

Joan Alegret Ciuraneta

**DISSENY D'UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 250 kW
AL MUNICIPI D'ALMATRET**

TREBALL DE FI DE GRAU

dirigit pel Prof. José Antonio Barrado Rodrigo

Grau d'Enginyeria Elèctrica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2021



Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

DISSENY D'UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 250 kW AL MUNICIPI D'ALMATRET

1. ÍNDEX

TITULACIÓ: Grau d' Enginyeria Elèctrica

AUTOR: Joan Alegret Ciuraneta
DIRECTOR: José Antonio Barrado

DATA: Octubre 2021.

Índex

1. ÍNDEX.....	3
2. MEMÒRIA.....	9
2.1 Full d'identificació.....	11
2.2 Introducció.....	12
2.3 Objecte i finalitat del projecte.....	13
2.4 Emplaçament.....	14
2.5 Normativa aplicable al projecte	16
2.5.1 Instal·lacions elèctriques.....	16
2.6 Descripció general de la instal·lació:	19
2.7 Sistemes de generació fotovoltaica.....	20
2.7.1 Introducció	20
2.7.2 Història.....	20
2.7.3 L'efecte fotovoltaic	21
2.7.4 Generador fotovoltaic.....	23
2.7.4.1 Característiques principals d'un panell	25
2.7.4.2 Eficiència i limitacions.....	27
2.7.4.3 Cèl·lules fotovoltaiques:	28
2.7.5 La radiació solar	30
2.7.5.1 La constant solar.....	30
2.7.5.2 Distància Sol-Terra.....	30
2.7.5.3 Radiació solar.....	30
2.7.5.4 Radiació solar a Espanya.....	31
2.8 Dades i característiques del projecte	32
2.8.1 Instal·lació connectada a xarxa	32
2.8.2 Elements que componen la instal·lació	33
2.8.2.1 Elecció del mòdul fotovoltaic	33
2.8.2.2 Elecció de l'estructura de suport de les plaques.....	35
2.8.2.2.1 Estructura fixa	36
2.8.2.2.2 Seguidors solars	36
2.8.2.2.2.1 Seguidor de dos eixos	36
2.8.2.3 Inversor.....	37
2.8.2.3.1.1 Transformador:	42
2.8.2.4 Proteccions, cablejat i posada a terra.....	42

2.8.2.4.1 Proteccions.....	43
2.8.2.4.2 Posada a terra	44
2.8.2.4.3 Cablejat de la instal·lació i caixes de connexió en CC	45
2.8.2.4.3.1 Cablejat	45
2.8.2.4.4 Cablejat de la instal·lació i caixes de connexió en CA	45
2.8.2.4.4.2 Caixa de connexió	45
2.8.2.5 Equips de mesura	46
2.8.2.6. Quadre de distribució, protecció i comandament	46
2.8.2.7. Seguretat de la Planta	47
2.8.2.8. Escomesa elèctrica.	47
2.9 Etapes i terminis d'execució.....	47
2.9.1 Obra civil.....	48
2.9.1.1 Moviments de terres.....	48
2.9.1.2 Fonamentació.....	48
2.9.1.3 Altres treballs.	48
2.9.2 Terminis d'execució.....	48
2.9.2.1 Adequació del terreny i obra civil.	49
2.9.2.2 Fonamentació de les sabates superficials.....	49
2.9.2.3 Col·locació del suport del seguidor sobre les sabates	50
2.9.2.4 Instal·lació de Mòduls	50
2.9.2.5 Ràpida Col·locació sobre Estructura.	51
2.9.2.6 Posada a punt Ràpida i Senzilla.....	51
2.9.2.7. Clos perimetral	51
2.10 Resum del pressupost	51
3 CALCULS	53
3.1 Dimensionat de la instal·lació fotovoltaica:	55
3.1.1 Determinació del numero de mòduls en sèrie	56
3.1.2 Determinació del numero de mòduls en paral·lel.....	58
3.1.3 Elecció dels paràmetres	58
3.1.4 Càlcul distància entre les estructures dels panells per a evitar ombres	60
3.1.5 Elecció de l'estructura suport	64
3.1.5.1 Càlcul de l'estructura suport	64
3.1.5.1.1 Sobrecàrregues de vent	65
3.1.6 Centre de transformació	65

3.1.7	Càlcul de la posada a terra.....	66
3.1.8	Càlcul del cablejat.....	67
3.1.8.1	Criteri de la caiguda de tensió.....	67
3.1.8.1.1	Fórmules per al càlcul de la secció dels conductors:.....	68
3.1.8.1.2	Distàncies de les línies.....	69
3.1.8.1.3	Secció dels conductors.....	70
3.1.8.1.3.1	Cablejat del ramal (10 mòduls en sèrie).....	70
3.1.8.1.3.2	Cablejat del ramal a la caixa de connexions.....	70
3.1.8.1.3.3	Cablejat de la caixa de connexions a la Caixa de Concentració.....	71
3.1.8.1.3.4	Cablejat de la caixa de concentració a l'inversor.....	71
3.1.8.1.3.5	Cablejat del transformador a l'escomesa.....	71
3.1.8.2	Criteri de la intensitat màxima admissible o d'escalfament.....	73
3.1.8.3	Criteri de la intensitat de curtcircuit.....	74
3.1.8.3.1.1	Resum del cablejat.....	74
3.1.9	Tubs i canalitzacions.....	75
3.1.10	Proteccions.....	75
3.1.10.1.1	Fusible Caixa de Connexions.....	75
3.1.10.2	Fusible Caixa de Concentració.....	76
3.1.10.3	Quadre de protecció d'alterna.....	76
3.1.10.4	Armari de la companyia.....	77
3.1.10.4	Annex càlculs solars amb Pvsyst.....	77
3.1.10.5	Annex Resultats càlculs solars amb Pvsyst.....	82
4.	Plànols.....	85
5.	Estudi seguretat i salut.....	89
5.1	Objecte.....	90
5.2	Abast.....	90
5.3	Dades generals.....	90
5.3.1	Tipus de treball.....	90
5.3.2	Activitats generals.....	90
5.3.3	Situació i climatologia.....	91
5.3.4	Oficis.....	91
5.3.5	Maquinària i mitjans auxiliars.....	92
5.3.6	Anàlisi de riscos.....	93
5.3.7	Riscos generals.....	93

5.3.8	Riscos específics	93
5.3.9	Màquines i mitjans auxiliars.....	96
5.4	Mesures preventives	97
5.4.1	Proteccions col·lectives	97
5.4.2	Proteccions personals	102
5.4.3	Revisions tècniques de seguretat	102
5.5	Instal·lacions elèctriques provisionals.....	102
5.5.1	Riscos previsibles.....	103
5.5.2	Mesures preventives	103
5.6	Mesures de protecció contra incendis	104
5.6.1	Revisions periòdiques	104
5.7	Emmagatzematge i ús de gasos.....	104
5.7.1	Emmagatzematge.....	104
5.7.2	Ús d'ampolles i bombones	105
5.8	Formació de personal	105
5.8.1	Xerrada de seguretat i primers auxilis per a personal d'ingrés en obra	105
5.8.2	Xerrades sobre riscos específics.....	105
5.9	Reunions de seguretat.....	106
5.10	Medicina assistencial	106
5.10.1	Control mèdic.....	106
5.10.2	Mitjans d'actuació i primers auxilis.....	106
5.10.3	Medicina assistencial en capacitats laborables transitòries o permanents	107
5.11	Vestuaris i lavabos.....	107
5.12	Plec de condicions.....	107
5.12.1	Objecte	107
5.12.2	Disposicions legals reglamentàries.	107
5.12.3	Proteccions personals	108
5.12.4	Proteccions col·lectives	108
5.12.5	Revisions tècniques de seguretat.....	108
6	Plec de condicions	109
6.1	Objecte	111
6.2	Codis i normes	111
6.3	Condicions tècniques de caràcter general	111
6.4	Condicions específiques d'interconnexió a la xarxa de mitjana tensió.....	112

6.5	Components i materials.....	112
6.5.1	Generalitats.....	112
6.5.2	Sistemes de generació.....	113
6.5.3	Sistemes de connexió a xarxa	115
6.5.4	Posada a terra	117
6.5.5	Identificació de l'equipament	118
6.5.6	Selecció del material	119
6.5.7	Criteris de qualitat.....	119
6.5.8	Criteri tècnic i característiques bàsiques	120
6.5.9	Control i prova de la instal·lació.....	121
6	Amidaments	125
6.1	Obra civil	127
6.2	Mòdul fotovoltaic	127
6.3	Estructura de suport.....	127
6.4	Estació Ingecom Power Station SHE.....	128
6.5	Posada a Terra	128
6.6	Cablejat.....	128
6.7	Tubs	129
6.8	Quadres i caixes de connexions.....	129
6.9	Proteccions	129
7	Pressupost	131
7.1	Pressupost econòmic.....	133
7.2	Obra civil	133
7.3	Mòdul fotovoltaic	133
7.4	Estructura de suport.....	133
7.5	Estació Ingecom Power Station SHE.....	134
7.6	Posada a Terra	134
7.7	Cablejat.....	134
7.8	Tubs	135
7.9	Quadres i caixes de connexions.....	135
7.10	Proteccions.....	135
7.11	Resum del pressupost.....	136



Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

DISSENY D'UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 250 kW AL
MUNICIPI D'ALMATRET

2. MEMÒRIA

TITULACIÓ: Grau d' Enginyeria Elèctrica

AUTOR: Joan Alegret Ciuraneta
DIRECTOR: José Antonio Barrado

DATA: Octubre 2021

2.1 Full d'identificació

DISSENY D'UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 250 kW EN EL NUCLI RURAL AL MUNICIPI D'ALMATRET

sol·licitant:

Nom: Ajuntament d'Almatret
CIF : 39712604R
Representant legal: Jordi Tarragó.
NIF : 39678990E
Direcció. : Ajuntament.
Telf / Fax. : 34977433213 / +34977433245
Codi postal : 25187
Població : d'Almatret
Província: Lleida

Identificació de el Projecte:

Tipus de Sistema ... : Central Fotovoltaica connectada a xarxa
Ubicació : d'Almatret
Polígon ... : 1
Parcel·la..... : 26
Codi postal : 25187
Municipi : d'Almatret
Província: Lleida
Potència pic : 1 unitats x 256 kWp
Potència nominal: 1 uts x 250 kW

Autor de el projecte:

Nom i cognoms : Joan Alegret Ciuraneta
Titulació : Enginyer electric
NIF : 39.712603-K
Adreça professional: Av. Països Catalans 3 43006-
Tarragona Telf / Fax. : +34977233213 / +34977233245
Correu electrònic ... : joan.alegret@estudiants.urv.cat

2.2 Introducció

Al llarg de l'evolució de la Humanitat, s'ha observat que la capacitat de desenvolupament dels pobles ha estat directament relacionada amb la seva capacitat de disposar, de forma continuada, de recursos energètics. La principal font d'energia actual, el petroli i els seus derivats, no disposa d'una vida il·limitada.

Més aviat al contrari, perquè es preveu que en uns 40 o 50 anys les reserves quedaran esgotades.

La demanda mundial d'energia està creixent a ritmes alarmants. Segons l'estudi europeu "WorldEnergy Technology and Climate Policy Outlook" realitzat en 2020, es preveu un creixement mitjà se preveia un 12% anual durant el període 2019 – 2030 en demanda mundial d'energia primària del qual sols ha crescut degut a la pandèmia un 9%. Aquest increment es ve afrontant fonamentalment amb reserves de combustibles fòssils, la qual cosa contribueix a la seva progressiva disminució. Tot i tenint present que la pandèmia del Còrvid ha provocat més trastorns en el sector de l'energia que ningun altre esdeveniment de la història recent, i els seus efectes perduraran els pròxims anys.

Seguint amb els problemes derivats de l'actual política energètica és el de la contaminació. Alguns dels contaminants generats en la combustió dels hidrocarburs són responsables de nombroses malalties pulmonars, mentre que uns altres, com el monòxid de carboni en altes concentracions, augmenten la probabilitat de sofrir un infart. Aquests contaminants no sols afecten directament l'ésser humà, sinó que també l'estan fent de manera indirecta gràcies al temut efecte d'hivernacle, del qual ja s'estan començant a notar els seus efectes en el clima global (huracans, sequeres, tifons, inundacions...).

Finalment, ens trobem amb el problema que a mesura que es vagin esgotant les reserves de petroli, el preu del mateix anirà augmentant cada vegada en major mesura, alçant d'aquesta manera a un lloc de privilegi a les energies renovables. En l'actualitat, són moltes les maneres d'obtenir energia elèctrica. A Espanya, La potència instal·lada total se situo en finalitzar l'any en 111,632 MW. Aquesta variació de potència prové principalment de noves infraestructures d'origen renovable (27,760,5 MW d'eòlica, 13,091,7 MW de tecnologies solars i 17,093,2 MW d'hidràulica).

Respecte a la cobertura de la demanda, la nuclear s'ha situat en cobrint el 6,38% de la demanda; La hidràulica i els cicles combinats van fer una aportació respectivament del 23% i 15%. L'energia solar fotovoltaica, que representa un 13% del total de potència elèctrica instal·lada a Espanya, és la transformació directa de l'energia solar en energia elèctrica per l'efecte fotovoltaic. Aquesta constitueix una solució amb característiques interessants, com és una aposta de futur quant a tipus d'energia neta, senzilla d'operar, i alhora pràctica. Aquest tipus d'energia no necessita grans infraestructures, i a més, pot ser situada sobre un solar o, integrada sobre façanes, teulades i altres elements estructurals .

<https://elperiodicodelaenergia.com/espana-supera-los-13-000-mw-de-capacidad-de-solar-fotovoltaica/>

Els sistemes fotovoltaics de connexió a xarxa, aprofiten l'energia del sol per a convertir-la directament en energia elèctrica, que posteriorment s'injecta a la xarxa sota unes condicions

predeterminades (tensió, freqüència, etc.), donades tant per la companyia a la qual es procedeix a connectar, com per l'Operador del Sistema (REE).

Segons el descrit en el R.D.436/2004, hi ha llibertat perquè qualsevol interessat pugui convertir-se en productor d'energia elèctrica a partir de l'energia solar, això provoca, que el desenvolupament sostenible pugui veure's impulsat per iniciatives particulars, contribuint així a la producció d'energia neta.

En els últims anys la generació fotovoltaica ha sofert una forta expansió, aquesta extensió a gran escala en aquesta mena d'instal·lacions ha requerit un desenvolupament de l'enginyeria específica amb la finalitat d'optimitzar el seu disseny i funcionament.

2.3 Objecte i finalitat del projecte

L'objecte del present projecte és l'estudi, disseny i implantació d'una planta fotovoltaica de 250 kW de potència nominal amb seguiment solar i connexió a xarxa. Aquesta instal·lació es realitzarà en una parcel·la de terreny arable en el terme municipal de Almatret a la província de Lleida.

Aquest projecte tindrà com a objectiu establir les condicions tècniques i de seguretat de la Instal·lació Fotovoltaica, de manera que s'asseguri un normal funcionament d'aquesta, es preservi la seguretat de les persones i els béns, i es contribueixi a la seva fiabilitat tècnica, a l'eficiència energètica i a la durabilitat d'aquestes instal·lacions.

La finalitat de la planta solar fotovoltaica serà la producció d'energia elèctrica a partir d'energia solar, per al seu posterior abocament a la xarxa general de distribució elèctrica. D'aquesta manera, es justificaran en el present projecte tots els elements necessaris per a executar una instal·lació fotovoltaica connectada a xarxa, de 250 kW de potència nominal.

Entre els factors que han contribuït a l'interès per aquest recurs energètic cal destacar la disminució dels seus costos, l'augment en eficiència de conversió de les seves diferents variants tecnològiques, l'encariment dels combustibles fòssils i l'existència d'una legislació cada vegada més restrictiva en matèria mediambiental a conseqüència del sòlid consens internacional sobre el canvi climàtic. Amb aquesta instal·lació es pretén a més reduir l'emissió de gasos d'efecte d'hivernacle a l'atmosfera, gasos que són emesos per centrals d'energies convencionals principalment tèrmiques per a produir una mateixa quantitat d'energia. I a més, difondre l'ús d'energies renovables en general, i en aquest cas, la fotovoltaica en particular, conscienciant a la ciutadania de la necessitat d'aquesta mena d'energies.

S'estima que Cada kWh generat amb energia solar fotovoltaica evita l'emissió a l'atmosfera aproximadament d'entre els 25 i 32 g/kWh de CO₂, depenent de la forma de combustió (carbó, gas natural, derivats del petroli, etc.) a l'hora de la generació elèctrica.

<https://www.un.org/es/chronicle/article/la-promesa-de-la-energia-solar-estrategia-energetica-para-reducir-las-emisiones-de-carbono-en-el>

2.4 Emplaçament

La instal·lació definida en el present projecte està situada en el terme municipal d'Almatret a la província de Lleida. Les dades d'ubicació de l'emplaçament són:

- Comunitat Autònoma: Catalunya.

Província	Municipi	Agregat	zona	Polígon	Parcel·la	Superfície(ha)
Lleida	Almatret	0	0	1	26	22,89

Taula 1 Característiques del emplaçament

A continuació es mostren dues fotos aèries de l'emplaçament i la situació en un pla cadastral.



Figura 1 Foto aèria de l'emplaçament

La parcel·la té una superfície de 22,89 hectàrees, o cosa que és el mateix 228.900 metres quadrats, espai suficient per a muntar la nostra instal·lació, i si és possible i es requereix augmentar la instal·lació en un futur.

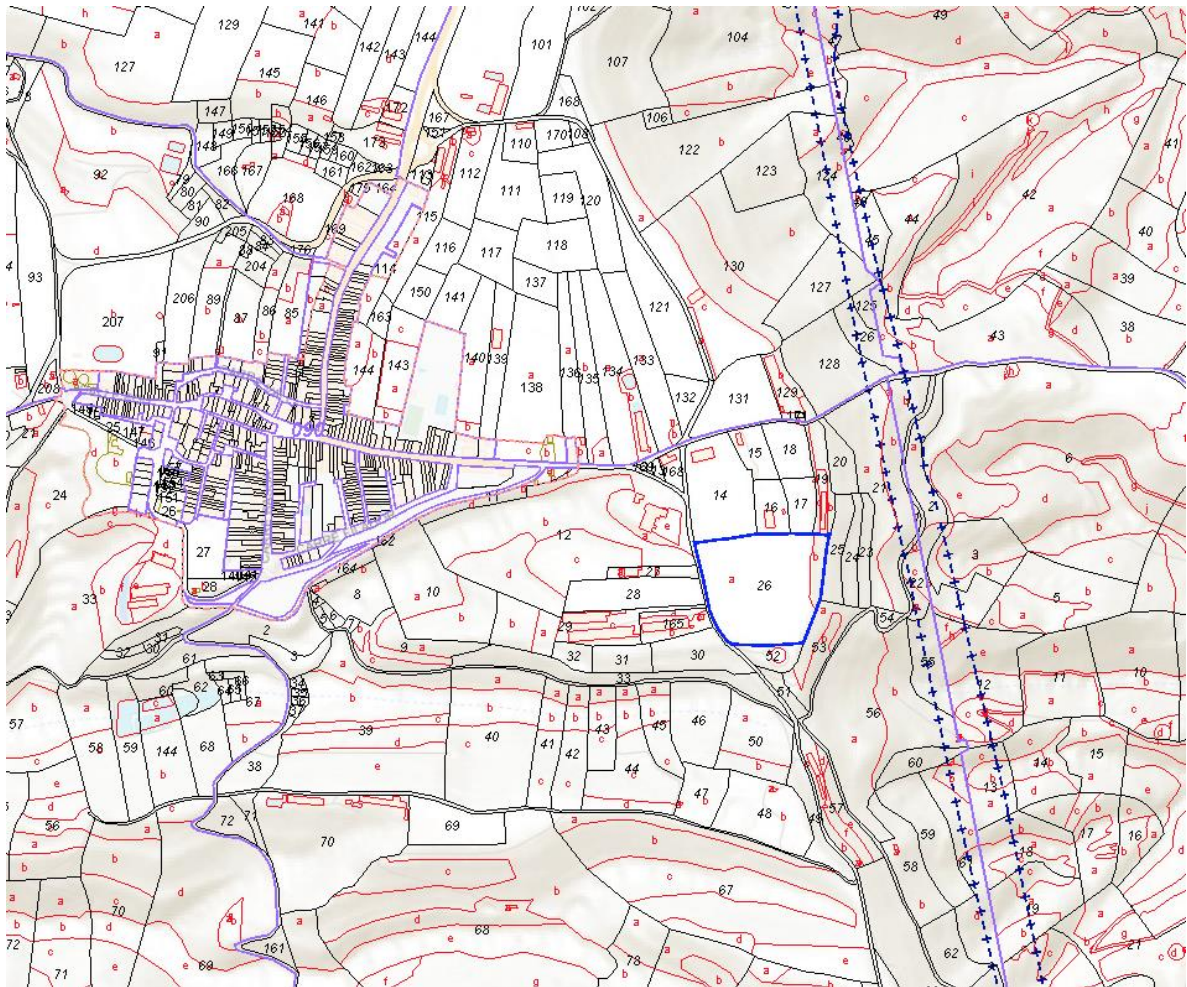


Figura 2 Plànol Cadastral de la instal·lació

La planta fotovoltaica objecte del projecte es pretén situar en una parcel·la del municipi d'Almatret, la identificació cadastral del qual és polígon 1, parcel·la 26.

Les coordenades corresponents a aquesta parcel·la són:

Latitud: 41° 30' 351'' N

Longitud: 0° 43' 166'' W

Des del municipi d'Almatret la parcel·la es troba a 1,5 km d'aquest i s'accedeix a l'emplaçament a través de la carretera 25157.

2.5 Normativa aplicable al projecte

2.5.1 Instal·lacions elèctriques

Disposicions legals i normes aplicades

Per a la redacció d'aquest projecte s'han tingut en compte els següents reglamentacions i normatives:

- Decret 2617/1966, de 20 d'octubre, (BOE 24.10.66), sobre autorització d'instal·lacions elèctriques.
- Ordre RCL 1985/2225 de 5 de Setembre, sobre els normes administratives i tècniques de funcionament i connexió als xarxes elèctriques de centrals d'autogeneració elèctrica.
- Reial Decret 2018/1997, de 26 de desembre, (BOE 30.12.97), pel qual s'aprova el Reglament de punts de mesura dels consums i trànsits de l'Energia Elèctrica. Els seves ITC en Ordre del 12 d'abril de 1999 (BOE 21.4.99)
- Llei 54/1997, de 27 de novembre (BOE 28.12.97), de el Sector Elèctric.
- Reial Decret 2.818 / 1998, de 23 de desembre, (BOE 30.12.98), sobre producció d'energia elèctrica per instal·lacions proveïdes per recursos o fonts d'energia renovables, residus i cogeneració.
- Reial decret llei 6/2000, de 23 de juny, de Mesures Urgents d'Intensificació de la Competència en Mercats de Béns i Serveis (BOE 24.6.00) .
- Reial Decret 1955/2000 d'1 de desembre, per al qual és regulin els activitats de transport, distribució i comercialització, subministrament i procediments d'autorització d'instal·lacions d'energia elèctrica.
- Reglament sobre Condicions Tècniques i Garanties de Seguretat en Centrals Elèctriques, Subestacions i centris de transformació, aprovat pèl Reial Decret 3275/1982, de 12 de novembre.
- Instruccions tècniques complementàries, MIE-RAT, annexos al Reial Decret abans esmentat, aprovades per ordre ministerial de 6 de juliol de 1984. BOE 183/1984 de 1984.08.01, pàg. 22350.
- Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió; Reial decret 842/2002 de 2 d'agost, i els instruccions tècniques complementàries ITC-BT-02, 03, 04, 05, 08, 10, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 30 i 40.
- Norma UNE 20.460 així com els diferents normes UNE relacionades en el vigent Reglament de Baixa Tensió, a dalt esmentat.
- Directives Europees de seguretat i compatibilitat electromagnètica.
- Reial Decret 1663/2000, de 29 de setembre, sobre connexió d'instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de baixa tensió. (BOE 30.9.00) el vigent Reglament de Baixa Tensió, a dalt esmentat.

- Directives Europees de seguretat i compatibilitat electromagnètica.
- Reial Decret 1663/2000, de 29 de setembre, sobre connexió d'instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de baixa tensió. (BOE 30.9.00)
- Reial Decret 841/2002, de 2 d'agost, pel qual es regula per als instal·lacions de producció d'energia elèctrica en règim especial la seva incentivació en la participació en el mercat de producció, determinades obligacions d'informació dels seus previsions de producció, i la adquisició pels comercialitzadors de la seva energia elèctrica produïda.
- Reial Decret 436/2004, de 12 de març, pel qual s'estableix la metodologia per a l'actualització i sistematització del règim jurídic i econòmic de l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial. (BOE 2004.03.27).
- Resolució de 31 de Maig de 2001 de la Direcció general de Política Energètica i Minis, per la qual s'estableixen model de contracte tipus i model de factura per als instal·lacions solars fotovoltaïques connectades a la xarxa de baixa tensió.
- Decret 352/2001, de 18 de desembre, sobre el procediment administratiu aplicable als instal·lacions d'energia solar fotovoltaïca connectades a la xarxa elèctrica.
- Llei número 88/67 de 8 de novembre sistema internacional d'unitats de mesura si, així com la llei 3/1985 de metrologia.
- Ordenances de Seguretat i Higiene en el Treball (OSHT) i Reglament de prevenció de riscos laborals, així com tota normativa que la complementi.
- Llei 54/1997, de 27 de novembre (BOE 28.12.97), de el Sector Elèctric.
- Reial Decret 314/2006, de 17 de març, pel qual s'aprova el Codi Tècnic de l'Edificació, CTE
- Reial Decret 661/2007, de 25 de maig, pel qual regula l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial.

Normativa d'àmbit autonòmic (Catalunya)

- Instrucció 7/2003, de 9 de setembre, de la Direcció General d'Energia i Mines sobre Procediment ADMINISTRATIU per a l'aplicació del Reglament electrotècnic per a baixa tensió mitjançant la intervenció dels Entitats d'Inspecció i Control de la Generalitat de Catalunya.

Bibliografia

En la confecció del projecte s'han utilitzat diverses fonts bibliogràfiques, entre els que destaquem:

- Bases de radiació solar de CENSOLAR, IES ISPRA, ARTERHOS.

•"L'energia que produeixen els sistemesfotovoltaics connectats a xarxa" Eduardo Lorenzo. Institut Energia Solar. ERA SOLAR núm. 107

•"Instal·lacions fotovoltaiques", SODEAN

Programes de càlcul:

En la confecció del projecte s'han utilitzat diversos programis de càlcul,entre els quals destaquem:

• Càlcul de la instal·lació fotovoltaica:

o PVSYST de la universitat de Ginebra

o METEONORM de la universitat de Ginebra

Pla de gestió de la qualitat aplicat durant la redacció del projecte:

S'entén per Garantia de Qualitat el conjunt d'accions plantejades i sistemàtiques necessàries per garantir la confiança adequada que tots els components i instal·lacions són definits i construïts d'acord amb els Codis, Normes i Especificacions del Projecte.

En estricta concordança amb el que s'ha dit anteriorment és complirà que:

• Els equips que s'especifiquin estaran homologats i certificats per a la funció que d'ells es pretén en el projecte.

• Els materials compliran així mateix amb els normatives en vigor.

• Els mètodes de càlcul han de ser adequats i sanciona-les per la pràctica habitual.

La redacció d'El projecte és basa en la Norma UNE 157001-2014 "Norma sobre projectes"

Altres referències

•Directrius de la companyia elèctrica referent als instal·lacions fotovoltaiques i la seva connexió a xarxa.

• Plec de condicions tècniques de l'IDAE per a instal·lacions fotovoltaiques.

2.6 Descripció general de la instal·lació:

De manera general, la instal·lació del present Projecte compta amb els següents elements:

- Un generador fotovoltaic, encarregat de captar i de convertir la radiació solar en corrent elèctric.
- Dos inversors, capaços d'adaptar el corrent continu produït pel generador fotovoltaic a les característiques elèctriques de la càrrega a alimentar (en aquest cas es tracta de convertir el corrent continu produït en corrent altern, de manera prèvia a l'abocament d'aquesta).

- Un transformador que eleva la tensió que surt de l'inversor per a la seva posterior injecció en la xarxa de mitjana tensió.

Quant al generador fotovoltaic, aquesta part de la instal·lació es compon dels següents elements:

- Panells fotovoltaics: contenen les cèl·lules on es duu a terme l'efecte fotovoltaic pel qual l'energia incident dels fotons de la radiació solar es converteix en un flux d'electrons.

- Estructures suport: elements encarregats de sostenir als panells, així com de conferir-los una inclinació adequada.

- Interconnexions dels panells: tots aquelles parts necessàries perquè el corrent circuli des del panell fotovoltaic fins a l'inversor (conductors, caixes de derivació, etc.)

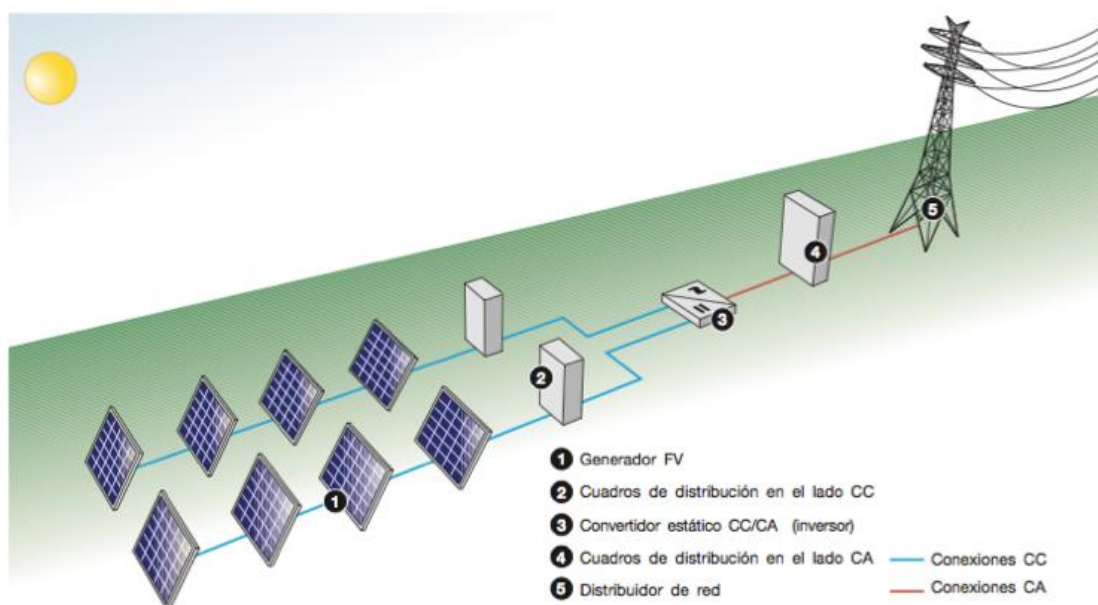


Figura 3 Esquema general de la instal·lació.

2.7 Sistemes de generació fotovoltaica

2.7.1 Introducció

L'Energia solar, és l'energia obtinguda mitjançant la captació de la llum i la calor emesos pel sol. La radiació solar que aconseguix la Terra pot aprofitar-se per mitjà de la calor que produeix, com també a través de l'absorció de la radiació, per exemple en dispositius òptics o d'un altre tipus. És una de les anomenades energies renovables particularment del grup no contaminant, conegut com a energia neta o energia verda.

La potència de la radiació varia segons el moment del dia, les condicions atmosfèriques que l'esmorteixen i la latitud. Es pot assumir que en bones condicions d'irradiació el valor és d'aproximadament 1000 W/m^2 en la superfície terrestre. A aquesta potència se la coneix com a irradiació.

La radiació és aprofitable en les seves components directa i difusa, o en la suma d'ambdues. La radiació directa és la que arriba directament del focus solar. Sense reflexions o refraccions intermèdies. La difusa és l'emesa per la volta celeste diürna gràcies als múltiples fenòmens de reflexió i refracció solar en l'atmosfera, en els núvols i la resta d'elements atmosfèrics i terrestres. La radiació directa pot reflectir-se i concentrar-se per a la seva utilització, mentre que no és possible concentrar la llum difusa que prové de totes les direccions. La irradiació directa normal (o perpendicular als raigs solars) fora de l'atmosfera, rep el nom de constant solar i té un valor mitjà de 1354 W/m^2 (que correspon a un valor màxim en el periheli de 1395 W/m^2 i un valor mínim en el afeli de 1308 W/m^2).

2.7.2 Història

El terme fotovoltaic prové del grec phos, que significa “llum” i voltaic, que prové de l'electricitat, en honor al científic italià Alejandro Volta, (que també proporcionar el terme volt a la unitat de mesura de la diferència de potencial en el Sistema Internacional de Mesures). El terme fotovoltaic va començar a usar-se a Anglaterra des de l'any 1849.

L'efecte fotovoltaic va ser reconegut per primera vegada en 1839 pel físic francès Becquerel, però la primera cèl·lula solar no es construeix fins a 1883. El seu autor va ser Charles Fritts, qui va recobrir una mostra de seleni semiconductor amb un pa d'or per a formar l'entroncament. Aquest primitiu dispositiu presentava una eficiència de només un 1%. Russel Ohl va patentar la cèl·lula solar moderna l'any 1946, encara que Sven Ason Berglund havia patentat, amb anterioritat, un mètode que tractava d'incrementar la capacitat de les cèl·lules fotosensibles. L'era moderna de la tecnologia de potència solar no va arribar fins a l'any 1954 quan els laboratoris Bell, van descobrir de manera accidental que els semiconductors de silici dopat amb unes certes impureses, eren molt sensibles a la llum.

Aquests avanços van contribuir a la fabricació de la primera cèl·lula solar comercial amb una conversió de l'energia solar de, aproximadament el 6%. L'URSS va llançar el seu primer satèl·lit espacial l'any 1957, i els EUA un any després. En el disseny d'aquest es van usar cèl·lules solars creades per Peter Lles en un esforç encapçalat per la companyia Hoffman Electronics.

La primera nau espacial que uso panells solars va ser el satèl·lit nord-americà Vanguard, llançat al març de 1958. Aquesta fita va generar un gran interès en la producció i llançament de satèl·lits geostacionaris per al desenvolupament de les comunicacions, en els quals l'energia provindria d'un dispositiu de captació de la llum solar. Va ser un desenvolupament crucial que va estimular la recerca per part d'alguns governs i que va impulsar la millora dels panells solars. EN 1970 La primera cèl·lula solar amb eteri estructura d'arsenur de gal·li (GaAs) i altament eficient es desenvolupa en l'extingida URRS per Zhore Alferov i el seu equip de recerca. La producció d'equips de deposició química de metalls per vapors orgànics o MOCVD (Metall Organic Chemical Vapor Deposition). No es desenvolupa fins als anys 80 del segle passat, limitant la capacitat de les companyies en la manufactura de cèl·lules solars d'arsenur de gal·li.

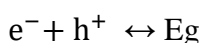
La primera companyia que va manufacturar panells solars en quantitats industrials, a partir d'unions simples de GaAs, amb una eficiència d'AM0 (Air Mass Zero) del 17% va ser la nord-americana ASEC (Applied solar Energy Corporation). La connexió dual de la cel·la es va produir en quantitats industrials per ASEC en 1989, de manera accidental, a conseqüència d'un canvi del Ga As sobre els substrats de Ga As a GaAs sobre substrats de germani. El dopatge accidental de germani (Ge) amb GaAs com a capa amortidora va crear circuits de voltatge oberts, demostrant el potencial de l'ús dels substrats de germani com altres cel·les. Una cel·la d'unions simples de Ga As arribó al 19% d'eficiència AMO en 1993. ASEC va desenvolupar la primera cel·la de doble unió per a les naus espacials usades als EUA, amb una eficiència d'un 20% aproximadament. Aquestes cel·les no usen el germani com a segona cel·la, però usen una cel·la basada en GaAs amb diferents tipus de dopatge. De manera excepcional, les cèl·lules de doble unió de GaAs poden arribar a produir eficiències AMO de l'ordre del 22%. Les unions triples comencen amb eficiències de l'ordre del 24% en el 2000, 26% en el 2002, 28% en el 2005, i han arribat, de manera corrent al 30% en el 2007. En 2007, dues companyies nord-americanes Emcore Photovoltaics i Spectrolab, produeixen el 95% de les cèl·lules solars del 28% d'eficiència.

2.7.3 L'efecte fotovoltaic

Les cèl·lules solars que componen els mòduls o panells fotovoltaics estan constituïdes per materials semiconductors, principalment silici, i són elements que transformen directament part de l'energia solar que reben en energia elèctrica. Els electrons de valència del material semiconductor de la cèl·lula, que estan lligats feblement al nucli dels seus àtoms, són arrencats per l'energia dels fotons de la radiació solar que incideix sobre ella. Aquest fenomen es denomina efecte fotovoltaic. Així, en el semiconductor apareixen electrons lliures i buits (el buit és la càrrega ideal positiva d'igual valor que la de l'electró, però de signe positiu). Per a evitar que aquests, electró i buit, es recombinin és necessari crear a l'interior del semiconductor un camp elèctric (el que s'aconsegueix mitjançant una unió "p-n") que separi físicament aquests dos tipus de càrregues lliures mòbils, apareixent així una intensitat de corrent net que travessa la cèl·lula solar. El trencament d'enllaços, i per tant l'aparició d'un parell electró-buit, pot produir-se per l'absorció d'un fotó d'energia suficient (efecte fotovoltaic) o per agitació tèrmica. El procés contrari, és a dir, la recombinació o desaparició del parell electró-buit pot produir-se en trobar-se un electró lliure i un buit (per a això es necessitarien condicions molt específiques) o per l'existència d'un defecte de l'estructura del cristall del material semiconductor.

Tant l'energia necessària perquè ocorri el procés de generació com la cedida en el de recombinació,

tenen un valor determinat E_g , denominada amplada de banda prohibida. D'aquesta manera, aquests dos fenòmens poden escriure's amb la reacció reversible següent:



Els electrons lliures i els buits creats per la ruptura del parell electró-buit tendeixen a difondre's des de les zones il·luminades, on es creen, a les zones fosques. Per a evitar la recombinació, tal com s'ha indicat, és necessari crear a l'interior del semiconductor un camp elèctric, mitjançant una unió "p-n", que separi físicament aquests dos tipus de càrregues lliures mòbils, apareixent així una intensitat de corrent net que travessa la cèl·lula solar en sentit d'aquest camp.

Per a explicar què és una unió "p-n", és necessari explicar abans què és un semiconductor tipus "n" i un tipus "p".

Un semiconductor, per exemple de silici, tipus "n" s'aconsegueix dopant un cristall de silici (introduint impureses) amb fòsfor. L'àtom de fòsfor té cinc electrons de valència, enfront dels quatre que té l'àtom de silici, per la qual cosa el silici dopat amb fòsfor té un excés d'electrons respecte al cristall de silici pur.

Anàlogament, un semiconductor tipus "p" s'aconsegueix dopant al cristall de silici amb bor. L'àtom de bor té només tres electrons de valència, per la qual cosa ara en aquest material semiconductor de tipus "p" els electrons seran els portadors de càrrega minoritària, és a dir, els buits seran majoritaris.

Com s'ha indicat, dels dos possibles motius de recombinació, el més important és l'existència de defectes en el cristall que denominarem "paranys". Suposi's un semiconductor tipus "n", en el qual els buits són minoritaris, i suposi's un defecte en el cristall en estat neutre: com els electrons són molt nombrosos, el "parany" ràpidament captura un, quedant ionitzada negativament (després aquest serà l'estat d'equilibri en un semiconductor d'aquest tipus) a l'espera de poder capturar un buit, que és més difícil per ser aquests minoritaris. Quan ho aconsegueix, de nou el seu estat és neutre i s'ha produït una recombinació. Ràpidament captura un altre electró i torna a quedar carregada negativament, a l'espera d'un altre buit per a completar una altra recombinació. Amb l'objectiu de minimitzar el nombre de recombinacions, és a dir, per a poder aprofitar la majoria de les càrregues lliures produïdes per la ruptura dels parells electró-buit gràcies als fotons de la radiació solar incident, el nombre de "paranys" o defectes del cristall ha de ser el menor possible. Això s'aconsegueix utilitzant cristalls de silici pur o silici monocristal·lí. Per a separar aquests portadors o càrregues lliures i evitar la seva recombinació, és necessari crear en el semiconductor una unió "p-n". Aquesta s'obté en posar en contacte la superfície d'un semiconductor tipus "n" amb la d'un tipus "p" (Figura 4 A).

En realitat aquesta unió es realitza tractant químicament un mateix semiconductor de silici: es pren una placa de semiconductor d'un determinat tipus (per exemple "p") i es dopa amb impureses de signe contrari, obtenint així un determinat gruix de semiconductor de tipus oposat (tipus "n"). El pla de separació d'aquestes dues zones de diferent tipus és el que constitueix la unió "p-n" (homo unió).

A causa de l'alt gradient de concentració de portadors d'un mateix tipus a cada costat de la unió, tendeixen a passar per difusió cap al costat contrari. En ocórrer això, deixen en les proximitats de la unió una zona de càrregues fixes (negativa en la zona "p" i positiva en la "n"), produint-se a banda i banda de la unió un dipol elèctric que crea un camp elèctric, dirigit de la zona "n" a la "p",

que tendeix a compensar aquesta difusió de portadors, arribant-se així a una situació d'equilibri (Figura 4 B). Mitjançant l'aplicació d'una diferència de potencial exterior entre les zones "p" i "n", es pot modificar el valor d'aquesta barrera de potencial.

Explicats els conceptes, ja és possible entendre el principi físic del funcionament d'una cèl·lula solar. Quan la radiació solar incideix sobre la cèl·lula, els fotons amb energia suficient trenquen el parell electró-buit deixant aquests portadors lliures (efecte fotovoltaic). El camp elèctric de la unió "p-n" separa aquests portadors per a evitar que es recombinin, portant els electrons a la zona "n" i els buits a la zona "p", apareixent d'aquesta manera una intensitat de corrent net que travessa la cèl·lula solar en el sentit d'aquest camp, de la zona "p" a la "n" (Figura 5 A) Si mitjançant una càrrega exterior es tanca el circuit, el corrent fotovoltaic generat surt de la cèl·lula cap al circuit exterior per la zona "p", travessa la càrrega i entra de nou en la cèl·lula per la zona "n" (Figura 5 B).

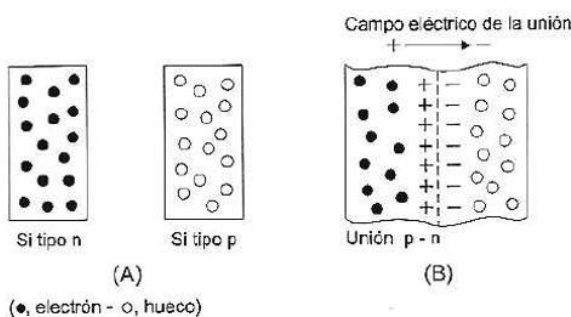


Figura 4 Semiconductor tipus 'n' i tipus 'p'. Unió 'p-n'

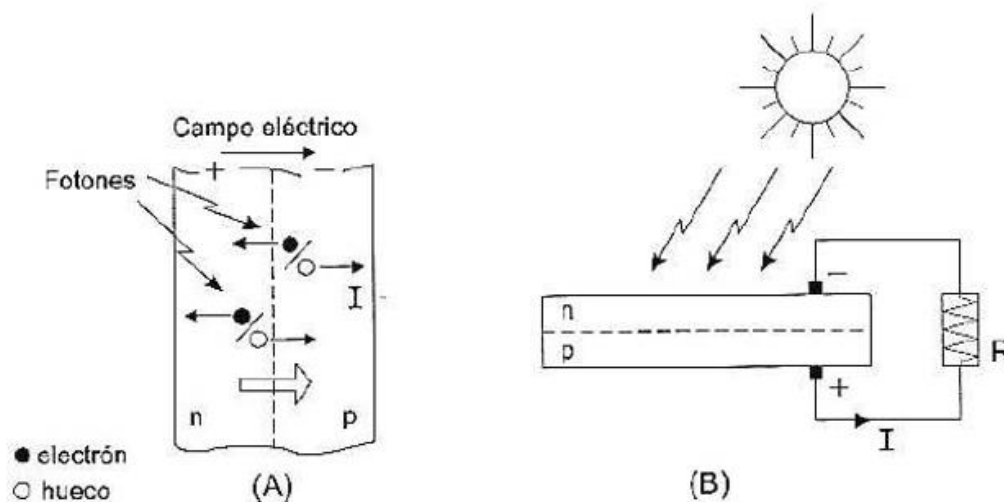


Figura 5 Separació dels portadors pel camp de la va unir p-n. Intensitat de corrent exterior de la cèl·lula solar.

2.7.4 Generador fotovoltaic

El generador fotovoltaic és l'element del sistema encarregat de convertir la radiació solar que rep en electricitat, amb unes característiques de tensió i de corrent que depenen tant de la quantitat de radiació com dels paràmetres constructius d'aquest.

L'element bàsic per a realitzar aquesta conversió és la cèl·lula fotovoltaica, la característica tensió de la qual intensitat defineix la seva capacitat per a generar energia elèctrica. En la pràctica, les cèl·lules aïllades no subministren energia elèctrica a bastament com per a alimentar les instal·lacions que s'usen en l'actualitat, per la qual cosa és necessari agrupar les cèl·lules amb unes característiques iguals, connectant-les en sèrie i paral·lel, a fi d'obtenir una tensió i un corrent determinades.

Aquestes agrupacions de cèl·lules es tanquen en els denominats panells fotovoltaics, que proporcionen la necessària resistència mecànica i la protecció de les cèl·lules contra els agents ambientals externs, oferint també el necessari aïllament elèctric, que garanteix el seu funcionament en el temps i la seguretat de les persones i animals que es troben en el seu entorn. Els panells són elements que es comercialitzen en diferents models (forma, tipus i disposició de les cèl·lules, etc.) i grandàries. Habitualment consten d'unes 30 a 48 cèl·lules de silici tancades en una estructura rígida, amb una superfície de 0,5 m² a 0,8 m² en les aplicacions comercials habituals. Els objectius principals del panell respecte a les cèl·lules són: assegurar una estanquitat suficient, garantir una adequada resistència mecànica i contra agents externs, afavorir la màxima captació de la radiació solar i evacuar la calor de les cèl·lules per a obtenir un rendiment màxim. Aquest últim aspecte és de gran rellevància si es considera que el rendiment d'un panell fotovoltaic depèn fonamentalment de la temperatura de les cèl·lules.

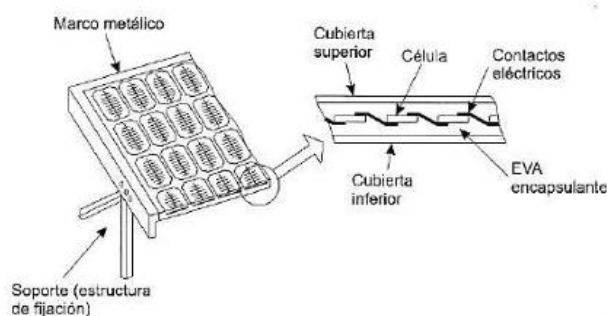


Figura 6 Esquema constructiu d'un panell fotovoltaic

Les cèl·lules que s'utilitzen per a construir un panell fotovoltaic tenen els mateixos paràmetres elèctrics (admetent-se petites desviacions), a fi d'assegurar que no es produeixin en el conjunt del panell descompensacions que limitin el seu funcionament. Així, per exemple, la intensitat de tota una branca de cèl·lules connectades en sèrie queda limitada per la de la cèl·lula que tingui una intensitat de corrent menor.

En el procés de fabricació de les cèl·lules són molt importants els assajos finals que permeten classificar i garantir aquesta igualtat dels paràmetres i característiques elèctriques d'aquestes.

El conjunt de cèl·lules, connectades convenientment en sèrie i en paral·lel per a donar els valors nominals de tensió i de corrent del panell, se situa tancat entre dues cobertes, una superior i una altra inferior, que garanteixen protecció mecànica i contra agents externs.

La coberta superior és d'un vidre temperat especial, resistent als impactes, i amb una superfície exterior summament llisa perquè no retengui la brutícia. És molt important la seva qualitat òptica per a assegurar la major transparència possible a la radiació solar incident.

La coberta inferior, per contra, sol ser opaca, i té únicament una funció de protecció contra els agents externs (principalment contra la humitat), a més de conferir una certa resistència mecànica al panell. Se solen utilitzar materials sintètics, Tedlar o un altre vidre.

Entre les dues cobertes, i embolicant les cèl·lules i les connexions elèctriques, es troba el material encapsulant, que ha de ser transparent a la radiació solar, no versí alterat per la radiació ultraviolada i no absorber humitat. A més, protegeix les cèl·lules davant petites vibracions que poden produir-se i serveix d'adhesiu a les cobertes. Com a material encapsulant s'utilitzen les silicones, el polivinil i, sobretot, EVA (etil-vinil-acetilè), que ofereix actualment les millors característiques.

El conjunt de les dues cobertes amb les cèl·lules en el material encapsulant va muntat sobre un marc suport metàl·lic tractat, d'alumini anodinat acer inoxidable, que confereix al panell la rigidesa i la protecció mecànica que requereix (principalment contra el vent). El marc suport incorpora els trepants que permeten caragolar-lo, per al seu ancoratge, a un bastidor o estructura major sobre el qual es fixa el conjunt de panells de la instal·lació.

Finalment, es troben els elements elèctrics externs (cables, bornés, caixa de connexió), que permeten d'una forma còmoda i fiable la interconnexió dels panells entre si i amb la instal·lació elèctrica exterior.

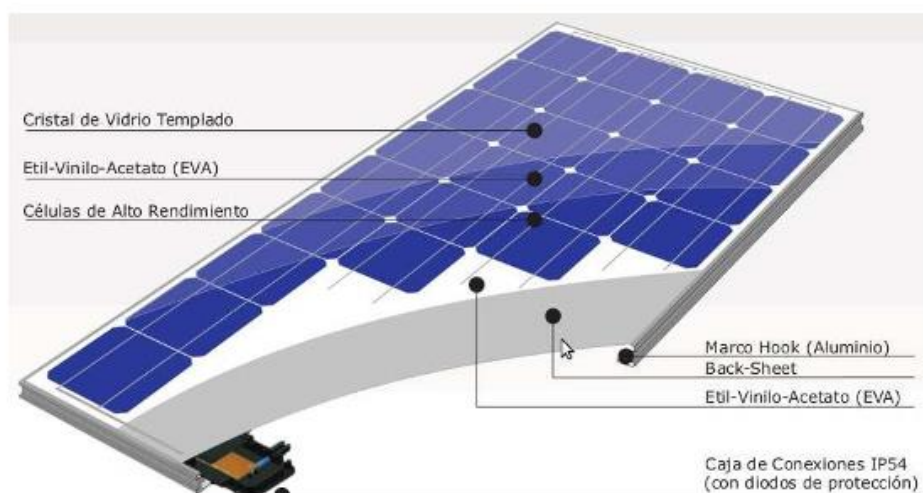


Figura 7 Estructura d'un panell fotovoltaic

2.7.4.1 Característiques principals d'un panell

Com els paràmetres o característiques de totes les cèl·lules que componen el panell són iguals, el comportament d'aquest, que es defineix mitjançant la seva corba tensió-intensitat, s'obté a partir de la corresponent corba de les cèl·lules, sense més que multiplicar els seus paràmetres de corrent

(intensitat generada, intensitat de curtcircuit, etc.) pel nombre de branques, o conjunts de cèl·lules en paral·lel, i els seus paràmetres de tensió (tensió generada, tensió a circuit obert, etc.) pel nombre de cèl·lules en sèrie que hi ha en cada branca de les quals consta el panell, podent establir-se anàlogament per a aquest un punt de màxima potència (IM, UM) per a cada valor de radiació. Així, els paràmetres característics del panell respecte dels de la cèl·lula, per a unes condicions determinades de radiació, són:

$$P_{\text{max,panel}} = P_{\text{max,cèl.lula}} \times N_s \times N_p = P_{\text{max}} \quad (1)$$

$$U_{\text{o,panel}} = U_{\text{o,cèl.lula}} \times N_s = U_o \quad (2)$$

$$I_{\text{cc,panel}} = I_{\text{cc,cèl.lula}} \times N_p = I_{\text{cc}} \quad (3)$$

$P_{\text{máx, panell}}$ = Potència màxima del panell

$P_{\text{máx, cèl.lula}}$ = Potència màxima de la cèl·lula

U_o , panell = Tensió a circuit obert del panell

U_o , cèl·lula = Tensió a circuit obert de la cèl·lula

I_{cc} , panell = Intensitat de curtcircuit del panell

I_{cc} , cèl·lula = Intensitat de curtcircuit de la cèl·lula

N_s = Nombre de cèl·lules en sèrie en cada ramal del panell

N_p = Nombre de branques en paral·lel del panell

La següent figura mostra la corba tensió intensitat d'un panell fotovoltaic:

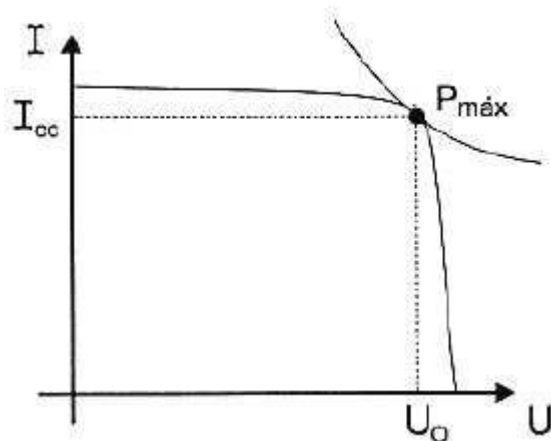


Figura 8 Punt de màxima potència

La relació entre la potència màxima que lliura el panell a la càrrega, definida pel seu punt de màxima potència (i que correspon a l'àrea del rectangle format per IM, UM i els eixos d'abscisses i d'ordenades), i la potència teòrica, definida pels punts de tensió a circuit obert (U_o) i corrent de curtcircuit (I_{cc}) del panell, es denomina factor de forma, FF.

Com més gran sigui aquest paràmetre, com més pròxim a 1, la potència màxima que pot donar el panell s'acostarà més a la potència màxima teòrica.

En la pràctica, els fabricants de panells no subministren les corbes per a cada condició d'operació, sinó que estableixen unes condicions de referència i de temperatura de funcionament nominal de la cèl·lula, a partir de les quals es poden deduir els valors en altres condicions amb unes certes suposicions de funcionament. Així, en cada panell es donen, com a dades que determinen les condicions de referència o nominals del panell, la radiació nominal (G_{nom}) i la temperatura de funcionament nominal de les cèl·lules (TFNC), a més dels paràmetres elèctrics característics: potència màxima nominal ($P_{m\acute{a}x, nom}$), tensió i intensitat màximes nominals ($U_{m\acute{a}x, nom}$ i $I_{m\acute{a}x, nom}$), tensió a circuit obert nominal (U_0, nom) i corrent de curtcircuit nominal ($I_{cc, nom}$).

2.7.4.2 Eficiència i limitacions

Es defineix el rendiment o eficiència d'una cèl·lula solar com el quocient entre la potència màxima que vaig poder donar a la càrrega i la potència lluminosa rebuda:

$$\eta = \frac{I_M \times U_M}{P_{PV}} \quad (4)$$

Per a cèl·lules de silici monocristal·lins el rendiment màxim obtingut en laboratori està entre el 22% i el 24%, disminuint fins aproximadament el 15% per a cèl·lules comercials d'aquest tipus. Una altra relació important és el factor de forma o de farciment, FF. Es defineix com el quocient entre la potència màxima que la cèl·lula pot solar pot donar a la càrrega i la potència teòrica màxima, definida pel punt (I_{CC}, V_0),

$$FF = \frac{I_M \times U_M}{I_{CC} \times U_0} \quad (5)$$

El rendiment d'una cèl·lula ve limitat per diferents factors de disseny.

Aquests són:

- Energia dels fotons incidents. Per a generar els pareixes electró-buit és necessari que els fotons que arriben a la cèl·lula tinguin una determinada energia.
- Pèrdues per recombinació. El procés de recombinació depèn dels defectes de l'estructura cristal·lina del semiconductor; com més pur sigui, menors seran aquestes pèrdues.
- Resistència seriï. La resistència seriï és menor com més profunda és la zona “n” i com més gran sigui la superfície metàl·lica de la reixeta, però llavors la superfície del semiconductor sobre la qual incideix la llum solar és i el valor de la tensió a circuit obert és també més petit, per la qual cosa hi ha buscar un compromís a l'hora de dissenyar la cèl·lula. Aquesta resistència a més dissipa energia per efecte Joule, al circular corrent per ella, en forma de calor que ha de dissipar la cèl·lula.
- Pèrdues per reflexió parcial. Part de la llum que incideix sobre la cèl·lula és reflectida per la

superfície d'aquesta, per la qual cosa es perd. Per a evitar aquesta pèrdua, en la fabricació de les cèl·lules s'empren capes antirefectors i superfícies rugoses.

2.7.4.3 Cèl·lules fotovoltaïques:

Els mòduls estan conformats per un conjunt de cèl·lules fotovoltaïques connectades elèctricament que produeixen corrent elèctric a partir de l'efecte fotovoltaic. Les cèl·lules solars es fabriquen a partir de materials semiconductors. Quan la llum incideix sobre els mateixos, els fotons són capaços de transmetre la seva energia als electrons de valència perquè trenquin l'enllaç que els manté lligats als àtoms respectius. Per cada enllaç trencat queda un electró lliure, que es mou lliurement per l'interior del semiconductor. I al seu torn queda l'enllaç trencat, amb l'absència de l'electró (denominant-se buit), que actua com una partícula de càrrega positiva igual a la de l'electró. El moviment d'aquestes partícules genera un corrent elèctric en el semiconductor. Per a evitar que l'enllaç trencat es regeneri de nou és necessària la creació d'un camp elèctric que dirigeixi les partícules de la forma desitjada. Això s'aconsegueix mitjançant les unions p-n explicades anteriorment.

Es poden realitzar diverses classificacions de les cèl·lules fotovoltaïques:

Per la mena de material emprat:

-De material simple: sobretot Silici, però també Germani i Seleni. El germani té una menor amplada de banda que el Silici, per la qual cosa és apropiat per a l'absorció de longituds d'ona majors, com la llum infraroja. En el cas que el material semiconductor sigui Silici, una de les regions (anomenada de tipus n), s'impurifica amb fòsfor (que té 5 electrons de valència, un més que el silici). Aquesta regió tindrà una concentració d'electrons molt major que la de buits. L'altra regió (de tipus p), s'impurifica amb bor, que té 3 electrons de valència (un menys que el silici). Convertint aquesta regió en una zona amb major nombre de buits que d'electrons. Aquesta diferència entre buits i electrons és la que crea el camp elèctric responsable de separar els electrons i buits extrems que es produeixen quan la cèl·lula està il·luminada.

-De compostos binaris: CdTe, GaAs, InP, CdS, Cu₂S (materials de la taula periòdica dels grups III i IV)

-De compostos ternaris: AlGaAs, i compostos d'estructura calcopirita basats en el Cu com el CuInSe₂, CuInS₂ i CuInTe₂. Destacar el primer per la seva utilitat pràctica i bon rendiment.

Per l'estructura interna del material:

-Monocristal·lí: cèl·lula de Silici processada com un únic cristall. Bona eficiència (de les cèl·lules de Silici és la que té una eficiència major) però elevat cost de fabricació a causa de l'elevada puresa i a la gran quantitat de Silici.

- Multi cristal·lins: menor rendiment que els monocristal·lins però menor cost de fabricació, pel fet que les hetero unions en el material causen pèrdues d'eficiència. L'estructura interna està formada per multitud de grans o monocristalls de gran grandària orientats aleatòriament.

-Policristal·lins: grans o monocristalls però d'una grandària menor que en el cas dels multi cristal·lins (per sota de 1mm). Rendiment 11-13%. Comparable als monocristal·lins en

construcció, característiques elèctriques i durabilitat. Permet reduir costos en baixar el cost de fabricació de les oblies, però és molt similar al de les cèl·lules de Si-monocristal·lins.

- Dispositius híbrids: s'alternen capes o substrats monocristal·lins amb policristal·lins.
- Amorfs (o làmina prima): només aplicable per al silici. No hi ha cap xarxa cristal·lina i contenen un gran nombre de defectes estructurals i d'enllaços. El material és dipositat sobre fines capes que s'uneixen entre si. A pesar que el coeficient d'absorció és 40 vegades superior al del Silici monocristal·lí, el seu rendiment és encara menor que en els multi cristal·lins (8- 10%). Però el seu cost de fabricació és menor.

En la Figura 8 es poden observar quatre cèl·lules de Silici comercials amb diferent mena de material base: cèl·lula de Si monocristal·lí ; cèl·lula de Silici multi cristal·lí ; cèl·lula de Silici multi cristal·lí (APEX) ; cèl·lula de Si amorf.

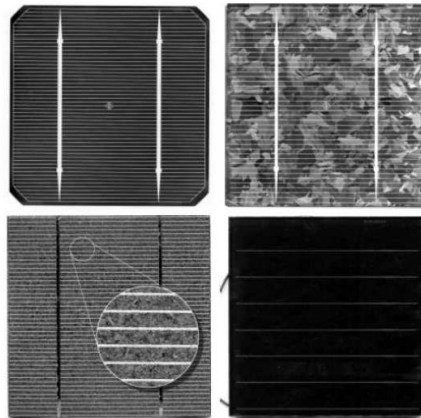


Figura 9 cèl·lules silici

Per l'estructura del dispositiu

- Homo unions: la unió p-n es crea sobre un únic material per difusió de dopant des de costats oposats de la cèl·lula.
- Hereto unions: els materials situats a banda i banda de la unió p-n són diferents. Segons el nombre d'unions p-n:
 - Dispositius d'unió simple: una única unió
 - Dispositius multi-unió
- Segons el nombre de dispositius emprats en la mateixa cèl·lula:
 - Dispositius mono cèl·lula
 - Dispositius tàndem o en cascada: combinació de dues o més cèl·lules en una mateixa estructura amb la finalitat d'aprofitar el major rang possible de l'espectre solar.

Per la mena d'aplicació

- Cèl·lules per a aplicacions terrestres sense concentració: o anomenades també de panell pla
- Per a integració en edificis
- Per a aplicacions terrestres sota concentració: a la recerca del major rendiment de conversió

possible. Més cars en afegir concentradors Molts models necessiten dissipadors tèrmics o refrigeració. Per a instal·lacions de gran potència.

2.7.5 La radiació solar

2.7.5.1 La constant solar

La irradiància provinent del Sol que es rep sobre una superfície perpendicular pot considerar-se com a constant i igual a 1353 W/m^2 (dada acceptada per la NASA en 1971). Aquest és el valor de la constant solar. (FERN08)

La constant solar és una magnitud definida per a determinar el flux d'energia rebut per unitat de superfície perpendicular a la radiació solar, a una distància mitjana de la Terra al Sol, i situat fora de qualsevol atmosfera. La distància Terra-Sol és variable a causa de l'òrbita el·líptica que realitza la Terra, per la qual cosa per al càlcul de la constant solar ha de considerar-se una distància mitjana. Es pot considerar que el sol és una font d'energia constant, ja que diversos estudis han demostrat que la variació de l'energia procedent del sol al llarg d'un cicle solar (aproximadament 22 anys) és menor a l'1%. Aquestes variacions, mentre afecten el disseny d'una instal·lació fotovoltaica, pot dir-se que es veuen afectades en major part per l'efecte de les variacions meteorològiques en comptes de per els cicles solars.

2.7.5.2 Distància Sol-Terra

Com ja s'ha comentat, la distància entre el Sol i la Terra és variable al llarg de l'any degut a l'òrbita el·líptica que realitza la Terra. L'excentricitat d'aquesta el·líptica pot ser calculada com:

$$E_0 = 1 + 0.033 \cos \frac{360 \times d_n}{365} \quad (6)$$

Sent d_n el dia de l'any ($1 \leq d_n \leq 365$). Aquesta distància és important perquè quan es té una font lluminosa que emet en totes direccions, el flux d'energia varia inversament amb el quadrat de la distància a la font emissora.

2.7.5.3 Radiació solar

Per a aconseguir la superfície terrestre la radiació solar emesa ha de travessar la atmosfera, on experimenta diversos fenòmens de reflexió, absorció i difusió que disminueixen l'energia final rebuda. La radiació global incident sobre una superfície inclinada en la superfície terrestre es pot calcular com la suma de tres components: la component directa, la component difusa i la component d'albedo (o reflectida).

Radiació solar directa: “Radiació solar incident sobre un pla donat, procedent d'un petit angle sòlid centrat en el disc solar”. Tambien es pot definir com la radiació que arriba directament del sol.

Radiació solar difusa: “Radiació solar hemisfèrica menys la radiació solar directa”. O la radiació que prèviament a aconseguir la superfície és absorbida i difosa per l'atmosfera.

Radiació solar hemisfèrica: “Radiació solar incident en una superfície plana donada, rebuda des

d'un angle sòlid de 2π sr (de l'hemisferi situat per sobre de la superfície). Cal especificar la inclinació i azimut de la superfície receptora”.

Radiació reflectida: radiació que, procedent de la reflexió de la radiació solar en el sòl i altres objectes, incideix sobre una superfície. La reflexió dependrà de les característiques i naturalesa de la superfície reflectora (albedo).

Radiació solar global: “Radiació solar hemisfèrica rebuda en un pla horitzontal”.

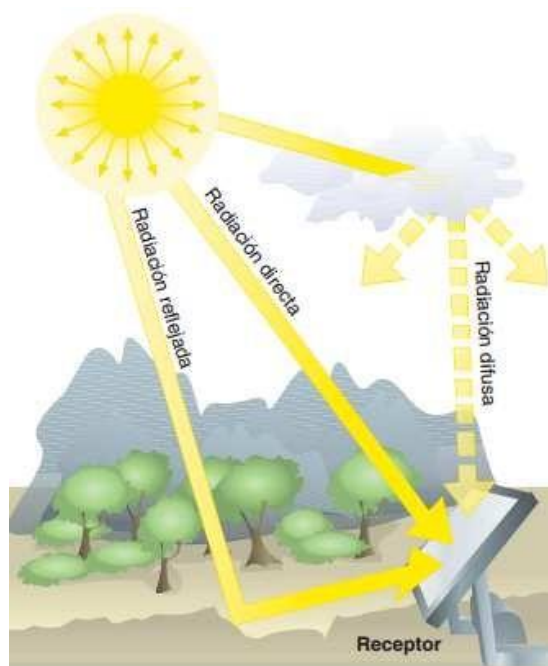


Figura 10 Radiació solar amb components atmosfèrics

2.7.5.4 Radiació solar a Espanya

Com es pot observar en el mapa, apareixen cinc zones de radiació solar, i la nostra planta fotovoltaica es troba en una zona de radiació global que rep entre 1531 i 1683 kWh/m², unes condicions optima per a la generació de energia a partir de la radiació solar.

RADIACION SOLAR GLOBAL			
ZONA	MJ/m ² dia	kWh/m ² dia	kWh/m ² any
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$	$H < 1.389$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$	$1.389 \leq H < 1.531$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$	$1.531 \leq H < 1.683$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$	$1.683 \leq H < 1.825$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$	$H \geq 1.825$

Taula 2 zones de radiació solar

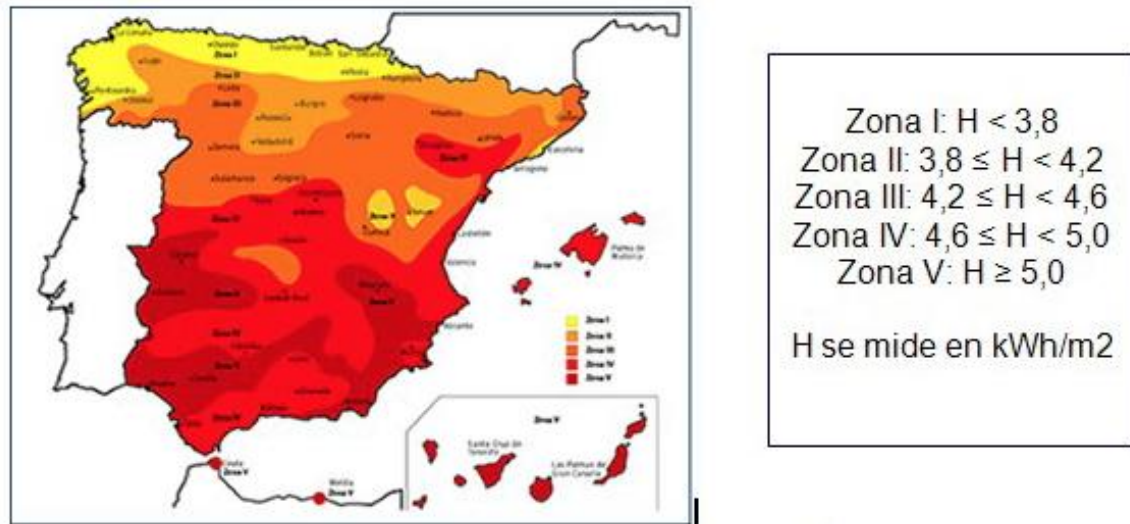


Figura 11 Radiació solar en España.

2.8 Dades i característiques del projecte

2.8.1 Instal·lació connectada a xarxa

Més d'un 90% dels generadors fotovoltaics estan connectats a la xarxa de distribució elèctrica i aboquen a ella la seva producció energètica. Ja hi ha centenars de milers de sistemes fotovoltaics connectats a la xarxa que demostren que la connexió a xarxa és tècnicament factible i molt fiable. En països com Alemanya, el Japó o els EUA, un nombre cada vegada més de persones i empreses estan interessades a instal·lar un sistema fotovoltaic i connectat a la xarxa. Les motivacions per a fer un pas semblant són diverses alguns ho fan per a guanyar diners amb la venda de l'electricitat solar; uns altres per a estalviar electricitat en els pics de demanda o per a donar estabilitat al consum si el subministrament que reben és inestable; molts altres justifiquen en tot o part la inversió per consciència ambiental. En tots els casos existeix la motivació de contribuir a desenvolupament d'aquesta tecnologia neta. Maneres de connectar-se a la xarxa. Per a la connexió a xarxa s'utilitza un inversor que converteix el corrent continu dels panells en corrent altern. L'inversor compleix a més altres funcions monitora el sistema i el desconnecta de la xarxa si hi ha algun funcionament anormal.

Hi ha dues maneres de connectar-se a la xarxa:

Facturació neta: L'electricitat solar s'usa primer per a consum propi i els excedents, si n'hi ha, s'injecten a la xarxa.

La instal·lació de 250 kW de potència nominal que es descriu en el present projecte constarà de 800 panells fotovoltaics, comptant cadascun d'ells amb una potència pico de 320 Wp. D'aquesta manera, la potència pico total serà de 256 kWp.

Tarifa fotovoltaica: S'injecta el 100% de l'energia produïda.

2.8.2 Elements que componen la instal·lació

2.8.2.1 Elecció del mòdul fotovoltaic

Depenent de la tecnologia a utilitzar i del preu, en el mercat existeixen diversos tipus de mòduls fotovoltaics depenent de la cèl·lula solar del qual estan composts: silici monocristal·lí, silici policristal·lins i silici amorf.

Per al disseny del projecte s'utilitzaran els de major rendiment (silici monocristal·lí). Malgrat ser una mica més costosos que altres tecnologies de mòduls fotovoltaics, proporcionen el major rendiment del mercat, entorn del 20%

L'elecció del mòdul fotovoltaic s'efectuarà tenint en compte una sèrie dels quals es mostren a continuació:

Potència nominal: L'objectiu és triar un mòdul de potència elevada amb la finalitat de disminuir al màxim el nombre d'elements, com són els suports, ja sigui estructura fixa o seguidor solar, així com connexions elèctriques. Per aquest motiu, els mòduls tindran una potència de 320 W.
Tolerància de la potència: La qualitat d'un mòdul ve definida per aquesta dada. Els valors actuals oscil·len entre un 2% i un 10%.

El Plec de condicions Tècniques per a les Instal·lacions Fotovoltaïques Connectades a la Xarxa del IDAE, estableix una tolerància màxima permesa del 10%.

Tensió nominal. En els mòduls els paràmetres nominals vénen definits pel nombre de cèl·lules seriï-paral·lel. Els mòduls fotovoltaics estan formats per una xarxa de cèl·lules connectades com un circuit en sèrie per a augmentar la tensió de sortida fins al valor desitjat, normalment s'utilitzen 12 o 24 V, alhora, també es connecten diverses xarxes formant un circuit en paral·lel per a augmentar el corrent elèctric que és capaç de subministrar el dispositiu. L'ídoni, és que la tensió sigui el més elevada possible amb la qual cosa les intensitats són petites per a una mateixa potència, això comporta una disminució de les pèrdues ocasionades per caiguda de tensió tant en el mòdul com en els cablejats, la qual cosa permet instal·lar menors seccions en el cablejat.

Rendiment: El rendiment o eficiència ve donat per l'expressió:

$$\eta = \frac{P_{MAX} \times 1000}{Area} \times 100 \quad (7)$$

Sent els paràmetres que apareixen en l'anterior fórmula:

-1.000: correspon valor de la irradiància incident en Condicions Estàndard de Mesura (CEM).

-L'àrea: és la superfície del mòdul.

-P_{máx} :correspon a la potència màxima pertanyent al mòdul.

-TONC: És la temperatura d'operació nominal de la cèl·lula, definida per a una irradiància.

Índex de protecció (IP): L'índex de protecció indica el grau d'estanquitat del mòdul respecte a agents externs com la pols i la humitat. Els mòduls actuals solen tenir valors d'IP de 54 o 65. En el Plec de condicions Tècniques del IDAE s'exigeix un valor mínim d'IP 65.

Garantia: La garantia dels mòduls fotovoltaics s'expressa en termes de manteniment d'un determinat percentatge de la potència nominal durant un nombre d'anys que pot arribar a 25 anys.

Tots els mòduls compleixen la norma ISO 9001 i presenten un aïllament classe II.

Tenint en compte totes les consideracions anteriors, s'ha triat el mòdul fotovoltaic SUNPOWER E19-320, companyia que garanteix una alta eficiència i fiabilitat en els mòduls que fabriquen.

A continuació es mostren les dades característiques del mòdul fotovoltaic triat per a aquest projecte:

DATOS ELÉCTRICOS	
	E19-320
Potencia nominal ¹² (Pnom)	320 W
Tolerancia de potencia	+5/-0%
Eficiencia media de panel ¹³	19,8%
Tensión en el punto de máxima potencia (Vmpp)	54,7 V
Corriente en el punto de máxima potencia (Impp)	5,86 A
Tensión de circuito abierto (Voc)	64,8 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	6,24 A
Tensión máxima del sistema	600 V UL
Fusible máximo por serie	20 A
Coefficiente de temperatura de potencia	-0,38% / °C
Coefficiente de temperatura de voltaje	-176,6 mV / °C
Coefficiente de temperatura de corriente	3,5 mA / °C

CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y DATOS MECÁNICOS	
Temperatura	- 40°C to +85°C
Carga máxima	Viento: 2400 Pa, 245 kg/m ² frontal y posterior Nieve: 5400 Pa, 550 kg/m ² frontal
Resistencia al impacto	Granizo de 25 mm de diámetro a 23 m/s
Aspecto	Clase A
Células solares	96 células monocristalinas Maxeon II generación
Cristal templado	Templado antirreflectante de alta transmisión
Caja de conexiones	Clasificación IP-65
Conectores	MC4
Bastidor	Negro anodizado de Clase 1, la clasificación más alta de la AAMA
Peso	18,6 kg

Taula 3 Dades del Panel SUNPOWER E19-320

2.8.2.2 Elecció de l'estructura de suport de les plaques.

L'estructura suport té les funcions principals de servir de suport i fixació segura dels mòduls fotovoltaics així com proporcionals una inclinació i orientació adequades, per a obtenir un màxim aprofitament de l'energia solar incident.

2.8.2.2.1 Estructura fixa

L'estructura fixa, com el seu propi nom indica, és aquella que no pot variar la seva posició entorn del moviment que exerceix la Terra al voltant del Sol durant el dia. Es tracta d'una mena de muntatge que té l'avantatge de ser més senzill que els altres, en el qual és de vital importància el criteri de selecció seguit per a l'elecció de l'angle òptim que garanteixi la seva màxima producció energètica.

2.8.2.2.2. Seguidors solars

La funció d'un seguidor solar és augmentar la producció dels panells fotovoltaics per mitjà de sistemes elèctrics i electrònics que segueixin la trajectòria del Sol com el faria un gira-sol, romanent el major temps amb la seva superfície receptora perpendicular a la trajectòria dels rajos emesos pel Sol, captant d'aquesta manera la màxima radiació solar durant el major interval de temps possible.

Aquest tipus de tecnologia es deu a l'intent de disminuir el cost de l'energia produïda. Això és possible gràcies a l'abaratiment cada vegada major dels elements mecànics i electrònics que entren a formar part del sistema de seguiment, així com a la construcció de sistemes relativament senzills el manteniment dels quals és mínim.

2.8.2.2.2.1. Seguidor de dos eixos

Aquests seguidors permeten la llibertat total de moviment, per la qual cosa la superfície col·lectora pot mantenir-se de manera contínua perpendicularment als raigs del Sol, la qual cosa assegura la màxima captació d'energia. Fent que l'angle d'incidència sigui mínim s'obté que la inclinació de la superfície ha de ser igual a l'angle zenital del Sol i la seva orientació ha de ser igual a l'azimut solar, això és l'angle d'inclinació de la superfície és igual a l'angle zenital del Sol i l'azimut de la superfície és igual a l'azimut del sol.

La superfície gira sobre un eix vertical seguint al Sol i sobre un eix horitzontal buscant l'angle òptim d'incidència, mantenint-se perpendicular al Sol.

$$\cos\theta_s = 1$$

$$\beta = \theta_{zs}$$

$$\alpha = \psi_s$$

On:

- θ_s : Angle d'incidència dels raigs del sol per a una superfície arbitràriament inclinada i orientada.
- β : inclinació de la superfície respecte al pla horitzontal (angle entre la superfície i el pla horitzontal).
- θ_{zs} : angle zenital.
- s : azimut solar (zero al sud i positiu a l'est). ψ
- α : angle d'azimut de la superfície o angle d'orientació.



Figura 12 Següidor de dos eixos

Una vegada explicat el funcionament de les tecnologies de seguiment solar, es procedirà a triar una d'elles per a la nostra instal·lació.

La tecnologia triada és la del Següidor de dos eixos i s'ha triat del fabricant DEGER IBERICA el següidor de dos eixos amb un ancoratge en mastí central, que requereix de fonamentació, és molt fàcil de col·locar i permet instal·lar una potència fins a 13,00 kWp.

2.8.2.3 Inversor

És l'equip encarregat de transformar l'energia rebuda del generador fotovoltaic (en forma de corrent continu) i adaptar-la a les condicions requerides segons la mena de càrregues, normalment en corrent altern i el posterior subministrament a la xarxa. Els inversors vénen caracteritzats principalment per la tensió d'entrada, que s'ha d'adaptar al generador, la potència màxima que pot proporcionar i l'eficiència. Aquesta última es defineix com la relació entre la potència elèctrica que l'inversor lliurament a la utilització (potència de sortida) i la potència elèctrica que extreu del generador (potència d'entrada).

2.8.2.3.1 Elecció de l'inversor

Actualment, en el mercat existeixen inversors amb valors de rendiment que aconsegueixen fins al 98,1%, la qual cosa provoca un gran aprofitament d'energia.

A l'hora de triar un inversor per a una instal·lació fotovoltaica cal tenir en compte una sèrie de paràmetres, alguns dels més importants són: el rendiment, el temps de vida, fiabilitat, l'autoconsum, etc.

La potència nominal de la instal·lació es correspon amb la potència de l'inversor. Depenent de l'eficiència de l'inversor es podrà connectar una major o menor potència del camp fotovoltaic, ja que la potència màxima que es pot injectar a l'entrada de l'inversor resulta de la divisió entre la potència màxima d'aquest element i la seva eficiència.

Amb les consideracions anteriorment indicades sobre l'inversor, s'ha triat l'estació INGECON SUN POWERSTATION SHE 22 que està equipat amb tot el necessari:

L'inversor (140 TL M220 INGECON), el quadre de paral·lel de Baixa tensió, el quadre de serveis auxiliars, el quadre de Mitjana tensió i el transformador Mt.



Figura 13 estació INGECON SUN POWERSTATION SHE 22

	SHE 22 - FA / FA	SHE 22 - FA / NA	
Información General			
Compartimento de inversores	Sistema de refrigeración	Ventilación forzada con control térmico	
	Extracción de aire / toma de aire	Sistema de sobrepresión con plenum anti-luvia / Rejillas con filtro de arena	
	Máx. consumo de potencia	400 W	
	Grado de protección	IP54 / NEMA 3R	
Compartimento del transformador	Sistema de refrigeración	Ventilación forzada con control térmico	Ventilación natural
	Extracción de aire / toma de aire	Sistema de sobrepresión con plenum anti-luvia / Rejillas con filtro de arena	Rejillas de metal protegidas
	Máx. consumo de potencia	2.720 W	0 W
	Grado de protección	IP54 / NEMA 3R	IP21
Cubículo MT ¹⁹	Sistema de refrigeración	Ventilación forzada con control térmico	
	Extracción de aire / toma de aire	Rejillas anti-luvia con filtro	
	Máx. consumo de potencia	130 W	
	Grado de protección	IP55 / NEMA 3R	
Rango de temperatura de operación ¹⁹	Desde -30 °C hasta 60 °C		
Humedad relativa	0 - 95%		
Altitud máxima ¹⁹	3.000 m sobre el nivel del mar		
Equipamiento			
Modelo de inversor	Serie X (Maestro-Escavo), Serie M (Multi-MPPT), Serie B (Monobloque)		
Servicios auxiliares	Versión base (versión completa, comunicaciones de alta velocidad opcionales)		
Transformador BT / MT	Tipo seco de resina o bañado en aceite herméticamente sellado		
Celdas MT	Celdas de protección 1P-1L o 1P-2L		
Información mecánica			
Material	Acero		
Aislamiento	Paneles sándwich con una espuma de relleno de 50 mm de poliestireno (gritudo)		
<p>Notas: ¹⁹ Equipado con transformador de aceite BT / MT herméticamente sellado. ²⁰ Incluye la aparamenta, panel de servicios auxiliares y sistemas de monitorización. ²¹ INGECON® SUN PowerMax, Series M y X: la potencia nominal indicada en las tablas de características está garantizada hasta 45 °C de temperatura ambiente. Por encima de 45 °C, derating de 1,8% por cada °C de incremento hasta los 60 °C. Temperatura mínima de -30 °C con kit opcional. Para los inversores INGECON® SUN PowerMax Serie B: la potencia nominal indicada en las tablas de características está garantizada hasta 50 °C de temperatura ambiente. Por encima de 50 °C, derating de 1,8% por cada °C de incremento hasta los 60 °C. Temperatura mínima de -30 °C con kit opcional. ²² Para altitudes superiores a 1.000 m, consultar con Ingeteam.</p>			

	Longitud	Anchura	Altura
Dimensiones (mm)			
Dimensiones del equipo	6.750	2.450	3.050
Dimensiones globales con puertas abiertas (Tunnel)	8.750	3.950	3.050
Dimensiones globales con puertas abiertas (Wing)	8.560	6.750	3.050
Dimensiones de los cimientos	9.000	5.000	300



Ingeteam

Taula 4 Característiques de l'estació INGECON SUN POWERSTATION SHE 22



Figura 14 INGECON SUN 140TL B220

A continuació es mostren les dades característiques de l'inversor triat per a aquest projecte:

	110TL B220	140TL B220	175TL B275	190TL B300	200TL B320	220TL B345	230TL B360	250TL B400
Valores de Entrada (DC)								
Rango pot. campo FV recomendado ¹⁾	103 - 130 kWp	141 - 163 kWp	169 - 195 kWp	193 - 224 kWp	205 - 238 kWp	224 - 260 kWp	233 - 273 kWp	254 - 295 kWp
Rango de tensión MPP	405 - 820 V	405 - 820 V	420 - 820 V	437 - 820 V	468 - 820 V	502 - 820 V	524 - 820 V	578 - 820 V
Tensión máxima ²⁾	1.000 V	1.000 V	1.000 V	1.000 V	1.000 V	1.000 V	1.000 V	1.000 V
Corriente máxima	400 A	400 A	400 A	400 A	400 A	400 A	400 A	450 A
Nº entradas	4	4	4	4	4	4	4	4
MPPT	1	1	1	1	1	1	1	1
Valores de Salida (AC)								
Potencia nominal ³⁾	110 kW	137,5 kW	173 kW	189,2 kW	201,3 kW	220 kW	229 kW	250 kW
Corriente máxima	368 A	368 A	368 A	368 A	368 A	368 A	368 A	368 A
Tensión nominal	220 V Sistema IT	220 V Sistema IT	275 V Sistema IT	300 V Sistema IT	320 V Sistema IT	345 V Sistema IT	360 V Sistema IT	400 V Sistema IT
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Coseno Phi ⁴⁾	1	1	1	1	1	1	1	1
Coseno Phi ajustable	SI. Smáx=110 kVA	SI. Smáx=137 kVA	SI. Smáx=173 kVA	SI. Smáx=189,2 kVA	SI. Smáx=201,3 kVA	SI. Smáx=220 kVA	SI. Smáx=229 kVA	SI. Smáx=250 kVA
THD ⁵⁾	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%
Rendimiento								
Eficiencia máxima	98,4%	98,1%	98,5%	98,6%	98,7%	98,8%	98,8%	98,9%
Euroeficiencia	97,5%	97,7%	98,2%	98,3%	98,4%	98,5%	98,6%	98,6%
Datos Generales								
Refrigeración por aire	2.600 m³/h	2.600 m³/h	2.600 m³/h	2.600 m³/h	2.600 m³/h	2.600 m³/h	2.600 m³/h	2.600 m³/h
Consumo en stand-by ⁶⁾	30 W	30 W	30 W	30 W	30 W	30 W	30 W	30 W
Consumo nocturno	<5 W	<5 W	<5 W	<5 W	<5 W	<5 W	<5 W	<5 W
Temperatura de funcionamiento	-20°C a +65°C	-20°C a +65°C	-20°C a +65°C	-20°C a +65°C	-20°C a +65°C	-20°C a +65°C	-20°C a +65°C	-20°C a +65°C
Humedad relativa (sin condensación)	0 - 95%	0 - 95%	0 - 95%	0 - 95%	0 - 95%	0 - 95%	0 - 95%	0 - 95%
Grado de protección	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20
Notas: ¹⁾ Dependiendo del tipo de instalación y de la ubicación geográfica. ²⁾ No superar en ningún caso los 1.000 V. Considerar el aumento de tensión de los paneles "VOC" a bajas temperaturas. ³⁾ Potencia AC hasta 40°C de temperatura ambiente. Por cada °C de incremento, la potencia de salida se reducirá un 1,8%. ⁴⁾ Para Pfc>25% de la potencia nominal y tensión según IEC 61000-3-4. ⁵⁾ Consumo desde el campo fotovoltaico. Referencias normativas: CE, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 50178, EN 62109-1, EN 62109-2, FCC Part 15, IEC 62116, RD1699/2011, DIN V VDE V 0126-1-1, CEI 0-16, BDEW-Mittelspannungsrichtlinie:2011, A70 Terna, P.D.12.3, South Africa Grid code, IEEE929, IED61727.								
Power TL								
Dimensiones y peso (mm)								
110TL B220 / 140TL B220 / 175TL B275 / 190TL B300 200TL B320 / 220TL B345 / 230TL B360 / 250TL B400 600 kg.								

Ingeteam

Taula 5 característiques de l'inversor

Existeix una àmplia gamma d'aquesta mena de dispositius. Es pot realitzar la instal·lació amb un o diversos inversors, en aquest cas, s'optarà per la elecció de dos inversors pels avantatges que s'esmenten a continuació:

- Major rendiment general en condicions normals de funcionament
- Es treballa amb tensions més altes que impliquen menors pèrdues per intensitat amb la conseqüent disminució de secció en els conductors.
- Major facilitat de control i monitoratge de la instal·lació

L'inversor compleix amb tot el que s'estableix segons l'RD 1663/2000 de 29 de Setembre sobre connexió d'instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de baixa tensió.

Entre aquestes proteccions es troben les que es resumeixen a continuació:

- Transformador d'AC d'aïllament galvànic en el seu interior.
- Interruptor automàtic de la interconnexió per a la desconexió automàtica de la instal·lació fotovoltaïca en cas de pèrdua de tensió o freqüència de la xarxa.
- Protecció per a interconnexió de màxima i mínima freqüència (51 i 49 Hz, respectivament) i de màxima i mínima tensió (1,1 i 0,85 Um, respectivament).
- Rearmament automàtic de la connexió amb la xarxa de baixa tensió de la instal·lació fotovoltaïca una vegada restablerta la tensió de xarxa per l'empresa distribuïdora.

2.8.2.3.1.1 Transformador:

En l'estació INGECOM SUNPOWERSTATION SHE20 que allotja l'inversor, com ja s'ha comentat abans, ve allotjat en el seu interior un transformador de tensió que eleva la tensió de l'inversor a 25 KV, per a poder injectar aquesta tensió a la xarxa. A més, aquest transformador protegeix el sistema de la següent manera: d'una banda, evita que puguin passar petites components de corrent continu a la xarxa, amb el que assegura la qualitat del subministrament; d'altra banda, el seu neutre amb posada a terra garanteix la separació galvànica entre la zona d'alterna i la de contínua, donant així una gran seguretat al sistema.

2.8.2.4 Proteccions, cablejat i posada a terra.

La proteccions de la instal·lació compliran amb el que s'estableix en el R.D.1663/2000 del 29 de Setembre sobre connexió d'instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de baixa tensió, amb la resolució de 31 de maig de 2001 i en particular amb l'esquema unifilar presentat en l'Annex I d'aquesta resolució, i amb les condicions particulars de connexió facilitades per la companyia elèctrica distribuïdora.

2.8.2.4.1 Proteccions

A més de les proteccions que inclou l'inversor s'inclouran les següents proteccions per a la instal·lació:

-Interruptor general manual (de manipulació per la companyia elèctrica).

Interruptor magneto tèrmic. La intensitat de curtcircuit d'aquest interruptor ha de ser més alta que la facilitada per la companyia elèctrica en el punt d'accés a la xarxa concedit per aquesta.

-Fusibles (en armari CC).

En tots dos pols de cada branca que componen el generador. Aquests fusibles es trobessin en uns armaris situats al costat del camp fotovoltaic en les quals a més es realitzés el paral·lel de les sèries fins a arribar a l'inversor.

-Separació galvànica (en l'inversor).

L'aïllament galvànic entre la xarxa de distribució de baixa tensió i el generador fotovoltaic es realitza mitjançant separació galvànica segons l'estipulat en la ITC-24 del REBT.

-Protecció per a la interconnexió de màxima i mínima freqüència

Format pel relé de freqüència que estarà calibrat entre els valors 51 i 49 Hz i haurà d'actuar quan la freqüència sigui superior o inferior a la de la xarxa durant més de 5 períodes. Aquesta protecció està incorporada en els inversors.

-Protecció per a la interconnexió de màxima i mínima tensió

Format pel relé de tensió, que estarà calibrat entre els valors 1,1 i 0,85 de la tensió de servei de la xarxa. El temps d'actuació ha de ser inferior a 0,5 segons. Aquesta protecció està incorporada en els inversors.

-La protecció de derivació a terra

Tant del positiu com del negatiu està inclosa en els inversors.

-Sistema de prevenció de funcionament en illa

Aquest sistema ve incorporat a l'inversor el qual desconnecta automàticament el generat fotovoltaic quan no detecta tensió en la xarxa de subministrament.

Per descomptat, el rearmament de la instal·lació es realitzarà de manera automàtica una vegada que es restableixi la tensió i freqüència de xarxa dins dels límits prefixats. Els inversors asseguruen la reconexió en 180s.

Al seu torn, la seguretat per a les persones ve garantida per les proteccions que es relacionen a

continuació:

-Interruptor automàtic diferencial

Amb la finalitat de protegir les persones en cas de derivació d'algun element en la part de corrent altern de la instal·lació.

-Magneto tèrmic general

Protegeix les persones i els equips de sobreintensitats.

2.8.2.4.2 Posada a terra

La posada a terra de les masses d'una instal·lació té per objecte protegir les persones en el cas que un defecte provoqui l'aparició de tensió on normalment no ha d'haver-la i també permet que funcions altres mesures de protecció. En aquest cas tal com estableix l'RD 1663/2000 "Les masses de la instal·lació fotovoltaica, tant les de la part d'alterna com les de contínua, estaran connectades a una terra independent de la del neutre de l'empresa distribuïdora d'acord amb el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió, així com de les masses de la resta del subministrament."

Es connectaran a terra l'estructura de subjecció d'aquests, la carcassa dels inversors així com totes les masses metàl·liques presents en la instal·lació. Aquesta posada a terra es realitzarà mitjançant cable de coure nu i pica de terra, seguint la normativa vigent en aquesta mena d'instal·lacions. La secció mínima del cable serà de 16 mm².

La posada a terra de la instal·lació es farà de manera que no s'alterin les condicions de posada a terra de la xarxa de l'empresa elèctrica distribuïdora, assegurant que es produeixin transferències de defectes a la xarxa de distribució.

Els positius i negatius de cada branca de la instal·lació es conduiran fins al quadre d'alterna separats i protegits.

Es connectaran les masses metàl·liques dels mòduls entre si mitjançant conductor de Cu de posada a terra de 16 mm² de secció i es connectessin a l'estructura dels mòduls.

Es clavarà una pica de terra de Cu de 2,0 m de longitud per a cada suport dels mòduls fotovoltaics i a més s'uniran les terres dels 20 suports que integren la instal·lació en una terra unificada. L'unió dels diferents punts de posada a terra mitjançant cable nu de coure de 35 mm² de secció directament enterrat.

Les masses metàl·liques de tots els armaris també s'uniran a la línia terra. Es comprovarà la continuïtat de totes les connexions a terres abans de la posada en servei de la instal·lació i en les revisions periòdiques.

2.8.2.4.3 Cablejat de la instal·lació i caixes de connexió en CC

2.8.2.4.3.1 Cablejat

La connexió entre mòduls es realitzarà amb terminals multi contacte que facilitaran la instal·lació i a més assegurin la durabilitat de les connexions.

A partir del generador fotovoltaic els positius i negatius es condueixen separats, protegits i senyalitzats d'acord amb la normativa vigent. Els conductors seran de coure i tindran la secció adequada per a assegurar caigudes de tensió inferiors al 1,5% en la part de corrent continu de la tensió nominal, calculant els cables per a una intensitat màxima admissible igual a la de curtcircuit del generador fotovoltaic.

El cable utilitzat serà un conductor flexible de coure amb aïllament de polietilè reticulat, especialment dissenyat per a intempèrie i amb resistència contra els raigs UV. Està fabricat d'acord amb norma UNE 21- 123 i presenta unes prestacions elevades enfront de sobrecàrregues i curtcircuits.

2.8.2.4.3.2 Caixes de connexió

Les caixes de connexió en corrent continu han de ser resistents a les condicions climàtiques del lloc, i com les que es col·loquen en els suports aniran en l'exterior precisen un grau de protecció mínima IP 64, així com tenir aïllament classe II, amb una clara distribució entre el pol positiu i el negatiu.

Seràn caixes de dimensions adequades, en el seu interior han d'estar clarament identificats cadascun dels circuits, fusible, interruptors, etc. L'accés a aquestes caixes estarà limitat a personal autoritzat.

2.8.2.4.4 Cablejat de la instal·lació i caixes de connexió en CA

2.8.2.4.4.1 Cablejat

El cablejat de CA es correspon a l'últim tram de la instal·lació fotovoltaica, el qual finalitzarà amb la connexió física de la mateixa a la xarxa elèctrica de distribució en mitjana tensió. Aquest tram s'inicia a la sortida de l'inversor i finalitza en el punt de connexió de mitjana tensió en la xarxa.

El cable utilitzat serà un conductor flexible de coure amb aïllament de polietilè reticulat especialment dissenyat per a intempèrie i amb resistència contra els raigs UV. Està fabricat d'acord amb norma UNE 21- 123 i presenta unes prestacions elevades enfront de sobrecàrregues i curtcircuits.

Els conductors seran de coure i tindran la secció adequada per a assegurar caigudes de tensió inferiors 2% en la part de corrent altern de la tensió nominal, inclosa les possibles pèrdues per terminals intermedis, i els límits d'escalfament recomanats pel fabricant dels conductors, segons s'estableix en el Reglament Electrotècnic de Baixa.

2.8.2.4.4.2 Caixa de connexió

Les caixes de connexió en corrent altern han de ser resistents a les condicions climàtiques del lloc,

aniran a l'interior de la caseta on es troben els comptadors, hauran de tenir aïllament classe II. Es col·locarà una caixa de connexió per cada comptador, seran caixes de dimensions adequades, en el seu interior ha d'estar clarament identificat cadascun de els, interruptors. L'accés a aquestes caixes estarà limitat a personal autoritzat.

2.8.2.5 Equips de mesura

Els elements que conformen el quadre de mesura de la instal·lació compliran en tot moment amb les Normes Particulars de la companyia elèctrica, Endesa Distribució Elèctrica.

Tots els elements integrants de l'equip de mesura, tant a l'entrada com a la sortida d'energia, seran precintats per l'empresa distribuïdora. Els llocs dels comptadors s'hauran de senyalitzar de manera indeleble, de manera que l'assignació a cada titular de la instal·lació quedi patent sense lloc a confusió. A més s'indicarà, per a cada titular de la instal·lació, si es tracta d'un comptador d'entrada d'energia procedent de l'empresa distribuïdora o d'un comptador de sortida d'energia de la instal·lació fotovoltaica.

L'instal·lador autoritzat només podrà obrir els precintes amb el consentiment escrit de la companyia distribuïdora. En cas de perill poden retirar-se els precintes sense consentiment de la companyia elèctrica; sent en aquest cas obligatori informar la companyia distribuïdora immediatament. La col·locació dels comptadors i les condicions de seguretat es realitzaran d'acord amb la ITC-BT-16. Els comptadors s'ajustaran a les característiques especificades en les normes UNE 20.439, 21.310 i 21.311 i, per a l'activa, com a mínim a les de classe de precisió 2 regulada pel RD 875/84. El comptador de sortida serà bidireccional, o en defecte d'això, es connectaran dos comptadors unidireccionals. L'energia elèctrica que el titular de la instal·lació facturarà a l'empresa distribuïdora serà la diferència entre l'energia elèctrica de sortida menys la d'entrada a la instal·lació fotovoltaica.

Els comptadors s'ajustaran a la normativa metrològica vigent i la seva precisió haurà de ser com a mínim la corresponent a la Classe 2, regulada pel Reial decret 875/1984 de 28 de Març, pel qual s'aprova el Reglament per a l'aprovació del model i verificació primitiva de comptadors d'ús corrent (classe 2) en connexió directa, nova, a tarifa simple o a tarifes múltiples, destinades a la mesura d'energia en corrent monofàsic o polifàsic de 50 Hz de freqüència.

Les característiques de l'equip de mesura de sortida seran tals que la intensitat corresponent a la potència nominal de la instal·lació fotovoltaica es trobi entre el 45% de la intensitat nominal i la intensitat màxima de precisió d'aquest equip.

2.8.2.6. Quadre de distribució, protecció i comandament

És el quadre on s'allotgen les proteccions de les persones contra contactes directes i indirectes, i de la instal·lació enfront de curtcircuits, sobrecàrregues i sobretensions dels corrents alterns generats a la sortida dels inversors.

El quadre estarà allotjat en l'estació INGECOMSUNPOWERSTATION SHE 20, en la qual s'allotja l'inversor, ja que està preparat com es va dir anteriorment per a acollir tots aquests elements de la instal·lació (inversor, transformador...):

El quadre està format bàsicament pels següents elements per als tres tipus de configuracions:

Interruptor magneto tèrmic amb relé diferencial

Interruptor de protecció i comandament contra sobrecàrregues i curtcircuits.

Relé diferencial

Interromp un circuit en cas de produir-se un defecte d'aïllament entre conductors actius i terra igual o superior a un valor de 300mA.

2.8.2.7. Seguretat de la Planta

Per a la seguretat de la planta s'empresin diversos sistemes diversos sistemes que treballin de manera conjunta per a evitar robatoris i intrusions en la planta:

- Es farà un clos perimetral de 3 metres d'altura.
- Alarma automàtica.
- Comunicació via telefònica amb central d'alarma i personal de servei.
- Circuit tancat de TV, amb enregistrament automàtic.
- Col·locació de protecció en els caragols de fixació dels mòduls.

2.8.2.8. Escomesa elèctrica.

És la part de la instal·lació de xarxa de distribució, que alimenta la caixa general de protecció o unitat funcional equivalent (CGP). Els conductors seran de coure o alumini. Aquesta línia està regulada per la ITC-BT-11.

Existeix en la parcel·la una escomesa de la companyia Endesa a la qual es connectarà la nostra planta fotovoltaica. L'escomesa és subterrània. Els cables són aïllats, de tensió assignada 0,6/1 KV, i van directament enterrats o enterrats sota tub.

2.9 Etapes i terminis d'execució.

En el següent apartat s'intentarà aproximar tant els treballs necessaris que es duran a terme per a la construcció de la planta com els terminis d'execució.

2.9.1 Obra civil

A causa de les característiques de l'emplaçament es faran els següents treballs en el terreny abans de començar amb la construcció.

2.9.1.1 Moviments de terres

Els moviments de terres que s'executaran són els necessaris per a deixar el terreny de manera uniforme per a poder instal·lar correctament els suports que suportaran els mòduls fotovoltaics. Es compactés el terreny i s'eliminarà la vegetació. Es realitzaran excavacions, farciments i esplanacions en les zones que siguin necessaris.

La superfície definitiva del camp solar final s'anivellarà en sentit Nord-Sud. Els pendents d'Est a Oest seran iguals o inferiors a l'1% per a proporcionar capacitat de drenatge. L'aigua de pluges torrencials es drenarà mitjançant unes arquetes que per gravetat conduiran l'aigua fins a un desguàs.

2.9.1.2 Fonamentació.

Els suports amb seguidor de dos eixos dels panells solars van muntats sobre una Sabata Superficial, per la qual cosa no és necessari excavació per a la fonamentació.

Solament ha de realitzar-se una neteja del terreny eliminant la primera capa de vegetació i posterior aplanat de terreny. Es proporciona als clients el motlle necessari.

Gràcies al descrit anteriorment, la instal·lació dels seguidors és molt ràpida i senzilla de col·locar sobre la sabata de fonamentació.

2.9.1.3 Altres treballs.

Aquest parc estarà tancat amb una tanca metàl·lica i amb una sèrie de mesures de seguretat i a més l'obra civil inclourà els treballs d'urbanització, en els quals estaran els vials d'accés als panells fotovoltaics, inversor etc., i el manteniment dels diferents equips dins de la planta.

2.9.2 Terminis d'execució.

El termini d'execució de l'obra s'estima entre 3 mesos des de l'inici de l'obra. Se separarà la construcció en diferents etapes segons el seu ordre cronològic.

DESCRIPCIÓ DE LES OBRES	MESOS											
	1				2				3			
Adequació del terreny i obra civil.	■	■	■	■	■							
Confecció i col·locació estructures i seguidors solars						■						
Confecció dels quadres de protecció de cada subgrup	■	■	■									
Col·locació dels quadres i línia elèctrica				■	■	■	■	■				
Col·locació dels mòduls							■	■	■			
Adequació de la sala de proteccions									■	■		
Muntatge i connexió del contenidor amb els inversors	■	■	■	■	■	■	■					
Obertura de rasa i Muntatge i Instal·lació del CT									■			
Establert connexió de tots els dispositius										■	■	■
Direcció i Control d'Obra per part Enginyeria	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Taula 6 terminis d'execució de l'obra

2.9.2.1 Adequació del terreny i obra civil.

El primer serà deixar el terreny en condicions necessàries per a començar la construcció de la planta. És el que es coneix com a obra civil, com ja es va comentar anteriorment.

2.9.2.2 Fonamentació de les sabates superficials

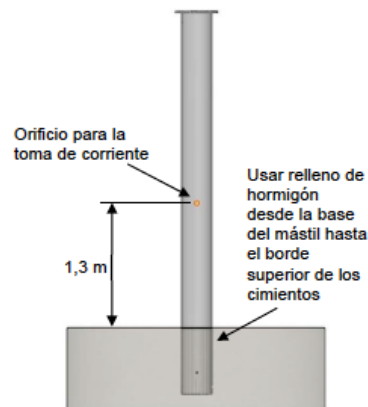
Una vegada el terreny estigui llest es procedirà a la fonamentació de les 20 sabates superficials que suportessin cadascun de els 40 mòduls.



Figura 15 Cimentació de les sabates

2.9.2.3 Col·locació del suport del seguidor sobre les sabates

Ràpida i senzilla col·locació del seguidor sobre la sabata de fonamentació. Amb la mateixa màquina que s'ha utilitzat per a realitzar la neteja del terreny podem col·locar l'estructura en "O" sobre la sabata de fonamentació. Posteriorment es procedeix a ajustar l'estructura als pernns mitjançant un sistema de doble rosca.



El hormigón debe dejarse endurecer por lo menos 2 días, antes de realizar cualquier trabajo de instalación adicional. Hay que seguir las indicaciones del constructor.

Figura 16 Col·locació del suport del seguidor sobre les sabates

2.9.2.4 Instal·lació de Mòduls

Flexible instal·lació dels mòduls de qualsevol potència. La graella, que és l'estructura sobre la qual s'ajusten els mòduls, permet dotar al seguidor DEGER d'una gran flexibilitat pel que fa a la col·locació de mòduls de diverses potències i de diferents fabricadores. El seguidor D-100 en aquests moments és l'opció més oberta del mercat per a treballar amb qualsevol mena de mòdul.



Figura 17 Instal·lació de Mòduls

2.9.2.5 Ràpida Col·locació sobre Estructura.

El fet que d'una banda un equip d'instal·lació estigui treballant en la fonamentació i col·locació de l'estructura en "O" sobre la fonamentació, i un altre equip estigui treballant en la col·locació de mòduls sobre les graelles, permet a l'instal·lador una gran agilitat i versatilitat en el seu equip, aconseguint temps d'instal·lació molt reduïts.

2.9.2.6 Posada a punt Ràpida i Senzilla.

En tot moment comptarà amb el suport de l'equip tècnic de DEGER que l'assessorarà en totes les fases del projecte, tant en el projecte d'enginyeria, com en l'obra civil i instal·lació, així com en la posada a punt i manteniment.

2.9.2.7. Clos perimetral

La parcel·la on se situa la planta fotovoltaica serà barrada en tot el seu perímetre mitjançant un clos metàl·lic de 2 metres d'altura compost de xarxa metàl·lica i pals a fi d'evitar intrusions i la lliure circulació de vehicles o personal no autoritzat. Aquest tipus de clos compleix amb els requeriments establerts per la Direcció General de Qualitat Ambiental dictada en la preceptiva Declaració d'Impacte Ambiental.

2.10 Resum del pressupost

S'ofereix a continuació un resum del pressupost que serà desglossat més endavant en el capítol de pressupost.



Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

DISSENY D'UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 250 kW AL MUNICIPI D'ALMATRET

3 CALCULS

TITULACIÓ: Grau d' Enginyeria Elèctrica

AUTOR: Joan Alegret Ciuraneta
DIRECTOR: José Antonio Barrado

DATA: Octubre 2021.

3.1 Dimensionat de la instal·lació fotovoltaica:

Abans de realitzar el dimensionament de la instal·lació, recordarem les característiques tècniques dels equips utilitzats:

Característiques tècniques del panell solar fotovoltaic:

El panell utilitzat en aquest projecte és de la marca SUNPOWER E19-320.

Potència nominal (Pnom)	320 W
Corrent punt de màxima potència (Imp)	5,86 A
màxima potència (Vmp)	54,7 V
Corrent de curt circuit (Isc)	6,24 A
Tensió de circuit obert (Voc)	64,8 A
Coefficient de temperatura de Isc(α)	3,5 mA/°C
Coefficient de temperatura de Voc(β)	-176,6 mV/°C
Màxima tensió del sistema	600 V
Dimensions (mm)	1559x1046x46
Pes	18,6 Kg

Taula 7 Dades del Panell SUNPOWER E19-320

Característiques tècniques de l'inversor:

L'inversor utilitzat en aquest projecte és de la marca IGECON Sun 140 TL B220 dels quals en col·locarem dos per cobrir els 250 kW.

Rang de tensió entrada	405-820 V
Màxima tensió entrada	1000 V
Màxima corrent entrada	400 A
Potència nominal	137,5 Kw
Potència pic	141-163 Kw
Corrent màxim CC	368 A
Tensió nominal	220 V
Freqüència nominal	50/60 Hz
Cosinus de Phi	1
Pes	560 Kg
Dimensions (mm)	1031x877x1761

Taula 8 Dades del Panell SUNPOWER E19-320

A continuació, es calcularan el nombre de mòduls que s'han de col·locar, i la seva distribució, per a satisfer les característiques de la instal·lació.

3.1.1 Determinació del número de mòduls en sèrie

El rang de tensió d'entrada de l'inversor va de 405 a 820V, sent 1000V la màxima tensió admissible a l'entrada. Amb aquestes dades, es pot trobar el número mínim i màxim de mòduls sèrie per als valors crítics de mòdul triat. Cada mòdul té una tensió de 54,7V.

Tindrem doncs que posar un mínim 8 de mòduls:

$$405 \div 54,7 = 7,4$$

I un màxim de 15 mòduls en sèrie:

$$820 \div 54,7 = 14,99$$

El mòdul té una tensió a potència màxima de 54,7V, com ja s'ha esmentat, però la instal·lació funcionarà al llarg del any en condicions variables d'irradiació i temperatura. S'han de tenir en compte situacions extremes de funcionament com són: temperatures per sota de 0 °C (la temperatura mínima històrica d'Almatret és de -15 °C, per la qual cosa és necessari verificar que el sistema no superi la tensió esmentada anteriorment).

El mateix ocorre en mesos de juliol i agost on les temperatures de treball de la cèl·lula seran molt elevades s'estimen pròximes als 70°C.

Se suposa un interval de temperatura de treball de (-15 °C, 70 °C). La potència màxima que es pot injectar a l'entrada per cada inversor és:

$$P_{\max} = \frac{P_{\max \text{ inversor } 1}}{\eta} = \frac{135}{0,984} = 137,195 \text{ kW.}$$

$$P_{\max} = \frac{P_{\max \text{ inversor } 2}}{\eta} = \frac{135}{0,984} = 137,195 \text{ kW.}$$

$$P_{\max 1,2} = 276 \text{ Kwac.}$$

A continuació es delimiten el nombre de panells que es poden col·locar per a aconseguir aquesta potència:

$$\text{Numero maxim de Panels} = \frac{P_{\max}}{P_{\text{moduls}}} = \frac{137,195 \text{ kW}}{320 \text{ W}} = 428 \text{ panells.}$$

$$\text{Total 2 inversors } 428 \text{ panells} \times 2 = 856 \text{ panells.}$$

A continuació es calculés el nombre de mòduls que s'han de connectar en sèrie per als punts de mínima tensió en funcionament i mínima tensió en arrencada de l'inversor.

Valor de tensió en el punt de màxima potència, per al límit superior de temperatura.

$$\Delta V = \Delta T \times \beta = (70 - 25)^{\circ}\text{C} \times \left(-176,6 \frac{\text{mV}}{^{\circ}\text{C}}\right) = -7,95 \text{ V/panel}$$

$$V_{\text{Mpp}} = V_{\text{Mpp}}(25)^{\circ}\text{C} + \Delta V = 54,7 - 7,95 = 46,75 \text{ V}$$

$$\frac{405 \text{ V}}{46,75 \text{ V/panel}} = 8,66 \text{ panells.}$$

Aquest valor l'ajustem a 9 mòduls per a aconseguir els 405V de tensió.

Valor de tensió en el punt de màxima potència, per al límit superior de temperatura.

$$\Delta V = \Delta T \times \beta = (-15 - 25)^{\circ}\text{C} \times \left(-176,6 \frac{\text{mV}}{^{\circ}\text{C}}\right) = 7,06 \text{ V/panel}$$

$$V_{\text{Mpp}} = V_{\text{Mpp}}(25)^{\circ}\text{C} + \Delta V = 54,7 - 7,06 = 61,76 \text{ V}$$

$$\frac{820 \text{ V}}{61,76 \text{ V/panel}} = 13,27 \text{ panells.}$$

Aquest valor l'ajustem a 13 mòduls per a no passar-nos dels 820 V de tensió.

No obstant això, existeix en l'inversor altre límit superior en la tensió, que correspon a la tensió màxima a circuit obert, que en l'inversor que ens ocupa és de 1000 V.

D'aquesta manera, es fa necessari calcular la tensió a circuit obert a la temperatura de -15°C .

$$\Delta V = \Delta T \times \beta = (-15 - 25)^{\circ}\text{C} \times \left(-176,6 \frac{\text{mV}}{^{\circ}\text{C}}\right) = 7,06 \text{ V/panel}$$

$$V_{\text{Mpp}} = V_{\text{Mpp}}(25)^{\circ}\text{C} + \Delta V = 64,8 - 7,06 = 71,86 \text{ V}$$

$$\frac{1000 \text{ V}}{71,86 \text{ V/panell}} = 13,91 \text{ panells.}$$

D'aquesta manera, el màxim nombre de mòduls en sèrie que s'han de col·locar són 13 per al límit superior i 9 per al límit inferior.

3.1.2 Determinació del numero de mòduls en paral·lel

La intensitat de corrent en el panell augmenta 3,5 mA per cada grau d'augment en la temperatura. Així, en el límit superior de 70 °C, la intensitat serà de:

$$\Delta i = \Delta T \times \alpha = (70 - 25)^\circ\text{C} \times \left(3,5 \frac{\text{mA}}{^\circ\text{C}}\right) = 0,14 \text{ V/panel}$$

$$I_{\text{Mpp}} = I_{\text{Mpp}}(25)^\circ\text{C} + \Delta V = 5,86 - 0,14 = 6 \text{ A}$$

$$\frac{2 \times 400 \text{ A}}{6 \text{ A/panel}} = 133,3 \text{ panells.}$$

El màxim nombre de panells que es podran col·locar en paral·lel seran 133.

El nombre mínim de panells a connectar en paral·lel, pot determinar-se tenint en compte que per a l'inversor seleccionat que son 2 x 137,7 kW de potència nominal, la instal·lació ha de comptar amb una potència mínima de 2 x 137,7 kW. Es decidissin connectar grups de 10 panells en sèrie.

$$P_{\text{panells serie}} = 10 \times 54,7 \text{ V} \times 5,86 \text{ A} = 3205,42 \text{ W}$$

$$P_{\text{panells paralel}} = \frac{2 \times 103 \text{ kW}}{3205,42 \text{ W}} = 64,26 \text{ branques en paral. lel}$$

El mínim nombre de panells que es podran col·locar en paral·lel seran 65.

3.1.3 Elecció dels paràmetres

Dels càlculs anteriors hem obtingut que el nombre de mòduls solars que es poden connectar en sèrie serà de 9 com a mínim i 13 com a màxim.

De la connexió dels mòduls en paral·lel hem obtingut que podem connectar fins a 65 mòduls com a mínim i 133 com a màxim.

A continuació, s'analitzés com aniran muntats els mòduls en l'estructura del seguidor solar, per a col·locar les menys estructures de seguidors possibles i d'aquesta manera abaratir la instal·lació.

Dades del seguidor:

El seguidor triat és el DEGER D100

- La superfície màxima de la graella: 70,6 m².
- Potència fotovoltaica màxima: 12,000 Kw DC.

La superfície total del mòdul SUNPOWER E19-320 és de 1,63 m².

- Nombre de mòduls per Ramal: 10 panells connectats en sèrie.

- Nombre de ramals connectats en paral·lel: 80 ramals

Es decideix col·locar 4 ramals connectats en paral·lel en cada seguidor solar, per la qual cosa faran un total de 40 mòduls per seguidor.

La superfície que necessitem per al seguidor és:

$$\begin{aligned} \text{Superfície necessària} &= \text{Sup (mòdul)} \cdot N \\ \text{Superfície necessària} &= 1,63 \cdot 40 = 65,2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

On:

Sup (modulo) → Superfície del mòdul solar fotovoltaic [m²]

N → Nombre de mòduls a col·locar per seguidor

La superfície necessària és de 65,2m², per el seguidor triat ens permet la instal·lació.

D'aquesta manera el camp estarà format per un total de 22 estructures amb seguidor solar, en cada seguidor es col·loquessin 4 ramals connectats en paral·lel, la qual cosa fan un total de mòduls en la planta de:

$$\text{Total de mòduls} = 4 \cdot 10 \cdot 22 = 880 \text{ mòduls}$$

La potència pico final de la instal·lació serà la següent:

$$P_{\text{pico}} = 10 \cdot 54,7 \text{ V} \cdot 80 \cdot 5,86 \text{ A} = 256,433 \text{ Wp}$$

La potència pic obtinguda entra dins dels valors màxim i mínim dels dos inversors (141-163 Kw) així que els paràmetres calculats són correctes.

Nombre de mòduls en sèrie	10
Nombre de mòduls en paral·lel	80
Nombre de mòduls totals	800
Potència màxima teòrica	256,433 kW
Potència màxima dels dos inversors	256 kW
Potència de l'inversor 1	138 kW AC
Potència de l'inversor 2	138 kW AC
Connexió a xarxa	Trifàsica

Taula 9 Dimensionat dels mòduls a l'instal·lació

3.1.4 Càlcul distància entre les estructures dels panells per a evitar ombres

Per a assegurar-nos un bon rendiment en tots els panells és necessari calcular la distància entre ells per a evitar les possibles ombres que es produeixen i així obtenir una bona producció de cada uns dels panells.

Per al càlcul és necessari determinar la latitud de la localització de la planta i saber que el dia amb la major ombra en tot l'any és el 21 de desembre.

Amb les següents dades es pot procedir, a partir d'unes equacions, al càlcul de la declinació i amb això sabrem on es projectessin les ombres i on haurem de muntar els seguidors perquè aquestes no afectin el rendiment dels panells.

N = dia de l'any (1...365, prenen 1 per al primer dia de gener)

Latitud = 41,59°

N=355→21 de desembre

δ →declinació (graus)

$$\delta = 23,45 \times \sin\left(360 \times \frac{N+284}{365}\right) \quad (8)$$

$$\delta = 23,45 \times \sin\left(360 \times \frac{355 + 284}{365}\right) = -23,45^\circ$$

$$\alpha = 90 - (41,59 - (-23,45)) = 24,96^\circ$$

Amb les dades obtingudes tenim la inclinació del sol que va perpendicular al panell solar i a partir d'aquí podem esbrinar l'angle que formen el panell amb el sol, amb el que conclouem que ens quedés una cosa similar a l'esquema següent.

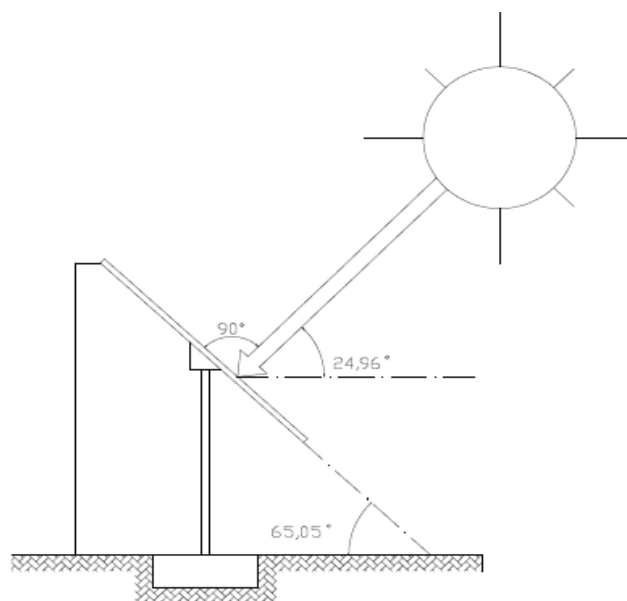


Figura 18 Angle d'incidència

Característiques tècniques del seguidor:

- Inclinació motoritzada de 0° a 80° .
 - Altura del seguidor a 80° : 6700mm des del sòl als mòduls superiors.
- Triarem aquest angle i aquesta altura per a calcular la distància entre una estructura i una altra.

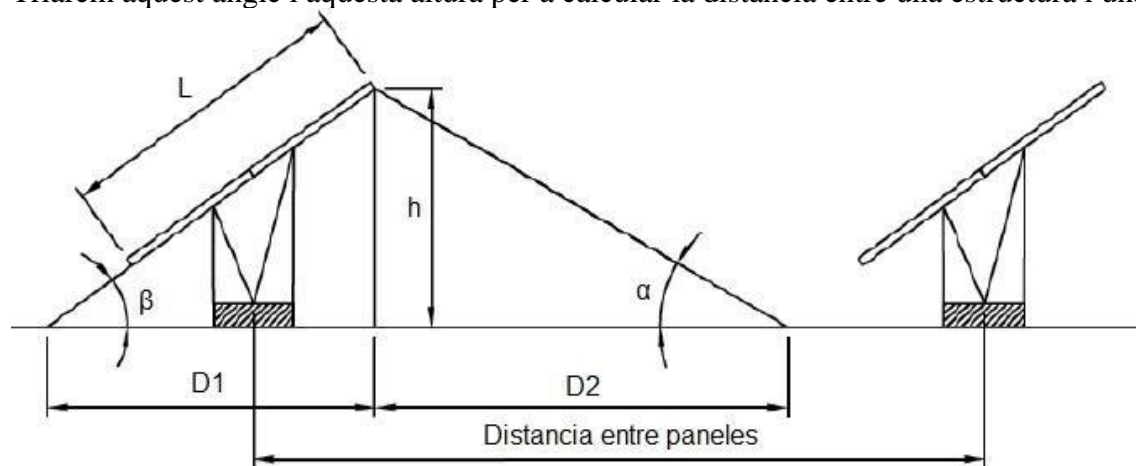


Figura 19 Distancia entre paneles

Sent en aquest cas:

$L \rightarrow$ és la longitud dels mòduls.

$h \rightarrow$ és l'altura màxima del seguidor des de la base horitzontal fins a l'extrem amb major altura de l'estructura.

$\alpha \rightarrow$ és l'angle format quan l'altura del Sol és màxima.

β →és l'angle d'inclinació dels mòduls.

D_2 →és l'ombra de l'estructura.

Per als càlculs utilitzem com a dades de partida les condicions que ens especifica l'estructura, amb una longitud $L = 6958$ mm, una altura $h = 6700$ mm, un angle $\beta = 80^\circ$ i un angle solar de $\alpha = 24,96^\circ$ (calculat anteriorment).

De la Figura 22 es dedueix que:

$$D = D_1 + D_2 = \frac{h}{\tan\beta} + \frac{h}{\tan\alpha} = \frac{L\sin\beta}{\tan\beta} + \frac{L\sin\beta}{\tan\alpha} = L\cos\beta + L \frac{L\sin\beta}{\tan\alpha} \quad (9)$$

Obtenint com a resultat:

$$D = L\cos\beta + L \frac{L\sin\beta}{\tan\alpha} = 6,3 \times \cos 80^\circ + 6,3 \frac{\sin 80^\circ}{\tan 24,96^\circ} = 14,42 \text{ m}$$

Sent D la distància de separació mínima que han de tenir les estructures suporti entre elles per a garantir que no es produeix ombreig entre les diferents estructures.

Finalment per a la potència que s'injecta a la xarxa s'utilitzen 20 estructures totals per al sistema solar fotovoltaic.

La separació entre pal i pal de l'estructura per a garantir 43% de eficiència que ens recomana el fabricant segons la latitud buscarem a la taula el valor més pròxim a Latitud: 41° serà 21,3 metres Est-Oests i 20,3 metres Nord-Surt segons ens indica el fabricant ja que ens ha donat una taula de valors que així ho indica per a garantir que sigui suficient per a evitar problemes ocasionats per les ombres.

Planning 40° (Latitude) DEGERtracker 9000NT, D100

The yield increase achieved by the DEGERtracker depends on the surface area

What additional yield will be achieved? The table provides an indication

Rule of thumb: The larger the surface area, the higher the yield

Desired yield increase	Distance East-West	Distance North-South	Surface required*) per DEGERtracker 9000NT, D100	Surface required*) per kWp approx. According to module type
45%	23,9 m	22,7 m	542 m ²	48 m ²
43%	21,3 m	20,3 m	432 m ²	39 m ²
41%	18,4 m	17,5 m	322 m ²	29 m ²
39%	16,8 m	16,0 m	269 m ²	24 m ²
33%	15,7 m	14,9 m	234 m ²	21 m ²

*) Average values; approximately half of the indicated area will be required for the DEGERtrackers at the edge of the installation area. Distances are calculated with a software simulations tool and based on exiting installations results.

Figura 20 dimensionat de terreny requerit

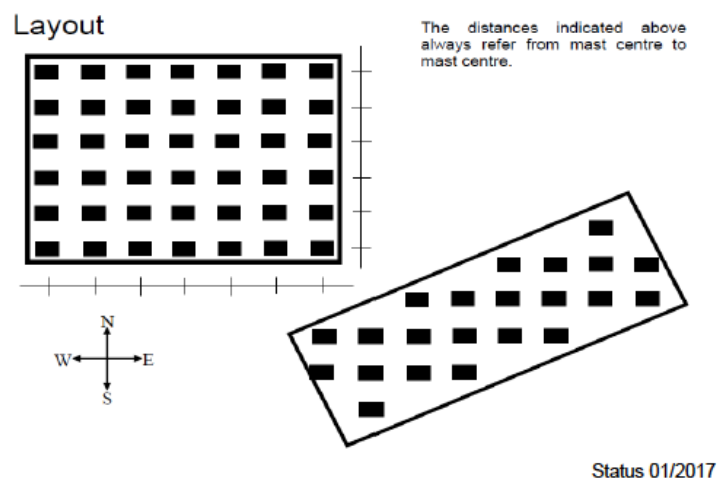


Figura 21 Layout dels panells

A continuació es mostra com quedarien col·locats els panells mitjançant un dibuix.

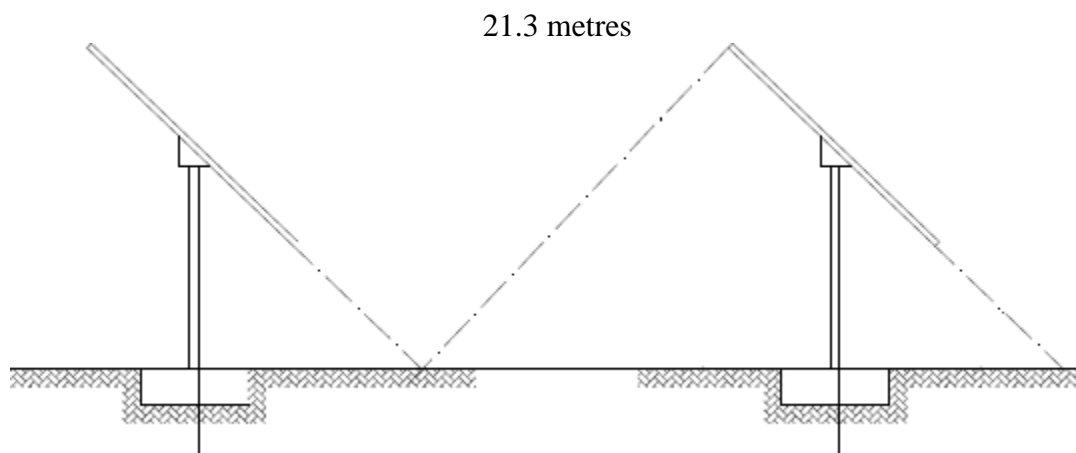


Figura 22 Separació dels seguidors

3.1.5 Elecció de l'estructura suport

L'estructura triada per a la instal·lació és un seguidor solar de dos eixos model D-100 de l'empresa DEGER IBERICA.

S'ha triat aquest tipus de seguidor ja que ofereix major rendiment a la instal·lació en seguir la trajectòria azimuthal del sol i variar la inclinació de la graella en funció de l'elevació solar, al llarg de l'any.

Aquest tipus de seguidors utilitzen un sistema de seguiment en llaç tancat. Consta d'un sensor òptic que percep la posició del sol i proporciona informació al control de la radiació total i del diferencial entre els costats oposats del sensor, per a garantir el millor seguiment. El circuit de control ajusta automàticament la sensibilitat del seguiment i envia un senyal als dos motors, que mouen la graella a través de dos eixos fins a trobar constantment la posició òptima de captació. Aquest tipus d'estructura augmenta el rendiment energètic fins al 43,5%.

3.1.5.1 Càlcul de l'estructura suport

És de vital importància per a la instal·lació realitzar un correcte ancoratge de les estructures suport. A més, segons es detalla en el Plec de condicions Tècniques IDAE, l'estructura suport de qualsevol instal·lació ha de respectar una sèrie de normes i ser capaç de suportar les sobrecàrregues de vent i neu que poden donar-se en la zona on se situa la instal·lació.

3.1.5.1.1 Sobrecàrregues de vent.

- L'estructura triada posseeix una superfície de 70,6 m².
- Cada mòdul té una superfície de 1,63 m².

Pel que en cada estructura es col·loquessin l'associació de 10 mòduls en sèrie i 4 files en paral·lel, i la suma total de la superfície serà de 65,2m².

Per al càlcul d'aquesta sobrecàrrega es parteix dels següents paràmetres de partida:

Força i velocitat del vent: el vent, és originat per masses d'aire en moviment. Aquest aire, es considera com una mescla de gasos, que en condicions normalitzades, té entre altres, les següents característiques segons la norma UNE-100.000/95.

- Pressió atmosfèrica: 101.325 Pa
- T^a seca: 20 °C
- T^a humida: 13,8 °C
- Densitat: 1,199 Kga.s. / m³.
- Humitat específica: 7,295 g d'aigua/Kga.s
- Volum específic: 0,84 m³/Kga.s
- Viscositat dinàmica: 18,189 µPa s

Velocidad (Km/h)	100	140	200
Fuerza del Viento (Kg/m²)	50	100	200

Taula 10 Relació Vent-força (IDAE)

Es prendrà per a aquests càlculs un vent màxim de 100 km/h, corresponent a un vent de classe 12, classificat com a huracà, per a assegurar, amb escreix, la resistència de la instal·lació a causa de la rara existència d'aquesta mena de fenòmens a la regió.

L'estructura DEGER D-100 de dos eixos triada de l'empresa de la DEGER IBERICA, està dissenyada per a suportar vents de fins a 102 km/h, complint amb les normatives existents.

3.1.6 Centre de transformació

El transformador, com ja es comenta en la memòria anirà allotjat en l'estació INGECOMSUNPOWERSTATION, en la qual va allotjat els dos linversors, per la qual cosa no serà necessari dimensionar un centre de transformació, ja que aquesta estació disposa d'un transformador i compleix amb totes les normatives i exigències imposades per l'empresa subministradora, que en aquest cas és ENDESA.

En aquest cas, l'instal·lador es farà càrrec de la construcció i muntatge, sent el CT propietat del titular del contracte de la instal·lació, però la companyia elèctrica ENDESA exigeix una sèrie de condicions a l'hora de connectar-se a xarxa.

El transformador, que és l'encarregat de passar la tensió que surt de l'inversor a la tensió nominal de la xarxa, en aquest cas, 25 kV.

La companyia ENDESA ens dóna a triar dos models, un de 400 KVA i el de 630 KVA. El transformador triat serà trifàsic, en bany d'oli mineral dielèctric, refrigeració natural per aire i amb una potència nominal de 630 KVA.

La suma de potències connectades a aquest centre no podrà superar la meitat de la capacitat de transformació, segons RD 1663/2000 article 9.

Com la nostra instal·lació té una potència nominal de 250 Kw, hem de triar el de 630KVA, ja que al 50% de la seva capacitat de transformació, donaria 315 KVA, mentre que el de 400 donaria 200 KVA.

3.1.7 Càlcul de la posada a terra

Aquest valor serà tal que cap massa pugui aconseguir una tensió de contacte d'un valor superior a 24 V. Cada circuit portarà una protecció amb interruptor diferencial de 300mA de sensibilitat, per la qual cosa la resistència més desfavorable no podrà ser superior al valor donat per:

$$R_{\text{desfavorable}} = \frac{24}{0,3} = 80\Omega$$

La xarxa de terres es realitzarà mitjançant piques de coure de 2 m de longitud. El nombre de piques a utilitzar vindrà condicionat per la naturalesa conductora del terreny amb la finalitat de garantir que $R_{\text{posada a terra}} < 80\Omega$.

En el cas de piques:

$$R_{\text{desfavorable}} = \frac{\rho}{L} \quad (10)$$

Tenint en compte que el sòl sobre el qual es realitzarà la posada a terra d'acord amb l'apartat 9 de la ITC-BT-18 del RBT per a un terreny compost per Graves, sorres i llims s'ha triat una resistència, $\rho = 150 \Omega$, per la qual cosa la resistència d'una pica és:

$$R_{\text{desfavorable}} = \frac{150}{2} = 75\Omega$$

Pel que per cada generador fotovoltaic serà necessari com a mínim un nombre de piques igual a:

$$R_{\text{posada a terra}} \geq \frac{75}{80} = 0,93 \sim 1 \text{ pica}$$

S'instal·lés una pica per cada suport dels mòduls fotovoltaics. A més de la col·locació d'aquestes

piques es realitzés una unió dels diferents punts de posada a terra mitjançant cable nu de coure de 35 mm² de secció directament enterrat.

Per a garantir una terra unificada de la instal·lació i uns valors mínims de la resistència s'unifiqués la terra de totes les instal·lacions que conformen la planta solar fotovoltaica. Encara així, el nombre de piques necessari es podrà determinar amb exactitud i augmentar o disminuir en funció de la mesura real de la resistència de posada a terra en el lloc de la instal·lació.

3.1.8 Càlcul del cablejat

La determinació reglamentària de la secció d'un cable consisteix a calcular la secció mínima normalitzada que satisfaci simultàniament les tres condicions següents:

- Criteri de la caiguda de tensió.
- Criteri de la intensitat màxima admissible o d'escalfament.
- Criteri de la intensitat de curtcircuit.

3.1.8.1 Criteri de la caiguda de tensió

A continuació es determinarà la secció de cable de la derivació individual en funció de la caiguda de tensió. Aquesta caiguda ha de ser inferior als límits marcats pel Reglament de cada part de la instal·lació, amb la finalitat de garantir el correcte funcionament de l'inversor alimentat pel cable. En la planificació d'instal·lacions de subministrament elèctric s'ha de tenir en compte les caigudes de tensió produïdes en els conductors a causa de la resistència d'aquests. Per a això, les seccions d'aquests conductors han de calcular-se en funció de la potència de la línia. És molt important minimitzar tot el possible la longitud del cable a utilitzar, procurant per a això que les distàncies entre els panells i l'inversor siguin el menors possible.

La secció dels cables s'ha de triar de manera que les màximes caigudes de tensió entre l'origen i la fi del recorregut estiguin per sota dels següents límits:

- Caiguda de tensió dels conductors en la part de CC inferior del 1,5%.
- Caiguda de tensió dels conductors en la part de CA inferior del 1,5%.

El cable triat per a la instal·lació, per les seves propietats i varietat de seccions serà el POWERFLEX RV-K, amb aïllament de dielèctric sec, tipus RV- K, i amb les següents característiques:

- Conductor: Coure
- Seccions: 1.5-400 m²
- Tensió assignada: 0.6/1KV – 12/20KV

- Aïllament Polietilè reticulat (XLPE)
- Coberta Policlorur de vinil (PVC)

Les línies de corrent continu seran de dos conductors (fase i neutre). Les línies de corrent altern seran de quatre conductors, tres de fase i un neutre.

3.1.8.1.1 Fórmules per al càlcul de la secció dels conductors:

Formules en Corrent Continu

La caiguda de tensió ΔV és, per definició, la diferència aritmètica entre la tensió d'alimentació V_A i la tensió en borns de la càrrega V_B :

$$\Delta V \leq V_A - V_B = 1,5\% \quad (11)$$

La caiguda de tensió màxima serà de 1.5% per als circuits de contínua i del 2% per als circuits d'alterna, segons es recull en el plec de condicions tècniques d'IDEA.

La caiguda de tensió s'expressa en tant per cent de la tensió en borns de la càrrega:

$$v = \frac{\Delta V}{V_B} \times 100 \quad (12)$$

v = caiguda de tensió en la línia en %

ΔV = caiguda de tensió (V)

V_B = tensió en borns de la càrrega (V)

El càlcul de la secció de la línia pot obtenir-se a partir de la caiguda de tensió de la línia:

$$\Delta V = R_L \times I = \rho \times \frac{2 \times L}{S} \times I \quad (13)$$

$$S \geq \rho \times \frac{2 \times L}{\Delta V} \times I \quad (14)$$

On:

S = secció del conductor de línia (mm²)

ρ = resistivitat del conductor ($\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$), Coure: $0,0175 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$

L = longitud de la línia (m)

I = intensitat (A)

ΔV = caiguda de tensió de la línia (V)

Formules en Corrent Altern

La caiguda de tensió de la línia entre fases és $\sqrt{3}$ vegades la caiguda de tensió per fase.

$$\Delta V = \sqrt{3} \times R_L \times I \times \cos \rho \quad (15)$$

ΔV = caiguda de tensió composta (V)

R_L = resistència d'una fase de línia (Ω)

I = corrent eficaç que recorre cada conductor (A)

$\cos \rho$ = Factor de potència. Considerem $\cos \sigma = 0.9$

La secció del conductor s'obté a partir de la resistència del conductor:

$$R_L = \frac{\rho \times L}{S} \quad (16)$$

Substituint-la en l'expressió anterior, ens donarà el valor de la secció:

$$S = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times I \times L \times \cos \rho}{\Delta V} = \frac{\rho \times L \times P_a}{\Delta v \times V_B} \quad (17)$$

3.1.8.1.2 Distàncies de les línies

A continuació es recull en una taula les distàncies entre els elements per a poder calcular la caiguda de tensió.

LÍNIES	LONGITUD(m)
Cablejat dels mòduls	3
Ramal a caixa de connexions	107
Caixa connexions a caixa de concentració	5
Caixa de concentració a inversor	5
Transformador a escomesa	50

Taula 11 Longitud de línies

Si la secció calculada no està normalitzada, es triarà sempre la secció immediatament superior que figuri en la taula de seccions comercials.

Una vegada determinada la secció comercial del conductor, es comprovarà que la intensitat que va a circular pel mateix és igual o inferior a la determinada per càlcul de la densitat de corrent i , la indicada les dades que ens ofereix el fabricant del cable PowerFlex RV-K. En el cas que el corrent sigui superior, s'incrementarà la secció del conductor fins al valor que compleixi amb les exigències sobre capacitat tèrmica.

Sobre la base del reglament electrotècnic de baixa tensió, es multiplica per una sèrie de coeficients la secció obtinguda del càlcul per a considerar l'exposició al sol, la possibilitat de ficar en un tub diversos cables i l'increment de temperatura.

3.1.8.1.3 Secció dels conductors

3.1.8.1.3.1 Cablejat del ramal (10 mòduls en sèrie)

S'estimés la secció del conductor mitjançant una limitació de caiguda de tensió de 1.5%:

$$S \geq \rho \times \frac{2 \times L}{\Delta V} \times I = \frac{2 \times 0,0175 \times 3 \times 6,24}{0,015 \times 54,7} = 0,80 \text{mm}^2$$

Normalitzem la secció obtinguda mitjançant el càlcul anterior a la secció superior més pròxima i en aquest cas segons les dades del cable PowerFlex RV-K, triem la secció de 4 mm². El corrent màxim admissible per a aquesta secció és de 40 A, que és més que suficient, ja que el corrent de cada mòdul és de 6,24A. El traçat es realitzarà sobre tubs a l'aire. Per tant el conductor triat serà:

$$\text{RV} - \text{K } 0,62/1\text{KV } 2 \times 4 \text{ mm}^2 (\text{Cu})$$

3.1.8.1.3.2 Cablejat del ramal a la caixa de connexions

S'estimés la secció del conductor mitjançant una limitació de caiguda de tensió de 1.5%:

$$S \geq \rho \times \frac{2 \times L}{\Delta V} \times I = \frac{2 \times 0,0175 \times 107 \times 6,24}{0,015 \times 54,7} = 2,87 \text{mm}^2$$

S'ha triat una longitud de 107 metres ja que és la distància que hi ha del ramal més allunyat a la caixa de connexions i per tant si es compleix la caiguda de tensió per a aquesta distància també ho farà per a distàncies inferiors.

Normalitzem la secció obtinguda mitjançant el càlcul anterior a la secció superior més pròxima i en aquest cas segons les dades del cable PowerFlex RV-K, triem la secció de 6 mm². El corrent màxim admissible per a aquesta secció és de 53A, que és més que suficient, ja que el corrent de cada ramal és de 6,24A. El traçat es realitzarà sobre tubs a l'aire. Per tant el conductor triat serà:

$$\text{RV} - \text{K } 0,62/1\text{KV } 2 \times 6 \text{ mm}^2 (\text{Cu})$$

3.1.8.1.3.3 Cablejat de la caixa de connexions a la Caixa de Concentració

S'estimés la secció del conductor mitjançant una limitació de caiguda de tensió de 1.5%:

$$S \geq \rho \times \frac{2 \times L}{\Delta V} \times I = \frac{2 \times 0,0175 \times 5 \times (10 \times 6,24)}{0,015 \times 54,7} = 1,33 \text{ mm}^2$$

Normalitzem la secció obtinguda mitjançant el càlcul anterior a la secció superior més pròxima segons les dades del cable PowerFlexRV-K, triem la secció de 16 mm². Per a una secció de 16mm², el corrent màxim admissible és de 79 A, que és més que suficient, ja que el corrent és de 62,4A. El traçat es farà enterrat sota tub. Per tant el conductor triat serà:

$$\text{RV - K 0,62/1KV } 2 \times 16 \text{ mm}^2 \text{ (Cu)}$$

3.1.8.1.3.4 Cablejat de la caixa de concentració a l'inversor

S'estimés la secció del conductor mitjançant una limitació de caiguda de tensió de 1.5%:

$$S \geq \rho \times \frac{2 \times L}{\Delta V} \times I = \frac{2 \times 0,0175 \times 5 \times (50 \times 6,24)}{0,015 \times 54,7} = 66,5 \text{ mm}^2$$

Normalitzem la secció obtinguda mitjançant el càlcul anterior a la secció superior més pròxima segons les dades del cable PowerFlexRV-K, triem la secció de 240 mm².

Per a una secció de 240mm², el corrent màxim admissible és de 351 A, que és més que suficient, ja que el corrent és de 312A. El traçat es farà enterrat sota tub. Per tant el conductor triat serà:

$$\text{RV - K 0,62/1KV } 2 \times 240 \text{ mm}^2 \text{ (Cu)}$$

3.1.8.1.3.5 Cablejat del transformador a l'escomesa

El primer és calcular la intensitat que suportarà el cable, amb la següent expressió:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U_n \times \text{COS}\sigma} = \frac{256000}{\sqrt{3} \times 25000 \times 0,9} = 6,56 \text{ A}$$

P: Potència del centre transformador [kVA]

U_p: Tensió primària [kV]

I: Intensitat primària [A]

Atès que la potència màxima a transportar per a aquesta línia és de 256 Kw i la tensió primària d'injecció a xarxa en de 25 KV, es té una intensitat a transportar de 6,56 A, que és inferior als mínims 330 A d'intensitat màxima admissible del cable que es vol adoptar segons és mostra en la següent taula tretada del RBT:

SECCIÓN NOMINAL DE LOS CONDUCTORES (mm ²)	INTENSIDAD
	3 Unipolares
150	330
240	435
400	560
150	330
240	435
400	560

Taula 12 Intensitat màxima admissible en alterna amb aïllament sec XLPE

La secció triada per a aquest tram serà la de 150 mm², ja que el seu corrent admissible de 330A.
RV – K 0,62/1KV 3 × 150 mm² (Cu)

Les intensitats màximes admissibles en servei permanent depenen en cada cas de la temperatura màxima que l'aïllant pugui suportar sense alteracions en les seves propietats elèctriques, mecàniques o químiques.

Aquesta temperatura és funció de la mena d'aïllament i del règim de càrrega. Per a cables sotmesos a cicles de càrrega, les intensitats màximes admissibles seran superiors a les corresponents en servei permanent.

Les temperatures màximes admissibles dels conductors, en servei permanent i en curtcircuit, per a cada tipus d'aïllament, s'especifiquen en la taula següent:

Tipo Aïllament en sec	TIPO DE CONDICIONES	
Polietilè reticulat(XLPE)	Servicio permanent	Curtcircuito t ≤ 5s
	90	250

Taula 13 Temperatura màxima assignada al conductor

Igual que en la intensitat en règim permanent, la intensitat de curtcircuit provoca un escalfament

en els conductors, i encara que la durada de la falta és curta, la temperatura aconseguida pels conductors pot ser molt elevada.

En la taula que es mostra a continuació s'indiquen les densitats de corrent de curtcircuit admissibles per als conductors de coure i aïllament de XLPE, utilitzats és aquesta instal·lació.

DURACIÓN DEL CORTOCIRCUITO EN SEGUNDOS									
	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
XLPE Y EPR	449	318	259	201	142	116	100	90	82

Taula 14 Densitat de corrent de curtcircuit, en A/mm², per a conductors de coure

3.1.8.2 Criteri de la intensitat màxima admissible o d'escalfament.

La temperatura del conductor del cable, treballant a plena càrrega i en règim permanent, no haurà de superar en cap moment la temperatura màxima admissible assignada dels materials que s'utilitzen per a l'aïllament del cable. Aquesta temperatura s'especifica en les normes particulars dels cables i és de 70 °C per a cables amb aïllament termoplàstics i de 90 °C per a cables amb aïllaments termostables.

El criteri tèrmic limita la intensitat màxima admissible pel cable. Per seguretat, es prendrà un valor per als càlculs d'un 1,25% d'aquest corrent, complint amb l'indicat en la ITC-BT 40 per a instal·lacions generadores. Aquest corrent ha de ser inferior a la màxima admissible pel cable en tot el traçat pel que el corrent queda d'acord amb la següent expressió:

$$I_{Línia} = 1,25 \times I_{sc}$$

$I_{Línia}$ = Intensitat màxima de la línia maximitzada un 25%.

I_{sc} = Intensitat de curtcircuit de les sèries.

Aplicarem aquest criteri en el tram que va des de la Caixa de Concentració fins a l'inversor ja que per aquesta línia circula una intensitat de 312 A, per la qual cosa el criteri més restrictiu serà el tèrmic.

El cablejat des de la caixa de concentració fins a l'inversor es realitzarà amb conductors unipolars RV-K 0,6/1 KV i aïllament de polietilè reticulat (XLPE) i coberta de PVV. El traçat es farà enterrat sota tub.

La intensitat màxima associada a aquest tram de línia és de 312 A, per la qual cosa la intensitat de càlcul per a aquestes línies és de:

$$I_{Línia} = 1,25 \times I_{sc} = 1,25 \times 312 = 390A$$

Per a aquesta intensitat màxima el fabricant té un cable de 400 mm², que suporta una intensitat de 464 A, molt superior a la calculada.

3.1.8.3 Criteri de la intensitat de curtcircuit.

La temperatura que pot aconseguir el conductor del cable, a conseqüència d'un curtcircuit o sobreintensitat de curta durada, no ha de sobrepassar la temperatura màxima admissible de curta durada (per a menys de 5 segons) assignada als materials utilitzats per a l'aïllament del cable. Aquesta temperatura s'especifica en les normes particulars dels cables i sol ser de 160 °C per a cables amb aïllament termoplàstics i de 250 °C per a cables amb aïllaments termoestables.

La intensitat màxima que pot circular pels conductors s'obté de la següent expressió:

$$I_{CC} = \frac{K \times S}{\sqrt{t}} \quad (18)$$

On:

k = coeficient dependent de la mena de conductor.

S=secció del secció del conductor en mm².

t = durada del curtcircuit en segons.

Aquest criteri, encara que és determinant en instal·lacions d'alta i mitjana tensió no ho és en instal·lacions de baixa tensió ja que d'una banda les proteccions de sobreintensitat limiten la durada del curtcircuit a temps molt breus, i a més les impedàncies dels cables fins al punt de curtcircuit limiten la intensitat de curtcircuit pel que no es tindrà en compte per al càlcul dels conductors.

3.1.8.3.1.1 Resum del cablejat

Els cables que s'han triat estan formats per conductors flexibles de Cu, aïllats amb polietilè reticulat (XLPE) i coberta de policlorur de vinil (PVC), fabricats amb la Norma UNE 21123 (IEC-502).

línia	Longitud (m)	secció
Cablejat dels mòduls	3	RV – K 2 × 4 mm ² (Cu)1KV
Rama a caixa de connexions	107	RV – K 2 × 6 mm ² (Cu)1KV
Caixa con a caixa de concentració	5	RV – K 2 × 16 mm ² (Cu) 1kV
Caixa de concentració a inversor	5	RV – K 2 × 400 mm ² + 1 x 185 mm ² (Cu)1KV
Transformador a escomesa	50	RV – K 3 × 150 mm ² + 1 x 70 (Cu) 1kV

Taula 15 Resum cablejat

Resum cablejat

R: aïllament de XLPE (polietilè reticulat). V: coberta de PVC (policlorur de vinil).

K: Conductor flexible (classe 5) per a servei fix.

0,6/1kV: valor eficaç de la tensió.
Nombre de conductors x secció nominal.

3.1.9 Tubs i canalitzacions

Les característiques de protecció de la unió entre el tub i els seus accessoris no han de ser inferiors als declarats per al sistema de tubs.

La superfície interior dels tubs no haurà de presentar en cap punt arestes, asprors o fissures susceptibles de danyar els conductors o cables aïllats o de causar ferides a instal·ladors o usuaris. Les dimensions dels tubs no enterrats i amb unió roscada utilitzats en les instal·lacions elèctriques són les que es prescriuen en la UNE-EN 60.423. La denominació es realitzarà en funció del diàmetre exterior.

El diàmetre interior mínim haurà de ser declarat pel fabricant. Quant a la resistència a l'efecte del foc considerats en la norma particular per a cada tipus de tub, se seguirà el que s'estableix per l'aplicació de la Directiva de Productes de la Construcció (89/106/CEE).

Els tubs hauran de tenir un diàmetre tal que permetin un fàcil allotjament i extracció dels cables o conductors aïllats. En la taula que es mostra a continuació, figuren els diàmetres exteriors mínims dels tubs en funció del número i la secció dels conductors o cables a conduir, en cadascun dels trams de la instal·lació.

línia	Secció (mm ²)	Diàmetre tub (mm ²)
Cablejat dels mòduls	2 x 4	16
Rama a caixa de connexions	2 x 6	16
Caixa con a caixa de concentració	2 x 16	63
Caixa de concentració a inversor	2 x 400+1x185	240
Transformador a escomesa	3x150+1x70	150

Taula 16 Resum tubs

3.1.10 Proteccions

3.1.10.1.1 Fusible Caixa de Connexions

Aquesta caixa situat a peu de l'estructura, en ella s'ajuntés 10 mòduls en sèrie. Estarà format per un armarí amb les guies necessàries per a col·locar els fusibles (dos per cada sèrie, positiu i negatiu).

La intensitat que circula per aquests conductors és de 6,24 A i la intensitat màxima permesa per al cable triat és de 53 A.

Triem un fusible que la intensitat nominal del qual es trobi dins d'aquests dos valors. El fusible triat serà cilíndric gPV i amb les següents característiques:

- Grandària: 10x38
- Intensitat nominal: $I_n = 32$ A.
- Tensió: $U = 600$ V.

- Poder de tall: 30 ca.
- Marca: DF ELECTRIC

S'instal·lessin un per a total de 160 fusibles atès que existeixen 80 paral·lels de sèries.

3.1.10.2 Fusible Caixa de Concentració

En aquesta caixa s'ajunten 5 paral·lels de 40 sèries.

Estarà format per un armari amb les guies necessàries per a col·locar els fusibles (dos per cada sèrie, positiu i negatiu).

La intensitat que circula per aquests conductors és de 62,4 A i la intensitat màxima permesa per al cable triat és de 79 A.

Triem un fusible que la intensitat nominal del qual es trobi dins d'aquests dos valors. El fusible triat serà de fulla NH gPV i amb les següents característiques:

- Grandària: 10x38
- Intensitat nominal: $I_n = 80 \text{ A}$.
- Tensió: $U = 1000 \text{ V}$.
- Poder de tall: 30 kA.
- Marca: DF ELECTRIC

S'instal·lessin un per a total de 20 fusibles atès que existeixen 10 paral·lels de sèries.

3.1.10.3 Quadre de protecció d'alterna

La INGECOM SUNPOWERSTATION , ve equipada amb tot el necessari per a realitzar una correcta i assegurança establerta connexió de tots els elements de protecció. En el quadre de protecció d'alterna disposarà d'un interruptor magneto tèrmic i un interruptor diferencial, que s'ajustin a les necessitats del client.

Interruptor Magneto tèrmic:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos\sigma} = \frac{256000\text{w}}{\sqrt{3} \times 220 \times 0,9} = 764,47 \text{ A}$$

El magneto tèrmic triat serà el Magneto tèrmics TX3 i amb les següents característiques:

- Iadm: 800A.
- Icc: 50 kA.
- Marca: Legrand

A més es disposarà d'un diferencial en caixa modelada CY tetrapolar de 300 mA. de la mateixa intensitat nominal que el seu magneto tèrmic associat amb les següents característiques:

- Iadm: 800 A.

-Marca: Legrand

3.1.10.4 Armari de la companyia

En aquest armari se situarà l'interruptor de tall manual l'operació del qual correspon a la Companyia elèctrica distribuïdora a més del comptador bidireccional de mesura de l'energia generada i consumida per la planta fotovoltaica.

S'instal·lés un interruptor magneto tèrmic de corrent altern tetrapolar.

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos\sigma} = \frac{256000w}{\sqrt{3} \times 220 \times 0,9} = 764,47 A$$

La intensitat que circula per aquests conductors és de 764,47 A i la intensitat màxima permesa per al cable triat és de 800 A.

Triem un magneto tèrmic la intensitat nominal del qual es trobi dins d'aquests dos valors. El magneto tèrmic triat serà el SACE isomax S6 i amb les següents característiques:

-Iadm: 800 A.

- Icc: 50 kA.

-Marca: ABB

ANNEX:

3.1.10.4 Annex càlculs solars amb Pvsyst

Definició de l'ombreig pròxim

L'ombreig lineal, és el produït per l'ombreig mutu de les branques. En la imatge s'observa una perspectiva del camp FV (unitat modular 250 kWp), corresponent a 800 branques, de 40 mòduls en sèrie cadascuna, amb orientació Sud i alineació de les branques E-O (Notar que es denomina branca a l'agrupació en sèrie de panells).

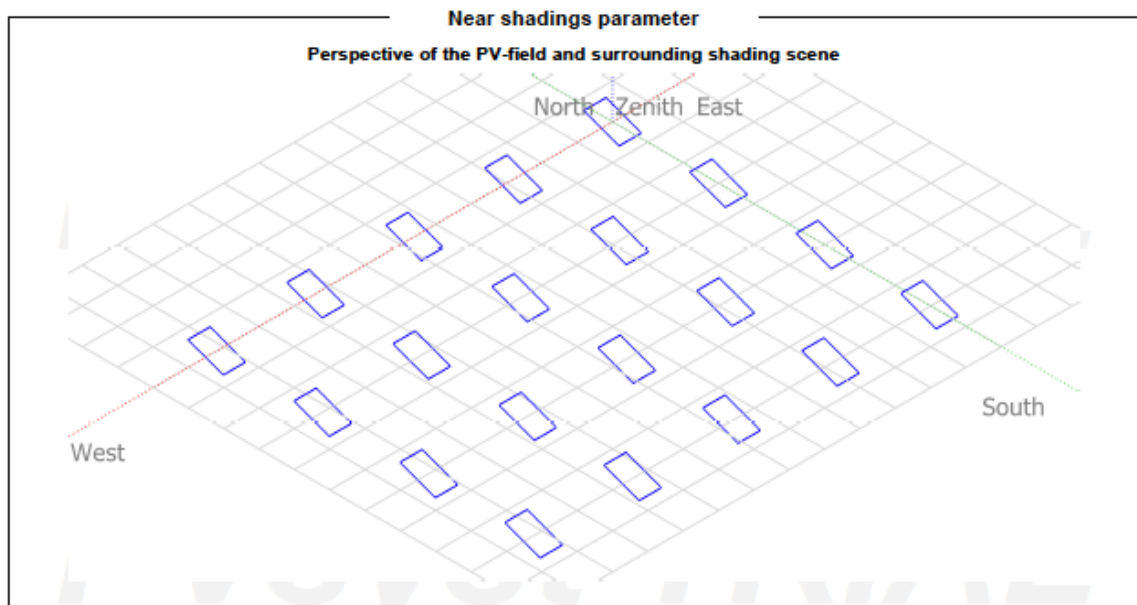


Figura 23 Perspectiva del camp FV i situació de l'ombregi pròxim.

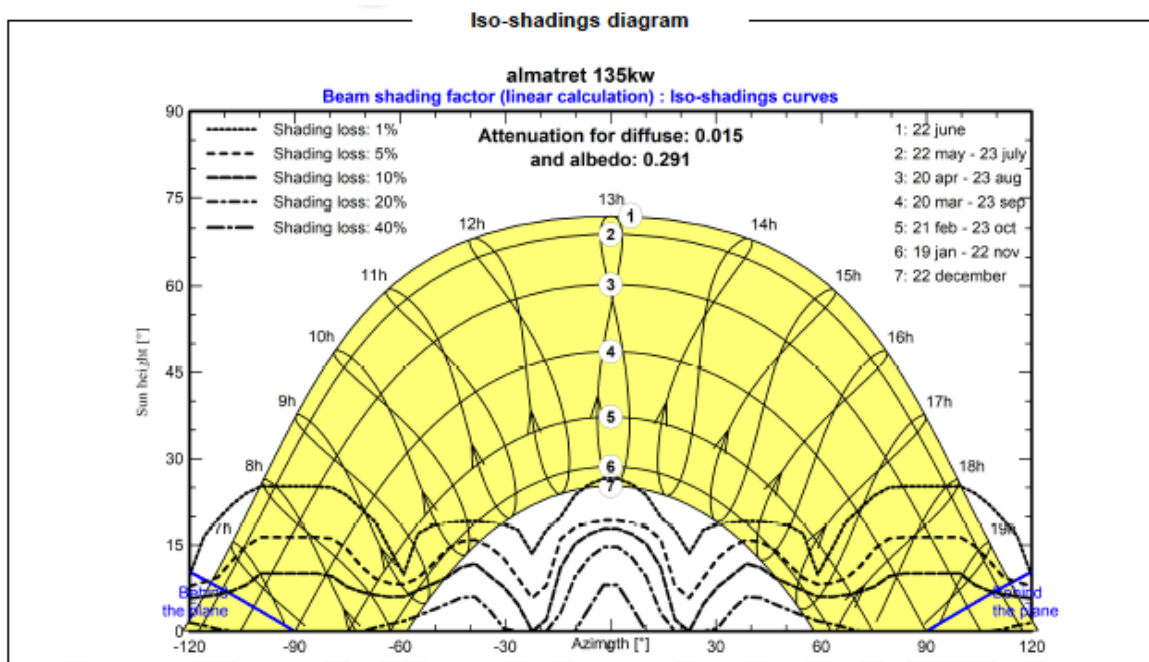


Figura 24 Diagrama de Iso-ombrejos

Les corbes de iso-ombrejos mostren el percentatge de pèrdua per ombreig que es tenen en un panell solar al llarg de les diferents hores d'un dia i per a diferents èpoques de l'any.

Així doncs, en ell es mostra la banda de trajectòries del Sol al llarg de tot l'any, vàlid per a localitats de la Península Ibèrica i Balears. Aquesta banda es troba dividida en porcions, delimitades per les hores solars.

Resultats principals de la simulació

- Producció del sistema:
 - Energia produïda: 570,1 MWh/any.
 - Factor de rendiment: 80.67%.

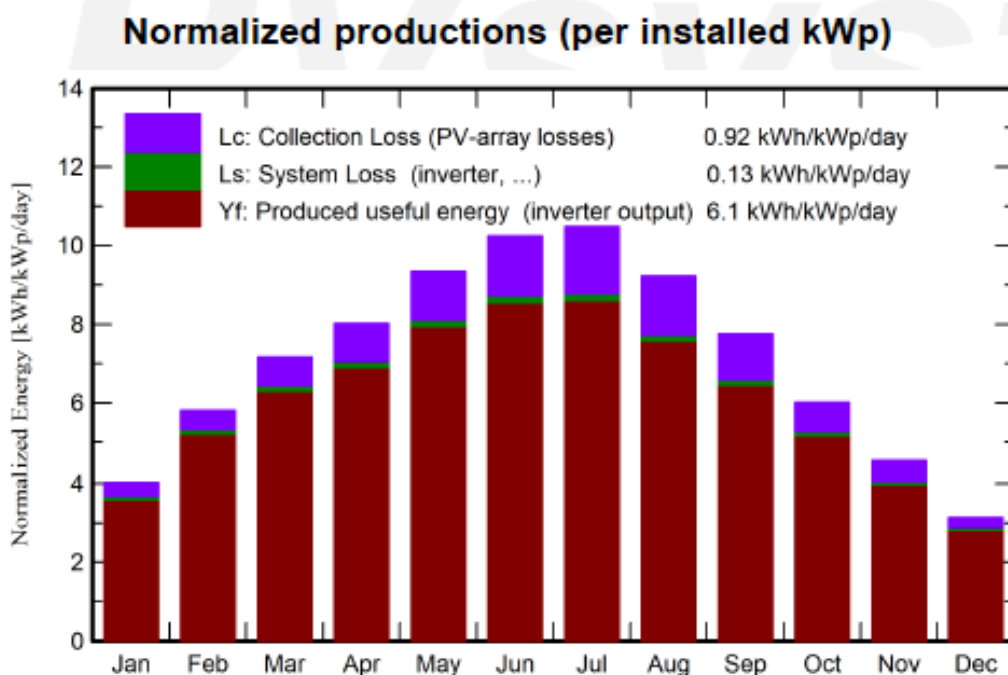


Figura 25 Energia produïda durant l'any

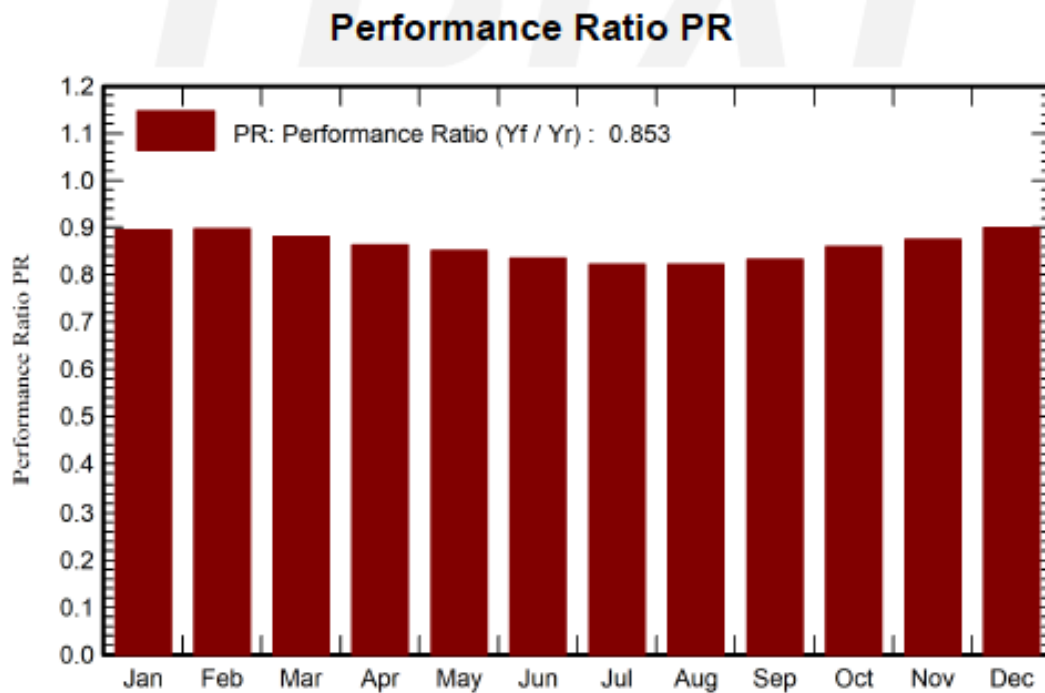


Figura 26 Factor de rendiment mensual de la instal·lació

Balanços i resultats principals:

Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	57.3	24.65	4.19	124.7	121.4	29.22	28.57	0.895
February	81.9	30.28	6.21	162.6	160.0	38.17	37.37	0.898
March	134.7	53.38	10.47	222.2	218.1	51.19	50.13	0.881
April	163.3	63.77	13.60	240.5	235.9	54.25	53.13	0.863
May	201.6	75.58	17.92	289.6	284.8	64.42	63.10	0.851
June	216.0	76.56	22.66	307.4	303.6	67.05	65.70	0.835
July	222.4	72.27	25.23	324.9	320.0	69.76	68.36	0.822
August	194.1	66.60	24.69	286.0	281.1	61.38	60.14	0.821
September	143.9	48.76	20.06	232.8	227.8	50.72	49.65	0.833
October	103.3	40.65	15.75	186.2	183.2	41.88	41.00	0.860
November	62.6	23.46	8.77	136.4	133.3	31.24	30.54	0.875
December	47.5	26.45	4.39	97.3	93.5	22.93	22.40	0.900
Year	1628.7	602.40	14.54	2610.5	2562.7	582.21	570.11	0.853

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

Taula 17 Balanços i resultats principals

-L'estimació del número d'habitatges que se podrien connectar de la instal·lació, tenint en compte que el consum mitjà anual d'una llar a Espanya es de 3487kWh, (valors IDAE) la producció d'electricitat del sistema fotovoltaic connectat a la xarxa representa que se poden alimentar un total de: 163 famílies.

Diagrama perduda anual

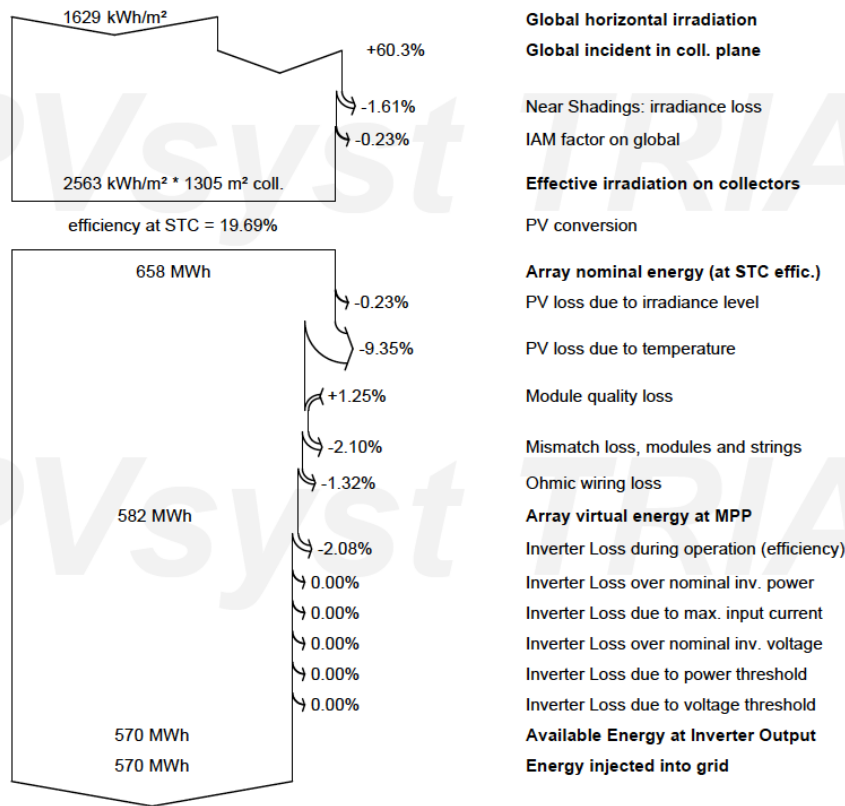


Figura 27 Diagrama perduda anual

3.1.10.5 Annex Resultats càlculs solars amb Pvsyst



PVsyst V7.2.4
 VC2, Simulation date:
 01/09/21 16:44
 with v7.2.4

Project: almatret 135kw
 Variant: Nueva variante de simulación

Project summary					
Geographical Site		Situation		Project settings	
Almatret		Latitude	41.31 °N	Albedo	0.20
España		Longitude	0.42 °E		
		Altitude	469 m		
		Time zone	UTC+1		
Meteo data					
Almatret					
Meteonorm 8.0 (1997-2017), Sat=100% - Sintético					
System summary					
Grid-Connected System		Tracking system		User's needs	
PV Field Orientation		Near Shadings		Unlimited load (grid)	
Tracking plane, two axis		Linear shadings			
System information					
PV Array					
Nb. of modules	800 units	Inverters		Nb. of units	2 units
Pnom total	256 kWp	Pnom total		276 kWac	
		Pnom ratio		0.928	
Results summary					
Produced Energy	570.1 MWh/year	Specific production	2227 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	85.31 %

Figura 28 Càlculs pvsyst 1



Project: almatret 135kw

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.4
 VC2, Simulation date:
 01/09/21 16:44
 with v7.2.4

General parameters

Grid-Connected System		Tracking system	
PV Field Orientation		Trackers configuration	
Orientation		Nb. of trackers	
Tracking plane, two axis		20 units	
		Sizes	
		Tracker Spacing	
		28.0 m	
		Collector width	
		6.30 m	
		Ground Cov. Ratio (GCR)	
		22.5 %	
		Tilt min / max.	
		0.0 / 80.0 °	
		Azimut min / max.	
		-/+ 150.0 °	
Horizon		Near Shadings	
Free Horizon		Linear shadings	
		Models used	
		Transposition	
		Perez	
		Diffuse	
		Perez, Meteonom	
		Circumsolar	
		separate	
		User's needs	
		Unlimited load (grid)	

PV Array Characteristics

PV module		Inverter	
Manufacturer		Manufacturer	
Generic		Generic	
Model		Model	
SPR-E19-320		Ingecon Sun 140 TL B220	
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power		Unit Nom. Power	
320 Wp		138 kWac	
Number of PV modules		Number of Inverters	
800 units		2 unit	
Nominal (STC)		Total power	
256 kWp		276 kWac	
Modules		Operating voltage	
80 Strings x 10 in series		405-820 V	
At operating cond. (50°C)		Pnom ratio (DC:AC)	
		0.93	
Pmpp			
232 kWp			
U mpp			
488 V			
I mpp			
476 A			
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)		Total power	
256 kWp		276 kWac	
Total		Nb. of Inverters	
800 modules		2 units	
Module area		Pnom ratio	
1305 m ²		0.93	
Cell area			
1177 m ²			

Array losses

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Module Quality Loss				
Module temperature according to irradiance		Global array res.		Loss Fraction				
Uc (const)		17 mΩ		-1.3 %				
20.0 W/m ² K		Loss Fraction		1.5 % at STC				
Uv (wind)		0.0 W/m ² K/m/s						
Module mismatch losses		Strings Mismatch loss						
Loss Fraction		Loss Fraction						
2.0 % at MPP		0.1 %						
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): User defined profile								
0°	50°	60°	65°	70°	75°	82°	88°	90°
1.000	1.000	0.990	0.970	0.940	0.890	0.770	0.620	0.000

Figura 29 Càlculs pvsyst 2



Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

DISSENY D'UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 250 kW AL MUNICIPI D'ALMATRET

4.Plànols

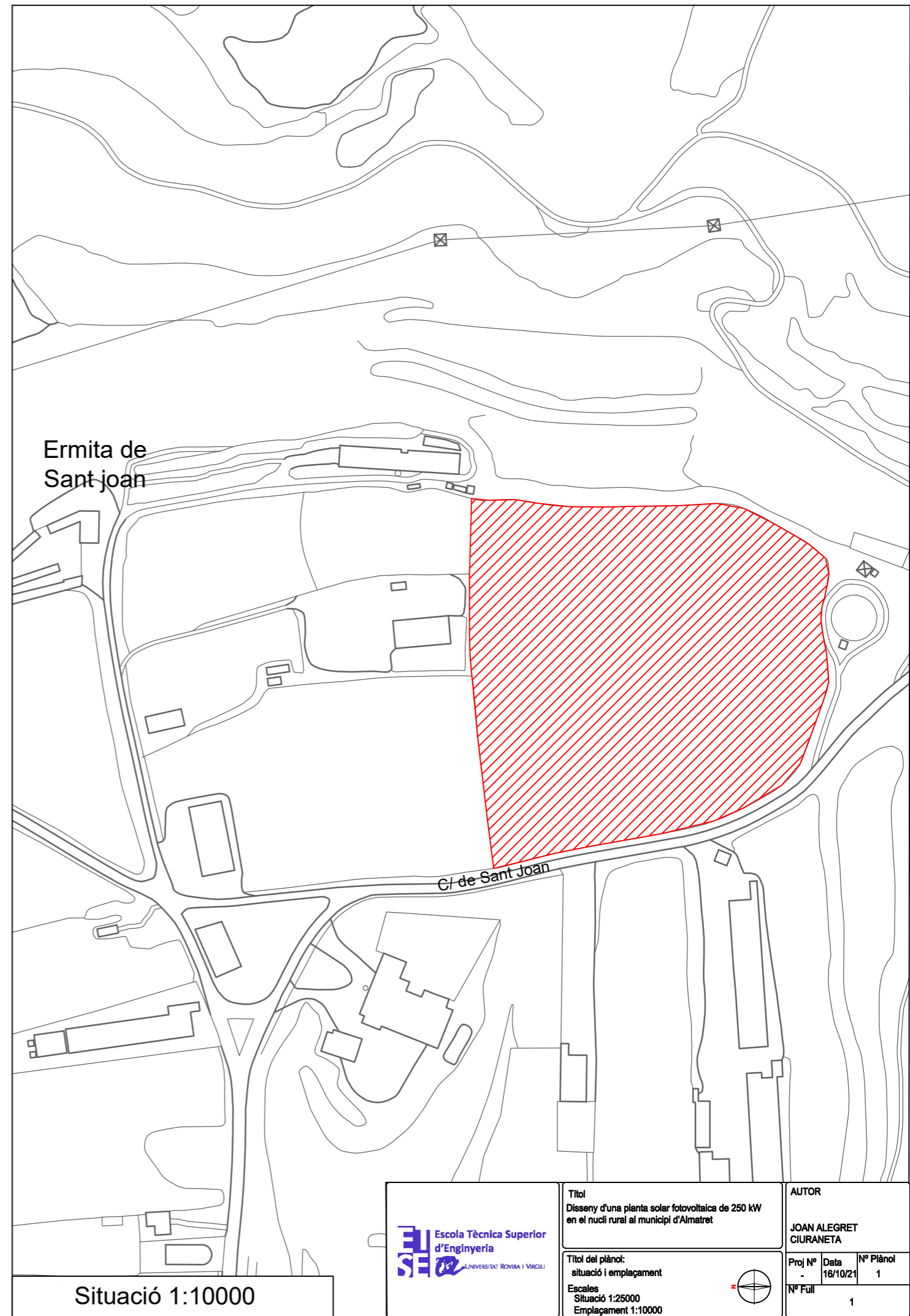
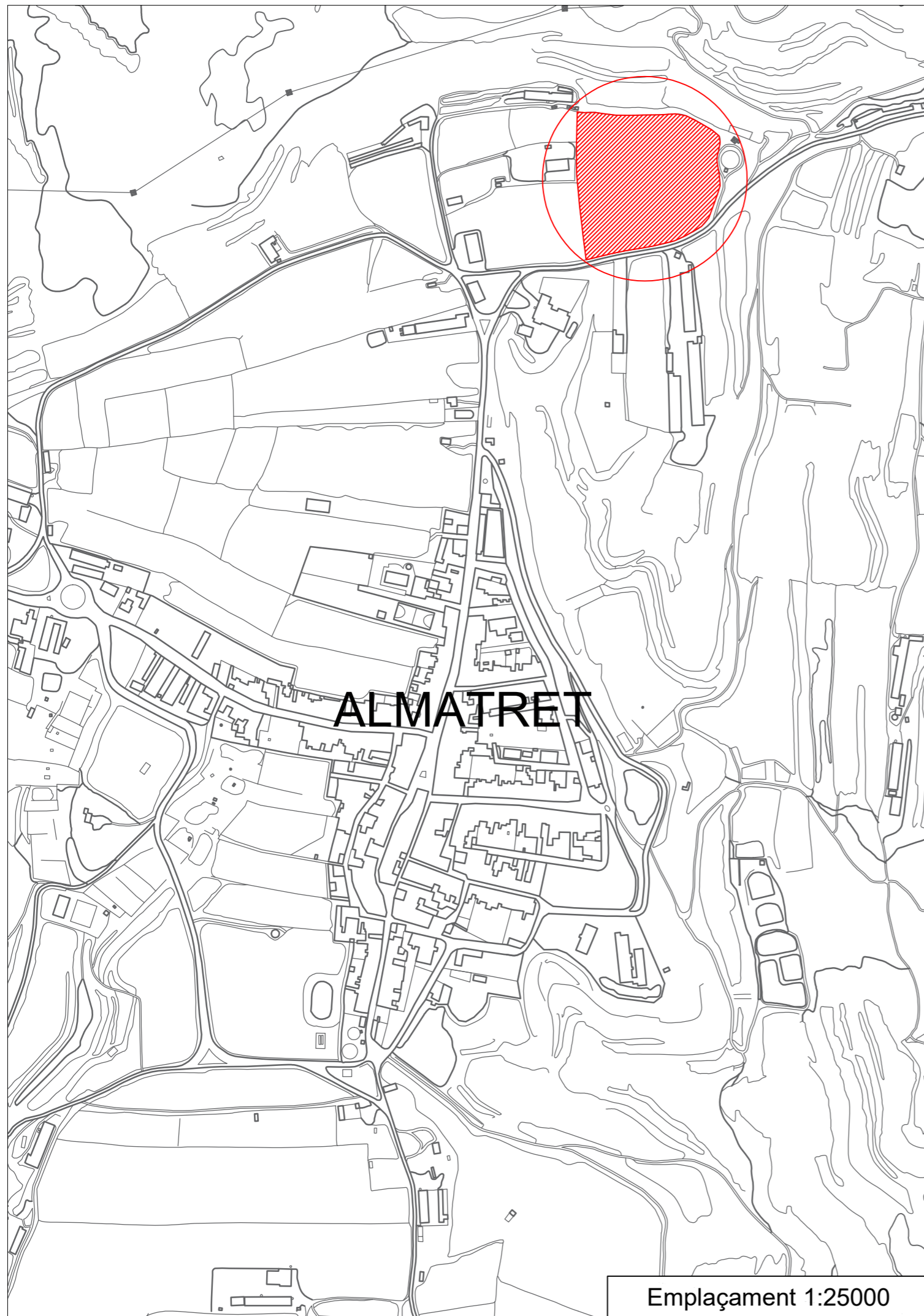
TITULACIÓ: Grau d' Enginyeria Elèctrica



AUTOR: Joan Alegret Ciuraneta
DIRECTOR: José Antonio Barrado

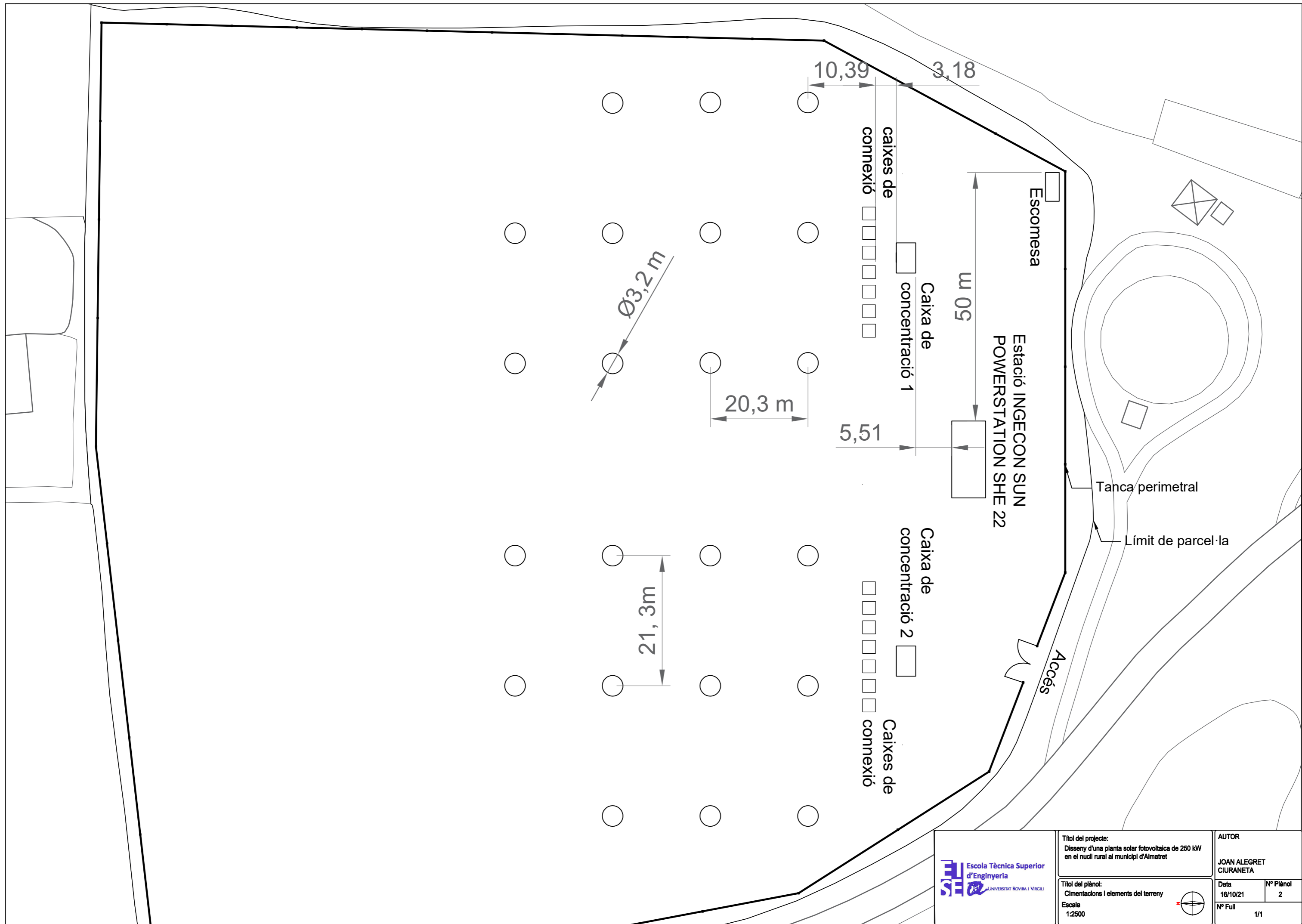
DATA: Octubre 2021.



Índex de plànols:

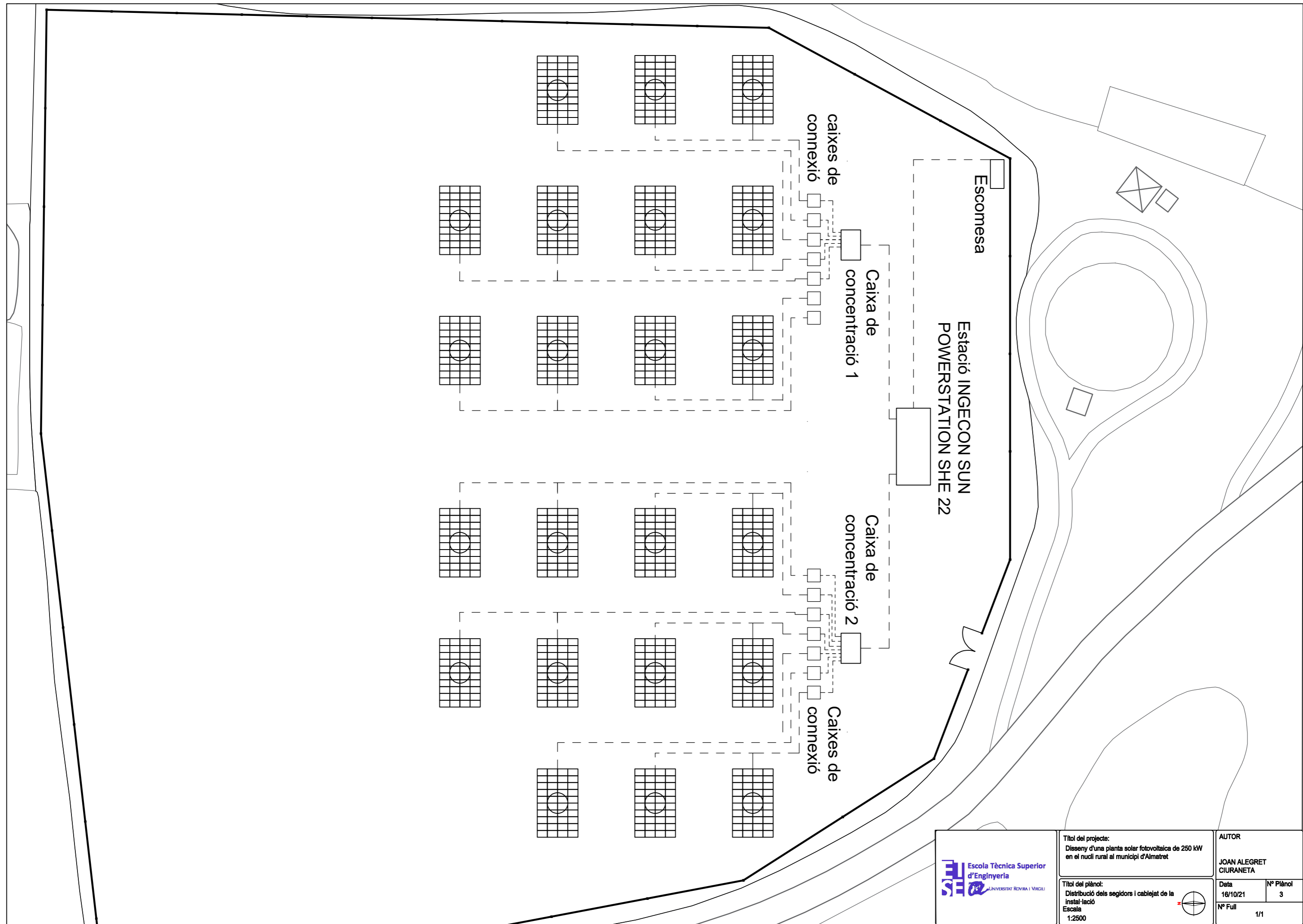
- 1. Situació i emplaçament
- 2. Cimentació i elements del terreny
- 3. Distribució dels seguidors i cablejat de la instal·lació
- 4. Esquema de la xarxa de posta a terra
- 5. Esquema unifilar
- 6.1 Detall de la cimentació
- 6.2 Detall de rases



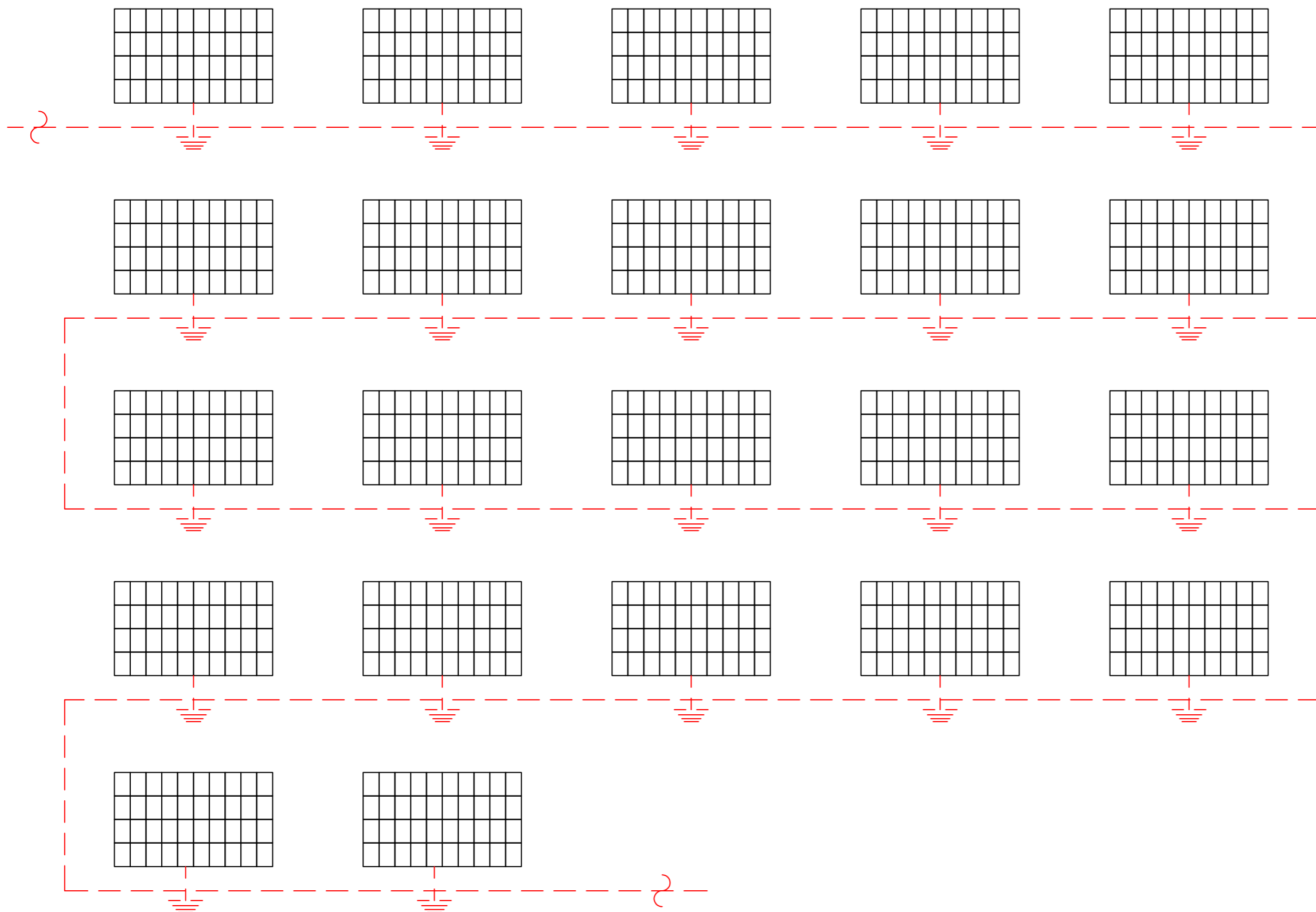
	Títol Disseny d'una planta solar fotovoltaica de 250 kW en el nucli rural al municipi d'Almatret	AUTOR JOAN ALEGRET CIURANETA									
	Títol del plànol: situació i emplaçament Escales Situació 1:25000 Emplaçament 1:10000		<table border="1"> <tr> <td>Proj Nº</td> <td>Data</td> <td>Nº Plànol</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>16/10/21</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Nº Full</td> <td colspan="2">1</td> </tr> </table>	Proj Nº	Data	Nº Plànol	-	16/10/21	1	Nº Full	1
Proj Nº	Data	Nº Plànol									
-	16/10/21	1									
Nº Full	1										







	Títol del projecte: Disseny d'una planta solar fotovoltaica de 250 kW en el nucli rural al municipi d'Almatret		AUTOR JOAN ALEGRET CIURANETA	
	Títol del plànol: Cimentacions i elements del terreny		Data 16/10/21	Nº Plànol 2
Escala 1:2500				Nº Full 1/1

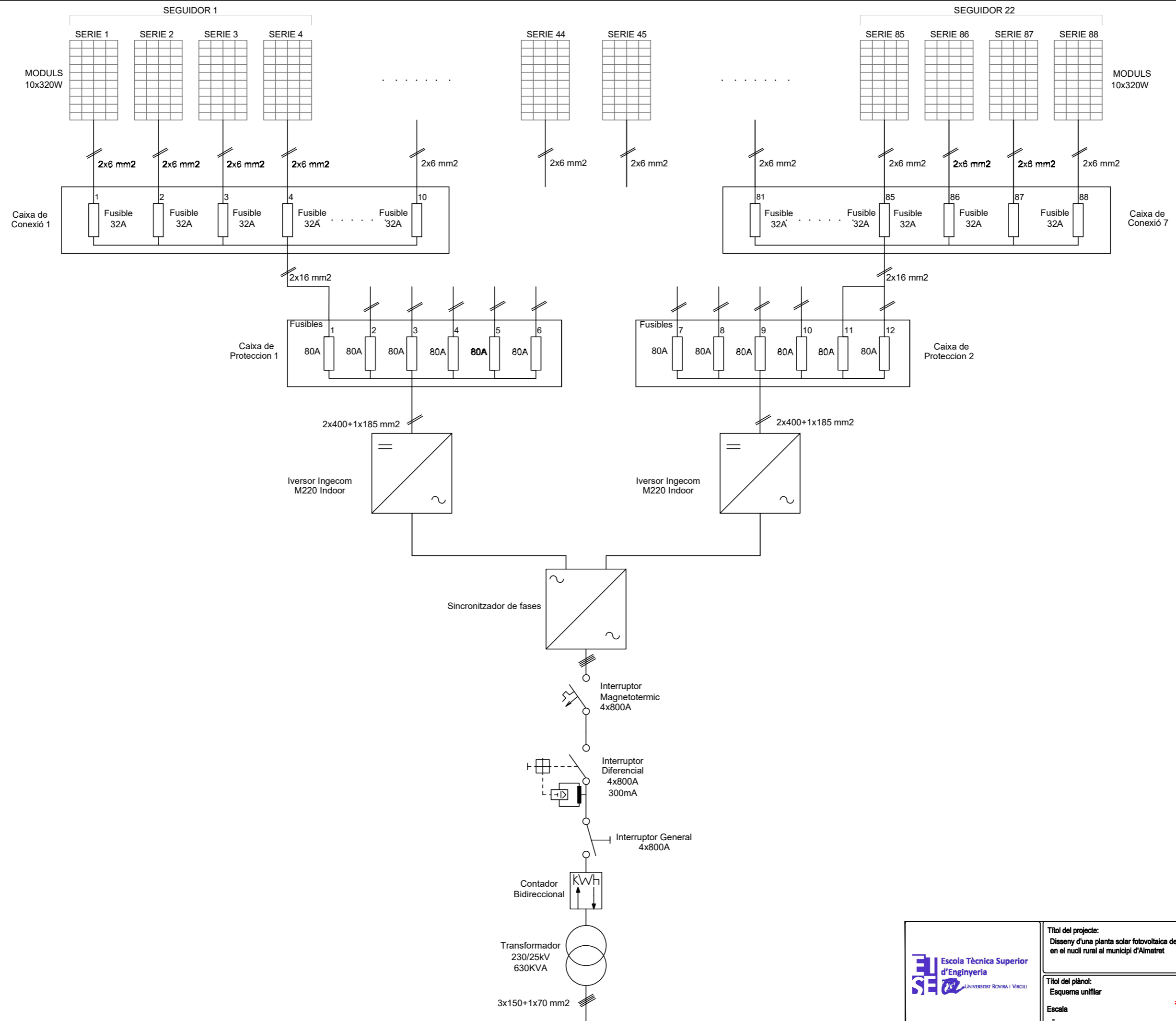


	Títol del projecte: Disseny d'una planta solar fotovoltaica de 250 kW en el nucli rural al municipi d'Almatret		AUTOR JOAN ALEGRET CIURANETA	
	Títol del plànol: Distribució dels segadors i cablejat de la instal·lació Escala 1:2500		Data 16/10/21	Nº Plànol 3
			Nº Full 1/1	



Llegenda	
	Pica 2m de coure
	Conductor de 35mm ² de coure nu

	Títol del projecte: Disseny d'una planta solar fotovoltaica de 250 kW en el nucli rural al municipi d'Almatret		AUTOR JOAN ALEGRET CIURANETA	
	Títol del plànol: Esquema xarxa posta a terra		Data 16/10/21	Nº Plànol 4
Escala -				Nº Full 1/1



	Títol del projecte: Disseny d'una planta solar fotovoltaica de 250 kW en el nucli rural al municipi d'Almatret	AUTOR JOAN ALEGRET CIURANETA	
	Títol del plànol: Esquema unifilar	Data 16/10/21	Nº Plànol 5
	Escala -		

steel schedule per foundation

BAR SCHEDULE		steel grade: BST 500S			
pos.	nu. of pieces	d	length	D14	D16
1	11	16	2.74		30.14
2	32	14	2.05	65.60	
3	2	14	0.37	0.74	
total length			66.34		30.14
kg / m			D14 1.210		D16 1.580
kg / d			80.271		47.621
total weight (kg)		127.892			

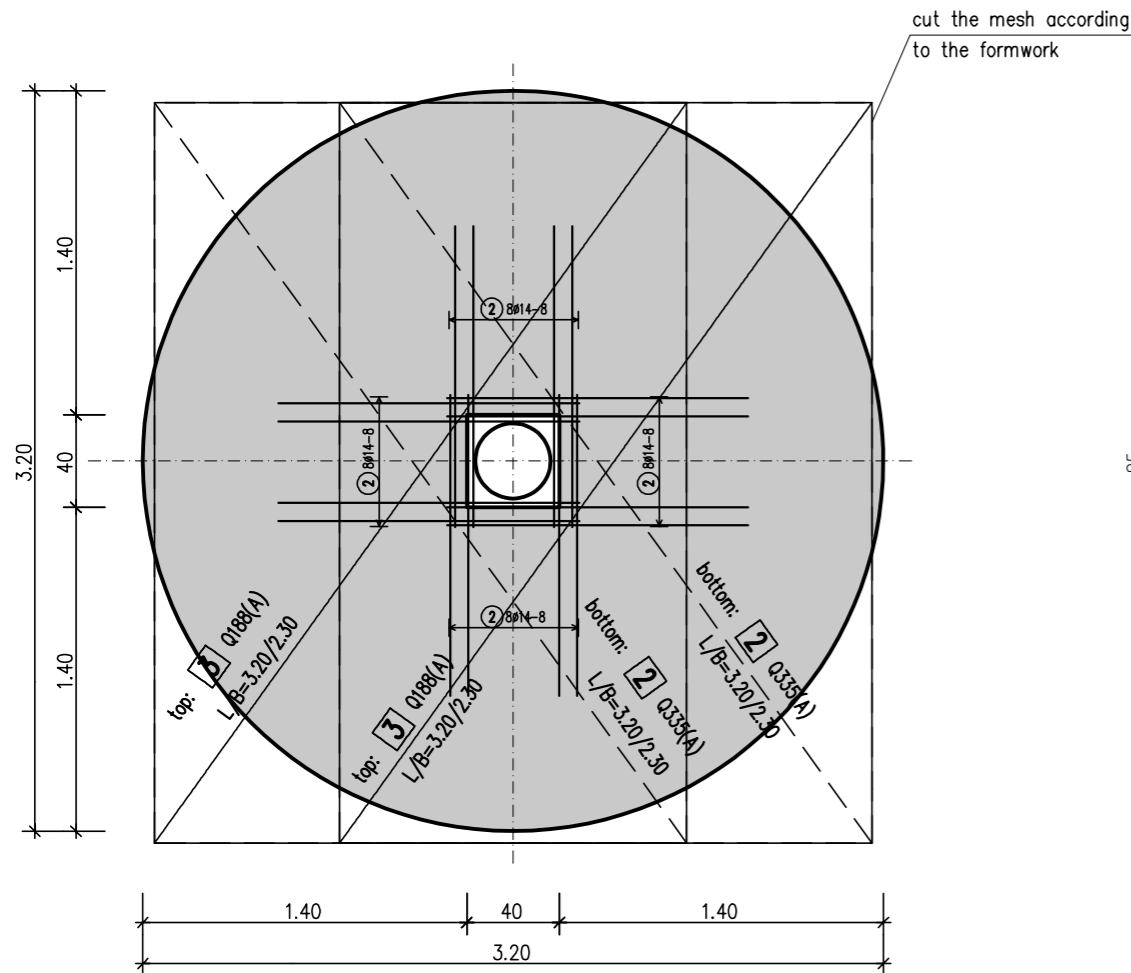
BENDING SCHEDULE						steel grade: BST 500S		
pos.	number of pieces	d	length	dir ds	type	shape code	total l.	weight kg
1	11	16	2.74	4	B2	 angle: 0 degree	30.14	47.621
2	32	14	2.05	10	A2		65.60	79.376
3	2	14	0.37	4	A1		0.74	0.895

total weight (kg) 127.893

top view foundation F1

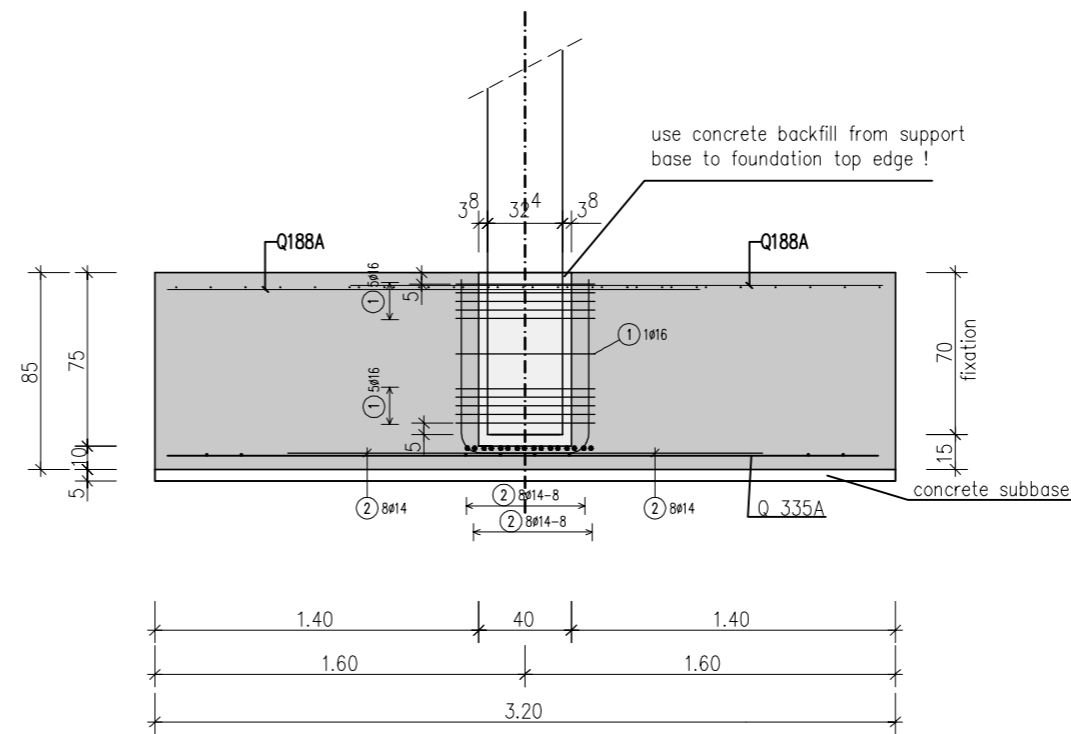
M 1:25

pipe length: 4.00m, 4.50m, 5.00m



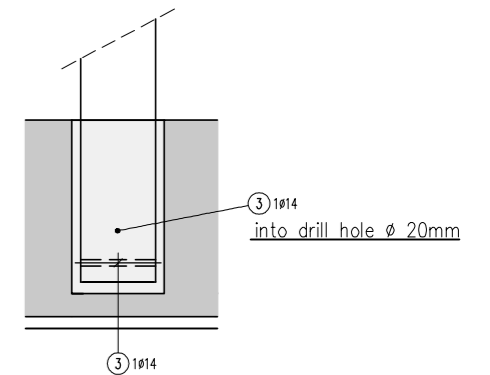
section foundation

M 1:25

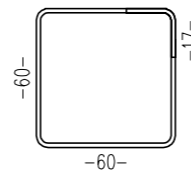


detail for torsion protection

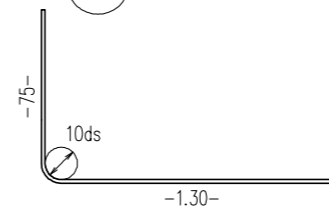
M 1:25



1 11Ø16, L=2.74m



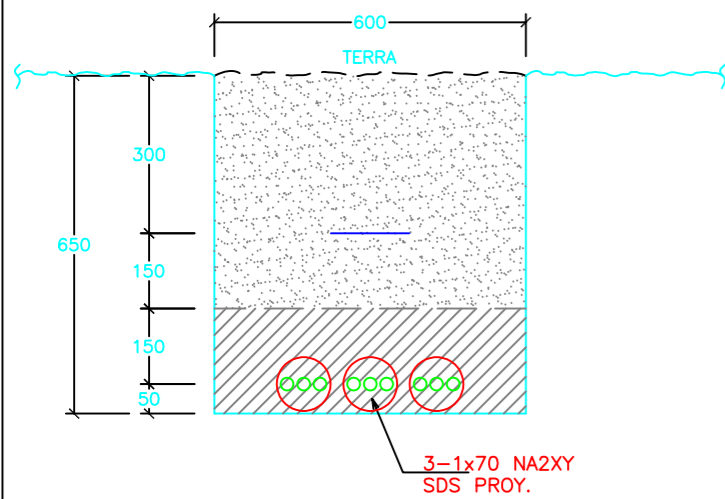
2 32Ø14, L=2.05m



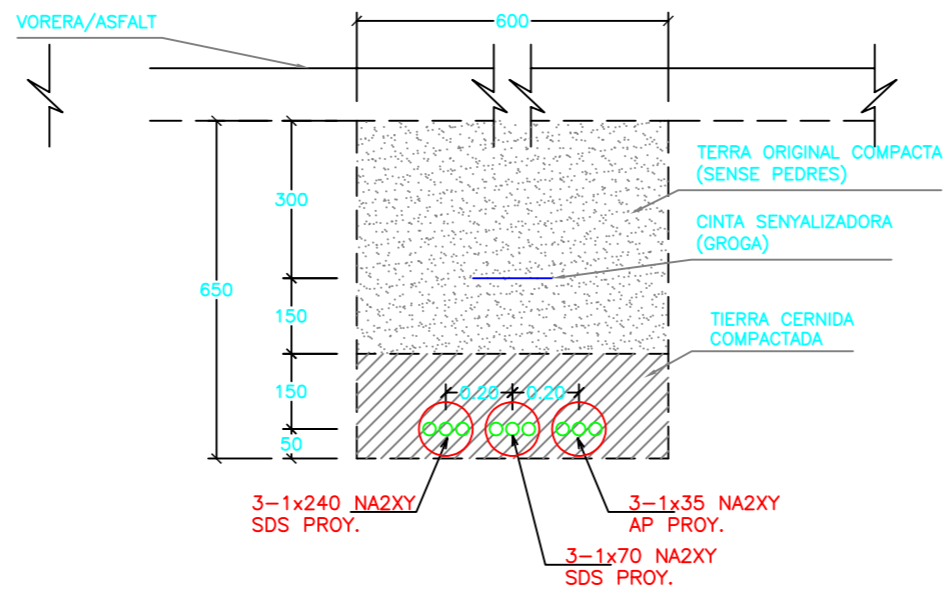
3 2Ø14, L=0.37m

	Títol del projecte: Disseny d'una planta solar fotovoltaica de 250 kW en el nucli rural al municipi d'Almatret	AUTOR JOAN ALEGRET CIURANETA	
	Títol del plànol: Detall de la cimentació	Data 16/10/21	Nº Plànol 6
	Escala -	Nº Full 1/2	

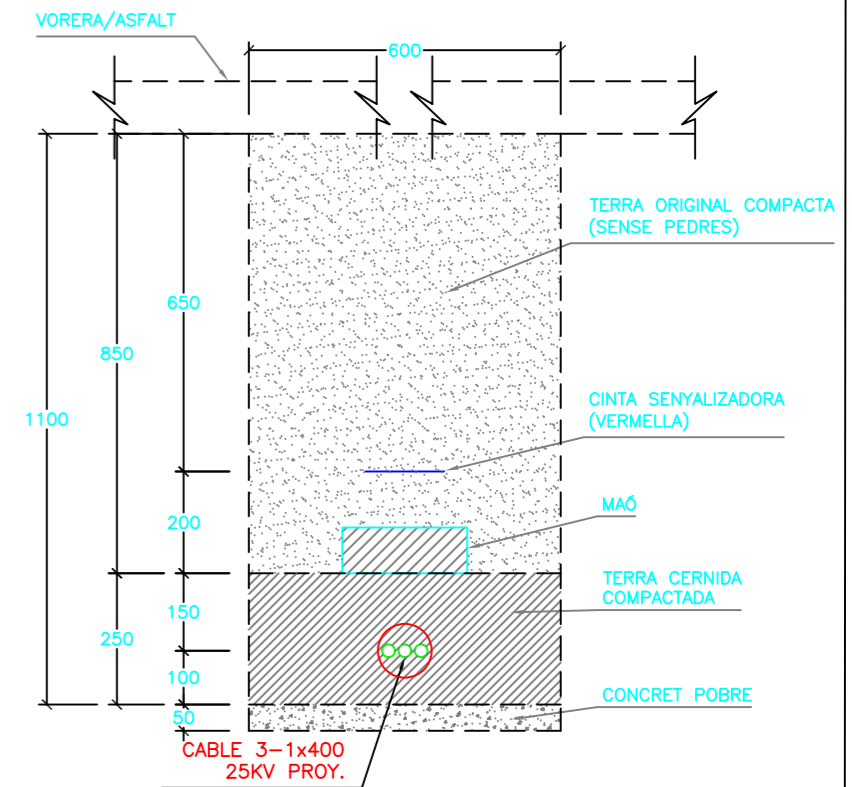
DETALL INSTAL·LACIÓ CABLES B.T.



DETALL INSTAL·LACIÓ CABLES B.T.



DETALL INSTAL·LACIÓ CABLES M.T. - 25kV.



	Títol del projecte: Disseny d'una planta solar fotovoltaica de 250 kW en el nucli rural al municipi d'Almatret	AUTOR JOAN ALEGRET CIURANETA	
	Títol del plànol: Detall de rases	Data 16/10/21	Nº Plànol 6
	Escala -	Nº Full 2/2	



Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

DISSENY D'UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 250 kW MUNICIPI D'ALMATRET

5. Estudi seguretat i salut

TITULACIÓ: Grau d' Enginyeria Elèctrica

AUTOR: Joan Alegret Ciuraneta
DIRECTOR: José Antonio Barrado

DATA: Octubre 2021.

5.1 Objecte

El present Estudi de Seguretat i Salut Laboral té com a objecte establir les directrius generals encaminades a disminuir en la mesura del possible, els riscos d'accidents laborals i malalties professionals, així com a la minimització de les conseqüències dels accidents que es produeixin, mitjançant la planificació de la medicina assistencial i de primers auxilis, durant l'execució dels treballs de la planta de 250 kW.

Aquest Estudi s'ha elaborat en compliment del Reial decret 1.627/1997 de 24 d'Octubre, que estableix els criteris de planificació control i desenvolupament dels mitjans i mesures de Seguretat i Salut que han de tenir-se presents en l'execució dels Projectes de Construcció. El Contractista encarregat de l'execució del present Projecte serà el responsable directe que es compleixin totes les mesures preventives, col·lectives i personals, en matèria de Seguretat i Salut, així com de proveir a cada treballador del seu corresponent Equip de Protecció Individual. Així mateix, el Contractista haurà de prevenir qualsevol risc que pogués no haver-se previst en el present Estudi de Seguretat i Salut.

5.2 Abast

Les mesures contemplades en aquest Estudi aconseguirien a tots els treballs que es realitzaran en el citat Projecte, i aplica l'obligació del seu compliment a totes les persones de les diferents organitzacions que intervinguin en l'execució d'aquests.

5.3 Dades generals

5.3.1 Tipus de treball

El treball que s'ha de realitzar per Contractistes de diferents especialitats en l'execució del Projecte de la Planta Fotovoltaica, consisteix bàsicament en el desenvolupament de les següents fases principals de construcció:

- Obra Civil.
- Muntatge d'Equip principal (Mòduls fotovoltaics i estructura).
- Muntatge d'Inversors.
- Muntatge de Aparells
- Muntatge de xarxes de mitjana i Baixa tensió, aeri i subterrani.
- Muntatge de Quadres, cablejat i connexió.
- Proves i Posada en marxa dels diferents Equips i Sistemes.

5.3.2 Activitats generals

Les activitats principals que s'executaran en el desenvolupament dels treballs detallats, són bàsicament les següents:

- Replanteig, Excavació i Fonamentació.

- Manipulació de materials.
- Transport de materials i equips dins de l'obra.
- Muntatge d'estructures i tancaments.
- Maniobres d'hissat, situació en obra i muntatge d'equips i materials.
- Estesa i connexió de cables.
- Muntatge d'Instal·lacions.
- Sòls i Acabats.

Més endavant s'analitzen els riscos previsibles inherents a aquests, i es descriuen les mesures de protecció previstes en cada cas.

5.3.3 Situació i climatologia

La instal·lació definida en el present projecte està situada en el terme municipal d'Almatret a la província de Catalunya. Les dades d'ubicació de l'emplaçament són:

- Comunitat Autònoma: Comunitat de Catalunya.

Província	Municipi	Agregat	zona	Polígon	Parcel·la	Superfície(ha)
Lleida	Almatret	0	0	1	26	22,89

El clima és de tipus mediterrani continental: fortes oscil·lacions tèrmiques, temperatura mitjana anual d'uns 14,7 °C, pluges escasses (350-400 mm, mes pujos maig) i irregulars i aridesa, sobretot a l'estiu.

5.3.4 Oficis

La mà d'obra directa prevista la compondran treballadors dels següents oficis:

- Caps d'Equip, Comandaments de Brigada.
- Encofradores.
- Estructurista i Ferrallistes.
- Muntadors d'estructures metàl·liques.
- Muntadors d'equips mecànics.
- Muntadors d'equips i instal·lacions elèctriques.
- Soldadors.
- Cablejadores i connectadors.
- Gruistes i maquinistes.
- Ajudants.
- La mà d'obra indirecta estarà composta per:
 - Caps d'Obra.
 - Tècnics d'execució/Control de Qualitat/Seguretat.
 - Encarregats.
 - Administratius.

5.3.5 Maquinària i mitjans auxiliars

La maquinària i els mitjans auxiliars més significatius que es preveu utilitzar per a l'execució dels treballs objecte del present Estudi, són els que es relacionen a continuació:

- Equip de soldadura elèctrica.
- Equip de soldadura oxiacetilènica-oxitall.
- Màquina elèctrica de roscar.
- Camió de transport.
- Grua mòbil.
- Camió grua.
- Cabrestant d'hissat.
- Cabrestant d'estesa subterrània.
- Pistoles de fixació.
- Perforadores de mà.
- Talla tubs.
- Corbadores de tubs.
- Radials i esmeriladores.
- Corrioles, aparells, eslinga, grillons, etc.
- Joc aixeca bobines, corrons, etc.
- Màquina d'excavació amb martell hidràulic.
- Formigoneres autopropulsades.
- Màquina anivelladora.
- Excavadora.
- Compactadora.
- Compressor.
- Martell trencador i picador, etc.

Entre els mitjans auxiliars cal esmentar els següents:

- Bastides sobre terreny.
- Bastides metàl·liques modulars.
- Escales de mà.
- Escales de tisora.
- Quadres elèctrics auxiliars.
- Instal·lacions elèctriques provisionals.
- Eines de mà.
- Bancs de treball.
- Equips de mesura.
- Comprovador de seqüència de fases.
- Mesurador d'aïllament.
- Mesurador de terres.
- Pincas amper mètriques.

3.6. Instal·lacions elèctriques provisionals

Per al subministrament d'energia a les màquines i eines elèctriques pròpies dels treballs objecte del present Estudi, els contractistes instal·laran quadres de distribució amb presa de corrent en les instal·lacions de la propietat o alimentats mitjançant grups electrògens. Tant els riscos previsibles com les mesures preventives a aplicar per als treballs en instal·lacions, elements i màquines elèctriques són analitzats en els apartats següents.

5.3.6 Anàlisi de riscos

Analitzem a continuació els riscos previsibles inherents a les activitats d'execució previstes, així com les derivades de l'ús de maquinària, mitjans auxiliars i manipulació d'instal·lacions, màquines o eines elèctriques.

Amb la finalitat de no repetir innecessàriament la relació de riscos analitzarem primer els riscos generals, que poden donar-se en qualsevol de les activitats, i després seguirem amb l'anàlisi dels específics de cada activitat.

5.3.7 Riscos generals

Entenem com a riscos generals aquells que poden afectar a tots els treballadors, independentment de l'activitat concreta que realitzin. Es preveu que puguin donar-se els següents:

- Caigudes d'objectes o components sobre persones.
- Caigudes de persones a diferent nivell.
- Caigudes de persones al mateix nivell.
- Projeccions de partícules als ulls.
- Conjuntivitis per arc de soldadura o altres.
- Ferides en mans o peus per maneig de materials.
- Sobreesforços.
- Cops i corts per maneig d'eines.
- Cops contra objectes.
- Atrapa ments entre objectes.
- Cremades per contactes tèrmics.
- Exposició a descàrregues elèctriques.
- Incendis i explosions.
- Atrapa ment per bolcada de màquines, vehicles o equips.
- Atropellaments o cops per vehicles en moviment.
- Lesions per manipulació de productes químics.
- Inhalació de productes tòxics.

5.3.8 Riscos específics

Ens referim aquí als riscos propis d'activitats concretes que afecten només el personal que fa treballs en aquestes. Aquest personal estarà exposat als riscos generals indicats en el punt anterior, més els específics de la seva activitat. Amb tal fi analitzem a continuació les activitats més significatives.

Excavacions

A més dels generals, poden ser inherents a les excavacions els següents riscos:

- Despreniment o lliscament de terres.
- Atropellaments i/o cops per màquines o vehicles.
- Col·lisions i bolcades de maquinària.
- Riscos a tercers aliens al propi treball.

Moviment de terres

En els treballs derivats del moviment de terres per excavacions o farciments es preveu els següents riscos:

- Càrrega de materials de les pales o caixes dels vehicles.
- Caigudes de persones des dels vehicles.
- Bolcades de vehicles per diverses causes (males condicions del terreny, excés de càrrega, durant les descàrregues, etc.).
- Atropellament i col·lisions.
- Projecció de partícules.
- Pols ambiental.

Treballs amb ferralla

Els riscos més comuns relatius a la manipulació i muntatge de ferralla són:

- Talls i ferides en el maneig de les barres o filferros.
- Atrapaments en les operacions de càrrega i descàrrega de paquets de barres o en la col·locació d'aquestes.
- Torçades de peus, ensopegades i caigudes al mateix nivell en caminar sobre les armadures.
- Trencaments eventuais de barres durant el doblegat.

Treballs d'encofrat i desencofrat

En aquesta activitat podem destacar els següents:

- Despreniment de taulers.
- Burxades amb objectes punxants.
- Caiguda de materials (taulers, taulons, puntals, etc.).
- Caiguda d'elements de l'encofrat durant les operacions de desencofrat.
- Talls i ferides en mans per maneig d'eines (serres, raspalls, etc.) i materials.

Treballs amb formigó

L'exposició i manipulació del formigó implica els següents riscos:

- Esquitxades de formigó als ulls.
- Enfonsament, trencament o caiguda d'encofrats.

- Torçades de peus, burxades, ensopegades i caigudes al mateix i a diferent nivell, en moure's sobre les estructures.
- Dermatitis en la pell.
- Aixafament o atrapa ment .
- Lesions musculars pel maneig de vibradors.
- Electrocutió per ambients humits.

Manipulació de materials

Els riscos propis d'aquesta activitat estan inclosos en la descripció de riscos generals.

Transport de materials i equips dins de l'obra

En aquesta activitat, a més dels riscos enumerats en el punt 4.1, són previsibles els següents:

- Despreniment o caiguda de la càrrega, o part d'aquesta, per ser excessiva o estar mal subjecta.
- Cops contra parts sortints de la càrrega.
- Atropellaments de persones.
- Bolcades.
- Xocs contra altres vehicles o màquines.
- Cops o enganxaments de la càrrega amb objectes } instal·lacions o esteses de cables.

Prefabricació i muntanya d'estructures, tancaments i equips Dels específics d'aquest apartat cal destacar:

- Caiguda de materials per la mala execució de la maniobra d'hissat i acoblament dels mateixos o fallada mecànica d'equips.
- Caiguda de persones des d'altura per diverses causes.
- Atrapa ment de mans o peus en el maneig dels materials o equips. Caiguda d'objectes eines soltes.
- Explosions o incendis pel ús de gasos o per projeccions incandescentes.

Maniobres d'hissat, situació en obra i muntatge d'equips i materials Com a riscos específics d'aquestes maniobres podem citar els següents:

- Caiguda de materials, equips o components dels mateixos per fallada dels mitjans d'elevació o error en la maniobra.
- Caiguda de petits objectes o materials solts (cantoneres, eines, etc.) sobre persones.
- Caiguda de persones des d'altura en operacions de estrebada o desestovada de les peces.
- Atrapa ments de mans o peus.
- Atrapa ment/aixafament de persones per moviments incontrolats de la càrrega.
- Cops d'equips, en el seu hissat i transport, contra altres instal·lacions (estructures, línies elèctriques, etc.), caiguda o bolcada dels mitjans d'elevació.

Muntatge d'instal·lacions. Sòls i Acabats

Els riscos inherents a aquestes activitats podem considerar-los inclosos dins dels generals, al no executar-se a grans altures ni presentar aspectes relativament perillosos.

5.3.9 Màquines i mitjans auxiliars

Analitzem en aquest apartat els riscos que a més dels generals, poden presentar-se en l'ús de maquinària i els mitjans auxiliars. Diferenciem aquests riscos classificant-los en els següents grups:

Màquines fixes i eines elèctriques Els riscos més significatius són:

- Les característiques de treballs en elements amb tensió elèctrica en els quals poden produir-se accidents per contactes, tant directes com indirectes.
- Caigudes de personal a aquest, o diferent nivell per desordre de mànegues.
- Lesions per ús inadequat, o males condicions de màquines giratòries o de tall.
- Projeccions de partícules.

Mitjans d'Elevació

Considerem com a riscos específics d'aquests mitjans, els següents:

- Caiguda de la càrrega per deficient estrebada o maniobra.
- Trencament de cable, ganxo, es trobo, grilló o qualsevol altre mitjà auxiliar d'elevació.
- Cops o aixafaments per moviments incontrolats de la càrrega.
- Excés de càrrega amb el consegüent trencament, o bolcada, del mitjà corresponent.
- Fallada d'elements mecànics o elèctrics
- Caiguda de persones a diferent nivell durant les operacions de moviment de càrregues.

Bastides, Plataformes i Escales Són previsibles els següents riscos:

- Caigudes de persones a diferent nivell.
- Carda de la bastida per bolcada.
- Bolcades o lliscaments d'escales.
- Caiguda de materials o eines des de la bastida.
- Els derivats de patiment de malalties, no detectades (epilèpsia, vertigen, etc.).

Equips de soldadura elèctrica i oxiacetilènica

Els riscos previsibles propis de l'ús d'aquests equips són els següents:

- Incendis.
- Cremades.
- Els derivats de la inhalació de vapors metàl·lics
- Explosió d'ampolles de gasos.

- Projeccions incandescents, o de cossos estranys.
- Contacte amb l'energia elèctrica.

5.4 Mesures preventives

Per a disminuir en la mesura del possible els riscos previstos en l'apartat anterior, ha d'actuar-se sobre els factors que, per separat o en conjunt, determinen les causes que produeixen els accidents. Ens estem referint al factor humà i al factor tècnic.

L'actuació sobre el factor humà, basada fonamentalment en la formació, mentalització i informació de tot el personal que participi en els treballs del present Projecte, així com en aspectes ergonòmics i condicions ambientals, serà analitzada amb major deteniment en altres punts de l'Estudi. Pel que respecta a l'actuació sobre el factor tècnic, s'actuarà bàsicament en els següents aspectes:

- Proteccions col·lectives.
- Proteccions personals.
- Controls i revisions tècniques de seguretat.

Sobre la base dels riscos previsibles enunciats en el punt anterior, analitzem a continuació les mesures previstes en cadascun d'aquests camps.

5.4.1 Proteccions col·lectives

Sempre que sigui possible es donarà prioritat a l'ús de proteccions col·lectives, ja que la seva efectivitat és molt superior a la dona les proteccions personals. Sense excloure l'ús d'aquestes últimes, les proteccions col·lectives previstes, en funció dels riscos enunciats, són els següents:

Riscos generals

Ens referim aquí a les mesures de seguretat a adoptar per a la protecció de riscos que considerem comuns a totes les activitats, són les següents:

- Senyalitzacions d'accés a obra i ús d'elements de protecció personal.
- Acotació i senyalització de zona on existeixi risc de caiguda d'objectes des d'altura.
- Es muntaran baranes resistents en els buits pel que pugués produir-se caiguda de persones.
- En cada tall de treball, es disposarà de, almenys, un extintor portàtil de pols polivalent.
- Si algun lloc de treball generés risc de projeccions (de partícules, o per arc de soldadura) a tercers es col·locaran mampares opaques de material ignífug.
- Si es fessin treballs amb projeccions incandescents en proximitat de materials combustibles, es retiraran aquests o es protegiran amb lona ignífuga.
- Es mantindran ordenats els materials, cables i mànegues per a evitar el risc de cops o caigudes al mateix nivell per aquesta causa.
- Les restes de materials generats pel treball es retiraran periòdicament per a mantenir netes les zones de treball.

- Els productes tòxics i perillosos es manipularan segons el que s'estableix en les condicions d'ús específiques de cada producte.
- Respectar la senyalització i limitacions de velocitat fixades per a circulació de vehicles i maquinària a l'interior de l'obra. Aplicar les mesures preventives contra riscos elèctrics que desenvoluparem més endavant.
- Tots els vehicles portaran els indicadors òptics i acústics que exigeixi la legislació vigent.

Riscos específics

Les proteccions col·lectives previstes per a la prevenció d'aquests riscos, seguint l'ordre dels mateixos establert en el punt 4.2 són les següents:

1) En excavacions.

- Se senyalitzaran les excavacions, com a mínim a 1 m. de la seva vora.
- No s'apilaran terres ni materials a menys de 2 m. de la vora de l'excavació.
- Els accessos a les rases o trinxeres es realitzaran mitjançant escales sòlides que sobrepassen en 1 m. la vora d'aquestes.
- Les màquines excavadores i camions només seran manejats per personal capacitats, amb el corresponent permís de conduir el qual serà responsable, així mateix, de l'adequada conservació de la seva màquina.

2) En moviment de terres

- No es carregaran els camions per sobre de la càrrega admissible ni sobrepassant el nivell superior de la caça.
- Es prohibeix el trasllat de persones fora de la cabina dels vehicles.
- Se situaran topalls o calzes per a limitar la proximitat a vores d'excavacions o desnivells en zones de descàrrega.
- Es limitarà la velocitat de vehicles en el camí d'accés i en els vials interiors de l'obra a 20 Km/h.
- En cas necessari i a criteri del Tècnic de Seguretat es procedirà al regat de les pistes per a evitar la formació de núvols de pols.

3) En treballs en altura

És evident que el treball en altura es presenta dins de moltes de les activitats que es realitzen en l'execució d'aquest Projecte i, com a tal, les mesures preventives relatives als mateixos seran tractades conjuntament amb la resta de les quals afecten a cadascú.

No obstant això, donada l'elevada gravetat de les conseqüències que, generalment, es deriven de les caigudes d'altura, es considera oportú i convenient remarcar, en aquest apartat concret, les mesures de prevencions bàsiques i fonamentals que han d'aplicar-se per a eliminar, en la mesura que sigui possible, els riscos inherents als treballs en altura.

Destacarem, entre altres, les següents mesures:

-Per a evitar la caiguda d'objectes:

- Coordinar els treballs de manera que no es facin treballs superposats.
- Davant la necessitat de treballs en la mateixa vertical, posar les oportunes proteccions (xarxes, marquesines, etc.).
- Delimitar i senyalitzar les zones amb el risc de caiguda d'objectes.
- Senyalitzar i controlar la zona on es realitzin maniobres amb càrregues suspeses, fins que aquestes es trobin totalment secundades.
- Emprar cordes per al guiat de càrregues suspeses, que seran manejades des de fora de la zona d'influència de la càrrega, i accedir a aquesta zona sol quan la càrrega estigui pràcticament arriada.

-Per a evitar la caiguda de persones:

- Es muntaran baranes resistents en tot el perímetre o vores de plataformes, forjats, etc. pels quals poguessin produir-se caiguda
- Es protegiran amb baranes o tapes de suficient resistència els buits existents en forjats, així com en paraments verticals si aquests són accessibles o estan a menys de 1,5 m. del sòl.
- Les baranes que es llevin o buits que es destapin per a introducció d'equips, etc., es mantindran perfectament controlats i senyalitzats durant la maniobra, reposant-se les corresponents proteccions res més finalitzar aquestes.
- Les bastides que s'utilitzin (modulars o tubulars) compliran els requeriments i condicions mínimes definides en l'O.G.S.H.T., destacant entre altres:

Superfícies de suport horitzontal i resistent.

- Si son mòbils, les rodes estaran bloquejades i no es traslladaran amb persones sobre aquestes.
- A partir de 2 m. d'altura es protegirà tot el seu perímetre amb roda peus i baranes col·locades a 45 i 90 cm. del pis, el qual tindrà, com a mínim, una amplària de 60 cm.
- No sobrecarregar les plataformes de treball i mantenir-les netes i lliures d'obstacles.
- En altura (més de 2 m.) és obligatori utilitzar cinturó de seguretat, sempre que no existeixin proteccions (baranes) que impedeixin la caiguda, el qual estarà ancorat a elements, fixos, mòbils, definitius o provisionals, de suficient resistència.
- S'instal·laran entenimentades o cables fiadors per a subjecció dels cinturons de seguretat en aquells casos en què no sigui possible muntar baranes de protecció, o bé sigui necessari el desplaçament dels operaris sobre estructures o cobertes. En aquest cas s'utilitzaran cinturons de caiguda, amb arnès proveïts d'absorció d'energia

- Les escales de mà compliran, com a mínim, les següents condicions:

- No tindran trencats ni estellats travessers o esglaons.
- Disposaran de sabates antilliscants.
- La superfície de suport inferior i superior seran planes i resistents.
- Fixació o amarrament pel seu cap en casos especials i usar el cinturó de seguretat ancorat a un element aliè a aquesta.
- Col·locar-la amb la inclinació adequada.
- Amb les escales de tisora, posar-li topall o cadena perquè no s'obrin, no usar-les plegades i no posar-se a cavall en elles.

4) En treballs amb ferralla

- Els paquets de rodons s'apilaran en posició horitzontal, separant les capes amb dorments de fusta i evitant altures de piles superiors a 1,50 m.
- No es permetrà grimpar per les armadures.
- Es col·locaran taulers per a circular per les armadures de ferralla.
- No s'empraran elements o mitjans auxiliars (escales, ganxos, etc.) fets amb trossos de ferralla soldada.
- Diàriament es netejarà la zona de treball, recollint i retirant les retallades i filferros sobrants de l'armat.

5) En treballs d'encofrat i desencofrat

- L'ascens i descens als encofrats es farà amb escales de mà reglamentàries.
- No romandran operaris en la zona d'influència de les càrregues durant les operacions d'hissat i trasllat de taulers, puntals, etc.
- Es trauran o reblaran tots els claus o puntes existents en la fusta usada.
- El desencofrat es realitzarà sempre des del costat en què no puguin desprendre's els taulers i arrossegar a l'operari.
- Es delimitarà, mitjançant cinta de senyalització, la zona en la qual puguin caure elements procedents de les operacions d'encofrat o desencofrat.

6) En treballs de formigó

-Abocats mitjançant canaló:

- Instal·lar topalls de final de recorregut dels camions formigonera per a evitar bolcades.
- No situar-se cap operari darrere dels camions formigonera en les maniobres de reculada.

-Abocament mitjançant galleda amb grua:

- Senyalitzar amb pintura el nivell màxim d'ompliment del cub per a no sobrepassar la càrrega admissible de la grua.
- No romandre cap operari sota la zona d'influència de la galleda durant les operacions d'hissat i transport d'aquest amb la grua.
- L'obertura de la galleda per a abocament es farà exclusivament accionant la palanca prevista per a això. Per a realitzar tal operació s'usaran, obligatòriament, guants, ulleres i, quan existeixi risc de caiguda, cinturó de seguretat.
- El guiat de la galleda fins a la seva posició d'abocament es farà sempre a través d'entenimentades guia.

-Per a la manipulació de materials:

- Informar els treballadors sobre els riscos més característics d'aquesta activitat, accidents més habituals i manera de prevenir-los fent especialment recalcaments sobre els següents aspectes:

- Maneig manual de materials.
- Apilament de materials, segons la seva característiques.
- Maneig/apilament de materials tòxic/perillosos.

-Per al transport de materials i equips dins de l'obra:

- Es compliran les normes de trànsit i límits de velocitat establerta per a circular pels vials d'obra, les quals estaran senyalitzades i difoses als conductors.
- Es prohibirà que les plataformes i/o camions transportin una càrrega superior a la identificada com a màxima admissible.
- La càrrega es transportarà amarrada amb cables d'acer, cordes o estribes de suficient resistència.
- Se senyalitzaran amb banderoles o llums vermelles les parts sortints de la càrrega i, de produir-se aquests sortints, no excediran de 1,50 m.
- En les maniobres amb el risc de bolcada del vehicle, es col·locaran topalls i s'ajudaran amb un senyal.
- Quan s'hagi de circular o realitzar maniobres en proximitat de línies elèctriques, s'instal·laran gàlils o topalls que evitin aproximar-se a la zona d'influència de les línies.
- No es permetrà el transport de persones fora de la cabina dels vehicles.
- No es transportaran, en cap cas, càrregues suspeses per la ploma amb grues mòbils.
- Es revisarà periòdicament l'estat dels vehicles de transport i mitjans auxiliars corresponents.
- Per a la prefabricació, hissat i muntatge d'estructures, tancaments i equips:
- Se senyalitzaran i delimitaran les zones en què hi hagi risc de caiguda de materials per manipulació, elevació i transport d'aquests.
- No es permetrà, en cap concepte, l'accés de qualsevol persona a la zona senyalitzada i delimitada en la qual es realitzin maniobres amb càrregues suspeses.
- El guiat de càrregues/equips per a la seva ubicació definitiva, es farà sempre mitjançant entenimentades guia manejades des de llocs fora de la zona d'influència de la seva possible caiguda, i no s'accedirà a aquesta zona fins al moment just d'efectuar el seu acobli o posicionament.
- Es taparan o protegiran amb baranes resistents o, segons els casos, se senyalitzessin adequadament els buits que es generin en el procés de muntatge. • S'assemblaran a nivell de sòl, en la mesura (que ho permeti la zona de muntatge i capacitat de les grues, els mòduls d'estructures amb la finalitat de reduir en la mesura del possible el nombre d'hores de treball en altura i els seus riscos.
- Els llocs de treball de soldadura estaran prou separats o s'aïllaran amb pantalles divisòries.
- La zona de treball, sigui de taller o de camp, es mantindrà sempre neta i ordenada.
- Els equips/estructures romandran esbiaixades, durant tota la fase de muntatges fins que no s'efectuï la subjecció definitiva, per a garantir la seva estabilitat en les pitjors condicions previsibles.
- Les bastides que s'utilitzin compliran els requeriments i condicions mínimes definides en l'O.G.S.H.T.
- S'instal·laran cordes o cables fiadors per a subjecció dels cinturons de seguretat en aquells casos en què no sigui possible muntar plataformes de treball amb barana, és a dir necessari el desplaçament d'operaris sobre l'estructura. En aquests casos s'utilitzaran cinturons de caiguda, amb arnès proveïts d'absorció d'energia.

- De qualsevol forma, atès que aquestes operacions i maniobres estan molt condicionades per l'estat real de l'obra en el moment d'executar-les, en el cas de detectar-se una complexitat especial s'elaborarà un estudi de seguretat específic a aquest efecte.

-Per a maniobres d'hissat i ubicació en obra de materials i equips.

- Les mesures de prevenció a aplicar en relació amb els riscos inherents a aquesta mena de treballs, que ja es van relacionar, estan contemplades i definides en el punt anterior, destacant especialment les corresponents a:

- Senyalitzar i delimitar les zones de treball amb càrregues suspeses.
- No romandre cap persona en la zona d'influència de la càrrega.
- Fer el guiat de les càrregues mitjançant cordes.
- Entrar en la zona de risc en el moment de l'acoblament.

5.4.2 Proteccions personals

Com a complement de les proteccions col·lectives, serà obligatori l'ús de les proteccions personals. Els comandaments intermedis i el personal de seguretat vigilaran i controlaran la correcta utilització d'aquestes peces de protecció.

Totes les proteccions personals compliran la Normativa Europea (CE) relativa a Equips de Protecció Individual (EPI).

Es preveu l'ús, en major o menor grau, de les següents proteccions personals:

- Casc.
- Pantalla facial transparent.
- Pantalla de soldador amb visor abatible i cristall inactínic.
- Màscare facials segons necessitats.
- Màscare d'un sol ús de paper.
- Guants de diversos tipus (muntador, soldador, aïllant, goma, etc.)
- Cinturó de seguretat.
- Jaqueta, peto, maniguets i polaines de cuir.
- Ulleres protectores de diversos tipus.
- Calçat de seguretat, adequat a cadascun dels treballs.
- Proteccions auditives (cascos o taps).
- Roba de treball.

5.4.3 Revisions tècniques de seguretat

La seva finalitat és comprovar la correcta aplicació del Pla de Seguretat. Per a això, el Contractista vetllarà per l'execució correcta de les mesures preventives fixades en aquest Pla.

Sense perjudici de l'anterior, podran realitzar-se visites d'inspecció per tècnics assessors especialistes en seguretat, l'assessorament de la qual pot ser de gran valor.

5.5 Instal·lacions elèctriques provisionals

L'escomesa elèctrica general alimentarà una sèrie de quadres de distribució dels diferents

contractistes, els quals es col·locaran estratègicament per al subministrament de corrent a les seves corresponents instal·lacions, equips i eines pròpies dels treballs.

5.5.1 Riscos previsibles

Els riscos implícits a aquestes instal·lacions són els característics dels treballs i manipulació d'elements (quadres, conductors, etc. i eines elèctriques, que poden produir accidents per contactes tant directes com indirectes.

5.5.2 Mesures preventives

Les principals mesures preventives a aplicar en instal·lacions, elements i equips elèctrics seran els següents:

Quadres de distribució

Serán estancs, romandran totes les parts sota tensió inaccessibles al personal i estaran dotats de les següents proteccions:

- Interruptor general.
- Proteccions contra sobrecàrregues i curtcircuits.
- Diferencial de 300 dt..
- Presa de terra de resistència màxima 20 OHMS.
- Diferencial de 30 dt. per a les preses monofàsiques que alimenten eines o útils portàtils.
- Tindran senyalitzacions de perill elèctric. Solament podrà manipular en ells l'electricista.
- Els conductors aïllats utilitzats tant per a escomesa com per a instal·lacions, seran de 1.000 volts de tensió nominal com a mínim.

Prolongadors, clavilles, connexions i cables

- Els prolongadors, clavilles i connexions seran de tipus intempèrie amb tapes de seguretat en preses de corrent femelles i de característiques tals que assegurin l'aïllament, fins i tot en el moment de connectar i desconnectar.
- Els cables elèctrics seran del tipus intempèrie sense presentar fissures i de suficient resistència a esforços mecànics.
- Els entroncaments i aïllaments en cables es faran amb maniguets i cintes aïllants vulcanitzades.
- Les zones de pas es protegiran contra danys mecànics.

Eines i útils elèctrics portàtils

- Els llums elèctrics portàtils tindran el mànec aïllant i un dispositiu protector del llum de suficient resistència. En estructures metàl·liques i altres zones d'alta conductivitat elèctrica s'utilitzaran transformadors per a tensions de 24 V.
- Totes les eines, llums i útils seran de doble aïllament.
- Totes les eines, llums i útils elèctrics portàtils, estaran protegits per diferencials d'alta sensibilitat (30 mA.).

Màquines i equips elèctrics

A més d'estar protegits per diferencials de mitja sensibilitat (300 mA.), aniran connectats a una presa de terra de 20 ohms de resistència màxima i portaran incorporat a la mànega d'alimentació el cable de terra connectat al quadre de distribució.

Normes de caràcter general

- Baix cap concepte es deixaran elements de tensió, com a puntes de cables terminals, etc., sense aïllar.
- Les operacions que afectin la instal·lació elèctrica, seran realitzades únicament per l'electricista.
- Quan es realitzin operacions en cables quadres i instal·lacions elèctriques, es faran sense tensió.

Estudi de revisions de manteniment

Es realitzarà un adequat manteniment i revisions periòdiques de les diferents instal·lacions, equips i eines elèctriques, per a analitzar i adoptar les mesures necessàries en funció dels resultats d'aquestes revisions.

5.6 Mesures de protecció contra incendis

Cada contractista disposarà en obra d'extintors de Pols o Gas en número suficient per a cobrir les necessitats dels riscos d'incendi que generin els treballs que realitza, així com per a la protecció de les seves instal·lacions i oficines, magatzems, vehicles. etc.

5.6.1 Revisions periòdiques

La persona designada a aquest efecte pels diferents contractistes, comprovarà periòdicament l'estat dels extintors i substituirà els descarregats o baixos de pressió.

5.7 Emmagatzematge i ús de gasos

5.7.1 Emmagatzematge

Les ampolles de gasos s'emmagatzemaran en un recinte delimitat i exclusiu per a elles que complirà les següents condicions:

- Se separarà cada tipus de gas en compartiments diferents i, en cada cas, estarà senyalitzat el contingut d'aquestes.
- Se separessin les ampolles plenes de les buides.
- El recinte estarà perfectament ventilat, cobert dels raigs del sol i en l'accés hi haurà algun extintor.

5.7.2 Ús d'ampolles i bombones

El personal que manegi les ampolles de gasos o equips d'oxitall, estarà ensinistrat per a aquests treballs i com a mínim complirà les següents normes bàsiques de Seguretat:

- La pressió de treball de l'acetilè no serà superior a dues atmosferes.
- Abans d'encendre el bufador per primera vegada cada dia, les mànegues es purgaran individualment, així com en finalitzar el treball.
- Verificar periòdicament l'estat de les mànegues, juntes, etc., per a detectar possibles fugides. Per a això s'utilitzarà aigua sabonosa, però mai flama.
- Es posaran vàlvules antiretorn en les sortides dels manòmetres i en les entrades del bufador.
- Durant el transport o desplaçament, les ampolles fins i tot sí que estan buides, han de tenir la vàlvula tancada i la caputxa posada.
- Està prohibit l'arrossegament, lliscament o roda dura de l'ampolla en posició horitzontal.
- No es col·locaran, ni puntualment, prop de substàncies o líquids fàcilment inflamables com ara oli, gasolina, etc.
- Les ampolles es mantindran allunyades del punt de treball, prou perquè no els arribin les espurnes o escòries o bé es protegiran, d'aquestes o d'altres treballs, amb mantes ignífuges.
- No s'empraran mai els gasos comprimits per a netejar residus, vestuaris, ni per a ventilar persones.
- Les ampolles estaran sempre, en obra, en posició vertical i col·locada en carros porta ampolles o amarrada a punts fixos per a evitar la seva caiguda.

5.8 Formació de personal

El seu objectiu és informar els treballadors dels riscos propis dels treballs que realitzaran, donar-los a conèixer les tècniques preventives i mantenir l'esperit de seguretat de tot el personal.

Per a l'ensenyament de les Tècniques de Prevenció, a més dels sistemes de divulgació escrita, com a fullets, normes, etc., ocuparan un lloc primordial les xerrades específiques de riscos i activitats concretes.

5.8.1 Xerrada de seguretat i primers auxilis per a personal d'ingrés en obra

Tot el personal, abans de començar els seus treballs, haurà d'assistir a una xerrada en la qual anirà informat dels riscos generals de l'obra, de les mesures previstes per a evitar-los, de les Normes de Seguretat d'obligat compliment i d'aspectes generals de Primers Auxilis.

A l'inici de la setmana els encarregats de cadascun dels grups de treball impartiran unes xerrades de seguretat sobre els treballs a realitzar en aquest període i les normes de seguretat a seguir.

5.8.2 Xerrades sobre riscos específics

Estaran dirigides als grups de treballadors subjectes a riscos concrets en funció de les activitats que desenvolupin. Seran impartides pels Comandaments directes dels treballs o Tècnics de Seguretat, aquests seran els tècnics de seguretat de cadascuna de les empreses que participen en l'execució de l'obra.

Si, sobre la marxa dels treballs, es detectessin situacions d'especial risc en determinades professions

o fases de treball, es programarien Xerrades Específiques, impartides pel Tècnic de Seguretat encaminades a divulgar les mesures de protecció necessàries en les activitats a què es refereixin. Entre els temes més importants a desenvolupar en aquestes xerrades estaran els següents:

- Riscos elèctrics.
- Treballs en altura.
- Riscos de soldadura elèctrica i oxitall.
- Ús de màquines, maneig d'eines.
- Maneig de càrregues de manera manual i amb mitjans mecànics.
- Ús de bastides, plataformes, escales i línies de vida.

5.9 Reunions de seguretat.

Perquè la política de mentalització i motivació dels comandaments d'obra en el camp de la prevenció d'accidents sigui realment efectiva, són molt importants les Reunions de Seguretat en les quals la Direcció d'Obra, els Comandaments Responsables de l'execució dels treballs, els treballadors i el personal de Seguretat analitzin conjuntament aspectes relacionats exclusivament amb la prevenció d'accidents.

5.10 Medicina assistencial

Partint de la impossibilitat humana d'aconseguir el nivell de risc zero, és necessari preveure les mesures que disminueixin les conseqüències dels accidents que, inevitablement puguin produir-se. Això es durà a terme a través de tres situacions:

- Control mèdic dels empleats.
- L'organització de mitjans d'actuació ràpida i primers auxilis a accidentats.
- La medicina assistencial en cas d'accident o malaltia professional.

5.10.1 Control mèdic

Tal com estableix la Legislació Vigent, tots els treballadors que intervinguin en la construcció de les obres objecte d'aquest Estudi, passaran els reconeixements mèdics previstos en funció del risc al fet que, pel seu ofici o ocupació, vagin a estar sotmesos.

5.10.2 Mitjans d'actuació i primers auxilis

La primera assistència mèdica als possibles accidentats serà realitzada pels Serveis Mèdics de la Mútua Laboral concertada per cada contractista o, quan la gravetat o tipus d'assistència ho requereixi pels Serveis d'Urgència dels Hospitals Públics o Privats més pròxims. En l'obra es disposarà, en tot moment, d'un vehicle per a fer una evacuació immediata, d'un mitjà de comunicació (telèfon) i d'una Farmaciola i, a més, hi haurà personal amb uns coneixements bàsics de Primers Auxilis, amb la finalitat d'actuar en casos d'urgent necessitat. Així mateix es disposarà, igualment, en obra d'una "nota" escrita, col·locada en un lloc visible i de la qual s'informarà i donarà còpia a tots els contractistes, que contindrà una relació amb les adreces i telèfons dels Hospitals, ambulàncies més pròximes, així com els metges locals.

5.10.3 Medicina assistencial en capacitats laborables transitòries o permanents

El contractista ha d'acreditar que aquest servei queda cobert per l'organització de la Mútua Laboral amb la qual ha de tenir contractada pòlissa de cobertura d'incapacitat transitòria, permanent o mort per accident o malaltia professional.

5.11 Vestuaris i lavabos

En la zona destinada a instal·lacions de contractistes, aquests muntaran casetes prefabricades per a lavabos i vestuaris del seu personal complint, en funció del nombre de treballadors que els utilitzin a cada moment, les condicions mínimes establertes en el Capítol III de l'O.G.S.H.T., o bé usar, en defecte d'això i sota les mateixes condicions les instal·lacions definitives. En qualsevol cas, aquestes instal·lacions s'hauran de mantenir en unes adequades condicions de neteja i higiene.

5.12 Plec de condicions

5.12.1 Objecte

L'objecte del següent Plec de condicions és especificar les característiques i condicions tècniques corresponents als mitjans de protecció col·lectiva i individual vists anteriorment, així com les normes necessàries per al seu correcte manteniment, atesa la Reglamentació Vigent.

5.12.2 Disposicions legals reglamentàries.

Serà d'obligat compliment, per part dels contractistes, la normativa ressenyada a continuació:

- Reial decret 1627/1997, de 24 d'Octubre.
- Llei 31/1995, de 8 de Novembre, de Prevenció de Riscos Laborals.
- Ordenança General de Seguretat i Higiene en el Treball (O.M. de 9 de Març de 1971), en els Capítols i articles no derogats per la Llei 31/95).
- Llei General de la Seguretat Social (RD 2065/74, de 30 de Maig).
- Ordenances General Sideri metal·lúrgica (O.M. de 29 de Juliol de 1970).
- Estatut dels Treballadors (Llei 8/80 de 4 de Març).
- Constitució, composició i funcions dels Comitès de Seguretat i Salut Laboral (Llei 31/95).
- Ordenança 1 laboral de la Construcció (O.M. 28.08.70)
- Ordenança Laboral Indústries Sideri metal·lúrgiques (O.M.29.07.70).
- Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió (D.2413/73 de 20 de Setembre, i Ordenis Complementàries).
- Reglament d'Activitats Molestes, Insalubres i Perilloses (D.2414/61 de 22 de Desembre).
- Reglament d'Explosius (RD 2114/78, BOE 07.09.78).
- Reglament d'aparells Elevadors per a Obres (O.M. de 23 de Maig de 1977, i Ordenis Complementàries).
- Reglament de Seguretat en les Màquines (RD 1495/86 de 26 de Maig) Reglament d'Aparells a Pressió (RD 1244/79 de 4 d'Abril).

- Emmagatzematge de Productes Químics (RD 668/80 de 8 de Febrer).
- Instrucció Tècnica Reglamentària sobre extintors d'incendis (O.M. de 31 de Maig de 1982).
- Normes sobre senyalització (RD 1403/86 de 9 de Maig).
- Estudis i Plans de Seguretat (RD 555/86 de 21 de Febrer).
- Notificació d'accidents de treball (O.M. de 16 de Desembre de 1987).
- Normes Tècniques Reglamentàries per a l'Homologació de Mitjans de Protecció Personal.
- F.P.I (RD 1407/92 de 20 de Novembre i modificacions posteriors).
- Convenis Col·lectius Provincials.

Serán també d'obligat compliment qualsevol una altra disposició oficial, relativa a la Seguretat i Salut Laboral, que entri en vigor durant l'execució de l'obra i que pugui afectar els treballs en aquesta.

5.12.3 Proteccions personals

Tots els Equips de Protecció Individual (EPI) compliran el que s'estableix en l'RD 1407/92 de 20 de Novembre, i modificacions posteriors, pel qual s'adopten en Tots els Equips de Protecció Individual (EPI) d'Espanya compliran el que s'estableix en els criteris de la Normativa Europea (Directiva 89/656/CE).

Disposaran del consegüent certificat i contindrà de manera visible el segell (CE) corresponent.

5.12.4 Proteccions col·lectives

Considerem com a Proteccions Col·lectives les següents:

- Bastides.
- Xarxes (segons Norma UNE 81-65680).
- Mampares.
- Proteccions de la instal·lació elèctrica.
- Mitjans de protecció contra incendis.
- Senyalització.
- Baranes.
- Plataformes.
- Línies o cordes de vida, etc.

5.12.5 Revisions tècniques de seguretat

Tal com hem indicat al llarg del present Estudi, es realitzaran, amb una certa periodicitat, les revisions necessàries als equips, eines i mitjans auxiliars, amb la finalitat de mantenir-los en perfectes condicions d'ús.



Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

DISSENY D'UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 250 kW AL MUNICIPI D'ALMATRET

6 Plec de condicions

TITULACIÓ: Grau d' Enginyeria Elèctrica

AUTOR: Joan Alegret Ciuraneta
DIRECTOR: José Antonio Barrado

DATA: Octubre 2021.

6.1 Objecte

L'objecte del present Plec de condicions és determinar els requisits tècnics i les condicions per a la realització del muntatge i posada en servei de les infraestructures elèctriques corresponents a la Planta Fotovoltaica.

La instal·lació incorporarà tots els elements i característiques necessàries per a garantir en tot moment la qualitat del subministrament elèctric.

El funcionament de les instal·lacions fotovoltaïques no haurà de provocar en la xarxa avaries, disminucions de les condicions de seguretat ni alteracions superiors a les admeses per la normativa que resulti aplicable.

Així mateix, el funcionament d'aquestes instal·lacions no podrà donar origen a condicions perilloses de treball per al personal de manteniment i explotació de la xarxa de distribució. S'inclouran tots els elements necessaris de seguretat i proteccions pròpies de les persones i de la instal·lació fotovoltaica, assegurant la protecció enfront de contactes directes i indirectes, curtcircuits, sobrecàrregues, així com altres elements i proteccions que resultin de l'aplicació de la legislació vigent.

6.2 Codis i normes

A part de la normativa legal vigent, seran aplicable els codis i normes en vigor, en la seva última edició que se citen:

- Reglament de Centrals Generadores d'Energia Elèctrica.
- Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió i Instruccions complementàries.
- Reglament sobre condicions tècniques i garanties de Seguretat en estacions elèctriques, institucions o centre (12 de novembre de 1982).
- Reglament de transport, distribució, comercialització, subministrament i autorització d'instal·lacions d'energia elèctrica (RCL1998/3048).
- RD 1663/200, de 29 de Setembre, sobre connexió d'instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de baixa tensió.
- Plec de condicions Tècniques d'Instal·lacions Connectades a Xarxa establertes pel IDAE en el seu apartat destinat a Instal·lacions d'Energia Solar
- Fotovoltaica (PCT-C.-Octubre 2002).
- Reglament de Seguretat i Higiene en Centres de Treball.
- Normes Autonòmiques i Provincials per a aquesta mena d'instal·lacions.
- Normes Municipals per a aquesta mena d'instal·lacions.

6.3 Condicions tècniques de caràcter general

Com a condicions tècniques de caràcter general s'estableixen les següents prescripcions:

- En particular, el funcionament de la instal·lació fotovoltaica no haurà de provocar en la xarxa pública avaries, disminucions de les condicions de seguretat, ni alteracions superiors a les admeses

pels Reglaments o Normatives en vigor i que afectin els altres usuaris. El funcionament de les instal·lacions fotovoltaïques no donarà origen a condicions perilloses de treball per al personal de manteniment i explotació de la xarxa de distribució.

- En el cas que la línia d'interconnexió es quedi sense tensió, bé sigui per treballs de manteniment requerits per la companyia distribuïdora, o per haver actuat alguna protecció de la línia, les instal·lacions fotovoltaïques no hauran de mantenir tensió en la línia de distribució. Les condicions de connexió a la xarxa pública es fixaran en funció de la potència de la instal·lació fotovoltaïca, per a evitar efectes perjudicials als usuaris amb càrregues sensibles. D'altra banda, per a establir el punt de connexió a la xarxa es tindrà en compte la capacitat de transport de la línia i la potència instal·lada en els centres de transformació i distribucions en diferents fases de generadors fotovoltaïcs proveïts d'inversors monofàsics.

6.4 Condicions específiques d'interconnexió a la xarxa de mitjana tensió

En la connexió de la instal·lació fotovoltaïca, s'haurà de respectar que la caiguda de tensió provocada per la connexió i desconexió de la Instal·lació Fotovoltaïca sigui, com a màxim del 5% i no haurà de provocar en cap usuari dels connectats a la xarxa la superació dels límits indicats en el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió.

El factor de potència de l'energia subministrada a la companyia distribuïdora serà el més pròxim possible a la unitat. Les instal·lacions fotovoltaïques connectades en paral·lel amb la xarxa prendran les mesures necessàries per a això o arribar a acords amb la companyia distribuïdora. En el cas d'incompliment reiterat i justificat de la reglamentació en vigor relativa a l'emissió d'harmònics i de la susceptibilitat electromagnètica de la instal·lació es comunicués a l'administració competent que resoldrà sobre la possible desconexió.

6.5 Components i materials

Els components de la instal·lació es dividiran en els següents sistemes:

1. Sistema de generació
2. Sistema de connexió a xarxa

6.5.1 Generalitats

Com a principi general s'ha d'assegurar, com a mínim, un grau d'aïllament elèctric de tipus bàsic classe I en el que afecta tant equips (mòduls i inversors) com a materials conductors, caixes i armaris de connexió, exceptuant el cablejat de contínua que serà de doble aïllament. La instal·lació incorporarà tots els elements i característiques necessàries per a garantir en tot moment la qualitat del subministrament elèctric.

Els materials situats en intempèrie es protegiran contra els agents ambientals, en particular contra l'efecte de la radiació solar i la humitat.

S'inclouran tots els elements necessaris de seguretat i proteccions pròpies de les persones i de la instal·lació fotovoltaïca, assegurant la protecció enfront de contactes directes i indirectes,

curtcircuits, sobrecàrregues, així com altres elements i proteccions que resultin de l'aplicació de la legislació vigent. Sistemes generadors fotovoltaics.

6.5.2 Sistemes de generació

6.5.2.1 Mòduls

Tots els mòduls hauran de satisfer les especificacions UNE-EN 61215 per a mòduls de silici cristal·lí o UNE-EN 61646 per a mòduls fotovoltaics capa prima, la qual cosa s'acreditarà mitjançant la presentació del certificat oficial corresponent.

Perquè un mòdul resulti acceptable la seva potència màxima i corrent de curtcircuit reals referides a condicions estàndard hauran d'estar compreses en el marge del $\pm 5\%$ dels corresponents valors nominals de catàleg.

Serà rebutjat qualsevol mòdul que presenti defectes de fabricació com a trencaments o taques en qualsevol dels seus elements així com falta d'alineació en les cèl·lules o bombolles en l'encapsulat. Els mòduls estaran provats per al seu correcte funcionament en ambients amb humitat fins al 100% i rangs de temperatura entre $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$, i suportant velocitats de vent de fins a 180 Km./hora.

Els mòduls estaran dotats de la certificació CE.

6.5.2.2 Estructura

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

Els punts de subjecció per al mòdul fotovoltaic seran suficients en número, tenint en compte l'àrea de suport i posició relativa, de manera que no es produeixin flexions en els mòduls superiors a les permeses pel fabricant i els mètodes homologats per al model de mòdul. L'estructura del generador es connectarà a terra.

6.5.2.3 Cablejat

Els positius i negatius de cada grup de mòduls es conduiran separats i protegits d'acord amb la normativa vigent.

Els conductors seran de coure i tindran la secció adequada per a evitar caigudes de tensió i escalfaments. Concretament, per a qualsevol condició de treball, els conductors de la part DC hauran de tenir la secció suficient perquè la caiguda de tensió sigui inferior de 1,5% i els de la part AC perquè la caiguda de tensió sigui inferior del 2% tenint en compte en tots dos casos com a referència les corresponents a caixes de connexions.

S'inclourà tota la longitud de cable DC i AC. Haurà de tenir la longitud necessària per a no generar

esforços en els diversos elements ni possibilitat d'enganxament pel trànsit normal de persones. Tot el cablejat de contínua serà de doble aïllament i adequats per al seu ús en intempèrie, a l'aire o enterrat d'acord amb la norma UNE 21123.

6.5.2.4 Inversors

L'inversor degut serà instal·lat en un lloc tancat i equipat amb sistema de ventilació forçada per a mantenir la temperatura ambient dins del rang de treball de l'inversor.

L'inversor concret projectat disposa de la certificació CE i compleix la normativa aplicable, entre elles les relatives l'RD 1663/2000.

- Certificat “CE”.
- Directiva 73/23 EEC per a aparells elèctrics de baixa tensió.
- Directiva 89/336/EEC de compatibilitat electromagnètica.
- Estàndards europeus: EN 50 178, EN 50 081-1, EN 50 082-2, EN 61 000-3-2 + A14.
- Reial decret 436/2004 sobre la connexió d'instal·lacions fotovoltaiques a la xarxa de baixa tensió.
- Reial decret 1663/2000 sobre la connexió d'instal·lacions fotovoltaiques a la xarxa de baixa tensió.
- “Directrius per a l'operació en paral·lel d'instal·lacions de generació fotovoltaiques amb la xarxa de baixa freqüència de la companyia de proveïment d'electricitat”, publicada per l'Associació d'Empreses Elèctriques d'Alemanya.
- “Requisits de seguretat per a instal·lacions de generació d'energia fotovoltaiques” (ÖNORM/ÖVE E2750), en la mesura en la qual aquestes directrius concerneixen els inversors de corrent.
- Protecció contra fallades d'aïllament: L'inversor monitora la connexió a terra de la part fotovoltaiques i mostra un missatge d'error si hi ha un error d'aïllament.
- Protecció contra sobrecorrent a la sortida.
- Protecció contra inversió de polaritat en la part DC. L'inversor està protegit contra inversions de polaritat des dels panells.
- Protecció contra sobreescalfaments: L'inversor disposa d'uns ventiladors que regulen la seva velocitat segons la temperatura interna del mateix per a evitar sobreescalfaments que puguin destruir l'equip.
- Protecció contra sobrecàrrega de panells: Si s'han instal·lat massa panells per a un solo inversor, l'inversor es protegirà produint menys energia a la sortida.
- Proteccions contra el funcionament en manera illa: Seguint les directrius marcades pel RD1663/2000 l'inversor es desconnecta quan detecta que està funcionant en manera illa (sense suport de la xarxa de baixa tensió) per a evitar danys sobre les persones que puguin estar treballant en aquesta xarxa.
- Així mateix compta amb interruptor d'interconnexió intern per a la desconnexió automàtica.
- Protecció interna de màxima i mínima freqüència (49- 50 Hz) segons normativa espanyola.
- Protecció interna de màxima i mínima tensió (340-440 Vac) segons normativa espanyola.
- Relé de bloqueig de proteccions. Aquest relé és activat per les proteccions de màxima i mínima

tensió i de màxima i mínima freqüència, amb la possibilitat de rearmament automàtic als dos minuts de la normalització.

- Transformador de separació galvànica entre el costat de corrent continu i la xarxa de baixa tensió.

6.5.3 Sistemes de connexió a xarxa

6.5.3.1 Cablejat AC

Els conductors de baixa tensió seran de secció adequada a la intensitat a transportar, i la secció mínima del conductor de terra serà la fixada per la MIE BT 004, 007 i 017. L'aïllament serà de polietilè reticulat (XLPE) per a un nivell de 0,6/1 KV i recobriment de PVC. Hauran de portar gravada, de manera indeleble, la identificació del conductor i nom del fabricant. Els entroncaments es realitzaran a base de maniguet metàl·lic amb unió a pressió de la part conductora, sense afebliment de secció ni producció de buits superficials. Tots els conductors estaran identificats en els extrems mitjançant codificació numèrica de borna i equip receptor, reflectint-se en plans de cablejat.

Els conductors seran de coure o alumini, segons s'indica en els esquemes unifilars que s'adjunten. Les característiques bàsiques dels conductors a emprar, que respondran a les especificacions que estableixen les normes internacionals en vigor, d'acord amb la tensió i condicions de servei a què vagin destinats, són les següents:

- Nivell d'aïllament 0,6/1kV.
- Material d'aïllament XLPE
- Coberta PVC

El Contractista realitzarà, en camp, els següents assajos per a cada cable:

1. Prova de continuïtat.
2. Assaig de tensió.

Tots els assajos es realitzaran d'acord amb la NORMA UNE 21-123 i seran efectuats en presència d'un inspector designat a aquest efecte per l'Enginyeria. Les actes corresponents estaran signades per les parts.

6.5.3.2 Quadre de mesura

Totes les instal·lacions compliran amb el que es disposa en el Reial decret 1663/1400 (article 10) sobre mesures i facturació d'instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa de baixa tensió. Tots els elements integrants de l'equip de mesura es trobaran precintats per l'empresa distribuïdora. L'instal·lador autoritzat només podrà obrir els precintes amb el consentiment escrit de la companyia distribuïdora. En cas de perill poden retirar-se els precintes sense consentiment de la companyia elèctrica; sent en aquest cas obligatori informar la companyia distribuïdora immediatament.

La col·locació dels comptadors i les condicions de seguretat es realitzaran d'acord amb la ITC-BT-16.

Els llocs dels comptadors s'hauran de senyalitzar de manera indeleble de manera que l'assignació a cada client quedi patent sense lloc a confusió. A més s'indicarà, per a cada client, si és un comptador d'entrada d'energia procedent de la companyia distribuïdora o un comptador de sortida d'energia de la instal·lació fotovoltaica.

Els comptadors s'ajustaran a les característiques especificades en les normes UNE 14.439, 21.310 i 21.311y, per a l'activa, com a mínim a les de classe de precisió 2 regulada pel RD 875/84.

Les característiques de l'equip de mesura de sortida seran tals que la intensitat corresponent a la potència nominal de la instal·lació fotovoltaica es trobi entre el 50% de la intensitat nominal i la intensitat màxima de precisió d'aquest equip, tal com s'especifica en l'article 48 del Reglament de Verificacions Elèctriques.

Els equips de mesura hauran de complir tot el que s'estableix en el Reglament de Punts de Mesura així com la reglamentació particular de la companyia elèctrica.

El comptador que s'instal·li serà un comptador estàtic digital multi-funció i multi-energia amb precisió CI-2 (activa) i CI-2 (reactiva) amb mesura bidireccional d'Activa i Reactiva en els 4 quadrants.

6.5.3.3 Quadre de distribució

La distribució i protecció en baixa tensió es disposarà en bastidor independent del de mesura i en enfangat tripolar de coure adequat a la intensitat nominal i intensitat de curtcircuit del punt de connexió. L'enfangat principal tindrà, com a mínim, la mateixa capacitat de càrrega que l'interruptor principal.

Els elements de protecció i maniobra s'allotjaran en unitats modulares i prefabricades construïdes amb revestiment de pintura epoxi i polièster. Tots els fons, sostres i parets laterals seran elements separats, extraïbles i dotats de juntes d'estanquitat, i permetran ampliació per extensió de les seves armadures.

Allà on hi hagi una unió entre barres, aquestes estaran platejades i caragolades d'acord amb normes DIN. Tots els enfangats, cables, terminals i connexions estaran dissenyats per a una capacitat de 1,5 vegades la de l'interruptor principal a plena càrrega. Els interruptors automàtics seran aparells d'instal·lació fixa i accionament automàtic amb tancament i obertura manual, de tall omnipolar i amb les següents característiques: Tensió nominal 440 V.

Tensió d'aïllament. 1.000 V.

Normes UNE-CEI

El sistema de proteccions haurà de complir l'exigit per la reglamentació vigent així com les normes de la companyia elèctrica distribuïdora. El sistema serà regulat de tal manera que sigui selectiu amb el sistema de protecció de la companyia elèctrica distribuïdora. Els aparells de mesura analògica se subministraran en cada cas en la forma, dimensions i característiques que s'especifiquin. Seran empotrables, de forma quadrada o rectangular, amb

suficient sensibilitat, i proveïts d'amortidors. Podran ser de precisió o industrials, d'acord amb cada aplicació en concret. Els aparells de precisió amb força antagonista mecànica, hauran d'estar dotats d'un dispositiu que permeti la correcció de l'índex "0" en repòs.

Tot el material comprès en aquest apartat, haurà d'haver estat sotmès a les proves de tensió, aïllament, resistència a la calor i mecànica, fusió i curtcircuits exigides a aquesta classe de material en les normes V.D.E. i recomanacions de la A.E.E.

Els materials hauran de ser productes normals de fabricants de reconeguda solvència. Quan es requereixin dos o més unitats d'un mateix material, hauran de ser producte d'un mateix fabricant. Tots els elements i peces necessàries del muntatge van inclosos en els corresponents mòduls de ràcords, regletes, comandament, control i enfangat de connexió i disjuntors.

6.5.4 Posada a terra

Totes les instal·lacions compliran amb el que es disposa en el Reial decret 1663/1400 (article 12) sobre les condicions de posada a terra en instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa de baixa tensió.

Totes les masses de la instal·lació fotovoltaïca estaran connectades a terra. Aquesta terra serà independent de la del neutre de l'empresa distribuïdora d'acord amb el Reglament de Baixa Tensió. Les piques a utilitzar per a la connexió de posada a terra compliran les següents característiques:

1. aniran amb la marca encunyada en un dels extrems de la pica.
2. El diàmetre de la pica es mesurarà sobre la capa de coure, amb una tolerància de $+0,2/-0,1$ mm.
3. En la longitud de la pica s'admetrà una tolerància de 5 mm en més o menys.
4. L'operació de roscat s'efectuarà, després del cablejat, pel procediment de laminatge en fred, sense arrencada d'encenall.
5. La rosca no haurà de tenir cap punt en el qual es faci visible l'acer.
6. L'ànima de la pica estarà constituït per acer fi al carboni de duresa Brinell compresa entre 180 i 220 H. El seu contingut en fòsfor i sofre no excedirà del 0,04%.
7. El revestiment serà de coure electrolític del tipus definit en la norma UNE 20 003.
8. El gruix mitjà de la capa de coure en qualsevol secció de les piques serà, com a mínim, de 300 micres (0,3 mm.), i en cap punt el gruix efectiu serà inferior a 270 micres (0,27 mm.).

Es proveirà d'arquetes de registre de tipus circular o quadrat segons la figura:

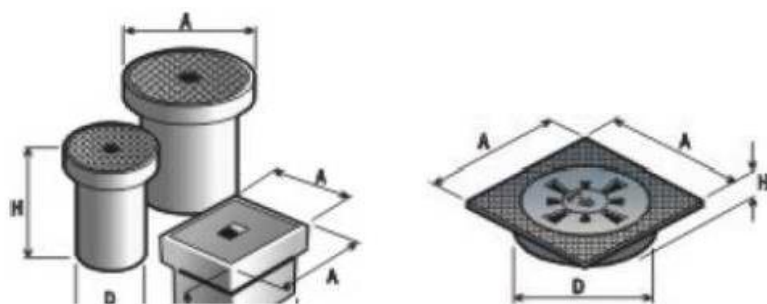


Figura 30 arquetes de registre de tipus circular o quadrat

Per a la unió a la pica s'utilitzaran platines de coure i torniolaria de llautó electró Galvanització

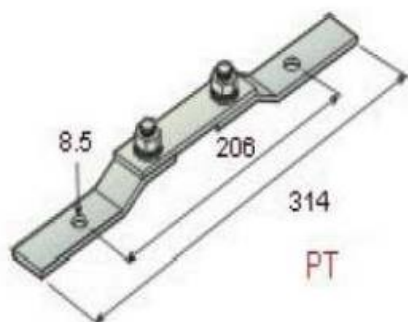


Figura 31 platines de coure i torniolaria de llautó electró Galvanització

6.5.5 Identificació de l'equipament

Cada inversor, mòdul, i, on sigui aplicable, cada caixa de connexions, estarà identificat de manera única amb un número d'etiqueta que es mostra en el diagrama unifilar elèctric, el pla de disposició general de l'equipament, o el programa de l'equipament segons sigui apropiat. S'han de proveir i col·locar etiquetes permanents en aquests ítems de l'equipament per part del contractista del muntatge durant aquest.

Cada cable serà identificat de manera única amb el número de cable que figura en els esquemes de cablejat. Els cables han de ser identificats amb marcadors per a cada cable en cada extrem, i on sigui necessari en posicions intermèdies apropiades pel contractista del muntatge durant aquest.

6.5.6 Selecció del material

En general, en seleccionar el material per a aquest projecte ha de sospesar-se d'alguna manera tres criteris molt lligats, que són:

1. Tècnic i de qualitat.
2. Econòmics
3. Estètic o decoratiu.

Per ordre d'importància, el material ha de complir amb totes les exigències que la normativa vigent obliga i que aquest plec de condicions imposa, per a aconseguir el nivell de qualitat òptim d'aquesta instal·lació. Per tant, per a aplicar amb coneixement de causa aquest criteri, s'han de conèixer perfectament totes les condicions de treball i de funcionament del material i exigir al fabricant, les garanties suficients per a aconseguir la seva fiabilitat i conèixer la reglamentació que obliga cada element a complir unes condicions mínimes de seguretat i de funcionament, amb les limitacions que cadascun tingui.

De tota la informació, cal destacar el que són les característiques tècniques bàsiques de l'element de què es tracti, i sospesar els seus valors en relació a les exigències de la instal·lació. El segon criteri enunciat, l'econòmic, és desgraciadament un dels més influents en la selecció del material, el que ocorre és que poques vegades és estudiat amb poca visió de futur, oblidant el que pot ser una adquisició inicial econòmica, pot ser que no ho sigui tant al cap del temps (per la seva poca durabilitat, excés de manteniment i en definitiva vida curta), per això, a l'hora d'aplicar aquest criteri és molt important fer una valoració d'aquest, en el qual es tinguin en compte no sols el factor d'import d'adquisició, sinó la seva amortització en el termini estipulat, els costos de manteniment i entreteniment, els danys ocasionats per les avaries que pugui produir, els costos de reposició i substitució, etc.; el que fa que predomini més la qualitat del producte, que el cost d'adquisició. El tercer factor considerat, (estètic) no està renyit amb els anteriors, però de cap manera haurà de prevaler sobre el primer, ja que en general les característiques innovadores del material elèctric (visible) busquen en moltes ocasions la justificació d'un encariment d'aquest, per raons estètiques. No hi ha per què oblidar l'aspecte decoratiu, el qual també té la seva importància, però sempre que no vagi en detriment de les característiques tècniques del material en aquest projecte.

6.5.7 Criteris de qualitat

La qualitat en sentit general per a aquest projecte, la podem definir dient que és el grau en què un bé o servei satisfà les necessitats del consumidor d'aquest.

Aplicant aquest, serà doncs el grau o nivell en què la seva utilització satisfà a l'usuari, depenent lògicament que mantingui un funcionament correcte i durador.

Aquesta satisfacció de l'usuari, ha de ser adequada en el temps (que la instal·lació no tingui avaries freqüents) mesurant sempre aquest valor en un funcionament a llarg termini (per exemple, deu

anys) i estimat les avaries normals en aquest període, i també ha de ser adequada en la seva extensió (que compleixi amb les necessitats i d'una forma idònia en tota la seva amplitud).

No hi ha dubte, que la qualitat de les instal·lacions elèctriques es basa en tres punts principals:

- a) Elecció adequada del material.
- b) Instal·lació adequada i correcta d'aquests
- c) Regulació precisa dels seus elements.

No cal dir que, per a aconseguir que aquests tres punts funcionin independentment i en el seu conjunt es requereix un control d'aquesta qualitat, basat en la fiabilitat exigida al material per a aconseguir el seu funcionament sense fallada, durant el temps previst i en les condicions establertes. Un control de la qualitat mínima que s'ha d'exigir al material està en general definit en la reglamentació i normativa legal vigent i correspon al tècnic qualificat el control i l'exigència d'aquesta qualitat.

Moltes vegades el material compleix amb aquestes exigències de qualitat però falla el factor humà; l'instal·lador ha de tenir la formació necessària per a exercir la seva professió i no s'oblidi que quant a instal·lacions elèctriques es refereix, ha de ser un instal·lador autoritzat, segons el REBT. Finalment, la regulació precisa de tots els elements de control de la instal·lació, són fonamentals per a aconseguir el nivell de qualitat exigint en cada cas.

6.5.8 Criteri tècnic i característiques bàsiques

Ja s'ha dit anteriorment la importància d'aquests criteris sobre tots els altres, perquè la instal·lació pot aconseguir el seu grau de qualitat exigint; per això, convé destacar les característiques bàsiques dels materials, sobre totes les altres i que d'una manera general podem resumir en les següents:

CONDUCTORS ELÈCTRICS

- Resistència del material.
- Conductivitat tèrmica del material.
- Resistències mecàniques.
- Resistències a la corrosió i a l'envelliment
- Nivell d'aïllament.
- Rigidesa dielèctrica de l'aïllament, etc.

APARELLS DE MANIOBRA

- Nombre de pols.
- Intensitat nominal.
- Poder de la ruptura.
- Nivell d'aïllament.
- Rigidesa dielèctrica de l'aïllament, etc.

APARELLS DE PROTECCIÓ

- Nombre de pols protegits.

- Tensió nominal.
- Intensitat nominal.
- Poder de ruptura.
- Nivell d'aïllament.
- Grau de regulació.
- Sensibilitat.
- Tipus d'accionament.

APARELLS DE SENYALITZACIÓ I CONTROL

- Tensió nominal.
- Intensitat nominal.
- Nivell d'aïllament.
- Grau de regulació.
- Sensibilitat.
- Tipus d'accionament.

APARELLS DE SENYALITZACIÓ I CONTROL

- Tensió nominal
- Intensitat nominal.
- Nivell d'aïllament.
- Precisió.
- Regulació.
- Tipus de mesurament, etc.

RECEPTORS ELÈCTRICS

- Potència elèctrica.
- Tensió nominal.
- Consum.
- Grau de protecció.
- Grau d'aïllament.
- Característiques de funcionament, etc.

6.5.9 Control i prova de la instal·lació

Dins de l'àmbit del control de la qualitat de la instal·lació elèctrica, entra la realització de les proves i controls no sols del propi material sinó de la instal·lació en si, ja que es requereix una posada a punt en finalitzar el muntatge, i immediatament unes proves de control abans de la posada en servei definitiva. Aquests controls els podem dividir en dos grans grups:

- a) Control de compliment de la normativa i reglamentació.
- b) Control i verificació del funcionament.

No és que existeixi una separació entre tots dos controls ja que aquests poden ser simultanis i de fet en molts casos ho són, però sí que volem distingir el que és una simple inspecció d'un precepte reglamentari del que és una prova o verificació.

Així al primer grup, correspon preveure una revisió de tota la normativa legal vigent i extreure de la mateixa els punts més significatius a comprovar.

Aquest compliment s'ha hagut d'anar vigilant en tot el procés de la instal·lació, però no oblidem que això no és més que una comprovació que tots aquests punts estan complerts.

Els punts a verificar són els següents:

- Nivell o grau d'electrificació.
- Volums de prohibició i protecció de banys.
- Identificació de conductors.
- Tipus d'instal·lació en cada local.
- Dotació de dispositius de seguretat.
- Característiques dels mecanismes.
- Formes de connexions elèctriques.
- Seccions i aïllament de conductors.
- Disposició de quadres.
- Xarxa de terres.
- Xarxes equipotencials.
- Diàmetre dels tubs.
- Tipus de llums.
- Tipus de material en general, etc.

Sobre el control i verificació del funcionament, destacarem els següents:

- Verificació de la polaritat.
- Comprovació d'aïllament (rigidesa dielèctrica).
- Comprovació d'aïllaments (resistència).
- Comprovació de la resistència, de la posada a terra.
- Comprovació de continuïtats.
- Comprovació del repartiment de càrregues.
- Verificació de caigudes de tensió admissibles.
- Comprovació de l'escalfament de línies.
- Comprovació i mesurament del factor de potència.
- Comprovació del tret de les proteccions.

La verificació de la polaritat es realitza amb un busca polos, havent d'anar connectats els mecanismes als fils actius i els receptors al neutre.

La comprovació de la rigidesa dielèctrica dels aïllaments es verifica amb un mesurador d'aïllament, mantenint constant la tensió de prova durant el temps estipulat.

La mesura de la resistència d'aïllaments es realitza amb un megòhmetre, fent el mesurament d'aïllament entre conductors entre si i respecte a terra; el valor obtingut en cap cas serà inferior a 250.000 Ohms.

El mesurament de la resistència de posada a terra, es verifica comprovant en l'arqueta de registre de posada a terra.

La comprovació de continuïtat, es refereix a línies i conductors de protecció. Aquestes es poden realitzar comprovant el funcionament dels receptors amb tensió, o mitjançant un ohmímetre, desconnectant prèviament la tensió de les línies.

La comprovació del repartiment de càrregues, es realitza per mitjà d'un mesurament de la intensitat de consum de cada fase, en la capçalera de línia, simultaniejat l'ús dels receptors que proveeixen. Per a aquest mesurament es poden utilitzar aparells registradors o bé amperímetres de pinça. Es comprovarà mesurant la tensió al principi i al final de línies en consum, si les caigudes de tensió màximes estan dins dels valors admissibles.

La comprovació de l'escalfament de línies es realitza amb un termòmetre digital amb sonda de contacte sobre conductors, quan les línies treballin a plena càrrega. A vegades, per aquesta comprovació es detecten els contactes fluixos o defectuosos, en caixes o borns d'entroncament o connexió.

El factor de potència es comprovarà, o bé mitjançant les lectures dels comptadors d'energia activa i reactiva, o bé mitjançant un fasímetre.

La comprovació del tret de les proteccions es realitzarà augmentant les càrregues, fins a sobrepassar per la simultaneïtat d'usos els consums nominals, o provocant la sobreintensitat amb un generador independent. El tret dels diferencials, es comprovarà provocant una derivació a terra del valor de la seva sensibilitat, al mateix temps que es comprovarà prèviament amb el seu botó de prova.



Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

DISSENY D'UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 250 kW AL MUNICIPI D'ALMATRET

6 Amidaments

TITULACIÓ: Grau d' Enginyeria Elèctrica

AUTOR: Joan Alegret Ciuraneta
DIRECTOR: José Antonio Barrado

DATA: Octubre 2021.

6.1 Obra civil

Components	Quantitat	Un
Desbrossament i neteja de el terreny	10000	m2
Tanca metàl·lica galvanitzada de 2 m d'alçada	400	m
Portes d'accés a la parcel·la	1	Un.
Rasa típus per a tubs de PVC de 63 mm	80	m
Rasa típus per a tubs de PVC de 150 mm	50	m
Rasa típus per a tubs de PVC de 400 mm	20	m

6.2 Mòdul fotovoltaic

components	Quantitat	Un.
Mòdul SunPower E19-320	1000	Ut

6.3 Estructura de suport

components	quantitat	Un.
Estructura suport model DEGUER D-100	20	Ut
Formigó per a sabates	187,5	m3

6.4 Estació Ingecom Power Station SHE

components	quantitat	Un.
Equipada amb 2 inversors Ingecom 140TL B220 Indoor, proteccions de CC YAC i transformador 630 KVA	1	Un.

6.5 Posada a Terra

components	quantitat	Un.
Instal·lació de posada a terra, constituïda per 1 piques de coure de 2 m, cable nu de coure de 35 mm² ponts per a mesura en cada presa de terra i elements auxiliars.	20	Un.
Conductor de Cu nu de 35	400	m

6.6 Cablejat

components	quantitat	Un.
Cable RV-K 0,6 / 1 kV unipolar 4 mm² Cu	3000	m
Cable RV-K 0,6 / 1 kV unipolar 6 mm² Cu	8000	m
Cable RV-K 0,6 / 1 kV unipolar 16 mm² Cu	50	m
Cable RV-K 0,6 / 1 kV unipolar 150 mm² Cu	50	m
Cable RV-K 0,6 / 1 kV unipolar 400 mm² Cu	10	m
Conductor de protecció 70 mm²	50	m
Conductor de protecció 185 mm²	10	m

6.7 Tubs

components	quantitat	Un.
Canonada corrugada 16mm²	8000	m
Canonada corrugada 20mm²	50	m
Canonada corrugada 63mm²	1	m
Canonada corrugada 150mm²	50	m
Canonada corrugada 400mm²	10	m

6.8 Quadres i caixes de connexions

components	quantitat	Un.
Caixa de connexió	10	m
Caixa de concentració	2	Un.
Muntatge i instal·lació d'armari de comptadors que inclou armari de PVC, comptador bidireccional, regleta de verificacions i enfangat totalment instal·lat.	1	Un.

6.9 Proteccions

components	quantitat	Un.
Fusible DF Electric GPV 32A	160	Un.
Fusible DF Electric NH GPV 80A	20	Un.
interruptor magneto tèrmic Legrand 800A	1	Un.
interruptor diferencial Legrand 800A	1	Un.
interruptor magnetotèrmic SACE ISOMAX S6 tetrapolar 800A	1	Un.



Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

DISSENY D 'UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 250 kW AL MUNICIPI D'ALMATRET

7 Pressupost

TITULACIÓ: Grau d' Enginyeria Elèctrica

AUTOR: Joan Alegret Ciuraneta
DIRECTOR: José Antonio Barrado

DATA: Octubre 2021.

7.1 Pressupost econòmic

En aquest apartat s'avalua el cost econòmic que suposa tota la instal·lació de sistema solar fotovoltaic. Es desglossa part a part en què s'indica la descripció de l'element, el seu preu unitari, la unitat en la qual es mesura i el seu cost.

7.2 Obra civil

Components	Quantitat	Un	€ / Un.	Import €
Desbrossament i neteja de el terreny	10000	m2	0,77	7.700 €
Tanca metàl·lica galvanitzada de 2 m d'alçada	400	m	17	6.800 €
Portes d'accés a la parcel·la	1	Un.	200	200 €
Rasa tipus per a tubs de PVC de 63 mm	80	m	7,5	600 €
Rasa tipus per a tubs de PVC de 150 mm	50	m	7,5	375 €
Rasa tipus per a tubs de PVC de 400 mm	20	m	7,5	150 €
TOTAL				15.825

7.3 Mòdul fotovoltaic

components	quantitat	Un.	€ /Un.	import €
Mòdul SunPower E19-320	1000	Ut	452,58	452.580 €
TOTAL				452.580 €

7.4 Estructura de suport

components	quantitat	Un.	€ / Un.	import €
Estructura suport model DEGUER D-100	20	Ut	12.117,06	302.926,05 €
Formigó per a sabates	187,5 m3	48,00	9.000 €	
TOTAL				311.926,5

7.5 Estació Ingecom Power Station SHE

components	quantitat	Un.	€ / Un.	import €
Equipada amb 2 inversors Ingecom 140TL B220 Indoor, proteccions de CC YAC i transformador 630 KVA	1	Un.	103.471,85	103.471€
TOTAL.				103.471,85 €

7.6 Posada a Terra

components	quantitat	Un.	€ / Un.	import
Instal·lació de posada a terra, constituïda per 1 piques de coure de 2 m, cable nu de coure de 35 mm2 ponts per a mesura en cada presa de terra i elements auxiliars.	20	Un.	156,96.	3.924
Conductor de Cu nu de 35	400	m	1,06	424 €
TOTAL				4.348

7.7 Cablejat

components	quantitat	Un.	€ / Un.	import €
Cable RV-K 0,6 / 1 kV unipolar 4 mm2 Cu	3000	m	0,45	1350 €
Cable RV-K 0,6 / 1 kV unipolar 6 mm2 Cu	8000	m	1,28	10.240 €
Cable RV-K 0,6 / 1 kV unipolar 16 mm2 Cu	50	m	2,80	140 €
Cable RV-K 0,6 / 1 kV unipolar 150 mm2 Cu	50	m	10,80	450 €
Cable RV-K 0,6 / 1 kV unipolar 400 mm2 Cu	10	m	28,60	286 €
Conductor de protecció 70 mm2	50	m	6,20	310 €
Conductor de protecció 185 mm2	10	m	11,86	118,6 €
TOTAL				12.894,6 €

7.8 Tubs

components	quantitat	Un.	€/Un.	import €
Canonada corrugada 16mm ²	8000	m	0,48	3840 €
Canonada corrugada 20mm ²	50	m	0,58	29 €
Canonada corrugada 63mm ²	1	m	200	200 €
Canonada corrugada 150mm ²	50	m	8,65	432,5 €
Canonada corrugada 400mm ²	10	m	38,55	385,5 €
		TOTAL		4887 €

7.9 Quadres i caixes de connexions

components	quantitat	Un.	€/Un.	import €
Caixa de connexió	10	m	450	4.500 €
Caixa de concentració	2	Un.	1.150	2.300 €
Muntatge i instal·lació d'armari de comptadors que inclou armari de PVC, comptador bidireccional, regleta de verificacions i enfangat totalment instal·lat.	1	Un.	2.100	2.100 €
		TOTAL		8.900 €

7.10 Proteccions

components	quantitat	Un.	€/Un.	import €
Fusible DF Electric GPV 32A	160	Un.	8,60	1.376 €
Fusible DF Electric NH GPV 80A	20	Un.	25	500 €
interrupctor magneto tèrmic Legrand 800A	1	Un.	808,24	808,24 €
interrupctor diferencial Legrand 800A	1	Un.	833,12	833,12 €
interrupctor magnetotèrmic SACE ISOMAX S6 tetrapolar 800A	1	Un.	883,52	883,52 €
		TOTAL		4.400,88 €

7.11 Resum del pressupost

Capítol	Resum	euros
1	Obra civil	15.825 €
2	Mòdul fotovoltaic	452.580 €
3	Estructura de suport	311.926,5 €
4	Estació Ingecom Power Station SHE	103.471,85 €
5	Posada a terra	4.348 €
6	Cablejat	12.894,6 €
7	Tubs	15.825 €
8	Quadres i caixes de connexions	8.900 €
9	Proteccions	4.400,88 €
TOTAL PRESSUPOST EXECUCIÓ MATERIAL		924.720,83 €
13,00% DESPESES GENERALS		120.213,7 €
6,00% BENEFICI INDUSTRIAL		55.483,25 €

TOTAL PRESSUPOST EXECUCIÓ PER CONTRACTA	1.100.417,78 €
--	-----------------------

El 21% IVA 231.087,73 €

TOTAL PRESSUPOST GENERAL	1.331.559,51 €
---------------------------------	-----------------------

El pressupost general ascendeix a la quantitat de:

UN MILIÓ TRES-CENTS TREINTAUN MIL CINC-CENTS CINQUANTA-NOU AMB CINQUANTA-UN EUROS

TOTAL EXECUCIÓ MATERIAL	924.720,83 €
--------------------------------	---------------------

3,00% PROJECTE	27.741,62 €
-----------------------	--------------------

3,00% DIRECCIÓ D'OBRA 27.741,62 €

HONORARIS	55.483.24 €
------------------	--------------------

El 21% IVA 11.651.48 €

TOTAL PRESSUPOST GENERAL	67.134,72 €
---------------------------------	--------------------

El pressupost d'honoraris ascendeix a la quantitat de:

SEIXANTA-SET MIL CENT TRENTA-QUATRE AMB SETANTA-DOS.

