350	3520		
OPzS Solar 4100	2775	3080	3125	3355	3650	3840	4000	4100	4300		
OPzS Solar 4600	3099	3451	3480	3755	4100	4300	4500	4600	4850		
OPzS Solar 210	203	206	229	250	296	304	297	284	336		
OPzS Solar 280	245	257	284	311	374	383	355	354	424		
OPzS Solar 350	284	300	322	354	420	432	408	417	482		
OPzS Solar 420	354	367	394	426	504	516	486	495	576		
OPzS Solar 140	95,4	103	108	118	141	145	136	139	162		
OPzS Solar 210	131	154	162	177	206	217	203	210	234		



Los datos que aparecen en este documento no son contractuales, reservándonos el derecho de modificarlos sin previo aviso. Edición de Febrero 2012

5.1.2.6. Cablejat i connexions

En primer lloc, cal dir que les longituds i les seccions del cablejat de la instal·lació estan especificades a l'apartat "5.2.1.7. Longituds i seccions" de la memòria de càlcul.

D'aquesta manera, tots els conductors de la instal·lació són cables unipolars de Coure. Tot i així, cal diferenciar entre el cablejat situat a l'exterior de la caseta i els conductors que estan situats a l'interior d'aquesta.

- Exterior: El cable utilitzat és el Powerflex RV-K 0,6/1kV del fabricant Top Cable, el qual disposa d'un aïllament de polietilè reticulat (XLPE).
- Interior de la caseta: El cable utilitzat és el Toxfree ZH RZ1-K 0,6/1kV (AS), el qual disposa també d'un aïllament de polietilè reticulat (XLPE) i, a més a més, és un cable lliure d'halògens. D'aquesta manera, en cas d'incendi no emet substàncies tòxiques ni gasos corrosius.

D'altra banda, cal destacar el mètode d'instal·lació del cablejat. En el cas de les línies situades a l'aire lliure i a l'interior de la caseta, la instal·lació dels conductors es realitza sobre safates de reixeta Rejiband. Pel que fa a les línies soterrades, el cablejat està col·locat l'interior del tub UNE-EN 50086-2-4.

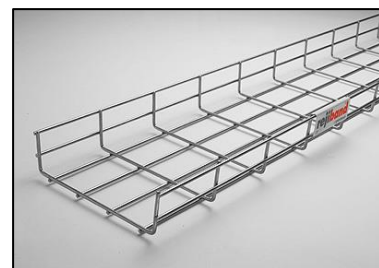
Finalment, referent al tema de la realització dels paral·lels, en la part de corrent continu es realitza mitjançant embarrats i en la part de corrent alterna es fa en les caixes de paral·lels de la caseta mitjançant regletes elèctriques.



Il·lustració 12. Imatge del cable Toxfree ZH RZ1-K 0,6/1kV lliure d'halògens.



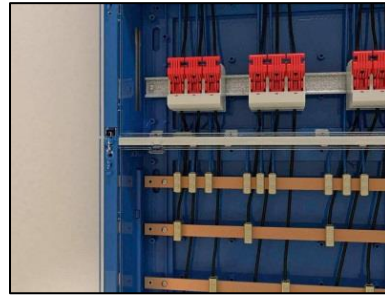
Il·lustració 11. Imatge del cable Powerflex RV-K 0,6/1kV.



Il·lustració 10. Imatge de la safata de reixeta Rejiband.



Il·lustració 14. Imatge del tub UNE-EN 50086-2-4.



Il·lustració 13. Imatge d'un exemple d'embarrats.

5.1.2.7. Control i comunicacions

Com ja he explicat anteriorment, el control de la instal·lació és realitzat pels inversors híbrids XTENDER XTH 8000-48 mitjançant un processador de senyals digitals (DSP). Tot i així, aquests estan complementats per diversos accessoris que ajuden a establir una comunicació entre el sistema i l'usuari de la instal·lació, els quals descriuré en els següents punts:



Il·lustració 15. Imatge del RCC-02.

- Control remot i centre de programació RCC-02: Aquest dispositiu permet al seu usuari supervisar el seu sistema i adaptar-lo totalment a les seves necessitats permetent ajustar nombrosos paràmetres disponibles. Així mateix, gràcies a la seva pantalla gràfica, el RCC-02 mostra indicacions clares i completes sobre l'estat del sistema.

- Controlador de l'estat de carga de la bateria BSP 500: El sistema consta de dos d'aquests dispositius, cadascun instal·lat a un dels embarrats de les bateries. Aquests estan connectats amb un shunt al terminal negatiu de la sortida de l'embarat, tal com es mostra en el manual del component. El BSP ofereix una mesura molt precisa i un algoritme extremadament eficaç que calcula l'estat de càrrega de la forma la més exacta. Tanmateix, també mesura altres dades com la tensió, la intensitat, la temperatura de les bateries, etc.



Il·lustració 16. Imatge del BSP 500.



Il·lustració 17. Imatge del Xcom-232i.

- Mòdul de comunicació Xcom-232i: El mòdul de comunicació Xcom-232i disposa d'un port sèrie RS-232 que li permet la comunicació amb el sistema. Es pot accedir a totes les informacions que es poden visualitzar a la pantalla de base del control remot però també modificar certs paràmetres de configuració. D'aquesta manera, es pot connectar el sistema amb diferents equips de supervisió o de control SCADA (PC, autòmat programable, microcontrolador).

Tots els dispositius descrits anteriorment formen un bus de comunicació connectat amb cable RJ45. Aquest bus de comunicacions està representat en el plànol elèctric "5.3.3.3. Esquema de comunicacions" de la part de plànols d'aquest projecte.

Referent a la monitorització dels inversors de xarxa i, per tant, de la instal·lació fotovoltaica, s'estableix un bus de comunicacions amb cablejat RJ45 entre tots els inversors de xarxa, el qual termina en un *datalogger*, component que explicaré a continuació:



Il·lustració 18. Imatge del Fronius Datalogger Pro.

- Fronius Datalogger pro: Aquest component permet la comunicació entre l'usuari de la instal·lació i els inversors de xarxa. Mitjançant aquest dispositiu, l'usuari pot conèixer les dades de producció fotovoltaica, així com un ample rang de dades dels inversors de xarxa. El Fronius Datalogger Pro disposa d'una sortida en RS232 destinada a la

connexió d'un mòdem i una sortida RS232 destinada a la connexió directa amb un ordinador.

Amb la finalitat de poder de tenir una comunicació remota amb el sistema de control i regulació de la instal·lació, és necessària la instal·lació d'un mòdem que permeti a l'usuari connectar-se sense fil amb el sistema. Per fer-ho, es necessiten dos components:

- *Switch* o commutador RS232 2 entrades: Té dos ports d'entrada RS232, els quals commuta i obté una única sortida RS232.

- Mòdem Owasys i36: Permet la comunicació sense fil de l'usuari amb el sistema mitjançant protocols GSM, EDGE, HSPA i 3G. Està connectat amb el commutador mitjançant cablejat RS232.



Il·lustració 19. Imatge del Mòdem Owasys i36.

Les connexions del sistema de comunicacions dels inversors de xarxa també estan especificades en el plànol elèctric “5.3.3.3. Esquema de comunicacions” de la part de plànols d'aquest projecte.

Finalment, cal dir que les característiques específiques i els mètodes d'instal·lació es poden trobar en les fitxes tècniques i en els manuals dels diversos components, els quals estan penjats a les diverses pàgines web dels fabricants.

5.1.2.8. Elements de protecció i comandament

5.1.2.8.1. Interruptor bypass

L'interruptor bypass d'emergència és un element de comandament de la instal·lació que permet desconnectar el grup electrogen de la resta de la instal·lació en cas de manteniment o reparació. D'aquesta manera, quan l'usuari fa actuar l'interruptor, aquest deriva la sortida del grup electrogen directament als consums, desconnectant-los de la instal·lació fotovoltaica. Conseqüentment, quan l'interruptor Bypass actua, els consums elèctrics de la instal·lació són directament satisfets pel grup electrogen.

L'interruptor bypass d'aquest projecte és un interruptor tetrapolar que ha de suportar una intensitat de 100A, i està col·locat en una de les caixes de la caseta.

5.1.2.8.2. Proteccions CC

Els elements de protecció contra sobreintensitats de les línies de CC són fusibles gG de 500 Vcc, que són de tipus D01 en el cas de la part fotovoltaica i NH2 en el cas de les bateries, instal·lats en portafusibles en les caixes de la caseta, els quals protegeixen les línies contra sobrecàrregues i curtcircuits. Aquests han de complir les següents condicions segons la norma ITC-BT-22:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 * I_z$$

On:

- I_b → Intensitat de disseny del circuit.
- I_n → Intensitat nominal del fusible.
- I_f → Intensitat de fusió instantània del fusible.
- I_z → Intensitat màxima suportada pel conductor.

El nostre sistema consta de 48 fusibles en la part fotovoltaica, 8 fusibles en la línia de les bateries als embarrats i 12 fusibles en els conductors dels embarrats als inversors híbrids. Les intensitats nominals dels fusibles, les quals estan indicades a l'esquema elèctric d'aquest projecte, són les següents:

- Part fotovoltaica → $I_n=10A$.
- Part bateries – embarrats → $I_n=315A$.
- Part embarrats – inversors híbrids → $I_n=200A$.

D'aquesta manera, segons la norma UNE EN 60269, les intensitats de fusió dels fusibles són les següents:

- Part fotovoltaica → $I_f=19A$.
- Part bateries – embarrats → $I_f=504A$.
- Part embarrats – inversors híbrids → $I_f=320A$.

Per tant, es compleixen les condicions indicades anteriorment.

5.1.2.8.3. Proteccions CA



Il·lustració 20. Imatge d'un magnetotèrmic tetrapolar.

Els elements de protecció contra sobreintensitats de les línies de CA són interruptors magnetotèrmics tetrapolars de 500Vac i amb un poder de tall de 25kA, instal·lats en el quadre elèctric Pragma 13 d'una fila a l'interior de la caseta, els quals protegeixen les línies de CA contra sobrecàrregues i curtcircuits. Aquests han de complir les següents condicions segons la norma ITC-BT-22:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 * I_z$$

On:

- I_b → Intensitat de disseny del circuit.
- I_n → Intensitat nominal del magnetotèrmic.
- I_f → Intensitat d'actuació instantània del magnetotèrmic.
- I_z → Intensitat màxima suportada pel conductor.

El nostre sistema consta d'un interruptor magnetotèrmic a la sortida del grup electrogen, un a cada sortida particular dels inversors de xarxa i un a l'entrada dels consums. Les intensitats nominals dels magnetotèrmics, les quals estan indicades a l'esquema elèctric d'aquest projecte, són les següents:

- Sortida grup → 100A.
- Sortida particular inversors de xarxa → 25A.
- Entrada consums → 100A.

D'aquesta manera, UNE EN 60947-2, les intensitats d'actuació contra sobrecàrregues dels magnetotèrmics són les següents:

- Sortida grup → 130A.
- Sortida particular inversors de xarxa → 32,5A.
- Entrada consums → 130A.

Per tant, es compleixen les condicions indicades anteriorment.

5.1.2.8.4. Posada a terra

La posada o connexió a terra és la unió elèctrica directa, sense fusibles ni protecció alguna, d'una part del circuit elèctric o d'una part conductora no pertanyent al mateix mitjançant una presa de terra amb un elèctrode o grups d'elèctrodes enterrats a terra.

Mitjançant la instal·lació de posada a terra s'haurà d'aconseguir que en el conjunt de instal·lacions, edificis i superfície pròxima del terreny no apareguin diferències de potencial perilloses i que, al mateix temps, permeti el pas a terra dels corrents de defecte o dels de descàrrega d'origen atmosfèric.

Totes les masses metàl·liques de la instal·lació han d'estar connectades a la connexió de posada a terra, entre les quals cal destacar:

- Estructura mòduls fotovoltaics.
- Bateries.
- Equips electrònics amb masses metàl·liques.

Tanmateix, cal dir que la instal·lació de posada a terra s'ha de realitzar seguint la norma ITC-BT-18 del REBT.

5.1.3. Mà d'obra necessària

Un cop descrits els diversos elements que formen la instal·lació, cal fer incís i analitzar la mà d'obra necessària per a l'execució del projecte. D'aquesta manera, els recursos humans necessaris estan indicats a continuació, tenint en compte que la jornada laboral té una durada de 10h:

- 6 dies per al muntatge de l'estructura, tasca realitzada per un grup de 4 professionals muntadors.
- 4 dies per al muntatge dels panells, tasca realitzada per un grup de 4 professionals muntadors.
- 10 dies per a la instal·lació elèctrica de la part fotovoltaica, tasca realitzada per un grup de 4 electricistes.
- 4 dies per al muntatge de les bateries, tasca realitzada per un grup de 2 electricistes.
- 5 dies per a la instal·lació elèctrica del sistema de bateries, tasca realitzada per 1 grup de 4 electricistes.
- 3 dies per a la realització de la rasa de 40m i la infraestructura subterrània per passar el cablejat provinent dels mòduls situats a la nau 7 fins la caseta dels inversors. Aquesta tasca serà realitzada per 10h de treball d'una retroexcavadora, que realitzarà l'excavació i soterrarà la infraestructura un cop finalitzada i, així mateix, per 2 dies de treball de 2 professionals que passaran el cable pels tubs de plàstic corrugat.
- Muntatge dels sistemes de seguretat que seran presents durant la durada de l'execució de l'obra.
- Direcció i supervisió de l'obra, tasca realitzada per l'enginyer encarregat i els seus ajudants al llarg de l'execució d'aquesta.
- 1 dia per a la posta en marxa de la instal·lació, tasca realitzada per l'enginyer encarregat i els seus ajudants.

5.2. Memòria de càlcul

5.2.1. Justificació de càlculs

Realitzarem els càlculs tenint en compte que el factor de potència de la instal·lació elèctrica és $\cos(\varphi)=1$, ja que disposem d'un compensador d'energia reactiva, així com que tots els motors són d'arrencada electrònica.

5.2.1.1. Potència necessària de la instal·lació

Vaig desplaçar-me a la granja per realitzar un inventari dels diferents equips de consum elèctric de la instal·lació, així com les seves corresponents potències nominals. Amb la finalitat d'obtenir la potència necessària de la instal·lació i a partir de les indicacions donades pel propietari de l'explotació sobre la freqüència i el temps d'utilització previstos dels diferents aparells, he aplicat els coeficients d'utilització i simultaneïtat a les potències prèviament calculades, de manera que he obtingut les dades expressades en les següents taules:

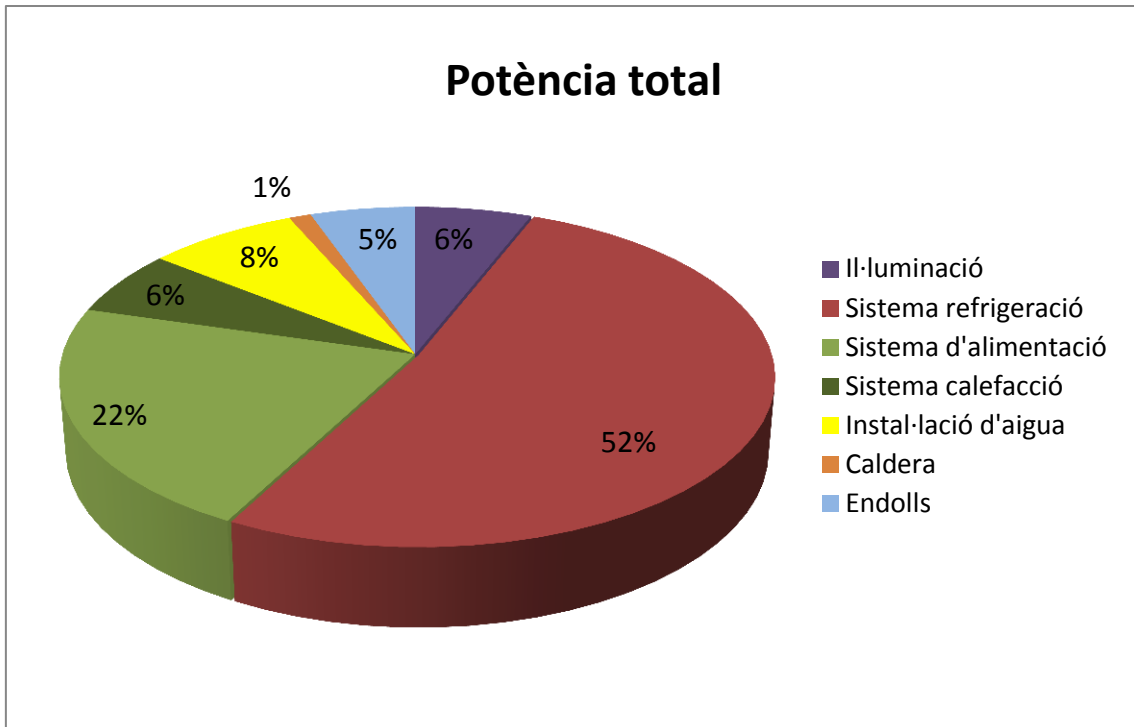
Ubicació	Tipus consum	Descripció	Quantitat	Potència unitària (W)	Potència total (W)	Simultaneïtat i utilització	Potència corregida (W)
Nau 1	Il·luminació	Làmpada 2 tubs fluorescents de 18W	9	36	324	0,5	162
		Làmpada 1 tub fluorescent de 18W	6	18	108	0,5	54
	Sistema refrigeració	Motor ventilació 1	9	240	2160	0,7	1512
		Motor ventilació cooling	3	736	2208	0,5	1104
		Bomba aigua cooling	3	55	165	0,5	82,5
	Sistema d'alimentació	Motor d'alimentació porcina	2	736	1472	0,4	588,8
Sistema calefacció	Mantes elèctriques	32	125	4000	0,7	2800	
Nau 2	Il·luminació	Làmpada 1 tub fluorescent de 18W	16	18	288	0,5	144
	Sistema refrigeració	Motor ventilació 2	4	580	2320	0,7	1624
	Sistema alimentació	Motor d'alimentació porcina	2	736	1472	0,4	588,8
Nau 3	Il·luminació	Làmpada 1 tub fluorescent de 18W	6	18	108	0,5	54
	Sistema refrigeració	Motor ventilació 2	3	580	1740	0,7	1218
		Motor ventilació cooling	4	736	2944	0,5	1472
		Bomba aigua cooling	4	55	220	0,5	110
Nau 4	Il·luminació	Làmpada 2 tubs fluorescents de 18W	12	36	432	0,5	216
	Sistema refrigeració	Motor ventilació 3	2	720	1440	0,7	1008
		Motor ventilació 4	2	480	960	0,7	672
		Motor ventilació cooling	5	736	3680	0,5	1840
		Bomba aigua cooling	5	55	275	0,5	137,5
Nau 5	Il·luminació	Làmpada 2 tubs fluorescents de 18W	10	36	360	0,5	180
	Sistema alimentació	Motor d'alimentació porcina	1	736	736	0,4	294,4

Nau 6	Il·luminació	Làmpada 2 tubs fluorescents de 18W	14	36	504	0,5	252	
	Sistema refrigeració	Motor ventilació cooling	5	736	3680	0,5	1840	
		Bomba aigua cooling	5	55	275	0,5	137,5	
	Sistema alimentació	Motor d'alimentació porcina	4	736	2944	0,4	1177,6	
Nau 7	Il·luminació	Làmpada 2 tubs fluorescents de 15W	27	30	810	0,5	405	
	Sistema refrigeració	Motor ventilació 2	8	580	4640	0,7	3248	
		Motor ventilació cooling	3	736	2208	0,5	1104	
		Bomba aigua cooling	3	55	165	0,5	82,5	
	Sistema alimentació	Motor d'alimentació porcina	6	736	4416	1	4416	
Nau 8	Il·luminació	Làmpada 2 tubs fluorescents de 18W	26	36	936	0,5	468	
	Sistema refrigeració	Motor ventilació 1	4	240	960	0,7	672	
		Motor ventilació 5	9	320	2880	0,7	2016	
		Bomba aigua cooling	9	55	495	0,5	247,5	
	Sistema alimentació	Motor d'alimentació porcina	4	736	2944	0,4	1177,6	
Instal·lació d'aigua	Petites bombes d'aigua	4	56	224	1	224		
Altres	Instal·lació d'aigua	Bomba 1	1	3700	3700	0,3	1110	
		Bomba 2	1	1100	1100	1	1100	
	Caldera	Motor caldera biomassa	1	736	736	1	736	
	Màquina neteja	Màquina neteja	1	3500	3500	0,1	350	
						64529	0,5675	36625,7

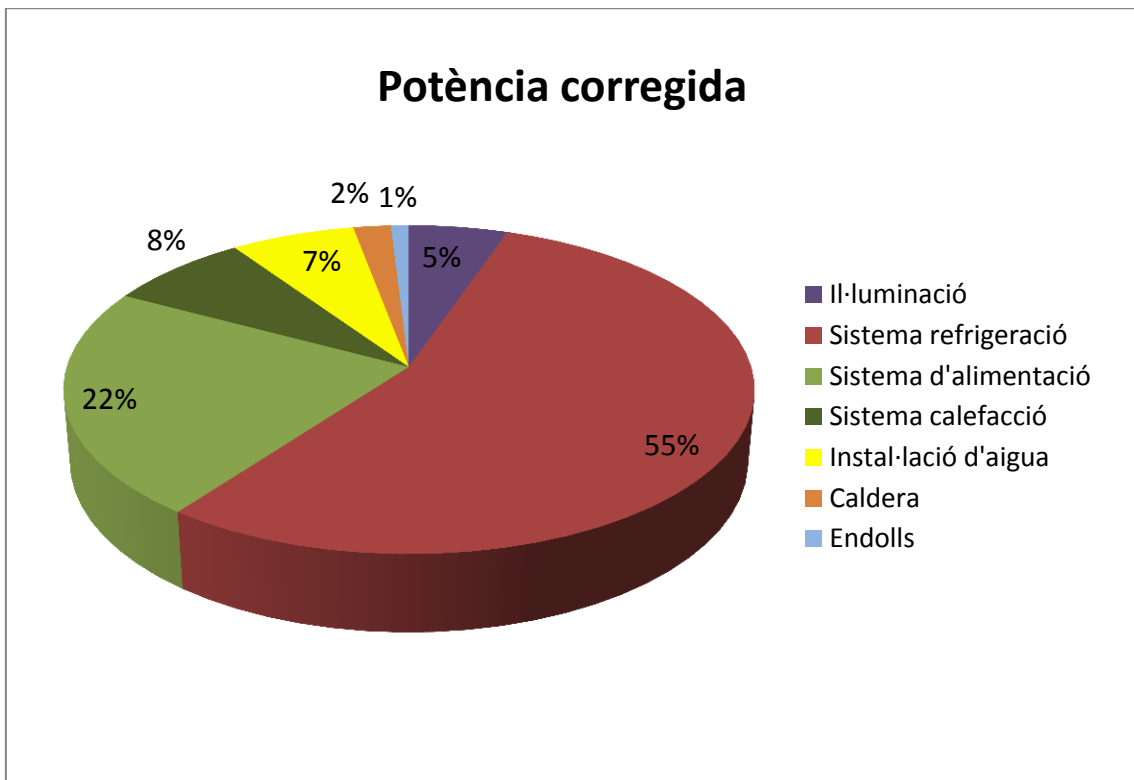
Taula 1. Potència necessària de la instal·lació a partir dels diversos equips de consum elèctric.

Ubicació	Circuit	Potència circuit (W)	Potència total (W)	Potència corregida circuit (W)	Potència corregida total (W)
Nau 1	Il·luminació	432	10437	216	6303,3
	Sistema refrigeració	4533		2698,5	
	Sistema d'alimentació	1472		588,8	
	Sistema calefacció	4000		2800	
Nau 2	Il·luminació	288	4080	144	2356,8
	Sistema refrigeració	2320		1624	
	Sistema d'alimentació	1472		588,8	
Nau 3	Il·luminació	108	5012	54	2854
	Sistema refrigeració	4904		2800	
Nau 4	Il·luminació	432	6787	216	3873,5
	Sistema refrigeració	6355		3657,5	
Nau 5	Il·luminació	360	1096	180	474,4
	Sistema d'alimentació	736		294,4	
Nau 6	Il·luminació	504	7403	252	3407,1
	Sistema refrigeració	3955		1977,5	
	Sistema d'alimentació	2944		1177,6	
Nau 7	Il·luminació	810	12239	405	9255,5
	Sistema refrigeració	7013		4434,5	
	Sistema d'alimentació	4416		4416	
Nau 8	Il·luminació	936	8439	468	4805,1
	Sistema refrigeració	4335		2935,5	
	Sistema d'alimentació	2944		1177,6	
	Instal·lació d'aigua	224		224	
Altres	Instal·lació d'aigua	4800	9036	2210	3296
	Caldera	736		736	
	Màquina neteja	3500		350	
			64529		36625,7

Taula 2. Potència per circuit i nau.



Gràfic 1. S'indica la relació entre la potència total de cada tipus de consum i la potència total de la instal·lació.



Gràfic 2. S'indica la relació entre la potència total corregida de cada tipus de consum i la potència total corregida de la instal·lació.

A partir de la potència necessària de la instal·lació, la qual ha estat calculada anteriorment, he procedit a determinar el nombre d'inversors híbrids necessaris per satisfer en tot moment els consums elèctrics de la instal·lació. Els inversors híbrids que s'instal·laran són els XTENDER XTH 8000-48 del fabricant Studer Innotec. Les potències d'aquest inversor estan especificades a la següent taula:

Potències inversors híbrids XTENDER XTH 8000-48	
Potència contínua @25°C	7000 VA
Potència 30min @25°C	8000 VA
Potència 5s @25°C	21 kVA

Taula 3. Potències dels inversors híbrids.

Tenint en compte que el factor de potència de la instal·lació és $\cos(\varphi)=1$, he procedit el calcular el nombre d'inversors híbrids necessaris:

$$\text{Nombre inversors híbrids} = \frac{P_{necessària}}{P_{inversor}} = \frac{36625,7W}{7000W/inversor} \approx 6 \text{ inversors}$$

Per tant, ja que la sortida a corrent altern dels inversors és monofàsica i amb la finalitat que les tres fases estiguin compensades, la distribució dels inversors híbrids és la següent:

Distribució inversors híbrids XTENDER XTH 8000-48	
Nombre total d'inversors híbrids	6 ud
Nombre d'inversors híbrids per fase	2 ud
Potència necessària	36626 W
Potència total contínua inversors	42000 W

Taula 4. Distribució dels inversors híbrids.

5.2.1.2. Configuració dels inversors de xarxa

Abans de realitzar el dimensionat dels mòduls fotovoltaics, he de realitzar la configuració dels inversors de xarxa, amb la finalitat de calcular la quantitat de panells que s'han de col·locar a cada inversor. Per fer-ho, tindrè en compte els voltatges i les intensitats de sortida de les plaques solars, així com els voltatges i les intensitats d'entrada dels inversors de xarxa. A més a més, també he de tenir en compte les temperatures màximes i mínimes a les quals es poden trobar els panells, les quals seran d'aproximadament 20°C superiors a les temperatures ambientals màximes i mínimes. Finalment, cal dir que realitzaré el disseny de la col·locació de mòduls en sèrie o paral·lel sabent que els mòduls en sèrie sumen el voltatge, així com que les sèries en paral·lel sumen les intensitats.

Les dades tècniques que utilitzarem dels components són:

Dades tècniques sortida panell fotovoltaic ATERSA A-250P		Dades tècniques entrada de l'inversor de xarxa FRONIUS IG PLUS 150 V-3	
Potència nominal (Pn)	250 Wp	Voltatge màxim (Vmax)	600 V
Voltatge màxima potència (Vmp)	29,5 V	Voltatge d'arrencada (Vstart)	260 V
Voltatge circuit obert (Voc)	37,6 V	Intensitat màxima potència (Imp)	56,6 A
Intensitat màxima potència (Imp)	8,45 A	Intensitat curtcircuit (Isc)	84,4 A
Intensitat curtcircuit (Isc)	8,91 A		
Coefficient de temperatura de V (α)	-0,32 %/°C		
Coefficient de temperatura de I (β)	0,04 %/°C		

Taula 7. Dades tècniques de l'inversor de xarxa.

Taula 5. Dades tècniques del mòdul fotovoltaic.

Temperatura màxima mòdul fotovoltaic (Tmax)	60 °C
Temperatura mínima mòdul fotovoltaic (Tmin)	0 °C

Taula 6. Temperatures màximes i mínimes considerades del panell fotovoltaic.

A partir de les dades indicades anteriorment, procedeixo a determinar el nombre màxim de panells en sèrie. Per fer-ho, parteixo de la següent expressió:

$$\text{Nombre màxim panells en sèrie} = \frac{V_{\text{max entrada inversor}}}{V_{\text{oc sortida panell}}}$$

D'aquesta manera, he tingut en compte el cas més desfavorable i, per tant, he calculat Voc quan $T_{min}=0^{\circ}C$.

$$\begin{aligned} Voc(0^{\circ}C) &= Voc(25^{\circ}C) + (\Delta T) \cdot \frac{\alpha \cdot Voc(25^{\circ}C)}{100} \\ &= 37,6V + (0^{\circ}C - 25^{\circ}C) \cdot \frac{-0,32\%/^{\circ}C \cdot 37,6V}{100} = 40,61V \end{aligned}$$

Per tant:

$$N_{max \text{ sèrie}} = \frac{V_{max}}{Voc(0^{\circ}C)} = \frac{600V}{40,61V} = 14,77 \approx 14 \text{ panells}$$

Així mateix, calculem el nombre màxim de sèries en paral·lel, a partir de l'expressió:

$$Nombre \text{ màxim sèries en paral} \cdot lel = \frac{I_{max \text{ entrada inversor}}}{I_{sc \text{ sortida panell}}}$$

D'aquesta manera, he tingut en compte el cas més desfavorable i, per tant, he calculat Isc quan $T_{max}=60^{\circ}C$.

$$\begin{aligned} I_{sc}(60^{\circ}C) &= I_{sc}(25^{\circ}C) + (\Delta T) \cdot \frac{\beta \cdot I_{sc}(25^{\circ}C)}{100} = 8,91A + (60^{\circ}C - 25^{\circ}C) \cdot \frac{0,04\%/^{\circ}C \cdot 8,91A}{100} \\ &= 9,03A \end{aligned}$$

Per tant:

$$N_{max \text{ paral} \cdot lel} = \frac{I_{max}}{I_{sc}} = \frac{56,6A}{9,03A} = 6,27 \approx 6$$

A partir de l'anteriorment calculat, proposaré un dimensionat de plaques per cada inversor de xarxa que garanteixi el mínim desaprofitament de l'energia produïda, amb la finalitat d'aprofitar al màxim l'energia elèctrica generada mitjançant els mòduls fotovoltaics. Per fer-ho, tindrè en compte les pèrdues energètiques dels panells, especificades en la taula 9 de l'apartat 5.2.1.3.

La potència màxima d'entrada de l'inversor és de $P=12770W$, de manera que he realitzat la següent configuració:

Configuració proposada		
Nombre de panells en sèrie	14	u
Nombre de sèries en paral·lel	4	u
Nombre de panells per inversor	56	u
Potència unitària panell	250	Wp
Potència total panells	14	kWp
Pèrdues temperatura i baixa radiació	7,9	%
Pèrdues reflectància angular	2,6	%
Pèrdues possibles brutícia i ombres	2	%
Potència entrada inversor	12,25	kW

Taula 8. Configuració proposada dels inversors de xarxa.

Així mateix, una vegada proposada la configuració, realitzo la comprovació que els valors dels voltatges i de les intensitats d'entrada a l'inversor de xarxa no són superiors a les indicades en les especificacions tècniques:

Comprovació	
Voltatge màxim (V_{max})	568,51 V
Voltatge d'arrencada (V_{start})	367,12 V
Intensitat màxima potència (I_{mp})	34,27 A
Intensitat curtcircuit (I_{sc})	36,14 A

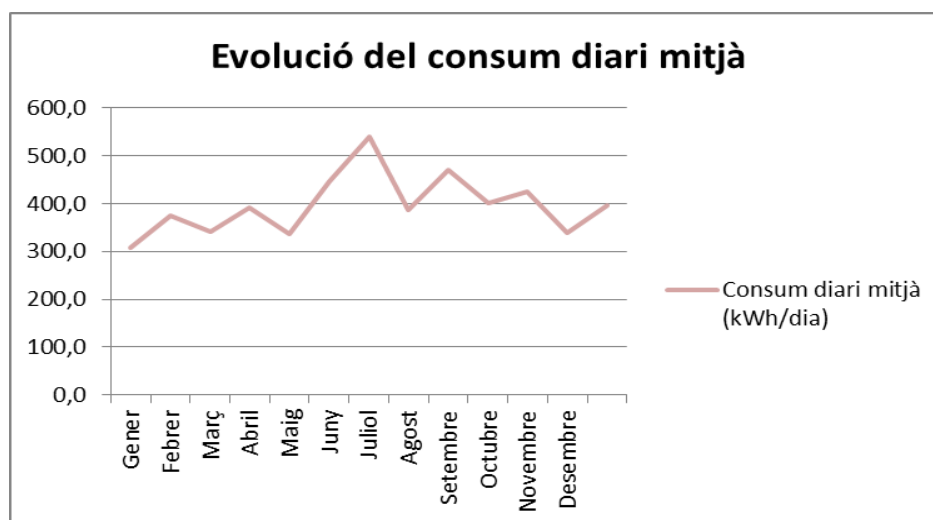
Taula 9. Comprovació de la configuració proposada.

5.2.1.3. Dimensionat dels panells fotovoltaics

He realitzat una previsió dels consums elèctrics diaris mitjans, mensuals i anuals de l'explotació ramadera. Aquesta l'he realitzat a partir de les potències dels diferents aparells, així com l'estimació de les hores d'utilització dels diferents equips de consum al llarg dels diversos mesos de l'any:

	Consum mensual (kWh/mes)	Dies	Consum diari mitjà (kWh/dia)	Relació sobre consum màxim (%)
Gener	9.555	31	308,2	57,11%
Febrer	10.483	28	374,4	69,37%
Març	10.562	31	340,7	63,13%
Abril	11.736	30	391,2	72,49%
Maig	10.395	31	335,3	62,13%
Juny	13.348	30	444,9	82,44%
Juliol	16.730	31	539,7	100,00%
Agost	11.984	31	386,6	71,63%
Setembre	14.076	30	469,2	86,94%
Octubre	12.452	31	401,7	74,43%
Novembre	12.742	30	424,7	78,70%
Desembre	10.528	31	339,6	62,93%
	144.591		396,4	73,44%

Taula 10. Previsió dels consums elèctrics mensuals, anuals i diaris mitjans de la instal·lació.



Gràfic 3. Evolució del consum diari mitjà al llarg dels diversos mesos de l'any.

Per realitzar el dimensionat dels panells fotovoltaics he considerat un azimut=-2°, ja que ambdues naus (6 i 7) on tinc la intenció de col·locar les plaques fotovoltaïques tenen una orientació de 2° cap a l'est respecte al sud. Així mateix, he realitzat els càlculs tenint en compte un rendiment $\eta=73,5\%$ i, per tant, unes pèrdues del 26,5%. Aquesta consideració l'he realitzat a partir de les següents estimacions:

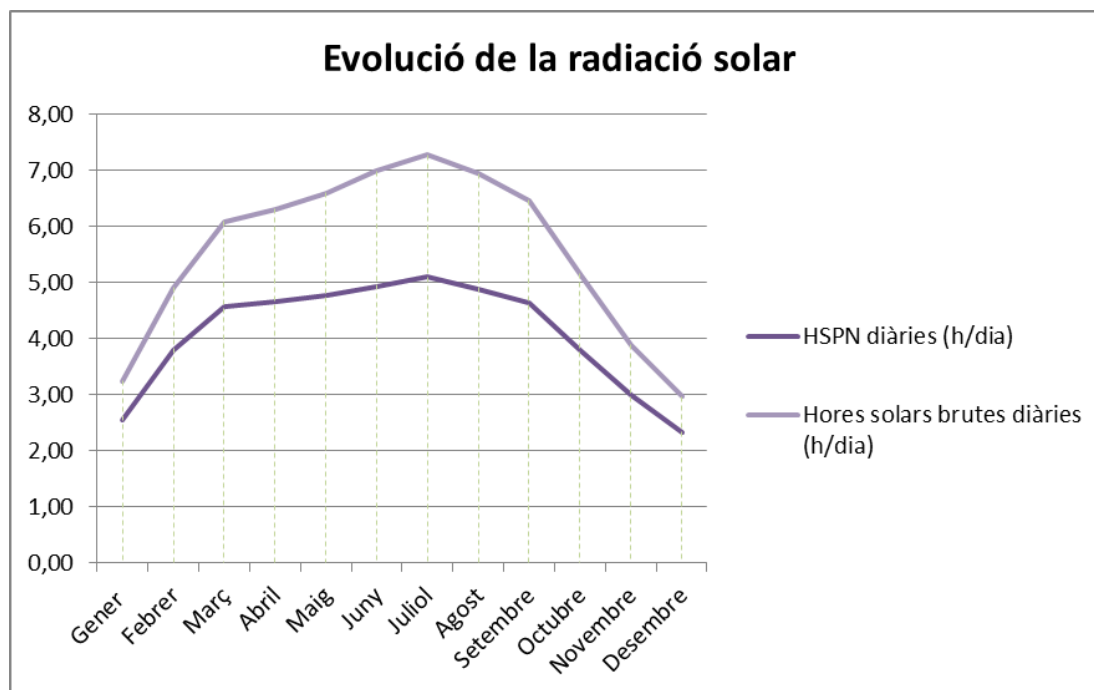
	Pèrdues
Tempeatura i baixa radiació (PVGIS)	7,9%
Reflectància angular (PVGIS)	2,6%
Cablejat	2%
Possibles ombres i brutícia	2%
Bateries i cablejat d'aquestes	3%
Inversors híbrids	4%
Inversors de red	5%
Total pèrdues	26,5%

Taula 11. Estimació de les pèrdues del sistema.

A continuació, m'he dirigit al programari virtual de PVGIS, el qual m'ha realitzat un estudi sobre la radiació solar en la localització de la instal·lació. Per realitzar l'estudi he indicat les pèrdues del sistema, un azimuth=-2° i la inclinació òptima de les plaques, la qual ha estat calculada automàticament pel programa. Les dades obtingudes són indicades en la següent taula:

	Azimut=-2°		Inclinació=Òptima	
	HSPN diàries (h/dia)	HSPN mensuals (h/mes)	Hores solars brutes diàries (h/dia)	Hores solars brutes mensuals (h/mes)
Gener	2,55	79	3,24	101
Febrer	3,79	106	4,91	137
Març	4,57	142	6,09	189
Abril	4,65	139	6,31	189
Maig	4,76	148	6,60	205
Juny	4,93	148	6,98	209
Juliol	5,10	158	7,27	225
Agost	4,87	151	6,94	215
Setembre	4,63	139	6,46	194
Octubre	3,80	118	5,15	160
Novembre	2,99	89,6	3,88	116
Desembre	2,33	72,3	2,96	91,6
Mitjana	4,08	124,2	5,57	169,3
Total anual	1489,9		2031,6	

Taula 12. Estudi de la radiació solar, on HSPN són les hores solars pic netes.



Gràfic 4. Evolució de les HSPN i les hores solars brutes diàries al llarg dels diversos mesos de l'any.

Una vegada que he sabut les HSPN amb la inclinació òptima amb l'ajuda de PVGIS, he procedit a realitzar el dimensionat de panells fotovoltaics que tindrà la instal·lació. Per fer-ho, he partit de la configuració dels inversors de xarxa realitzada a l'apartat anterior, les dades de la qual estan especificades en la taula 6. D'aquesta manera, sabent que el nombre de mòduls fotovoltaics per inversor de xarxa és 56, he procedit a determinar el nombre d'inversors de xarxa necessaris i, conseqüentment, el nombre de mòduls fotovoltaics. Per fer-ho, he tingut en compte els següents factors:

- 1- Màxima cobertura possible del consum elèctric amb la generació fotovoltaica.
- 2- Mínim desaprofitament possible de l'energia generada pels mòduls fotovoltaics.
- 3- Intentar que el dimensionat de panells fotovoltaics sigui el més petit dintre de les meves possibilitats.

A partir dels factors enunciats anteriorment, proposo el següent dimensionat, justificant-ho amb l'estudi de la cobertura amb generació fotovoltaica corresponent:

Inversors xarxa (ud)	6
Nombre mòduls per inversor (ud)	56
Nombre mòduls (ud)	336
Potència mòdul (Wp)	250
Potència planta FV (kWp)	84

Taula 13. Dimensionat fotovoltaic proposat.

Azimut=-2° Inclinació=Òptima $\eta=73,5\%$ P=84kWp					
	Consum diari mitjà (kWh/dia)	H.S.P.N (h/dia)	Generació FV (kWh/dia)	% Cobertura	% Energia desaproveitada
Gener	308,23	2,55	214,20	69,49%	0,00%
Febrer	374,39	3,79	318,36	85,03%	0,00%
Març	340,71	4,57	383,88	100,00%	12,67%
Abril	391,20	4,65	390,60	99,85%	0,00%
Maig	335,32	4,76	399,84	100,00%	19,24%
Juny	444,93	4,93	414,12	93,07%	0,00%
Juliol	539,68	5,10	428,40	79,38%	0,00%
Agost	386,58	4,87	409,08	100,00%	5,82%
Setembre	469,20	4,63	388,92	82,89%	0,00%
Octubre	401,68	3,80	319,20	79,47%	0,00%
Novembre	424,73	2,99	251,16	59,13%	0,00%
Desembre	339,61	2,33	195,72	57,63%	0,00%
Mitjana	396,36	4,08	342,79	83,83%	3,14%

Taula 14. Estudi de la generació fotovoltaica amb el dimensionat proposat.

Els motius pels quals no he decidit garantir una cobertura amb generació fotovoltaica del 100% és perquè, en aquest cas, el desaproveïment d'energia provinent dels mòduls solars era molt elevat i, a més a més, el nombre de plaques necessàries era molt gran.

5.2.1.4. Optimització de la inclinació dels panells

Abans d'optimitzar la inclinació dels mòduls fotovoltaics he hagut de tenir en compte les restriccions amb les quals hi comptava. En primer lloc, les dues cobertes on tinc la intenció de col·locar les plaques tenen una inclinació de 18°. Així mateix, la variació de la inclinació de cada escaire és de 5°. Per tant, he realitzat l'estudi de la generació fotovoltaica, mitjançant el programari virtual de PVGIS, amb les inclinacions de 18°, 18°+5°, 18°+10° i 18°+15°, elegint la inclinació en què la cobertura fotovoltaica sigui la màxima possible i el desaprofitament de l'energia elèctrica provinent dels panells sigui el menor possible. Les dades obtingudes amb cada inclinació han estat les següents:

Azimut=-2° Inclinació=18° η=73,5% P=84kWp					
	Consum diari mitjà (kWh/dia)	H.S.P.N (h/dia)	Generació FV (kWh/dia)	% Cobertura	% Energia desaprofitada
Gener	308,23	2,09	175,56	56,96%	0,00%
Febrer	374,39	3,24	272,16	72,69%	0,00%
Març	340,71	4,21	353,64	100,00%	3,80%
Abril	391,20	4,62	388,08	99,20%	0,00%
Maig	335,32	5,01	420,84	100,00%	25,50%
Juny	444,93	5,33	447,72	100,00%	0,63%
Juliol	539,68	5,45	457,80	84,83%	0,00%
Agost	386,58	4,96	416,64	100,00%	7,78%
Setembre	469,20	4,39	368,76	78,59%	0,00%
Octubre	401,68	3,35	281,40	70,06%	0,00%
Novembre	424,73	2,46	206,64	48,65%	0,00%
Desembre	339,61	1,89	158,76	46,75%	0,00%
Mitjana	396,36	3,92	329,00	79,81%	3,14%

Taula 15. Estudi de la generació fotovoltaica amb una inclinació de 18°.

	Azimut=-2° Inclinació=18+5° $\eta=73,5\%$ P=84kWp				
	Consum diari mitjà (kWh/dia)	H.S.P.N (h/dia)	Generació FV (kWh/dia)	% Cobertura	% Energia desaproveitada
Gener	308,23	2,24	188,16	61,05%	0,00%
Febrer	374,39	3,42	287,28	76,73%	0,00%
Març	340,71	4,34	364,56	100,00%	7,00%
Abril	391,20	4,66	391,44	100,00%	0,06%
Maig	335,32	4,97	417,48	100,00%	24,50%
Juny	444,93	5,26	441,84	99,30%	0,00%
Juliol	539,68	5,39	452,76	83,89%	0,00%
Agost	386,58	4,97	417,48	100,00%	7,99%
Setembre	469,20	4,49	377,16	80,38%	0,00%
Octubre	401,68	3,50	294,00	73,19%	0,00%
Novembre	424,73	2,64	221,76	52,21%	0,00%
Desembre	339,61	2,03	170,52	50,21%	0,00%
Mitjana	396,36	3,99	335,37	81,41%	3,30%

Taula 16. Estudi de la generació fotovoltaica amb una inclinació de 18°+5°.

	Azimut=-2° Inclinació=18+10° $\eta=73,5\%$ P=84kWp				
	Consum diari mitjà (kWh/dia)	H.S.P.N (h/dia)	Generació FV (kWh/dia)	% Cobertura	% Energia desaproveitada
Gener	308,23	2,37	199,08	64,59%	0,00%
Febrer	374,39	3,58	300,72	80,32%	0,00%
Març	340,71	4,45	373,80	100,00%	9,71%
Abril	391,20	4,68	393,12	100,00%	0,49%
Maig	335,32	4,91	412,44	100,00%	23,00%
Juny	444,93	5,15	432,60	97,23%	0,00%
Juliol	539,68	5,3	445,20	82,49%	0,00%
Agost	386,58	4,95	415,80	100,00%	7,56%
Setembre	469,20	4,57	383,88	81,82%	0,00%
Octubre	401,68	3,64	305,76	76,12%	0,00%
Novembre	424,73	2,79	234,36	55,18%	0,00%
Desembre	339,61	2,16	181,44	53,43%	0,00%
Mitjana	396,36	4,05	339,85	82,60%	3,40%

Taula 17. Estudi de la generació fotovoltaica amb una inclinació de 18°+10°.

Azimut=-2° Inclinació=18+15° $\eta=73,5\%$ P=84kWp					
	Consum diari mitjà (kWh/dia)	H.S.P.N (h/dia)	Generació FV (kWh/dia)	% Cobertura	% Energia desaprofitada
Gener	308,23	2,49	209,16	67,86%	0,00%
Febrer	374,39	3,72	312,48	83,46%	0,00%
Març	340,71	4,53	380,52	100,00%	11,68%
Abril	391,20	4,67	392,28	100,00%	0,28%
Maig	335,32	4,82	404,88	100,00%	20,74%
Juny	444,93	5,02	421,68	94,77%	0,00%
Juliol	539,68	5,18	435,12	80,63%	0,00%
Agost	386,58	4,91	412,44	100,00%	6,69%
Setembre	469,20	4,62	388,08	82,71%	0,00%
Octubre	401,68	3,75	315,00	78,42%	0,00%
Novembre	424,73	2,92	245,28	57,75%	0,00%
Desembre	339,61	2,27	190,68	56,15%	0,00%
Mitjana	396,36	4,08	342,30	83,48%	3,28%

Taula 18. Estudi de la generació fotovoltaica amb una inclinació de 18°+15°.

A partir de l'anàlisi de les dades expressades anteriorment, he decidit proposar la següent inclinació:

Inclinació de la coberta (°)	18
Inclinació dels escaires (°)	15
Inclinació dels panells (°)	33
Cobertura anual amb generació FV (%)	83,48%
Desaprofitament anual FV (%)	3,28%

Taula 19. Inclinació proposada dels mòduls fotovoltaics.

5.2.1.5. Distribució i separació dels panells

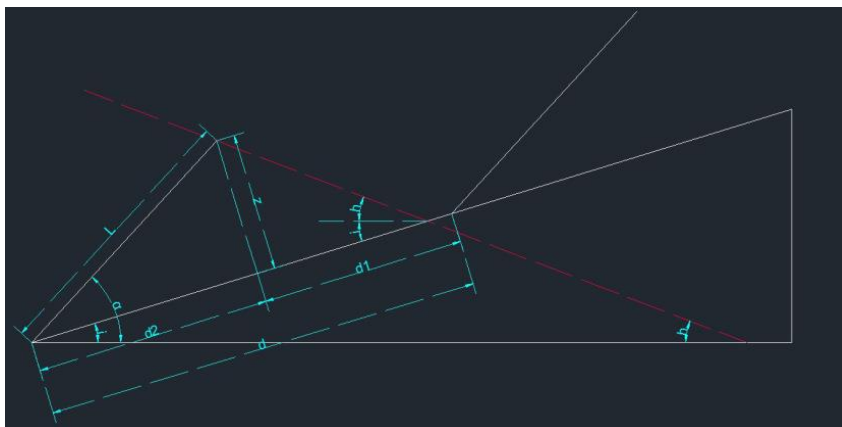
Els mòduls estaran situats a la coberta sud de les naus 6 i 7. Les característiques de les dimensions dels panells i les cobertes són les següents:

Dimensions panells		Dimensions cobertes		
			Nau 6	Nau 7
Inclinació (°)	33	Inclinació (°)	18	18
Llargada (mm)	990	Llargada (m)	50,35	60,2
Amplada (mm)	1645	Amplada (m)	8,41	13,67
Gruix (mm)	40	Projecció horitzontal amplada (m)	8	13
Separació (mm)	20			
Superfície (m ²)	1,63	Superfície (m ²)	423,53	822,87

Taula 20. Dimensions dels panells i les cobertes.

Les files de mòduls fotovoltaics s'han de separar per evitar ombres produïdes per la inclinació dels panells. Amb la finalitat de calcular les distàncies de separació, he utilitzat l'expressió següent:

$$d = 1,1 \cdot (d_1 + d_2) = 1,1 \cdot l \cdot \left(\frac{\sin(\alpha - i)}{\tan(h + i)} + \cos(\alpha - i) \right)$$



Il·lustració 21. Geometria de la fórmula.

On:

d → distància mínima entre plaques, on d_2 és la projecció de la longitud de la placa en el pla de la inclinació de la coberta i d_1 és la distància fins la fila següent.

$1,1$ → coeficient de sobredimensionat.

l → longitud de la placa.

$\alpha \rightarrow$ inclinació del panell respecte el pla horitzontal.

$i \rightarrow$ inclinació de la coberta respecte el pla horitzontal.

$h \rightarrow$ altura solar el dia més desfavorable.

En primer lloc he calculat l'altura solar el migdia del dia 21 de Desembre, ja que és el dia més desfavorable perquè l'altura solar és la menor anual i, per tant, la projecció de les ombres és major. Per fer-ho, he utilitzat l'expressió següent:

$$h = 90^\circ - \phi + \delta$$

On:

$\phi \rightarrow$ latitud del lloc.

$\delta \rightarrow$ declinació solar el dia més desfavorable.

La declinació solar el 21 de Desembre és $\delta = -23,5^\circ$. D'aquesta manera:

$$h = 90^\circ - 41,63^\circ - 23,5^\circ = 24,87^\circ$$

Una vegada calculada l'altura solar, he procedit a calcular la separació mínima de la fila a continuació d'una fila de plaques col·locades verticalment:

$$d_{v1} = l_v \cdot \frac{\sin(\alpha - i)}{\tan(h + i)} = 1,645m \cdot \frac{\sin(33^\circ - 18^\circ)}{\tan(24,87^\circ + 18^\circ)} = 0,459m$$

$$d_{v2} = l_v \cdot \cos(\alpha - i) = 1,645m \cdot \cos(33^\circ - 18^\circ) = 1,589m$$

$$d_v = 1,1 \cdot (d_{1v} + d_{2v}) = 1,1 \cdot (0,459m + 1,589m) = 2,252$$

Així mateix, he calculat les projeccions en el pla horitzontal de les distàncies obtingudes:

$$d'_{v1} = d_{v1} \cdot \cos(i) = 0,459m \cdot \cos(18^\circ) = 0,436m$$

$$d'_{v2} = d_{v2} \cdot \cos(i) = 1,589m \cdot \cos(18^\circ) = 1,511m$$

$$d'_v = d_v \cdot \cos(i) = 2,252m \cdot \cos(18^\circ) = 2,142m$$

A continuació, he calculat la separació mínima de la fila a continuació d'una fila de plaques col·locades horitzontalment:

$$d_{h1} = l_h \cdot \frac{\sin(\alpha - i)}{\tan(h + i)} = 0,990m \cdot \frac{\sin(33^\circ - 18^\circ)}{\tan(24,87^\circ + 18^\circ)} = 0,276m$$

$$d_{h2} = l_h \cdot \cos(\alpha - i) = 0,990m \cdot \cos(33^\circ - 18^\circ) = 0,956m$$

$$d_h = 1,1 \cdot (d_{1h} + d_{2h}) = 1,1 \cdot (0,276m + 0,956m) = 1,356m$$

Així mateix, he calculat les projeccions en el pla horitzontal de les distàncies obtingudes:

$$d'_{h1} = d_{h1} \cdot \cos(i) = 0,276m \cdot \cos(18^\circ) = 0,263m$$

$$d'_{h2} = d_{h2} \cdot \cos(i) = 0,956m \cdot \cos(18^\circ) = 0,909m$$

$$d'_h = d_h \cdot \cos(i) = 1,356m \cdot \cos(18^\circ) = 1,289m$$

	Distàncies de separació entre files			
	Vertical		Horitzontal	
	Pla inclinat	Projecció horitzontal	Pla inclinat	Projecció horitzontal
d1 (m)	0,459	0,436	0,276	0,263
d2 (m)	1,589	1,511	0,956	0,909
d (m)	2,252	2,142	1,356	1,289

Taula 21. Resum de les distàncies de separació entre les files de panells calculades anteriorment.

Una vegada calculada la distància necessària entre les files, he determinat el nombre de panells i la seva distribució a cada coberta. Primerament, ho he realitzat a la coberta sud de la nau 6. Per fer-ho, he decidit col·locar els mòduls horitzontalment, així com que he considerat apropiat la col·locació d'un nombre de plaques per fila múltiple de 14, és a dir, múltiple del nombre de panells necessaris per sèrie, amb la finalitat de facilitar i abaratir les connexions.

D'aquesta manera, en primer lloc he calculat el nombre màxim de plaques per fila, tenint en compte la separació de 0,02m que s'ha de deixar entre els panells:

$$\text{Nombre} \frac{\text{plaques}}{\text{fila}} \text{ nau 6} = \frac{\text{llargada coberta nau 6}}{\text{amplada mòdul} + \text{separació}} = \frac{50,35m}{1,645m + 0,02m} \approx 30 \text{ panells}$$

Per tant, he decidit col·locar 28 panells a cada fila, reservant l'espai excedent per un carril de manteniment entre les dues sèries de panells.

Conseqüentment, la distribució de cada fila a la coberta de la nau 6 és la següent:

Distribució plaques per fila nau 6	
Nombre de panells (ud)	28
Nombre de sèries (ud)	2
Amplada panells (m)	1,645
Separació entre panells (m)	0,02
Carril manteniment (m)	1,5
Distància utilitzada (m)	48,08
Distància disponible (m)	50,35
Distància excedent (m)	2,27
Marge per cada banda (m)	1,135

Taula 22. Distribució de les plaques per fila a la coberta de la nau 6.

Un cop calculat el nombre de panells per fila, he calculat el nombre màxim de files a la coberta. Ho he realitzat seguint el següent procediment:

$$- 5 \text{ files} \rightarrow 4 \cdot d_h + d_{h2} = 4 \cdot 1,356m + 0,956m = 6,38 < 8,41m \checkmark$$

$$- 6 \text{ files} \rightarrow 5 \cdot d_h + d_{h2} = 5 \cdot 1,356m + 0,956m = 7,736m < 8,41m \checkmark$$

$$- 7 \text{ files} \rightarrow 6 \cdot d_h + d_{h2} = 6 \cdot 1,356m + 0,956m = 9,092m > 8,41m \times$$

Per tant, el nombre màxim de files a la coberta és 6. Tot i així, amb la finalitat de facilitar el muntatge dels panells, he decidit col·locar solament 5 files, i, conseqüentment, augmentar la distància excedent als extrems de la coberta.

Per tant, la distribució de files és la següent:

Distribució files per coberta nau 6	
Nombre total de files (ud)	5
Col·locació dels panells	Horitzontal
Plaques per fila (ud)	28
Distància entre files (m)	1,356
Plaques per coberta (ud)	140
Sèries per coberta (ud)	10
Distància total utilitzada (m)	6,38
Distància disponible (m)	8,41
Distància excedent (m)	2,03
Marge per cada extrem (m)	1,02

Taula 23. Distribució de les files a la coberta de la nau 6. S'ha de tenir en compte que les distàncies utilitzades estan calculades sobre el pla inclinat de la coberta.

Així mateix, he realitzat el mateix procediment a la coberta sud de la nau 7. Per fer-ho, he decidit col·locar els mòduls fotovoltaics horitzontalment. D'aquesta manera, en primer lloc he calculat el nombre màxim de plaques per fila, tenint en compte la separació de 0,02m que s'ha de deixar entre els panells:

$$\text{Nombre } \frac{\text{plaques}}{\text{fila}} \text{ nau 7} = \frac{\text{llargada coberta nau 7}}{\text{amplada mòdul} + \text{separació}} = \frac{60,2\text{m}}{1,645\text{m} + 0,02\text{m}} \approx 36 \text{ panells}$$

Tot i així, similarment al procediment realitzat a la coberta anterior, he decidit col·locar 2 sèries de 14 panells a cada fila, separades per un carril de manteniment. D'aquesta manera, la distribució de cada fila a la coberta de la nau 7 és la següent:

Distribució plaques per fila nau 7	
Nombre de panells (ud)	28
Nombre de sèries (ud)	2
Amplada panells (m)	1,645
Separació entre panells (m)	0,02
Carril manteniment (m)	2
Distància utilitzada (m)	48,58
Distància disponible (m)	60,20
Distància excedent (m)	11,62
Marge per cada banda (m)	5,81

Taula 24. Distribució de les plaques per fila a la coberta de la nau 7.

Un cop calculada la distribució de plaques per fila, he calculat el nombre de files necessàries. Per fer-ho, he tingut en compte el nombre de plaques necessàries calculat a l'apartat 5.1.2.3., així com el nombre de plaques col·locades a la coberta de la nau 6. D'aquesta manera:

$$\begin{aligned} \text{Nombre plaques nau 7} &= \text{Nombre total plaques} - \text{Nombre plaques nau 6} \\ &= 336 \text{ plaques} - 140 \text{ plaques} = 196 \text{ plaques} \end{aligned}$$

$$\text{Nombre files nau 7} = \frac{\text{Nombre plaques nau 7}}{\text{Nombre } \frac{\text{plaques}}{\text{fila}} \text{ nau 7}} = \frac{196 \text{ plaques}}{28 \text{ plaques/fila}} = 7 \text{ files}$$

Tanmateix, he realitzat la comprovació que caben 7 files a la coberta:

$$4 \cdot d_h + d_{h2} = 6 \cdot 1,356\text{m} + 0,956\text{m} = 9,092\text{m} < 13,67\text{m} \sqrt{\quad}$$

Per tant, la distribució de files a la nau 7 és la següent:

Distribució files per coberta nau 7	
Nombre total de files (ud)	7
Col·locació dels panells	Horitzontal
Plaques per fila (ud)	28
Distància entre files (m)	1,356
Plaques per coberta (ud)	196
Sèries per coberta (ud)	14
Distància total utilitzada (m)	9,09
Distància disponible (m)	13,67
Distància excedent (m)	4,58
Marge extrem inferior (m)	1
Marge extrem superior (m)	3,58

Taula 25. Distribució de les files en la coberta de la nau 7. S'ha de tenir en compte que les distàncies utilitzades estan calculades sobre el pla inclinat de la coberta.

5.2.1.6. Dimensionat de les bateries

Per realitzar el dimensionat de les bateries, en primer lloc he realitzat una aproximació de la corba diària del consum elèctric de la explotació ramadera durant cada mes de l'any:

	Corba diària dels consums de la instal·lació per mes (kWh)											
	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
Gener	10,5	9,9	9,8	9,5	9,3	9,2	9,4	10,8	12,3	12,4	13,4	14,1
Febrer	12,8	12,1	11,9	11,6	11,3	11,2	11,5	13,1	14,9	15,0	16,3	17,1
Març	11,0	10,3	9,5	9,1	9,4	9,8	10,4	12,1	13,7	15,3	16,4	17,3
Abril	12,6	11,8	10,9	10,5	10,8	11,3	11,9	13,9	15,8	17,6	18,8	19,9
Maig	10,8	10,1	9,3	9,0	9,2	9,7	10,2	11,9	13,5	15,1	16,1	17,1
Juny	13,6	12,5	10,7	10,1	11,1	12,4	13,6	16,1	18,1	22,2	23,4	25,0
Juliol	16,5	15,2	12,9	12,3	13,5	15,0	16,4	19,5	22,0	27,0	28,4	30,3
Agost	11,8	10,9	9,3	8,8	9,7	10,7	11,8	13,9	15,7	19,3	20,3	21,7
Setembre	15,2	14,2	13,1	12,6	12,9	13,5	14,3	16,7	18,9	21,1	22,6	23,9
Octubre	13,0	12,1	11,2	10,8	11,1	11,6	12,3	14,3	16,2	18,1	19,3	20,4
Novembre	13,7	12,8	11,8	11,4	11,7	12,3	13,0	15,1	17,1	19,1	20,4	21,6
Desembre	11,6	11,0	10,8	10,5	10,2	10,2	10,4	11,9	13,6	13,6	14,8	15,5

	Corba diària dels consums de la instal·lació per mes (kWh)												Total
	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	
Gener	14,6	14,5	14,3	14,9	16,8	17,6	17,9	15,9	14,4	13,3	12,1	11,0	308,2
Febrer	17,8	17,6	17,4	18,1	20,4	21,4	21,7	19,4	17,5	16,2	14,7	13,4	374,4
Març	17,7	17,4	17,3	18,3	19,0	19,6	18,9	17,2	14,7	12,9	12,0	11,2	340,7
Abril	20,3	20,0	19,8	21,0	21,8	22,5	21,7	19,8	16,9	14,9	13,7	12,9	391,2
Maig	17,4	17,1	17,0	18,0	18,7	19,3	18,6	16,9	14,5	12,7	11,8	11,1	335,3
Juny	25,0	24,5	24,5	26,3	25,3	25,8	23,7	21,9	17,7	14,6	13,8	13,4	444,9
Juliol	30,3	29,7	29,7	31,8	30,6	31,3	28,7	26,6	21,4	17,7	16,7	16,2	539,7
Agost	21,7	21,3	21,2	22,8	22,0	22,4	20,6	19,1	15,3	12,7	11,9	11,6	386,6
Setembre	24,3	24,0	23,8	25,2	26,1	27,0	26,1	23,7	20,3	17,8	16,5	15,5	469,2
Octubre	20,8	20,5	20,4	21,5	22,3	23,1	22,3	20,3	17,4	15,3	14,1	13,2	401,7
Novembre	22,0	21,7	21,5	22,8	23,6	24,5	23,6	21,4	18,4	16,1	14,9	14,0	424,7
Desembre	16,1	16,0	15,8	16,4	18,5	19,4	19,7	17,6	15,9	14,7	13,3	12,2	339,6

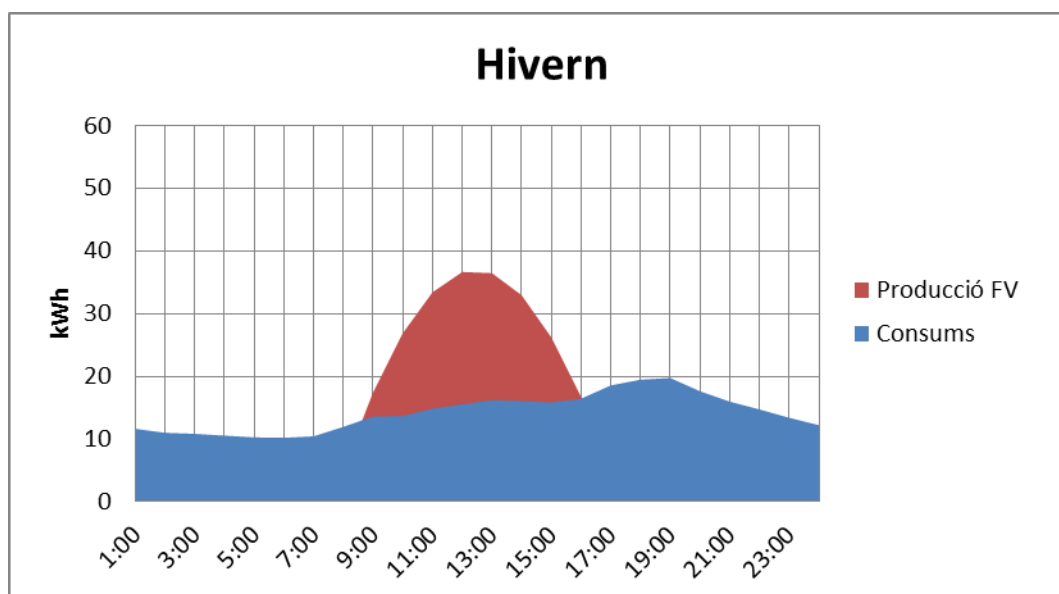
Taula 26. Dades de la corba diària dels consums elèctrics de la instal·lació.

Tanmateix, una vegada analitzats els consums elèctrics horaris de la instal·lació, he procedit a determinar la corba diària de la generació fotovoltaica amb l'ajuda de PVGIS. Les dades obtingudes han estat les següents:

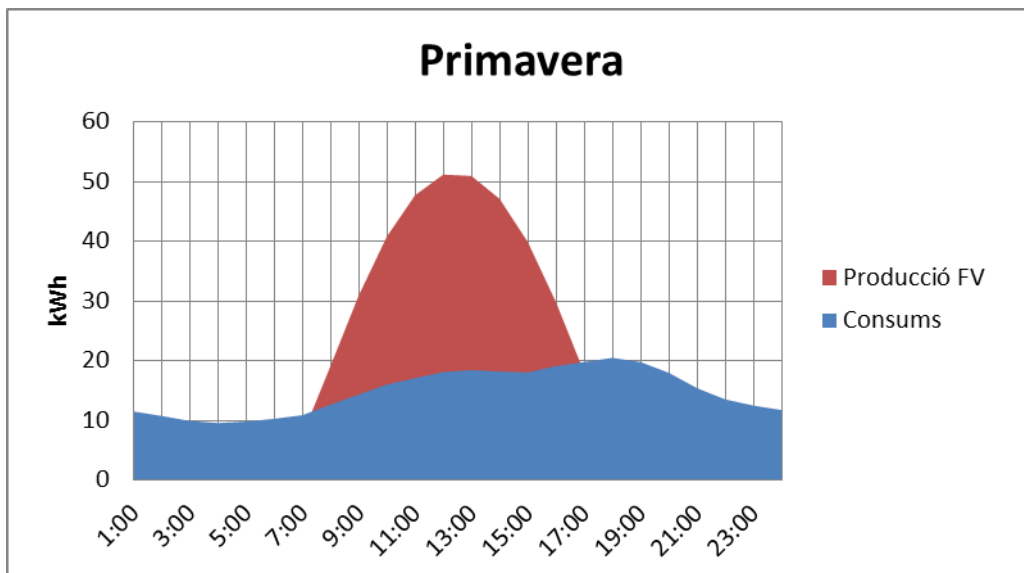
	Corba diària de la producció fotovoltaica per mes (kWh)															
	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	Total
Gener	0,0	0,0	3,3	15,0	23,9	30,0	33,0	32,9	29,6	23,3	14,4	3,8	0,0	0,0	0,0	209,2
Febrer	0,0	0,0	10,5	23,7	34,7	42,4	46,3	46,0	41,8	33,8	22,7	9,8	0,6	0,0	0,0	312,5
Març	0,0	4,2	16,6	29,8	40,8	48,6	52,5	52,2	47,9	39,8	28,6	15,6	3,9	0,0	0,0	380,5
Abril	0,6	8,0	19,5	31,1	40,8	47,6	50,9	50,7	46,9	39,8	29,9	18,3	7,2	1,0	0,0	392,3
Maig	3,1	10,4	21,3	32,0	40,9	47,1	50,2	50,0	46,5	40,0	30,9	20,1	9,4	2,9	0,2	404,9
Juny	3,7	11,1	22,2	33,2	42,3	48,8	52,0	51,8	48,1	41,4	32,0	21,0	10,0	3,4	0,7	421,7
Juliol	2,9	10,5	22,3	34,2	44,2	51,3	54,9	54,7	50,6	43,2	32,9	21,0	9,3	2,7	0,3	435,1
Agost	1,3	9,0	20,7	32,6	42,6	49,6	53,1	52,9	48,9	41,5	31,3	19,4	8,0	1,6	0,0	412,4
Setembre	0,0	5,6	17,5	30,3	41,2	49,0	52,9	52,6	48,3	40,2	29,1	16,3	4,9	0,2	0,0	388,1
Octubre	0,0	1,1	12,0	24,2	34,6	41,8	45,4	45,3	41,2	33,7	23,2	11,2	1,4	0,0	0,0	315,0
Novembre	0,0	0,0	4,5	18,0	27,9	34,7	38,1	38,0	34,2	27,2	17,3	5,2	0,0	0,0	0,0	245,3
Desembre	0,0	0,0	1,6	13,5	22,0	27,8	30,7	30,6	27,5	21,5	13,0	2,5	0,0	0,0	0,0	190,7

Taula 27. Dades de la corba diària de la generació fotovoltaica.

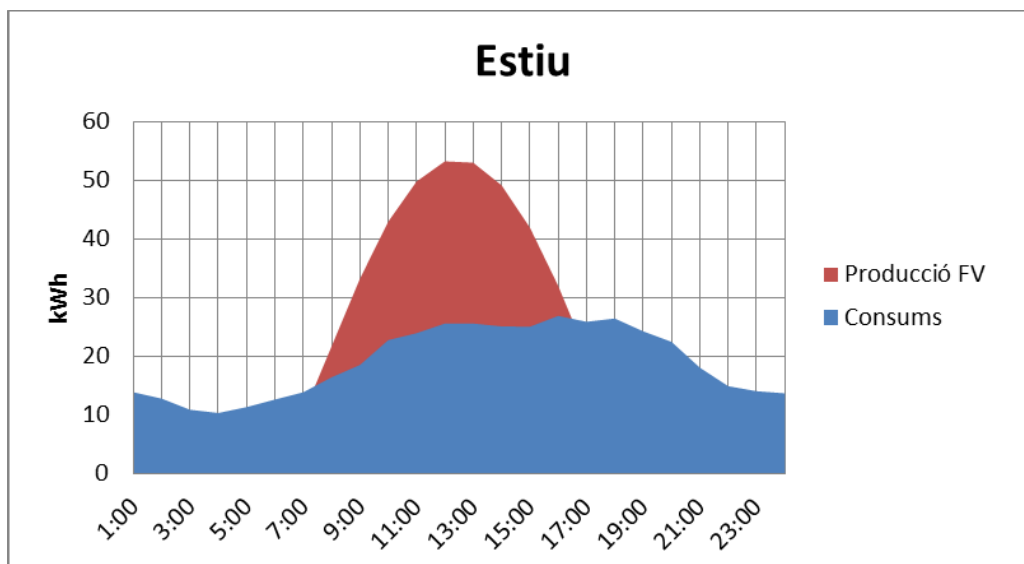
D'aquesta manera, a partir de la mitjana dels tres mesos d'hivern, primavera, estiu i tardor, he realitzat una gràfica aproximada per estació on es representa la corba diària dels consums de la instal·lació i la corba diària de la generació fotovoltaica.



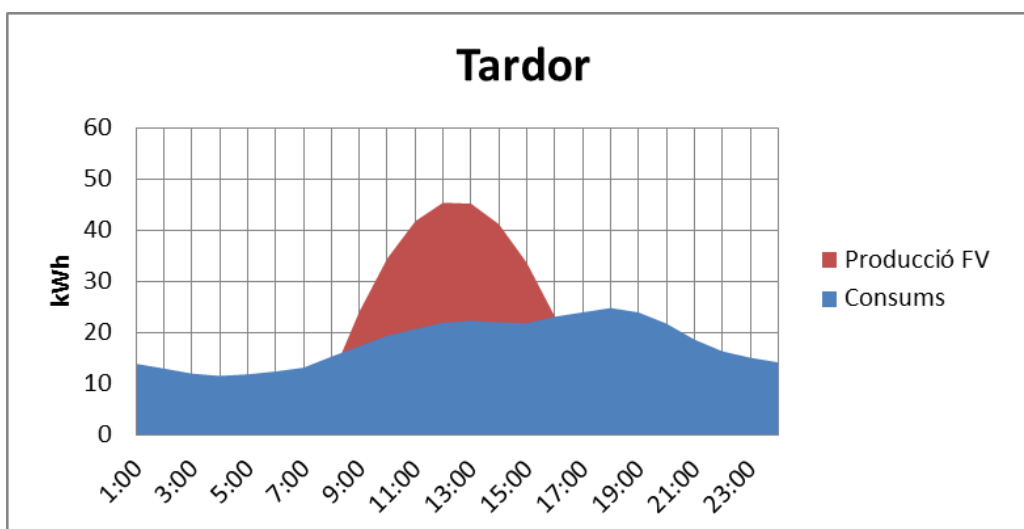
Gràfic 5. Corba diària aproximada dels consums elèctrics i de la producció fotovoltaica durant els mesos d'hivern.



Gràfic 6. Corba diària aproximada dels consums elèctrics i de la producció fotovoltaica durant els mesos de primavera.



Gràfic 7. Corba diària aproximada dels consums elèctrics i de la producció fotovoltaica durant els mesos d'estiu.



Gràfic 8. Corba diària aproximada dels consums elèctrics i de la producció fotovoltaica durant els mesos de tardor.

A partir de les dades obtingues anteriorment, he calculat l'energia d'autoconsum directe, és a dir, l'energia elèctrica procedent de la conversió fotovoltaica consumida en el mateix moment en què es produeix. D'aquesta manera, l'energia d'autoconsum directe és igual al consum elèctric quan la generació fotovoltaica és més gran que el consum, així com que l'energia d'autoconsum directe és igual a la generació fotovoltaica quan aquesta és més petita que el consum. Les dades obtingudes han estat les següents:

	Autoconsum directe de l'energia fotovoltaica (kWh)															Total
	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	
Gener	0,0	0,0	3,3	12,3	12,4	13,4	14,1	14,6	14,5	14,3	14,4	3,8	0,0	0,0	0,0	117,2
Febrer	0,0	0,0	10,5	14,9	15,0	16,3	17,1	17,8	17,6	17,4	18,1	9,8	0,6	0,0	0,0	155,2
Març	0,0	4,2	12,1	13,7	15,3	16,4	17,3	17,7	17,4	17,3	18,3	15,6	3,9	0,0	0,0	169,2
Abril	0,6	8,0	13,9	15,8	17,6	18,8	19,9	20,3	20,0	19,8	21,0	18,3	7,2	1,0	0,0	202,2
Maig	3,1	10,2	11,9	13,5	15,1	16,1	17,1	17,4	17,1	17,0	18,0	18,7	9,4	2,9	0,2	187,8
Juny	3,7	11,1	16,1	18,1	22,2	23,4	25,0	25,0	24,5	24,5	26,3	21,0	10,0	3,4	0,7	254,9
Juliol	2,9	10,5	19,5	22,0	27,0	28,4	30,3	30,3	29,7	29,7	31,8	21,0	9,3	2,7	0,3	295,3
Agost	1,3	9,0	13,9	15,7	19,3	20,3	21,7	21,7	21,3	21,2	22,8	19,4	8,0	1,6	0,0	217,3
Setembre	0,0	5,6	16,7	18,9	21,1	22,6	23,9	24,3	24,0	23,8	25,2	16,3	4,9	0,2	0,0	227,4
Octubre	0,0	1,1	12,0	16,2	18,1	19,3	20,4	20,8	20,5	20,4	21,5	11,2	1,4	0,0	0,0	182,9
Novembre	0,0	0,0	4,5	17,1	19,1	20,4	21,6	22,0	21,7	21,5	17,3	5,2	0,0	0,0	0,0	170,6
Desembre	0,0	0,0	1,6	13,5	13,6	14,8	15,5	16,1	16,0	15,8	13,0	2,5	0,0	0,0	0,0	122,4

Taula 28. Autoconsum directe de l'energia procedent de la conversió fotovoltaica.

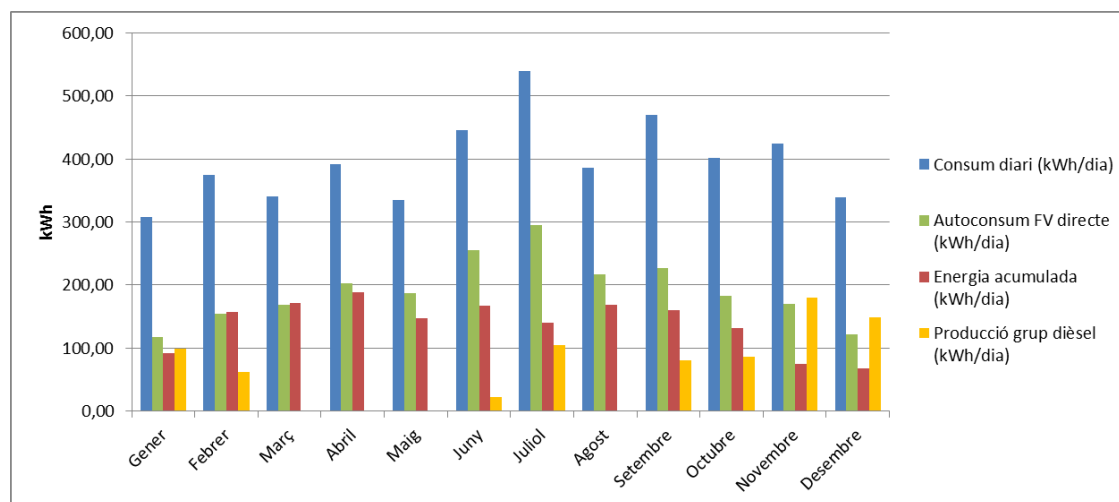
A continuació, he realitzat els càlculs que resumeixen les dades obtingudes anteriorment, amb la finalitat d'obtenir les dades necessàries per al dimensionament de les bateries. Les dades obtingudes estan especificades a la taula següent, la qual exigeix l'explicació prèvia dels nous conceptes que hi apareixen:

- Energia acumulada a les bateries: És l'energia procedent de la conversió fotovoltaica que es consumeix indirectament, és a dir, que no es consumeix en el moment de la generació. Per tant, en els mesos en què la generació fotovoltaica és més gran que el consum, l'energia acumulada és la diferència entre el consum i l'autoconsum directe. Així mateix, en els mesos en què el consum és més gran que la generació fotovoltaica, l'energia acumulada és la diferència entre la generació fotovoltaica i l'autoconsum directe.
- Energia fotovoltaica desaproveitada: És l'energia procedent dels mòduls fotovoltaics que no es consumeix i que, per tant, es dona en els mesos en què la generació fotovoltaica és major que el consum.

- Producció amb el grup dièsel: És l'energia produïda amb el grup electrogen en els mesos en els quals la generació fotovoltaica és menor que el consum.

	Taula resum dels diferents tipus d'energia					
	Consum diari (kWh/dia)	Generació FV (kWh/dia)	Autoconsum FV directe (kWh/dia)	Energia acumulada (kWh/dia)	Energia FV no aprofitada (kWh/dia)	Producció grup dièsel (kWh/dia)
Gener	308,23	209,16	117,15	92,01	0,00	99,07
Febrer	374,39	312,48	155,24	157,24	0,00	61,91
Març	340,71	380,52	169,21	171,50	39,81	0,00
Abril	391,20	392,28	202,21	188,99	1,08	0,00
Maig	335,32	404,88	187,77	147,55	69,56	0,00
Juny	444,93	421,68	254,89	166,79	0,00	23,25
Juliol	539,68	435,12	295,31	139,81	0,00	104,56
Agost	386,58	412,44	217,33	169,25	25,86	0,00
Setembre	469,20	388,08	227,42	160,66	0,00	81,12
Octubre	401,68	315,00	182,94	132,06	0,00	86,68
Novembre	424,73	245,28	170,59	74,69	0,00	179,45
Desembre	339,61	190,68	122,41	68,27	0,00	148,93
Mitjana	396,36	342,30	191,87	139,07	11,36	65,41

Taula 29. Resum dels diferents tipus d'energia.



Gràfic 9. Resum dels diferents tipus d'energia.

Finalment, analitzant els càlculs anteriors, he obtingut la màxima energia diària acumulada a les bateries, la qual està situada al mes d'abril. D'aquesta manera, la capacitat necessària del conjunt de les bateries s'obté a partir de la següent expressió:

$$C(Ah) = \frac{\frac{E_{max}(Wh/dia) \cdot t_{aut}(dies)}{V_n(V)}}{Profunditat\ de\ descàrrega}$$

Per tant, el conjunt de bateries ha de garantir les característiques següents:

Característiques conjunt bateries	
Energia màxima acumulada (E _{max})	188,99 kWh
Voltatge nominal (V _n)	48 V
Temps d'autonomia (t _{aut})	1 dia
Profunditat de descàrrega	50%
Capacitat necessària (C _n)	7874,5 Ah

Taula 30. Taula on s'indiquen les característiques del conjunt de bateries.

La capacitat necessària del conjunt de bateries ha estat obtinguda de la següent manera:

$$C(Ah) = \frac{\frac{E_{max}(Wh/dia) \cdot t_{aut}(dies)}{V_n(V)}}{Profunditat\ de\ descàrrega} = \frac{188990\ Wh/dia \cdot 1\ dia}{\frac{48\ V}{0,5}} = 7874,5\ Ah$$

Un cop calculada la capacitat necessària del conjunt de bateries, he procedit a realitzar el dimensionat d'aquestes. Per fer-ho, he decidit instal·lar les bateries d'elements de 2V OPzS Solar 2500, les característiques de les quals són les següents:

Característiques bateries elements 2V OPzS Solar 2500	
Tensió nominal (V _n)	2 V
Capacitat 6h (C6)	1667 Ah
Capacitat 10h (C10)	1854 Ah
Capacitat 12h (C12)	1875 Ah
Capacitat 24h (C24)	2015 Ah
Capacitat 48h (C48)	2215 Ah
Capacitat 72h (C72)	2335 Ah
Capacitat 100h (C100)	2445 Ah

Taula 31. Característiques de les bateries elegides.

D'aquesta manera, calculem el nombre de bateries en sèrie i paral·lel, tenint en compte que les bateries en sèrie sumen el voltatge i les sèries en paral·lel sumen les capacitats. A més a més, com el temps d'autonomia de les bateries és de 24h, elegim la capacitat C24 dels elements. Per tant:

$$Nombre\ elements\ en\ sèrie = \frac{V_n\ conjunt\ bateries}{V_n\ elements} = \frac{48\ V}{2} = 24\ elements$$

$$\text{Nombre sèries en paral·lel} \cdot \text{lel} = \frac{Cn \text{ conjunt bateries}}{C24 \text{ elements}} = \frac{7874,5 \text{ Ah}}{2015 \text{ Ah}} \approx 4 \text{ sèries}$$

D'aquesta manera, el dimensionat proposat és el següent:

Dimensionat proposat de les bateries		
Nombre elements en sèrie	24	ud
Nombre sèries en paral·lel	4	ud
Nombre total d'elements	96	ud
Tensió nominal total (Vn)	48	V
Capacitat 24h Total (C24)	8060	Ah
Capacitat necessària (Cn)	7874,5	Ah
Temps d'autonomia (t aut)	1	dia
Profunditat de descàrrega	50%	
Nombre de cicles a 50%	3500	ud

Taula 32. Dimensionat proposat de les bateries.

5.2.1.7. Longituds i seccions

Un cop realitzat el dimensionat dels diversos components de la instal·lació, he procedit a calcular les longituds i les seccions dels conductors de les diferents parts d'aquesta. Per realitzar-ho, en primer lloc he calculat les seccions a partir de la caiguda de tensió desitjada en cada conductor. Les expressions que permeten obtenir la secció dels conductors a partir de la caiguda de tensió són les indicades a continuació:

- En línies de CC:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_n}{\sigma \cdot e} = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\sigma \cdot V_n \cdot e}$$

- En línies de CA monofàsiques:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_n \cdot \cos\varphi}{\sigma \cdot e} = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\sigma \cdot V_n \cdot e}$$

- En línies de CA trifàsiques:

$$S = \frac{L \cdot I_n \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi}{\sigma \cdot e} = \frac{L \cdot P}{\sigma \cdot V_n \cdot e}$$

On:

- S → Secció del conductor en mm².
- L → Longitud del conductor en m.
- I_n → Intensitat nominal de la corrent que circula pel conductor en A.
- cosφ → Factor de potència de la instal·lació, que en el nostre cas és cosφ=1.
- σ → Conductivitat del conductor en m/(Ω·mm²). En cas que els conductors siguin de coure, la conductivitat del conductor serà σ=56m/(Ω·mm²), i en cas que siguin d'alumini, aquesta serà σ=36m/(Ω·mm²).
- V → Tensió nominal de la línia en V.
- e → Caiguda de tensió del conductor en V.

Un cop calculada la secció necessària del conductor a partir de la caiguda de tensió desitjada, he elegit la secció normalitzada immediatament superior a l'obtinguda. Així mateix, he comprovat a les taules de l'UNE 20460-5-523 que les intensitats que circulen pels conductors no són superiors a les intensitats màximes admeses per cada secció, aïllant i mètode d'instal·lació. En cas contrari, he augmentat les seccions fins aquelles que admetin les intensitats que hi circulen. Les taules utilitzades han estat les següents:

- Línies interiors i exteriors no soterrades:

Tabla A.52-1 bis
Intensidades admisibles en amperios
Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación de la tabla 52-B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A1												
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sección mm ²												
Cu												
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	-
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	-
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590
Aluminio												
2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-
4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251
120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461

Es necesario consultar las tablas 52 - C1 a 52 - C12 con el fin de determinar la sección de los conductores para la que la intensidad admisible anterior es aplicable para cada uno de los métodos de instalación.

Taula 33. Taula de les intensitats admeses en línies no soterrades segons l'UNE 20460-5-523.

- Línies soterrades:

Tabla A.52-2 bis
Intensidades admisibles en amperios
Temperatura ambiente 25 °C en el terreno

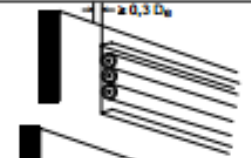
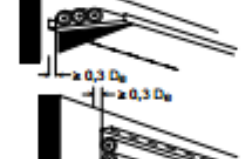

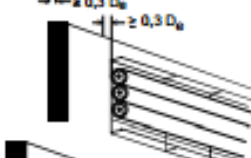
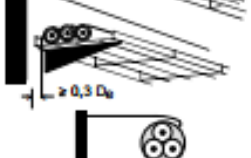
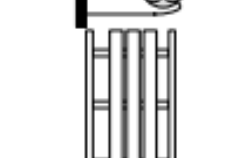
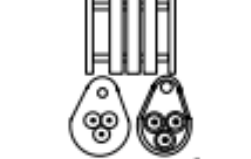
Método de instalación	Sección mm ²	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento			
		PVC2	PVC3	XLPE2	XLPE3
D	Cobre				
	1,5	20,5	17	24,5	21
	2,5	27,5	22,5	32,5	27,5
	4	36	29	42	35
	6	44	37	53	44
	10	59	49	70	58
	16	76	63	91	75
	25	98	81	116	96
	35	118	97	140	117
	50	140	115	166	138
	70	173	143	204	170
	95	205	170	241	202
	120	233	192	275	230
	150	264	218	311	260
	185	296	245	348	291
240	342	282	402	336	
300	387	319	455	380	
D	Aluminio				
	2,5	20,5	17	24,5	21
	4	27,5	22,5	32,5	27,5
	6	34	28	40	34
	10	45	38	53	45
	16	58	49	70	58
	25	76	62	89	74
	35	91	76	107	90
	50	107	89	126	107
	70	133	111	156	132
	95	157	131	185	157
	120	179	149	211	178
	150	202	169	239	201
	185	228	190	267	226
	240	263	218	309	261
300	297	247	349	295	

Taula 34. Taula de les intensitats admeses en línies soterrades segons l'UNE 20460-5-523.

D'aquesta manera, com els conductors utilitzats són cables unipolars amb aïllament de polietilè reticulat, he utilitzat la columna XLPE2.

Pel que fa al mètode d'instal·lació en línies no soterrades, utilitzarem safates de reixeta, de manera que, a partir de les indicacions de l'UNE 20460-5-523, he utilitzat el mètode d'instal·lació E de la taula A.52.

Tabla 52 –B2 (Continuación)

Punto n°	Métodos de instalación	Descripción	Método de instalación de referencia a utilizar para obtener las intensidades admisibles (véase la tabla 52-B1)
1	2	3	4
30		– sobre bandejas de cables no perforadas	C con punto 2 de la tabla 52 – E1 ¹⁾
31		– sobre bandejas de cables perforadas	E ó F con punto 4 de la tabla 52 – E1 ¹⁾
32		– sobre abrazaderas o rejillas	E ó F
33		– separados de la pared más de 0,3 veces el diámetro del cable	E ó F con punto 4 ó 5 de la tabla 52 – E1 o método G ¹⁾
34		– sobre escaleras de cables	E ó F
35		Cable unipolar o multipolar suspendido de un cable portador o autoportante	E ó F
36		Conductores desnudos o aislados sobre aisladores	G

Debe extremarse la atención cuando el cable tiene recorrido vertical y la ventilación está restringida. La temperatura ambiente en la cima del recorrido vertical corre el riesgo de estar considerablemente aumentada. Este tema está en estudio.

1) Para ciertas aplicaciones, puede ser más apropiado utilizar factores específicos, por ejemplo los de las tablas 52 – E4 y 52 – E5, véase el apartado 523.4.2.

Taula 35. Taula de l'UNE 20460-5-523 on s'indica el mètode d'instal·lació utilitzat.

Finalment, he calculat els percentatges de les caigudes de tensions i les pèrdues de potència dels conductors a partir de les següents expressions:

- Línies de CC:

$$e(\%) = \frac{\frac{2 \cdot L \cdot I}{\sigma \cdot S}}{V} \cdot 100$$

$$Pp(\%) = \frac{e \cdot I}{P} \cdot 100$$

- Línies de CA monofàsiques:

$$e(\%) = \frac{\frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\sigma \cdot S}}{V} \cdot 100$$

$$Pp(\%) = \frac{e \cdot I \cdot \cos\varphi}{P} \cdot 100$$

- Línies de CA trifàsiques:

$$e(\%) = \frac{\frac{L \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot \sqrt{3}}{\sigma \cdot S}}{V} \cdot 100$$

$$Pp(\%) = \frac{3 \cdot \frac{L}{\sigma \cdot S} \cdot I^2}{P} \cdot 100$$

Primerament, he calculat les seccions dels conductors de les línies de CC de la instal·lació fotovoltaica. Per fer-ho, he dividit les línies en tres trams: el cablejat entre els mòduls de les sèries, la longitud del qual és igual a cada sèrie, el cablejat des de cada final de sèrie fins la caixa de fusibles situada a la caseta, la longitud del qual varia en funció de la distància entre cada sèrie i aquesta, i el cablejat des dels fusibles fins a les entrades dels inversors de xarxa. El recorregut dels conductors està representat en el plànol elèctric del cablejat dels panells.

El cablejat entre les sèries i el cablejat des dels fusibles fins a les entrades dels inversors de xarxa està instal·lat en safates de reixeta, mentre que el tram des dels finals de sèries fins la caixa de fusibles va soterrat. A més a més, he decidit utilitzar conductors de coure en compte d'alumini, ja que, tot i que les longituds són elevades i el preu del coure és major, les caigudes de tensió en el

coure són menors a causa de la seva millor conductivitat i, per tant, les seccions resultants també seran més reduïdes.

Així mateix, cal dir que la màxima caiguda de tensió admissible en la part de CC de la instal·lació fotovoltaica és d'1,5% segons el plec de condicions de les instal·lacions fotovoltaïques aïllades de l'IDAE, xifra que he tingut en compte per realitzar els càlculs.

D'aquesta manera, els resultats obtinguts amb el mètode anteriorment explicat estan indicats en les següents taules:

Càlcul seccions CC instal·lació fotovoltaica															
Cablejat entre sèries															
Inversor	Sèrie	Panells/sèrie	Pn(Wp)	Vmp(V)	Voc(V)	Imp(A)	Icc(A)	2*L(m)	e(%)	Scdt(mm ²)	Material	S(mm ²)	I _{max} (A)	e(%)	I _{max}
Tots	Totes	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	22	0,3%	2,677	Coure	4	45	0,201%	OK
Tram final sèrie-caixa fusibles															
Inversor	Sèrie	Panells/sèrie	Pn(Wp)	Vmp(V)	Voc(V)	Imp(A)	Icc(A)	2*L(m)	e(%)	Scdt(mm ²)	Material	S(mm ²)	I _{max} (A)	e(%)	I _{max}
I.X.1	S1	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	35	0,3%	4,258	Coure	6	53	0,213%	OK
	S2	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	37,5	0,3%	4,562	Coure	6	53	0,228%	OK
	S3	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	40	0,3%	4,866	Coure	6	53	0,243%	OK
	S4	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	42,5	0,3%	5,171	Coure	6	53	0,259%	OK
I.X.2	S5	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	45	0,3%	5,475	Coure	6	53	0,274%	OK
	S6	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	81	0,4%	7,391	Coure	10	70	0,296%	OK
	S7	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	84	0,4%	7,665	Coure	10	70	0,307%	OK
	S8	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	87	0,4%	7,938	Coure	10	70	0,318%	OK
I.X.3	S9	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	90	0,4%	8,212	Coure	10	70	0,328%	OK
	S10	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	93	0,4%	8,486	Coure	10	70	0,339%	OK
	S11	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	122	0,6%	7,421	Coure	10	70	0,445%	OK
	S12	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	124	0,6%	7,543	Coure	10	70	0,453%	OK
I.X.4	S13	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	127	0,6%	7,726	Coure	10	70	0,464%	OK
	S14	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	129	0,6%	7,847	Coure	10	70	0,471%	OK
	S15	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	132	0,6%	8,030	Coure	10	70	0,482%	OK
	S16	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	134	0,6%	8,151	Coure	10	70	0,489%	OK
I.X.5	S17	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	136,5	0,6%	8,303	Coure	10	70	0,498%	OK
	S18	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	122	0,6%	7,421	Coure	10	70	0,445%	OK
	S19	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	124	0,6%	7,543	Coure	10	70	0,453%	OK
	S20	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	127	0,6%	7,726	Coure	10	70	0,464%	OK
I.X.6	S21	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	129	0,6%	7,847	Coure	10	70	0,471%	OK
	S22	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	132	0,6%	8,030	Coure	10	70	0,482%	OK
	S23	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	134	0,6%	8,151	Coure	10	70	0,489%	OK
	S24	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	136,5	0,6%	8,303	Coure	10	70	0,498%	OK
Tram caixa fusibles-inversor xarxa															
Inversor	Sèrie	Panells/sèrie	Pn(Wp)	Vmp(V)	Voc(V)	Imp(A)	Icc(A)	2*L(m)	e(%)	Scdt(mm ²)	Material	S(mm ²)	I _{max} (A)	e(%)	I _{max}
I.X.1	S1-S4	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	6	0,04%	5,475	Coure	6	57	0,036%	OK
I.X.2	S5-S8	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	7,5	0,06%	4,562	Coure	6	57	0,046%	OK
I.X.3	S9-S12	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	9	0,06%	5,475	Coure	6	57	0,055%	OK
I.X.4	S13-S16	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	4	0,03%	4,866	Coure	6	57	0,024%	OK
I.X.5	S17-S20	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	5,5	0,05%	4,015	Coure	6	57	0,033%	OK
I.X.6	S21-S24	14	3500	413,42	526,4	8,45	8,91	7	0,06%	4,258	Coure	6	57	0,043%	OK

Taula 36. Taula on s'indiquen els resultats dels càlculs de les seccions de les línies de CC de la instal·lació fotovoltaica.

Caigudes de tensió i pèrdues de potència instal·lació fotovoltaica						
Sèrie	e(%) entre sèries	e(%) fi sèrie-fusibles	e(%) fusibles-inversors	e(%) total	e(%) màxima	Pèrdues potència (%)
S1	0,201%	0,213%	0,036%	0,450%	1,50%	0,449%
S2	0,201%	0,228%	0,036%	0,465%	1,50%	0,464%
S3	0,201%	0,243%	0,036%	0,481%	1,50%	0,480%
S4	0,201%	0,259%	0,036%	0,496%	1,50%	0,495%
S5	0,201%	0,274%	0,046%	0,520%	1,50%	0,519%
S6	0,201%	0,296%	0,046%	0,542%	1,50%	0,541%
S7	0,201%	0,307%	0,046%	0,553%	1,50%	0,552%
S8	0,201%	0,318%	0,046%	0,564%	1,50%	0,563%
S9	0,201%	0,328%	0,055%	0,584%	1,50%	0,583%
S10	0,201%	0,339%	0,055%	0,595%	1,50%	0,594%
S11	0,201%	0,445%	0,055%	0,701%	1,50%	0,699%
S12	0,201%	0,453%	0,055%	0,708%	1,50%	0,707%
S13	0,201%	0,464%	0,024%	0,689%	1,50%	0,687%
S14	0,201%	0,471%	0,024%	0,696%	1,50%	0,695%
S15	0,201%	0,482%	0,024%	0,707%	1,50%	0,706%
S16	0,201%	0,489%	0,024%	0,714%	1,50%	0,713%
S17	0,201%	0,498%	0,033%	0,732%	1,50%	0,731%
S18	0,201%	0,445%	0,033%	0,679%	1,50%	0,678%
S19	0,201%	0,453%	0,033%	0,687%	1,50%	0,685%
S20	0,201%	0,464%	0,033%	0,698%	1,50%	0,696%
S21	0,201%	0,471%	0,043%	0,714%	1,50%	0,713%
S22	0,201%	0,482%	0,043%	0,725%	1,50%	0,724%
S23	0,201%	0,489%	0,043%	0,732%	1,50%	0,731%
S24	0,201%	0,498%	0,043%	0,742%	1,50%	0,740%

Taula 37. Taula on s'indiquen les caigudes de tensions i les pèrdues de potència parcials i totals dels trams de les línies de CC de la instal·lació fotovoltaica.

En segon lloc, he procedit a calcular les seccions dels conductors de les línies de CC de les bateries. Per fer-ho, he dividit les línies en dos trams: El cablejat que va dels acumuladors als embarrats, passant per la caixa de fusibles, i el cablejat que va dels embarrats a les entrades de CC dels inversors híbrids, passant també per la caixa de fusibles.

Totes les línies de CC de les bateries estan situades a l'interior de la caseta, instal·lades sobre safates de reixeta.

Tanmateix, cal dir que la màxima caiguda de tensió admissible en la part de CC de les bateries és d'1,5% segons el plec de condicions de les instal·lacions fotovoltaïques aïllades de l'IDAE, xifra que he tingut en compte per realitzar els càlculs.

D'aquesta manera, els resultats obtinguts amb el mètode anteriorment explicat estan indicats en les següents taules:

Càlcul seccions CC grup bateries											
Tram bateries-caixa fusibles-embarrats											
Sèrie	Pn(kW)	Vn(V)	In(A)	2*L(m)	e(%)	Scdt(mm ²)	Material	S(mm ²)	Imax(A)	e(%)	Imax
S1	12000	48	250,00	25	1,0%	232,515	Coure	240	552	0,969%	OK
S2	12000	48	250,00	26	1,1%	219,832	Coure	240	552	1,008%	OK
S3	12000	48	250,00	24	1,0%	223,214	Coure	240	552	0,930%	OK
S4	12000	48	250,00	23	1,0%	213,914	Coure	240	552	0,891%	OK
Tram embarrats-caixa fusibles-inversors híbrids											
Inversor híbrid	Pn(kW)	Vn(V)	In(A)	2*L(m)	e(%)	Scdt(mm ²)	Material	S(mm ²)	Imax(A)	e(%)	Imax
I.H.1	8000	48	166,67	6	0,2%	186,012	Coure	240	552	0,155%	OK
I.H.2	8000	48	166,67	8	0,25%	198,413	Coure	240	552	0,207%	OK
I.H.3	8000	48	166,67	10	0,3%	206,680	Coure	240	552	0,258%	OK
I.H.4	8000	48	166,67	6	0,2%	186,012	Coure	240	552	0,155%	OK
I.H.5	8000	48	166,67	8	0,25%	198,413	Coure	240	552	0,207%	OK
I.H.6	8000	48	166,67	10	0,3%	206,680	Coure	240	552	0,258%	OK

Taula 38. Taula on s'indiquen els resultats dels càlculs de les seccions de les línies de CC de les bateries.

Caigudes de tensió i pèrdues de potència línies CC bateries	
Màxima e(%) bateries-embarrats	1,008%
Màxima e(%) embarrats-inversors híbrids	0,258%
Màxima e(%) total	1,266%
Màximes pèrdues potència totals (%)	1,266%

Taula 39. Taula on s'indiquen les caigudes de tensions i les pèrdues de potència parcials i totals dels trams de les línies de CC de les bateries.

Finalment, he calculat les seccions dels conductors de les línies de CA de la instal·lació. Per fer-ho, he dividit les línies en els diversos trams entre els diferents components, realitzant les divisions en cada component i les armades de connexió on es realitzen els paral·lels del cablejat.

Totes les línies de CA de les bateries estan situades a l'interior de la caseta, instal·lades sobre safates de reixeta.

Tanmateix, cal dir que la màxima caiguda de tensió admissible en la part de CA de la instal·lació és de 2% segons el plec de condicions de les instal·lacions fotovoltaïques aïllades de l'IDAE, xifra que he tingut en compte per realitzar els càlculs.

D'aquesta manera, els resultats obtinguts amb el mètode anteriorment explicat estan indicats en les següents taules:

Càlcul seccions CA												
Tram sortida grup electrogen-caixa proteccions CA-bypass												
Tipus	Nom	Pn(kW)	Vn(V)	In(A)	L(m)	e(%)	Scdt(mm²)	Material	S(mm²)	Imax(A)	e(%)	Imax
TRIFÀSICA	Sortida grup	54000	400	77,94	10	0,2%	30,134	Coure	35	105	0,172%	OK
Tram sortida bypass-inversors híbrids												
Tipus	Nom	Pn(kW)	Vn(V)	In(A)	2*L(m)	e(%)	Scdt(mm²)	Material	S(mm²)	Imax(A)	e(%)	Imax
MONOFÀSICA	IN I.H.1 Fase R	9000	230	39,13	6	0,15%	12,152	Coure	16	105	0,114%	OK
MONOFÀSICA	IN I.H.2 Fase R	9000	230	39,13	7,5	0,15%	15,190	Coure	16	105	0,142%	OK
MONOFÀSICA	IN I.H.3 Fase S	9000	230	39,13	9	0,20%	13,671	Coure	16	105	0,171%	OK
MONOFÀSICA	IN I.H.4 Fase S	9000	230	39,13	4	0,15%	8,102	Coure	16	105	0,076%	OK
MONOFÀSICA	IN I.H.5 Fase T	9000	230	39,13	5,5	0,15%	11,140	Coure	16	105	0,104%	OK
MONOFÀSICA	IN I.H.6 Fase T	9000	230	39,13	7	0,15%	14,178	Coure	16	105	0,133%	OK
Tram sortida alternativa bypass-quadre general comandament i protecció												
Tipus	Nom	Pn(kW)	Vn(V)	In(A)	L(m)	e(%)	Scdt(mm²)	Material	S(mm²)	Imax(A)	e(%)	Imax
TRIFÀSICA	Sortida bypass	54000	400	77,94	5	0,15%	20,089	Coure	25	123	0,121%	OK
Tram sortida individual inversors híbrids-caixa connexions												
Tipus	Nom	Pn(kW)	Vn(V)	In(A)	2*L(m)	e(%)	Scdt(mm²)	Material	S(mm²)	Imax(A)	e(%)	Imax
MONOFÀSICA	OUT I.H.1 Fase R	8000	230	34,78	6	0,1%	16,203	Coure	25	123	0,065%	OK
MONOFÀSICA	OUT I.H.2 Fase R	8000	230	34,78	7,5	0,1%	20,254	Coure	25	123	0,081%	OK
MONOFÀSICA	OUT I.H.3 Fase S	8000	230	34,78	9	0,1%	24,305	Coure	25	123	0,097%	OK
MONOFÀSICA	OUT I.H.4 Fase S	8000	230	34,78	4	0,1%	10,802	Coure	25	123	0,043%	OK
MONOFÀSICA	OUT I.H.5 Fase T	8000	230	34,78	5,5	0,1%	14,853	Coure	25	123	0,059%	OK
MONOFÀSICA	OUT I.H.6 Fase T	8000	230	34,78	7	0,1%	18,904	Coure	25	123	0,076%	OK
Tram línia general sortida inversors híbrids caixa connexions-caixa proteccions CA-caixa connexions												
Tipus	Nom	Pn(kW)	Vn(V)	In(A)	L(m)	e(%)	Scdt(mm²)	Material	S(mm²)	Imax(A)	e(%)	Imax
TRIFÀSICA	Sortida general inversors híbrids	48000	400	69,28	5	0,2%	17,857	Coure	25	123	0,107%	OK
Tram sortida individual inversors xarxa-caixa proteccions CA-caixa connexions												
Tipus	Nom	Pn(kW)	Vn(V)	In(A)	L(m)	e(%)	Scdt(mm²)	Material	S(mm²)	Imax(A)	e(%)	Imax
TRIFÀSICA	OUT I.X.1	12000	400	17,32	3	0,03%	13,393	Coure	16	105	0,025%	OK
TRIFÀSICA	OUT I.X.2	12000	400	17,32	4	0,04%	13,393	Coure	16	105	0,033%	OK
TRIFÀSICA	OUT I.X.3	12000	400	17,32	5	0,05%	13,393	Coure	16	105	0,042%	OK
TRIFÀSICA	OUT I.X.4	12000	400	17,32	2	0,02%	13,393	Coure	16	105	0,017%	OK
TRIFÀSICA	OUT I.X.5	12000	400	17,32	3	0,03%	13,393	Coure	16	105	0,025%	OK
TRIFÀSICA	OUT I.X.6	12000	400	17,32	4	0,04%	13,393	Coure	16	105	0,033%	OK
Tram línia general sortida inversors híbrids caixa connexions-caixa proteccions CA-caixa connexions												
Tipus	Nom	Pn(kW)	Vn(V)	In(A)	L(m)	e(%)	Scdt(mm²)	Material	S(mm²)	Imax(A)	e(%)	Imax
TRIFÀSICA	Sortida general inversors xarxa	72000	400	103,92	5	0,10%	40,179	Coure	50	188	0,080%	OK
Tram línia caixa connexions-caixa proteccions CA-bypass-quadre general comandament i protecció												
Tipus	Nom	Pn(kW)	Vn(V)	In(A)	L(m)	e(%)	Scdt(mm²)	Material	S(mm²)	Imax(A)	e(%)	Imax
TRIFÀSICA	Caixa connexions-	48000	400	69,28	6,5	0,10%	34,821	Coure	35	154	0,099%	OK

Taula 40. Taula on s'indiquen els resultats dels càlculs de les seccions de les línies de CA de la instal·lació.

Caigudes de tensió i pèrdues de potència màximes línies AC		
	Caiguda de tensió(%)	Pèrdues potència (%)
Sortida grup	0,172%	0,172%
Sortida bypass-inversors híbrids	0,171%	0,171%
Sortida Alt. Bypass-quadre	0,121%	0,121%
Sortida ind. Inversors híbrids	0,097%	0,097%
Sortida general inversors híbrids	0,107%	0,107%
Sortida ind. Inversors xarxa	0,042%	0,042%
Sortida general inversors xarxa	0,080%	0,080%
Caixa connexions-quadre general	0,099%	0,099%
Total	0,890%	0,890%

Taula 41. Taula on s'indiquen les caigudes de tensions i les pèrdues de potència parcials i totals dels trams de les línies de CA de la instal·lació.

5.2.2. Conclusió o resultat de càlculs

Un cop realitzats els diferents càlculs, he decidit fer una taula en què resumeixo les conclusions obtingudes més importants dels diferents components de la instal·lació fotovoltaica assistida:

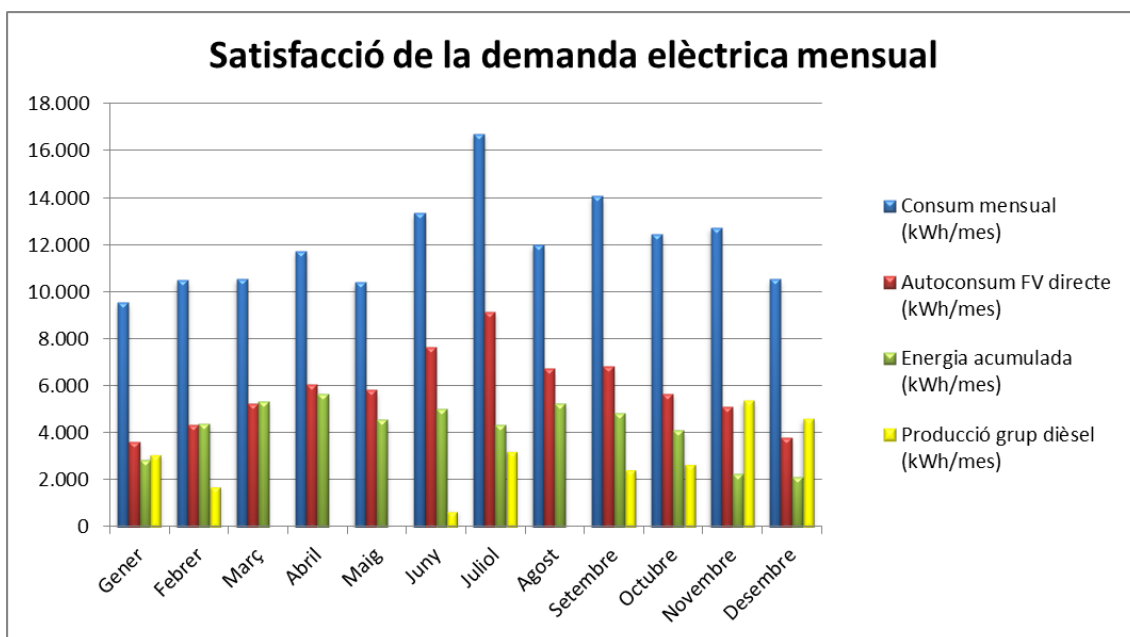
Resum de les dades obtingudes			
Grup electrogen (Gesam DPA/S 65 E LS)	Potència aparent grup	61	kVA
	Tensió sortida grup	400/230	V
	Freqüència sortida grup	50	Hz
Inversors híbrids (Studer Innotec Xtender XTH 8000-48)	Nombre inv. híbrids	6	u
	Inv. híbrids per fase	2	u
	Potència contínua total inv.	42	kW
Inversors de xarxa (FRONIUS IG-Plus 150 V-3)	Nombre total inv. xarxa	6	u
	Panells sèrie per inv. xarxa	14	u
	Sèries per inv. xarxa	4	u
	Panells per inv. xarxa	56	u
Instal·lació fotovoltaica (Panell ATERSA Ultra A-250P)	Nombre total panells	336	u
	Inclinació coberta	18	°
	Inclinació relativa panells	15	°
	Inclinació total panells	33	°
	Potència unitària panells	250	Wp
	Potència instal·lació FV	84	kWp
Bateries (Elements 2V OPzS Solar 2500)	Nombre elements en sèrie	24	u
	Nombre de sèries	4	u
	Nombre total elements	96	u
	Tensió total grup bateries	48	V
	Capacitat grup bateries 24h	8060	Ah
	Profunditat de descàrrega	50%	
	Temps d'autonomia	1	dia
	Nombre de cicles a 50%	3500	u

Taula 42. Conclusió i dades obtingudes a partir dels càlculs realitzats.

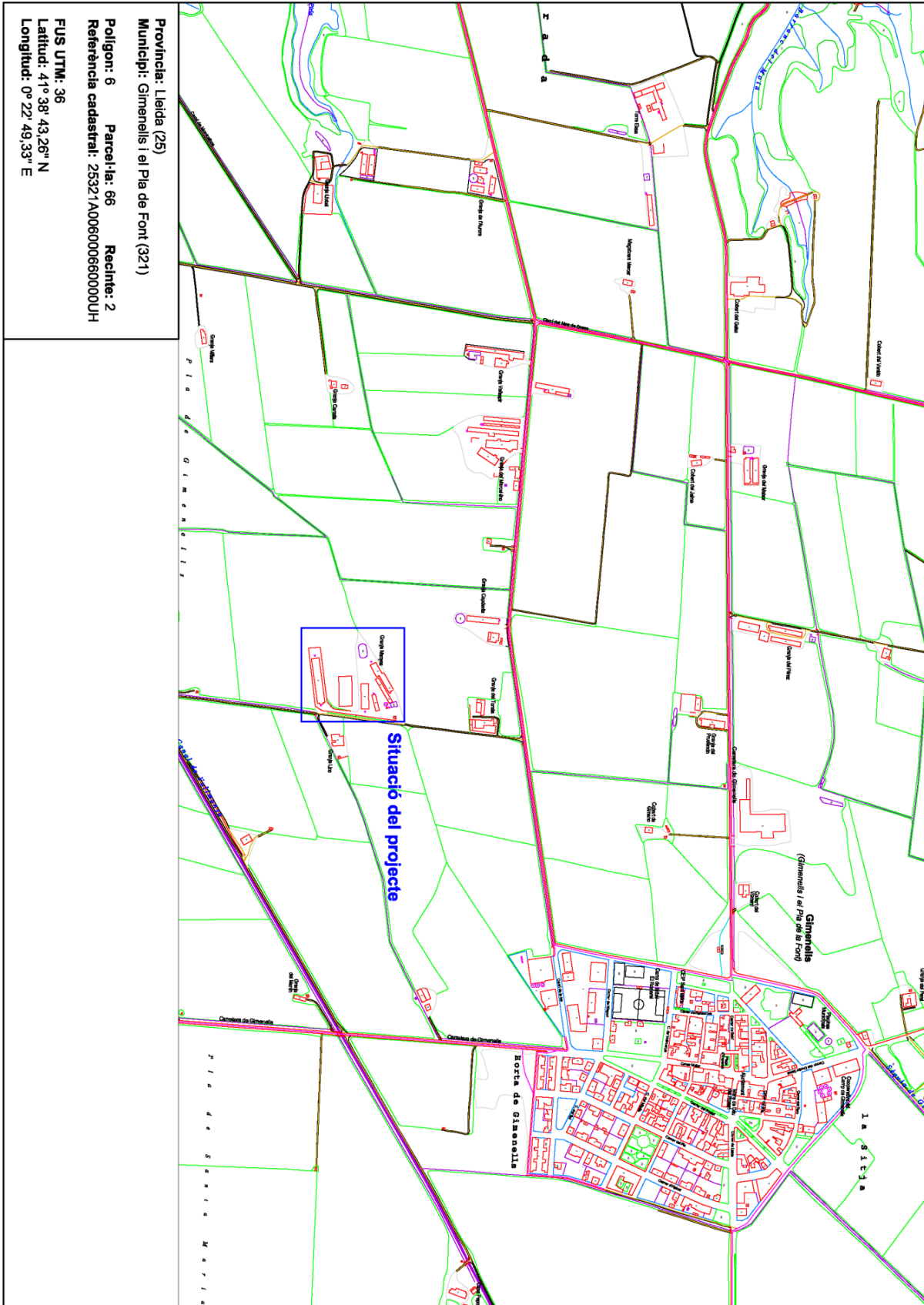
Així mateix, també he decidit realitzar una taula on s'indica la satisfacció completa dels consums elèctrics mensuals durant els diversos mesos de l'any, així com un gràfic on es resumeixen les dades obtingudes:

Satisfacció de la demanda elèctrica de l'explotació porcina						
	Consum mensual (kWh/mes)	Generació FV (kWh/mes)	Autoconsum FV directe (kWh/mes)	Energia acumulada (kWh/mes)	Energia FV no aprofitada (kWh/mes)	Producció grup dièsel (kWh/mes)
Gener	9.555	6.483,96	3.631,70	2.852,26	0,00	3.071,04
Febrer	10.483	8.749,44	4.346,79	4.402,65	0,00	1.733,56
Març	10.562	11.796,12	5.245,52	5.316,48	1.234,12	0,00
Abril	11.736	11.768,40	6.066,38	5.669,62	32,40	0,00
Maig	10.395	12.551,28	5.820,87	4.574,13	2.156,28	0,00
Juny	13.348	12.650,40	7.646,68	5.003,72	0,00	697,60
Juliol	16.730	13.488,72	9.154,55	4.334,17	0,00	3.241,28
Agost	11.984	12.785,64	6.737,38	5.246,62	801,64	0,00
Setembre	14.076	11.642,40	6.822,74	4.819,66	0,00	2.433,60
Octubre	12.452	9.765,00	5.671,22	4.093,78	0,00	2.687,00
Novembre	12.742	7.358,40	5.117,81	2.240,59	0,00	5.383,60
Desembre	10.528	5.911,08	3.794,70	2.116,38	0,00	4.616,92
Total anual	144.591,0	124.950,8	70.056,3	50.670,1	4.224,4	23.864,6

Taula 43. S'indica la satisfacció de la demanda elèctrica de l'explotació porcina durant els diversos mesos de l'any.



Gràfic 10. S'indica la satisfacció de la demanda elèctrica de l'explotació porcina durant els diversos mesos de l'any.

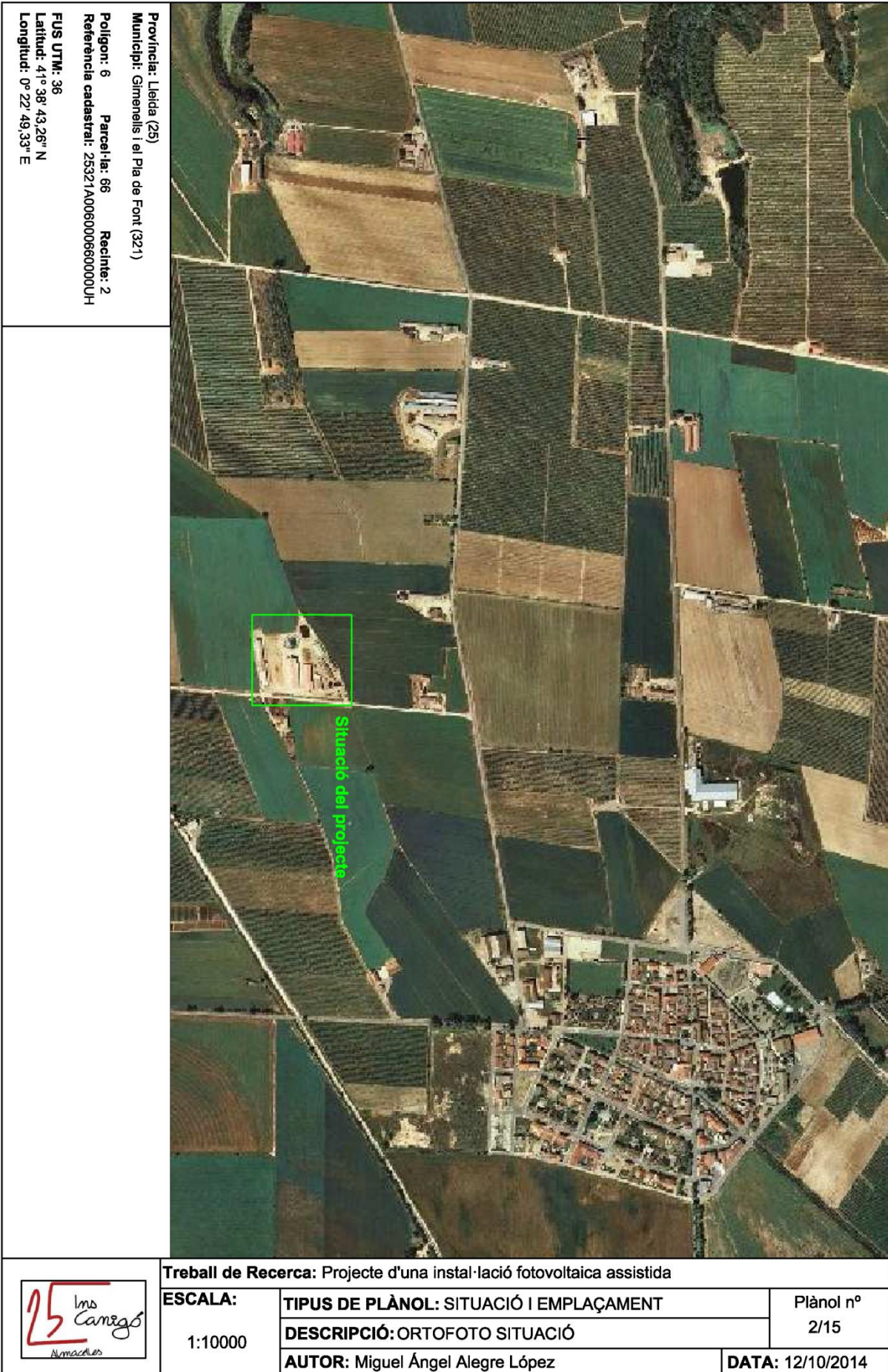


Província: Lleida (25)
Municipi: Gimenells i el Pla de Font (321)
Polígon: 6 **Parcel·la:** 66 **Recinte:** 2
Referència catastral: 25321A00600060000UH
FUS UTM: 36
Latitud: 41° 38' 43,26" N
Longitud: 0° 22' 49,33" E

Situació del projecte



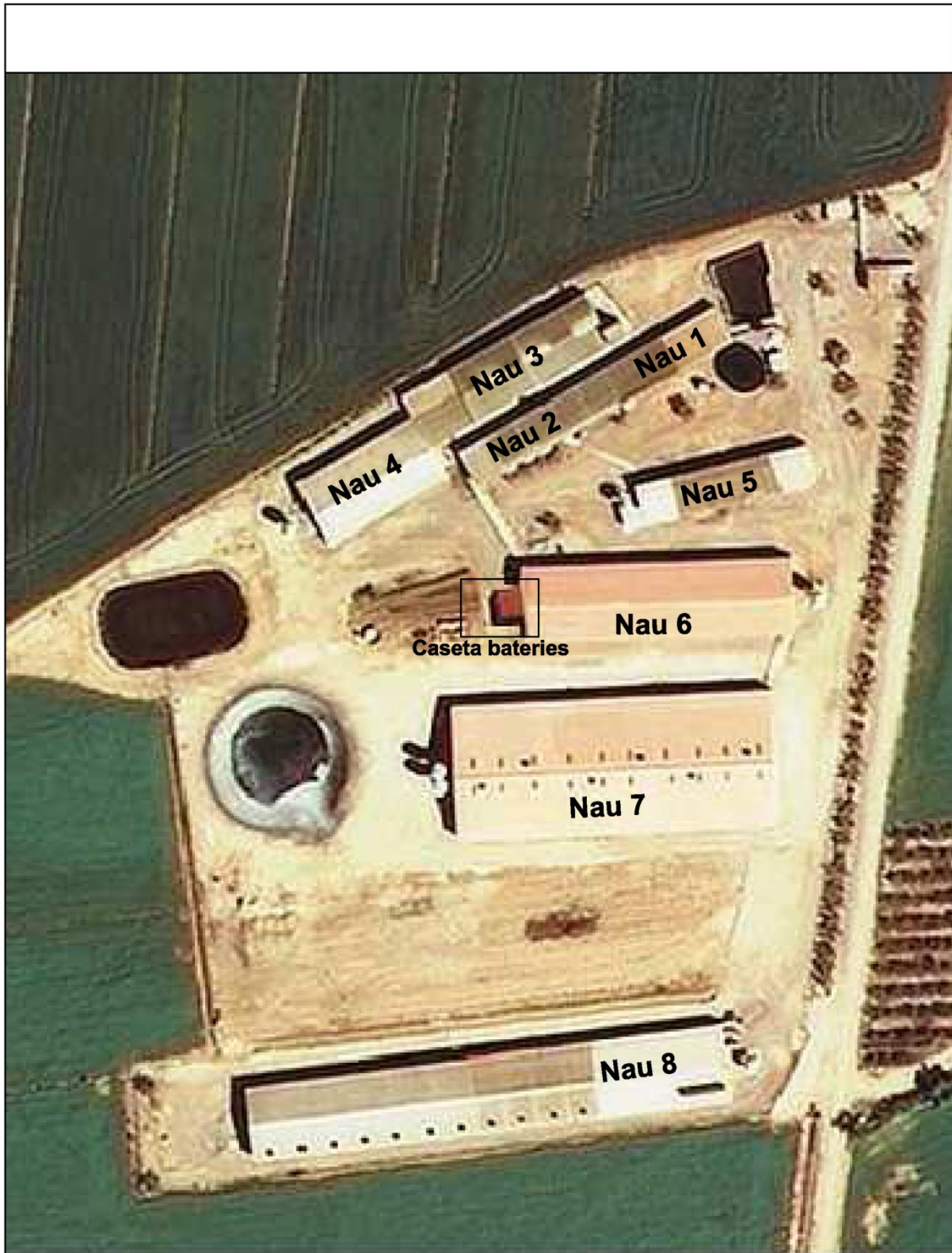
Treball de Recerca: Projecte d'una instal·lació fotovoltaica assistida		
ESCALA: 1:10000	TIPUS DE PLÀNOL: SITUACIÓ I EMPLAÇAMENT	Plànol nº 1/15
	DESCRIPCIÓ: PLÀNOL TOPOGRÀFIC SITUACIÓ	
AUTOR: Miguel Ángel Alegre López		DATA: 12/10/2014



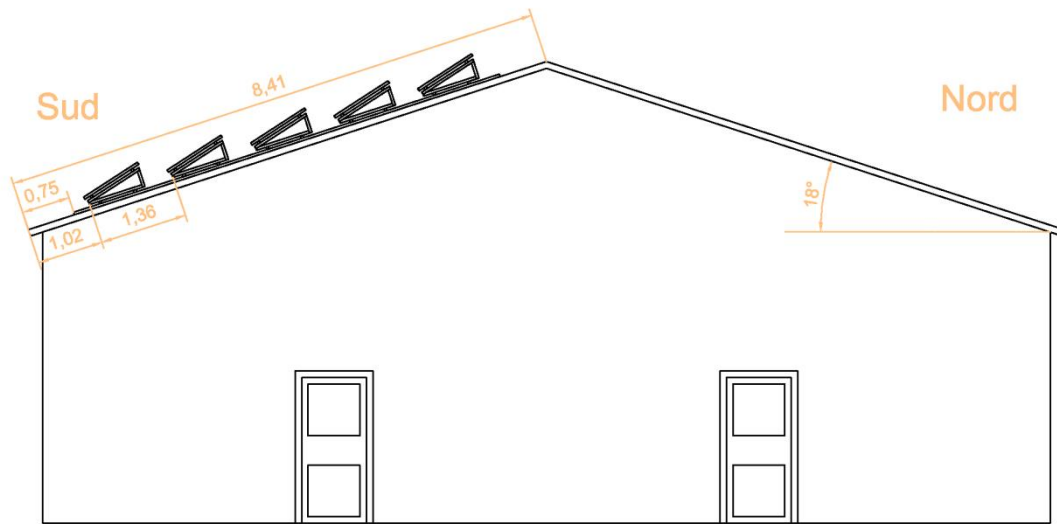
Província: Lleida (25)
Municipi: Gimeneells i el Pla de Font (321)
Polígon: 6 **Parcel·la:** 66 **Recinte:** 2
Referència cadastral: 25321A00600066000UH
FUS UTM: 36
Latitud: 41° 38' 43,26" N
Longitud: 0° 22' 49,33" E



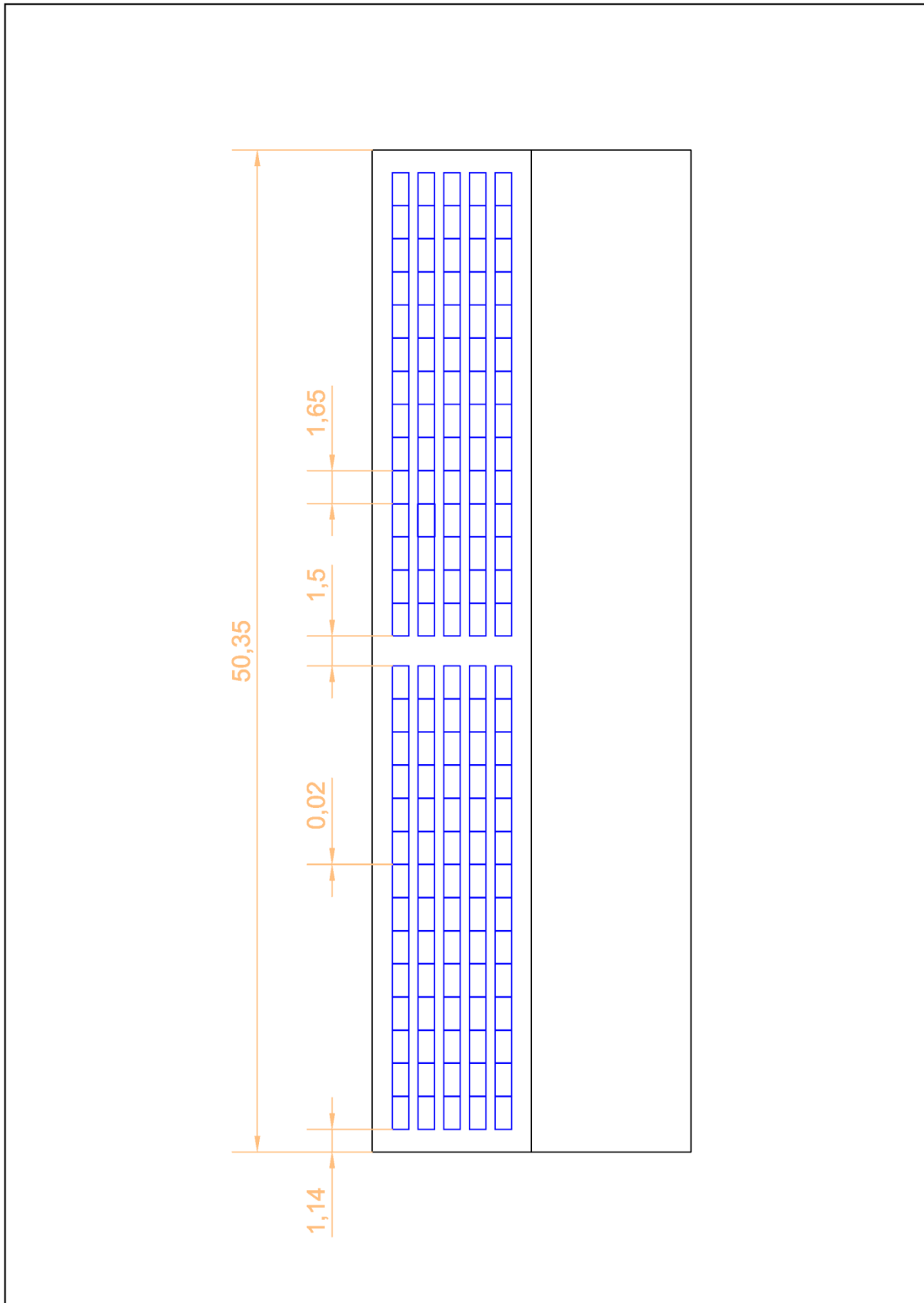
Treball de Recerca: Projecte d'una instal·lació fotovoltaica assistida		
ESCALA: 1:10000	TIPUS DE PLÀNOL: SITUACIÓ I EMPLAÇAMENT	Plànol nº 2/15
	DESCRIPCIÓ: ORTOFOTO SITUACIÓ	
AUTOR: Miguel Ángel Alegre López		DATA: 12/10/2014



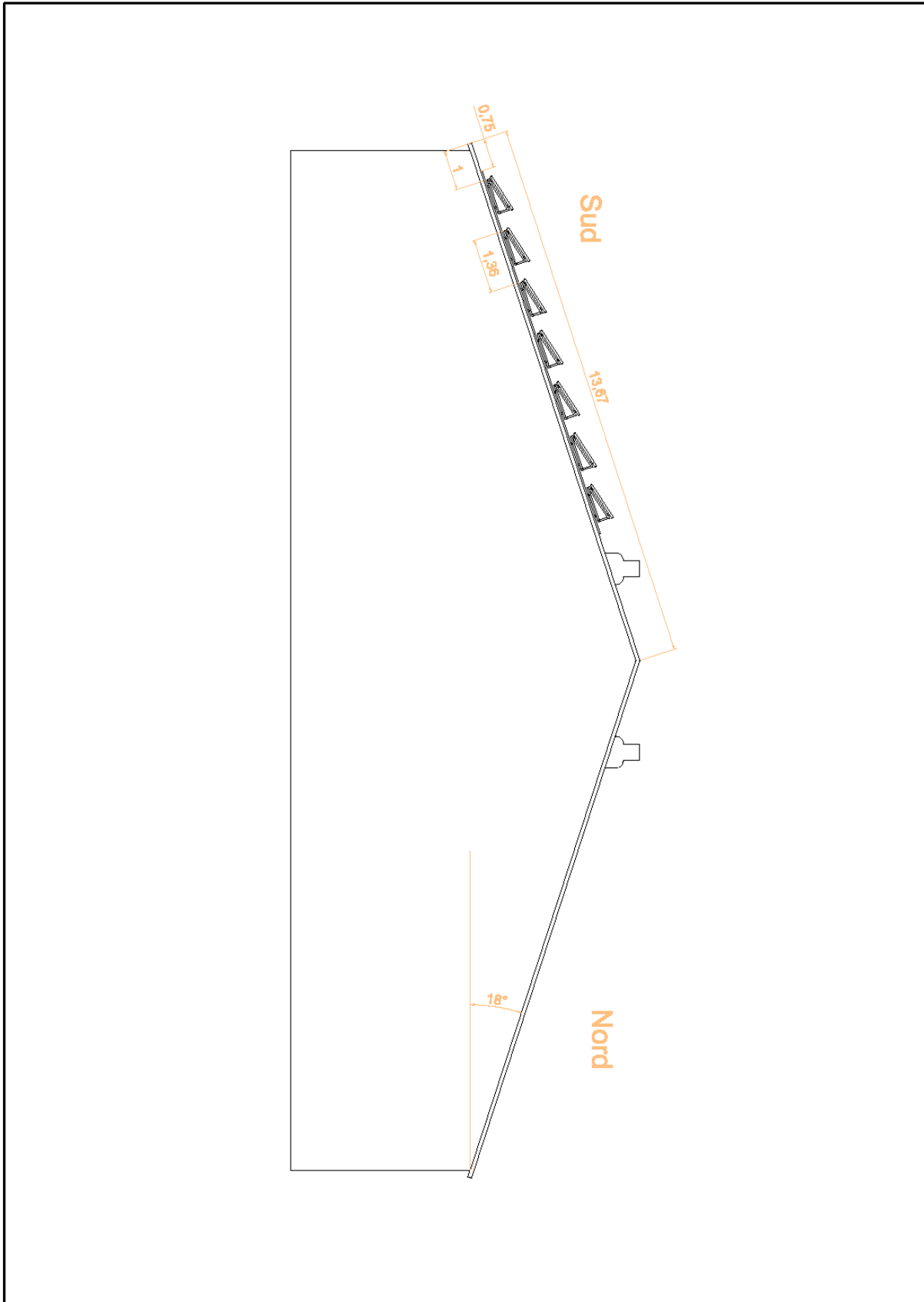
	Treball de Recerca: Projecte d'una instal·lació fotovoltaica assistida		
	ESCALA: 1:1000	TIPUS DE PLÀNOL: SITUACIÓ I EMPLAÇAMENT	Plànol nº 3/15
		DESCRIPCIÓ: ORTOFOTO EMPLAÇAMENT	
		AUTOR: Miguel Ángel Alegre López	




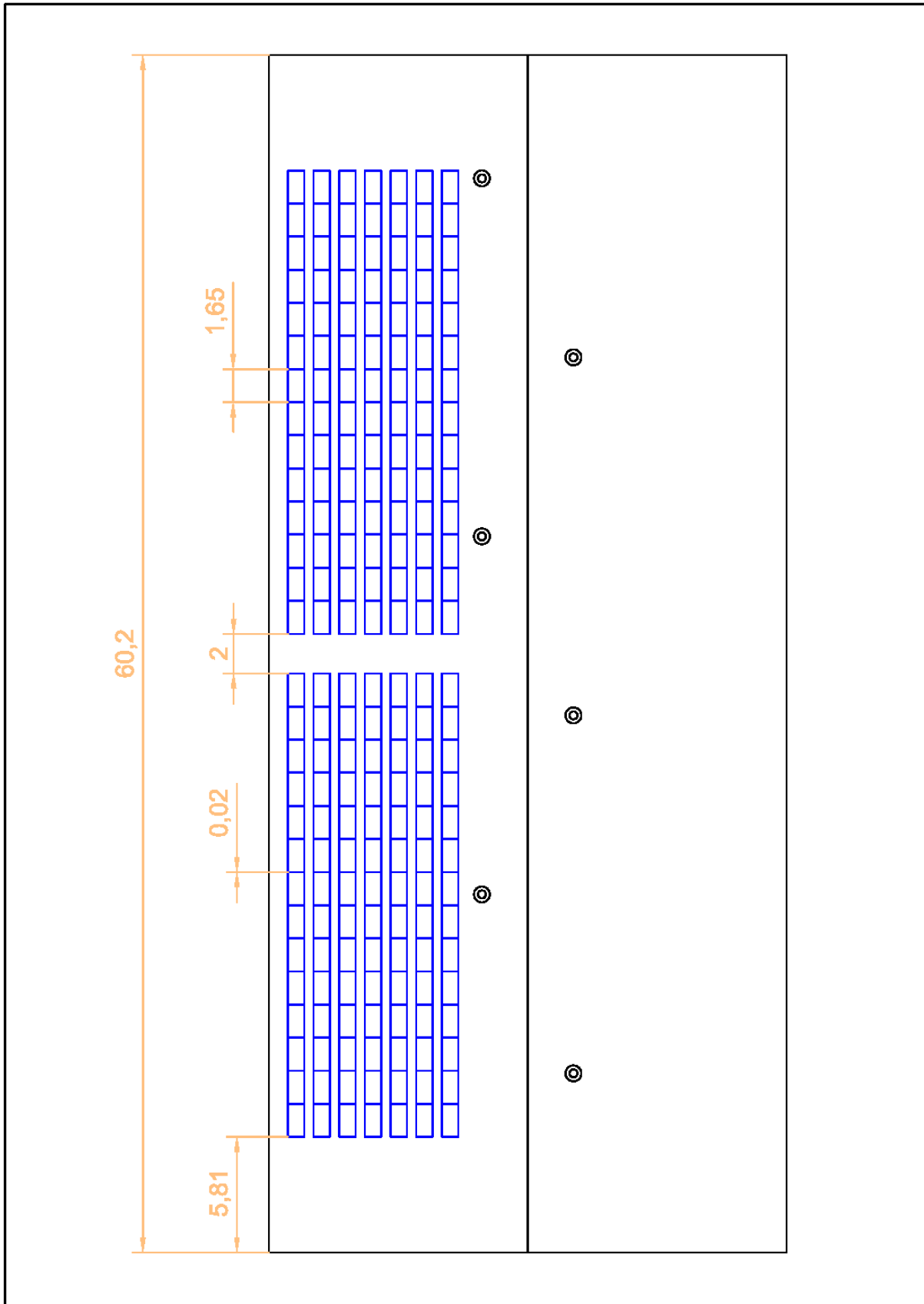
	Treball de Recerca: Projecte d'una instal·lació fotovoltaica assistida		
	ESCALA: 1:100	TIPUS DE PLÀNOL: CONSTRUCTIU	Plànol nº 4/15
		DESCRIPCIÓ: PLÀNOL ALÇAT NAU 6	
AUTOR: Miguel Ángel Alegre López		DATA: 12/10/2014	




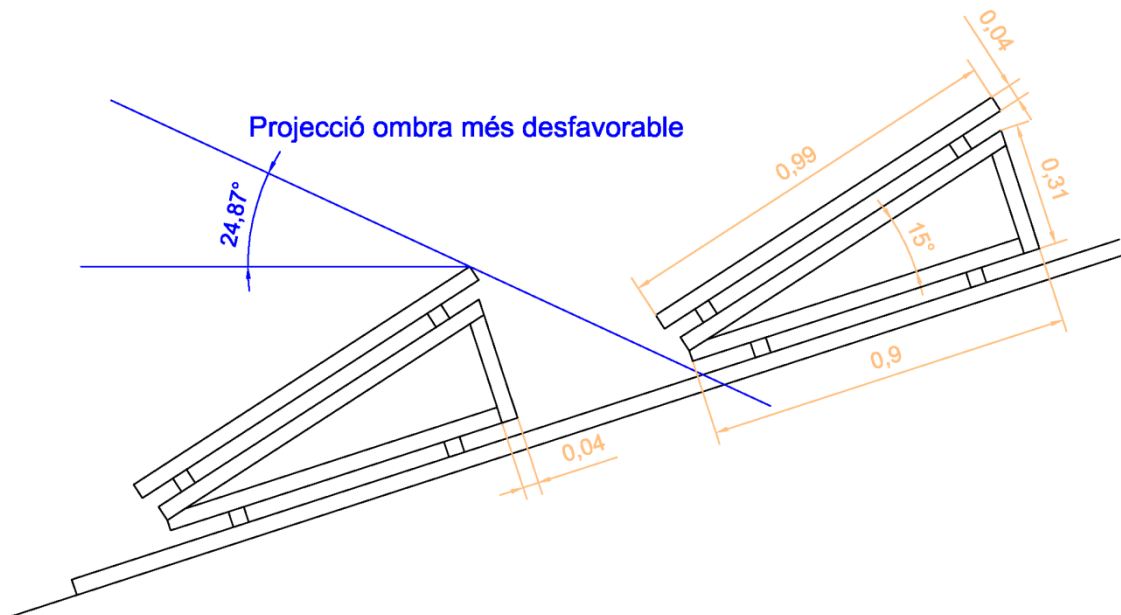
	Treball de Recerca: Projecte d'una instal·lació fotovoltaica assistida		
	ESCALA: 1:250	TIPUS DE PLÀNOL: CONSTRUCTIU	Plànol nº 5/15
		DESCRIPCIÓ: PLÀNOL PLANTA COBERTA NAU 6	
		NOM: Miguel Ángel Alegre López	



	Treball de Recerca: Projecte d'una instal·lació fotovoltaica assistida		
	ESCALA: 1:125	TIPUS DE PLÀNOL: CONSTRUCTIU	Plànol nº 6/15
		DESCRIPCIÓ: PLÀNOL ALÇAT NAU 7	
AUTOR: Miguel Ángel Alegre López		DATA: 12/10/2014	



	Treball de Recerca: Projecte d'una instal·lació fotovoltaica assistida		
	ESCALA: 1:250	TIPUS DE PLÀNOL: CONSTRUCTIU	Plànol nº 7/15
		DESCRIPCIÓ: PLÀNOL PLANTA COBERTA NAU 7	
AUTOR: Miguel Ángel Alegre López		DATA: 12/10/2014	



Treball de Recerca: Projecte d'una instal·lació fotovoltaica assistida

ESCALA:
1:16

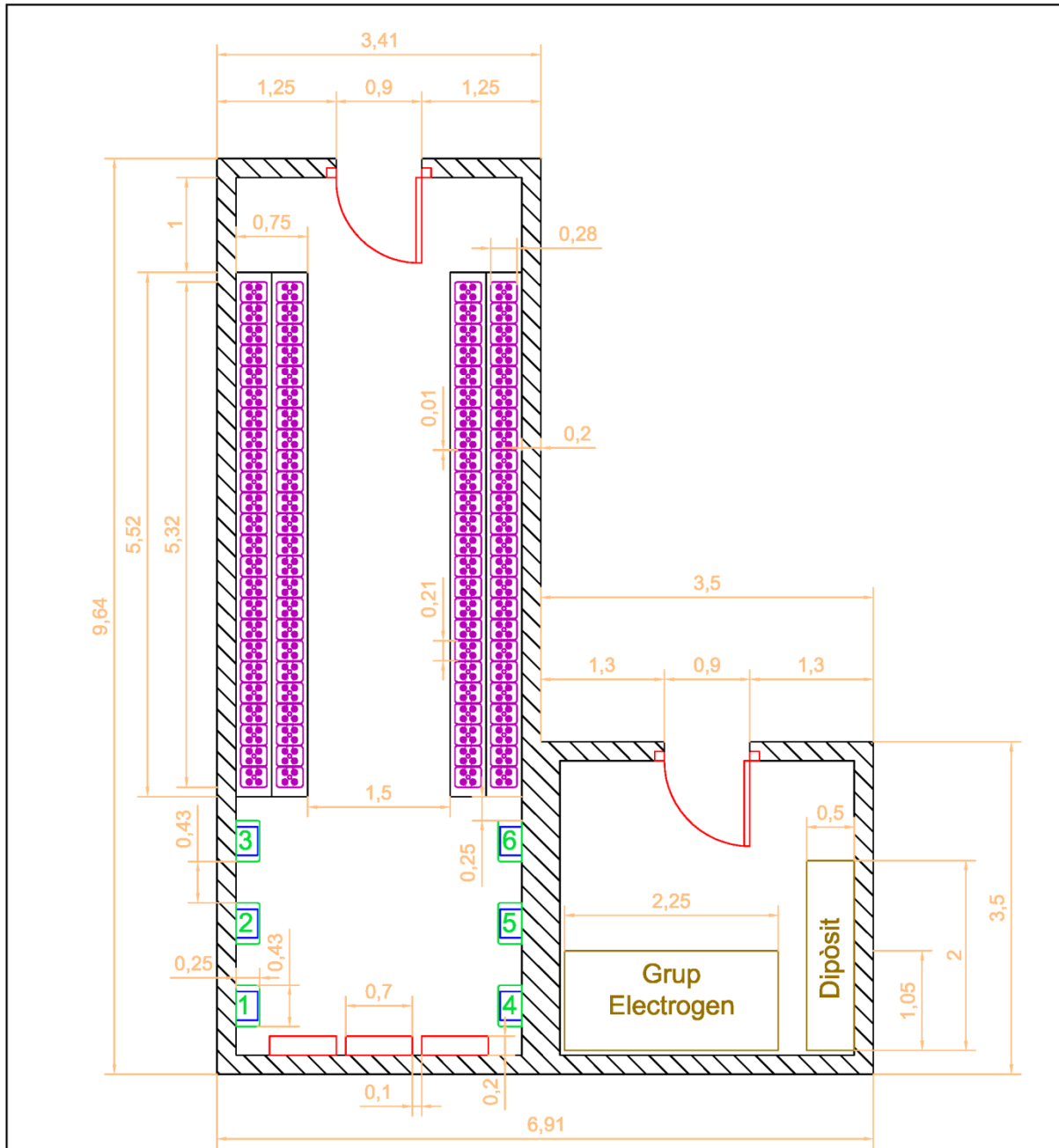
TIPUS DE PLÀNOL: CONSTRUCTIU

DESCRIPCIÓ: PLÀNOL DETALL PANELLS

Plànol nº
8/15

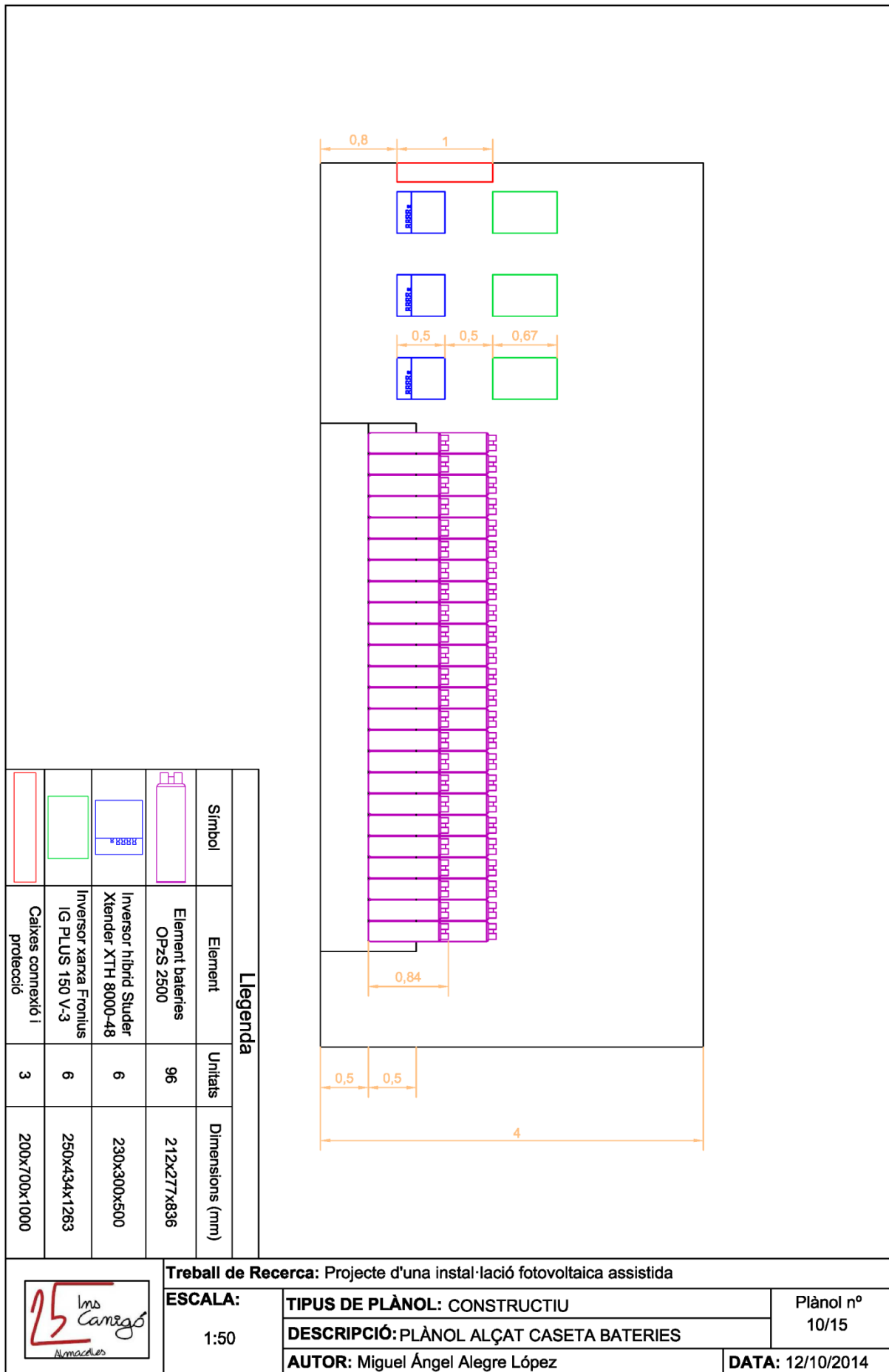
AUTOR: Miguel Ángel Alegre López

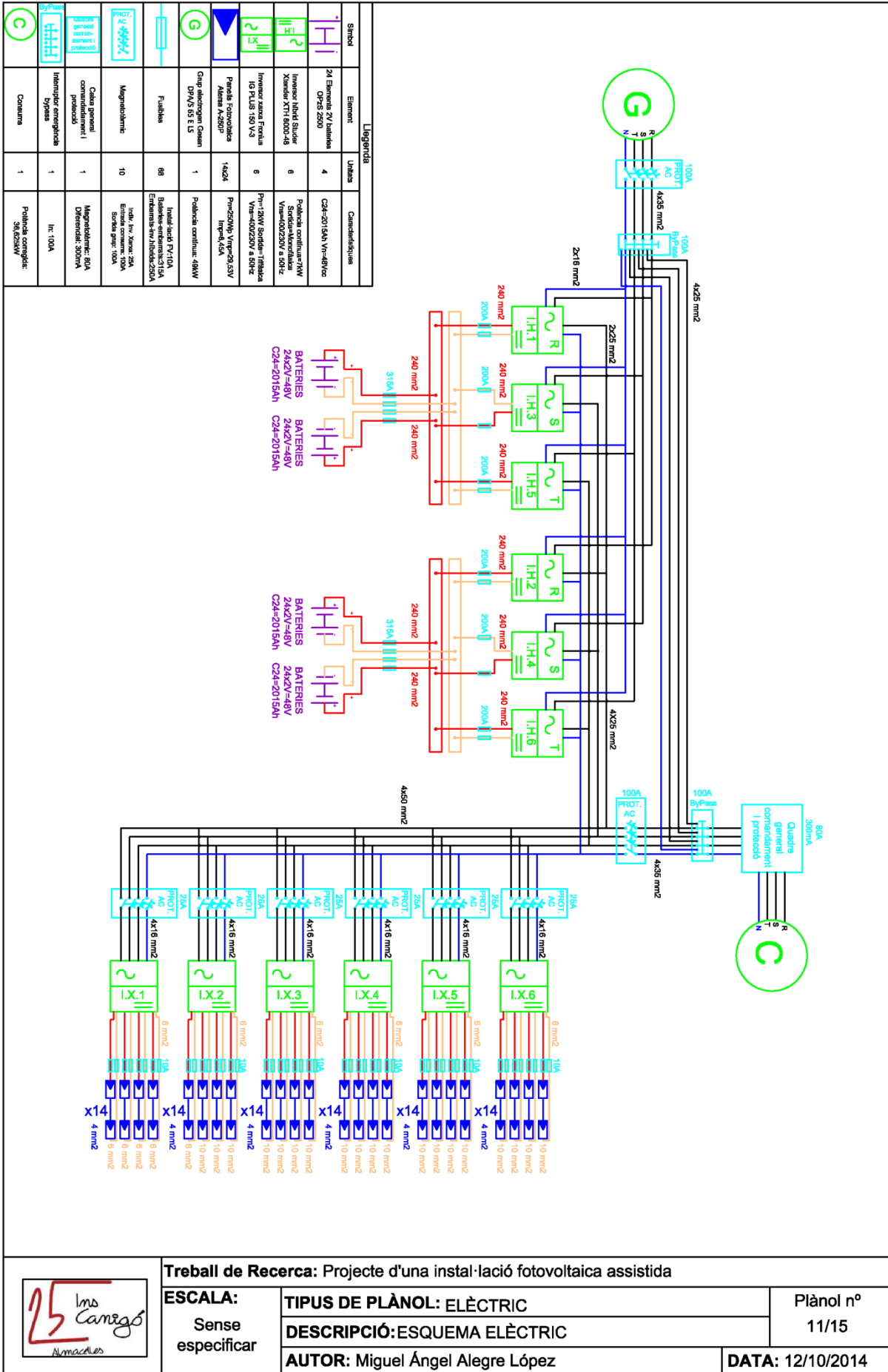
DATA: 12/10/2014



Legenda			
Símbol	Element	Unitats	Dimensions (mm)
	Element bateries OPzS 2500	96	212x277x836
	Inversor híbrid Studer Xtender XTH 8000-48	6	230x300x500
	Inversor xarxa Fronius IG PLUS 150 V-3	6	250x434x1263
	Caixes connexió i proteccions	6	200x700x1000
	Grup electrogen Gesan DPA/S 65 E LS	1	1005x2250x1505
	Dipòsit gasoil 2000L	1	500x2000x2000

	Treball de Recerca: Projecte d'una instal·lació fotovoltaica assistida			
	ESCALA: 1:60	TIPUS DE PLÀNOL: CONSTRUCTIU		Plànol nº 9/15
		DESCRIPCIÓ: PLÀNOL PLANTA CASETES		
	AUTOR: Miguel Ángel Alegre López			DATA: 12/10/2014





Treball de Recerca: Projecte d'una instal·lació fotovoltaica assistida

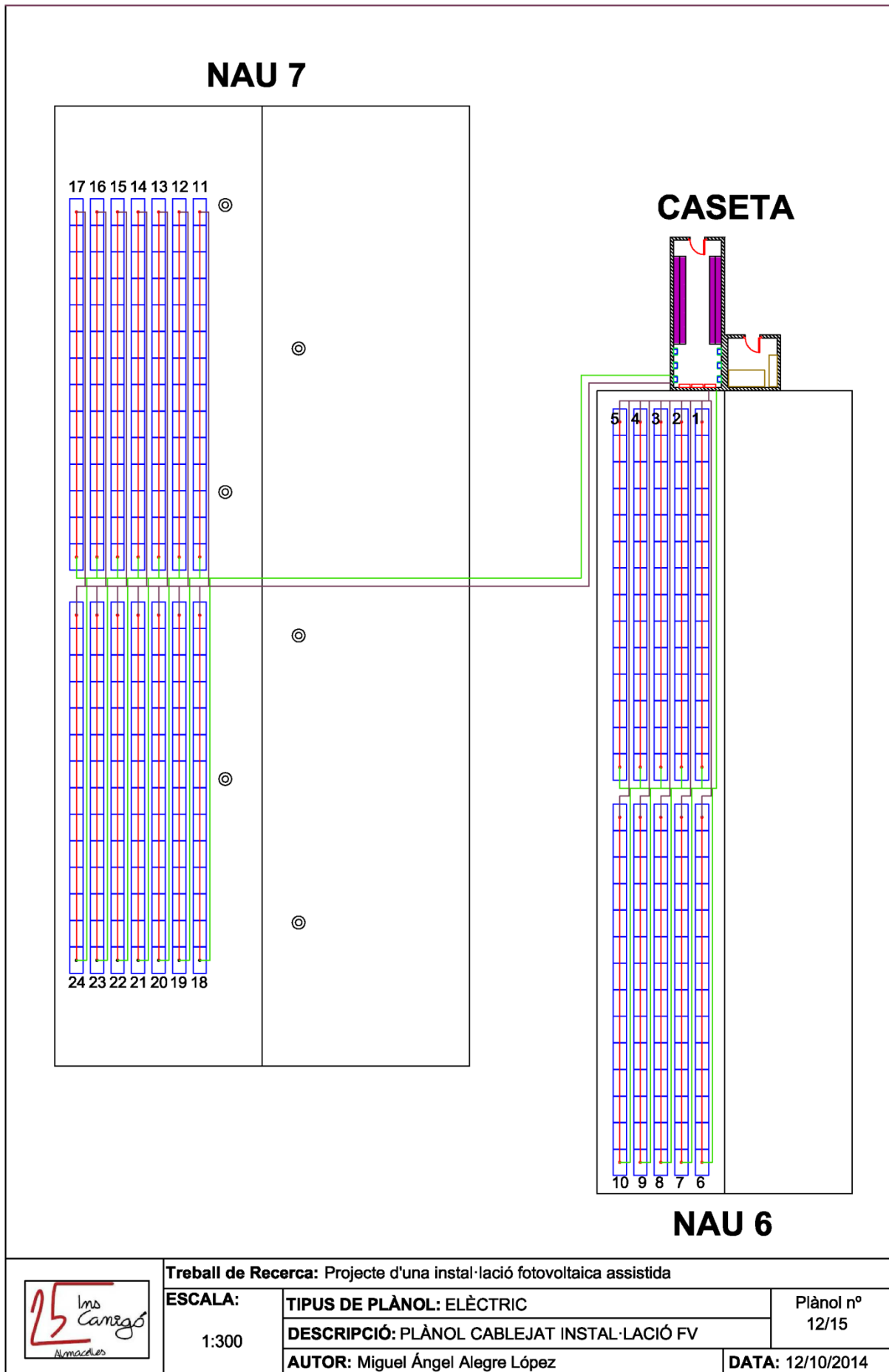
ESCALA:
Sense especificar

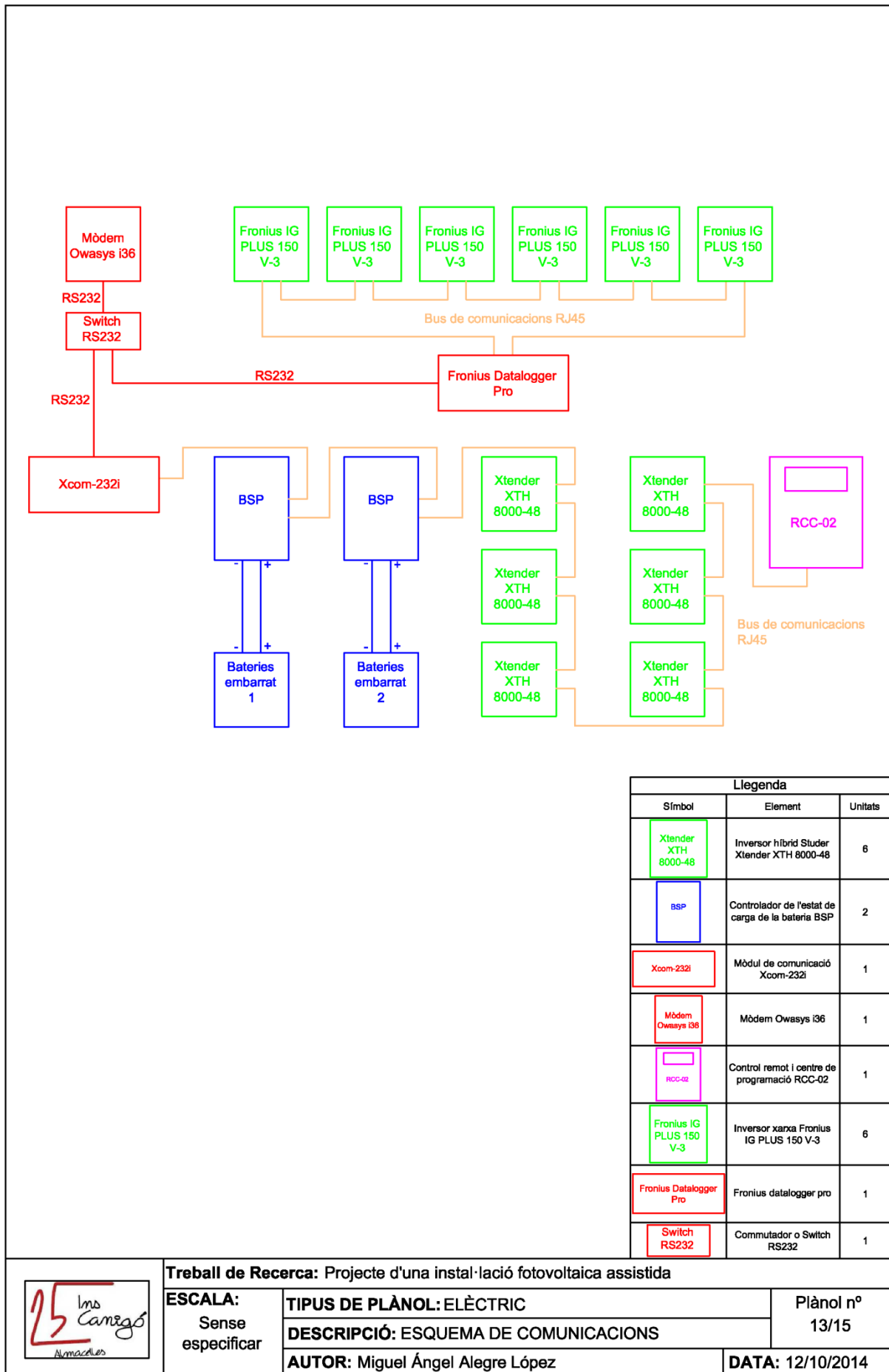
TIPUS DE PLÀNOL: ELÈCTRIC
DESCRIPCIÓ: ESQUEMA ELÈCTRIC
AUTOR: Miguel Ángel Alegre López

Plànol nº
11/15

DATA: 12/10/2014



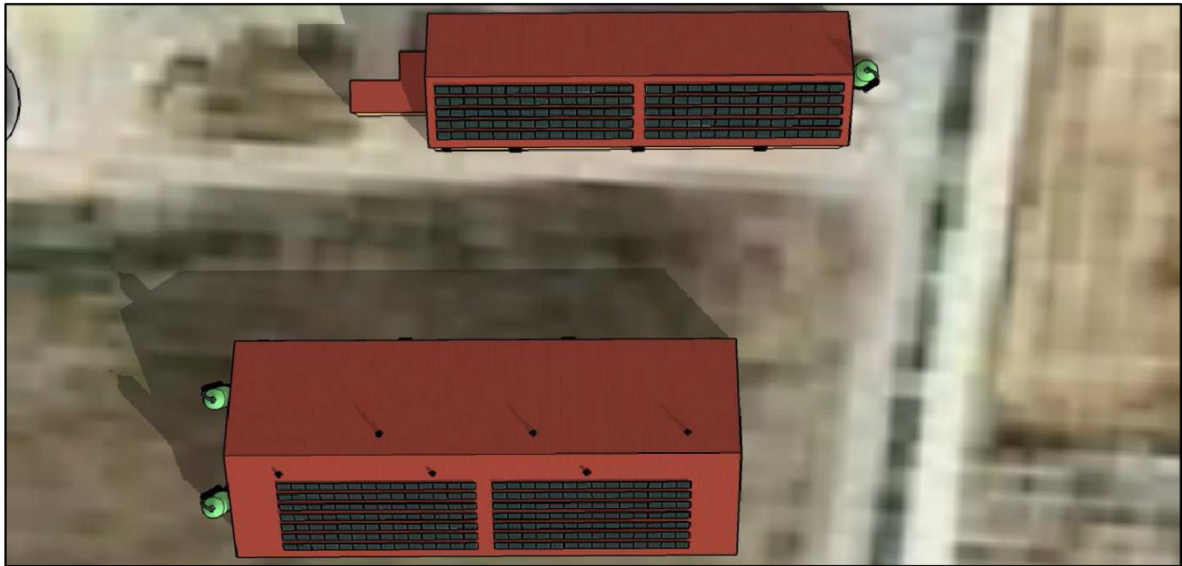
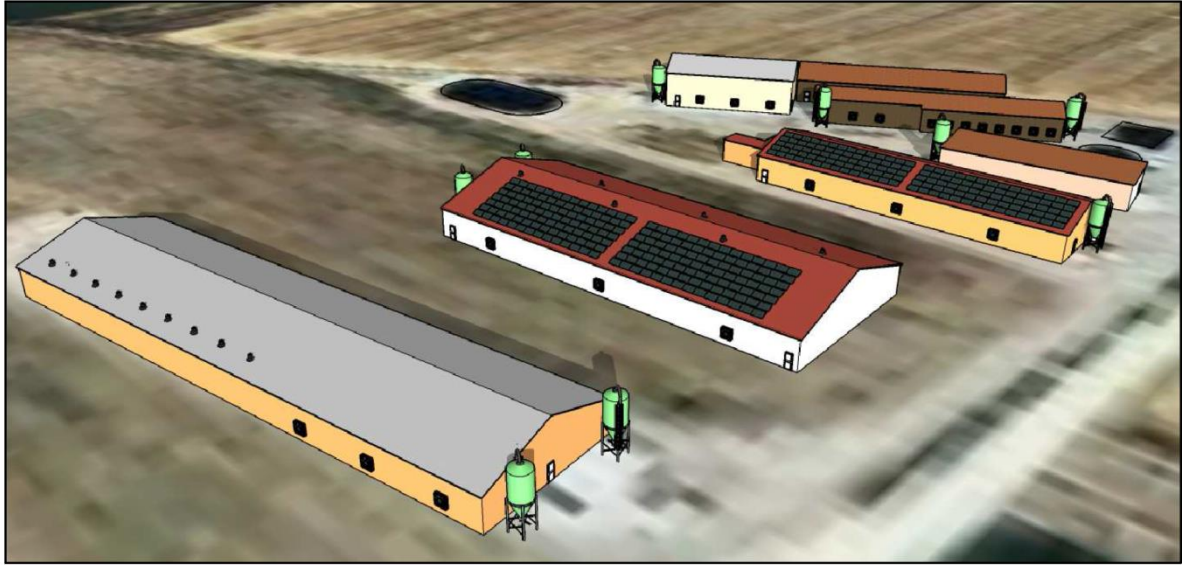




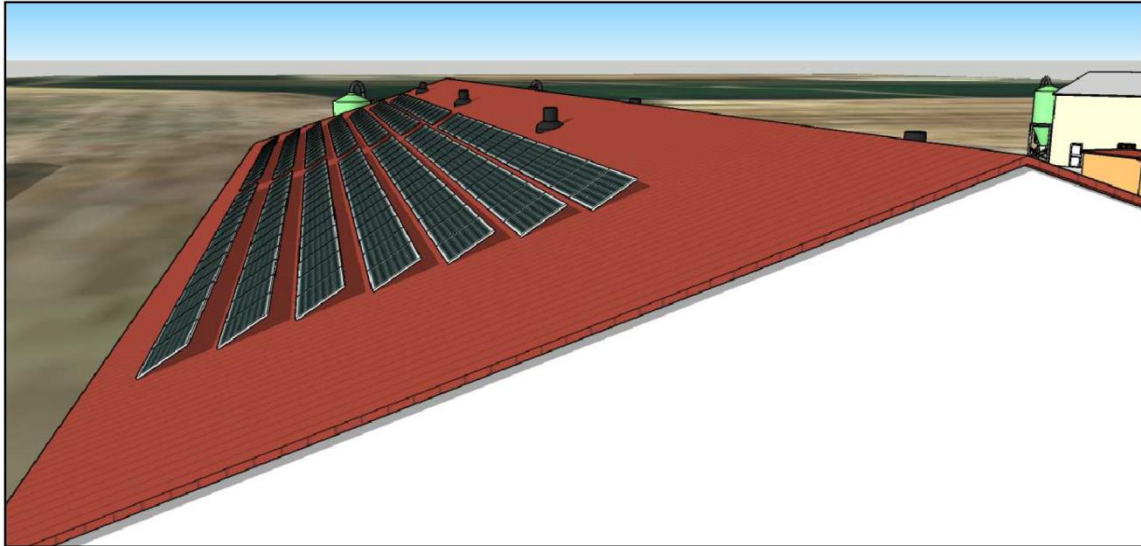
Llegenda		
Símbol	Element	Unitats
Xtender XTH 8000-48	Inversor híbrid Studer Xtender XTH 8000-48	6
BSP	Controlador de l'estat de carga de la bateria BSP	2
Xcom-232i	Mòdul de comunicació Xcom-232i	1
Mòdem Owasy's i36	Mòdem Owasy's i36	1
RCC-02	Control remot i centre de programació RCC-02	1
Fronius IG PLUS 150 V-3	Inversor xarxa Fronius IG PLUS 150 V-3	6
Fronius Datalogger Pro	Fronius datalogger pro	1
Switch RS232	Commutador o Switch RS232	1



Treball de Recerca: Projecte d'una instal·lació fotovoltaica assistida		
ESCALA: Sense especificar	TIPUS DE PLÀNOL: ELÈCTRIC	Plànol nº 13/15
	DESCRIPCIÓ: ESQUEMA DE COMUNICACIONS	
AUTOR: Miguel Ángel Alegre López		DATA: 12/10/2014



	Treball de Recerca: Projecte d'una instal·lació fotovoltaica assistida		
	ESCALA: Sense especificar	TIPUS DE PLÀNOL: REPRESENTACIÓ EN 3D	Plànol nº 14/15
		DESCRIPCIÓ: VISTA 1 i 2	
AUTOR: Miguel Ángel Alegre López		DATA: 12/10/2014	



Treball de Recerca: Projecte d'una instal·lació fotovoltaica assistida

ESCALA:
Sense
especificar

TIPUS DE PLÀNOL: REPRESENTACIÓ EN 3D

DESCRIPCIÓ: VISTA 3 i 4

AUTOR: Miguel Ángel Alegre López

Plànol nº
15/15

DATA: 12/10/2014

5.4. Pressupost d'execució

1. Material fotovoltaic			
Concepte	Unitats	P.V.P Unitari	P.V.P Total
Subministrament mòduls fotovoltaic ATERSA A-250P de 250Wp.	336	150,00 €	50.400,00 €
Subministrament inversors híbrids XTENDER XTH 8000-48 de 7000 Wn.	6	3.581,41 €	21.488,46 €
Subministrament accesoris inversor híbrid per connexió en sistema trifàsic. (Inclou: RCC-02, BT-500 i Xcom-232i.)	1	600,00 €	600,00 €
Subministrament inversors de xarxa Fronius IG PLUS 150 V-3 de 12000 Wn.	6	1.918,35 €	11.510,10 €
Subministrament elements monitorització sistema. (Inclou: Fronius Datalogger pro, Switch i Mòdem Owasys i36.)	1	685,35 €	685,35 €
Subministrament bateries estacionàries Exide Tudor 2V OPzS Solar 2500	96	514,29 €	49.371,84 €
2. Grup electrogen			
Concepte	Unitats	P.V.P Unitari	P.V.P Total
Subministrament grup electrogen Gesan 61 KVA insonoritzat i amb capot	1	13.500,00 €	13.500,00 €
Subministrament dipòsit gasoil 2000L	1	2.000,00 €	2.000,00 €
3. Estructura de suport			
Concepte	Unitats	P.V.P Unitari	P.V.P Total
Subministrament estructura en alumini inclinada sobre coberta tipus Alusin Solar model BULNES	1	10.573,00 €	10.573,00 €
4. Material elèctric			
Subministrament material elèctric CC instal·lació fotovoltaica. (Inclou: 200m cable Powerflex RV-K 0,6/1kV 1x6mm2, 2300m cable Powerflex RV-K 0,6/1kV 1x10mm2, 40m cable Toxfree ZH RZ1-K 0,6/1kV (AS) 1x6mm2, 48 fusibles i portafusibles D01 10 A 500Vcc, 475m Rejiband 60x100, 60m Rejiband 60x200.)	1	3.760,30 €	3.760,30 €
Subministrament material elèctric bateries. (Inclou: 150m cableToxfree ZH RZ1-K 0,6/1kV (AS) 1x240mm2, 12 fusibles i portafusibles NH2 315 A 500 Vcc, 8 fusibles i portafusibles NH2 200 A 500 Vcc i altre material.)	1	3.880,00 €	3.880,00 €
Subministrament material elèctric CA. (Inclou: 110m cableToxfree ZH RZ1-K 0,6/1kV (AS) 1x16mm2, 150m cableToxfree ZH RZ1-K 0,6/1kV (AS) 1x25mm2, cableToxfree ZH RZ1-K 0,6/1kV (AS) 1x35mm2, cableToxfree ZH RZ1-K 0,6/1kV (AS) 1x50mm2, interruptor magnetotèrmic 25A 500Vac 40kA, interruptor magnetotèrmic 100A 500Vac 40kA, quadre elèctric pragma 13 1 fila i bypass d'emergència i altre material.)	1	4.227,50 €	4.227,50 €
Subministrament 30m Rejiband 60x200 interior casetes	1	115,50 €	115,50 €
Subministrament caixes PVC 1000x700	3	150,00 €	450,00 €
Subministrament material instal·lació posada a terra	1	2.487,31 €	2.487,31 €
5. Mà d'obra necessària			
Muntatge estructura mòduls	1	4.253,93 €	4.253,93 €
Muntatge panells fotovoltaics	1	2.910,58 €	2.910,58 €
Muntatge bateries	1	1.400,00 €	1.400,00 €
Muntatge instal·lació elèctrica sistema bateries i inversors	1	4.039,52 €	4.039,52 €
Muntatge instal·lació elèctrica FV	1	8.095,48 €	8.095,48 €
Realització i material infraestructura subterrània cablejat panells	1	2.193,00 €	2.193,00 €
Equipament seguretat en obra	1	1.990,14 €	1.990,14 €
Direcció d'obra i posta en marxa	1	6.288,34 €	6.288,34 €

TOTAL: 206.220,35 €

BASE IMPOSABLE: 206.220,35 €

21% IVA: 43.306,27 €

PREU TOTAL IVA INCLÒS: 249.526,62 €

Taula 44. Pressupost d'execució del projecte.

D'aquesta manera, cal dir que en el pressupost anterior hi estan aplicats la totalitat de descomptes facilitats pels fabricants. Així mateix, en les taules següents hi estan indicats els pressupostos detallats del material elèctric, el qual està generalitzat en el pressupost principal:

Material elèctric CC instal·lació fotovoltaica			
Concepte	Preu unitari	Unitats	Preu total
Cable Powerflex RV-K 0,6/1kV 1x6mm ²	0,45 €/m	200 m	90,00 €
Cable Powerflex RV-K 0,6/1kV 1x10mm ²	0,72 €/m	2300 m	1.656,00 €
CableToxfree ZH RZ1-K 0,6/1kV (AS) 1x6mm ²	0,52 €/m	40 m	20,80 €
Fusibles i portafusibles D01 10 A 500Vcc	2 €/ud	48 ud	96,00 €
Rejiband 60x100	2,5 €/m	475 m	1.187,50 €
Rejiband 60x200	3,5 €/m	60 m	210,00 €
Altres material	500 €/ud	1 ud	500,00 €

TOTAL: 3.760,30 €

Taula 45. Pressupost detallat del material elèctric de la instal·lació fotovoltaica.

Material elèctric CC bateries			
Concepte	Preu unitari	Unitats	Preu total
CableToxfree ZH RZ1-K 0,6/1kV (AS) 1x240mm ²	18 €/m	150 m	2.700,00 €
Fusibles i portafusibles NH2 315 A 500 Vcc	21 €/ud	12 ud	252,00 €
Fusibles i portafusibles NH2 200 A 500 Vcc	16 €/ud	8 ud	128,00 €
Altres material	800 €/ud	1 ud	800,00 €

TOTAL: 3.880,00 €

Taula 46. Pressupost detallat del material elèctric CC del sistema de bateries.

Material elèctric CA			
Concepte	Preu unitari	Unitats	Preu total
CableToxfree ZH RZ1-K 0,6/1kV (AS) 1x16mm ²	1 €/m	110 m	110,00 €
CableToxfree ZH RZ1-K 0,6/1kV (AS) 1x25mm ²	2 €/m	150 m	300,00 €
CableToxfree ZH RZ1-K 0,6/1kV (AS) 1x35mm ²	3 €/m	50 m	150,00 €
CableToxfree ZH RZ1-K 0,6/1kV (AS) 1x50mm ²	4,5 €/m	15 m	67,50 €
Interruptor magnetotèrmic 25A 500Vac 16kA	250 €/ud	6 ud	1.500,00 €
Interruptor magnetotèrmic 100A 500Vac 25kA	294 €/ud	2 ud	588,00 €
Quadre elèctric Pragma 13 1 fila	25 €/ud	1 ud	25,00 €
Interruptor by-pass d'emergència	987 €/ud	1 ud	987,00 €
Altres material	500 €/ud	1 ud	500,00 €

TOTAL: 4.227,50 €

Taula 47. Pressupost detallat del material elèctric CA.

5.5. Plec de condicions

En el cas que el projecte descrit en aquest document s'executés realment, aquest hauria de complir una sèrie de condicions tècniques, les quals serien explicitades en aquesta part del projecte. Tot i així, amb la finalitat de no fer més extens aquest treball, he decidit no explicitar-les, ja que aquest document restarà en l'àmbit estrictament acadèmic.

5.6. Estudi de seguretat i salut

En el cas que el projecte descrit en aquest document s'executés realment, aquest hauria de passar un estudi de seguretat i salut, el qual seria explicitat en aquesta part del projecte. L'estudi de seguretat i salut és un document que conté les mesures de prevenció i protecció tècnica necessàries per a la realització de l'obra en condicions de seguretat i salut. Tot i així, amb la finalitat de no fer més extens aquest treball, he decidit no explicitar-les, ja que aquest document restarà en l'àmbit estrictament acadèmic.

6. VIABILITAT ECONÒMICA DEL PROJECTE

6.1. Manteniment de la instal·lació

6.1.1. Manteniment tècnic

Un cop realitzada la instal·lació descrita i justificada en aquest projecte, aquesta haurà d'ésser sotmesa a diversos processos de manteniment tècnic amb la finalitat de garantir el correcte funcionament d'aquesta, així com proporcionar una continua seguretat del sistema i protegir als usuaris de possibles accidents. D'aquesta manera, el manteniment es pot dividir en dos grans blocs:

a) Manteniment anual:

1. Manteniment de la instal·lació fotovoltaica i dels seus components. Entre les tasques de manteniment hi destaquen:

- Neteja dels mòduls fotovoltaics per reduir les pèrdues provocades per la brutícia.
- Verificació del correcte estat dels elements estructurals i de subjecció dels mòduls, així com dels seus elements constructius.
- Revisió del correcte funcionament dels inversors de xarxa, inversors híbrids i resta d'aparells electrònics.
- Revisió dels elements elèctrics de la instal·lació i dels conductors.
- Revisió dels diversos elements de protecció i seguretat del sistema, entre els quals destaquen els dispositius contra sobrecàrregues, sobretensions i descàrregues, així com la instal·lació de posada a terra.

2. Manteniment grup electrogen. Entre les tasques de manteniment hi destaquen:

- Revisió del nivell d'oli, i canvi d'aquest i del filtre d'aquest en cas que sigui necessari.
- Comprovació del correcte funcionament del filtre d'aire i substitució d'aquest en cas que sigui necessari.
- Revisió de l'estat de les corretges.
- Verificació del correcte funcionament del sistema de refrigeració.

- Comprovació de l'estat del filtre de combustible i canvi d'aquest en cas que sigui necessari.
- Revisió dels diversos elements de l'alternador.

b) Reposició periòdica de certs components:

1. Reposició de les bateries cada 12 anys, ja que quan es provoca l'esgotament dels cicles vitals d'aquestes a la profunditat de descàrrega indicada (50%). Així mateix, en la següent taula està indicada la justificació de la duració de les bateries:

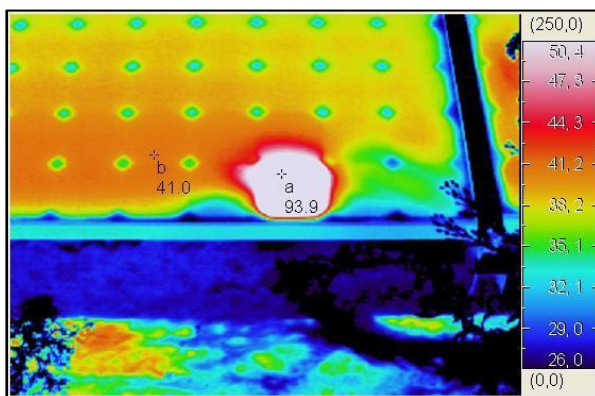
Justificació reposició bateries	
Profunditat de descàrrega bateries	50%
Nombre de cicles a profunditat indicada	3500
Nombre aprox. cicles complets anuals	300
Anys reposició bateries	12

Taula 48. Justificació de la durada de les bateries.

2. Així mateix, cal dir que els mòduls fotovoltaics tenen garantida una vida útil de 25 anys amb un correcte funcionament, dada que ens facilita el productor dels panells (Atersa).



Il·lustració 22. Imatge on es representa el procediment de neteja dels mòduls fotovoltaics.



Il·lustració 23. Termografia d'un mòdul fotovoltaic, amb la finalitat de detectar anomalies en aquest.

6.1.2. Manteniment econòmic

Referint-me al manteniment econòmic de la instal·lació, aquest es pot dividir en dos blocs principals:

a) Costos econòmics del manteniment tècnic indicat i descrit a l'apartat anterior "6.1.1. Manteniment tècnic".

b) Costos del gasoil consumit pel grup electrogen. El gasoil que utilitzarà la instal·lació d'aquest projecte és gasoil B o agrícola, ja que la instal·lació està situada en una explotació porcina. D'aquesta manera, ja que en la fitxa tècnica del grup electrogen utilitzat està especificat el consum horari de combustible en litres a una certa potència, he obtingut el consum de gasoil en litres per cada unitat d'energia en kWh establint una sèrie de relacions, el resultat de les quals està especificat en la següent taula:

Justificació consum grup en l/kWh	
Consum en l/h a 75% P. prime (~36kW)	10,2 l/h
Consum en l/kWh	0,283 l/kWh

Taula 49. Justificació del consum del grup.

Conseqüentment, la totalitat dels costos del manteniment econòmic de la instal·lació estan especificats en la següent taula:

Inversió inicial	
Inversió inicial FV assistida (€)	206.220,35 €
Cost anual gasoil grup electrogen	
Consum elèctric anual (kWh)	144.591
Aprofitament FV anual (kWh)	120.726,4
Producció grup anual (kWh)	23.864,6
Consum grup emergència (l/kWh)	0,283
Preu diesel B (€/l)	0,95
Cost producció grup anual (€)	6.423,55 €
Manteniment anual	
Manteniment FV	1.176,00 €
Manteniment grup electrogen	400,00 €
Reposició bateries	
Cicles anuals (€)	300
Any reposició bateries	12
Cost reposició bateries (€)	54.309,02 €

Taula 50. Manteniment econòmic del projecte.

6.2. Comparació amb altres solucions possibles

6.2.1. Comparació enfront la connexió a la xarxa

En primer lloc, he decidit realitzar la comparació econòmica enfront la connexió a la xarxa mitjançant una línia en mitja tensió d'1km connectada al punt més proper de connexió. D'aquesta manera, he realitzat una estimació del preu de la línia i els complements i elements constructius que aquesta necessita a partir d'informació obtinguda d'una empresa d'energies renovables. D'aquesta manera, les dades de partida de l'estudi de viabilitat són les següents:

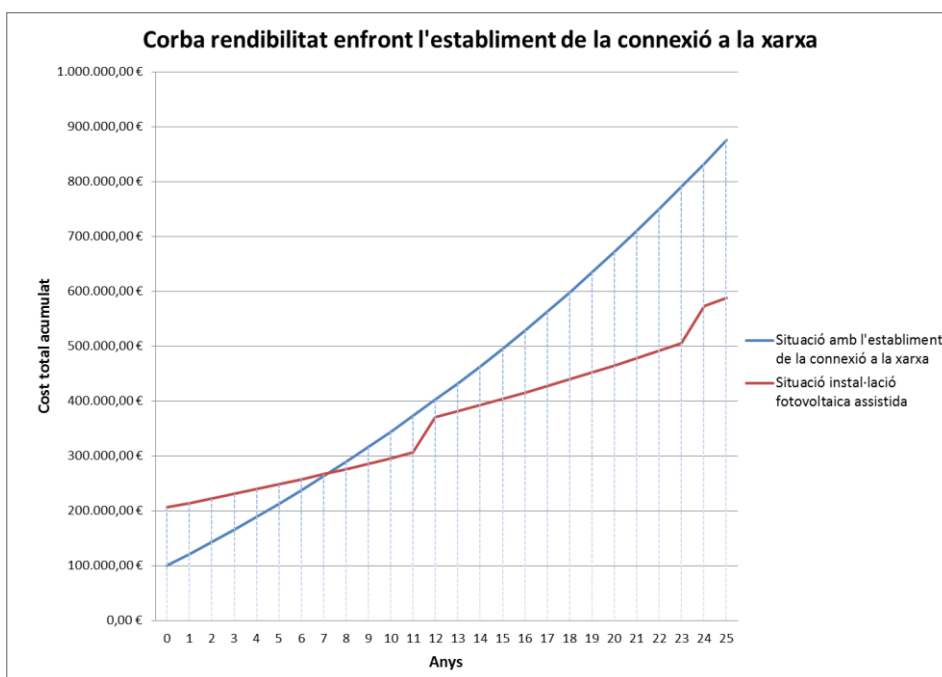
Inversió inicial	
Inversió inicial connexió a red (€)	100.000,00 €
Facturació energia elèctrica	
Consum elèctric anual (kWh)	144.591
Consum elèctric anual punta (kWh)	28.918,2
Consum elèctric anual pla (kWh)	72.295,5
Consum elèctric anual vall (kWh)	43.377,3
Preu energia elèctrica punta (€/kWh)	0,1656 €
Preu energia elèctrica pla (€/kWh)	0,1337 €
Preu energia elèctrica vall (€/kWh)	0,0919 €
Cost energia elèctrica anual (€)	18.441,14 €
Facturació terme de potència	
Terme de potència (€/(kW·any))	79,22 €
Potència contractada (kW)	36
Cost anual terme de potència (€)	2.851,92 €

Dades IPC	
Increment anual IPC elèctric	3,00%
Increment anual IPC gasoil	3,00%

Taula 51. Dades IPC.

Taula 52. Dades econòmiques de partida de la connexió a la xarxa.

Per tant, l'estudi de la viabilitat econòmica enfront aquesta opció és el següent:



Gràfic 11. Corba de rendibilitat enfront l'establiment de la connexió a la xarxa elèctrica.

Any	Situació amb l'establiment de la connexió a la xarxa				Situació instal·lació fotovoltaica assistida							Resultats		
	Cost línia (€)	Cost energia (€)	Cost potència (€)	Cost anual (€)	Cost total acumulat (€)	Cost instal·lació (€)	Cost gasoil (€)	Manteniment anual (€)	% Vida bateries	Cost reposició bateries (€)	Cost anual (€)	Cost total acumulat (€)	Rendibilitat anual (€)	Rendibilitat acumulada (€)
0	100.000,00 €	-	-	100.000,00 €	100.000,00 €	206.220,35 €	-	-	0,0%	-	206.220,35 €	206.220,35 €	-106.220,35 €	-106.220,35 €
1	-	18.441,14 €	2.851,92 €	21.293,06 €	121.293,06 €	-	6.423,55 €	1.576,00 €	8,6%	-	7.999,55 €	214.219,90 €	13.293,50 €	-92.926,85 €
2	-	18.994,37 €	2.937,48 €	21.931,85 €	143.224,90 €	-	6.616,26 €	1.576,00 €	17,1%	-	8.192,26 €	222.412,17 €	13.739,59 €	-79.187,26 €
3	-	19.564,20 €	3.025,60 €	22.589,80 €	165.814,71 €	-	6.814,75 €	1.576,00 €	25,7%	-	8.390,75 €	230.802,92 €	14.199,05 €	-64.988,21 €
4	-	20.151,13 €	3.116,37 €	23.267,50 €	189.082,20 €	-	7.019,19 €	1.576,00 €	34,3%	-	8.595,19 €	239.398,11 €	14.672,31 €	-50.315,90 €
5	-	20.755,66 €	3.209,86 €	23.965,52 €	213.047,73 €	-	7.229,77 €	1.576,00 €	42,9%	-	8.805,77 €	248.203,87 €	15.159,75 €	-35.156,15 €
6	-	21.378,33 €	3.306,16 €	24.684,49 €	237.732,21 €	-	7.446,66 €	1.576,00 €	51,4%	-	9.022,66 €	257.226,54 €	15.661,83 €	-19.494,32 €
7	-	22.019,68 €	3.405,34 €	25.425,02 €	263.157,24 €	-	7.670,06 €	1.576,00 €	60,0%	-	9.246,06 €	266.472,60 €	16.178,96 €	-3.315,36 €
8	-	22.680,27 €	3.507,50 €	26.187,77 €	289.345,01 €	-	7.900,16 €	1.576,00 €	68,6%	-	9.476,16 €	275.948,76 €	16.711,61 €	13.396,25 €
9	-	23.360,68 €	3.612,73 €	26.973,41 €	316.318,42 €	-	8.137,17 €	1.576,00 €	77,1%	-	9.713,17 €	285.661,93 €	17.260,24 €	30.656,49 €
10	-	24.061,50 €	3.721,11 €	27.782,61 €	344.101,03 €	-	8.381,28 €	1.576,00 €	85,7%	-	9.957,28 €	295.619,21 €	17.825,33 €	48.481,82 €
11	-	24.783,34 €	3.832,74 €	28.616,09 €	372.717,11 €	-	8.632,72 €	1.576,00 €	94,3%	-	10.208,72 €	305.827,93 €	18.407,37 €	66.889,18 €
12	-	25.526,85 €	3.947,72 €	29.474,57 €	402.191,68 €	-	8.891,70 €	1.576,00 €	102,9%	54.309,02 €	64.776,72 €	370.604,65 €	-35.302,15 €	31.587,03 €
13	-	26.292,65 €	4.066,16 €	30.358,81 €	432.550,49 €	-	9.158,45 €	1.576,00 €	11,4%	-	10.734,45 €	381.339,10 €	19.624,35 €	51.211,39 €
14	-	27.081,43 €	4.188,14 €	31.269,57 €	463.820,06 €	-	9.433,21 €	1.576,00 €	20,0%	-	11.009,21 €	392.348,31 €	20.260,36 €	71.471,75 €
15	-	27.893,87 €	4.313,78 €	32.207,66 €	496.027,72 €	-	9.716,20 €	1.576,00 €	28,6%	-	11.292,20 €	403.640,51 €	20.915,45 €	92.387,20 €
16	-	28.730,69 €	4.443,20 €	33.173,89 €	529.201,61 €	-	10.007,69 €	1.576,00 €	37,1%	-	11.583,69 €	415.224,20 €	21.590,20 €	113.977,40 €
17	-	29.592,61 €	4.576,49 €	34.169,10 €	563.370,71 €	-	10.307,92 €	1.576,00 €	45,7%	-	11.883,92 €	427.108,12 €	22.285,18 €	136.262,59 €
18	-	30.480,39 €	4.713,79 €	35.194,18 €	598.564,89 €	-	10.617,16 €	1.576,00 €	54,3%	-	12.193,16 €	439.301,28 €	23.001,02 €	159.263,61 €
19	-	31.394,80 €	4.855,20 €	36.250,00 €	634.814,89 €	-	10.935,67 €	1.576,00 €	62,9%	-	12.511,67 €	451.812,95 €	23.738,33 €	183.001,94 €
20	-	32.336,64 €	5.000,86 €	37.337,50 €	672.152,39 €	-	11.263,74 €	1.576,00 €	71,4%	-	12.839,74 €	464.652,69 €	24.497,76 €	207.499,70 €
21	-	33.306,74 €	5.150,88 €	38.457,63 €	710.610,02 €	-	11.601,65 €	1.576,00 €	80,0%	-	13.177,65 €	477.830,35 €	25.279,97 €	232.779,67 €
22	-	34.305,95 €	5.305,41 €	39.611,36 €	750.221,38 €	-	11.949,70 €	1.576,00 €	88,6%	-	13.525,70 €	491.356,05 €	26.085,65 €	258.865,32 €
23	-	35.335,12 €	5.464,57 €	40.799,70 €	791.021,07 €	-	12.308,20 €	1.576,00 €	97,1%	-	13.884,20 €	505.240,25 €	26.915,50 €	285.780,83 €
24	-	36.395,18 €	5.628,51 €	42.023,69 €	833.044,76 €	-	12.677,44 €	1.576,00 €	105,7%	54.309,02 €	68.562,46 €	573.802,71 €	-26.538,77 €	259.242,05 €
25	-	37.487,03 €	5.797,37 €	43.284,40 €	876.329,16 €	-	13.057,76 €	1.576,00 €	114%	-	14.633,76 €	588.436,47 €	28.650,63 €	287.892,69 €

Taula 53. Estudi de rendibilitat enfront l'establiment de la connexió a la xarxa elèctrica.

6.2.2. Comparació enfront la instal·lació d'un grup electrogen

En segon lloc, he decidit realitzar la comparació econòmica de la instal·lació fotovoltaica assistida amb la instal·lació d'un grup electrogen aïllat que cobris la totalitat dels consums elèctrics de l'explotació. D'aquesta manera, les dades de partida de la instal·lació d'un grup electrogen estan indicades a continuació:

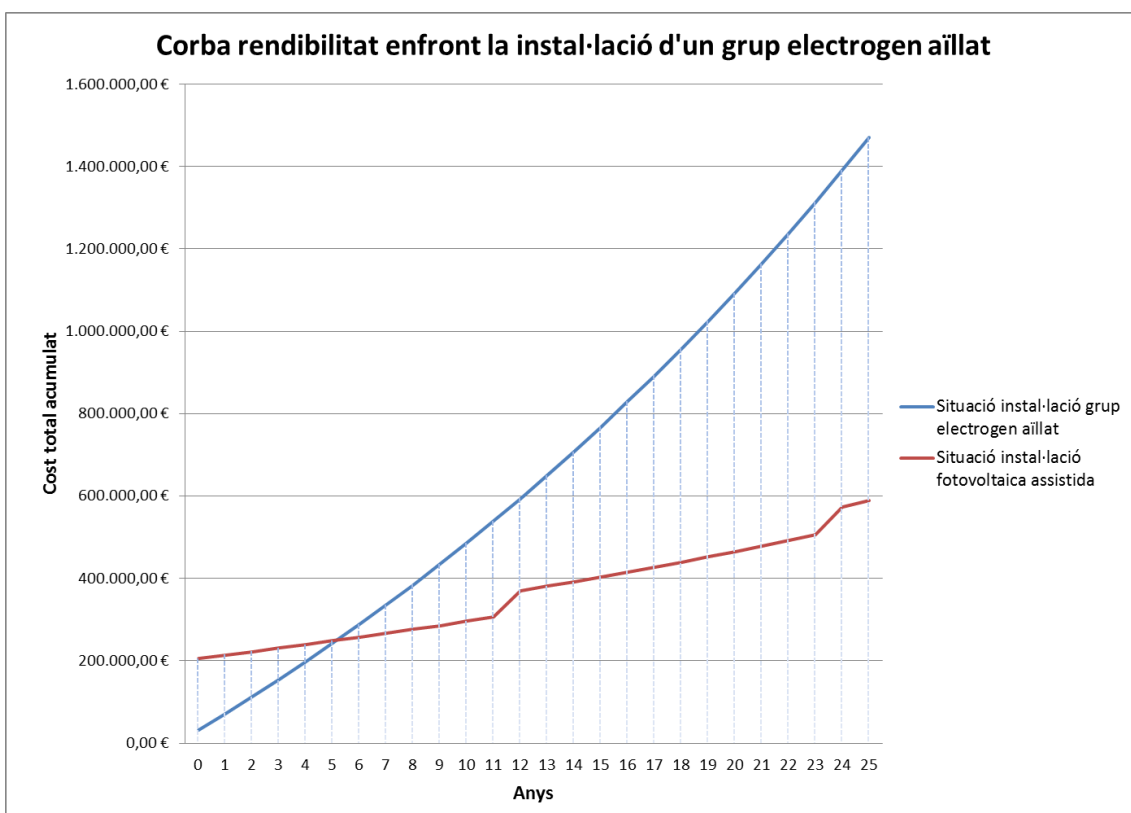
Inversió inicial	
Inversió inicial grup (€)	17.050,00 €
Instal·lació grup i dipòsit (€)	15.000,00 €
Cost anual gasoil grup electrogen	
Consum elèctric anual (kWh)	144.591
Consum grup a 35kW (l/kWh)	0,283
Preu diesel B (€/l)	0,95
Cost producció grup anual (€)	38.919,08 €
Manteniment anual	
Manteniment grup (€)	800,00 €

Taula 55. Dades econòmiques de partida de la instal·lació d'un grup electrogen aïllat.

Dades IPC	
Increment anual IPC elèctric	3,00%
Increment anual IPC gasoil	3,00%

Taula 54. Dades IPC.

Per tant, l'estudi de la viabilitat econòmica enfront aquesta opció és el següent:



Gràfic 12. Corba de rendibilitat enfront la instal·lació d'un grup electrogen aïllat.

Any	Situació instal·lació grup electrogen aïllat					Situació instal·lació fotovoltaica assistida					Resultats			
	Cost grup electrogen (€)	Manteniment anual grup (€)	Cost gasoil (€)	Cost anual (€)	Cost total acumulat (€)	Cost instal·lació (€)	Cost gasoil (€)	Manteniment t anual (€)	% Vida bateries	Cost reposició bateries (€)	Cost anual (€)	Cost total acumulat (€)	Rendibilitat anual (€)	Rendibilitat acumulada (€)
0	32.050,00 €	-	-	32.050,00 €	32.050,00 €	206.220,35 €	-	-	0,0%	-	206.220,35 €	206.220,35 €	-174.170,35 €	-174.170,35 €
1	-	800,00 €	38.919,08 €	39.719,08 €	71.769,08 €	-	6.423,55 €	1.576,00 €	8,6%	-	7.999,55 €	214.219,90 €	31.719,52 €	-142.450,83 €
2	-	800,00 €	40.086,65 €	40.886,65 €	112.655,73 €	-	6.616,26 €	1.576,00 €	17,1%	-	8.192,26 €	222.412,17 €	32.694,39 €	-109.756,44 €
3	-	800,00 €	41.289,25 €	42.089,25 €	154.744,98 €	-	6.814,75 €	1.576,00 €	25,7%	-	8.390,75 €	230.802,92 €	33.698,50 €	-76.057,94 €
4	-	800,00 €	42.527,93 €	43.327,93 €	198.072,90 €	-	7.019,19 €	1.576,00 €	34,3%	-	8.595,19 €	239.398,11 €	34.732,73 €	-41.325,20 €
5	-	800,00 €	43.803,76 €	44.603,76 €	242.676,67 €	-	7.229,77 €	1.576,00 €	42,9%	-	8.805,77 €	248.203,87 €	35.798,00 €	-5.527,21 €
6	-	800,00 €	45.117,88 €	45.917,88 €	288.594,55 €	-	7.446,66 €	1.576,00 €	51,4%	-	9.022,66 €	257.226,54 €	36.895,22 €	31.368,01 €
7	-	800,00 €	46.471,41 €	47.271,41 €	335.865,96 €	-	7.670,06 €	1.576,00 €	60,0%	-	9.246,06 €	266.472,60 €	38.025,35 €	69.393,36 €
8	-	800,00 €	47.865,56 €	48.665,56 €	384.531,52 €	-	7.900,16 €	1.576,00 €	68,6%	-	9.476,16 €	275.948,76 €	39.189,39 €	108.582,76 €
9	-	800,00 €	49.301,52 €	50.101,52 €	434.633,04 €	-	8.137,17 €	1.576,00 €	77,1%	-	9.713,17 €	285.661,93 €	40.388,36 €	148.971,11 €
10	-	800,00 €	50.780,57 €	51.580,57 €	486.213,61 €	-	8.381,28 €	1.576,00 €	85,7%	-	9.957,28 €	295.619,21 €	41.623,29 €	190.594,40 €
11	-	800,00 €	52.303,99 €	53.103,99 €	539.317,59 €	-	8.632,72 €	1.576,00 €	94,3%	-	10.208,72 €	305.827,93 €	42.895,27 €	233.489,67 €
12	-	800,00 €	53.873,11 €	54.673,11 €	593.990,70 €	-	8.891,70 €	1.576,00 €	102,9%	54.309,02 €	64.776,72 €	370.604,65 €	-10.103,62 €	223.386,05 €
13	-	800,00 €	55.489,30 €	56.289,30 €	650.280,00 €	-	9.158,45 €	1.576,00 €	11,4%	-	10.734,45 €	381.339,10 €	45.554,85 €	268.940,89 €
14	-	800,00 €	57.153,98 €	57.953,98 €	708.233,97 €	-	9.433,21 €	1.576,00 €	20,0%	-	11.009,21 €	392.348,31 €	46.944,77 €	315.885,66 €
15	-	800,00 €	58.868,60 €	59.668,60 €	767.902,57 €	-	9.716,20 €	1.576,00 €	28,6%	-	11.292,20 €	403.640,51 €	48.376,39 €	364.262,06 €
16	-	800,00 €	60.634,65 €	61.434,65 €	829.337,23 €	-	10.007,69 €	1.576,00 €	37,1%	-	11.583,69 €	415.224,20 €	49.850,97 €	414.113,02 €
17	-	800,00 €	62.453,69 €	63.253,69 €	892.590,92 €	-	10.307,92 €	1.576,00 €	45,7%	-	11.883,92 €	427.108,12 €	51.369,77 €	465.482,80 €
18	-	800,00 €	64.327,31 €	65.127,31 €	957.718,22 €	-	10.617,16 €	1.576,00 €	54,3%	-	12.193,16 €	439.301,28 €	52.934,15 €	518.416,95 €
19	-	800,00 €	66.257,12 €	67.057,12 €	1.024.775,35 €	-	10.935,67 €	1.576,00 €	62,9%	-	12.511,67 €	451.812,95 €	54.545,45 €	572.962,40 €
20	-	800,00 €	68.244,84 €	69.044,84 €	1.093.820,19 €	-	11.263,74 €	1.576,00 €	71,4%	-	12.839,74 €	464.652,69 €	56.205,10 €	629.167,49 €
21	-	800,00 €	70.292,18 €	71.092,18 €	1.164.912,37 €	-	11.601,65 €	1.576,00 €	80,0%	-	13.177,65 €	477.830,35 €	57.914,53 €	687.082,02 €
22	-	800,00 €	72.400,95 €	73.200,95 €	1.238.113,32 €	-	11.949,70 €	1.576,00 €	88,6%	-	13.525,70 €	491.356,05 €	59.675,24 €	746.757,27 €
23	-	800,00 €	74.572,98 €	75.372,98 €	1.313.486,30 €	-	12.308,20 €	1.576,00 €	97,1%	-	13.884,20 €	505.240,25 €	61.488,78 €	808.246,05 €
24	-	800,00 €	76.810,17 €	77.610,17 €	1.391.096,46 €	-	12.677,44 €	1.576,00 €	105,7%	54.309,02 €	68.562,46 €	573.802,71 €	9.047,71 €	817.293,75 €
25	-	800,00 €	79.114,47 €	79.914,47 €	1.471.010,93 €	-	13.057,76 €	1.576,00 €	114,3%	-	14.633,76 €	588.436,47 €	65.280,71 €	882.574,46 €

Taula 56. Estudi de rendibilitat econòmica enfront la instal·lació d'un grup electrogen aïllat.

6.2.3. Comparació enfront l'hipotètic cas de desconnexió de la xarxa

Per últim, he decidit realitzar la comparativa econòmica de la instal·lació fotovoltaica assistida en el cas hipotètic que una granja de les mateixes característiques estigués connectada a la xarxa elèctrica, i decidís desconnectar-se d'aquesta per instal·lar el sistema descrit en aquest projecte. D'aquesta manera, les dades de partida d'una granja connectada a la xarxa elèctrica són les següents:

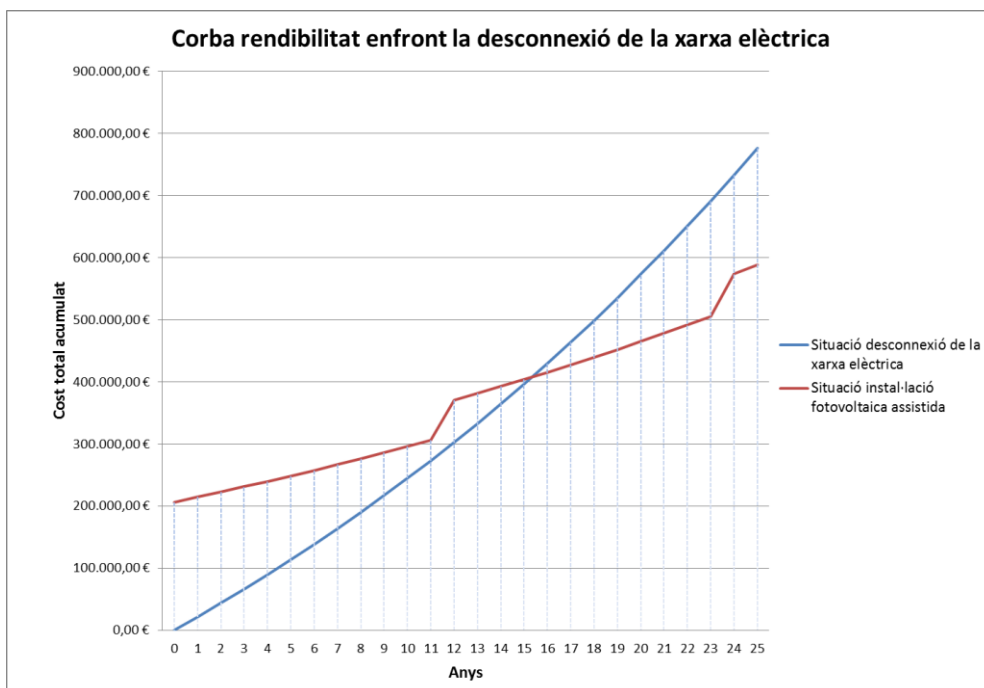
Inversió inicial	
Inversió inicial connexió a red (€)	0,00 €
Facturació energia elèctrica	
Consum elèctric anual (kWh)	144.591
Consum elèctric anual punta (kWh)	28.918,2
Consum elèctric anual pla (kWh)	72.295,5
Consum elèctric anual vall (kWh)	43.377,3
Preu energia elèctrica punta (€/kWh)	0,1656 €
Preu energia elèctrica pla (€/kWh)	0,1337 €
Preu energia elèctrica vall (€/kWh)	0,0919 €
Cost energia elèctrica anual (€)	18.441,14 €
Facturació terme de potència	
Terme de potència (€/(kW·any))	79,22 €
Potència contractada (kW)	36
Cost anual terme de potència (€)	2.851,92 €

Taula 58. Dades econòmiques de partida de l'explotació connectada prèviament a la xarxa.

Dades IPC	
Increment anual IPC elèctric	3,00%
Increment anual IPC gasoil	3,00%

Taula 57. Dades IPC.

Per tant, l'estudi de la viabilitat econòmica enfront aquesta opció és el següent:



Gràfic 13. Corba de rendibilitat enfront l'hipotètic cas de la desconnexió de la xarxa elèctrica.

Any	Situació desconexió de la xarxa elèctrica				Situació instal·lació fotovoltaica assistida							Resultats	
	Cost energia (€)	Cost potència (€)	Cost anual (€)	Cost total acumulat (€)	Cost instal·lació (€)	Cost gasoil (€)	Manteniment anual (€)	% Vida bateries	Cost reposició bateries (€)	Cost anual (€)	Cost total acumulat (€)	Rendibilitat anual (€)	Rendibilitat acumulada (€)
0	-	-	0,00 €	0,00 €	206.220,35 €	-	-	-	-	206.220,35 €	206.220,35 €	-206.220,35 €	-206.220,35 €
1	18.441,14 €	2.851,92 €	21.293,06 €	21.293,06 €	-	6.423,55 €	1.576,00 €	0,0%	-	7.999,55 €	214.219,90 €	13.293,50 €	-192.926,85 €
2	18.994,37 €	2.937,48 €	21.931,85 €	43.224,90 €	-	6.616,26 €	1.576,00 €	17,1%	-	8.192,26 €	222.412,17 €	13.739,59 €	-179.187,26 €
3	19.564,20 €	3.025,60 €	22.589,80 €	65.814,71 €	-	6.814,75 €	1.576,00 €	25,7%	-	8.390,75 €	230.802,92 €	14.199,05 €	-164.988,21 €
4	20.151,13 €	3.116,37 €	23.267,50 €	89.082,20 €	-	7.019,19 €	1.576,00 €	34,3%	-	8.595,19 €	239.398,11 €	14.672,31 €	-150.315,90 €
5	20.755,66 €	3.209,86 €	23.965,52 €	113.047,73 €	-	7.229,77 €	1.576,00 €	42,9%	-	8.805,77 €	248.203,87 €	15.159,75 €	-135.156,15 €
6	21.378,33 €	3.306,16 €	24.684,49 €	137.732,21 €	-	7.446,66 €	1.576,00 €	51,4%	-	9.022,66 €	257.226,54 €	15.661,83 €	-119.494,32 €
7	22.019,68 €	3.405,34 €	25.425,02 €	163.157,24 €	-	7.670,06 €	1.576,00 €	60,0%	-	9.246,06 €	266.472,60 €	16.178,96 €	-103.315,36 €
8	22.680,27 €	3.507,50 €	26.187,77 €	189.345,01 €	-	7.900,16 €	1.576,00 €	68,6%	-	9.476,16 €	275.948,76 €	16.711,61 €	-86.603,75 €
9	23.360,68 €	3.612,73 €	26.973,41 €	216.318,42 €	-	8.137,17 €	1.576,00 €	77,1%	-	9.713,17 €	285.661,93 €	17.260,24 €	-69.343,51 €
10	24.061,50 €	3.721,11 €	27.782,61 €	244.101,03 €	-	8.381,28 €	1.576,00 €	85,7%	-	9.957,28 €	295.619,21 €	17.825,33 €	-51.518,18 €
11	24.783,34 €	3.832,74 €	28.616,09 €	272.717,11 €	-	8.632,72 €	1.576,00 €	94,3%	-	10.208,72 €	305.827,93 €	18.407,37 €	-33.110,82 €
12	25.526,85 €	3.947,72 €	29.474,57 €	302.191,68 €	-	8.891,70 €	1.576,00 €	102,9%	54.309,02 €	64.776,72 €	370.604,65 €	-35.302,15 €	-68.412,97 €
13	26.292,65 €	4.066,16 €	30.358,81 €	332.550,49 €	-	9.158,45 €	1.576,00 €	11,4%	-	10.734,45 €	381.339,10 €	19.624,35 €	-48.788,61 €
14	27.081,43 €	4.188,14 €	31.269,57 €	363.820,06 €	-	9.433,21 €	1.576,00 €	20,0%	-	11.009,21 €	392.348,31 €	20.260,36 €	-28.528,25 €
15	27.893,87 €	4.313,78 €	32.207,66 €	396.027,72 €	-	9.716,20 €	1.576,00 €	28,6%	-	11.292,20 €	403.640,51 €	20.915,45 €	-7.612,80 €
16	28.730,69 €	4.443,20 €	33.173,89 €	429.201,61 €	-	10.007,69 €	1.576,00 €	37,1%	-	11.583,69 €	415.224,20 €	21.590,20 €	13.977,40 €
17	29.592,61 €	4.576,49 €	34.169,10 €	463.370,71 €	-	10.307,92 €	1.576,00 €	45,7%	-	11.883,92 €	427.108,12 €	22.285,18 €	36.262,59 €
18	30.480,39 €	4.713,79 €	35.194,18 €	498.564,89 €	-	10.617,16 €	1.576,00 €	54,3%	-	12.193,16 €	439.301,28 €	23.001,02 €	59.263,61 €
19	31.394,80 €	4.855,20 €	36.250,00 €	534.814,89 €	-	10.935,67 €	1.576,00 €	62,9%	-	12.511,67 €	451.812,95 €	23.738,33 €	83.001,94 €
20	32.336,64 €	5.000,86 €	37.337,50 €	572.152,39 €	-	11.263,74 €	1.576,00 €	71,4%	-	12.839,74 €	464.652,69 €	24.497,76 €	107.499,70 €
21	33.306,74 €	5.150,88 €	38.457,63 €	610.610,02 €	-	11.601,65 €	1.576,00 €	80,0%	-	13.177,65 €	477.830,35 €	25.279,97 €	132.779,67 €
22	34.305,95 €	5.305,41 €	39.611,36 €	650.221,38 €	-	11.949,70 €	1.576,00 €	88,6%	-	13.525,70 €	491.356,05 €	26.085,65 €	158.865,32 €
23	35.335,12 €	5.464,57 €	40.799,70 €	691.021,07 €	-	12.308,20 €	1.576,00 €	97,1%	-	13.884,20 €	505.240,25 €	26.915,50 €	185.780,83 €
24	36.395,18 €	5.628,51 €	42.023,69 €	733.044,76 €	-	12.677,44 €	1.576,00 €	105,7%	54.309,02 €	68.562,46 €	573.802,71 €	-26.538,77 €	159.242,05 €
25	37.487,03 €	5.797,37 €	43.284,40 €	776.329,16 €	-	13.057,76 €	1.576,00 €	114,3%	-	14.633,76 €	588.436,47 €	28.650,63 €	187.892,69 €

Taula 59. Estudi de rendibilitat enfront l'hipotètic cas de la desconexió de la xarxa elèctrica.

6.3. Conclusió de la viabilitat econòmica del projecte

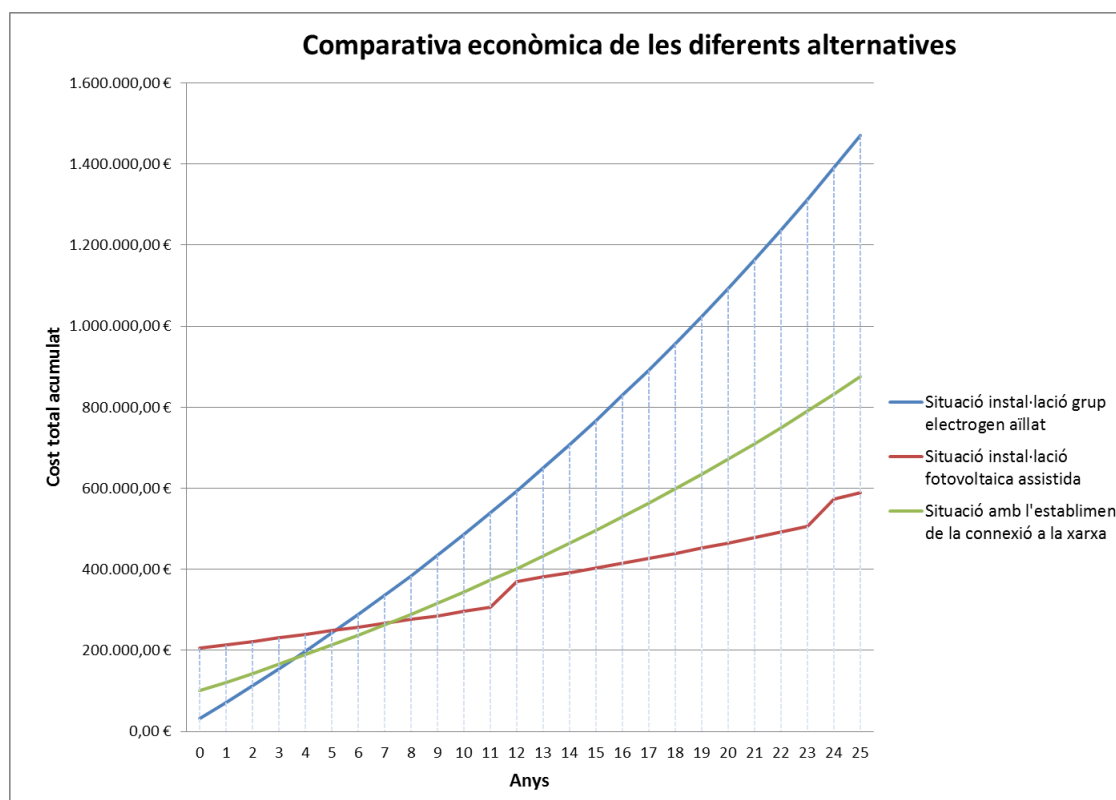
Un cop realitzat l'estudi de la viabilitat econòmica de la instal·lació fotovoltaica assistida enfront les altres dues opcions reals que havia plantejat, he arribat a una sèrie de resultats. En primer lloc, referint-me al període d'amortització contra les dues opcions, he obtingut els següents resultats:

- Any d'amortització enfront la connexió a la xarxa elèctrica: 8è any.
- Any d'amortització enfront la instal·lació d'un grup electrogen aïllat: 6è any.

En segon lloc, respecte als beneficis obtinguts al final de la vida útil dels mòduls, he arribat als següents resultats:

- Beneficis a l'any 25 enfront la connexió a la xarxa elèctrica: 287.892,69€.
- Beneficis a l'any 25 enfront la instal·lació d'un grup electrogen aïllat: 882.574,46€.

Finalment, els resultats obtinguts estan representats en el següent gràfic, on es contemplen les tres opcions:



Gràfic 14. Resultats obtinguts en l'estudi de viabilitat econòmica.

7. CONCLUSIONS

Un cop finalitat aquest treball, m'agradaria analitzar y explicar les conclusions a les quals he arribat. En primer lloc, m'agradaria dir que, des del punt de vista acadèmic, el treball m'ha estat una oportunitat magnífica per aprendre la metodologia de treball d'un enginyer que realitza projectes tècnics professionals. Durant la realització del treball m'he anat trobant diverses dificultats, les quals he superat exitosament amb recursos propis i, així mateix, fent supòsits i analitzant les situacions d'una forma diferent a com es fa en l'àmbit escolar. Per tant, podria dir que aquest treball m'ha fet madurar i ser més independent i, a més a més, m'ha servit d'iniciació per al futur per al qual m'estic formant.

En segon lloc, m'agradaria destacar l'alt domini que he adquirit de diversos programes informàtics que he utilitzat per a la realització del treball, entre els quals puc destacar Excel, Autocad, SketChup, Adobe Creator, etc. Així mateix, referent a l'àmbit informàtic, durant la recerca he descobert una gran quantitat de programari i recursos informatius en línia utilitzats actualment en el món de l'enginyeria per a la realització de projectes tècnics professionals, com PVGIS, el visor Sigpac o l'oficina virtual del cadastre.

En tercer lloc, centrant-me ja en el contingut del treball, he observat que el sector de les energies renovables és molt important en el context energètic actual i, conseqüentment, està donant bons llocs de treball qualificat en moltes empreses del país relacionades amb aquesta branca. Pel que fa a l'aprofitament fotovoltaic de l'energia solar, és una alternativa usualment considerada en explotacions agràries, ramaderes i industrials aïllades amb consums elevats. La retallada de les primes en l'àmbit de les energies renovables ha fet que les empreses promotores d'instal·lacions solars siguin més competitives, de manera que els components i elements d'aquestes tenen un preus més assequibles que anys enrere. Tanmateix, com he indicat al projecte, la instal·lació fotovoltaica, reforçada amb el conjunt de bateries i complementada amb el grup electrogen, satisfaria absolutament els consums de la granja, donant una feina mínima al propietari de la instal·lació, ja que és la

pròpia empresa promotora i instal·ladora la que s'encarrega del manteniment del sistema.

Finalment, referent al tema econòmic, he demostrat en l'estudi de viabilitat que aquesta instal·lació, tot i tenir una inversió inicial notablement elevada, és viable enfront la connexió a la xarxa elèctrica i enfront la instal·lació d'un grup electrogen aïllat, obtenint uns períodes de rendibilitat de 8 i 6 anys respectivament. Un dels factors que possibilita aquesta viabilitat és la constant pujada dels preus de l'energia elèctrica, sobretot del terme de potència, i dels combustibles provinents del petroli. Així mateix, en el cas hipotètic que una explotació amb unes característiques semblants a les de la granja d'aquest projecte estigués ja connectada a la xarxa de subministrament elèctric, obtindria la rendibilitat al 16è any, cosa que fa que aquesta alternativa no sigui tan considerada en explotacions connectades prèviament a la xarxa. Per tant, aquesta alternativa és enormement recomanable en llocs de consum elèctric allunyats dels nuclis urbans amb una potència elèctrica necessària molt elevada.

8. BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA

La informació extreta durant el desenvolupament d'aquest treball ha estat obtinguda de les següents fonts, acompanyades amb la data de la primera consulta:

- <http://www.freemaptools.com/measure-distance.htm> 21/06/2014
- http://www10.gencat.cat/dar_spv/visor 26/06/2014
- <http://energeticafutura.com/blog> 27/06/2014
- <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#> 27/06/2014
- <http://www.icc.cat/> 29/06/2014
- <http://www.boe.es> 30/06/2014
- <http://ingelibreblog.wordpress.com> 14/07/2014
- <http://www.atersa.com/img/201455125829.pdf> 16/07/2014
- <http://www.fronius.com> 16/07/2014
- <http://www.solarweb.net/forosolar> 16/07/2014
- <http://www.studer-inno.com> 16/07/2014
- <http://www.alusinsolar.es> 5/08/2014
- <http://ieprofesor.files.wordpress.com/2012/12/une-20460-5-523-2004.pdf>
4/09/2014
- <http://www.topcable.com> 09/09/2014
- <http://www.pemsa-rejiband.com> 09/09/2014
- http://www.f2i2.net/Documentos/LSI/rbt/guias/guia_bt_22_oct05R1.pdf
09/09/2014
- http://fempa.es/rebt/energia_solar_conectada/pto2.htm 10/09/2014
- http://www.owasys.com/en/DESI_BOK_400_1017_A.pdf 25/09/2014

- <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10765/FUSIBLES.pdf> 28/09/2014
- <http://roble.pntic.mec.es/adog0009/5.html> 28/09/2014
- <http://www.schneider-electric.com/> 1/10/2014
- <http://www.gasnaturalfenosa.es/> 2/10/2014
- http://opex-energy.com/fotovoltaica/mantenimiento_fotovoltaico.html
8/10/2014
- http://www.uclm.es/area/ing_rural/asignaturaproyectos/tema%207.pdf
15/10/2014
- Diversos catàlegs comercials.
- Bases de dades comercials de l'empresa Sofos Energia.