ÍNDEX PROJECTE INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTICA CONNECTADA A XARXA

Índex Projecte instal·lació fotovoltica connectada a xarxa 1

Capítol 1: MEMÒRIA..... 5

1.1. Titularitat i objecte..... 5

1.2. Normativa aplicable 6

1.3. Emplaçament de la instal·lació..... 8

1.4. Descripció general del projecte 9

1.4.1. Descripció general 9

1.4.2. Règim de comunicació ambiental 17

1.5. Camp fotovoltaic. Característiques dels mòduls..... 20

1.5.1. Característiques dels mòduls 20

1.5.2. Camp fotovoltaic i tensions de treball dels mòduls connectats a l'inversor Fronius 150 21

1.5.3. Camp fotovoltaic i tensions de treball dels mòduls connectats a l'inversor Fronius 70 22

1.5.4. Camp fotovoltaic i tensions de treball dels mòduls connectats a l'inversor Fronius 30 22

1.5.5. Muntatge del camp fotovoltaic sobre la coberta 23

1.5.6. Connexionat en el costat de continua 24

1.5.7. Caixes de connexió de corrent continu 28

1.5.8. Connexionat caixes de corrent continu i inversors 28

1.6. Tensions de corrent altern 29

1.6.1. Inversors utilitzats. Característiques dels inversors 29

1.6.2. Connexionat dels inversors a la DGMP i a la caixa de protecció i mesura 33

1.7. Punt de connexió a la xarxa de l'empresa distribuïdora i centre de transformació 35

1.7.1. Característiques del punt de connexió 35

1.7.2. Descripció física del centre de transformació 36

1.7.3. Descripció de les instal·lacions elèctriques del CT..... 38

1.7.4. Posta a terra 45

1.7.5. Instal·lacions secundàries del centre de transformació 46

1.8. Quadres de corrent altern i corrent continu. Configuracions i característiques. Proteccions 47
1.8.1. Caixa de protecció i mesura 48
1.8.2. Dispositius generals de comandament i protecció. Caixes de corrent altern 50
1.8.3. Quadre de corrent continu 50
1.8.4. Altres proteccions 51
1.9. Posta a terra de la instal·lació 51
1.10. Compliment de les condicions de seguretat contra incendis 53
1.11. Estudi energètic i de rendiments 54
Capítol 2: CÀLCULS JUSTIFICATIUS 81
2.1. Justificació del compliment de la legislació aplicable 81
2.1.1. Condicions de caràcter general 81
2.1.2. Condicions específiques d'interconnexió 81
2.1.3. Mesures d'energia 81
2.1.4. Condicions de posta a terra 82
2.1.5. Separació de circuits 82
2.1.6. Harmònics i compatibilitat electromagnètica 82
2.2. Càlcul i disseny del generador fotovoltaic 82
2.2.1. Càlcul de tensions admissibles a l'inversor FRONIUS/IG PLUS 150 84
2.2.2. Càlcul del número de cadenes o strings del generador fotovoltaic connectat a l'inversor FRONIUS/IG PLUS 150 85
2.2.3. Càlcul de tensions admissibles a l'inversor FRONIUS/IG PLUS 70 85
2.2.4. Càlcul del número de cadenes o strings del generador fotovoltaic connectat a l'inversor FRONIUS/IG PLUS 70 86
2.2.5. Càlcul de tensions admissibles a l'inversor FRONIUS/IG PLUS 30 87
2.2.6. Càlcul del número de cadenes o strings del generador fotovoltaic connectat a l'inversor FRONIUS/IG PLUS 30 88
2.3. Càlcul del corrent de curtcircuit 89
2.4. Criteris per al càlcul de les seccions dels cables conductors 92
2.4.1. Càlcul de la secció dels conductors de corrent contínua 92
2.4.2. Càlcul de la secció dels conductors de corrent altern 98
2.4.3. Posta a terra 117
2.4.4. Elements de protecció i desconnexió 119
2.5. Càlcul del centre de transformació 121
2.5.1. Intensitat de mitja tensió 121
2.5.2. Intensitat de baixa tensió 121

2.5.3. Curtcircuits 122
2.5.4. Dimensionat de l'embarrat 122
2.5.5. Protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits 123
2.5.6. Dimensionat dels ponts de MT 124
2.5.7. Dimensionat del pou apagafocs 124
2.5.8. Càlcul de la instal·lació de posta a terra 124
Capítol 3: PRESSUPOST 132
3.1. Pressupost total 132
3.2. Amidaments 134
Capítol 4: ANNEXES 141
4.1. Annex 1. Caigudes de tensió dels strings a les caixes de continua dels inversors IG Plus 150 141
4.2. *Annex 2. Caigudes de tensió de les caixes de continua als inversors IG Plus 150* 149
4.3. Annex 3. Caigudes de tensió dels strings a les caixes de continua dels inversors IG Plus 70 i 30 151
4.4. Annex 4. Caigudes de tensió de les caixes de continua als inversors IG Plus 70 i 30 152
4.5. Annex 5. Caigudes de tensió dels inversors IG Plus 150, 70 i 30 a les caixes d'alterna 153
4.6. *Annex 6. Elements de protecció al costat d'alterna* 155
Capítol 5: PLÀNOLS 159

CAPÍTOL 1: MEMÒRIA

1.1. Titularitat i objecte

L'objecte d'aquest projecte és la descripció i càlcul de tots els elements que composen la instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa de mitja tensió de 213.264 kWp que s'ubicarà al Carrer Fusters Parcel·la 14, 16, 19 de Ciutadella a Menorca, així com sol·licitar als organismes competents l'autorització per al muntatge i la posada en marxa de la instal·lació. L'objecte final de la instal·lació és la venta d'energia injectada a la xarxa a l'empresa distribuïdora, GESA-ENDESA.

Figura 1. Localització dels terrenys on estan ubicades les naus industrials.

1.2. Normativa aplicable

Per a la redacció del present Projecte s'ha tingut en compte la següent normativa:

- Llei 54/97, del 27 de novembre, del Sector Elèctric.
- Real Decret 1955/2000, de l'1 de desembre, pel que se regulen les activitats de transport, distribució, comercialització, subministrament i procediments d'autorització d'instal·lacions d'energia elèctrica.
- Real Decret 3275/1982, del 12 de novembre, sobre Condicions Tècniques i Garanties de Seguretat en Centrals Elèctriques i Centres de Transformació.
- Ordre del 6 de juliol de 1984, por la que s'aproven les Instruccions Tècniques Complementàries del Reglament sobre condicions tècniques i garanties de Seguretat en Centrals Elèctriques, Subestacions i Centres de Transformació.
- Real Decret 842/2002, del 2 d'agost, pel que s'aprova el Reglament Electrotècnic per a Baixa tensió i les Instruccions Complementàries.
- Real Decret 661/2007, del 25 de maig, pel que s'estableix la metodologia per l'actualització i sistematització del règim jurídic i econòmic de l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial.
- Real Decret 1110/2007 del 24 d'agost, aprova el Reglament unificat de punts de mesura en el sistema elèctric.
- Real Decret 1433/2002, del 27 de desembre, pel que s'estableix els requisits de mesura en baixa tensió de consumidors i centrals de producció en règim especial.
- Real Decret 1663/2000, del 29 de setembre, sobre la connexió d'instal·lacions fotovoltaiques a la xarxa de baixa tensió. Al tractar-se d'una connexió en mitja tensió, aquest Real Decret no es d'aplicació directa, tot i així s'agafarà com a referència per determinar les característiques tècniques de la instal·lació.
- Resolució del 31 de maig de 2001, de la Direcció General de Política Energètica i Mines, pel que s'estableix el model de contracte tipus i model de factura per instal·lacions solars fotovoltaiques connectades a la xarxa de baixa tensió.
- Real Decret 1556/2005, del 23 de desembre, en que es marca la tarifa elèctrica per a l'any 2006.
- Condicions tècniques que han de complir les instal·lacions fotovoltaiques per a la connexió a la xarxa de distribució de la Companyia Distribuïdora.
- Plec de Condicions Tècniques d'instal·lacions connectades a xarxa de l'IDAE de l'octubre de 2002.
- Normes UNE sobre instal·lacions fotovoltaiques.
- Normes UNE 21123, 21030 i UNE HD 603-5N per a cables segons l'ús a l'intempèrie, a l'aire o enterrats.

- Codi Tècnic de l'Edificació, Real Decret 314/2006 del 17 de març (inclòs el DB SI de seguretat en cas d'incendi).
- Real Decret 1942/1993, del 5 de novembre, pel que s'aprova el Reglament d'Instal·lacions de Protecció Contra Incendis (RIPCI).
- Reglament de Seguretat i Higiene en el treball (L31/95).
- Llei 3/1998, del 18 de març, per la que s'aprova el Reglament general de desenvolupament de la Llei 3/1998.
- Real Decret 1578/2008, del 26 de setembre, de retribució de l'activitat de producció d'energia elèctrica mitjançant tecnologia solar fotovoltaica per instal·lacions posteriors a la data límit de manteniment de la retribució del Real Decret 661/2007, del 25 de maig, per a dita tecnologia.
- Real Decret 841/2002, del 27 de desembre, pel que es regula per a 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 de les seves previsions de producció i l'adquisició per part dels comerciants de l'energia elèctrica que han produït.
- Real Decret 2818/1998, del 23 de desembre, sobre la producció d'energia elèctrica per instal·lacions de fonts abastides per recursos o fonts d'energia renovables, residus i cogeneració.
- Real Decret 154/1995, del 3 de febrer, pel qual es modifica el Real Decret 7/1988, del 8 de gener, pel qual es regulen les exigències de seguretat del material elèctric destinat a ser utilitzat en determinats límits de tensió.
- Real Decret 7/1988, del 8 de gener, relatiu a les exigències de seguretat del material elèctric destinat a ser utilitzat en determinats límits de tensió.
- Condicions Tècniques que han de complir les instal·lacions fotovoltaiques per a la seva connexió a la xarxa de distribució en Baixa Tensió de GESA-ENDESA.
- Procediment i Condicions Econòmiques per a la interconnexió a la xarxa de GESA-ENDESA de productors en Règim Especial.
- Contracte tipus Endesa, juny 2004.
- Reglament de L.A.A.T. Aprovat per decret 3.151/1968, del 28 de novembre, B.O.E. del 27 de desembre de 1968.
- Reglament tècnic de línies elèctriques aèries d'alta tensió. Aprovat en el decret del 28 de novembre de 1968.
- NTE/IEP. Norma tecnològica del 24 de març de 1973 per a instal·lacions elèctriques de posta a terra.
- Normes UNE i recomanacions UNESA.
- Condicions imposades pels organismes públics afectats.
- Ordenances municipals de l'ajuntament on s'executa l'obra.

1.3. Emplaçament de la instal·lació

La instal·lació fotovoltaica de potència 213.264 kWp s'instal·larà de forma permanent en la coberta de les dues naus industrials situades en la localitat de Ciutadella de Menorca, en la província de les Illes Balears.

L'emplaçament on estan ubicades les naus industrials presenta una altitud respecte el nivell del mar de 23 m, i les seves coordenades geogràfiques són:

- Latitud: 40° 0' 30" N
- Longitud: 3° 51' 12" E

Les cobertes on aniran situades les plaques disposaran de dues aigües de forma que cada una d'elles tindrà una inclinació de 4º respecte l'horitzontal. Pel que fa als dos vessants que miraran al nord tindran un azimut de 163º, mentre que els que mirin al sud serà de -17º.

Les dues naus industrials estan situades en tres parcel·les i tenen la mateixa orientació respecte el sud.

A continuació es pot veure la disposició física de les dues naus:

Figura 2. Emplaçament de l'activitat projectada. Detall de les cobertes de les naus industrials situades al Carrer Fusters Parcel·la 14, 16, 19 (Ciutadella).

1.4. Descripció general del projecte

1.4.1. Descripció general

El generador fotovoltaic estarà format per mòduls fotovoltaics de silici amorf flexible integrats a la coberta de les dues naus industrials mitjançant solució constructiva adequada per a la integració dels mateixos segons el tipus de coberta.

La instal·lació generadora objecte del present projecte pretén acollir-se al règim jurídic i econòmic establert en el Real Decret 661/2007. Baix aquest Real Decret aquest tipus d'instal·lacions estan emmarcades en el grup b.1.1, instal·lacions que utilitzen com energia primària l'energia solar fotovoltaica.

La planta està formada per un sistema generador fotovoltaica , per un conjunt d'inversors que seran els encarregats d'injectar l'energia elèctrica a la xarxa, pel sistema de suport del generador fotovoltaic, centre de transformació i pel conjunt d'elements complementaris (conduccions, proteccions elèctriques, elements de mesura, sistemes d'interconnexió) tal com s'estableix al Real Decret 1663/2000, la Resolució del 31 de maig de 2001 i el Reglament electrotècnic de Baixa Tensió.

El generador fotovoltaic consta d'un total de 1481 mòduls de la marca Uni-solar, model PVL-144, on cada mòdul té una potència unitària de 144 Wp. Així doncs el camp fotovoltaic té una potència total de pic de 213.264 kWp. La disposició d'aquests mòduls serà de 808 mòduls amb una potència total de 116.352 kWp per a la coberta de la primera nau, amb 400 mòduls a la vessant sud de la coberta i 408 a la nord. Pel que fa a la segona nau, es disposaran un total de 673 mòduls amb una potència de 96.912 kWp repartits en 353 per a la vessant sud i 320 per a la nord.

El generador fotovoltaic es troba sobreposat a les dues cobertes de les dues naus industrials, presentant aquestes una inclinació de 4º i un azimut per la vessant nord de 163º i per la vessant sud de -17º.

El camp fotovoltaic està format per l'agrupació mixta (sèrie i paral·lel) del mòduls fotovoltaics, és a dir, el generador fotovoltaic estarà format per un conjunt de branques en paral·lel o strings, i a la vegada cada branca estarà formada per l'agrupació en sèrie dels mòduls fotovoltaics.

La configuració del generador fotovoltaic s'ha realitzat tenint en compte les característiques elèctriques dels inversors de la instal·lació, de tal manera que el rang de tensions i intensitats subministrades pel generador connectat a cada inversor s'adeqüi a les seves tensions màximes i mínimes del costat de continua, així com a la seva intensitat nominal.

En el cas de la primera nau constarà de 12 subcamps els qual n'hi haurà 9 formats cada un per 10 mòduls connectats en sèrie i 8 agrupacions en paral·lel, 2 per 11 mòduls i 3 agrupacions en sèrie, finalment el darrer subcamp estarà format per 11 mòduls en sèrie agrupats en dues línies paral·leles.

Nau Industrial 1	Nº mòduls sèrie	Nº mòdul paral·lel	Nº total mòduls	Azimut	Potència total
Subcamp FV A	10	8	80	163	11520 kWp
Subcamp FV B	10	8	80	163	11520 kWp
Subcamp FV C	10	8	80	163	11520 kWp
Subcamp FV D	10	8	80	163	11520 kWp
Subcamp FV E	10	8	80	163	11520 kWp
Subcamp FV F	10	8	80	163	11520 kWp
Subcamp FV G	10	8	80	-17	11520 kWp
Subcamp FV H	10	8	80	-17	11520 kWp
Subcamp FV I	10	8	80	-17	11520 kWp
Subcamp FV J	11	3	33	-17	4752 kWp
Subcamp FV K	11	3	33	-17	4752 kWp
Subcamp FV L	11	2	22	-17	3168 kWp

Taula 1. Resum de les característiques dels subcamps de la coberta de la primera nau.

Pel que fa la segona nau existiran 9 subcamps dintre dels qual n'hi haurà 8 que estaran formats per 10 mòduls en sèrie i 8 en paral·lel i el restant estarà per 11 mòduls en sèrie més 3 en paral·lel.

Nau Industrial 2	Nº mòduls sèrie	Nº mòdul paral·lel	Nº total mòduls	Azimut	Potència total
Subcamp FV M	10	8	80	163	11520 kWp
Subcamp FV N	10	8	80	163	11520 kWp
Subcamp FV O	10	8	80	163	11520 kWp
Subcamp FV P	10	8	80	163	11520 kWp
Subcamp FV Q	10	8	80	-17	11520 kWp
Subcamp FV R	10	8	80	-17	11520 kWp
Subcamp FV S	10	8	80	-17	11520 kWp
Subcamp FV T	10	8	80	-17	11520 kWp
Subcamp FV U	11	3	33	-17	4752 kWp

Taula 2. Resum de les característiques dels subcamps de la coberta de la segona nau.

Els inversors de la instal·lació, encarregats de la transformació del corrent continu subministrat pel generador fotovoltaic a corrent altern per a la seva posterior injecció a la xarxa, són de la marca Fronius. N'existiran de monofàsics i trifàsics i de diferents potències segons al camp fotovoltaic que estiguin connectats. Aquests inversors els podem dividir en dos grups, els de la coberta de la primera nau i els de la coberta de la segona nau:

- Inversors de la primera nau:
  - Fronius / IG PLUS 150. Potència nominal 12 kW: 9 unitats
    - Nº de cadenes o strings: 8
    - Nº de mòduls connectats en sèrie per string: 10

  - Fronius / IG PLUS 70. Potència nominal 6.5 kW: 2 unitats
    - Nº de cadenes o strings: 3
    - Nº de mòduls connectats en sèrie per string: 11

  - Fronius / IG PLUS 30. Potència nominal 3 kW: 1 unitat
    - Nº de cadenes o strings: 2
    - Nº de mòduls connectats en sèrie per string: 11

Model de l'inversor	P_{inv} [Kw]	Nº mòduls per inversor	Nº de cadenes	Nº inv	Nº total de mòduls-Inv	$P_{total-inv}$ [kW]
Fronius / IG PLUS 150	12	80	8	9	720	108
Fronius / IG PLUS 70	6.5	33	3	2	66	13
Fronius / IG PLUS 30	3	22	2	1	22	3
TOTAL				**12**	**808**	**124**

Taula 3. Resum de la configuració dels inversors i la quantitat per la coberta de la primera nau.

- Inversors de la segona nau:
  - Fronius / IG PLUS 150. Potència nominal 12 kW: 8 unitats
    - Nº de cadenes o strings: 8
    - Nº de mòduls connectats en sèrie per string: 10

  - Fronius / IG PLUS 70. Potència nominal 6.5 kW: 1 unitat
    - Nº de cadenes o strings: 3
    - Nº de mòduls connectats en sèrie per string: 11

Model de l'inversor	P_{inv} [Kw]	Nº mòduls per inversor	Nº de cadenes	Nº inv	Nº total de mòduls-Inv	$P_{total-inv}$ [kW]
Fronius / IG PLUS 150	12	80	8	8	640	96
Fronius / IG PLUS 70	6.5	33	3	1	33	6,5
TOTAL				**9**	**673**	**102,5**

Taula 4. Resum de la configuració dels inversors i la quantitat per la coberta de la segona nau.

De cada un dels strings surten dos cables conductors (positiu i negatiu) que van a parar a les caixes d'unió de corrent continu. El cable utilitzat és del tipus S1ZZ, de la marca comercial TECSUN i està indicat per instal·lacions de generació elèctrica basats en energia solar fotovoltaica, per ser instal·lats en interior o exterior i tant en instal·lació fixa com mòbil. La secció dels conductors citats anteriorment serà de 6 mm^2 excepte en el subcamp L que serà de 4 mm^2.

El camp fotovoltaic de la primera nau disposta de 4 caixes de connexió de corrent continu mentre que en el cas de la segona nau n'hi haurà 3, on es situaran els fusibles de protecció per cada string i els varistors contra sobretensions, amb el nom de CB-VS-01, CB-VS-02, CB-VS-03 i CB-VS-04 per a la primera nau i CB-VS-05, CB-VS-06 i CB-VS-07 per a la segona nau.

La caixa de connexió CB-VS-01 és el resultat de l'agrupació dels primers 3 subcamps que alimenten a 3 onduladors IG PLUS 150 (figura 3).

La caixa de connexió CB-VS-02 és el resultat de l'agrupació dels següents 3 subcamps que alimenten a 3 onduladors IG PLUS 150 (figura 4).

La caixa de connexió CB-VS-03 és el resultat de l'agrupació dels següents 3 subcamps que alimenten a 3 onduladors IG PLUS 150 (figura 5).

Finalment caixa de connexió CB-VS-04 és el resultat de l'agrupació dels 3 darrers subcamps, els dos primers alimenten dos onduladors IG PLUS 70 i l'últim un ondulador IG PLUS 30 (figura 6).

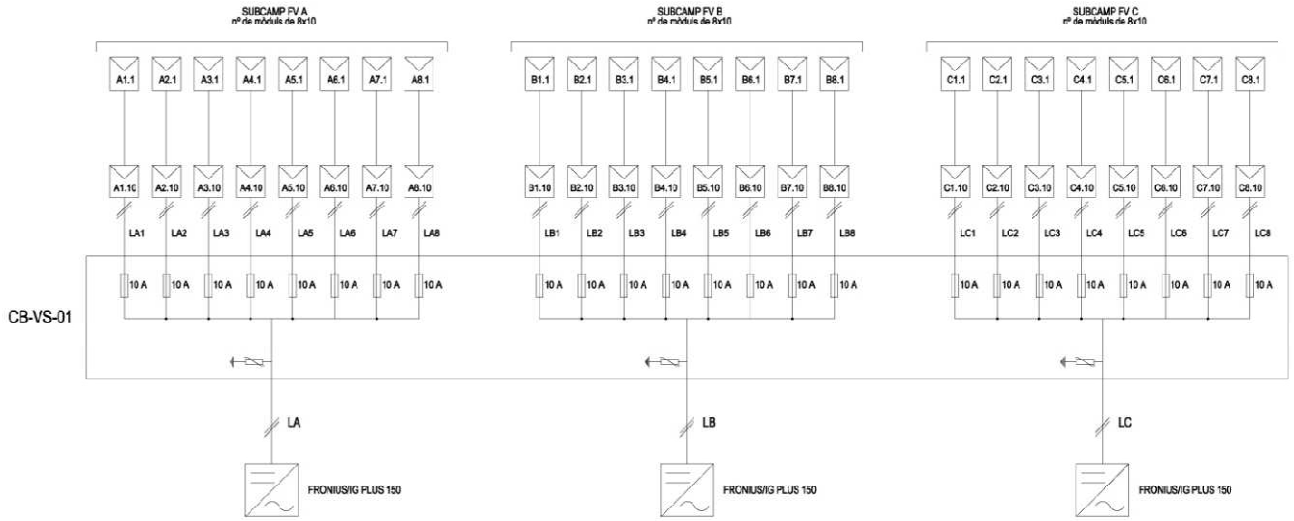


Figura 3. Esquema de connexió de la caixa de connexió CB-VS-01.

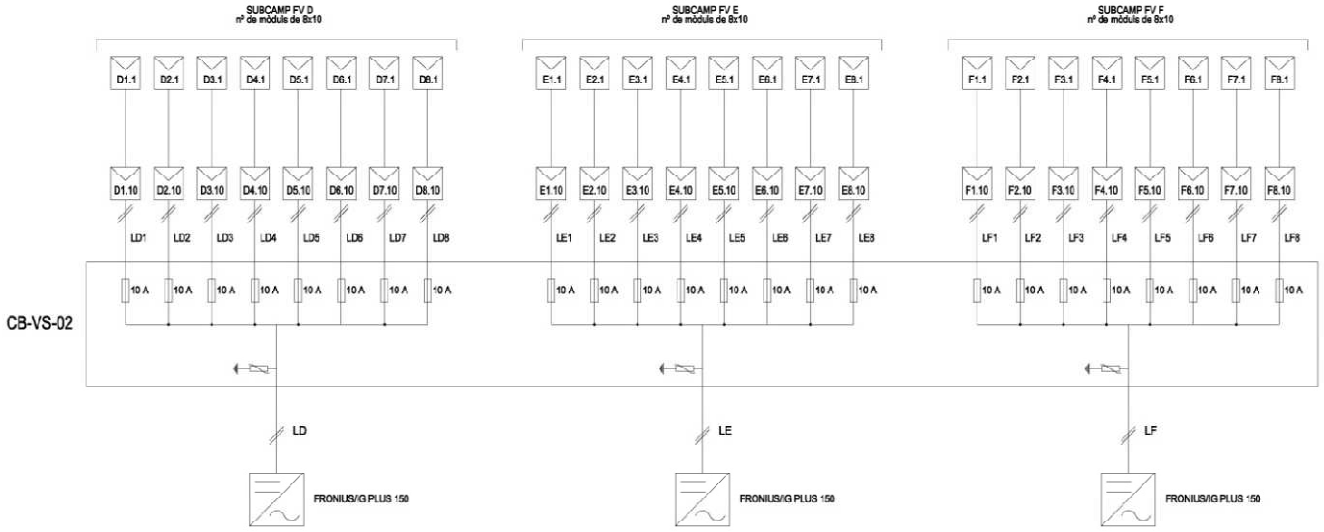


Figura 4. Esquema de connexió de la caixa de connexió CB-VS-02.

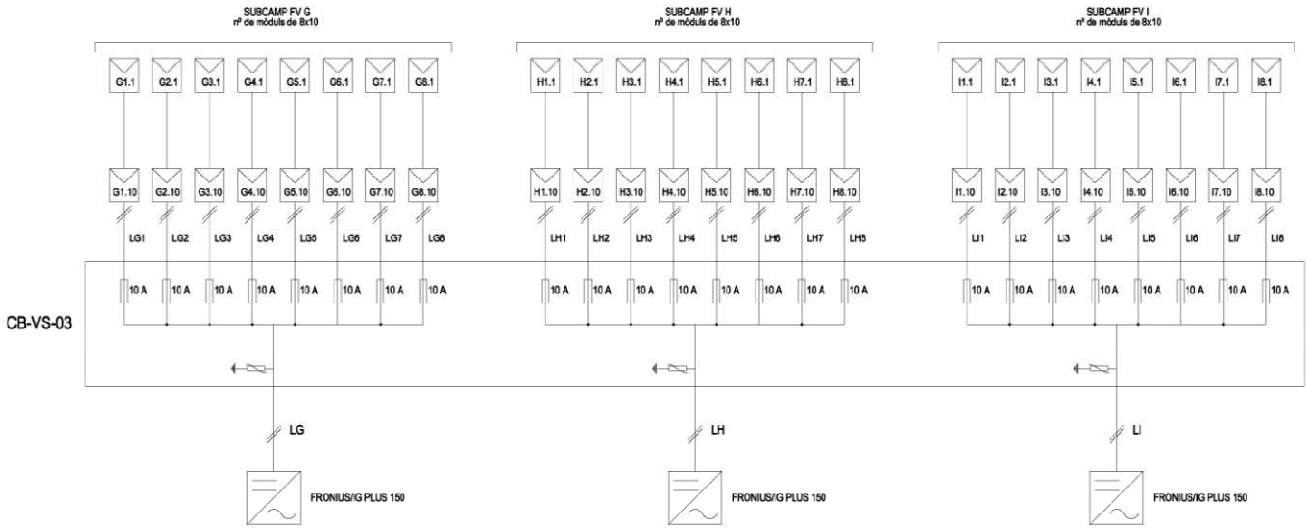


Figura 5. Esquema de connexió de la caixa de connexió CB-VS-03.

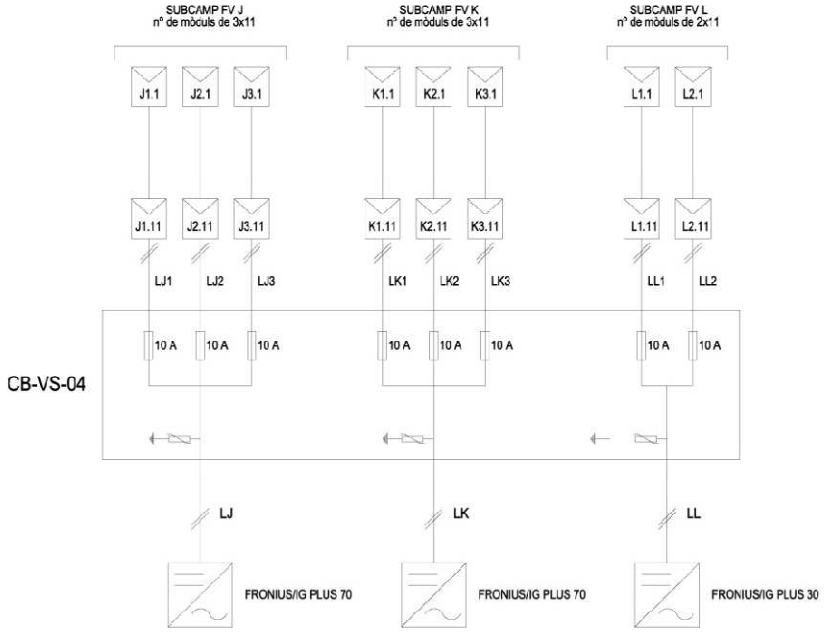


Figura 6. Esquema de connexió de la caixa de connexió CB-VS-04.

Pel que fa a la segona nau la configuració de les 3 caixes és la següent:

La caixa de connexió CB-VS-05 és el resultat de l'agrupació dels següents subcamps M, N i O que alimenten a 3 onduladors IG PLUS 150 (figura 7).

La caixa de connexió CB-VS-06 és el resultat de l'agrupació dels subcamps P, Q i R que alimenten a 3 onduladors IG PLUS 150 (figura 8).

Finalment la caixa de connexió CB-VS-07 és el resultat de l'agrupació dels darrers 3 subcamps, S, T i U on els dos primers alimenten a 2 onduladors IG PLUS 150 i l'últim a un ondulador IG PLUS 70 (figura 9).

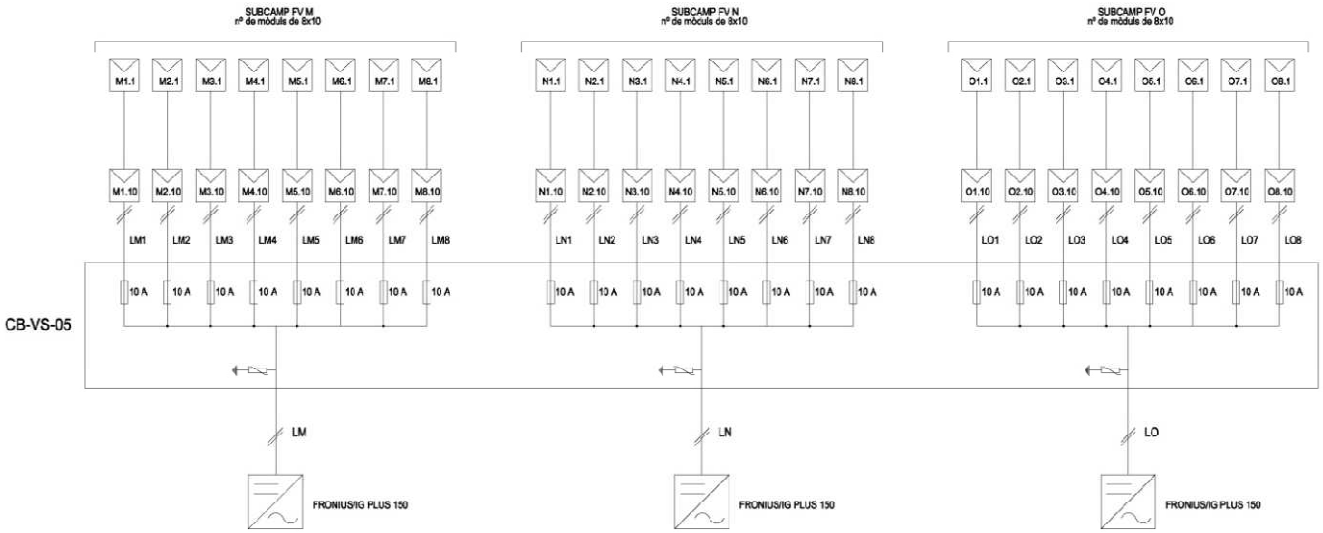


Figura 7. Esquema de connexió de la caixa de connexió CB-VS-05.

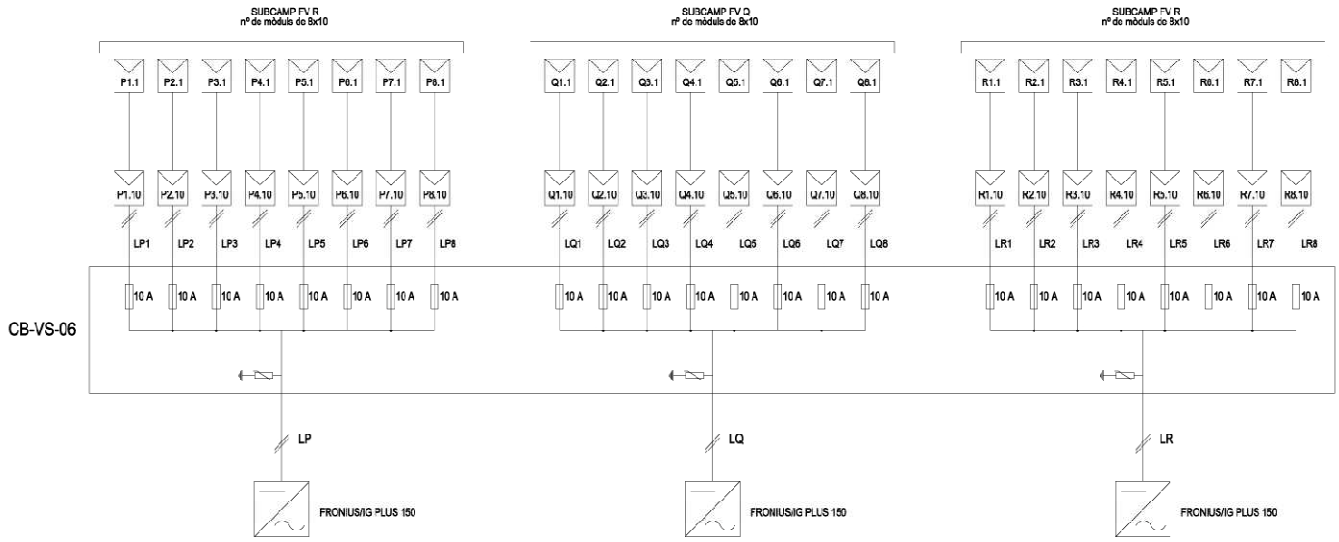


Figura 8. Esquema de connexió de la caixa de connexió CB-VS-06.

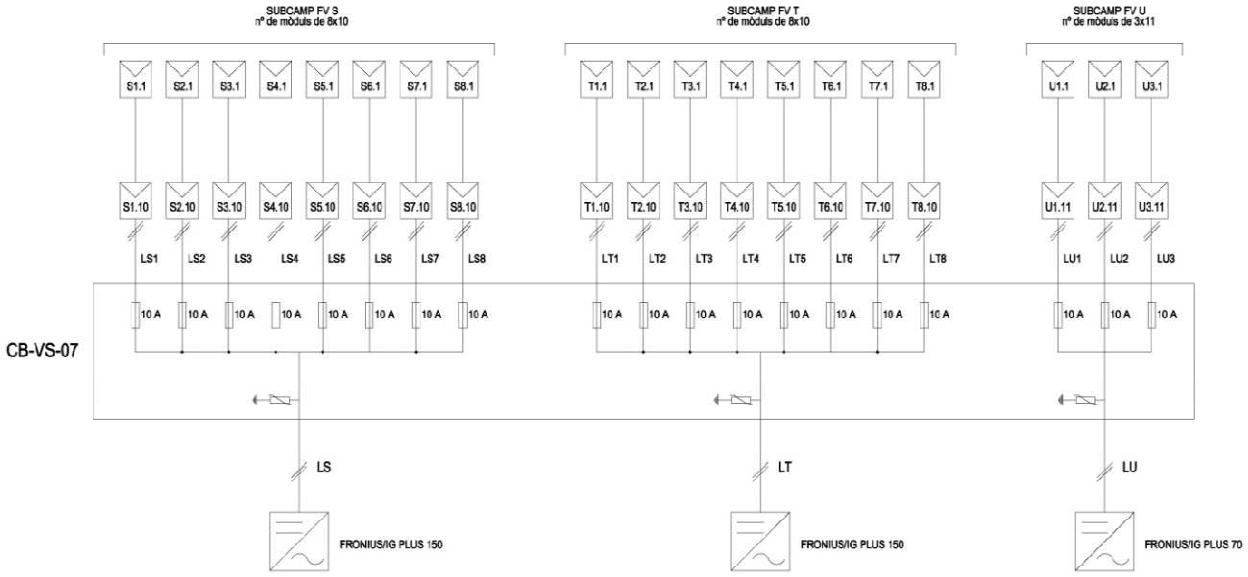


Figura 9. Esquema de connexió de la caixa de connexió CB-VS-07.

De les set caixes d'unió de corrent continu de les dues naus surten els cables conductors tipus S1ZZ cap a cada un dels inversors amb una secció de 50 mm^2 pel cas dels subcamps connectats als inversors IG PLUS 150, de 10 mm^2 pels subcamps connectats als inversors IG PLUS 70 i de 6 mm^2 pel subcamp connectat a l'inversor IG PLUS 30.

Del costat de corrent altern de cada un dels inversors surten un 4 cables conductors unipolars per l'ondulador trifàsic i 2 pel cas dels onduladors monofàsics, tipus RZ1-K 0.6/1 kV flexible, cap a les dues caixes de connexió d'alterna (PB-VS-01 o PB-VS-02) que incorporen diferents elements de protecció. Aquest conductors seran d'una secció igual a 10 mm^2 pels inversors IG PLUS 150 i 70, i de 4 mm^2 pel cas de l'inversor IG PLUS 30. Tots els cables estaran protegits sota canal de plàstic no perforada.

En aquestes caixes d'alterna (PB-VS-01 i PB-VS-02) hi haurà un interruptor magneto tèrmic que protegirà les línies procedents dels inversors amb una intensitat nominal de 25 A tetrapolar, corba C i un poder de tall de 10 kA, en el cas dels onduladors trifàsic Fronius IG Plus 150. Pel que fa a la sortida dels inversors monofàsics Fronius IG Plus 70 i Fronius IG Plus 30 existirà un interruptor magneto tèrmic bipolar de 40 A i 20 A de corba C i poder de tall 10 kA respectivament. Els tres inversors monofàsics de la primera es disposaran de tal manera que formin un sistema trifàsic equilibrat. En el cas de l'ondulador monofàsic de la segona nau es connectarà a la mateixa fase de l'inversor IG PLUS 30 de la primera nau.

A partir d'aquestes dues caixes d'alterna hi haurà dues línies trifàsiques de secció 120 mm^2 amb cable unipolar protegit en safata perforada, formades a partir de la unió de tots els inversors en paral·lel, (una per cada nau) que aniran a la caixa dels DGMP i posteriorment a la CPM situades en el centre de transformació. Cada una de les línies anirà protegida amb un magneto tèrmic (In=200 A, corba C i poder de tall 20 kA) situats en els DGMP.

A partir dels DGMP hi haurà la línia general d'alimentació amb una secció de 240 mm^2 la qual anirà protegida per la CPM amb un magneto tèrmic d'intensitat nominal 400 A i pels corresponents fusibles de 450 A per a cada una de les fases. També hi haurà un interruptor diferencial amb una sensibilitat de 300 mA. En la CPM a més hi haurà el comptador bidireccional d'energia. Tant els DGMP com la CPM estaran en el centre de transformació en el qual hi haurà el transformador amb una potència de 300 kVA i una tensió en curtcircuit del 4% amb una relació de transformació de 15 kV/400 V. El transformador disposarà de les corresponents proteccions mitjançant el quadre de BT normalitzat per la companyia i les cel·les de MT.

Amb l'objectiu de controlar la producció d'energia elèctrica de la planta que es injectada a la xarxa, el correcte funcionament de la mateixa i per facilitar el manteniment, la central elèctrica fotovoltaica disposarà d'un equip de seguiment que serà el responsable de la telemesura i registre de les dades de les diferents magnituds elèctriques de la planta. La ubicació del punt de mesura serà, sempre que es pugui, dintre del mateix centre de transformació. Aquesta caseta estarà accessible els 365 dies de l'any per l'empresa subministradora.

1.4.2. Règim de comunicació ambiental

Anàlisi del projecte

La instal·lació solar fotovoltaica està situada a la coberta de dues naus industrials situades al polígon industrial de Ciutadella, a l'illa de Menorca, Balears. Les seves coordenades geogràfiques són:

- Latitud: 40° 0' 30" N
- Longitud: 3° 51' 12" E

L'accés a la instal·lació es pot fer a través del carrer dels Fusters, parcel·les 14,16 i 19.

Com ja hem dit, el projecte es realitzarà a les cobertes de les dues naus industrial amb una superfície total de 6081 m². La instal·lació constarà d'un total de 1481 panells fotovoltaics repartits entre les dues naus, de tal forma que a la primera nau hi haurà un total de 808 plaques i a la segona 673.

Al costat de l'emplaçament trobem altres naus industrials, les quals no afectaran a la creació d'ombres, ja que estan prou allunyades.

La instal·lació serà estàtica amb una potència total instal·lada de 213,264 kWp. El número total de panells com ja hem dit abans serà de 1481 i seran de la marca Uni-Solar, model PVL-144 amb una potència pic de cada panell de 144 Wp. La instal·lació estarà formada per un total de 17 inversors IG Plus 150 que tindran 8 strings generadors cada un, formats per 10 plaques en sèrie. Per altra banda també contaran amb 3 inversors IG Plus 70 amb 3 strings cada un formats per 11 plaques en sèrie i finalment 1 inversor IG Plus 30 amb 2 strings d'11 plaques en sèrie.

Pel que fa a l'obra civil, l'únic que s'ha hagut de crear és el centre de transformació, ja que aquesta instal·lació anirà connectada a mitja tensió, aquest centre de transformació estarà situat a fora de les naus amb accés directe des

del carrer per a la companyia. L'altura màxima és de 2,15 m. I les seves dimensions són de 7x7 m. Així doncs podem dir que la generació anirà directament a la xarxa de mitja tensió.

Anàlisi d'alternatives

La instal·lació solar fotovoltaica s'ha projectat sobre les cobertes de dues naus industrials. D'aquesta manera, la forma i el tipus d'instal·lació s'adeqüen als condicionants presentats per les cobertes, tractant d'aconseguir el màxim rendiment energètic possible.

La implantació de cèl·lules solars fotovoltaiques en aquest emplaçament, suposa introduir un nou ús (generació energètica), a una superfície existent. Per aquest motiu, els impacte ambientals que es puguin ocasionar deguts a la construcció de la instal·lació solat fotovoltaica en aquest emplaçament, no es consideren significatius. A més, en tot cas serien molt inferiors als que resultarien del seu establiment en altres parts del medi rural o natural.

Inventari ambiental

Les principals àrees protegides de l'illa de Menorca són:

- 18 àrees naturals d'especial interès ANEI.
- 1 àrea rural d'interès paisatgístic ARIP.

Les àrees més importants són s'Albufera des Grau i tots els illots de l'illa de Menorca.

Així doncs l'entorn del projecte no es troba dins de cap d'aquestes àrees, per tant no presenta cap tipus d'impacte.

En el cas d'aquest projecte no hi ha cap hidrologia superficial propera, per la qual cosa no hi ha perill de drenatge.

Per altra banda tampoc hi ha vulnerabilitat de contaminació d'aqüífers, ja que no s'utilitzen substàncies contaminants per a la generació de l'energia elèctrica.

Pel que fa a la vegetació, com que l'emplaçament és un polígon industrial, no hi ha presència de vegetació natural. La única vegetació que hi pot haver és vegetació antròpica, com ara jardins, però tampoc afectarà a aquesta.

També podem dir que no representa cap rics per a la fauna, ja que al ser un polígon industrial no hi ha fauna a la zona de l'emplaçament.

Finalment dir que la instal·lació solar fotovoltaica es troba dins de les naus industrials, que es un entorn on abunden les construccions industrials pel que suposa una afecció paisatgística perfectament compatible.

Mesures preventives, correctores i compensatòries

Les mesures principals que es prendran són:

- No ocupació a altres terrenys adjacents als del projecte durant les obres.
- En cas d'afeccions accidentals fora de l'àmbit del projecte s'adoptaran mesures correctores i de restitució adequades.

- Control de l'emissió de pols durant les obres en cas de ser necessari.
- Adequació del manteniment de la maquinària utilitzada duran les obres.
- Retirada i gestió de tots els residus produïts durant la obra i l'explotació de la instal·lació segons el que està disposat a la normativa vigent.
- Desmantellament després de l'acabament de l'activitat aplicant les mesures preventives correctores similars a les de fase d'obres.

Al referent a les radiacions electromagnètiques que es puguin generar a conseqüència del projecte, cal dir que es prendran les mesures preventives oportunes perquè no es superin els nivells de referència establerts per radiacions electromagnètiques a la "Recomendación del Consejo Europeo" relativa a la limitació de l'exposició dels ciutadans als camps electromagnètics amb freqüències de 0 a 300 Hz.

Programa de vigilància

És disposarà d'un programa de vigilància durant la obra, amb necessitat d'un tècnic en Medi Ambient. Per altra banda no hi haurà la necessitat de realitzar anàlisis d'aigua durant aquest procés ni tampoc durant la fase de funcionament.

Document de síntesi

La instal·lació solar fotovoltaica contarà amb 17 inversors trifàsics IG Plus 150 de 12 kW de potència nominal, 3 inversors monofàsics IG Plus 70 de 6 kW i 1 inversor monofàsic IG Plus 30 de 3 kW de potència nominal. Els inversors transformaran el corrent continu generat en els panells fotovoltaics en corrent trifàsic a 400 V i freqüència de 50 Hz. Els inversors s'instal·laran en una sala de l'interior de les naus creada especialment per al seu establiment, una per a cada nau. En aquesta caseta també es col·locarà un quadre de protecció del tram de CA, una per a cada nau. Aquesta protecció estarà formada per un interruptor magneto tèrmic tetrapolar de 25 A d'intensitat nominal per als inversors IG Plus 150, un de 40 A per als IG Plus 70 i un de 20 A per als IG Plus 30. La connexió de les dues naus és farà en el centre de transformació on arribaran dues línies trifàsiques, una de cada nau, la connexió es farà a la DGMP on hi haurà un magneto tèrmic per a cada nau amb protecció de sobretensions permanents de 200 A. Finalment sortirà una única línia trifàsica per a la connexió a mitja tensió. Els cables utilitzats són S1ZZ-F 2 kV per a les connexions en DC, RZ1-K(AS) 0,6/1 kV per a les connexions en CA i H07V-k per a les connexions de terra.

1.5. Camp fotovoltaic. Característiques dels mòduls

1.5.1. Característiques dels mòduls

Els mòduls fotovoltaics utilitzats són de la marca Uni-solar, model PVL-144. El mòdul disposa de 22 cèl·lules solars de silici amorf amb triple unió connectades en sèrie. L'embalatge del producte ha estat sotmès a proves que demostren el compliment de la norma internacional Safe Transit Association (ISTA), estàndard 2B. Totes les especificacions de la fulla informativa sobre el producte compleix amb la norma EN50380. La potència nominal del mòdul és de 144 Wp i les seves principals característiques elèctriques es poden veure en les taules 5, 6 i 7.

Tal com s'estableix en el codi tècnic de l'edificació (CTE) el mòdul utilitzat correspon a les especificacions UNE-ES 61215:1997 per mòduls de silici amorf, és classe II i presenta un grau de protecció mínim de IP65.

El mòdul objecte de treball presenta de forma clara el model i nom o logotip del fabricant, potència pic, així com la identificació individual o número de sèrie de la data de fabricació.

Paràmetres	Valors
Potència màxima ($P_{màx}$)	144 Wp
Corrent de màxima potència (I_{mp})	4,36 A
Tensió de màxima potència (V_{mp})	33 V
Corrent de curtcircuit (I_{sc})	5,3 A
Tensió de circuit obert (V_{oc})	46,2 V

Taula 5. Característiques elèctriques del mòdul PVL-144 en condicions estàndard (STC), 1000 W/m^2, AM 1.5 i temperatura del mòdul de 25 ºC

Coeficients	Valors [%/ºC]
Coeficient de temperatura per I_{SC}	0,10
Coeficient de temperatura per V_{oc}	-0,38
Coeficient de temperatura per $P_{màx}$	-0,21
Coeficient de temperatura per I_{mp}	0,1
Coeficient de temperatura per V_{mp}	-0,31

Taula 6. Coeficients de temperatura del mòdul PVL-144

Paràmetres	Valors
Tipus de cèl·lula	Cèl·lula de silici amorf de 356x239 mm
Nº de cèl·lules connectades en sèrie	22 unions triples
Tipus d'aplicacions	Sistemes de tensió elevada
Tensió màxima admissible	1000 V (DC)
Dimensions	5486x394 mm
Pes	7.7 Kg
Rang de temperatures d'operació	-40÷85ºC

Taula 7. Especificacions genèriques del mòdul PVL-144 i dimensions

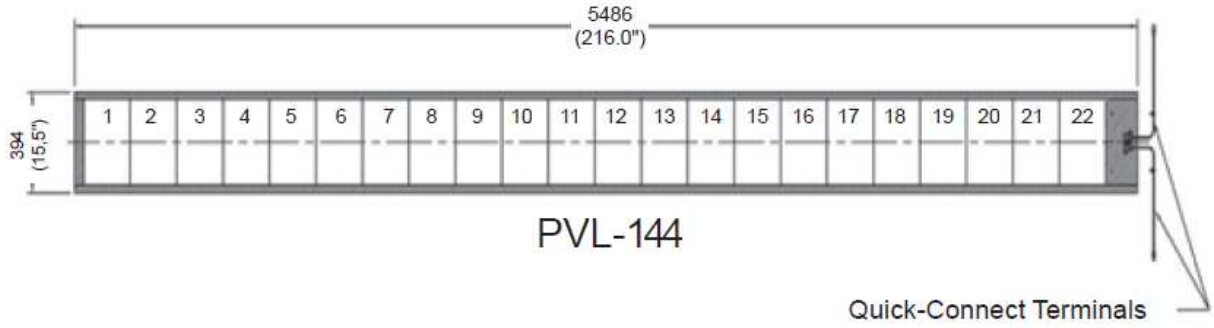


Figura 10. Detall de les dimensions físiques i tipus de connexió del panell solar PVL-144

1.5.2. Camp fotovoltaic i tensions de treball dels mòduls connectats a l'inversor Fronius 150

Els strings que conformen el camp fotovoltaic que alimenta als inversors Fronius 150 estan constituïts per l'agrupació en sèrie de 10 mòduls i aquest a la vegada presenta 8 strings, o cadenes, connectades en paral·lel. La tensió resultant a diferents temperatures pel nostre generador fotovoltaic serà la indicada en la taula següent:

Temperatura en ºC	$V_{oc,\ mòdul}$ [V]	$V_{pm,\ mòdul}$ [V]	$V_{oc,\ Gen.}$ [V]	$V_{pm,\ Gen.}$ [V]
70	38,3	28,397	383	283,97
50	41,811	30,443	418,11	304,43
25	46,2	33	462	330
15	47,956	34,023	479,56	340,23
-10	52,345	36,581	523,45	365,81

Taula 8. Tensions de treball del generador fotovoltaic que alimenta als inversors IG PLUS 150

1.5.3. Camp fotovoltaic i tensions de treball dels mòduls connectats a l'inversor Fronius 70

Els strings que conformen el camp fotovoltaic que alimenta a l'inversor Fronius 70 estan constituïts per l'agrupació en sèrie de 11 mòduls i aquest a la vegada presenta 3 strings, o cadenes, connectades en paral·lel. La tensió resultant a diferents temperatures pel nostre generador fotovoltaic està indicat a la taula següent:

Temperatura en ºC	$V_{oc,\ mòdul}$ [V]	$V_{pm,\ mòdul}$ [V]	$V_{oc,\ Gen.}$ [V]	$V_{pm,\ Gen.}$ [V]
70	38,3	28,397	421,3	312,367
50	41,811	30,443	459,921	334,873
25	46,2	33	508,2	363
15	47,956	34,023	527,516	374,253
-10	52,345	36,581	575,795	402,391

Taula 9. Tensions de treball del generador fotovoltaic que alimenta als inversors IG PLUS 70

1.5.4. Camp fotovoltaic i tensions de treball dels mòduls connectats a l'inversor Fronius 30

Els strings que conformen el camp fotovoltaic que alimenta a l'inversor *Fronius 30* estan constituïts per l'agrupació en sèrie de 11 mòduls i aquest a la vegada presenta 2 strings, o cadenes, connectades en paral·lel. La tensió resultant a diferents temperatures pel nostre generador fotovoltaic està indicat a la taula següent:

Temperatura en ºC	$V_{oc,\ mòdul}$ [V]	$V_{pm,\ mòdul}$ [V]	$V_{oc,\ Gen.}$ [V]	$V_{pm,\ Gen.}$ [V]
70	38,3	28,397	421,3	312,367
50	41,811	30,443	459,921	334,873
25	46,2	33	508,2	363
15	47,956	34,023	527,516	374,253
-10	52,345	36,581	575,795	402,391

Taula 10. Tensions de treball del generador fotovoltaic que alimenta als inversors IG PLUS 30

1.5.5. Muntatge del camp fotovoltaic sobre la coberta

S'adoptarà una solució per a la integració dels mòduls de Silici Amorf Flexible sobre la coberta. S'agafarà per a l'estudi d'orientacions i inclinacions la informació dels plànols d'obra de l'edifici.

Per a les cobertes dels edificis de nova construcció s'utilitzarà la solució constructiva Acersolar 70 i es projecten per a aquestes cobertes metàl·liques de panell sandvitx que porten els mòduls fotovoltaics ja acoblats.

Figura 11. Estructura de suport Acersolar45

Longitud	6000 mm<L<14000 mm
Amplària	1020 mm
Pes	10,21 Kg/m^2
Col·locació del mòdul	Direcció pendent coberta
Inclinació mínima	3º

Taula 11. Dimensions i pes de la coberta Acersolar45

Donat que els mòduls fotovoltaics formen part de la coberta, tindran una inclinació prevista per a què els seus vessants desaigüin del 6% i la seva orientació serà en una part del camp fotovoltaic de -17º i en l'altra de 163º.

La construcció i la selecció del material garanteix la màxima seguretat i estabilitat de la instal·lació, així com la seva agilitat en el muntatge.

Tota la cargolaria utilitzada serà d'acer inoxidable.

En totes les cobertes l'estructura de suport dels mòduls fotovoltaics es situarà seguint els eixos principals de l'edifici tal com es mostra a la figura 12 i 13.

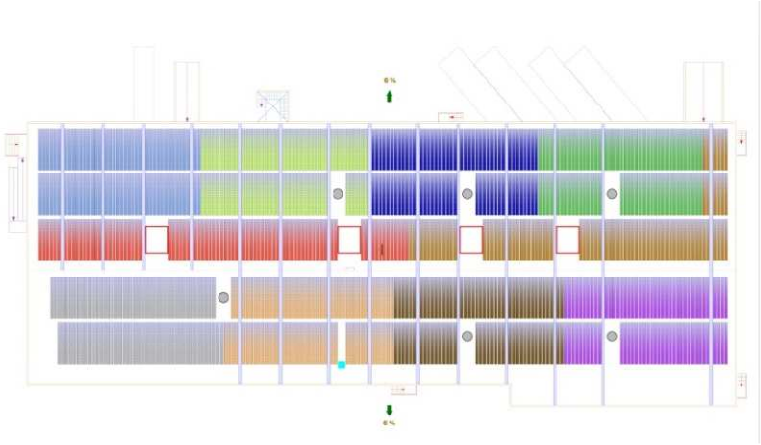


Figura 12. Detall de la instal·lació dels suports dels mòduls fotovoltaics de la primera nau en la direcció del eixos principals de la nau

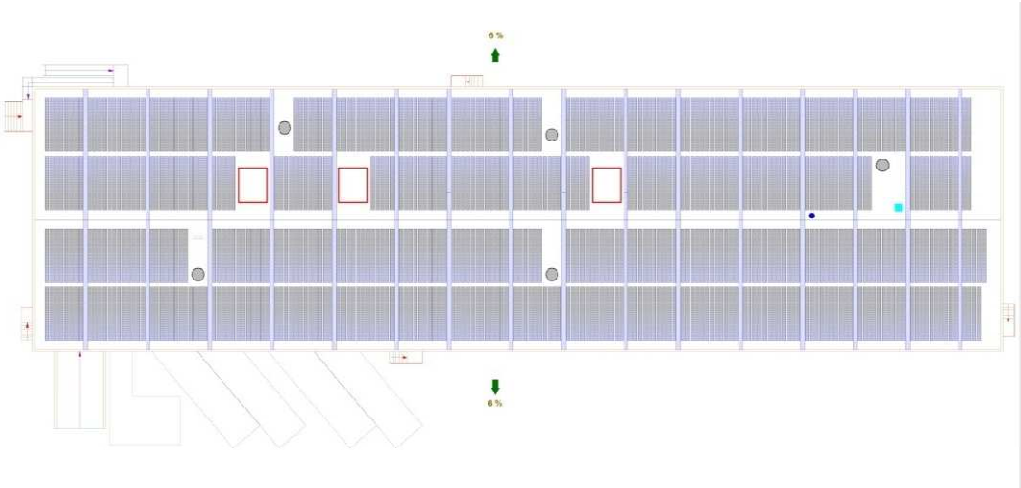


Figura 13. Detall de la instal·lació dels suports dels mòduls fotovoltaics de la segona nau en la direcció del eixos principals de la nau

1.5.6. Connexionat en el costat de continua

Tal com s'ha comentat i com es pot veure a les figures 3, 4, 5 ,6 ,7, 8 i 9, de cada un dels strings dels diversos subcamps fotovoltaics els quals alimenten els diversos inversors, surten un parell de cables conductors unipolars (polaritat positiva i negativa). Aquests conductors van a parar a les diverses caixes de connexió de continua on hi ha els fusibles i els descarregadors de sobretensió. A

les caixes de connexió CB-VS-01, CB-VS-02, CB-VS-03, CB-VS-05 i CB-VS-06 arriben 48 cables conductors a cada una (24 de polaritat positiva i 24 de polaritat negativa). Aquests conductors arriben de 3 subcamps diferents on cada un està format per 8 strings (16 conductors). A la sortida de les caixes de connexió anteriors sortiran 6 cables conductors (meitat polaritat positiva i meitat polaritat negativa) cap als inversor Fronius IG Plus 150. Pel que fa la caixa de connexió CB-VS-04 arriben 16 cables conductors (meitat de polaritat positiva i meitat de polaritat negativa). Aquests conductors surten dels subcamps J, K, L on els dos primers estan formats per 3 strings (6 conductors) i l'últim per 2 strings (4 conductors). A la sortida d'aquesta caixa de connexió, com les altres, sortiran 6 conductors, 4 cap a dos inversors Fronius IG Plus 70 i dos cap a l'inversor Fronius IG Plus 30. Finalment a la caixa de connexió CB-VS-07 arribaran 38 cables conductors procedents dels subcamps S, T i U. Aquests subcamps estan formats per 8 strings (16 cables conductors) en els cas dels dos primers i 3 strings (6 cables conductors) pel cas de l'últim. D'aquesta caixa sortiran 6 cables conductors, 4 cap a dos inversors IG Plus 150 i 2 cap a l'inversor IG Plus 70.

Per evitar que el conductor sofreixi cap tipus de deteriorament mecànic, tant des dels subcamps fins a les caixes de connexió com des de les caixes de connexió fins als inversors, anirà protegit mitjançant canal protectora desmuntable mitjançant un útil. Per cada subcamp fotovoltaic connectat a les caixes de connexió CB-VS-01, CB-VS-02, CB-VS-03, CB-VS-05 i CB-VS-06 existiran 2 canaletes amb 8 cables conductors per a cada subcamp. En el cas dels subcamps connectats a la caixa de connexió CB-VS-04 hi haurà 2 canaletes de 6 cables conductors pels subcamps J, K i una canaleta amb 4 conductors pel subcamp L. Finalment per els subcamps connectats a la caixa de connexió CB-VS-07 hi haurà 2 canaletes de 8 cables conductors pels subcamps S i T i, 1 canaleta de 6 cables conductors pel subcamp U. A les sortides de les caixes de connexió hi haurà 6 cables conductors per caixa cap als diversos inversors els quals també aniran protegits baix canaleta. Les dimensions de totes les canaletes anteriors seran de 100x35 mm.

Les característiques tècniques de les canaletes anteriors les podem trobar a la següent taula:

Característiques	**Grau (canals)**	**Codi (tubs)**
Resistència a l'impacta	Fort (6 jouls)	4
Temperatura mínima d'instal·lació i servei	-5 ºC	4
Temperatura màxima d'instal·lació i servei	60 ºC	1
Propietat elèctriques	Continuïtat elèctrica/aïllant	1/2
Resistència a la penetració d'objectes sòlids	Φ≥1 mm	4

Resistència a la corrosió	Protecció interior mitja, exterior alta	3
Resistència a la propagació de la flama	No propagador	1

Taula 12. Característiques de les canaletes utilitzades per a la protecció dels cables que discorren dels subcamps fins a les caixes de connexió.

Denominació canaleta	**Canaletes per subcamp**	**Nº total Canaletes**	**Conductors per canaleta**	**Nº total conductors**
De subcamps A, B i C a CB-VS-01	2	6	8	48
De subcamps D, E i F a CB-VS-02	2	6	8	48
De subcamps G, H i I a CB-VS-03	2	6	8	48
De subcamps J, K a CB-VS-04	1	2	6	12
De subcamp L a CB-VS-04	1	1	4	4
De subcamps M, N i O a CB-VS-05	2	6	8	48
De subcamps P, Q i R a CB-VS-06	2	6	8	48
De subcamps S i T a CB-VS-07	2	4	8	32
De subcamp U a CB-VS-07	1	1	6	6

Taula 13. Resum de la distribució de les canaletes que condueixen els conductors de corrent continu fins a les caixes de connexió.

El cable conductor utilitzat per a la distribució de l'energia generada pels strings fotovoltaics ha estat dimensionat considerant que per ell passaria una intensitat no inferior al 125% de la màxima intensitat que pot subministrar el string, és a dir, la intensitat de curtcircuit del mòdul. També s'han tingut en compte els criteris estipulats per la norma UNE 20460-7-712 respectant la protecció de sobrecàrregues en el costat de corrent continu.

Degut a que els conductors del camp fotovoltaic discorren per l'exterior de la instal·lació s'han seguit complit les indicacions de la instrucció tècnica complementària ITC-BT-06, utilitzant un cable conductor tipus S1ZZ-F de la marca comercial TECSUN (PV). Els cables TECSUN estan indicats per instal·lacions de generació elèctrica basats en energia solar fotovoltaica, per ser instal·lats en interior o exterior i tant per instal·lació fixa com mòbil (connexió de seguidors solars a xarxa de BT continua). Els cables TECSUN es poden instal·lar en safates, conductes, parets, equips i estan especialment indicats per aplicacions amb aïllament de protecció (classe II). Els cables TECSUN compleixen amb les normes IEC 61215, IEC 61646, IEC 64/1123/CD i DIN VDE 0100 part 520. A la taula 14 es poden veure les característiques principals d'aquest cable.

Així doncs, a partir de la circulació màxima i mitjançant el coeficient de correcció recollits en el REBT que seran justificats en l'apartat "Càlculs justificatius" del projecte, s'han obtingut unes seccions del cable conductor en el costat de continu indicades a la taula 15.

Característiques	**Descripció**
Tensió nominal en DC	Fins a 2 kV
Tensió de pic màxima en DC	0,9÷1,8 kV
Temperatura ambient màxima admissible	120 ºC
Temperatura mínima de servei	-45 ºC
Temperatura màxima del conductor	120 ºC
Temperatura màxima en curtcircuit	200 ºC (en el conductor màx. 5 segons)

Taula 14. Característiques del cable conductor S1ZZ-F utilitzat en el camp fotovoltaic.

Línies strings subcamp	**Mòduls en sèrie**	**Secció**
A, B, C, D, E, F, G, H, I, M, N, O, P, Q, R, S, T	10	6 mm^2
J, K, U	11	6 mm^2
L	9	4 mm^2

Taula 15. Secció dels cables conductors de les cadenes dels subcamps de la instal·lació fotovoltaica.

1.5.7. Caixes de connexió de corrent continu

Tal com s'ha comentat a l'apartat anterior els strings del generador fotovoltaic aniran connectats a les caixes de connexió de corrent continu. Les caixes de connexió utilitzades estan formades per sistemes de cofrets estancs per aparellatge modular i presenten una protecció IP 65 segons IEC 60529. Els cofrets tenen aïllament de classe II i una resistència al foc o a calors anormals de 650 ºC, segons IEC 60695-2-1.

Les característiques tècniques d'aquestes caixes es poden veure a la taula 16. En les caixes es disposa dels següents elements de protecció:

- Un parell de fusibles per cadena de valor 10 A.
- Varistors per protegir el camp fotovoltaic de possibles sobretensions.
- Seccionador de potència CC

Característiques	**Valors**
Tensió de corrent continu màxima admissible	1000 V
Corrent de corrent continu màxim admissible	10 A
Nº d'entrades de corrent continu	16
Corrent nominal del fusible del string	10 A
Tensió màxima de servei del varistor	1000 V
Grau de protecció (DIN EN 60529)	IP65
Seccionador de potència en el costat de CC	125 A

Taula 16. Característiques de les caixes de connexió de corrent continu

1.5.8. Connexionat caixes de corrent continu i inversors

De les caixes de corrent continu sortiran un total de 6 cables que alimentaran als diversos inversors del camp fotovoltaic. Aquests conductors unipolars aniran agrupats en canaletes no perforades de 6 conductors cadascuna.

Per aquesta connexió s'utilitzarà el mateix cable conductor que el utilitzat en l'enllaç dels subcamps amb les caixes de corrent continu. En aquest cas la secció del cables conductors serà 50 mm^2 pel cas dels inversors IG PLUS 150, de 10 mm^2 pels inversors IG PLUS 70 i de 4 mm^2 per l'inversor IG PLUS 30. Aquesta secció és el resultat del dimensionament considerant que passaria per ell una intensitat no inferior al 125% de la màxima intensitat que pot oferir cada conjunt de strings i de la utilització d'un conjunt de factors correctors que seran justificats en l'apartat de "Càlculs justificatius del projecte".

1.6. Tensions de corrent altern

1.6.1. Inversors utilitzats. Característiques dels inversors

La tensió de corrent altern trifàsic serà subministrada pels 17 inversors trifàsics IG plus 150 amb una potència 12 kW cada un. Els 4 inversors restants (tres IG plus 70 i un IG plus 30) es connectaran de la següent forma: 2 IG plus 70 i un IG plus 30 es connectaran de forma equilibrada entre les tres fases i l'últim IG plus 70 es connectarà en la mateixa fase que l'inversor IG plus 30 de la primera nau. Cada un dels inversors estarà equipat amb un transformador de baixa tensió per garantir l'aïllament galvànic de la instal·lació.

Els inversors utilitzats presenten una gran eficiència en el procés de conversió d'energia aportada pel mòduls respecte a l'energia injectada a la xarxa, amb un rendiment màxim del 96% i una eficiència europea entorns al 95%.

Els inversor presenten un funcionament automàtic, una vegada es connecta l'inversor al camp fotovoltaic, aquest es queda en espera. Si la tensió d'entrada és superior a la tensió d'engegada, l'inversor espera fins que hagi transcorregut un temps predeterminat, definit en un paràmetre temporal anomenat temps d'engegada. Si durant aquest temps la tensió d'entrada no ha caigut per davall de la tensió d'engegada, l'inversor arranca. El contactor d'arrencada CA es tanca i el SMC es desbloca. Una vegada preparat pel servei, l'inversor comença a injectar energia a la xarxa.

Una vegada connectats, els inversors cercaran el punt de màxima potència (P_{mp}) del generador solar. Només es desconnectaran de la xarxa quan la potència mitja en un interval de temps, denominat temps d'aturada, sigui menor que la potència definida per aquest interval. També es desconnectarà quan es produeixi algun tipus d'error, senyalitzant i alertant del possible error en el display.

Així doncs els inversors escollits no només presenten valors de conversió i de rendiments molt elevats sinó que són capaços de gestionar de manera eficient i intel·ligent el sistema, adaptant-se a les diferents situacions de treball no només del generador, sinó també de la xarxa de distribució (fall de subministrament, canvi de freqüència, pics de sobretensions...). En la taula següent es pot apreciar els diferents modes o situacions de treball dels inversors.

Mode	Valoració	Descripció
Tensió d'entrada massa alta	Crític	La tensió d'entrada és massa alta. Pot provocar mals greus a l'equip. Desconnectar camp fotovoltaic ràpidament
Desconnexió nocturna	Normal	Estat en què la potència del camp fotovoltaic és insuficient inclús per alimentar el propi equip
Inicialització	Normal	Potència suficient per iniciar l'equip però insuficient per la injecció a xarxa o monitorització de dades
Espera	Normal	Potència suficient per monitoritzar la xarxa. L'inversor comprova la xarxa fins que la tensió fotovoltaica arriba al valor adequat
Injecció a xarxa	Normal	Es compleixen els requisits necessaris perquè l'inversor pugui injectar a la xarxa
Aturada	Normal	L'equip efectua operacions com el calibratge dels seus components de mesura i després passa a l'estat d'espera.
Bloqueig permanent	Anormal	Quan l'inversor detecta el mateix error permanentment es bloqueja i deixa d'injectar energia a la xarxa. Solucionar la falla i desbloquejar l'inversor per software.
Derating	Anormal	L'inversor redueix la potència injectada a la xarxa per protegir-se de sobretemperatures, sobreintensitats o descompensació de més de 5kW entre fases (power balance).
Error d'aïllament	Anormal	Problema amb la presa de terra o els varistors de CC. L'inversor deixa d'injectar si no porta transformador.
Entrada CC defectuosa	Anormal	Almenys una de les entrades CC és defectuosa
Falla de xarxa	Anormal	L'inversor deixa d'injectar per problemes anormals en la xarxa (subtensió, sobretensió, subfreqüència, sobrefreqüència, canvi de freqüència, connexió incorrecta...)
Impedància de xarxa	Anormal	Degut a una impedància de xarxa molt alta l'inversor es desconnecta.
Falla de l'equip	Crític	Detecció d'una averia en l'equip. L'inversor es desconnecta.

Taula 17. Situacions de treball dels inversors IG plus objecte del projecte

El control de xarxa és un dispositiu fonamental en la connexió dels inversors a la xarxa. Aquests inclouen una funció de protecció prioritària, és a dir, valors fora de rang de la tensió o la intensitat de xarxa en qualsevol de les fases, genera una interrupció al control principal que atura el sistema de forma immediata.

Les característiques principals dels paràmetres d'entrada dels inversors venen detallades a les taules 18, 19 i 20. Es pot observar que el rang de tensions del generador fotovoltaic s'adequa a les tensions d'entrada de l'inversor.

Paràmetres	**Valors**
Potència fotovoltaica màxima recomanada (P_{FV})	12600 W
Rang de tensions de corrent continu (MPPT)	230÷500 V
Tensió màxima CC admissible ($U_{cc,\ màx.}$)	600 V
Corrent continu màxim admissible ($I_{cc,\ màx.}$)	54,9 A
Monitorització de defecte a terra	Sí

Taula 18. Paràmetres d'entrada de l'inversor Fronius IG plus 150

Paràmetres	**Valors**
Potència fotovoltaica màxima recomanada (P_{FV})	6800 W
Rang de tensions de corrent continu (MPPT)	230÷500 V
Tensió màxima CC admissible ($U_{cc,\ màx.}$)	600 V
Corrent continu màxim admissible ($I_{cc,\ màx.}$)	18,3 A
Monitorització de defecte a terra	Sí

Taula 19. Paràmetres d'entrada de l'inversor Fronius IG plus 70

Paràmetres	**Valors**
Potència fotovoltaica màxima recomanada (P_{FV})	3170 W
Rang de tensions de corrent continu (MPPT)	230÷500 V
Tensió màxima CC admissible ($U_{cc,\ màx.}$)	600 V
Corrent continu màxim admissible ($I_{cc,\ màx.}$)	13,8 A
Monitorització de defecte a terra	Sí

Taula 20. Paràmetres d'entrada de l'inversor Fronius IG plus 30

Respecte les característiques de corrent altern dels inversors les podem trobar a les taules 21, 22 i 23 per a cada un dels inversors utilitzats:

Paràmetres	**Valors**
Potència nominal de CA (P_{CA})	12 kW
Tensió de treball	400 V III
Corrent nominal de CA ($I_{CA,\ nom}$)	17,4 A
Freqüència de treball	50/60 Hz
Coeficient de distorsió	<3,5%
Factor de potència	1

Taula 21. Paràmetres de sortida de l'inversor Fronius IG plus 150

Paràmetres	**Valors**
Potència nominal de CA (P_{CA})	6,5 kW
Tensió de treball	230 V
Corrent nominal de CA ($I_{CA,\ nom}$)	28,3 A
Freqüència de treball	50/60 Hz
Coeficient de distorsió	<3,5%
Factor de potència	1

Taula 22. Paràmetres de sortida de l'inversor Fronius IG plus 70

Paràmetres	**Valors**
Potència nominal de CA (P_{CA})	3 kW
Tensió de treball	230 V
Corrent nominal de CA ($I_{CA,\ nom}$)	13 A
Freqüència de treball	50/60 Hz
Coeficient de distorsió	<3,5%
Factor de potència	1

Taula 23. Paràmetres de sortida de l'inversor Fronius IG plus 30

Els tres inversors presenten un grau de protecció IP54, segons la norma EN 60529 i tenen un rang de temperatures ambientals admissibles de treball que van des dels -20 ºC fins als 55 ºC. No obstant això la sala on s'ubiquin els inversors estarà equipada amb 3 extractors de ventilació governats per un termòstat.

1.6.2. Connexionat dels inversors a la DGMP i a la caixa de protecció i mesura

Els 21 inversors s'agruparan en paral·lel per formar un sistema trifàsic equilibrat de tensions (R, S, T). Per un costat, a la primera nau, hi haurà 9 inversors trifàsics IG plus 150 formant un sistema trifàsic de tensions connectat amb els 3 inversors restants monofàsics i el neutre. Aquests últims no formaran un sistema trifàsic totalment equilibrat perquè dos seran d'una potència de 6,5 kW i el restant de 3 kW. Tot i així per la poca diferència de potència es suposarà un sistema equilibrat. Per altra costat, a la segona nau, hi haurà 8 inversors trifàsics IG plus 150 que formaran un altre sistema trifàsic equilibrat. També hi haurà un inversor monofàsic IG plus 70 que es connectarà a la mateixa fase que el de 3 kW de la primera nau per ajudar a la compensació del sistema trifàsic i el neutre. Així doncs hi haurà dues línies trifàsiques procedents de les dues naus que aniran a parar a la DGMP ubicada en el costat de baixa tensió del centre de transformació i just abans de la CMP que l'empresa distribuïdora obliga a col·locar per a la connexió a la xarxa.

El cable conductor utilitzat per a les dues línies ha estat dimensionat considerant que per ell hi circularà una intensitat no inferior al 125% de la màxima intensitat que pot subministrar l'inversor, amb una caiguda màxima de l'1,5%. Els cables no presentaran connexions i la seva secció serà uniforme, exceptuant les connexions que s'hauran de fer amb els dispositius de protecció i comptadors.

Degut a que els conductors que uneixen els inversors amb el centre de transformació discorren per l'exterior de la instal·lació s'ha seguit i complert la instrucció tècnica ITC-BT-06, utilitzant un cable conductor tipus RZ1-K de tensió assignada 1 kV amb un recobriment que garanteix una bona resistència a les accions de la intempèrie i el fabricant ha demostrat que satisfà les exigències específiques recollides a la norma UNE 21030. El tipus de cable utilitzat es cable flexible, amb resistència a l'absorció de l'aigua, el fred i els raigs ultraviolats. Les característiques del cable es poden veure a la taula 24.

Així doncs, a partir de la circulació de la intensitat màxima admissible i mitjançant els coeficients de correcció recollits en el REBT (justificat a l'apartat de "Càlculs justificatius") s'han obtingut les diferents seccions dels cables conductors que uneixen els diversos inversors amb el centre de transformació.

A més, per evitar que el conductor unipolar no sofreixi cap tipus de deteriorament mecànic, es protegirà mitjançant safates perforades amb tapa protectora desmuntable amb l'ajuda d'un útil. La dimensió de la safata utilitzada es de 100x35 mm. En la safata per la qual discorren el menor número de conductors es procurarà ubicar el conductor de protecció. En previsió a la possibilitat que durant la connexió del inversors i el centre de transformació la conducció dels cables pugui estar situada a una altura inferior a 2,5 m, s'utilitzaran canaletes que com a mínim tinguin les característiques indicades a la taula 25. S'aplicaran les mesures corresponents per evitar que en cap cas es produeixi un emmagatzematge d'aigua en les canaletes de protecció. El traçat de

les canalitzacions es farà preferentment seguint línies verticals i horitzontals a les arestes de la paret.

Respecte a la ubicació de les safates o canaletes, en la façana es tindran en compte les següents distàncies mínimes.

- Finestres: 0,3 m al contorn superior de l'obertura i a 0,5 m al contorn inferior i contorns laterals de l'obertura.
- Es tindrà en compte l'existència de sortints que puguin facilitar la instal·lació de conductors, puguin admetre en aquest cas una disminució de les distàncies abans indicades.
- Es respectarà una distància mínima de 0,05 m als elements metàl·lics presents a les façanes, tal com les escales.

Característiques	**Descripció**
Tensió nominal	1 kV
Temperatura mínima de servei	-15 ºC
Temperatura màxima del conductor	90 ºC
Temperatura màxima en curtcircuit	250 ºC (màxim 5 segons)
Incendi	EN 50266
Halògens	Contingut en HCI<0,5%
Hums	Baixa emissió de fums Transmitància lluminosa >70%

Taula 24. Característiques del cable conductor RZ1-K

Característiques	Grau (canals)	Codi (tubs)
Resistència al impacte	Fort 6 jouls	4
Temperatura mínima de la instal·lació i servei	-5 ºC	4
Temperatura màxima de la instal·lació i servei	60 ºC	1
Propietats elèctriques	Continuïtat elèctrica/aïllant	1/2
Resistència a la penetració d'objectes sòlids	Φ≥1 mm	4
Resistència a la corrosió (conductes metàl·lics)	Protecció interior mitja, exterior alta	3
Resistència la propagació de la flama	No propagador	1

Taula 25. Característiques de les canals que s'han d'utilitzar per a la conducció i protecció del cable conductor RZ1-K

Per acabar amb aquest punt cal dir que la unió entre DGMP i la CPM es farà en safata perforada amb conductor unipolar de secció 240 mm^2. Aquesta unió tindrà una distància molt petita perquè les dues caixes es situaran una al costat de l'altra.

1.7. Punt de connexió a la xarxa de l'empresa distribuïdora i centre de transformació

1.7.1. Característiques del punt de connexió

El punt de connexió a la xarxa es farà en mitja tensió, en la línia de 15 kV que discorre paral·lela a la propietat de la nau, mitjançant un centre de transformació de 400 V/ 15 kV (veure figura 14). Així doncs, tots els cables conductors provinents dels inversors de la instal·lació aniran a parar al costat de baixa tensió del centre de transformació. A nivell de càlculs del centre de transformació, la línia té una potència infinita respecte la instal·lació i la seva capacitat d'evacuació de potència és dues vegades la potència de la instal·lació.

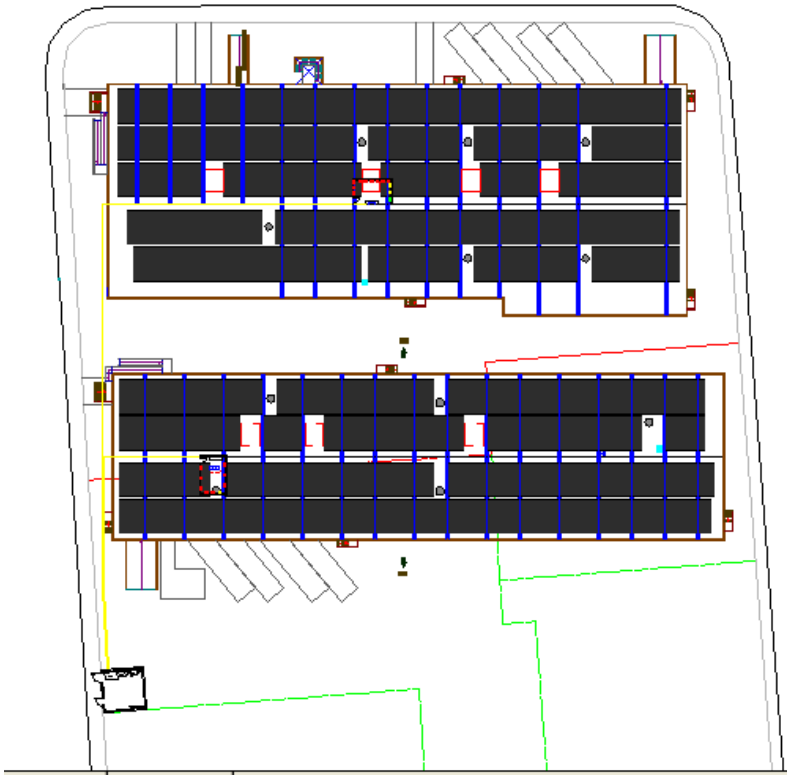


Figura 14. Disposició del Centre de Transformació de connexió amb la xarxa de mitja tensió de l'empresa distribuïdora respecte les naus

1.7.2. Descripció física del centre de transformació

El centre de transformació d'aquest projecte tindrà la missió d'evacuar l'energia elèctrica generada per la planta fotovoltaica la qual té una potència total de 226,5 kW. Així doncs el centre de transformació disposarà d'un transformador de 300 kVA.

El transformador i les cel·les associades es situaran a l'interior de l'edifici dissenyat per aquest fi.

Obra civil

El centre de transformació d'aquest projecte és un edifici fabricat in situ, en el qual es troba tot l'aparellatge elèctric, màquines i altres equips. Pel disseny del centre de transformació s'han tingut en compte totes les normatives vigents.

El centre de transformació tindrà una superfície i maniobra interior (tipus caseta) i constaran d'un envoltant de formigó a l'interior del qual hi haurà tots els components elèctrics, des de aparellatge de MT fins als quadres de BT, incloent els transformadors, dispositius de control i interconnexió entre elements.

Envoltant

L'envoltant del centre és de formigó armat vibrat. Es composa de dues parts: una que aglutina el fons i les parets el qual incorpora les portes i reixes de ventilació i l'altre que constitueix el sostre.

Les portes i reixes estan aïllades elèctricament, presentant una resistència de 10 kΩ respecte la terra del voltant.

En la part inferior de les parets laterals es situaran els orificis de pas pels cables de MT i BT. De la mateixa forma, es disposarà d'uns orificis perforats per a la sortida de terres exteriors.

L'espai pel transformador dissenyat per allotjar el volum de líquid refrigerant d'una possible fuita, disposa de dos perfils en forma de "U" i es pot lliscar en funció de la distància entre les rodes del transformador.

Placa pis

Sobre la placa base i a una altura d'uns 400 mm es situarà la placa pis la qual es sustenta amb una sèrie de suports sobre la placa base i a l'interior de les parets, permetent el pas del cables de MT i BT en els quals s'accedeix a través d'unes troneres cobertes de llosetes.

Accessos

En la paret frontal es situarà la porta d'accés de vianants, la porta del transformador i les reixes de ventilació. Tots aquests materials estan fabricats en xapa d'acer.

Les portes d'accés disposen d'un sistema de tancament amb l'objecte de garantir la seguretat de funcionament per evitar obertures intempestives del mateix centre de transformació.

Ventilació

Les reixes de ventilació estan formades per làmines en forma de "V" invertida, dissenyades per formar un laberint que eviti l'entrada d'aigua de pluja en el CT i interiorment es complementa amb una reixa amb malla mosquitera.

Acabat

L'acabat de les superfícies exteriors s'efectua amb una pintura acrílica rugosa de color blanc a les portes i marron en el perímetre de les coberta o sostre, portes i reixes de ventilació.

Les peces metàl·liques exposades a l'exterior estan tractades adequadament contra la corrosió.

Enllumenat

L'equip està proveït d'enllumenat connectat i governat des del quadre de BT, el qual disposa d'un interruptor per dur a terme la funció.

Característiques detallades del centre de transformació

Nº de transformadors: 1

Tipus de ventilació: Normal

Portes d'accés persones: 1 porta

Dimensions exteriors:

Longitud: 7000 mm

Fons: 7000 mm

Altura: 2150 mm

Altura vista: 2150 mm

Dimensions interiors:

Longitud: 6750 mm

Fons: 6750 mm

Altura: 2150 mm

1.7.3. Descripció de les instal·lacions elèctriques del CT

Característiques de l'aparellatge de mitja tensió

Cel·la: CGMcosmos

La cel·la CGMcosmos forma un sistema d'equips modulars de reduïdes dimensions per MT, amb aïllament i tall en gas, embarrats dels quals es connectaran utilitzant uns elements d'unió denominats ORMALINK, aconseguint una connexió totalment apantallada i insensible a les condicions extremes (pol·lució, salinitat, inundació...).

Les parts que composen les cel·les són:

- Base i frontal

La base suporta tots els elements que integren la cel·la. La rigidesa mecànica de la xapa i el seu galvanitzat garanteixen la indeformabilitat i la resistència a la corrosió d'aquesta base. L'altura i disseny d'aquesta base permet el pas de cables entre cel·les sense necessitat de fosso i facilita la connexió dels cables frontals de l'escomesa.

La part frontal inclou en la seva part posterior la placa de característiques elèctriques, l'espiell pel manòmetre, l'esquema elèctric de la cel·la, els accessos als accionaments del comandament i el sistema d'alarma sonora de posta a terra. En la part inferior es troba el dispositiu de senyalització de presència de tensió i el panell d'accessos als cables i fusibles. En el seu interior hi ha una platina de coure al llarg de tota la cel·la, permetent la seva connexió al sistema de terres i de les pantalles dels cables.

A més, porta un sistema d'alarma sonora de posta a terra que sona quan en presència de tensió a la línia s'introdueix la palanca a l'eix del seccionador de posta a terra. Quan s'introdueix la palanca en aquesta posició, un so indica que pot realitzar-se un curtcircuit o un zero a la xarxa si s'efectua la maniobra.

- Cubeta

La cubeta, fabricada d'acer inoxidable de 2 mm d'espessor, conté l'interruptor, l'embarrat i els portafusibles i el gas en el seu interior a una pressió absoluta de 1,15 bar. El segellat de la cubeta permet el manteniment dels requisits d'operació segura durant més de 30 anys, sense necessitat de reposició de gas.

La cubeta disposa d'un dispositiu d'evacuació de gasos que, en cas d'un arc intern, permet la sortida cap a la part del darrera de la cel·la, evitant així, amb l'ajuda de l'altura de les cel·les, la incidència sobre les persones, cables o aparellatge del CT.

En el seu interior es troben totes les parts actives de la cel·la (embarrats, interruptors, seccionador, posta a terra, tubs porta fusibles).

- Interruptor/Seccionador/Seccionador de posta a terra

L'interruptor disponible en el sistema CGMcosmos té tres posicions: connectat, seccionador i posta a terra.

L'actuació d'aquest interruptor es realitza mitjançant la palanca d'accionament sobre dos eixos diferents: un per l'interruptor (commutació entre les posicions d'interruptor connectat i interruptor seccionat); i un altre pel seccionador de posta a terra dels cables de l'escomesa (que commuta entre les posicions de seccionador i posta a terra).

- Comandament

Els comandaments d'actuació són accessibles des de la part frontal, de forma que poden ser accionats de forma manual.

- Connexió de cables

La connexió dels cables es realitza des de la part frontal mitjançant passatapes estàndard.

- Enclavaments

La funció dels enclavaments inclosos en totes les cel·les CGMcosmos són:

  - No es pot connectar el seccionador de posta a terra amb l'aparell principal tancat, i recíprocament, no es pot tancar l'aparell principal si el seccionador de posta a terra està connectat.
  - No es pot llevar la tapa frontal si el seccionador de posta a terra està obert, i a la inversa, no es pot obrir el seccionador de posta a terra quan la tapa frontal ha estat extreta.

- Característiques elèctriques

Les característiques generals de les cel·les CGMcosmos són les següents:

- Tensió nominal: 24 kV
- Nivell d'aïllament:
  - Freqüència industrial (1 min.)

    a terra i entre fases: 50 kV

    a la distància de seccionament: 60 kV
  - Impuls tipus raig

    a terra i entre fases: 125 kV

    a la distància de seccionament: 145 kV

En la descripció de cada cel·la s'inclouen els valors propis corresponents a les intensitats nominals, tèrmica i dinàmica...

Característiques de l'aparellatge de baixa tensió

Els elements de sortida en BT seran els quadres de baixa tensió, amb la missió de la separació de les diferents branques de sortida, que contenen els fusibles d'acord amb la intensitat secundària del transformador.

Característiques descriptives de les cel·les i transformador de mitja tensió

- Cel·la entrada/sortida: CGMcosmos-L Interruptor-seccionador

Cel·la amb envoltant metàl·lic, fabricada per ORMAZABAL, formada per un mòdul amb les següents característiques:

La cel·la CGMcosmos-L de línia, està constituïda per un mòdul metàl·lic amb aïllament i tall de gas, que incorpora en el seu interior un embarrat superior de coure i una derivació amb un interruptor-seccionador rotatiu, amb capacitat de tall i aïllament, i posició de posta a terra dels cables d'escomesa inferior-frontal mitjançant bornes endollables. Presenta també captadors capacitius per a la detecció de tensió en els cables d'escomesa i un sistema d'alarma sonora de posta a terra el qual sona quan, en presència de tensió en la línia, s'introdueix la palanca en l'eix del seccionador de posta a terra. Quan s'introdueix la palanca en aquesta posició, un so indica que pot realitzar-se un curtcircuit o un zero en la xarxa si s'efectua la maniobra.

En la taula 26 i 27 es poden veure les característiques elèctriques i les dimensions físiques de la cel·la entrada/sortida respectivament.

Tensió assignada	24 kV
Intensitat assignada	400 A
Intensitat de curta duració (<1 s), eficaç	16 kA
Intensitat de curta duració (<1 s), cresta	40 kA
Nivell aïllament freqüència industrial (1 min.) a terra i entre fases	50 kV
Nivell aïllament impuls tipus raig a terra i entre fases (cresta)	125 kV
Capacitat de tancament (cresta)	40 kA

Taula 26. Característiques elèctriques de la cel·la CGMcosmos-L d'entrada/sortida

Ample	365 mm
Fons	735 mm
Alt	1740 mm
Pes	95 Kg

Taula 27. Característiques físiques de la cel·la CGMcosmos-L d'entrada/sortida

- Protecció general: CGMcosmos-V Protecció interruptor automàtic

Cel·la amb envoltant metàl·lic, fabricada per ORMAZABAL, formada per un mòdul amb les següents característiques:

La cel·la CGMcosmos-V de protecció amb interruptor automàtic, està constituïda per un mòdul metàl·lic amb aïllament i tall de gas que incorpora en el seu interior un embarrat superior de coure i una derivació amb un interruptor-seccionador rotatiu amb capacitat de tall i aïllament, i posició de posta a terra dels cables de l'escomesa inferior-frontal mitjançant bornes endollables, i en sèrie amb ell, un interruptor automàtic de tall en buit. Presenta també captadors capacitius per a la detecció de tensió en els cables de l'escomesa i pot dur un sistema d'alarma sonor de posta a terra que sona quan en presència de tensió en la línia s'introdueix la palanca a l'eix del seccionador de posta a terra. Quan s'introdueix la palanca en aquesta posició, un so indica que pot realitzar-se un curtcircuit o un zero en la xarxa si s'efectua la maniobra.

En la taula 28 i 29 es poden veure les característiques elèctriques i les dimensions físiques de la cel·la entrada/sortida respectivament.

Tensió assignada	24 kV
Intensitat assignada a l'embarrat	400 A
Categoria del interruptor automàtic	E2
Poder de tall de corrent principal activa	400 A
Poder de tall del interruptor principal (pic)	40 kA
Poder d'obertura	16 kA
Nivell aïllament freqüència industrial (1 min.) a terra i entre fases	50 kV
Nivell aïllament impuls tipus raig a terra i entre fases (cresta)	125 kV
Capacitat de tancament (cresta)	2,5 kA

Taula 28. Característiques elèctriques de la cel·la CGMcosmos-V de protecció mitjançant fusibles

Ample	480 mm
Fons	850 mm
Alt	1740 mm
Pes	218 Kg

Taula 29. Característiques físiques de la cel·la CGMcosmos-V de protecció mitjançant fusibles

- Mesura: CGMcosmos-M Mesura

La cel·la CGMcosmos-M s'utilitza per allotjar els transformadors de mesura de tensió i intensitat, permetent la comunicació del conjunt general de cel·les, mitjançant cable sec.

Ample	800 mm
Fons	1025 mm
Alt	1740 mm
Pes	165 Kg

Taula 30. Característiques físiques de la cel·la CGMcosmos-M de mesura

- Transformador

Transformador trifàsic de la marca ABB reductor de tensió amb neutre accessible en el secundari, de potència 300 kVA i refrigeració natural en oli, de tensió primària 15 kV i tensió secundaria en buit de 420 V.

En la taula 31 i 32 es poden veure totes les característiques del transformador i de la cubeta del mateix.

Potència nominal	300 kVA
Tensió primari	15 kV
Tensió secundari	420 V
Tensió de curtcircuit	4,5 %
Grup de connexió	Dyn5
Nivell aïllament AT	95 kV
Nivell aïllament BT	30 kV
Refrigeració	Oli

Figura 31. Característiques del transformador ABB utilitzat per evacuar l'energia generada per la planta fotovoltaica

Altura	1200 mm
Profunditat	1200 mm
Amplària	2100 mm
Pes	1200 kg

Figura 32. Característiques de la cubeta del transformador ABB utilitzat per evacuar l'energia generada per la planta fotovoltaica

Característiques descriptives dels quadres de baixa tensió

El quadre de baixa tensió (CBT), tipus CBT-AC-ETU 6302B, és un conjunt d'aparellatge de BT que té la funció de rebre el circuit principal procedent del transformador MT/BT i distribuir-lo en un número determinat de circuits individuals.

L'estructura del quadre CBT-AC-ETU 6302B està composta per un bastidor de xapa metàl·lica blanca en el qual es distingeixen les següents zones:

- Zona d'escomesa, mesura i equips auxiliars

En la part superior del mòdul CBT-AC-ETU 6302B existeix un compartiment per a l'escomesa del mateix que es realitza a través d'un passamurs tetrapolar, evitant la penetració d'aigua a l'interior. Dins d'aquest compartiment, existeixen quatre platines lliscants que fan la funció de seccionador.

L'accés a aquest compartiment és per mitjà d'una porta amb frontisses en dos punts. Sobre ella es munten els elements normalitzats de la companyia subministradora.

- Zona de sortides

Està formada per un compartiment que allotja exclusivament l'embarrat i els elements de protecció de cada circuit. Aquesta protecció es dur a terme mitjançant fusibles, disposats en bases trifàsiques però maniobrades fase a fase, que puguin realitzar les maniobres d'obertura i tancament en càrrega.

Ample	580 mm
Fons	290 mm
Alt	1743,5 mm

Taula 33. Característiques físiques del quadre de BT tipus CBT-AC-ETU 6302B

Característiques del material divers de mitja i baixa tensió

El material vari del centre de transformació és aquell que, encara que formi part del conjunt del mateix, no es descriu en les característiques de l'equip ni en les característiques de l'aparellatge.

Interconnexions mitja tensió

Ponts MT transformadors: Cables MT 12/20 kV

La connexió elèctrica entre la cel·la d'alta i el transformador de potència es realitzarà mitjançant cables MT 12/20 kV del tipus HEPRZ1, unipolars, amb conductors de secció i material 1x50 mm^2 Al.

La terminació al transformador és EUROMOLD de 24 kV del tipus endollable acotada i model K-158-LR.

A l'altre extrem, a la cel·la EUROMOLD de 24 kV del tipus endollable recta i model K-152.

Interconnexions baixa tensió

Ponts BT transformadors: ponts transformador-quadre

La connexió elèctrica entre el transformador de potència i el quadre de baixa tensió s'haurà de realitzar amb cable unipolar de 240 mm^2 de secció, amb conductor d'alumini tipus RV de 0,6/1 kV, especificats en la norma Ni 56.31.21.

Equips d'il·luminació

Equip d'enllumenat que permeti la suficient visibilitat per executar les maniobres i revisions necessàries en el centre de transformació.

Equip autònom d'enllumenat d'emergència i senyalització a la sortida del local.

Relés de protecció, automatismes i control

Sistema autònom de protecció: ekorRPG

És la unitat de dispar comunicable desenvolupada específicament per a la seva integració en les cel·les de l'interruptor automàtic de buit dels sistemes CGMcosmos (CGMcosmos-V).

Les funcions de sobreintensitat de les quals disposa són les següents:

- Protecció multi corba de sobrecàrrega per fases.
- Protecció de defectes multi corba entre fases i neutre.
- Protecció instantània de curtcircuit a temps definit entre fases
- Protecció instantània de curtcircuit a temps definit entre fases i neutre.

També té la opció d'una protecció ultra sensible, utilitzada en casos de xarxes amb neutre aïllat o compensat i/o zones amb terreny molt resistiu.

A més disposa d'una entrada per dispar mitjançant un senyal extern (sonda de temperatura...)

Disposa a més de funcions de mesura (classe I):

- Valors eficaços de intensitat per fase.
- Valor eficaç de intensitat homopolar.

Els elements amb els quals es composa el sistema són:

- Un relé electrònic que disposa en la seva caràtula frontal tecles i un display digital per realitzar les funcions d'ajust i visualitzar els paràmetres de protecció, mesura i control. Per la comunicació disposa d'un port frontal RS232 i en la part del darrera un port RS485.
- Els sensors d'intensitat són transformadors toroïdals de relació 300/1 i 1000/1 depenent dels models. Per a la protecció homopolar ultra sensible es col·loca un toroïdal addicional que engloba les tres fases. En el cas de que l'equip estigui autoalimentat (des de 5 A per fase) s'ha de col·locar 1 sensor addicional per fase.
- La targeta d'alimentació condiciona el senyal dels transformadors d'auto alimentació i la converteix en senyal CC per alimentar el relé de forma segura. Disposa d'una entrada de 230 V AC per alimentació auxiliar exterior.
- El disparador biestable és un actuador electromecànic de baix consum integrat en el mecanisme de maniobra de l'interruptor.

1.7.4. Posta a terra

Terra de protecció

Totes les parts metàl·liques no unides als circuits principals de tots els aparells i equips instal·lats en el centre de transformació s'uneixen a la terra de protecció: envoltants de les cel·les i quadres de BT, reixes de protecció, carcasses dels transformadors... així com l'armadura de l'edifici (si aquest és prefabricat). No s'uniran, per contra les reixes i portes metàl·liques del centre, si són accessibles des de l'exterior. Les característiques resultants de la terra de protecció després dels càlculs exposats a l'apartat de "càlculs justificatius" es poden veure a la taula 34.

Configuració seleccionada	60-60/8/42
Geometria del sistema	Anell rectangular
Dimensions	6x6 m
Profunditat de l'elèctrode horitzontal	0,8 m
Número de piques	4
Longitud de les piques	2 m
Diàmetre de les piques	14 mm
Secció conductor	50 mm^2

Taula 34. Configuració del sistema de terres de protecció del centre de transformació

Terra de servei

Amb l'objectiu d'evitar tensions perilloses en BT, degut a faltes en la xarxa de MT, el neutre del sistema de BT es connectarà a una toma de terra independent del sistema de BT, de tal forma que no existeixi influència en la xarxa general de terra, per lo qual s'usa un cable de coure aïllat. Les característiques resultants de la terra de servei després dels càlculs exposats a l'apartat "càlcul justificatius" es poden veure a la taula 35.

Configuració seleccionada	8/32
Geometria del sistema	Piques alineades
Separació entre piques	3 m
Profunditat de l'elèctrode horitzontal	0,8 m
Número de piques	3
Longitud de les piques	2 m
Diàmetre de les piques	14 mm
Secció conductor	50 mm^2

Taula 35. Configuració del sistema de terres de servei del centre de transformació

1.7.5. Instal·lacions secundàries del centre de transformació

El centre de transformació conta amb un armari de primers auxilis.

A més s'han de prendre les corresponents mesures de seguretat per a la protecció de les persones i equips que garanteixin que:

1- No serà possible accedir a les zones normalment en tensió, si aquestes no han estats posades a terra. Per això, el sistema d'enclavament intern de les cel·les ha d'afectar al comandament principal del seccionador de posta a terra i a les tapes dels accessos als cables.
2- Les cel·les d'entrada i sortida seran amb un aïllament integral i tall en gas i les connexions entre els seus embarrats hauran de ser apantallades, aconseguint insensibilitat als agents externs inclòs en un moment puntual d'inundació del CT.
3- Les bornes de connexió de cables i fusibles seran fàcilment accessibles als operaris de forma que, en les operacions de manteniment, la posició de treball normal no falti visibilitat sobre aquestes zones.
4- Els comandaments de l'aparellatge estaran situats davant l'operari en el moment de realitzar l'operació i el disseny de l'aparellatge protegirà a l'operari de la sortida de gasos en cas d'un eventual arc intern.
5- El disseny de les cel·les impedirà la incidència dels gasos d'escapament produïts en el cas d'un arc intern, sobre els cables de MT i BT. Per això, la sortida de gasos no haurà d'estar enfocada en cap cas cap el fosso de cables.

1.8. Quadres de corrent altern i corrent continu. Configuracions i característiques. Proteccions

A la instal·lació es disposarà d'un conjunt de proteccions que actuïn sobre l'interruptor d'interconnexió, situat a l'origen de la instal·lació interior. Aquestes correspondran a un model homologat i estaran degudament verificades i precintades per un laboratori reconegut.

Les proteccions de la instal·lació compleixen amb les consideracions tècniques establertes en el Real Decret 1663/2000. Existiran a la instal·lació les següents proteccions:

- Interruptor general manual, que serà un interruptor magneto tèrmic amb una intensitat superior a la indicada per l'empresa distribuïdora en el punt de connexió. Haurà de ser accessible a l'empresa distribuïdora en tot moment amb l'objecte de realitzar la desconnexió manualment.
- Interruptor automàtic de la interconnexió, per a la desconnexió automàtica de la instal·lació fotovoltaica en cas de pèrdua de tensió, freqüència de la xarxa, conjuntament amb un relé d'enclavament. El rearmament del sistema de commutació, i per tant la connexió amb la xarxa de baixa tensió serà automàtic una vegada restablerta la tensió de la xarxa per l'empresa distribuïdora.
- De mínima tensió instantània, connectats entre les tres fases i neutre, amb un temps inferior a 0,5 segons, a partir de que la tensió arribi al 85% del seu valor assignat.
- De sobretensió, connectats entre una fase i neutre i que actuarà en un temps inferior a 0,5 segons, a partir de que la tensió arribi al 110% del seu valor assignat.
- De màxima i mínima freqüència, connectats entre fases d'actuació del qual, s'ha de produir quan la freqüència sigui inferior a 49 Hz o superior a 51 Hz durant més de 5 períodes.
- Aquestes proteccions podran ser precintades per l'empresa distribuïdora després de les verificacions pertinents.
- Interruptor automàtic diferencial, finalitat del qual és protegir a les persones en el cas de derivació d'algun element de la part de continua de la instal·lació.

Les proteccions de màxima i mínima tensió i freqüència estan integrades a l'equip inversor. En aquest supòsit les maniobres automàtiques de desconnexió-connexió seran realitzades per l'inversor, disposant a la instal·lació de l'interruptor general manual i interruptor automàtic diferencial, complint les següents condicions:

- Les funcions es realitzaran per un contactor de rearmament el qual serà automàtic, una vegada s'estableixin les condicions normals de subministrament de la xarxa.
- El contactor, governat per l'inversor, podrà ser activat normalment.
- L'estat del contactor (on/off) s'haurà de senyalitzar de forma clara en el frontal de l'equip en un lloc destacat.

- Degut a què no s'utilitzen proteccions precintables per a la interconnexió de màxima i mínima freqüència i de màxima i mínima tensió, mencionades anteriorment, el fabricant de l'inversor certifica:
    - Els valors de tara de tensió
    - Els valors de tara de freqüència
    - El tipus i característiques de l'equip internament per a la detecció de falles (model, marca, calibratge...)
    - Que l'inversor ha superat les proves pertinents en quant als límits establerts de tensió i freqüència.
    - Que les funcions de protecció realitzades mitjançant software de control d'operacions, no són accessibles per l'usuari de la instal·lació.

Els elements de protecció s'han dimensionat per a la protecció general de la instal·lació elèctrica en cas de ocorre alguna sobrecàrrega o curtcircuit. Cada un dels circuits es protegeix amb una protecció tèrmica o magneto tèrmica, de tal forma que la corba de dispar de cada dispositiu sigui més ràpida que la corba de fusió del cable del circuit al que protegeix. A més, es tindrà en compte que les proteccions aigües avall tinguin una corba de dispar més ràpida, de tal forma que s'asseguri el dispar d'aquestes abans que les proteccions d'aigües amunt (selectivitat). Aquetes proteccions aniran ubicades en els quadres de corrent continu i altern respectivament.

1.8.1. Caixa de protecció i mesura

El cas que ens ocupa guarda paral·lelisme amb la topologia de connexió al subministrament per un únic usuari, en aquest cas la instal·lació vindrà simplificada, unificant en un sol element els equips de mesura i la Caixa General de Protecció (CGP). L'element que agrupa la CGP i els comptadors rep el nom de Caixa de Protecció i Mesura (CPM) (veure la figura 15).

L'emplaçament de la CPM haurà de determinar-se d'acord amb l'empresa distribuïdora. A falta de resolució de l'empresa distribuïdora es planteja la possibilitat d'ubicar la CPM a dins de la caseta que allotjarà el centre de transformació. Si no fos possible, s'haurà de col·locar preferentment a la façana exterior de l'edifici, en un lloc de lliure i permanent accés. Aquest lloc vindrà determinat mitjançant un acord amb l'empresa distribuïdora.

Dispositius de mesura

Els dispositius de lectura dels equips de mesura hauran de ser instal·lats a una altura compresa entre 0,7 m i 1,8 m. Com a sistema de mesura s'instal·laran comptadors trifàsics bidireccionals de quatre quadrants, classe 1 activa, classe 2 reactiva, de tipus electrònic i lectura indirecta. El comptador estarà homologat per la companyia i permetrà la lectura "in situ" i a distància (a través de sistema de telemesura GSM no inclòs) de l'energia produïda, la consumida i la reactiva en ambdós sentits. El comptador haurà de disposar del corresponent certificat de conformitat de les normes UNE-EN-60687 i UNE-EN 61268 pel de la reactiva i compleix amb tot allò descrit en el RD1110/2007.

Les CPM compliran tot allò que s'indica en la norma UNE-EN 60.439-1, tindran un grau de inflamabilitat segons com s'indica en la norma UNE-EN 60.439-3. Una

vegada instal·lats tindran un grau de protecció IP43 segons UNE 20.324 i IK09 segons UNE-EN 50.102 i estaran precintats.

Les CPM a utilitzar correspondran a una del tipus recollida en les especificacions tècniques de l'empresa distribuïdora que hagin estat aprovades per l'Administració Competent.

L'encapsulat haurà de disposar de la ventilació interna necessària que garanteix la no formació de condensacions.

El material transparent per a la lectura serà resistent a l'acció del raigs ultraviolats.

Elements de proteccions

En la CPM es trobaran els elements de protecció de la línia general d'alimentació del sistema fotovoltaic. Aquests elements de protecció consisteixen en un interruptor magneto tèrmic, el qual servirà per protegir la instal·lació i maniobrar sobre la mateixa. El corrent nominal de l'interruptor a instal·lar serà de 400 A, amb un poder de tall de 50 kA. L'interruptor serà del tipus terasaki XS250NJ o similar. Aquest interruptor estarà accessible a l'empresa distribuïdora durant les 24 hores dels 365 dies de l'any, amb objecte de poder realitzar la desconnexió manual en cas de necessitat. També s'instal·laran en la CPM, l'interruptor diferencial tarat a un corrent de defecte de 300 mA, el model serà del tipus Terasaki ELRC-1 o similar, que previndrà els possibles xocs elèctrics i descàrregues elèctriques a persones i els fusibles en tots els conductors de fase o polars, amb poder de tall igual, al menys, al corrent de curtcircuit previst en el punt de la instal·lació. Aquests fusibles seran del tipus NH de fulla de 450 A.

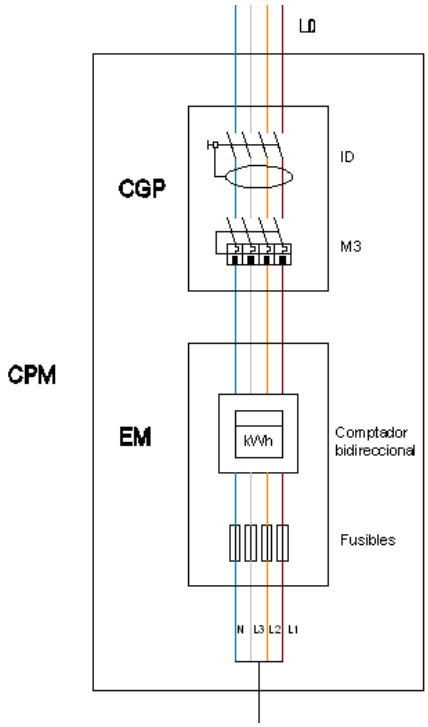


Figura 15. Detall de la Caixa de Protecció i mesura

1.8.2. Dispositius generals de comandament i protecció. Caixes de corrent altern

A la sortida de cada inversor s'ubicarà un interruptor magneto tèrmic, tetrapolar, corba C i poder de tall de 10 kA de 20 A d'intensitat nominal per inversors Fronius IG plus 150. En el cas del Fronius IG plus 70 i 30 serà bipolar amb un poder de tall de 10 kA i intensitat nominal 40 i 20 A respectivament i estaran ubicats dintre de les caixes d'alterna PB-VS-01 per a la primera nau i PB-VS-02 per a la segona nau. Les caixes de protecció seran cofrets estancs per aparellatge modular, amb una protecció IP 65.

Per altra banda hi haurà una caixa destinada a allotjar els Dispositius Generals de Comandament i Protecció (DGMP). En aquesta caixa hi haurà una parell de magneto tèrmics tetrapolars, de 200 A, amb un poder de tall de 20 kA els quals protegiran les dues línies trifàsiques formades a partir de la unió dels inversors de la primera nau i els inversors de la segona nau i el conjunt de varistors que protegiran el costat de corrent alterna contra possibles sobretensions. A més hi haurà un magneto tèrmic de 10 A amb un poder de tall de 20 kA que alimentarà l'enllumenat del Centre de Transformació.

La caixa DGMP, sempre que es pugui, s'ubicarà just al costat de la CMP. En l'annex 6 es pot veure una llista de tots els magneto tèrmics utilitzats per a la protecció de les línies d'alterna.

1.8.3. Quadre de corrent continu

A les cobertes de les dues naus, aniran instal·lats damunt carril, les caixes de connexió de corrent continu. Aquestes caixes a més, realitzaran les tasques de protecció de les cadenes fotovoltaiques les quals estaran connectades a les caixes. Per fer-ho, disposaran d'un parell de fusibles per string. Els fusibles seran de 10 A. Els fusibles i portafusibles seran per aplicacions de corrent continu i amb un aïllament elèctrics de 1000 V dc. El criteri de dimensionat dels fusibles del quadre de protecció s'ha portat a terme tenint en compte que el fusible sigui capaç de permetre la circulació de la intensitat de corrent de curtcircuit de el string, però no permetre la circulació del corrent invers màxim admissible dels mòduls que formen el string. D'aquesta manera s'elimina la possibilitat de la circulació per un string de la intensitat resultant de la suma de diversos o tots els strings connectats en paral·lel a ell.

Les caixes de connexió de corrent continu també disposaran d'un conjunt de varistors aportant en el costat de continua una protecció contra sobretensions de tensió igual a 700 V, amb una intensitat nominal de 15 kA i màxima de 30 kA.

Finalment a la sortida de cada línia cap als inversors hi haurà un seccionador de seguretat per poder aïllar els inversors dels mòduls fotovoltaics amb una intensitat màxima de 125 A.

Així doncs, mitjançant les caixes de corrent continu, no només realitzen la funció d'agrupar i connectar en paral·lel els strings que conformen el camp fotovoltaic sinó que, també, protegeixen les línies i equips contra sobreintensitats, sobretensions atmosfèriques i curtcircuits.

1.8.4. Altres proteccions

En relació als xocs elèctrics de la instal·lació, aquesta compta amb l'interruptor diferencial amb una sensibilitat de 300 mA i un corrent nominal de 400 A en el costat de corrent altern situat a la caixa DGMP. A més es disposarà d'una connexió a terra de totes les parts metàl·liques de la instal·lació que puguin presentar tensions perilloses respecte terra. A més amb l'ajuda del vigilant d'aïllament dels inversors es podrà detectar qualsevol error entre un o els dos pols a terra. D'aquesta forma i fent inaccessible qualsevol part activa de la instal·lació en funcionament normal, es pretén evitar que apareguin tensions perilloses entre els equips i terra susceptibles de representar un perill per a les persones.

S'ha optat per una configuració TT de posta a terra per poder satisfer els requeriments de garantia de potència del fabricant de les plaques. En relació als contactes directes, aquesta protecció presenta menys garanties que el primer defecte de posta a terra no afecti a les persones. Així doncs, amb la finalitat de garantir la seguretat de les persones s'ha optat per conduir tots els conductors de corrent continu en canaletes estanques, practicables únicament amb un útil. A més es configuraran els inversors, definint una resistència entre els pols positius de la instal·lació i terra en el marge permès pel fabricant, de tal manera que mitjançant el seguidor d'aïllament, sempre que existeix un defecte d'aïllament o de posta a terra serà senyalitzat per l'inversor mitjançant el corresponent codi d'error.

Finalment, com es comentava a l'inici de l'apartat, cal destacar que l'inversor incorpora un conjunt de proteccions que evitaran que treballi en mode illa, mitjançant la desconnexió del sistema quan aquest detecti situacions fora dels marges de tensió i freqüència de xarxa permesos. La reconnexió estarà retardada per un relé de temps fins a tres minuts després del reton a les condicions normals de xarxa.

1.9. Posta a terra de la instal·lació

La posta a terra s'estableix principalment amb l'objectiu de limitar la tensió que, respecte a terra, poden presentar en un moment determinat les masses metàl·liques, assegurar l'actuació de les proteccions i eliminar o disminuir el risc que suposa una averia en els materials elèctrics utilitzats.

Mitjançant la instal·lació de posta a terra s'aconsegueix que el conjunt de instal·lacions, i superfície pròxima al terreny, no apareguin diferències de potencial perillosos i que, al mateix temps, es permeti el pas a terra dels corrents de defecte o les descàrregues d'origen atmosfèric.

Les dimensions del sistema de terra i la seva baixa resistència han permès una bona dissipació a terra del corrent provocat per descàrregues atmosfèriques o de corrent de defecte, així com la equipotencialitat en tot el perímetre de la central.

Pel càlcul de la posta a terra s'ha tingut en compte que el valor de la resistència de terra serà aquella per la qual qualsevol massa no pugui donar lloc a tensions

de contacte superiors a 24 V (segons marca el REBT en la seva ITC-BT-24 i ITC-BT-18 per locals o emplaçaments conductors). Si les condicions de la instal·lació són tals que poden donar lloc a tensions de contacte superiors als valors senyalats anteriorment, s'assegurarà la ràpida eliminació de la falta mitjançant dispositius de tall adequats al corrent de servei. Per altra part, i tal com s'ha dit anteriorment, s'ha d'assegurar un bon pas a terra dels corrents de defecte d'origen atmosfèric.

Amb totes les premisses, en el projecte s'intentarà obtenir una resistència a terra inferior a 20 Ω.

La resistència d'un elèctrode depèn de les seves dimensions, de la seva forma i de la resistivitat del terreny en el que s'estableix. Aquesta resistivitat varia freqüentment d'un punt a una altre del terreny i varia també amb la profunditat.

L'aplicació del sistema basat en l'interruptor diferencial i la posta a terra de les masses permet mantenir la tensió de contacte per davall de la tensió de seguretat, mitjançant la limitació del valors màxims de la intensitat de defecte (sensibilitat del diferencial) i la resistència de terra; la condició de seguretat seria:

$$I_d * R_T \leq 24\ V$$

En el cas d'un edifici on coexisteixen locals de diversa naturalesa (vivendes, comerços, tallers o petites indústries) on les instal·lacions elèctriques incorporen diferencials de diverses sensibilitats, la resistència màxima de la presa de terra s'ha de determinar a partir de la sensibilitat del diferencial més desfavorable, és a dir, el menys sensible. En aquest sentit, el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió en la seva ITC-BT-09 indica un valor màxim de la resistència de 30 ohms, que permet utilitzar diferencials de 500 mA. En el nostre cas, utilitzarem interruptors diferencials de 300 mA de sensibilitat. El projecte és molt més restrictiu i es perseguirà obtenir una resistència a terra de l'ordre de 20 ohms perquè, en el costat DC s'utilitzarà un sistema que presenta una seguretat equivalent a l'interruptor diferencial, denominat vigilant d'aïllament.

Més allà de l'aspecte reglamentari, l'evolució dels procediments d'execució de tomes de terra tendeix a l'ús d'un elèctrode en anell, moltes vegades format per una malla enllaçada a l'estructura de l'edifici, amb el qual s'aconsegueixen fàcilment resistències molt baixes (de l'ordre de 10-20 ohms o menors). L'aplicació d'aquests tipus de posta a terra permet complir amb la condició de seguretat amb tota la gama habitual d'interruptors diferencials i aporta una cobertura important (no total) del risc elèctric en cas d'averia o manipulació del diferencial.

Com a conclusió, la realització de la posta a terra s'executarà mitjançant elèctrode en anell (malla de terra), ja que aquest mètode permet arribar fàcilment i de forma eficaç a valors molt baixos de resistència de terra, normalment inferiors a 30 Ω, com marca el reglament. Per això, s'instal·larà un cable de coure aïllat de 50 mm^2 aeri i posteriorment enterrat juntament amb diferents elèctrodes. Els elèctrodes seran piquetes d'acer amb recobriment de coure de 14,6 mm de diàmetre i de 2 m de longitud, enterrats totalment en vertical, de forma que quedin totalment soterrats i amb una capa de 20 cm entre la part superior de la pica i el nivell 0 del terreny.

En cada una de les files de mòduls, es traurà una presa de terra, utilitzant un cable de coure aïllat de 35 mm^2 de secció nominal. Des de cada presa de terra s'alimentaran totes les parts metàl·liques del subcamp FV amb un cable unipolar de 1x6 mm^2 de secció, sense utilitzar les parts metàl·liques com a pont de connexió, és a dir, es faran connexions de terra en cada un dels mòduls, utilitzant ponts de conductor de 1x6 mm^2 entre mòdul i mòdul amb una connexió en el mateix punt, és a dir, el punt d'arribada a un mòdul serà el mateix el de sortida cap a la següent.

La xarxa de terres recorrerà totes les canalitzacions elèctriques, formant tal com s'ha comentat anteriorment, un anell de terres. Aquest anell de terra es comú per tota la instal·lació. Allà on estiguin ubicats els inversors es traurà una presa de terra nova, amb l'objectiu de posar a terra les masses metàl·liques i altres components de l'inversor. Per això s'utilitzarà cable de coure aïllat de 35 mm^2 de secció nominal que alimentarà, primerament un seccionador de terra, i posteriorment, a partir d'aquest, es connectarà l'equip inversor amb un cable de coure aïllat de 16 mm^2 de secció.

Es disposarà també d'una caixa seccionadora de terres per tal de que es pugui tallar la connexió de la terra en cas de reparacions o manteniment de la instal·lació. Aquesta serà de la marca Schneider, model Acti 9 iSW o similar.

1.10. Compliment de les condicions de seguretat contra incendis

Per la naturalesa, superfície i distribució de l'activitat que en el present projecte i pel compliment de l'apartat DB SI de seguretat en cas d'incendi del Codi Tècnic de l'Edificació, l'activitat:

a) No afectarà a les condicions d'evacuació, ni als mitjans passius ni actius dels que disposen les naus i la seva activitat.
b) No provocarà que ni a la nau, ni a l'activitat, ni tampoc al solar que hagin d'instal·lar-se nous sistemes passius o actius de seguretat contra incendis.
c) La instal·lació dels sistemes de mòduls solars no requerirà la instal·lació de cap sistema de seguretat contra incendis addicional, ja que tampoc provocarà renous, fums, ni cap altre efecte en el medi ambient o per la seguretat de les persones.

Així doncs, tant l'activitat del present projecte com la de la nau compliran en tot moment l'apartat DB SI de seguretat en cas d'incendi del Codi Tècnic de l'Edificació, sense la necessitat de realitzar cap mesura ni instal·lació.

1.11. Estudi energètic i de rendiments

L'estudi energètic de la instal·lació s'ha portat a terme mitjançant el programa de simulació d'instal·lacions fotovoltaiques Pvsyst. Aquest programa ens permet fer un estudi de totes les pèrdues que tindrà el sistema, tant per ombres, orientació, inclinació i rendiments en els equips utilitzats (plaques, inversors...). Amb el Pvsyst s'han dibuixat les dues naus per poder fer un estudi d'ombres precís, cada una amb els seus respectius panells solars.

Per a realitzar l'estudi energètic s'han realitzat fins a 5 simulacions, el principal motiu pel qual s'han fet aquestes simulacions és perquè amb el Pvsyst no es pot realitzar un estudi energètic amb més d'un tipus d'inversor. Com que en el nostre cas 3 tipus d'inversors diferents ja hem hagut de realitzar 3 simulacions diferents. Per altra banda el programa ens recomana que si tenim diferents orientacions, realitzem una simulació amb cada una de les orientacions diferents, ja que sinó poden produir-se errors. En el nostre cas tenim diferents azimuts, tenim una part dels generadors fotovoltaics a 163º i una altra part a -17º. Per aquest motiu s'han realitzat 2 simulacions diferents.

Així doncs en la primera simulació s'han trobat totes les pèrdues del sistema i l'energia obtinguda neta de l'inversor IG PLUS 30.

En la segona simulació s'ha fet el mateix però els inversors utilitzats han estat IG PLUS 70.

Per altra banda a la tercera simulació ja hem utilitzat els IG PLUS 150, amb els quals hem portat a terme primer de tot una simulació amb els panells fotovoltaics que tenen un azimut de -17º. La segona simulació ha estat amb els inversors IG PLUS 150 de la nau 2 que tenen els panells a 163º. Finalment la tercera simulació ha estat amb els mateixos inversors però en aquest cas de la nau 1 amb un azimut de 163º.

En tots els casos es pot veure que les pèrdues del sistema no superen el màxim establert pel Codi Tècnic de l'Edificació, 30%.

Pel que fa a la col·locació dels generadors fotovoltaics a sobre les cobertes de les naus industrials, hem suposat un conjunt de plaques com a un únic bloc, d'aquesta forma ens estalviem la creació de totes les plaques una per una, obtenint els mateixos resultats de potència, pèrdues per ombres, orientació, inclinació i rendiments en els equips utilitzats (plaques, inversors...).

A continuació passarem a veure cada una de les simulacions.

Primer de tot passarem a descriure la simulació amb l'inversor IG PLUS 30. En aquest cas hem instal·lat tots els panells fotovoltaics que formen part d'aquest inversor, subcamp L, com mostra a continuació:

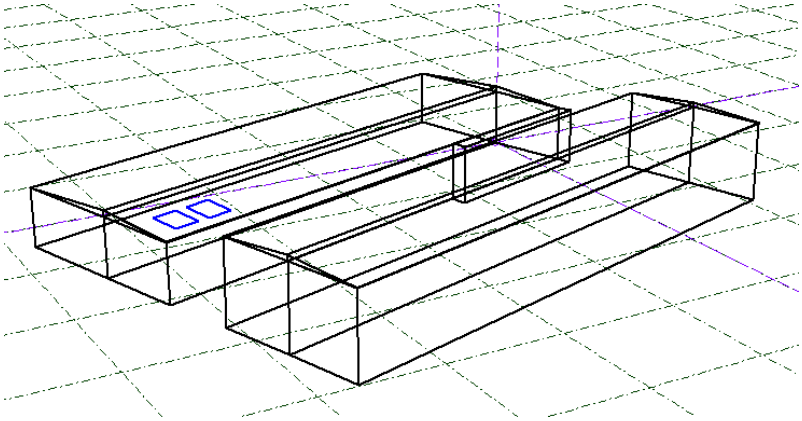


Figura 16. Disposició dels panells fotovoltaics connectats als inversors IG plus 30 en la simulació del PVsyst

Com podem veure tenim els panells situats a la coberta de la nau 1 amb un azimut de -17º, els que corresponen al subcamp L. Així doncs els resultats d'aquesta simulació són els següents:

PVSYST V4.1		Page 1/4

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project :	**Instal·lació fotovoltaica sobre coberta**			
Geographical Site	**Ciutadella de Menorca**		**Country**	**Spain**
Situation	Latitude	40.0°N	Longitude	3.9°E
Time defined as	Legal Time	Time zone UT+1	Altitude	23 m
	Albedo	0.20		
Meteo data :	Ciutadella de Menorca , synthetic hourly data			
Simulation Variant :	**Simulation variant**			
	Simulation date	24/05/11 10h52		
Simulation parameters				
Collector Plane Orientation	Tilt	4°	Azimuth	-17°
Horizon	Free Horizon			
Near Shadings	according to module			
PV Array Characteristics				
PV module a-Si:H tripple	Model	**PVL-144**		
	Manufacturer	Uni-Solar		
Number of PV modules	In series	11 modules	In parallel	2 strings
Total number of PV modules	Nb. modules	22	Unit Nom. Power	144 Wp
Array global power	Nominal (STC)	**3.2 kWp**	At operating cond.	2.78 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	315 V	I mpp	9 A
Total area	Module area	**47.6 m²**	Cell area	41.2 m²
PV Array loss factors				
Heat Loss Factor	ko (const)	29.0 W/m²K	kv (wind)	0.0 W/m²K / m/s
=> Nominal Oper. Coll. Temp. (800 W/m², Tamb=20°C,		wind 1 m/s)	NOCT	45 °C
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	1245.0 mOhm	Loss Fraction	3.0 % at STC
Serie Diode Loss	Voltage Drop	0.7 V	Loss Fraction	0.2 % at STC
Module Quality Loss			Loss Fraction	3.0 %
Module Mismatch Losses			Loss Fraction	2.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization	IAM =	1-bo (1/cos i - 1)	bo Parameter	0.05
System Parameter	System type	**Grid-Connected System**		
Inverter	Model	**IG PLUS 30**		
	Manufacturer	Fronius		
Inverter Characteristics	Operating Voltage	230-500 V	Unit Nom. Power	3.0 kW AC
User's needs :	Unlimited load (grid)			

Figura 17. Resum dels paràmetres de simulació pels panells fotovoltaics connectats al inversor IG plus 30

PVSYST V4.1		Page 2/4

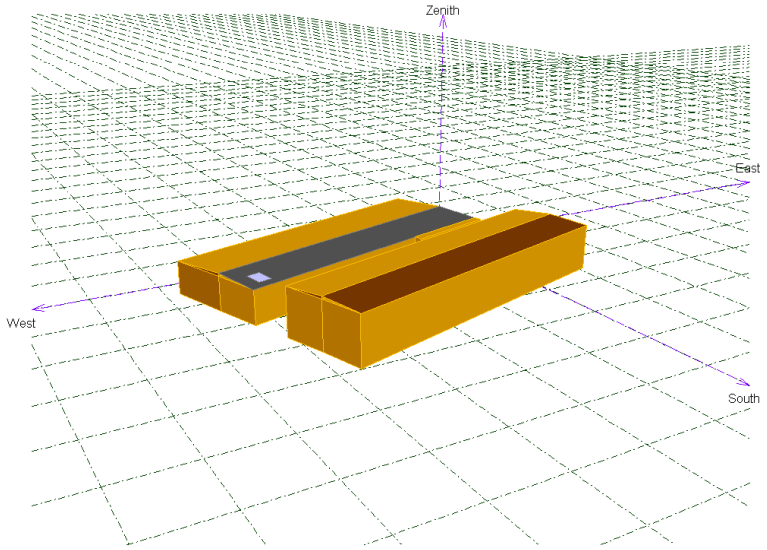
Grid-Connected System: Near shading definition

Project : **Instal·lació fotovoltaica sobre coberta**

Simulation Variant : **Simulation variant**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
Near Shadings	according to module			
PV Field Orientation	tilt	4°	azimuth	-17°
PV modules	Model	PVL-144	Pnom	144 Wp
PV Array	Nb. of modules	22	Pnom total	**3.2 kWp**
Inverter	Model	IG PLUS 30	Pnom	3.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



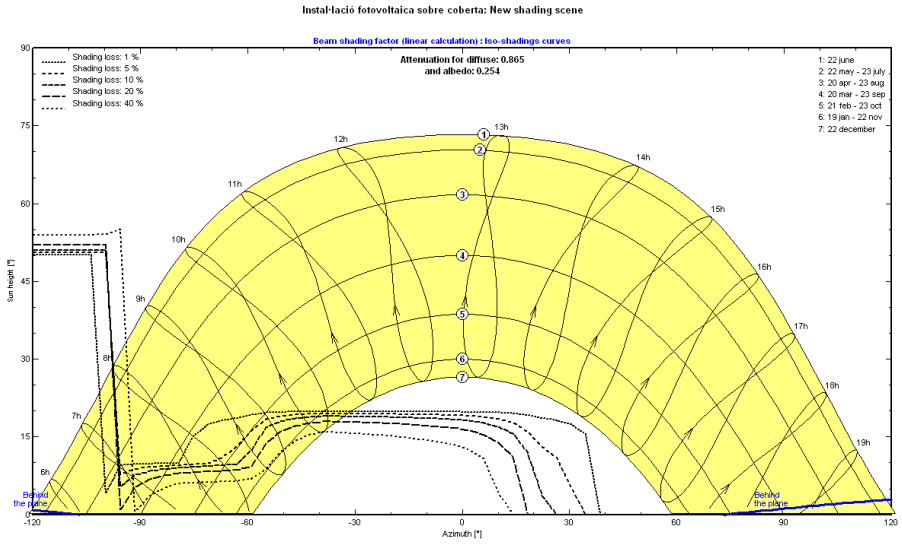


Figura 18. Resultat de la simulació on s'indica la disposició dels panells fotovoltaics i el diagrama de pèrdues per ombres

PVSYST V4.1		Page 3/4

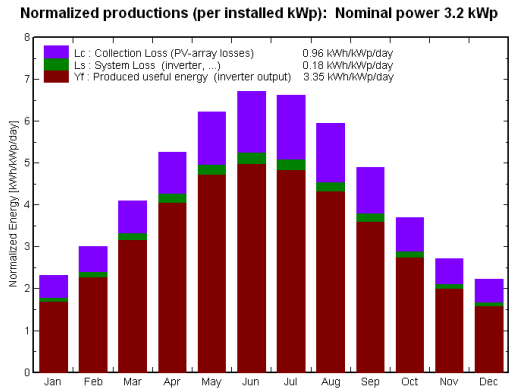
Grid-Connected System: Main results

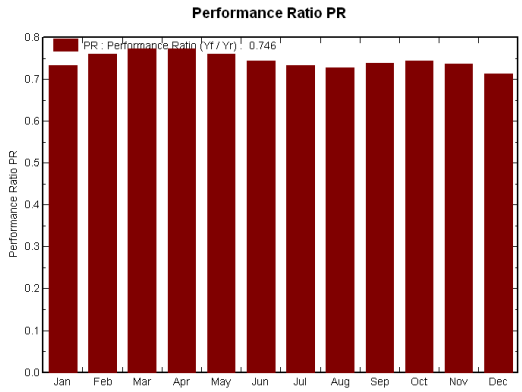
Project : **Instal·lació fotovoltaica sobre coberta**

Simulation Variant : **Simulation variant**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
Near Shadings	according to module			
PV Field Orientation	tilt	4°	azimuth	-17°
PV modules	Model	PVL-144	Pnom	144 Wp
PV Array	Nb. of modules	22	Pnom total	**3.2 kWp**
Inverter	Model	IG PLUS 30	Pnom	3.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results				
System Production	**Produced Energy**	**3869 kWh/year**	Specific	1221 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	74.6 %		





Simulation variant

Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	EOutInv kWh	EffArrR %	EffSysR %
January	66.7	11.30	71.9	61.4	176.5	167.1	5.16	4.88
February	79.8	11.30	84.4	74.3	214.0	203.1	5.33	5.06
March	122.0	12.70	127.0	114.1	327.5	310.9	5.42	5.15
April	154.8	14.30	157.9	142.4	406.9	386.6	5.42	5.15
May	191.3	18.10	192.8	174.9	488.8	464.6	5.33	5.07
June	200.7	21.60	201.4	185.4	500.0	474.9	5.22	4.96
July	204.0	24.80	205.1	187.7	500.9	476.0	5.13	4.88
August	181.5	25.90	184.3	169.3	447.2	424.9	5.10	4.85
September	142.1	23.00	146.7	133.4	361.6	343.7	5.18	4.93
October	108.9	19.40	114.9	102.5	284.9	270.6	5.21	4.95
November	75.4	14.90	81.7	71.5	201.1	190.8	5.18	4.91
December	62.5	12.30	68.8	58.3	164.4	155.6	5.03	4.76
Year	1589.9	17.51	1636.8	1475.2	4073.9	3868.7	5.23	4.97

Legends:				
	GlobHor	Horizontal global irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
	T Amb	Ambient Temperature	EOutInv	Available Energy at Inverter Output
	GlobInc	Global incident in coll. plane	EffArrR	Effic. Eout array / rough area
	GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EffSysR	Effic. Eout system / rough area

Figura 19. Resum de l'energia generada en tots els mesos de l'any pels panells fotovoltaics connectats al inversors IG plus 30

PVSYST V4.1		Page 4/4

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : **Instal·lació fotovoltaica sobre coberta**

Simulation Variant : **Simulation variant**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
Near Shadings	according to module			
PV Field Orientation	tilt	4°	azimuth	-17°
PV modules	Model	PVL-144	Pnom	144 Wp
PV Array	Nb. of modules	22	Pnom total	**3.2 kWp**
Inverter	Model	IG PLUS 30	Pnom	3.0 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Loss diagram over the whole year

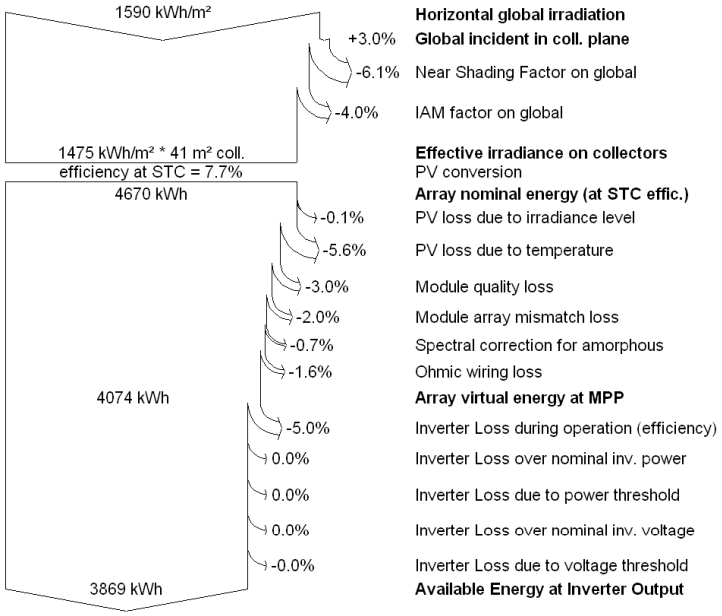


Figura 20. Diagrama de pèrdues per a la simulació dels panells fotovoltaics connectats al inversor IG plus 30

Com a dades més importants a destacar de l'informe d'aquesta simulació són les pèrdues per ombra que com podem observar no superen el 6,1 %. Així doncs si calculem l'energia perduda per les ombres en aquest cas és de 96,99 kWh/m², ja que el total d'energia és de 1590 kWh/m².

Per altra banda passarem a veure la simulació duta a terme amb els inversors IG PLUS 70, en aquest cas inclourem a la simulació els subcamps J, K i U.

La situació d'aquests subcamps pel que fa a la simulació és la que és mostra a continuació:

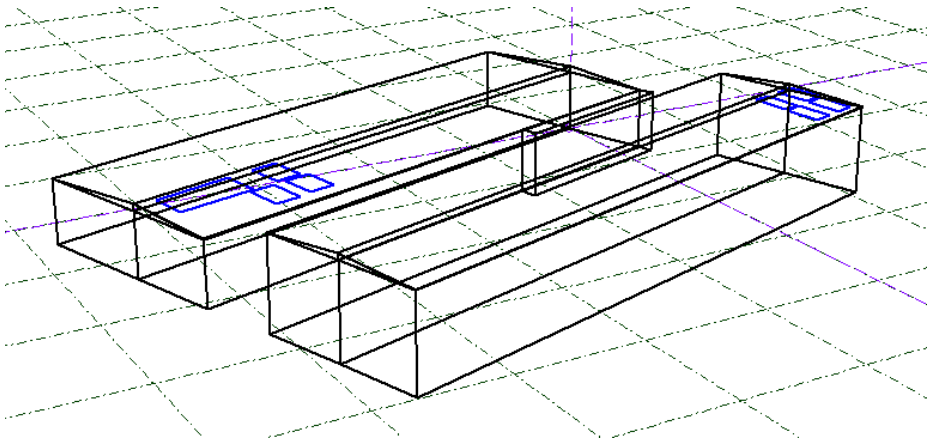


Figura 21. Disposició dels panells fotovoltaics connectats als inversors IG plus 70 en la simulació del PVsyst

En aquest cas disposem dels subcamps J i K a la nau 1 i el subcamp U a la nau 2. Els resultats que hem obtingut després de simular aquest sistema són:

PVSYST V4.1					Page 1/4

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project :	**Instal·lació fotovoltaica sobre coberta**				
Geographical Site		**Ciutadella de Menorca**		**Country**	**Spain**
Situation		Latitude	40.0°N	Longitude	3.9°E
Time defined as		Legal Time	Time zone UT+1	Altitude	23 m
		Albedo	0.20		
Meteo data :	Ciutadella de Menorca , synthetic hourly data				
Simulation Variant :	**Simulation variant**				
		Simulation date	24/05/11 10h44		
Simulation parameters					
Collector Plane Orientation		Tilt	4°	Azimuth	-17°
Horizon		Free Horizon			
Near Shadings		according to module			
PV Array Characteristics					
PV module	a-Si:H tripple	Model	**PVL-144**		
		Manufacturer	Uni-Solar		
Number of PV modules		In series	11 modules	In parallel	9 strings
Total number of PV modules		Nb. modules	99	Unit Nom. Power	144 Wp
Array global power		Nominal (STC)	**14 kWp**	At operating cond.	13 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	315 V	I mpp	40 A
Total area		Module area	**214 m²**	Cell area	185 m²
PV Array loss factors					
Heat Loss Factor		ko (const)	29.0 W/m²K	kv (wind)	0.0 W/m²K / m/s
=> Nominal Oper. Coll. Temp. (800 W/m², Tamb=20°C, wind 1 m/s)				NOCT	45 °C
Wiring Ohmic Loss		Global array res.	273.3 mOhm	Loss Fraction	3.0 % at STC
Serie Diode Loss		Voltage Drop	0.7 V	Loss Fraction	0.2 % at STC
Module Quality Loss				Loss Fraction	3.0 %
Module Mismatch Losses				Loss Fraction	2.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM =	1-bo (1/cos i - 1)	bo Parameter	0.05
System Parameter		System type	**Grid-Connected System**		
Inverter		Model	**IG PLUS 70**		
		Manufacturer	Fronius		
Inverter Characteristics		Operating Voltage	230-500 V	Unit Nom. Power	7 kW AC
Inverter pack		Number of Inverter	3 units	Total Power	20 kW AC
User's needs :		Unlimited load (grid)			

Figura 22. Resum dels paràmetres de simulació pels panells fotovoltaics connectats als inversors IG plus 70

PVSYST V4.1		Page 2/4

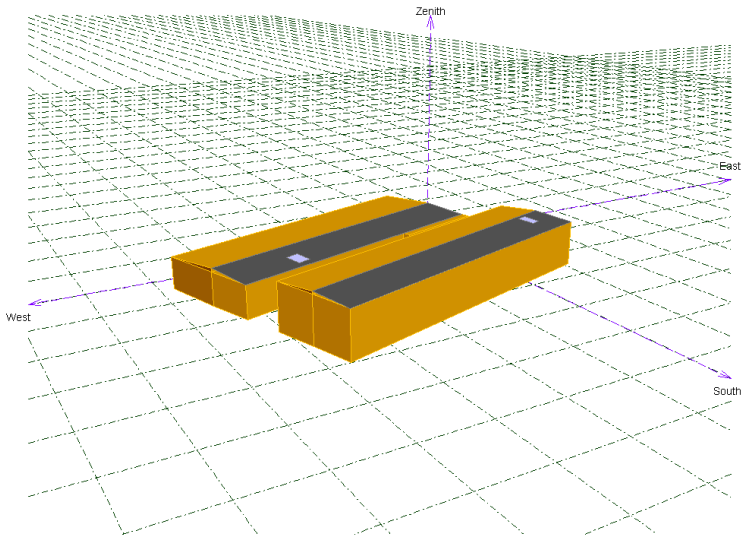
Grid-Connected System: Near shading definition

Project : **Instal·lació fotovoltaica sobre coberta**

Simulation Variant : **Simulation variant**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
Near Shadings	according to module			
PV Field Orientation	tilt	4°	azimuth	-17°
PV modules	Model	PVL-144	Pnom	144 Wp
PV Array	Nb. of modules	99	Pnom total	**14 kWp**
Inverter	Model	IG PLUS 70	Pnom	6.5 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	3	Pnom total	**20 kW ac**
User's needs	Unlimited load (grid)			

Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Instal·lació fotovoltaica sobre coberta: New shading scene

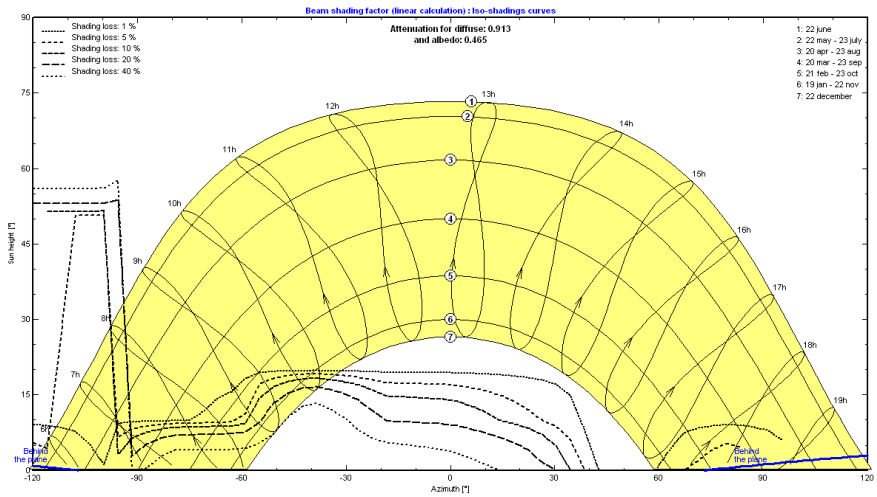


Figura 23. Resultat de la simulació on s'indica la disposició dels panells fotovoltaics i el diagrama de pèrdues per ombres

PVSYST V4.1		Page 3/4

Grid-Connected System: Main results

Project : **Instal·lació fotovoltaica sobre coberta**

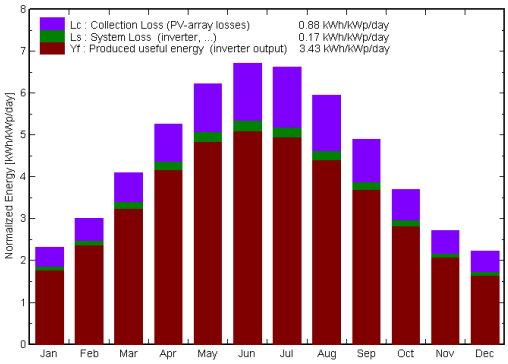
Simulation Variant : **Simulation variant**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
Near Shadings	according to module			
PV Field Orientation	tilt	4°	azimuth	-17°
PV modules	Model	PVL-144	Pnom	144 Wp
PV Array	Nb. of modules	99	Pnom total	**14 kWp**
Inverter	Model	IG PLUS 70	Pnom	6.5 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	3	Pnom total	**20 kW ac**
User's needs	Unlimited load (grid)			

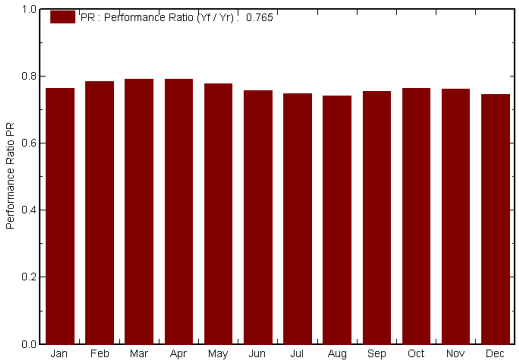
Main simulation results

System Production	**Produced Energy**	**17.84 MWh/year**	Specific	1252 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	76.5 %		

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 14 kWp



Performance Ratio PR



Simulation variant

Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	EOutInv kWh	EffArrR %	EffSysR %
January	66.7	11.30	71.9	63.6	823	784	5.35	5.09
February	79.8	11.30	84.4	76.4	991	944	5.49	5.23
March	122.0	12.70	127.0	116.8	1507	1434	5.54	5.28
April	154.8	14.30	157.9	145.7	1872	1783	5.54	5.28
May	191.3	18.10	192.8	178.9	2247	2139	5.45	5.19
June	200.7	21.60	201.4	188.8	2289	2178	5.31	5.05
July	204.0	24.80	205.1	191.4	2297	2186	5.23	4.98
August	181.5	25.90	184.3	172.4	2048	1949	5.19	4.94
September	142.1	23.00	146.7	136.1	1659	1580	5.28	5.03
October	108.9	19.40	114.9	105.0	1312	1250	5.34	5.09
November	75.4	14.90	81.7	73.5	930	887	5.32	5.07
December	62.5	12.30	68.8	60.5	768	731	5.22	4.97
Year	1589.9	17.51	1636.8	1509.1	18743	17843	5.35	5.09

Legends:				
	GlobHor	Horizontal global irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
	T Amb	Ambient Temperature	EOutInv	Available Energy at Inverter Output
	GlobInc	Global incident in coll. plane	EffArrR	Effic. Eout array / rough area
	GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EffSysR	Effic. Eout system / rough area

Figura 24. Resum de l'energia generada en tots els mesos de l'any pels panells fotovoltaics connectats als inversors IG plus 70

PVSYST V4.1		Page 4/4

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : **Instal·lació fotovoltaica sobre coberta**

Simulation Variant : **Simulation variant**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
Near Shadings	according to module			
PV Field Orientation	tilt	4°	azimuth	-17°
PV modules	Model	PVL-144	Pnom	144 Wp
PV Array	Nb. of modules	99	Pnom total	**14 kWp**
Inverter	Model	IG PLUS 70	Pnom	6.5 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	3	Pnom total	**20 kW ac**
User's needs	Unlimited load (grid)			

Loss diagram over the whole year

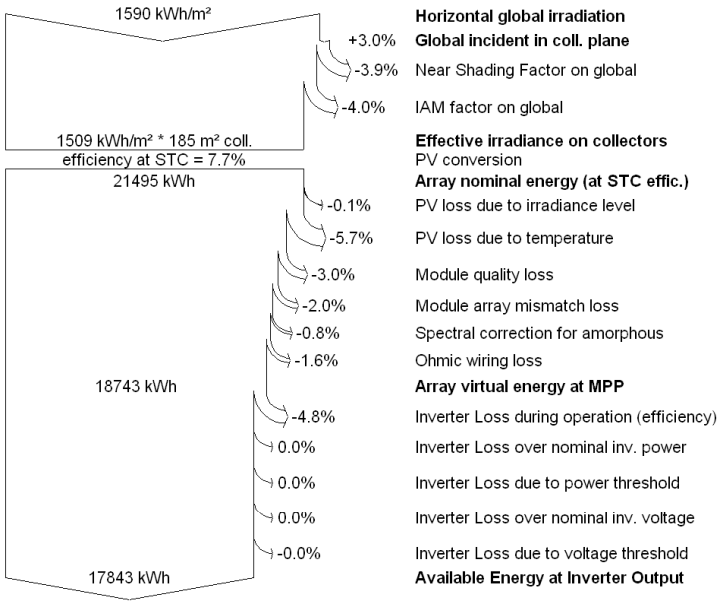


Figura 25. Diagrama de pèrdues per a la simulació dels panells fotovoltaics connectats als inversors IG plus 70

Com podem veure en aquest cas les pèrdues per ombra són del 3,9 %, la qual cosa implica unes pèrdues d'energia de 62,01 kWh/m², ja que el total d'energia és de 1590 kWh/m².

Per altra banda tenim l'inversor IG PLUS 150 amb el qual hem dut a terme tres simulacions. En la primera d'aquestes hem simulat el sistema amb tots els subcamps que tenen un azimut de -17º, aquests són el subcamp G, H i I de la primera nau i Q, R, S i T de la segona nau.

La situació d'aquests subcamps pel que fa a la simulació és la que és mostra a continuació:

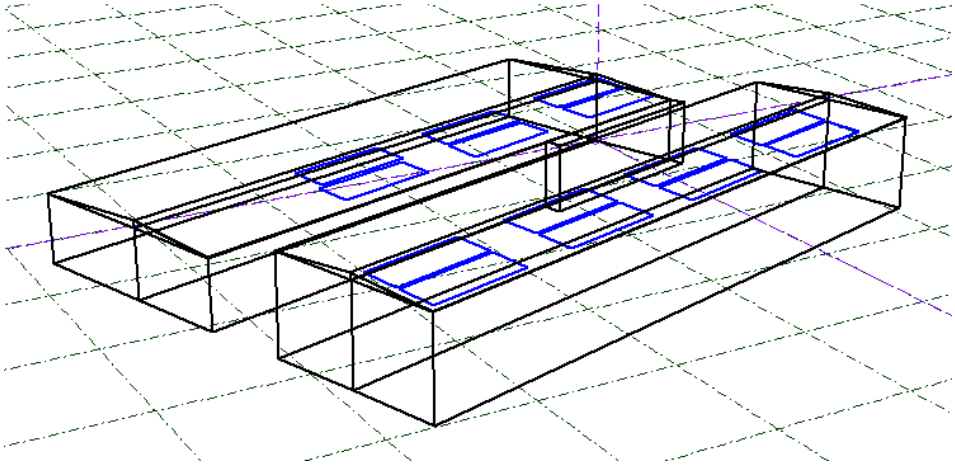


Figura 26. Disposició dels panells fotovoltaics connectats als inversors IG plus 150 amb un azimut de -17º en la simulació del PVsyst

Els resultats que hem obtingut després de simular aquest sistema són:

PVSYST V4.1		Page 1/4

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project :	**Instal·lació fotovoltaica sobre coberta**			
Geographical Site	**Ciutadella de Menorca**		**Country**	**Spain**
Situation	Latitude	40.0°N	Longitude	3.9°E
Time defined as	Legal Time	Time zone UT+1	Altitude	23 m
	Albedo	0.20		
Meteo data :	Ciutadella de Menorca , synthetic hourly data			

Simulation Variant :	**Simulation variant**			
	Simulation date	28/05/11 10h01		

Simulation parameters				
Collector Plane Orientation	Tilt	4°	Azimuth	-17°
Horizon	Free Horizon			
Near Shadings	according to module			
PV Array Characteristics				
PV module a-Si:H tripple	Model	**PVL-144**		
	Manufacturer	Uni-Solar		
Number of PV modules	In series	10 modules	In parallel	56 strings
Total number of PV modules	Nb. modules	560	Unit Nom. Power	144 Wp
Array global power	Nominal (STC)	**81 kWp**	At operating cond.	71 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	287 V	I mpp	247 A
Total area	Module area	**1210 m²**	Cell area	1048 m²
PV Array loss factors				
Heat Loss Factor	ko (const)	29.0 W/m²K	kv (wind)	0.0 W/m²K / m/s
=> Nominal Oper. Coll. Temp. (800 W/m², Tamb=20°C, wind 1 m/s)			NOCT	45 °C
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	40.5 mOhm	Loss Fraction	3.0 % at STC
Serie Diode Loss	Voltage Drop	0.7 V	Loss Fraction	0.2 % at STC
Module Quality Loss			Loss Fraction	3.0 %
Module Mismatch Losses			Loss Fraction	2.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization	IAM =	1-bo (1/cos i - 1)	bo Parameter	0.05
System Parameter	System type	**Grid-Connected System**		
Inverter	Model	**IG PLUS 150**		
	Manufacturer	Fronius		
Inverter Characteristics	Operating Voltage	230-500 V	Unit Nom. Power	12 kW AC
Inverter pack	Number of Inverter	7 units	Total Power	84 kW AC
User's needs :	Unlimited load (grid)			

Figura 27. Resum dels paràmetres de simulació pels panells fotovoltaics amb azimut -17º connectats als inversors IG plus 150

PVSYST V4.1		Page 2/4

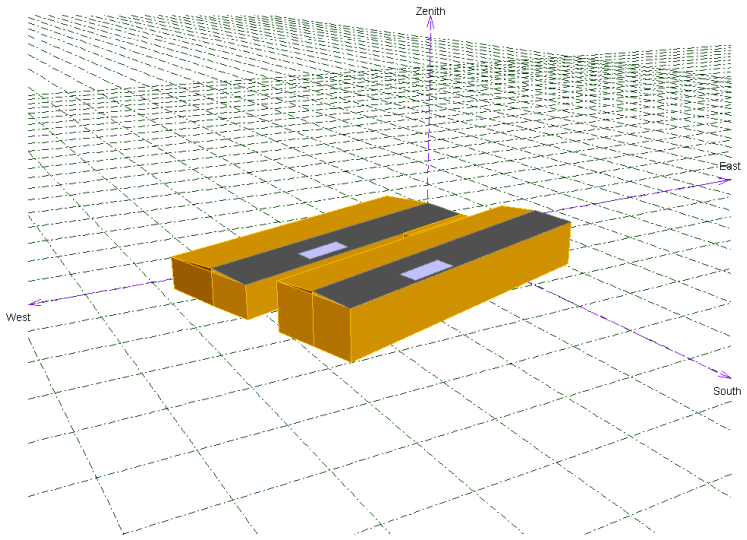
Grid-Connected System: Near shading definition

Project : **Instal·lació fotovoltaica sobre coberta**

Simulation Variant : **Simulation variant**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
Near Shadings	according to module			
PV Field Orientation	tilt	4°	azimuth	-17°
PV modules	Model	PVL-144	Pnom	144 Wp
PV Array	Nb. of modules	560	Pnom total	**81 kWp**
Inverter	Model	IG PLUS 150	Pnom	12 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7	Pnom total	**84 kW ac**
User's needs	Unlimited load (grid)			

Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



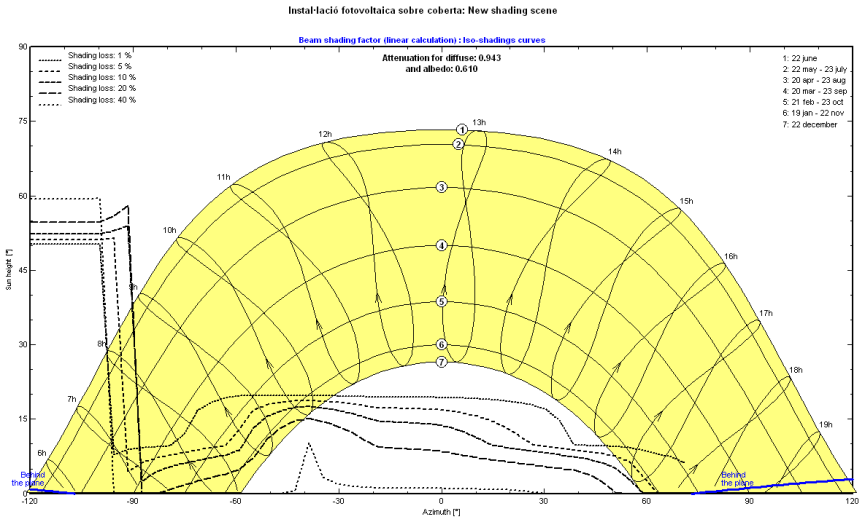


Figura 28. Resultat de la simulació on s'indica la disposició dels panells fotovoltaics i el diagrama de pèrdues per ombres

PVSYST V4.1		Page 3/4

Grid-Connected System: Main results

Project : **Instal·lació fotovoltaica sobre coberta**

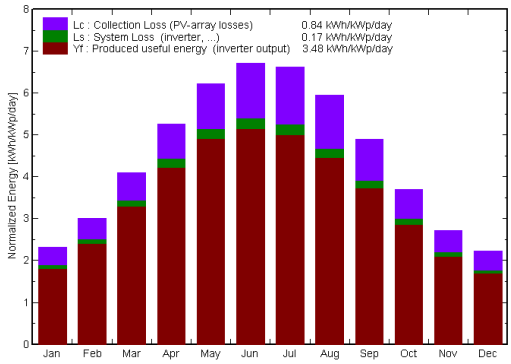
Simulation Variant : **Simulation variant**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
Near Shadings	according to module			
PV Field Orientation	tilt	4°	azimuth	-17°
PV modules	Model	PVL-144	Pnom	144 Wp
PV Array	Nb. of modules	560	Pnom total	**81 kWp**
Inverter	Model	IG PLUS 150	Pnom	12 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7	Pnom total	**84 kW ac**
User's needs	Unlimited load (grid)			

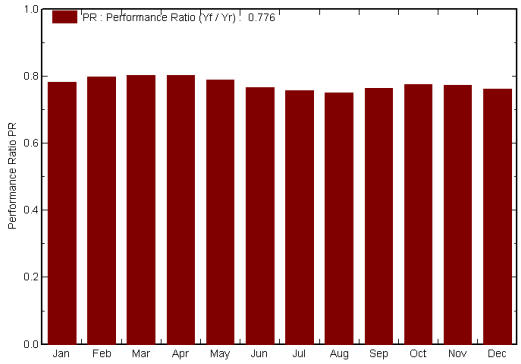
Main simulation results

System Production	**Produced Energy**	**102 MWh/year**	Specific	1270 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	77.6 %		

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 81 kWp



Performance Ratio PR



Simulation variant

Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	EOutInv kWh	EffArrR %	EffSysR %
January	66.7	11.30	71.9	65.0	4751	4539	5.46	5.21
February	79.8	11.30	84.4	77.6	5688	5432	5.57	5.32
March	122.0	12.70	127.0	118.2	8625	8227	5.61	5.35
April	154.8	14.30	157.9	147.8	10728	10232	5.61	5.35
May	191.3	18.10	192.8	181.4	12872	12275	5.52	5.26
June	200.7	21.60	201.4	190.9	13080	12464	5.37	5.11
July	204.0	24.80	205.1	193.8	13134	12521	5.29	5.04
August	181.5	25.90	184.3	174.3	11698	11152	5.24	5.00
September	142.1	23.00	146.7	137.6	9481	9045	5.34	5.09
October	108.9	19.40	114.9	106.4	7515	7176	5.40	5.16
November	75.4	14.90	81.7	74.6	5339	5101	5.40	5.16
December	62.5	12.30	68.8	61.7	4430	4232	5.32	5.08
Year	1589.9	17.51	1636.8	1529.3	107339	102396	5.42	5.17

Legends:				
	GlobHor	Horizontal global irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
	T Amb	Ambient Temperature	EOutInv	Available Energy at Inverter Output
	GlobInc	Global incident in coll. plane	EffArrR	Effic. Eout array / rough area
	GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EffSysR	Effic. Eout system / rough area

Figura 29. Resum de l'energia generada en tots els mesos de l'any pels panells fotovoltaics connectats als inversors IG plus 150 amb azimut -17º

PVSYST V4.1		Page 4/4

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : **Instal·lació fotovoltaica sobre coberta**

Simulation Variant : **Simulation variant**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
Near Shadings	according to module			
PV Field Orientation	tilt	4°	azimuth	-17°
PV modules	Model	PVL-144	Pnom	144 Wp
PV Array	Nb. of modules	560	Pnom total	**81 kWp**
Inverter	Model	IG PLUS 150	Pnom	12 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	7	Pnom total	**84 kW ac**
User's needs	Unlimited load (grid)			

Loss diagram over the whole year

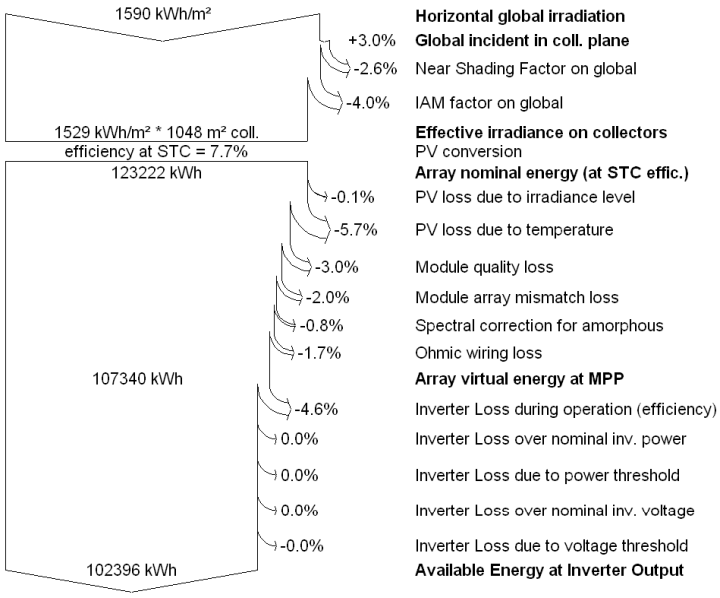


Figura 30. Diagrama de pèrdues per a la simulació dels panells fotovoltaics connectats als inversors IG plus 150 amb azimut -17º

Com hem pogut observar en aquest altre cas obtenim unes pèrdues per ombres no superiors al 2,6 % la qual cosa vol dir unes pèrdues de 41,24 kWh/m² respecte el total d'energia que és de 1590 kWh/m².

La segona simulació amb els inversors IG PLUS 150 és la del sistema amb tots els subcamps que tenen un azimut de 163º de la primera nau, aquests són el subcamp A, B, C, D, E i F.

En aquest cas hem simulat les dues naus per separat, ja que si ho fèiem conjuntament ens sortien alguns errors.

La situació d'aquests subcamps pel que fa a la simulació és la que és mostra a continuació:

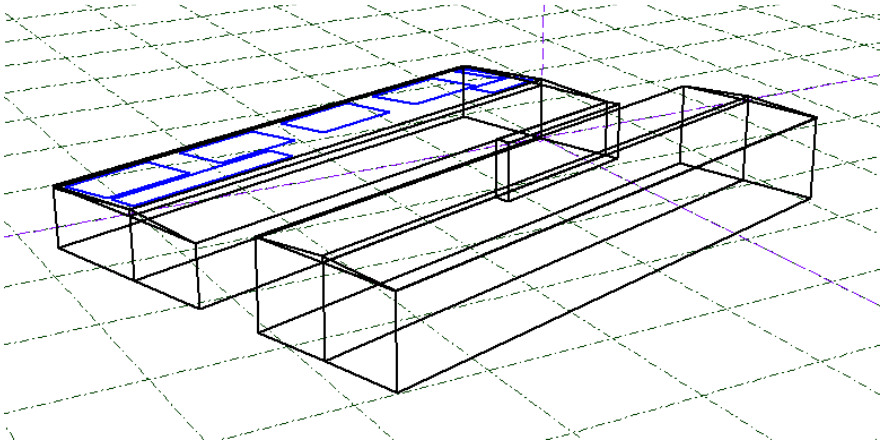


Figura 31. Disposició dels panells fotovoltaics connectats als inversors IG plus 150 de la primer nau amb azimut 163º en la simulació del PVsyst

Els resultats que hem obtingut després de simular aquest sistema són:

PVSYST V4.1		Page 1/3

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project :	**Instal·lació fotovoltaica sobre coberta**			
Geographical Site	**Ciutadella de Menorca**		**Country**	**Spain**
Situation	Latitude	40.0°N	Longitude	3.9°E
Time defined as	Legal Time	Time zone UT+1	Altitude	23 m
	Albedo	0.20		
Meteo data :	Ciutadella de Menorca , synthetic hourly data			

Simulation Variant :	**Simulation variant**			
	Simulation date	28/05/11 11h14		

Simulation parameters				
Collector Plane Orientation	Tilt	4°	Azimuth	163°
Horizon	Free Horizon			
Near Shadings	No Shadings			
PV Array Characteristics				
PV module a-Si:H tripple	Model	**PVL-144**		
	Manufacturer	Uni-Solar		
Number of PV modules	In series	10 modules	In parallel	48 strings
Total number of PV modules	Nb. modules	480	Unit Nom. Power	144 Wp
Array global power	Nominal (STC)	**69 kWp**	At operating cond.	61 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	287 V	I mpp	212 A
Total area	Module area	**1038 m²**	Cell area	898 m²
PV Array loss factors				
Heat Loss Factor	ko (const)	29.0 W/m²K	kv (wind)	0.0 W/m²K / m/s
=> Nominal Oper. Coll. Temp. (800 W/m², Tamb=20°C, wind 1 m/s)			NOCT	45 °C
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	47.3 mOhm	Loss Fraction	3.0 % at STC
Serie Diode Loss	Voltage Drop	0.7 V	Loss Fraction	0.2 % at STC
Module Quality Loss			Loss Fraction	3.0 %
Module Mismatch Losses			Loss Fraction	2.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization	IAM =	1-bo (1/cos i - 1)	bo Parameter	0.05
System Parameter	System type	**Grid-Connected System**		
Inverter	Model	**IG PLUS 150**		
	Manufacturer	Fronius		
Inverter Characteristics	Operating Voltage	230-500 V	Unit Nom. Power	12 kW AC
Inverter pack	Number of Inverter	6 units	Total Power	72 kW AC
User's needs :	Unlimited load (grid)			

Figura 32. Resum dels paràmetres de simulació pels panells fotovoltaics amb azimut 163º de la primera nau connectats als inversors IG plus 150

PVSYST V4.1		Page 2/3

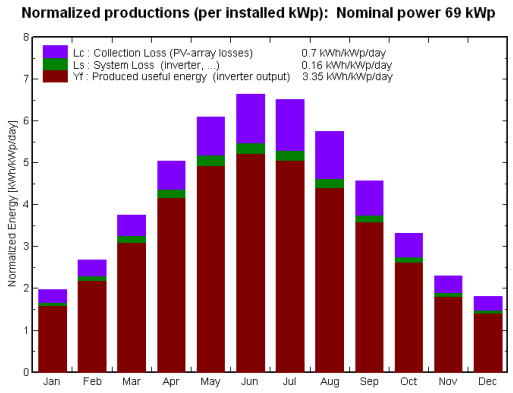
Grid-Connected System: Main results

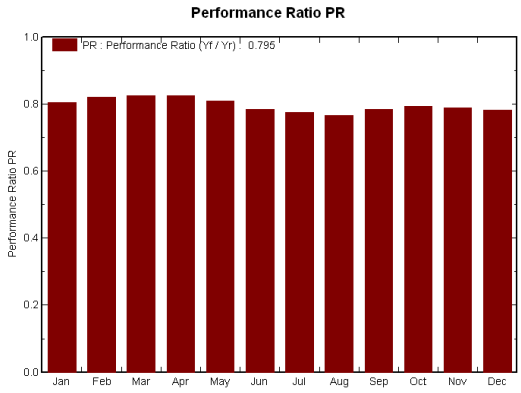
Project : **Instal·lació fotovoltaica sobre coberta**

Simulation Variant : **Simulation variant**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
PV Field Orientation	tilt	4°	azimuth	163°
PV modules	Model	PVL-144	Pnom	144 Wp
PV Array	Nb. of modules	480	Pnom total	**69 kWp**
Inverter	Model	IG PLUS 150	Pnom	12 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	6	Pnom total	**72 kW ac**
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results				
System Production	**Produced Energy**	**84.5 MWh/year**	Specific	1222 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	79.5 %		





Simulation variant

Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	EOutInv kWh	EffArrR %	EffSysR %
January	66.7	11.30	61.3	56.7	3572	3413	5.62	5.37
February	79.8	11.30	74.9	70.3	4451	4252	5.72	5.47
March	122.0	12.70	116.6	110.7	6977	6659	5.77	5.50
April	154.8	14.30	151.3	145.0	9056	8640	5.77	5.51
May	191.3	18.10	189.0	182.3	11104	10590	5.66	5.40
June	200.7	21.60	199.4	193.0	11348	10816	5.49	5.23
July	204.0	24.80	202.1	195.3	11358	10831	5.42	5.16
August	181.5	25.90	178.0	171.5	9905	9445	5.36	5.11
September	142.1	23.00	136.9	130.9	7778	7424	5.48	5.23
October	108.9	19.40	102.6	96.7	5895	5632	5.54	5.29
November	75.4	14.90	68.9	63.7	3938	3764	5.51	5.27
December	62.5	12.30	56.0	51.3	3173	3031	5.46	5.21
Year	1589.9	17.51	1537.1	1467.4	88553	84496	5.55	5.30

Legends:				
	GlobHor	Horizontal global irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
	T Amb	Ambient Temperature	EOutInv	Available Energy at Inverter Output
	GlobInc	Global incident in coll. plane	EffArrR	Effic. Eout array / rough area
	GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EffSysR	Effic. Eout system / rough area

Figura 33. Resum de l'energia generada en tots els mesos de l'any pels panells fotovoltaics connectats als inversors IG plus 150 amb azimut 163 situats a la coberta de la primera nau

PVSYST V4.1		Page 3/3

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : **Instal·lació fotovoltaica sobre coberta**

Simulation Variant : **Simulation variant**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
PV Field Orientation	tilt	4°	azimuth	163°
PV modules	Model	PVL-144	Pnom	144 Wp
PV Array	Nb. of modules	480	Pnom total	**69 kWp**
Inverter	Model	IG PLUS 150	Pnom	12 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	6	Pnom total	**72 kW ac**
User's needs	Unlimited load (grid)			

Loss diagram over the whole year

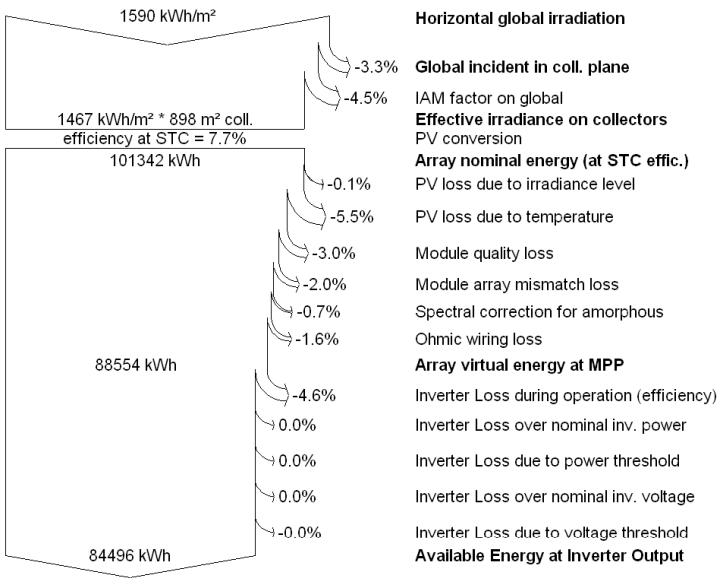


Figura 34. Diagrama de pèrdues dels panells fotovoltaics connectats als inversors IG plus 150 amb un azimut de 163º situats a la coberta de la primer nau

En aquest cas obtenim unes pèrdues per ombres del 0 %, així que no tenim pèrdua d'energia.

Finalment tenim la tercera i última simulació amb els inversors IG PLUS 150 que és la del sistema amb tots els subcamps que tenen un azimut de 163º de la segona nau, aquests són el subcamp M, N, O i P.

La situació d'aquests subcamps pel que fa a la simulació és la que és mostra a continuació:

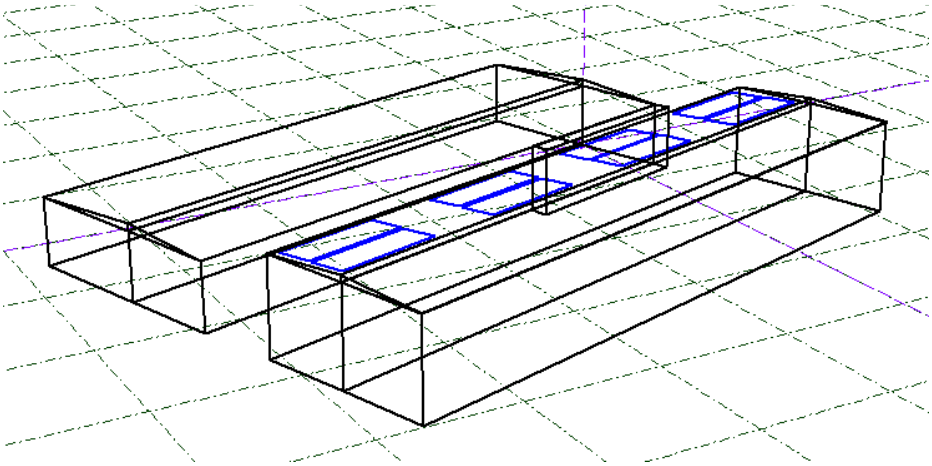


Figura 35. Disposició dels panells fotovoltaics connectats als inversors IG plus 150 de la segona nau amb un azimut 163º en la simulació del PVsyst

Els resultats que hem obtingut després de simular aquest sistema són:

PVSYST V4.1		Page 1/4

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project :	**Instal·lació fotovoltaica sobre coberta**			
Geographical Site	**Ciutadella de Menorca**		**Country**	**Spain**
Situation	Latitude	40.0°N	Longitude	3.9°E
Time defined as	Legal Time	Time zone UT+1	Altitude	23 m
	Albedo	0.20		
Meteo data :	Ciutadella de Menorca , synthetic hourly data			

Simulation Variant :	**Simulation variant**			
	Simulation date	28/05/11 10h41		

Simulation parameters				
Collector Plane Orientation	Tilt	4°	Azimuth	163°
Horizon	Free Horizon			
Near Shadings	according to module			
PV Array Characteristics				
PV module a-Si:H tripple	Model	**PVL-144**		
	Manufacturer	Uni-Solar		
Number of PV modules	In series	10 modules	In parallel	32 strings
Total number of PV modules	Nb. modules	320	Unit Nom. Power	144 Wp
Array global power	Nominal (STC)	**46 kWp**	At operating cond.	40 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	287 V	I mpp	141 A
Total area	Module area	**692 m²**	Cell area	599 m²
PV Array loss factors				
Heat Loss Factor	ko (const)	29.0 W/m²K	kv (wind)	0.0 W/m²K / m/s
=> Nominal Oper. Coll. Temp. (800 W/m², Tamb=20°C, wind 1 m/s)			NOCT	45 °C
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	69.8 mOhm	Loss Fraction	3.0 % at STC
Serie Diode Loss	Voltage Drop	0.7 V	Loss Fraction	0.2 % at STC
Module Quality Loss			Loss Fraction	3.0 %
Module Mismatch Losses			Loss Fraction	2.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization	IAM =	1-bo (1/cos i - 1)	bo Parameter	0.05
System Parameter	System type	**Grid-Connected System**		
Inverter	Model	**IG PLUS 150**		
	Manufacturer	Fronius		
Inverter Characteristics	Operating Voltage	230-500 V	Unit Nom. Power	12 kW AC
Inverter pack	Number of Inverter	4 units	Total Power	48 kW AC
User's needs :	Unlimited load (grid)			

Figura 36. Resum dels paràmetres de simulació pels panells fotovoltaics amb azimut 163º de la segona nau connectats als inversors IG plus 150

PVSYST V4.1		Page 2/4

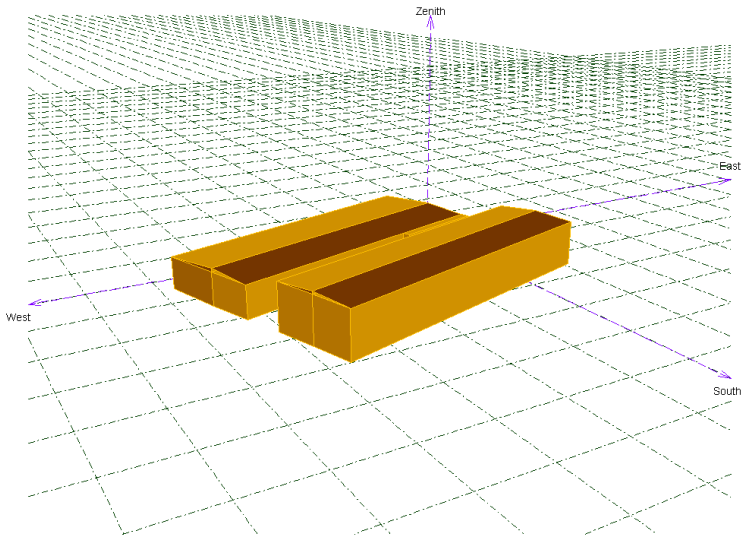
Grid-Connected System: Near shading definition

Project : **Instal·lació fotovoltaica sobre coberta**

Simulation Variant : **Simulation variant**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
Near Shadings	according to module			
PV Field Orientation	tilt	4°	azimuth	163°
PV modules	Model	PVL-144	Pnom	144 Wp
PV Array	Nb. of modules	320	Pnom total	**46 kWp**
Inverter	Model	IG PLUS 150	Pnom	12 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	4	Pnom total	**48 kW ac**
User's needs	Unlimited load (grid)			

Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



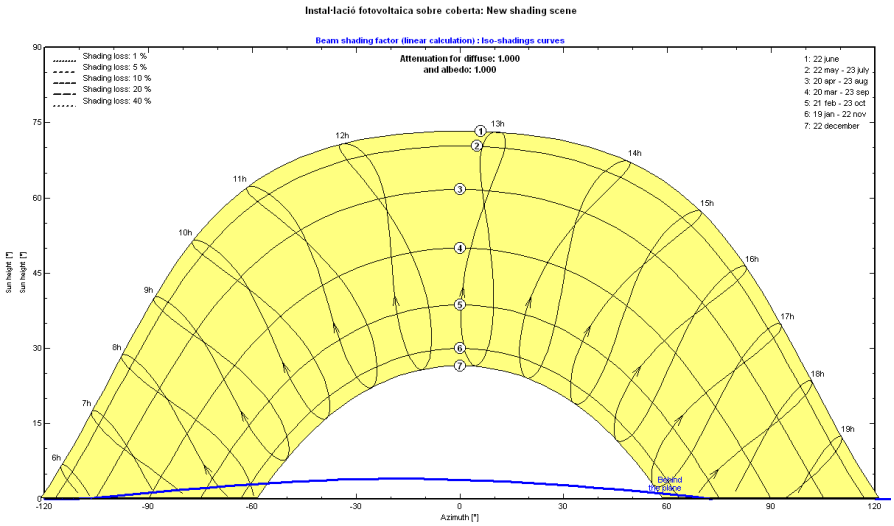


Figura 37. Disposició dels panells fotovoltaics amb un azimut de 163º sobre la coberta de la segona nau industrial i diagrama de pèrdues per ombres

PVSYST V4.1		Page 3/4

Grid-Connected System: Main results

Project : **Instal·lació fotovoltaica sobre coberta**

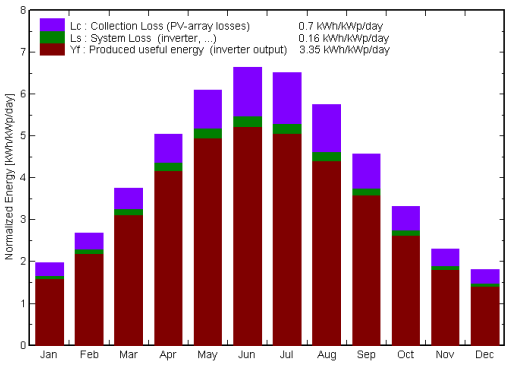
Simulation Variant : **Simulation variant**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
Near Shadings	according to module			
PV Field Orientation	tilt	4°	azimuth	163°
PV modules	Model	PVL-144	Pnom	144 Wp
PV Array	Nb. of modules	320	Pnom total	**46 kWp**
Inverter	Model	IG PLUS 150	Pnom	12 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	4	Pnom total	**48 kW ac**
User's needs	Unlimited load (grid)			

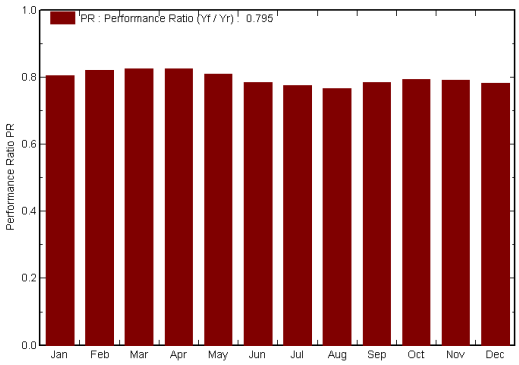
Main simulation results

System Production	**Produced Energy**	**56.3 MWh/year**	Specific	1223 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	79.5 %		

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 46 kWp



Performance Ratio PR



Simulation variant

Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	EOutInv kWh	EffArrR %	EffSysR %
January	66.7	11.30	61.3	56.7	2381	2275	5.62	5.37
February	79.8	11.30	74.9	70.3	2967	2835	5.72	5.47
March	122.0	12.70	116.6	110.7	4652	4440	5.77	5.51
April	154.8	14.30	151.3	145.0	6039	5761	5.77	5.51
May	191.3	18.10	189.0	182.3	7405	7062	5.66	5.40
June	200.7	21.60	199.4	193.0	7568	7213	5.49	5.23
July	204.0	24.80	202.1	195.3	7574	7223	5.42	5.17
August	181.5	25.90	178.0	171.5	6605	6299	5.36	5.11
September	142.1	23.00	136.9	130.9	5187	4951	5.48	5.23
October	108.9	19.40	102.6	96.7	3931	3756	5.54	5.29
November	75.4	14.90	68.9	63.7	2626	2510	5.51	5.27
December	62.5	12.30	56.0	51.3	2115	2021	5.46	5.21
Year	1589.9	17.51	1537.1	1467.4	59050	56345	5.55	5.30

Legends:			
GlobHor	Horizontal global irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
T Amb	Ambient Temperature	EOutInv	Available Energy at Inverter Output
GlobInc	Global incident in coll. plane	EffArrR	Effic. Eout array / rough area
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EffSysR	Effic. Eout system / rough area

Figura 38. Resum de l'energia generada en tots els mesos de l'any pels panells fotovoltaics amb un azimut de 163º situats sobre la coberta de la segona nau industrial

PVSYST V4.1		Page 4/4

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : **Instal·lació fotovoltaica sobre coberta**

Simulation Variant : **Simulation variant**

Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
Near Shadings	according to module			
PV Field Orientation	tilt	4°	azimuth	163°
PV modules	Model	PVL-144	Pnom	144 Wp
PV Array	Nb. of modules	320	Pnom total	**46 kWp**
Inverter	Model	IG PLUS 150	Pnom	12 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	4	Pnom total	**48 kW ac**
User's needs	Unlimited load (grid)			

Loss diagram over the whole year

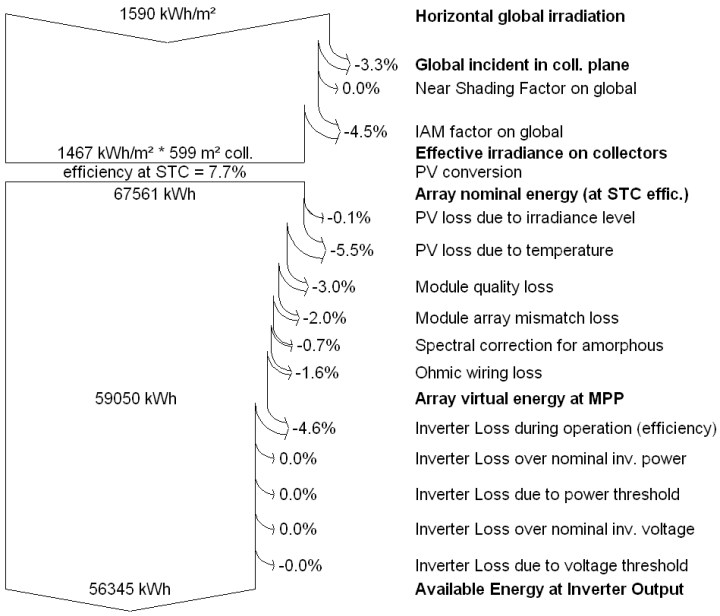


Figura 39. Diagrama de pèrdues del sistema format pels panells fotovoltaics amb azimut 163º de la segona nau i inversors IG plus 150

En aquest cas també obtenim unes pèrdues per ombres del 0 %, així que no tampoc tenim pèrdues d'energia.

A continuació passarem a calcular les pèrdues per ombres totals del sistema.

Com hem vist abans tenim diferents pèrdues per a cada simulació que hem realitzat. A la primera d'elles hem simulat el sistema amb l'inversor IG PLUS 30 i ens han sortit unes pèrdues de 96,99 kWh/m². Per altra banda a la simulació amb els inversors IG PLUS 70 hem obtingut unes pèrdues per ombra de 62,01 kWh/m². A la tercera simulació hem simulat els inverors IG PLUS 150 que tenien un azimut de -17º, amb aquesta simulació hem obtingut unes pèrdues de 41,24 kWh/m². Finalment a la quarta i quinta simulació no hem obtingut pèrdues per ombra.

Així doncs si fem la suma de totes les pèrdues per ombres obtenim una energia perduda de 200,24 kWh/m². Si comparem aquesta energia amb l'energia total que és de 1590 kWh/m² veiem que les pèrdues són del 12,59 %.

Per altra banda passarem a calcular les pèrdues per inclinació i orientació. Per fer-ho ens ajudarem de la figura següent, vàlida per a una latitud (ø) de 41º:

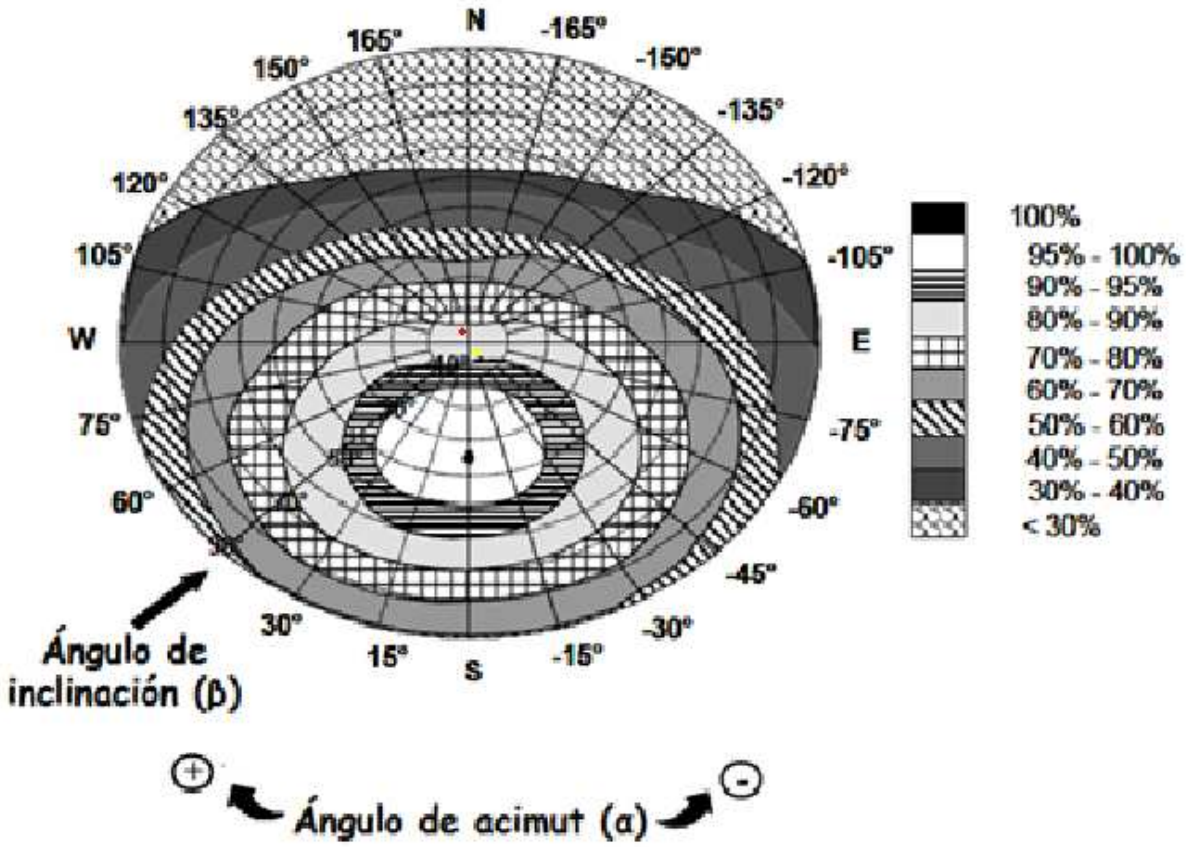


Figura 40. Representació del percentatge d'energia obtingut respecte el màxim en funció de la inclinació i azimut dels panells fotovoltaics

En el nostre cas tenim una inclinació de 4º i un azimut (α), en un cas de -17º i per l'altre de 163º. En abdós casos ens trobem a dins la mateixa zona, ja que el

punt vermell seria per a una inclinació de 4º i un azimut de 163º, mentre que el punt groc seria per a una inclinació de 4º i un azimut de -17º. Així doncs nes trobem a la quarta zona de dalt de la llegenda de la dreta, és a dir, entre el 80 % i el 90 %. D'aquesta forma podem concloure que les nostres pèrdues per inclinació i orientació seran com a molt d'entre un 10 % o un 20 %.

Com que aquest mètode no és gaire exacte, passarem a calcular-ho numèricament mitjançant la fórmula següent:

$$Pèrdues\ (\%) = 100 \cdot [1{,}2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - ø + 10)^2] \quad \rightarrow \quad per\ a\ \beta \leq 15º$$

En aquest cas tenim una inclinació (β) de 4º i una latitud (ø) de 41º. Així doncs passem a calcular les pèrdues.

$$Pèrdues\ (\%) = 100 \cdot [1{,}2 \cdot 10^{-4} \cdot (4 - 41 + 10)^2] = 8{,}748$$

D'aquesta forma determinem que les pèrdues per inclinació i orientació que com a molt havien de ser del 10% o el 20 % són del 8,75 %.

Així doncs un cop ja tenim les pèrdues per inclinació i orientació i les pèrdues d'ombres podem passar a calcular la suma d'ambdues i així trobar el percentatge de les pèrdues totals, que segons el Codi Tècnic de l'Edificació no poden ser superiors al 30%.

$$Pèrdues_{ombres} + Pèrdues_{inclinació,orientació} = 12{,}59 + 8{,}75 = 21{,}34\ \% < 30\% \rightarrow compleix\ CTE$$

CAPÍTOL 2: CÀLCULS JUSTIFICATIUS

2.1. Justificació del compliment de la legislació aplicable

2.1.1. Condicions de caràcter general

Tots els càlculs del present projecte s'han portat a terme complint tota la normativa vigent sobre instal·lacions elèctriques, instal·lacions de generació fotovoltaica connectades a la xarxa de mitja tensió i instal·lacions de mitja tensió a un Centre de Transformació.

2.1.2. Condicions específiques d'interconnexió

La connexió a la xarxa es farà de forma trifàsica amb neutre distribuït i amb una tensió nominal de 15 kV. Els inversors que s'instal·laran tenen un factor de potència al voltant de zero en el moment que actuen com a receptors d'energia.

2.1.3. Mesures d'energia

Com a sistema de mesura s'instal·larà un comptador trifàsic bidireccional de quatre quadrants, classe 1 activa, classe 2 reactiva, de tipus electrònic i lectura

indirecta. El comptador està homologat per la companyia i permet la lectura "in situ" i a distància de l'energia produïda, consumida i reactiva en els dos sentits.

2.1.4. Condicions de posta a terra

La posta a terra de la instal·lació fotovoltaica es realitzarà sobre una toma de terra independent del circuit general del centre, el qual és independent a la toma de terres del Centre de Transformació.

2.1.5. Separació de circuits

L'aïllament galvànic entre el generador fotovoltaic i la xarxa de distribució està assegurada a través dels inversors, els quals disposen d'un transformador classe II que compleix amb la normativa EN 60742.

2.1.6. Harmònics i compatibilitat electromagnètica

Els inversors que s'instal·laran tenen un nivell total d'harmònics menor al 3,5 %, fet que els fa perfectament qualificats per complir tots els requeriments exigits per qualsevol normativa.

2.2. Càlcul i disseny del generador fotovoltaic

Per al disseny del generador fotovoltaic s'ha tingut en compte l'apartat de "Condicions de funcionament i influències externes" de la norma UNE 20460-7-712:2006 pel que s'estableix que els equips del costat de corrent continu han de ser apropiats a les tensions i corrents contínues. En aquest sentit s'han establert dos criteris restrictius a l'hora de realitzar el disseny del generador fotovoltaic i determinar el número màxim de mòduls connectats en sèrie, pels quals l'agrupació en sèrie dels mòduls tindran com a límit:

a) La tensió màxima admissible del mòdul ($U_{OC\ STC}$)
b) Els valors de les tensions màxima i mínima de l'inversor i de la seva intensitat nominal

Així també la instal·lació s'ha dispost per garantir la dissipació adequada de calor en cas de radiació solar local màxima.

En la instal·lació existiran un total de 21 inversors monofàsics i trifàsics de potències compreses entre 12,6 kW i 3,17 kW, i a cada inversor li arribarà el seu respectiu generador fotovoltaic format per mòduls de la marca Uni-Solar, model PVL-144. Les dades necessàries per al disseny dels diferents generadors fotovoltaics venen donades a les taules 2.1 i 2.2.

Potència màxima (Pm)	144 W
Corrent de màxima potència (Ipm)	4,36 A
Tensió de màxima potència (Vpm)	33 V
Corrent de curtcircuit (Isc)	5,3 A
Tensió de circuit obert (Voc)	46,2 V
αPm	-0,21 %/ºC
αVmp	-0,31 %/ºC
αImp	0,10 %/ºC
αIsc	0,10 %/ºC
αVoc	-0,38 %/ºC
Tensió màxima admissible	1000 V (DC)

Taula 2.1. Dades de placa del mòdul Uni-Solar, model PVL-144

Potència fotovoltaica màxima recomanada (P_{FV})	12600 W
Rang de tensió de corrent contínua (MPPT)	230-500 V
Tensió màxima de CC admissible ($U_{CC\ màx}$)	600 V
Corrent continu màxim admissible ($I_{CC\ màx}$)	54,9 A

Taula 2.2.a Paràmetres d'entrada de l'inversor FRONIUS/IG PLUS 150 (costat de corrent continu)

Potència fotovoltaica màxima recomanada (P_{FV})	6800 W
Rang de tensió de corrent contínua (MPPT)	230-500 V
Tensió màxima de CC admissible ($U_{CC\ màx}$)	600 V
Corrent continu màxim admissible ($I_{CC\ màx}$)	18,3 A

Taula 2.2.b Paràmetres d'entrada de l'inversor FRONIUS/IG PLUS 70 (costat de corrent continu)

Potència fotovoltaica màxima recomanada (P_{FV})	3170 W
Rang de tensió de corrent contínua (MPPT)	230-500 V
Tensió màxima de CC admissible ($U_{CC\ màx}$)	600 V
Corrent continu màxim admissible ($I_{CC\ màx}$)	13,8 A

Taula 2.2.c Paràmetres d'entrada de l'inversor FRONIUS/IG PLUS 30 (costat de corrent continu)

Els càlculs dels inversors que es mostraran a continuació són vàlids per a les dues naus industrials de les quals disposa aquest projecte.

2.2.1. Càlcul de tensions admissibles a l'inversor FRONIUS/IG PLUS 150

Per a la determinació del rang màxim de tensions del generador fotovoltaic que alimentarà a l'inversor FRONIUS/IG PLUS 150 primer s'ha calculat el número màxim de mòduls connectats en sèrie mitjançant les fórmules que mostrem a continuació:

$$\Delta V = \alpha V_{OC} \cdot V_{OC,STC} = -0{,}0038 \cdot 46{,}2 = 0{,}17556$$

$$\Delta T = T^{\underline{a}} - 25ºC = -10 - 25 = -35ºC$$

$$V_{OC(mòdul,-10ºC)} = V_{OC,STC} + \Delta T \cdot \Delta V = 46{,}2 + (-35) \cdot (-0{,}176) = 52{,}345\ V$$

$$N_{màx,mòduls-sèrie} = \frac{V_{màx(inv)}}{V_{OC(mòdul,-10ºC)}} = \frac{600}{52{,}345} = 11{,}46$$

Pel que s'ha determinat que el número màxim de mòduls en sèrie en el generador fotovoltaic serà de 10.

COMPROVACIÓ MITJANÇANT TENSIÓ MÀXIMA DEL MÒDUL

$$V_{String} = N_{sèrie} \cdot V_{OC(mòdul,-10ºC)} = 10 \cdot 52{,}345 = 523{,}5\ V < 1000\ V\ \rightarrow V\grave{a}lid$$

COMPROVACIONS DELS VALORS MÀXIMS I MÍNIMS DE TENSIÓ DE L'INVERSOR

Mitjançant les equacions descrites anteriorment s'han calculat el rang de tensions d'operació del generador fotovoltaic (veure taula 2.3)

Temperatura en ºC	Voc, mòdul (V)	Vpm, mòdul (V)	Voc, gen (V)	Vpm, gen(V)
70	38,3	28,4	383	283,97
50	41,81	30,44	418,11	304,43
25	46,2	33	462	330
15	47,96	34,02	479,56	340,23
-10	52,35	36,58	523,45	365,81

Taula 2.3. Tensions de treball del generador fotovoltaic resultant de la connexió en sèrie de 10 mòduls PVL-144

$$V_{Inv,CC-Màx} > V_{OC,String\ (-10,15,25,50,70\ ºC)} \rightarrow Rang\ màxim\ de\ tensions\ vàlid$$

$$V_{Inv,CC-Mín} > V_{OC,String\ (-10,15,25,50,70\ ºC)} \rightarrow Rang\ mínim\ de\ tensions\ vàlid$$

$$V_{Inv,CC-Màx} > V_{PM,String\ (-10,15,25,50,70\ ºC)} \rightarrow Rang\ màxim\ de\ tensions\ vàlid$$

$$V_{Inv,CC-Mín} > V_{PM,String\ (-10,15,25,50,70\ ºC)} \rightarrow Rang\ mínim\ de\ tensions\ vàlid$$

2.2.2. Càlcul del número de cadenes o strings del generador fotovoltaic connectat a l'inversor FRONIUS/IG PLUS 150

Per el càlcul del número màxim de strings connectats en paral·lel s'ha utilitzat la següent equació:

$$N_{Paral\cdot lel,màx} \leq \frac{I_{Inv,màx}}{I_{SC,String}} = \frac{54{,}9}{5{,}3} = 10{,}36$$

$$N_{Paral\cdot lel} = \frac{P_{Inv,màx}}{N_{Sèrie} \cdot P_{MP}} = \frac{12600}{10 \cdot 144} = 8{,}35$$

Pel que el número màxim de strings en paral·lel en el generador fotovoltaic serà de 8.

COMPROVACIÓ MITJANÇANT LA INTENSITAT MÀXIMA DE L'INVERSOR

$$I_{SC,Gen.PV} = N_{paral\cdot lel} \cdot I_{SC,String} = 8 \cdot 5{,}3 = 42{,}4 < I_{Inv,màx} = 54{,}9 \rightarrow Vàlid$$

Com es pot comprovar es compleix el límit de corrent establert per l'inversor, pel que la configuració escollida serà:

a) Cadenes o strings formats per 10 mòduls connectats en sèrie
b) 8 cadenes o strings connectats entre sí en paral·lel

2.2.3. Càlcul de tensions admissibles a l'inversor FRONIUS/IG PLUS 70

Per a la determinació del rang màxim de tensions del generador fotovoltaic que alimentarà a l'inversor FRONIUS/IG PLUS 70 primer s'ha calculat el número màxim de mòduls connectats en sèrie mitjançant les següents fórmules:

$$\Delta V = \alpha V_{OC} \cdot V_{OC,STC} = -0{,}0038 \cdot 46{,}2 = 0{,}17556$$

$$\Delta T = T^{ª} - 25ºC = -10 - 25 = -35ºC$$

$$V_{OC(mòdul,-10ºC)} = V_{OC,STC} + \Delta T \cdot \Delta V = 46{,}2 + (-35) \cdot (-0{,}176) = 52{,}345\ V$$

$$N_{màx,mòduls-sèrie} = \frac{V_{màx(inv)}}{V_{OC(mòdul,-10ºC)}} = \frac{600}{52{,}345} = 11{,}46$$

Pel que s'ha determinat que el número màxim de mòduls en sèrie en el generador fotovoltaic serà 11.

COMPROVACIÓ MITJANÇANT TENSIÓ MÀXIMA DEL MÒDUL

$V_{String} = N_{sèrie} \cdot V_{OC(mòdul,-10ºC)} = 11 \cdot 52{,}345 = 575{,}8\ V < 1000\ V\ \rightarrow\ Vàlid$

COMPROVACIONS DELS VALORS MÀXIMS I MÍNIMS DE TENSIÓ DE L'INVERSOR

Mitjançant les equacions descrites anteriorment s'han calculat el rang de tensions d'operació del generador fotovoltaic (veure taula 2.4)

Temperatura en ºC	Voc, mòdul (V)	Vpm, mòdul (V)	Voc, gen (V)	Vpm, gen(V)
70	38,3	28,4	421,3	312,36
50	41,81	30,44	459,92	334,87
25	46,2	33	508,2	363
15	47,96	34,02	527,52	374,25
-10	52,35	36,58	575,79	402,39

Taula 2.4. Tensions de treball del generador fotovoltaic resultant de la connexió en sèrie de 11 mòduls PVL-144

$V_{Inv,CC-Màx} > V_{OC,String\ (-10,15,25,50,70\ ºC)} \rightarrow Rang\ màxim\ de\ tensions\ vàlid$

$V_{Inv,CC-Mín} > V_{OC,String\ (-10,15,25,50,70\ ºC)} \rightarrow Rang\ mínim\ de\ tensions\ vàlid$

$V_{Inv,CC-Màx} > V_{PM,String\ (-10,15,25,50,70\ ºC)} \rightarrow Rang\ màxim\ de\ tensions\ vàlid$

$V_{Inv,CC-Mín} > V_{PM,String\ (-10,15,25,50,70\ ºC)} \rightarrow Rang\ mínim\ de\ tensions\ vàlid$

2.2.4. Càlcul del número de cadenes o strings del generador fotovoltaic connectat a l'inversor FRONIUS/IG PLUS 70

Per el càlcul del número màxim de strings connectats en paral·lel s'ha utilitzat la següent equació:

$$N_{Paral\cdot lel,màx} \leq \frac{I_{Inv,màx}}{I_{SC,String}} = \frac{29{,}7}{5{,}3} = 5{,}6$$

$$N_{Paral\cdot lel} = \frac{P_{Inv,màx}}{N_{Sèrie} \cdot P_{MP}} = \frac{6800}{11 \cdot 144} = 4{,}29$$

Pel que fa el número màxim de strings en paral·lel en el generador fotovoltaic serà de 4, en el cas de la nostra instal·lació serà de 3.

COMPROVACIÓ MITJANÇANT LA INTENSITAT MÀXIMA DE L'INVERSOR

$I_{SC,Gen.PV} = N_{paral\cdot lel} \cdot I_{SC,String} = 4 \cdot 5{,}3 = 21{,}2 < I_{Inv,màx} = 29{,}7 \rightarrow Vàlid$

Com es pot comprovar es compleix el límit de corrent establert per l'inversor, pel que la configuració escollida serà:

a) Cadenes o strings formats per 11 mòduls connectats en sèrie
b) 3 cadenes o strings connectats entre sí en paral·lel

2.2.5. Càlcul de tensions admissibles a l'inversor FRONIUS/IG PLUS 30

Per a la determinació del rang màxim de tensions del generador fotovoltaic que alimentarà a l'inversor FRONIUS/IG PLUS 120 primer s'ha calculat el número màxim de mòduls connectats en sèrie mitjançant les següents fórmules:

$$\Delta V = \alpha V_{OC} \cdot V_{OC,STC} = -0{,}0038 \cdot 46{,}2 = 0{,}17556$$

$$\Delta T = T^{\underline{a}} - 25^{\underline{o}}C = -10 - 25 = -35^{\underline{o}}C$$

$$V_{OC(mòdul,-10^{\underline{o}}C)} = V_{OC,STC} + \Delta T \cdot \Delta V = 46{,}2 + (-35) \cdot (-0{,}176) = 52{,}345\ V$$

$$N_{màx,mòduls-sèrie} = \frac{V_{màx(inv)}}{V_{OC(mòdul,-10^{\underline{o}}C)}} = \frac{600}{52{,}345} = 11{,}46$$

Pel que s'ha determinat que el número màxim de mòduls en sèrie en el generador fotovoltaic serà 11.

COMPROVACIÓ MITJANÇANT TENSIÓ MÀXIMA DEL MÒDUL

$$V_{String} = N_{sèrie} \cdot V_{OC(mòdul,-10^{\underline{o}}C)} = 11 \cdot 52{,}345 = 575{,}8\ V < 1000\ V\ \rightarrow\ Vàlid$$

COMPROVACIONS DELS VALORS MÀXIMS I MÍNIMS DE TENSIÓ DE L'INVERSOR

Mitjançant les equacions descrites anteriorment s'han calculat el rang de tensions d'operació del generador fotovoltaic (veure taula 2.5)

Temperatura en ºC	Voc, mòdul (V)	Vpm, mòdul (V)	Voc, gen (V)	Vpm, gen(V)
70	38,3	28,4	421,3	312,36
50	41,81	30,44	459,92	334,87
25	46,2	33	508,2	363
15	47,96	34,02	527,52	374,25
-10	52,35	36,58	575,79	402,39

Taula 2.5. Tensions de treball del generador fotovoltaic resultant de la connexió en sèrie de 11 mòduls PVL-144

$V_{Inv,CC-Màx} > V_{OC,String\ (-10,15,25,50,70\ ºC)} \rightarrow Rang\ màxim\ de\ tensions\ vàlid$

$V_{Inv,CC-Mín} > V_{OC,String\ (-10,15,25,50,70\ ºC)} \rightarrow Rang\ mínim\ de\ tensions\ vàlid$

$V_{Inv,CC-Màx} > V_{PM,String\ (-10,15,25,50,70\ ºC)} \rightarrow Rang\ màxim\ de\ tensions\ vàlid$

$V_{Inv,CC-Mín} > V_{PM,String\ (-10,15,25,50,70\ ºC)} \rightarrow Rang\ mínim\ de\ tensions\ vàlid$

2.2.6. Càlcul del número de cadenes o strings del generador fotovoltaic connectat a l'inversor FRONIUS/IG PLUS 30

Per el càlcul del número màxim de strings connectats en paral·lel s'ha utilitzat la següent equació:

$$N_{Paral\cdot lel,màx} \leq \frac{I_{Inv,màx}}{I_{SC,String}} = \frac{13,8}{5,3} = 2,6$$

$$N_{Paral\cdot lel} = \frac{P_{Inv,màx}}{N_{Sèrie} \cdot P_{MP}} = \frac{3170}{11 \cdot 144} = 2,001$$

Pel que el número màxim de strings en paral·lel en el generador fotovoltaic serà de 2.

COMPROVACIÓ MITJANÇANT LA INTENSITAT MÀXIMA DE L'INVERSOR

$I_{SC,Gen.PV} = N_{paral\cdot lel} \cdot I_{SC,String} = 2 \cdot 5,3 = 10,6 < I_{Inv,màx} = 13,8 \rightarrow Vàlid$

Com es pot comprovar es compleixen tots els límits de corrent establert per l'inversor, pel que la configuració escollida serà:

a) Cadenes o strings formats per 11 mòduls connectats en sèrie
b) 2 cadenes o strings connectats entre sí en paral·lel

La justificació de la configuració escollida es basa en:

PRIMER: no tots els mòduls que es connectaran a la instal·lació presentaran la màxima potència admissible segons tolerències.

SEGON: la potència de la configuració escollida respon a l'equació

$$0,7 \cdot P_{N,Generador\ PV} < P_{Inv} < 1,2 \cdot P_{N,Generador\ PV}$$

Inversor FRONIUS/IG PLUS 150

$$0,7 \cdot 11520 = 8064 < 12600 < 13824 = 1,2 \cdot 11520$$

Inversor FRONIUS/IG PLUS 150

$$0,7 \cdot 6336 = 4435,2 < 6800 < 7603,2 = 1,2 \cdot 6336$$

Inversor FRONIUS/IG PLUS 150

$$0{,}7 \cdot 3168 = 2217{,}6 < 3170 < 3801{,}6 = 1{,}2 \cdot 3168$$

2.3. Càlcul del corrent de curtcircuit

En el càlcul de curtcircuit es tindran en compte diversos punts de càlculs. Els punts en els quals es calcularà el corrent de curtcircuit seran al secundari del transformador i en els quadres d'alterna de la instal·lació.

Càlcul del primer punt de curtcircuit:

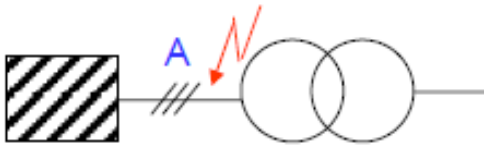


Figura 2.1. Punt A en el primari del transformador on es considera el curtcircuit

En el punt A degut a què no es tenen dades de la xarxa de distribució es considerarà una potència infinita amb una impedància de 0 ohms.

A continuació es calcularà el corrent de curtcircuit pel punt B de la instal·lació:

Figura 2.2. Punt B en el secundari del transformador on es considera el curtcircuit

En primer lloc es determinarà la impedància del transformador referida al secundari mitjançant la següent fórmula:

$$Z_{tr} = \frac{\mathrm{U}_{20}^2}{\mathrm{S}} \cdot \frac{\mathrm{u_{cc}}}{100} = \frac{420^2}{300 \cdot 10^3} \cdot \frac{4}{100} = 26{,}46\ \mathrm{m\Omega}$$

On la U_{20} és la tensió en circuit obert i la u_{cc} és la tensió en curtcircuit, les dues dades són paràmetres del transformador.

Fent la següent consideració:

$$\frac{R_{tr}}{X_{tr}} = 0{,}2$$

Per tant:

$$X_{tr} = 0{,}98 \cdot Z_{tr} = 25{,}93\ m\Omega$$

$$R_{tr} = 0{,}2 \cdot X_{tr} = 5{,}19\ m\Omega$$

Així doncs la impedància en el punt B serà l'arrel quadrada de la suma quadràtica de la resistència del transformador més la seva reactància:

$$R_{pB} = R_{tr} = 4{,}61\ m\Omega$$

$$X_{pB} = X_{tr} = 23{,}05\ m\Omega$$

$$Z_{pB} = \sqrt{R_{pB}^2 + X_{pB}^2} = 23{,}51\ m\Omega$$

Per tant el corrent de curtcircuit en el punt B serà:

$$I_{cc3\,pB} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3} \cdot Z_{pB}} = 10{,}32\ kA$$

En penúltim lloc es considerarà el punt situat en la caixa d'alterna de la segona nau:

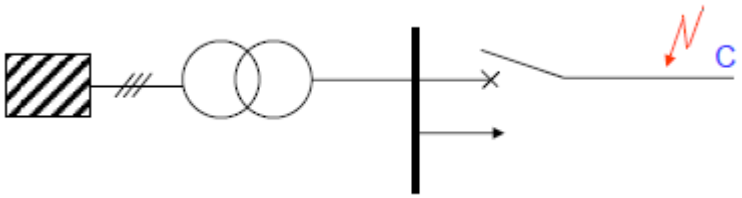


Figura 2.3. Punt C situat a la caixa d'alterna PB-VS-02 de la segona nau on es considera el curtcircuit

Així doncs es calcularà la impedància del conjunt d'embarrat, la del centre de transformació i la de la línia d'unió entre la DGMP i la PB-VS-02

L'embarrat considerat tindrà una longitud de 10 m i una secció de 400 mm^2. Així doncs la seva impedància es pot posar com:

$$Z_{barra} \approx X_{barra} = 0{,}15 \frac{m\Omega}{m} \cdot 10\ m = 1{,}5\ m\Omega$$

Per altra costat la línia de 61,5 metres i una secció de 120 mm^2 tindrà una impedància de:

$$Z_{línia} = R_{línia} = \rho \cdot \frac{l}{S} = 0{,}036 \cdot \frac{61{,}5}{120} = 18{,}45\ m\Omega$$

Per tant la impedància total en el punt C serà:

$$R_{pC} = R_{pB} + R_{línia} = 23{,}06\ m\Omega$$
$$X_{pC} = X_{pB} + X_{barra} = 24{,}55\ m\Omega$$
$$Z_{pC} = \sqrt{R_{pC}^2 + X_{pC}^2} = 33{,}68\ m\Omega$$

Finalment el corrent de curtcircuit en el punt C serà:

$$I_{cc3\,pC} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3} * Z_{pC}} = 7{,}2\ kA$$

Per acabar es calcularà la impedància del conjunt d'embarrat, la del centre de transformació i la de la línia d'unió entre la DGMP i la PB-VS-01 per poder calcular el corrent de curtcircuit a la caixa PB-VS-01 i per tant en el punt D.

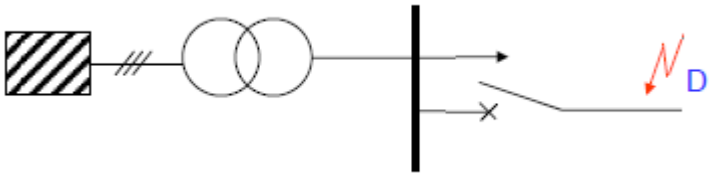


Figura 2.4. Punt D situat a la caixa d'alterna PB-VS-01 de la segona nau on es considera el curtcircuit

Només ens caldrà calcular la impedància de la línia d'unió entre la DGMP i la caixa PB-VS-01 perquè la resta d'impedàncies ja són conegudes.

La línia objecte de càlcul té una longitud de 128 m i secció de 120 mm^2.

$$Z_{línia} = R_{línia} = \rho \cdot \frac{l}{S} = 0{,}036 \cdot \frac{128}{120} = 38{,}4\ m\Omega$$

Per tant la impedància total en el punt D serà:

$$R_{pD} = R_{pB} + R_{línia} = 61{,}46\ m\Omega$$
$$X_{pD} = X_{pB} + X_{barra} = 24{,}55\ m\Omega$$
$$Z_{pC} = \sqrt{R_{pC}^2 + X_{pC}^2} = 66{,}18\ m\Omega$$

Finalment el corrent de curtcircuit en el punt D serà:

$$I_{cc3\,pD} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3} * Z_{pA}} = 3{,}7\ kA$$

Així doncs es pot considerar que tots els punts situats a partir de les caixes d'alterna de cada una des les naus tindran un corrent de curtcircuit menor a 3,7 kA per a la primera nau i, menor a 7,2 kA per a la segona nau.

2.4. Criteris per al càlcul de les seccions dels cables conductors

Per al càlcul dels conductors de la instal·lació fotovoltaica s'ha tingut en compte l'article 5 (Cables de connexió), de la ITC-BT-40, instal·lacions generadores de baixa tensió, que estableix que els cables han d'estar dimensionats per una intensitat no superior al 125% de la màxima intensitat del generador i que la caiguda de tensió entre el generador i el punt d'interconnexió de la xarxa no serà superior a l'1,5%, per la intensitat nominal.

En el referent al costat de corrent contínua s'ha aplicat el criteri establert per la norma UNE 20460-7-12:2006. Instal·lacions elèctriques en edificis. Regles per les instal·lacions i emplaçaments especials. Sistemes d'alimentació solar fotovoltaica. En concret s'ha aplicat l'apartat 712.433, com a mesura de protecció contra sobrecàrregues del costat de corrent contínua. Aquest consisteix en dimensionar els cables per que per ells pugui passar un corrent admissible igual a 1,25 vegades la $I_{SC\text{-}STC}$. A més, com element restrictiu de disseny, s'ha agafat les recomanacions del Plec de Condicions Tècniques de les Instal·lacions fotovoltaiques connectades a la xarxa, establint la màxima caiguda de tensió admissible en el costat de corrent contínua en un 1,5%.

Una vegada realitzats els càlculs i determinades les seccions per cada tipus de cable conductor de la instal·lació en funció del seu tipus d'instal·lació (en canaleta o enterrat), s'ha comprovat que aquests compleixin els valors reals d'intensitat màxima admissible pels cables conductors en servei permanent segons s'estableixi en el REBT i la norma UNE 20460-5-523.

Finalment, en cada cas, s'ha comprovat que la corba de fusió del cable conductor sigui més alta que la de les proteccions tèrmiques per poder suportat la intensitat màxima admissible en curtcircuit durant un temps determinat.

2.4.1. Càlcul de la secció dels conductors de corrent contínua

En el costat de corrent contínua es distingeixen dos circuits ben diferenciats, per una banda els trams que uneixen els strings amb les caixes de connexió de corrent contínua i per altra banda els trams que van des de les caixes de connexió a l'inversor.

Inversor FRONIUS/IG PLUS 150. Tram dels strings a les caixes de connexió.

A l'hora de dimensionar i calcular la secció dels cables conductors que uneixen els strings amb les caixes de connexió s'han elegit de tots els trams que uneixen els strings amb les caixes de connexió dels inversors FRONIUS/IG PLUS 150, el tram més desfavorable. A més en el seu dimensionat s'han tingut presents les següents consideracions:

a) Que la intensitat que circula pels conductors és 1,25 $I_{SC\text{-}STC}$.
b) Que les condicions estàndard per la intensitat de curtcircuit estan referenciades a una radiació de 1000W/m², una temperatura de 25 ºC i un factor AM 1,5.
c) Que els cables conductors aniran agrupats en caneletes estanques que presentaran un grau de protecció corresponent a les projeccions d'aigua, IPX4.
d) Que el cable conductor unipolar serà de tensió assignada no inferior a 0,6/1 kV amb un recobriment que garanteixi una bona resistència a les accions de la intempèrie.
e) En compliment a la ITC-BT-30 es considerarà que la temperatura ambient a la que treballaran els conductors serà de 60 ºC.

Pel que a la vista de les següents consideracions s'ha optat per:

PRIMER: la utilització del cable tipus S1ZZ-F, de la marca comercial Tecsun (PV), indicats per les instal·lacions fotovoltaiques, amb un rang de tensions en corrent continu de fins a 2 kV i un límit de temperatura de 120 ºC.

SEGON: l'aplicació a les condicions de servei normals del conductor als següents coeficients de disseny:

- Factor de correcció de la temperatura ambient de l'aire.

S'ha optat per dimensionar la instal·lació per la situació ambiental més desfavorable, establint en 60 ºC la temperatura ambient de l'aire. Pel que s'aplicarà a les condicions normals de servei del conductor un factor de correcció de 0,71 (UNE 20460-5-523).

$$f_{T^{\underline{a}}\,(60\,ºC)} = 0{,}71$$

- Factor per exposició solar (ITC-BT-06):

$$f_{C-ES} = 0{,}9$$

- Factor de correcció per agrupació de cables:

Com a situació tècnica s'ha optat per agrupar als 48 conductors que arriben a cada caixa (CB-VS-1, CB-VS-2, CB-VS-3, CB-VS-5 i CB-VS-6) en sis canaletes de 8 conductors cada una, discorrent per elles 4 conductors de polaritat positiva i 4 de polaritat negativa. Per això s'aplicarà el criteri definit per la norma UNE 20460-5-523:2004, apartat 523.4.3.1. Sent el factor de correcció:

$$f_{A\,(4\,circuits)} = 0{,}75$$

Donant com a resultat els següents:

CÀLCUL JUSTIFICATIUS

$$I_{string} = Isc_{stc} \cdot 1{,}25 = 5{,}3 * 1{,}25 = 6{,}625\ A$$

A partir de la taula de seccions màximes de la norma UNE 20460-5-523:2004 per una conducció en safata no perforada, conductor unipolar i aïllament XLPE

(es considera una temperatura de servei de 90ºC encara que el cable podria arribar a suportar 120ºC) s'obté una secció de:

$$S = 6\,mm^2 \rightarrow I_{màx.} = 58\,A$$

Si s'apliquen els factors correctors corresponents obtenim una intensitat de la canalització de:

$$I_z = f_c * I_{màx.} = (0{,}75 * 0{,}9 * 0{,}71) * 58 = 27{,}8\,A$$

Així doncs s'hauria de complir la següent condició:

$$I_z > I_{string} \rightarrow ok$$

Determinada la secció per corrent es comprovarà la seva validesa per caiguda de tensió i per corrent de curtcircuit:

COMPROVACIÓ MITJANÇANT CAIGUDA DE TENSIÓ

A partir del tram més desfavorable, 78 m, i la seva temperatura de servei la caiguda de tensió en tant per cent és de:

$$cdt(\%) = \frac{2 \cdot I_{mp} \cdot L \cdot \rho_{(90\,ºC)}}{V_{string,mp} \cdot S} \cdot 100 = 0{,}76\,\%$$

COMPROVACIÓ PER CORRENT DE CURTCIRCUIT

En un circuit d'alterna s'hauria de comprovar la corba de fusió o dispar de la protecció magneto tèrmica que protegeix el cable conductor és més ràpida que la corba de fusió del propi conductor.

En el costat de continua tal com s'estableix en la norma UNE 20460-7-712:2006, en l'apartat "protecció contra les sobrecàrregues del costat de corrent continu" degut a què s'ha dimensionat el cable conductor per un valor un 25% més gran que el corrent màxim del string, s'està garantint que la intensitat de curtcircuit estigui molt per davall de la intensitat admissible pel cable conductor fet pel qual queda demostrat la garantia de la instal·lació contra curtcircuits.

No obstant, i encara que la norma permet la omissió dels fusibles de CC dels strings, en la instal·lació objecte de disseny s'ha optat pel manteniment d'aquests fusibles per la garantia davant possibles sobrecàrregues per part dels altres strings.

Destacar que al tractar-se d'instal·lacions a la intempèrie s'ha considerat aquesta instal·lació com una instal·lació en un local banyat (ITC-BT-30). En aquest sentit, degut a què s'ha utilitzat un cable conductor de doble aïllament, especialment

dissenyat per la seva utilització a la intempèrie i amb una protecció equivalent a conductor en tub, fet pel qual s'hagués pogut optar per no utilitzar canaletes. Tot i així, tal com queda reflectit en la memòria tècnica i en les càlculs justificatius, s'ha optat per la utilització de canaletes estanques per una major seguretat i durabilitat dels cables conductors del costat de corrent continu. A més aquests tipus de conducció de cables els quals només són accessibles mitjançant un útil s'utilitzen com element de protecció per a les persones contra els contactes directes.

PROTECCIÓ DE LES LÍNIES

Com s'ha dit anteriorment les línies aniran protegides amb fusibles de corrent nominal 10 A encara que teòricament el cable suportaria el corrent de curtcircuit que podria passar pel ell.

A l'annex 1 es pot veure per cada string connectat a l'inversor Fronius IG PLUS 150 les seves respectives caigudes de tensió.

Inversor Froinus IG PLUS 150. Tram de les caixes de connexió als inversors

A l'hora de dimensionar i calcular la secció dels cables conductors que uneixen les caixes de connexió amb els inversors IG PLUS 150 s'ha tingut en compte les següents consideracions:

a) Que la intensitat que circuli pels conductors que surten de la caixa de connexió cap a l'inversor és $1{,}25 \cdot N_{srting,caixa} \cdot Isc_{stc}$ $(N_{srting,caixa} = 8)$.
b) Que els cables conductors aniran agrupats en canaletes estanques que presentaran un grau de protecció corresponents a projeccions d'aigua IPX4.
c) Que el cable conductor unipolar serà de tensió assignada no inferior a 0,6/1 kV amb un recobriment que garanteixi una bona resistència a les accions del intempèrie.
d) En compliment a la ITC-BT-30 es considerarà que la temperatura ambient a la qual treballaran els conductors sigui de 60 ºC.

En vistes a les consideracions anteriors s'ha optat per:

PRIMER: la utilització de cable tipus S1ZZ-F, de la marca comercial Tecsun, indicats per a les instal·lacions fotovoltaiques, amb un rang de tensions en corrent continu fins a 2 kV i un límit de temperatura de 120 ºC.

SEGON: l'aplicació a les condicions de serveis normals del cable els següents coeficients de correcció:

- Factor de correcció de la temperatura ambient de l'aire.

S'ha optat per dimensionar la instal·lació per la situació ambiental més desfavorable, establint en 60 ºC la temperatura ambient de l'aire. Pel que s'aplicarà a les condicions normals de servei del conductor un factor de correcció de 0,71 (UNE 20460-5-523).

$$f_{T^{\text{a}}\,(60\,^{\text{o}}C)} = 0{,}71$$

- Factor per exposició solar (ITC-BT-06):

$$f_{C-ES} = 0{,}9$$

- Factor de correcció per agrupació de cables:

Com a situació tècnica s'ha optat per agrupar als 6 conductors que surten de cada caixa de connexió (CB-VS-1, CB-VS-2, CB-VS-3, CB-VS-5 i CB-VS-6) en una canaleta de 6 conductors, discorrent per elles 3 conductors de polaritat positiva i 3 de polaritat negativa. Per això s'aplicarà el criteri definit per la norma UNE 20460-5-523:2004, apartat 523.4.3.1. Sent el factor de correcció:

$$f_{A\ (3\ circuits)} = 0{,}81$$

Donant com a resultat els següents:

CÀLCULS JUSTIFICATIUS

$$I_{cc,inversor} = 1{,}25 \cdot N_{string,caixa} \cdot Isc_{stc} = 1{,}25 \cdot 8 \cdot 5{,}3 = 53\ A$$

A partir de la taula de seccions màximes de la norma UNE 20460-5-523:2004 per una conducció en safata no perforada, conductor unipolar i aïllament XLPE (es considera una temperatura de servei de 90ºC encara que el cable podria arribar a suportar 120ºC) s'obté una secció de:

$$S = 50\ mm^2 \rightarrow I_{màx.} = 209\ A$$

Si s'apliquen els factors correctors corresponents obtenim una intensitat de la canalització de:

$$I_z = f_c \cdot I_{màx.} = (0{,}81 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}71) \cdot 209 = 108{,}18\ A$$

Així doncs s'hauria de complir la següent condició:

$$I_z > I_{cc,inversor} \rightarrow ok$$

Determinada la secció per corrent es comprovarà la seva validesa per caiguda de tensió i per corrent de curtcircuit:

COMPROVACIÓ MITJANÇANT CAIGUDA DE TENSIÓ

A partir del tram més desfavorable, 59 m, i la seva temperatura de servei la caiguda de tensió en tant per cent és:

$$cdt(\%) = \frac{2 \cdot I_{mp,cc} \cdot L \cdot \rho_{(90\,ºC)}}{V_{string,mp} \cdot S} \cdot 100 = 0{,}55\ \%$$

COMPROVACIÓ PER CORRENT DE CURTCIRCUIT

En un circuit d'alterna s'hauria de comprovar la corba de fusió o dispar de la protecció magneto tèrmica que protegeix el cable conductor és més ràpida que la corba de fusió del propi conductor.

En el costat de continua tal com s'estableix en la norma UNE 20460-7-712:2006, en l'apartat "protecció contra les sobrecàrregues del costat de corrent continu" degut a què s'ha dimensionat el cable conductor per un valor un 25% més gran que el corrent $I_{mp,cc}$, s'està garantint que la intensitat de curtcircuit estigui molt per davall de la intensitat admissible pel cable conductor fet pel qual queda demostrat la garantia de la instal·lació contra curtcircuits.

Destacar que al tractar-se d'instal·lacions a la intempèrie s'ha considerat aquesta instal·lació com una instal·lació en un local banyat (ITC-BT-30). En aquest sentit, degut a què s'ha utilitzat un cable conductor de doble aïllament, especialment dissenyat per la seva utilització a la intempèrie i amb una protecció equivalent a conductor en tub, fet pel qual s'hagués pogut optar per no utilitzar canaletes. Tot i així, tal com queda reflectit en la memòria tècnica i en les càlculs justificatius, s'ha optat per la utilització de canaletes estanques per una major seguretat i durabilitat dels cables conductors del costat de corrent continu. A més aquests tipus de conducció de cables els quals només són accessibles mitjançant un útil s'utilitzen com element de protecció per a les persones contra els contacte directes.

PROTECCIÓ DE LA LÍNIA

Amb la justificació de l'apartat anterior en aquest en les línies no existirà cap element de protecció.

En l'annex 2 es pot veure la caiguda de tensió en la connexió de cada caixa CB-VS-1, CB-VS-2, CB-VS-3, CB-VS-5 i CB-VS-6 amb els inversors IG PLUS 150

Compliment de la caiguda de tensió al costat de corrent continu

Mitjançant la suma dels màxims valors de caiguda de tensió del costat de corrent es comprova el criteri de disseny restrictiu d'una caiguda de tensió de 1,5%.

$$cdt_{màx.}(\%) = \left|cdt_{string-cc.}(\%)\right|_{màx.} + \left|cdt_{cc-inv.}(\%)\right|_{màx.} = 1{,}31\ \%$$

$$cdt_{màx.}(\%) < 1{,}5\ \% \rightarrow Seccions\ correctes$$

Inversors Fronius IG PLUS 70 i 30. Seccions resultants i compliment de la cdt en el costat de corrent continu

En la determinació de la secció del cable conductor que uneix els strings amb les caixes de connexió, i les caixes de connexió amb els inversors IG PLUS 70 i 30, s'han realitzat les mateixes hipòtesis que en els apartats anteriors.

Els resultats dels càlculs determina que la secció del cable de continua en el cas de les línies que uneix els strings amb les caixes de connexió serà de 6 mm^2 pel Fronius IG PLUS 70 i 4 mm^2 pel Fronius IG PLUS 30 .

Els trams que uneixen les caixes de corrent continu amb els inversors presentarà una secció de 10 mm^2 pel Fronius IG PLUS 70 i 6 mm^2 pel Fronius IG PLUS 30.

Amb aquestes seccions i les corresponents distàncies entre els elements, s'han calculat les caigudes de tensió en corrent continu (veure annex 3), determinant que es compleix el criteri de caiguda de tensió màxima admissible.

Pitjor cas línies Fronius IG PLUS 70

$$cdt_{màx.}(\%) = \left|cdt_{string-cc.}(\%)\right|_{màx.} + \left|cdt_{cc-inv.}(\%)\right|_{màx.} = 1{,}453\ \%$$

$$cdt_{màx.}(\%) < 1{,}5\ \% \rightarrow Seccions\ correctes$$

Pitjor cas línies Fronius IG PLUS 30

$$cdt_{màx.}(\%) = \left|cdt_{string-cc.}(\%)\right|_{màx.} + \left|cdt_{cc-inv.}(\%)\right|_{màx.} = 1{,}322\ \%$$

$$cdt_{màx.}(\%) < 1{,}5\ \% \rightarrow Seccions\ correctes$$

2.4.2. Càlcul de la secció dels conductors de corrent altern

En el costat d'alterna es poden distingir dos circuits totalment diferenciats. Per un costat hi haurà la connexió de tots els inversors de la primera nau en paral·lel a la caixa de corrent altern PB-VS-01 amb les proteccions pertinents a la sortida de cada inversor. A partir d'aquest punt sortirà una línia trifàsica cap el quadre general de comandament i protecció situat al costat de la CPM. Per altra costat hi haurà la segona nau que tindrà la mateixa configuració que la primera, és a dir les línies de cada inversor unides a la caixa de corrent alterna PB-VS-02 amb una sortida d'una altra línia trifàsica.

Tots els cables unipolars que uneixin els inversors amb les caixes d'alterna anteriors aniran unificats en safates no perforades on a cada safata hi haurà un màxim de 10 cables conductors. El tram de les caixes d'alterna al DGMP anirà amb cable unipolar en safata perforada.

Tram de connexió inversors Fronius IG PLUS 150 fins a la caixa de connexió d'alterna PB-VS-01 i PB-VS-02

Aquesta connexió es durà a terme des dels inversors trifàsics IG PLUS 150 fins a les caixes de connexió PB-VS-01 per a la primera nau i PB-VS-02 per a la segona nau mitjançant cable unipolar protegit en safata no perforada.

A la hora de dimensionar i calcular la secció del cable conductor instal·lat al aire s'han tingut les següents consideracions:

a) Que la intensitat que circula pels conductors es 1,25 la intensitat del inversor.
b) Que els cables aniran agrupats en safates no perforades, equipades amb la corresponent tapa.
c) Que el cable conductor unipolar serà de tensió assignada no inferior a 0,6/1 kV amb un recobriment que garanteixi una bona resistència a les accions del intempèrie.
d) Complint amb la ITC-BT-30 es considerarà que la temperatura ambient a la que treballaran els conductors serà de 60 ºC.

Tenint en compte totes les consideracions anteriors s'ha optat per:

PRIMER: la utilització del cable tipus RZ1-K, cable de gran potència gràcies al seu aïllament de polietilè reticulat (XLPE), especialment dissenyat per el treball a la intempèrie amb un rang de tensions de 0,6/1 kV i un límit de temperatura de 90 ºC.

SEGON: l'aplicació a les condicions de serveis normals del cable els següents coeficients de correcció:

- Factor de correcció de la temperatura ambient de l'aire.

S'ha optat per dimensionar la instal·lació per la situació ambiental més desfavorable, establint en 60 ºC la temperatura ambient de l'aire. Pel que s'aplicarà a les condicions normals de servei del conductor un factor de correcció de 0,71 (UNE 20460-5-523).

$$f_{T^{\underline{a}}\,(60\,ºC)} = 0{,}71$$

- Factor de correcció per agrupació de cables:

Com a situació tècnica s'ha optat per agrupar els 36 conductors que surten dels 9 inversors IG PLUS 150 de la primera nau i els 32 conductors que surten dels 8 inversors de la segon nau en safata no perforada de 5 circuits cadascuna. Per això s'aplicarà el criteri definit per la norma UNE 20460-5-523:2004, apartat 523.4.3.1. Sent el factor de correcció:

$$f_{A\,(5\,circuits)} = 0{,}73$$

Donant com a resultat els següents:

CÀLCULS JUSTIFICATIUS

$$I_{INV} = 1{,}25 \cdot I_{inversor} = 1{,}25 \cdot 17{,}4 = 21{,}75\ A$$

A partir de la taula de seccions màximes de la norma UNE 20460-5-523:2004 per una conducció en safata no perforada, conductor unipolar i aïllament XLPE s'obté una secció de:

$$S = 10\ mm^2 \rightarrow I_{màx.} = 71\ A$$

Si s'apliquen els factors correctors corresponents obtenim una intensitat de la canalització de:

$$I_z = f_c \cdot I_{màx.} = (0{,}73 \cdot 0{,}71) \cdot 71 = 36{,}80\ A$$

Així doncs s'hauria de complir la següent condició:

$$I_z > I_{INV} \rightarrow ok$$

Determinada la secció per corrent es comprovarà la seva validesa per caiguda de tensió i per corrent de curtcircuit:

COMPROVACIÓ MITJANÇANT CAIGUDA DE TENSIÓ

A partir del tram més desfavorable, 8,67 m, i la seva temperatura de servei la caiguda de tensió en tant per cent és de:

$$cdt(\%) = \frac{I_{INV} \cdot L \cdot \rho_{(90\ ºC)}}{V_{INV} \cdot S} \cdot 100 = 0{,}262\ \%$$

COMPROVACIÓ PER CORRENT DE CURTCIRCUIT

En un circuit d'alterna s'ha de comprovar la corba de fusió o dispar de la protecció magneto tèrmica que protegeix el cable conductor és més ràpida que la corba de fusió del propi conductor.

Per la comprovació per corrent de curtcircuit s'agafarà el tram d'unió entre l'inversor IG PLUS 150 i la caixa PB-VS-02 que seria el tram més desfavorable perquè la distància al centre de transformació és més petita que en el cas de la caixa PB-VS-01.

Així doncs segons les taules del REBT i de la norma UNE 20460-4-43 es determina que per un conductor amb aïllament XPLE, amb temperatura inicial de 90 ºC i final de 240 ºC, presenta un valor de k de:

$$k = 143$$

A continuació es calcularà el corrent màxima que podrà suportar el cable durant 0,01 segons:

$$I_{cc} = \frac{k \cdot S}{\sqrt{t}} = 14{,}3\ kA$$

En el càlcul anterior s'ha agafat un temps de 0,01 s fet que significa que el magneto tèrmic haurà de tardar menys de 0,01 s en obrir la línia quan es produeixi un curtcircuit. En aquest cas la protecció de la línia es du a terme amb un magneto tèrmic de corba C amb una intensitat nominal de 25 A. La corba C disparà magnèticament el magneto tèrmic a un intensitat de curtcircuit (7,2 kA) pràcticament de forma instantània perquè es superarà en 288 vegades la intensitat nominal del magneto tèrmic (veure gràfic 2.5). Així doncs es pot assegurar que el temps que el cable haurà d'aguantar en curtcircuit sempre serà inferior a 0,01 s.

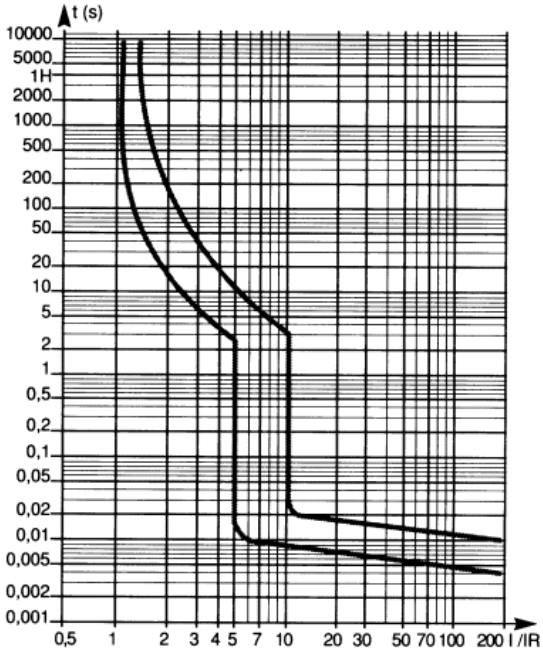


Figura 2.6. Corba de dispar d'un magneto tèrmic corba C. Temps de dispar magnètic per una intensitat de 288In serà inferior a 0,01 s

Si es compara la intensitat de curtcircuit que el conductor es capaç de suportar amb la intensitat de curtcircuit esperada es determina que compleix amb la condició de corrent de curtcircuit:

$$I_{CC} = 7{,}2\ kA < I_{CC\ cable} = 14{,}3\ kA \rightarrow ok$$

PROTECCIÓ DE LA LÍNIA

La línia anirà protegida mitjançant un magneto tèrmic tetrapolar de 25 A d'intensitat nominal i poder de tall de 10 kA corba C complint amb la condició de coordinació amb el cable.

$$I_{INV} < I_N < I_Z \rightarrow coordinació\ protecció - cable\ ok$$

En l'annex 4 es poden veure les caigudes de tensió dels diversos trams de connexió dels inversors Fronius IG PLUS 150 amb les caixes de connexió d'alterna PB-VS-01 i PB-VS-02

Tram de connexió inversors Fronius IG PLUS 70 fins a la caixa de connexió d'alterna PB-VS-01 i PB-VS-02

Aquesta connexió es durà a terme des dels inversors monofàsic IG PLUS 70 fins a les caixes de connexió PB-VS-01 per a la primera nau i PB-VS-02 per a la segona nau.

A la hora de dimensionar i calcular la secció del cable conductor instal·lat al aire s'han tingut les següents consideracions:

e) Que la intensitat que circula pels conductors es 1,25 la intensitat del inversor.
f) Que els cables aniran agrupats en safates no perforades, equipades amb la corresponent tapa.
g) Que el cable conductor unipolar serà de tensió assignada no inferior a 0,6/1 kV amb un recobriment que garanteixi una bona resistència a les accions de la intempèrie.
h) Complint amb la ITC-BT-30 es considerarà que la temperatura ambient a la que treballaran els conductors serà de 60 ºC.

Tenint en compte totes les consideracions anteriors s'ha optat per:

PRIMER: la utilització del cable tipus RZ1-K, cable de gran potència gràcies al seu aïllament de polietilè reticulat (XLPE), especialment dissenyat per el treball a la intempèrie amb un rang de tensions de 0,6/1 kV i un límit de temperatura de 90 ºC.

SEGON: l'aplicació a les condicions de serveis normals del cable els següents coeficients de correcció:

- Factor de correcció de la temperatura ambient de l'aire.

S'ha optat per dimensionar la instal·lació per la situació ambiental més desfavorable, establint en 60 ºC la temperatura ambient de l'aire. Pel que s'aplicarà a les condicions normals de servei del conductor un factor de correcció de 0,71 (UNE 20460-5-523).

$$f_{T^{\text{a}}\ (60\ ^{\text{o}}C)} = 0{,}71$$

- Factor de correcció per agrupació de cables:

Com a situació tècnica s'ha optat per agrupar els 4 conductors que surten dels 2 inversors IG PLUS 70 de la primera nau i els 2 conductors que surten del inversors de la segon nau en safata no perforada de 4 i 2 cables respectivament. Per això s'aplicarà el criteri definit per la norma UNE 20460-5-523:2004, apartat 523.4.3.1. Sent el factor de correcció:

$$f_{A\ (2\ circuits)} = 0{,}85$$

Donant com a resultat els següents:

CÀLCULS JUSTIFICATIUS

$$I_{INV} = 1{,}25 \cdot I_{inversor} = 1{,}25 * 28{,}3 = 35{,}38\ A$$

A partir de la taula de seccions màximes de la norma UNE 20460-5-523:2004 per una conducció en safata no perforada, conductor unipolar i aïllament XLPE s'obté una secció de:

$$S = 10\ mm^2 \rightarrow I_{màx.} = 80\ A$$

Si s'apliquen els factors correctors corresponents obtenim una intensitat de la canalització de:

$$I_z = f_c \cdot I_{màx.} = (0{,}85 \cdot 0{,}71) \cdot 80 = 48{,}28\ A$$

Així doncs s'hauria de complir la següent condició:

$$I_z > I_{INV} \rightarrow ok$$

Determinada la secció per corrent es comprovarà la seva validesa per caiguda de tensió i per corrent de curtcircuit:

COMPROVACIÓ MITJANÇANT CAIGUDA DE TENSIÓ

A partir del tram més desfavorable, 6 m, i la seva temperatura de servei la caiguda de tensió en tant per cent és de:

$$cdt(\%) = \frac{2 \cdot I_{INV} \cdot L \cdot \rho_{(90\ ºC)}}{V_{INV} \cdot S} \cdot 100 = 0{,}351\ \%$$

COMPROVACIÓ PER CORRENT DE CURTCIRCUIT

En un circuit d'alterna s'ha de comprovar la corba de fusió o dispar de la protecció magneto tèrmica que protegeix el cable conductor és més ràpida que la corba de fusió del propi conductor.

Per la comprovació per corrent de curtcircuit s'agafarà el tram d'unió entre l'inversor IG PLUS 70 i la caixa PB-VS-02 que seria el tram més desfavorable perquè la distància al centre de transformació és més petita que en el cas de la caixa PB-VS-01.

Així doncs segons les taules del REBT i de la norma UNE 20460-4-43 es determina que per un conductor amb aïllament XPLE, amb temperatura inicial de 90 ºC i final de 240 ºC, presenta un valor de k de:

$$k = 143$$

A continuació es calcularà el corrent màxima que podrà suportar el cable durant 0,01 segons:

$$I_{cc} = \frac{k \cdot S}{\sqrt{t}} = 14{,}3\ kA$$

En el càlcul anterior s'ha agafat un temps de 0,01 s fet que significa que el magneto tèrmic haurà de tardar menys de 0,01 s en obrir la línia quan es produeixi un curtcircuit. En aquest cas la protecció de la línia es dur a terme amb un magneto tèrmic de corba C amb una intensitat nominal de 40 A. La corba C disparà magnèticament el magneto tèrmic a un intensitat de curtcircuit (7,2 kA) entre 0,005 i 0,01 segons degut a que superarà en 180 vegades la intensitat nominal del magneto tèrmic (veure gràfic 2.7). Així doncs es pot assegurar que el temps que el cable haurà d'aguantar en curtcircuit sempre serà inferior a 0,01 s.

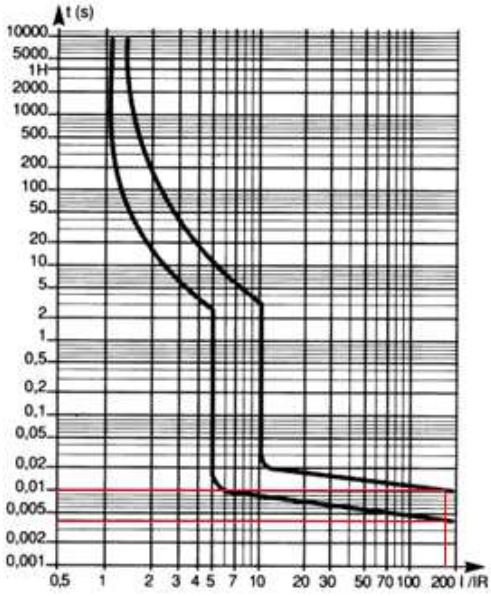


Figura 2.7. Corba de dispar d'un magneto tèrmic corba C. Temps de dispar magnètic per una intensitat de 180In

Si es compara la intensitat de curtcircuit que el conductor es capaç de suportar amb la intensitat de curtcircuit esperada es determina que compleix amb la condició de corrent de curtcircuit:

$$I_{CC} = 7{,}2\ kA < I_{CC\ cable} = 14{,}3\ kA \rightarrow ok$$

PROTECCIÓ DE LA LÍNIA

La línia anirà protegida mitjançant un magneto tèrmic bipolar de 40 A d'intensitat nominal i poder de tall de 10 kA corba C complint amb la condició de coordinació amb el cable.

$$I_{INV} < I_N < I_Z \rightarrow coordinació\ protecció - cable\ ok$$

A l'annex 5 es poden veure les caigudes de tensió pels diversos trams de connexió dels inversors Fronius IG PLUS 70 amb les caixes de connexió d'alterna PB-VS-01 i PB-VS-02.

Tram de connexió inversors Fronius IG PLUS 30 fins a la caixa de connexió d'alterna PB-VS-01

Aquesta connexió es durà a terme des dels inversors monofàsic IG PLUS 30 fins a les caixes de connexió PB-VS-01 de la primera nau.

A la hora de dimensionar i calcular la secció del cable conductor instal·lat al aire s'han tingut les següents consideracions:

i) Que la intensitat que circula pels conductors es 1,25 la intensitat del inversor.
j) Que els cables aniran agrupats en safates no perforades, equipades amb la corresponent tapa.
k) Que el cable conductor unipolar serà de tensió assignada no inferior a 0,6/1 kV amb un recobriment que garanteixi una bona resistència a les accions de la intempèrie.
l) Complint amb la ITC-BT-30 es considerarà que la temperatura ambient a la que treballaran els conductors serà de 60 ºC.

Tenint en compte totes les consideracions anteriors s'ha optat per:

PRIMER: la utilització del cable tipus RZ1-K, cable de gran potència gràcies al seu aïllament de polietilè reticulat (XLPE), especialment dissenyat per el treball a la intempèrie amb un rang de tensions de 0,6/1 kV i un límit de temperatura de 90 ºC.

SEGON: l'aplicació a les condicions de serveis normals del cable els següents coeficients de correcció:

- Factor de correcció de la temperatura ambient de l'aire.

S'ha optat per dimensionar la instal·lació per la situació ambiental més desfavorable, establint en 60 ºC la temperatura ambient de l'aire. Pel que

s'aplicarà a les condicions normals de servei del conductor un factor de correcció de 0,71 (UNE 20460-5-523).

$$f_{T^{\text{a}}\,(60\,^{\text{o}}C)} = 0{,}71$$

Donant com a resultat els següents:

CÀLCULS JUSTIFICATIUS

$$I_{INV} = 1{,}25 \cdot I_{inversor} = 1{,}25 \cdot 13 = 16{,}25\ A$$

A partir de la taula de seccions màximes de la norma UNE 20460-5-523:2004 per una conducció en safata no perforada, conductor unipolar i aïllament XLPE s'obté una secció de:

$$S = 4\ mm^2 \rightarrow I_{\text{màx.}} = 45\ A$$

Si s'apliquen els factors correctors corresponents obtenim una intensitat de la canalització de:

$$I_z = f_c \cdot I_{\text{màx.}} = 0{,}71 \cdot 45 = 31{,}95\ A$$

Així doncs s'hauria de complir la següent condició:

$$I_z > I_{INV} \rightarrow ok$$

Determinada la secció per corrent es comprovarà la seva validesa per caiguda de tensió i per corrent de curtcircuit:

COMPROVACIÓ MITJANÇANT CAIGUDA DE TENSIÓ

A partir del tram més desfavorable, 3,67 m, i la seva temperatura de servei la caiguda de tensió en tant per cent és de:

$$cdt(\%) = \frac{2 \cdot I_{INV} \cdot L \cdot \rho_{(90\,^{\text{o}}C)}}{V_{INV} \cdot S} \cdot 100 = 0{,}242\ \%$$

COMPROVACIÓ PER CORRENT DE CURTCIRCUIT

En un circuit d'alterna s'ha de comprovar la corba de fusió o dispar de la protecció magneto tèrmica que protegeix el cable conductor és més ràpida que la corba de fusió del propi conductor.

Així doncs segons les taules del REBT i de la norma UNE 20460-4-43 es determina que per un conductor amb aïllament XPLE, amb temperatura inicial de 90 ºC i final de 240 ºC, presenta un valor de k de:

$$k = 143$$

A continuació es calcularà el corrent màxima que podrà suportar el cable durant 0,01 segons:

$$I_{cc} = \frac{k \cdot S}{\sqrt{t}} = 5{,}7\ kA$$

En el càlcul anterior s'ha agafat un temps de 0,01 s fet que significa que el magneto tèrmic haurà de tardar menys de 0,01 s en obrir la línia quan es produeixi un curtcircuit. En aquest cas la protecció de la línia es dur a terme amb un magneto tèrmic de corba C amb una intensitat nominal de 20 A. La corba C disparà magnèticament el magneto tèrmic a un intensitat de curtcircuit (3,7 kA) entre 0,005 i 0,01 segons degut a que superarà en 185 vegades la intensitat nominal del magneto tèrmic (veure gràfic 2.8). Així doncs es pot assegurar que el temps que el cable haurà d'aguantar en curtcircuit sempre serà inferior a 0,01 s.

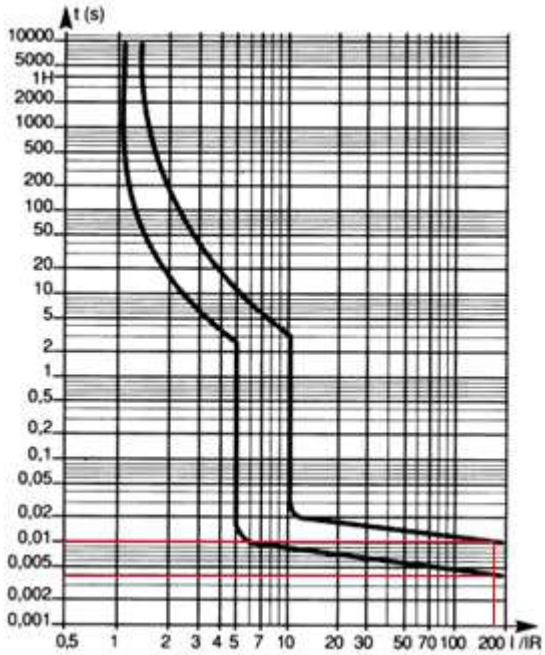


Figura 2.8. Corba de dispar d'un magneto tèrmic corba C. Temps de dispar magnètic per una intensitat de 185In

Si es compara la intensitat de curtcircuit que el conductor es capaç de suportar amb la intensitat de curtcircuit esperada es determina que compleix amb la condició de corrent de curtcircuit:

$$I_{CC} = 3{,}7\ kA < I_{CC\ cable} = 5{,}7\ kA \rightarrow ok$$

PROTECCIÓ DE LA LÍNIA

La línia anirà protegida mitjançant un magneto tèrmic bipolar de 20 A d'intensitat nominal i poder de tall de 10 kA corba C complint amb la condició de coordinació amb el cable.

$$I_{INV} < I_N < I_Z \rightarrow coordinació\ protecció - cable\ ok$$

Tram de connexió unió inversors primera nau fins als DGMP

En aquest punt es calcularà la línia trifàsica que unirà la caixa d'alterna PB-VS-01 amb la caixa on hi haurà els dispositius generals de comandament i protecció (DGMP).

A la hora de dimensionar i calcular la secció del cable conductor instal·lat al aire s'han tingut les següents consideracions:

a) Que els cables aniran agrupats en safates perforades, equipades amb la corresponent tapa.
b) Que el cable conductor unipolar serà de tensió assignada no inferior a 0,6/1 kV amb un recobriment que garanteixi una bona resistència a les accions de la intempèrie.
c) Complint amb la ITC-BT-30 es considerarà que la temperatura ambient a la que treballaran els conductors serà de 60 ºC.

Tenint en compte totes les consideracions anteriors s'ha optat per:

PRIMER: la utilització del cable tipus RZ1-K, cable de gran potència gràcies al seu aïllament de polietilè reticulat (XLPE), especialment dissenyat per el treball a la intempèrie amb un rang de tensions de 0,6/1 kV i un límit de temperatura de 90 ºC.

SEGON: l'aplicació a les condicions de serveis normals del cable els següents coeficients de correcció:

- Factor de correcció de la temperatura ambient de l'aire.

S'ha optat per dimensionar la instal·lació per la situació ambiental més desfavorable, establint en 60 ºC la temperatura ambient de l'aire. Pel que s'aplicarà a les condicions normals de servei del conductor un factor de correcció de 0,71 (UNE 20460-5-523).

$$f_{T^a\ (60\ ºC)} = 0{,}71$$

Donant com a resultat els següents:

CÀLCULS JUSTIFICATIUS

$$I_{línia} = 184{,}9\ A$$

A partir de la taula de seccions màximes de la norma UNE 20460-5-523:2004 per una conducció en safata perforada, conductor unipolar i aïllament XLPE s'obté una secció de:

$$S = 120\ mm^2 \rightarrow I_{màx.} = 383\ A$$

Si s'apliquen els factors correctors corresponents obtenim una intensitat de la canalització de:

$$I_z = f_c \cdot I_{màx.} = 0{,}71 \cdot 383 = 271{,}93\ A$$

Així doncs s'hauria de la següent condició:

$$I_z > I_{INVERSORS} \rightarrow ok$$

Determinada la secció per corrent es comprovarà la seva validesa per caiguda de tensió i per corrent de curtcircuit:

COMPROVACIÓ MITJANÇANT CAIGUDA DE TENSIÓ

A partir del tram més desfavorable, 127 m, i la seva temperatura de servei la caiguda de tensió en tant per cent és de:

$$cdt(\%) = \frac{I_L \cdot L \cdot \rho_{(90\ ºC)}}{V_L \cdot S} \cdot 100 = 1{,}081\ \%$$

COMPROVACIÓ PER CORRENT DE CURTCIRCUIT

En un circuit d'alterna s'ha de comprovar la corba de fusió o dispar de la protecció magneto tèrmica que protegeix el cable conductor és més ràpida que la corba de fusió del propi conductor.

Per la comprovació per corrent de curtcircuit s'agafarà el tram d'unió entre l'inversor IG PLUS 150 i la caixa PB-VS-02 que seria el tram més desfavorable perquè la distància al centre de transformació és més petita que en el cas de la caixa PB-VS-01.

Així doncs segons les taules del REBT i de la norma UNE 20460-4-43 es determina que per un conductor amb aïllament XPLE, amb temperatura inicial de 90 ºC i final de 240 ºC, presenta un valor de k de:

$$k = 143$$

A continuació es calcularà el corrent màxima que podrà suportar el cable durant 0,013 segons:

$$I_{cc} = \frac{k \cdot S}{\sqrt{t}} = 15\ kA$$

En el càlcul anterior s'ha agafat un temps de 0,013 s fet que significa que el magneto tèrmic haurà de tardar menys de 0,013 s en obrir la línia quan es produeixi un curtcircuit. En aquest cas la protecció de la línia es dur a terme amb un magneto tèrmic de corba C amb una intensitat nominal de 200 A. La corba C disparà magnèticament el magneto tèrmic a un intensitat de curtcircuit (10,32 kA) entre 0,004 i 0,013 segons degut a que es superarà en 52 vegades la intensitat nominal del magneto tèrmic (veure gràfic 2.9). Així doncs es pot assegurar que el temps que el cable haurà d'aguantar en curtcircuit sempre serà inferior a 0,013 s.

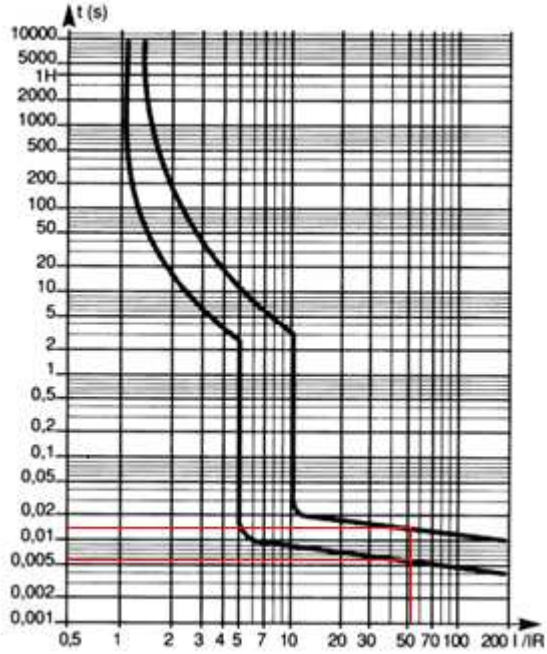


Figura 2.9. Corba de dispar d'un magneto tèrmic corba C. Temps de dispar magnètic per una intensitat de 52In

Si es compara la intensitat de curtcircuit que el conductor es capaç de suportar amb la intensitat de curtcircuit esperada es determina que compleix amb la condició de corrent de curtcircuit:

$$I_{CC} = 10{,}32\ kA < I_{CC\ cable} = 15\ kA \rightarrow ok$$

PROTECCIÓ DE LA LÍNIA

La línia anirà protegida mitjançant un magneto tèrmic bipolar de 200 A d'intensitat nominal i poder de tall de 20 kA corba C complint amb la condició de coordinació amb el cable.

$$I_{INV} < I_N < I_Z \rightarrow coordinació\ protecció - cable\ ok$$

Tram de connexió unió dels inversors segona nau fins als DGMP

En aquest punt es calcularà la línia trifàsica que unirà la caixa d'alterna PB-VS-02 amb la caixa on hi haurà els dispositius generals de comandament i protecció (DGMP) que es durà a terme amb cable unipolar baix safata perforada.

A la hora de dimensionar i calcular la secció del cable conductor instal·lat al aire s'han tingut les següents consideracions:

d) Que els cables aniran agrupats en safates perforades, equipades amb la corresponent tapa.
e) Que el cable conductor serà de tensió assignada no inferior a 0,6/1 kV amb un recobriment que garanteixi una bona resistència a les accions de la intempèrie.
f) Complint amb la ITC-BT-30 es considerarà que la temperatura ambient a la que treballaran els conductors serà de 60 ºC.

Tenint en compte totes les consideracions anteriors s'ha optat per:

PRIMER: la utilització del cable tipus RZ1-K, cable de gran potència gràcies al seu aïllament de polietilè reticulat (XLPE), especialment dissenyat per el treball a la intempèrie amb un rang de tensions de 0,6/1 kV i un límit de temperatura de 90 ºC.

SEGON: l'aplicació a les condicions de serveis normals del cable els següents coeficients de correcció:

- Factor de correcció de la temperatura ambient de l'aire.

S'ha optat per dimensionar la instal·lació per la situació ambiental més desfavorable, establint en 60 ºC la temperatura ambient de l'aire. Pel que s'aplicarà a les condicions normals de servei del conductor un factor de correcció de 0,71 (UNE 20460-5-523).

$$f_{T^{\text{a}}\ (60\ ^{\text{o}}C)} = 0{,}71$$

Donant com a resultat els següents:

CÀLCULS JUSTIFICATIUS

$$I_{línia} = 167{,}5\ A$$

A partir de la taula de seccions màximes de la norma UNE 20460-5-523:2004 per una conducció en safata perforada, conductor unipolar i aïllament XLPE s'obté una secció de:

$$S = 120\ mm^2 \rightarrow I_{màx.} = 383\ A$$

Si s'apliquen els factors correctors corresponents obtenim una intensitat de la canalització de:

$$I_z = f_c \cdot I_{màx.} = 0{,}71 \cdot 383 = 271{,}93\ A$$

Així doncs s'hauria de complir la següent condició:

$$I_z > I_{INVERSORS} \rightarrow ok$$

Determinada la secció per corrent es comprovarà la seva validesa per caiguda de tensió i per corrent de curtcircuit:

COMPROVACIÓ MITJANÇANT CAIGUDA DE TENSIÓ

A partir del tram més desfavorable, 61,5 m, i la seva temperatura de servei la caiguda de tensió en tant per cent és de:

$$cdt(\%) = \frac{I_L \cdot L \cdot \rho_{(90\ ºC)}}{V_L \cdot S} \cdot 100 = 0{,}472\ \%$$

COMPROVACIÓ PER CORRENT DE CURTCIRCUIT

En un circuit d'alterna s'ha de comprovar la corba de fusió o dispar de la protecció magneto tèrmica que protegeix el cable conductor és més ràpida que la corba de fusió del propi conductor.

Per la comprovació per corrent de curtcircuit s'agafarà el tram d'unió entre l'inversor IG PLUS 150 i la caixa PB-VS-02 que seria el tram més desfavorable perquè la distància al centre de transformació és més petita que en el cas de la caixa PB-VS-01.

Així doncs segons les taules del REBT i de la norma UNE 20460-4-43 es determina que per un conductor amb aïllament XPLE, amb temperatura inicial de 90 ºC i final de 240 ºC, presenta un valor de k de:

$$k = 143$$

A continuació es calcularà el corrent màxima que podrà suportar el cable durant 0,013 segons:

$$I_{cc} = \frac{k \cdot S}{\sqrt{t}} = 15\ kA$$

En el càlcul anterior s'ha agafat un temps de 0,013 s fet que significa que el magneto tèrmic haurà de tardar menys de 0,013 s en obrir la línia quan es produeixi un curtcircuit. En aquest cas la protecció de la línia es dur a terme amb un magneto tèrmic de corba C amb una intensitat nominal de 200 A. La corba C disparà magnèticament el magneto tèrmic a un intensitat de curtcircuit (10,32 kA) entre 0,004 i 0,013 segons degut a que es superarà en 52 vegades la intensitat nominal del magneto tèrmic (veure gràfic 2.10). Així doncs es pot assegurar que el temps que el cable haurà d'aguantar en curtcircuit sempre serà inferior a 0,013 s.

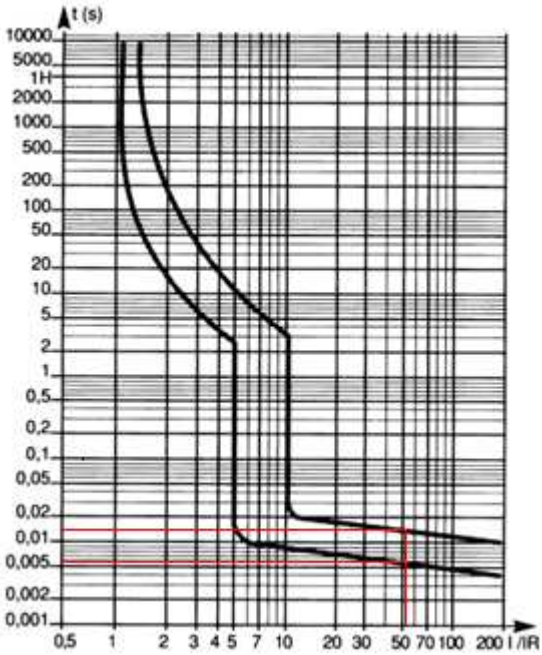


Figura 2.10. Corba de dispar d'un magneto tèrmic corba C. Temps de dispar magnètic per una intensitat de 52In

Si es compara la intensitat de curtcircuit que el conductor es capaç de suportar amb la intensitat de curtcircuit esperada es determina que compleix amb la condició de corrent de curtcircuit:

$$I_{CC} = 10{,}32\ kA < I_{CC\ cable} = 15\ kA \rightarrow ok$$

PROTECCIÓ DE LA LÍNIA

La línia anirà protegida mitjançant un magneto tèrmic bipolar de 200 A d'intensitat nominal i poder de tall de 20 kA corba C complint amb la condició de coordinació amb el cable.

$$I_{INV} < I_N < I_Z \rightarrow coordinació\ protecció - cable\ ok$$

Tram de connexió unió DGMP amb CPM

Com s'ha dit anteriorment aquestes dues caixes estaran una al costat de l'altra per tant la unió es farà amb conductors unipolars baix safata perforada.

A la hora de dimensionar i calcular la secció del cable conductor instal·lat al aire s'han tingut les següents consideracions:

g) Que els cables aniran agrupats en safates perforades, equipades amb la corresponent tapa.
h) Que el cable conductor serà de tensió assignada no inferior a 0,6/1 kV amb un recobriment que garanteixi una bona resistència a les accions de la intempèrie.

Tenint en compte totes les consideracions anteriors s'ha optat per la utilització del cable tipus RZ1-K, cable de gran potència gràcies al seu aïllament de polietilè reticulat (XLPE), especialment dissenyat per el treball a la intempèrie amb un rang de tensions de 0,6/1 kV i un límit de temperatura de 90 ºC.

Donant com a resultat els següents:

CÀLCULS JUSTIFICATIUS

$$I_{línia} = 347{,}9\ A$$

A partir de la taula de seccions màximes de la norma UNE 20460-5-523:2004 per una conducció en safata perforada i cable unipolar i aïllament XLPE s'obté una secció de:

$$S = 240\ mm^2 \rightarrow I_{màx.} = 607\ A$$

Si s'apliquen els factors correctors corresponents obtenim una intensitat de la canalització de:

Així doncs s'hauria de la següent condició:

$$I_z > I_{línia} \rightarrow ok$$

Determinada la secció per corrent es comprovarà la seva validesa per caiguda de tensió i per corrent de curtcircuit:

COMPROVACIÓ MITJANÇANT CAIGUDA DE TENSIÓ

A partir del tram més desfavorable, 5,5 m, i la seva temperatura de servei la caiguda de tensió en tant per cent és de:

$$cdt(\%) = \frac{I_L \cdot L \cdot \rho_{(90\,ºC)}}{V_L \cdot S} \cdot 100 = 0{,}044\ \%$$

COMPROVACIÓ PER CORRENT DE CURTCIRCUIT

En un circuit d'alterna s'ha de comprovar la corba de fusió o dispar de la protecció magneto tèrmica que protegeix el cable conductor és més ràpida que la corba de fusió del propi conductor.

Així doncs segons les taules del REBT i de la norma UNE 20460-4-43 es determina que per un conductor amb aïllament XPLE, amb temperatura inicial de 90 ºC i final de 240 ºC, presenta un valor de k de:

$$k = 143$$

A continuació es calcularà el corrent màxima que podrà suportar el cable durant 0,019 segons:

$$I_{cc} = \frac{k \cdot S}{\sqrt{t}} = 24{,}9\ kA$$

En el càlcul anterior s'ha agafat un temps de 0,019 s fet que significa que el magneto tèrmic haurà de tardar menys de 0,019 s en obrir la línia quan es produeixi un curtcircuit. En aquest cas la protecció de la línia es dur a terme amb un magneto tèrmic de corba C amb una intensitat nominal de 400 A. La corba C disparà magnèticament el magneto tèrmic a un intensitat de curtcircuit (10,32 kA) entre 0,004 i 0,019 segons degut a que es superarà en 25,8 vegades la intensitat nominal del magneto tèrmic (veure gràfic 2.11). Així doncs es pot assegurar que el temps que el cable haurà d'aguantar en curtcircuit sempre serà inferior a 0,019 s.

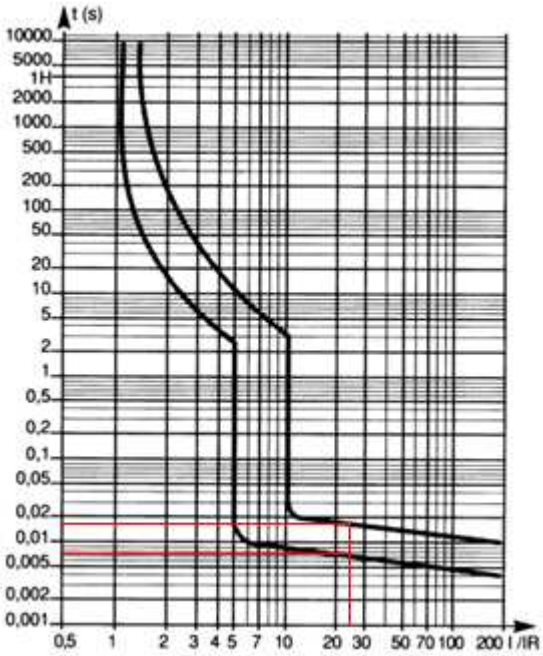


Figura 2.11. Corba de dispar d'un magneto tèrmic corba C. Temps de dispar magnètic per una intensitat de 25,8In

Si es compara la intensitat de curtcircuit que el conductor es capaç de suportar amb la intensitat de curtcircuit esperada es determina que compleix amb la condició de corrent de curtcircuit:

$$I_{CC} = 10{,}32\ kA < I_{CC\ cable} = 24{,}9\ kA \rightarrow ok$$

PROTECCIÓ DE LA LÍNIA

La línia anirà protegida mitjançant un magneto tèrmic bipolar de 400 A d'intensitat nominal i poder de tall de 50 kA corba C complint amb la condició de coordinació amb el cable.

$$I_{Línia} < I_N < I_{màx} \rightarrow coordinació\ protecció - cable\ ok$$

A més, per ser la línia general d'alimentació anirà protegida per un conjunt de fusibles situats a la CPM. Aquests fusibles de tipus NH tindran una intensitat nominal de 450 A. A continuació es comprovarà la correcte coordinació entre el cable i els fusibles:

$$I_{línia} < I_N \rightarrow ok$$

$$K_3 \cdot I_N < I_{màx}$$

On K_3 és una constant que per fusibles de més de 25 A de corrent nominal val 1,1.

Així doncs:

$$1{,}1 \cdot 450 < 607 \rightarrow ok$$

Comprovació caiguda de tensió màxima costat d'alterna

A partir de totes les caigudes parcials de tensió s'escolliran aquelles més desfavorables i es calcularà la caiguda total de tensió en el costat d'alterna pel tram més desfavorable de cada nau per comprovar que no superi el 1,5% permès.

Per a la nau 1 el tram més desfavorable té la següent caiguda de tensió de:

$$cdt(\%) = \sum cadt_{AC} = 1{,}447\% < 1{,}5\%$$

En el cas de la segona nau el tram més desfavorable té una caiguda de tensió de:

$$cdt(\%) = \sum cadt_{AC} = 0{,}866\% < 1{,}5\%$$

2.4.3. Posta a terra

Configuració de la posta a terra. Justificació

La posta a terra de la instal·lació dóna resposta a una configuració TT. S'ha optat per aquesta configuració per poder obtenir per part del fabricant de la placa el certificat de garantia de potència. El fabricant no respon a la garantia de producció de la placa si el terminal negatiu no està connectat a terra.

Conscients que la connexió TT, al contrari de la IT, no assegura la protecció de les persones en cas de contacte directe davant l'aparició del primer defecte, s'ha optat per:

a) Conduir tots els conductors de corrent continu mitjançant canalitzacions estanques accessibles mitjançant un útil.
b) Utilitzar inversors amb seguidor d'aïllament configurant aquests amb una resistència entre el pol positiu de la instal·lació i terra en el marge permès pel fabricant, de tal manera que mitjançant el seguidor d'aïllament, sempre que existeixi un defecte d'aïllament de posta a terra serà senyalitzat per l'inversor amb el corresponent codi d'error.
c) Degut a que la instal·lació fotovoltaica només és accessible pel personal de manteniment, aquests sempre que vagin a manipular el sistema hauran de:
    a. Visualitzar els indicadors dels inversors referents al seguidor d'aïllament.

    b. En condicions normals de funcionament, antes del manteniment de les línies de continua i/o els seus elements s'hauran de tapar les

cadenes que pertanyin a la secció objecte de manteniment, previ seccionament del cablejat de continua respecte l'inversor.

c. En condicions d'error d'aïllament, no es podrà manipular cap element de la secció de continua fins haver seccionat l'inversor respecte les cadenes on hi hagi l'error, i tapar aquestes cadenes. Una vegada tapades, es procedirà a descarregar les plaques mitjançant el curtcircuit d'aquestes. Descarregades les plaques es podrà procedir a les operacions de manteniment.

La protecció contra els contactes indirectes es durà a terme mitjançant el correcte dimensionament de la posta a terra.

Càlculs justificatius de la posta a terra

Per assegurar un bon contacte amb terra de les masses de la instal·lació, es procedirà a obtenir un sistema de terres amb una resistència inferior a 30 Ω (segons marca el REBT a la ITC-BT-09). En el projecte per ser més restrictius es cercarà una resistència de terra al voltant dels 20 Ω. Per això s'ubicaran piques de coure de 2 m de longitud, enllaçades entre elles per un cable de coure sense aïllament de 50 mm^2 de secció. Es connectaran 5 piques en fila separades entre si 8 m enllaçades per un conductor horitzontal de coure nu.

Per calcular el valor teòric de la resistència esperada:

$$R_{TP} = \frac{\rho}{10 \cdot l}$$

$$R_{TC} = \frac{2 \cdot \rho}{l}$$

$R_{TP} \equiv Resitència\ a\ terra\ dels\ elèctrodes$

$R_{TC} \equiv Resitència\ a\ terra\ dels\ conductor\ nu\ enterrat$

$\rho \equiv Resistivitat\ del\ terreny\ esperada$

$l \equiv Longitud\ de\ la\ pica\ o\ conductor$

Per determinar el valor de la resistivitat del terreny s'han utilitzat les taules que recull el REBT en a ITC-BT-18 (taules 3 i 4).

La zona on s'implementarà la instal·lació fotovoltaica és una zona de calcària i d'arenes argiloses. Segons allò descrit en la taula del reglament estaríem dintre del cas d'arenes argiloses amb resistivitat compreses entre 50 i 500 Ω·m i de calcària blana amb resistivitat compreses entre 100 i 300 Ω·m.

El valor teòric de la resistència a terra esperat seria el següent:

$$R_{TP} = \frac{\rho}{10 \cdot l} = \frac{300}{10 \cdot 2} = 15\ \Omega$$

$$R_{TC} = \frac{2 \cdot \rho}{l} = \frac{2 \cdot 300}{40} = 15\ \Omega$$

La resistència resultant teòrica, tal i com es mostra en els càlculs, quedaria per davall dels 30 Ω permesos.

S'instal·larà una toma de terra (sortida del conductor de terra) en cada una de les files del camp FV. Igualment en les dues sales d'inversors hi haurà una toma de terra de les mateixes característiques.

Es col·locarà un interruptor diferencial en la alimentació de la instal·lació, amb una sensibilitat de 300 mA, per assegurar la protecció de les persones davant desviacions a terra. La podem comprovar mitjançant el següent càlcul:

$$V_d = I_s \cdot R_t = 0{,}3 \cdot 15 = 4{,}5\ V$$

$V_d \equiv Tensió\ de\ defecte$

$I_s \equiv Sensibilitat\ de\ l'interuptor\ diferencial$

$R_t \equiv Resistència\ de\ terra$

Així doncs circulant la intensitat màxima sense que salti l'interruptor diferencial (300 mA) per la resistència de terra no es superarà la tensió de seguretat per instal·lacions a la intempèrie de 20 V.

2.4.4. Elements de protecció i desconnexió

Els elements de protecció s'han calculat per protegir les diverses línies de la instal·lació tant de corrent continu com altern davant sobrecàrregues o curtcircuits. Cada un dels circuits s'ha protegit amb una protecció tèrmica o magneto tèrmica, de tal manera que la corba de dispar (tipus C) de cada dispositiu sigui més ràpida que la corba de fusió del cable del circuit al qual protegeix. A més s'ha tingut en compte que les proteccions aigües avall tinguin una corba de dispar més ràpida i/o una intensitat nominal menor, de tal manera que s'asseguri el dispar de proteccions aigües avall antes de les proteccions d'aigües amunt (selectivitat).

Elements de protecció en el costat de continua

Degut al baixa corrent de curtcircuit que poden generar els diferents strings que formen el generador fotovoltaic, no seria necessari la col·locació de protecció per curtcircuits o sobrecàrregues en el costat de continua. Tot i així, degut a la maniobrabilitat de la instal·lació i a la protecció intrínseca, s'instal·laran fusibles seccionables (fusibles 10 A DC) en cada una de les branques que composen el

generador fotovoltaic. D'aquesta manera es pretén garantir que pels mòduls dels strings no arribi a circular el seu corrent invers màxim.

També s'ha previst tal com s'estableix a la norma UNE 20460-7-712 un dispositiu de protecció contra les tensions induïdes degut a pertorbacions atmosfèriques (varistors). A més s'ha minimitzat la superfície del conjunt de bucles del costat de continua.

Elements de protecció en el costat d'alterna

Tal com s'ha indicat en el càlcul de seccions totes les línies d'alterna aniran protegides contra sobreintensitats mitjançant un magneto tèrmic tal com s'estableix en la norma UNE 20460-7-712. La intensitat nominal de cada magneto tèrmic anirà en funció de la secció de la línia i tots els factors correctors afectats per ella. La condició que s'ha de complir per una coordinació correcte entre el dispositiu de protecció i el cable és:

$$I_{línia} < I_{magneto\ tèrmic} < I_{canalització}$$

Així doncs amb complint amb la condició anterior les característiques dels magneto tèrmics per a cada línia d'alterna es pot veure a l'annex 6.

Protecció front a impactes elèctrics

Per evitar descàrregues elèctriques sobre les persones que puguin arribar a ser perilloses s'han adoptat els criteris establerts per la norma UNE 20460-7-712, utilitzant mesura protectores actives i passives tant en el costat d'alterna com en el de continua.

Costat de corrent continu

En el costat de corrent continu s'ha utilitzat per igual mitjans actius i passius en la protecció de les persones per evitar descàrregues elèctriques de la instal·lació. Com elements passius de protecció destaquen:

a) Utilització d'equips de classe II.
b) Recobriment de les parts actives del sistema.
c) Posta a terra de totes les masses del sistema.
d) Configuració flotant del generador fotovoltaic (aquest mètode consisteix en no connectar a terra cap conductor actiu del sistema).
e) Separació galvànica mitjançant els inversors del costat de continua i alterna (evitant que les intensitats de defecte del generador fotovoltaic puguin afectar el costat d'alterna).
f) Utilització de cables de potència especials pel servei a la intempèrie en rangs de tensió elevats i protecció d'aquests mitjans canaleta.
g) Xarxa de terres de configuració TT (generador fotovoltaic i equips amb masses a terra), tal com es descriu en l'apartat de memòria tècnica i en els càlculs justificatius.

Com elements actius destaca el control d'aïllament integrat a l'inversor. Es basa en un control permanent d'aïllament (CPI).

Costat de corrent altern

En el costat d'alterna està aïllat mitjançant el transformador de separació galvànica dels inversors, a més, presenta un interruptor diferencial de sensibilitat igual a 300 mA i intensitat nominal de 400 A situat en la DGMP.

2.5. Càlcul del centre de transformació

2.5.1. Intensitat de mitja tensió

La intensitat primària del transformador trifàsic ve definida per la següent expressió:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

On:

S és la potència del transformador en kVA

U_p és la tensió primària en kV

I_p és el corrent primari en A

En el cas que ens ocupa, la tensió d'alimentació del primari és de 15 kV i la potència del transformador és de 300 kVA.

$$I_p = 11{,}55\ A$$

2.5.2. Intensitat de baixa tensió

La intensitat del secundari del transformador trifàsic ve definida per la següent expressió:

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_s}$$

On:

S és la potència del transformador en kVA

U_s és la tensió secundària en kV

I_s és el corrent secundari en A

Pel cas del nostra transformador la potència és de 300 kVA i la tensió secundària en buit és de 420 V.

Així doncs la intensitat de sortida pot arribar a un valor de:

$$I_s = 412{,}4\ A$$

2.5.3. Curtcircuits

En l'apartat 2.2.3.1. ja s'han realitzat tots els càlculs corresponents als curtcircuits en baixa tensió. Pel que fa al curtcircuit al costat de mitja tensió es calcularà amb la següent fórmula.

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

On:

S_{cc} és la potència de curtcircuit de la xarxa de mitja tensió

U_p és la tensió de mitja tensió

I_{ccp} és el corrent de curtcircuit en el secundari

Així considerant el valor de 128 MVA de potència de curtcircuit proporcionat per la companyia i una tensió de servei de 15 kV el corrent de curtcircuit en el primari serà de:

$$I_{ccp} = 4{,}926\ kA$$

2.5.4. Dimensionat de l'embarrat

Les cel·les fabricades per ORMAZABAL han estat sotmeses a assajos per certificar els valors indicats a la placa de característiques, per tant, no és necessari realitzar càlculs teòrics ni hipòtesis de comportament de les cel·les.

Comprovació per densitat de corrent

La comprovació per densitat de corrent té l'objectiu de verificar que el conductor indicat és capaç de conduir el corrent nominal màxim sense superar la densitat màxima possible pel material del conductor. Això, a més de mitjançant càlculs teòrics, pot comprovar-se realitzant un assaig de intensitat nominal, que amb l'objecte de disposar de suficient marge de seguretat, es considerarà que és la intensitat del bucle que en aquests casos és de 400 A.

Per les cel·les del sistema CGM la certificació corresponent que cobreix el valor necessitat s'ha obtingut amb el protocol 9901B026-AKLE-02 realitzat pels laboratoris LABEIN en Biscaia (Espanya).

Comprovació per sol·licitació electrodinàmica

La intensitat dinàmica de curtcircuit es valora aproximadament en 2,5 vegades la intensitat eficaç de curtcircuit calculada anteriorment, per tant:

$$I_{cc\ dinàmica} = 12{,}31\ kA$$

Per les cel·les del sistema CGM la certificació corresponent que cobreix el valor necessitat s'ha obtingut amb el protocol GPS-98/01432 en el laboratori CESI a Itàlia.

Comprovació per sol·licitació tèrmica

La comprovació tèrmica té l'objecte de comprovar que no es produirà l'escalfament excessiu de l'aparellatge per defecte d'un curtcircuit. Aquesta comprovació es pot realitzar mitjançant càlculs teòrics, però preferentment s'ha de realitzar un assaig segons la normativa vigent. Per les cel·les del sistema CGM la certificació corresponent que cobreix el valor s'ha obtingut amb el protocol GPS-98/01432 en el laboratori de CESI a Itàlia.

2.5.5. Protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits

El transformador està protegit tant en el costat de MT com el de BT. En MT la protecció es dur a terme mitjançant les cel·les associades al transformador, mentre que en BT la protecció s'incorpora en el quadra de les línies de sortida.

Protecció en el costat de MT

La protecció en MT d'aquest transformador es realitza utilitzant una cel·la d'interruptor amb fusibles, sent aquests els que efectuen la protecció davant eventual curtcircuits.

Aquests fusibles realitzen la seva funció de protecció de forma ultra ràpida (amb temps inferiors als dels interruptors automàtics) ja que la seva fusió, fins i tot, evita el pas màxim dels corrents de curtcircuit per tota la instal·lació

Els fusibles es seleccionaran per:

- Permetre el funcionament continuat a la intensitat nominal, requerida per aquesta aplicació.
- No produir dispars durant l'arrencada en buit del transformador, temps en què la intensitat es molt superior a la nominal amb una duració intermitja.
- No produir dispars quan es produeixin corrents de entre 10 i 20 vegades la nominal, sempre que la seva duració sigui inferior a 0,1 s, evitant així que els fenòmens transitoris provoquin interrupcions del subministrament.

Tot i així, els fusibles no constitueixen una protecció suficient contra les sobrecàrregues, que hauran de ser evitades incloent un relé de protecció de transformador, o sinó una protecció tèrmica del transformador.

La intensitat nominal d'aquests fusibles és de 20 A.

La cel·la de protecció d'aquest transformador no incorpora cap relè, al considerar-se suficient l'ús de les altres proteccions.

Protecció en el costat de BT

Les sortides de BT consten de fusibles amb una intensitat nominal igual al valor de la intensitat nominal exigida a aquesta sortida i un poder de tall com a mínim igual al corrent de curtcircuit corresponent.

2.5.6. Dimensionat dels ponts de MT

Els cables que s'utilitzen en aquesta instal·lació, descrits en la memòria, hauran de ser capaços de suportar els paràmetres de la xarxa.

Pel que fa la intensitat nominal del transformador (11,55 A) serà inferior al valor màxim suportat pel cable.

2.5.7. Dimensionat del pou apagafocs

Es disposa d'un fosso de recollida d'oli amb una capacitat de 200 l de capacitat pel transformador cobert de grava per l'absorció del fluid i per prevenir la fuita del líquid a l'exterior i minimitzar el dany de foc.

2.5.8. Càlcul de la instal·lació de posta a terra

Investigació de les característiques del sòl

El Reglament d'Alta Tensió indica que per instal·lacions de tercera categoria i de intensitat de curtcircuit a terra inferior o igual a 16 kA no serà imprescindible realitzar la anomenada investigació prèvia de la resistivitat del terreny. Així doncs serà suficient l'examen visual del terreny i puguen estimar la resistivitat del terreny.

Segons la investigació prèvia al terreny on s'instal·larà el centre de transformació, es preveu una resistivitat mitja de 150 Ω·m.

Determinació de les corrents màximes de posta a terra i temps màxim corresponent a l'eliminació del defecte.

En les instal·lacions de MT de tercera categoria, els paràmetres que determinen els càlculs de les faltes són els següents:

De la xarxa

- Tipus de neutre: El neutre de la xarxa pot estar aïllat, rígidament unit a terra, unit a aquesta mitjançant resistències o impedàncies. Això provocarà una limitació del corrent de la falta, en funció de les longituds de les línies o dels valors d'impedància en cada cas.
- Tipus de proteccions: Quan es produeixi un defecte, aquest s'eliminarà mitjançant l'obertura d'un element de tall que actuï per indicació d'un dispositiu relè de intensitat, que pot actuar en un temps fix o segons una corba de tipus invers. Addicionalment, poden existir reenganxaments posteriors al primer defecte, que només influiran en els càlculs si es produeix en un temps inferior a 0,5 segons.

No obstant, i donada la causalitat existent dintre de les xarxes de cada companyia subministradora, a vegades es pot resoldre el càlcul considerant la intensitat màxima empírica i un temps màxim de ruptura, valors que, com els altres, han de ser indicats per la companyia elèctrica.

Disseny de la instal·lació posta a terra del CT

El disseny de la instal·lació de posta a terra es realitza basant-se en les configuracions tipus presentades a l'annex 2 del "método de cálculo de instalaciones a tierra UNESA", que està d'acord amb la forma i dimensions del CT, segons el mètode de càlcul desenvolupat per aquest organisme.

Càlcul de la resistència de terra

Característiques de la xarxa d'alimentació

- Tensió de servei: $U_r = 15\ kV$

Característiques del terreny

- Resistivitat de terra: $R_o = 150\ \Omega \cdot m$
- Resistivitat del formigó: $R'_o = 3000\ \Omega \cdot m$

Nivell d'aïllament de les instal·lacions de BT

- $V_{bt} = 10\ kV$

La resistència màxima de posta a terra de protecció de l'edifici i la intensitat del defecte surten de:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt}$$

On:

I_d és la intensitat de la falta a terra en ampers

R_t és la resistència total de la posta a terra en ohms

V_{bt} és la tensió d'aïllament en baixa tensió en volts

La intensitat del defecte es calcula de la següent forma:

$$I_d = I_{dm}$$

On:

I_d és la intensitat de la falta a terra en ampers

I_{dm} és la limitació de la intensitat de falta a terra en ampers

Fent les corresponents operacions, el resultat preliminar és:

$$I_{d\ màx} = \frac{U_{s\ màx}}{\sqrt{3} \cdot Z_n} = 454{,}60\ A\ \approx 500\ A$$

La resistència total de posta a terra preliminar serà:

$$R_t = 20\ \Omega$$

Es selecciona l'elèctrode tipus (d'entre els inclosos a les taules i d'aplicació en aquest cas concert, segons les condicions del sistema de terres) que compleix el requisit de tenir una K_r més propera a l'inferior o igual a la calculada per aquest cas i per aquest centre en concret.

Valor unitari de resistència de posta a terra de l'elèctrode.

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o}$$

On:

R_t és la resistència total de la posta a terra [Ω]

R_o és la resistivitat del terreny [Ω·m]

K_r és el coeficient del elèctrode

Centre de transformació

Pel nostre cas particular i segons els valors abans indicats:

$$K_r \leq 0{,}13$$

La configuració del sistema de terres adequada per aquest cas així com les característiques de l'elèctrode es pot veure a la taula 2.7 i 2.8 respectivament.

Configuració seleccionada	60-60/8/42
Geometria del sistema	Anell rectangular
Dimensions	6x6 m
Profunditat de l'elèctrode horitzontal	0,8 m
Número de piques	4
Longitud de les piques	2 m
Diàmetre de les piques	14 mm
Secció conductor	50 mm^2

Taula 2.7. Configuració del sistema de terres de protecció del centre de transformació

Resistència	$K_r = 0{,}069$
Tensió de pas	$K_p = 0{,}0105$
Tensió de contacte	$K_c = 0{,}0329$

Taula 2.8. Paràmetres característics de l'elèctrode

Mesures de seguretat addicionals per evitar tensions de contacte

Per evitar que apareixien tensions de contacte exteriors ni interiors, s'esposen les següents mesures de seguretat:

- Les portes i reixes metàl·liques que donen a l'exterior de l'edifici no tindran contacte elèctric amb masses conductores susceptibles de quedar a tensions degut a defectes o averies.
- En el cas del Centre de Transformació s'instal·laran un mallat cobert per una capa de formigó de 10 cm, connectat a la posta a terra de la mateixa.
- Les piques en fila a instal·lar es disposaran alineades amb el frontal de l'edifici.

El valor real de la resistència de posta a terra del edifici serà:

$$R_t{}' = K_r \cdot R_o$$

On:

K_r és el coeficient de l'elèctrode

R_o és la resistivitat del terreny [Ω·m]

$R_t{}'$ és la resistència total de la posta a terra [Ω]

Així doncs pel Centre de Transformació:

$$R_t' = 10{,}35\ \Omega$$

I la intensitat de defecte real serà:

$$I'_{d\ màx} = \frac{U_{s\ màx}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} = 429{,}21\ A$$

On:

$U_{s\ màx}$ és la tensió composta de la xarxa [V]

R_n és la resistència de la posta a terra del neutre de la xarxa [Ω]

R_t és la resistència de posta a terra de protecció del centre [Ω]

X_n és la reactància de la posta a terra del neutre de la xarxa [Ω]

Càlcul de les tensions de pas a l'interior del CT

Adoptant les mesures de seguretat addicionals, no es precisa calcular les tensions de pas i contacte en el interior dels edificis de maniobra interior ja que aquestes són pràcticament nul·les.

La tensió de defecte vindrà donada per:

$$V_d' = R_t' \cdot I_d'$$

On:

R_t' és la resistència total de posta a terra [Ω]

I_d' és la intensitat de defecte [A]

V_d' tensió de defecte [V]

Pel centre de transformació s'obté una tensió de defecte de:

$$V_d' = 4442{,}4\ V$$

La tensió de pas en el accés serà igual al valor de la tensió màxima de contacte sempre que es disposi d'una malla equipotencial connectada al elèctrode de terra segons la fórmula:

$$V_c' = K_c \cdot R_o \cdot I_d'$$

On:

K_c és un coeficient

R_o és la resistivitat del terreny [Ω·m]

I_d' és la intensitat de defecte [A]

V_c' és la tensió de pas en el accés [V]

Pel centre de transformació hi haurà una tensió de contacte de:

$$V_c' = V_{p\,acc}' = 2118{,}5\ V$$

Càlcul de les tensions de pas a l'exterior del CT

Adoptant les mesures de seguretat addicionals, no és necessari calcular les tensions de contacte en el exterior de la instal·lació perquè són pràcticament nul·les.

Tensió de pas en el exterior:

$$V_p' = K_p \cdot R_o \cdot I_d'$$

On:

K_p és un coeficient

R_o és la resistivitat del terreny [Ω·m]

I_d' és la intensitat de defecte [A]

V_p' és la tensió de pas en el exterior [V]

Pel centre de transformació hi haurà una tensió de pas de:

$$V_p' = 676\ V$$

Càlcul de les tensions aplicades pel CT

Es consideraran els següents valors admissibles per una duració total de la falta igual a:

- $t = 0{,}5\ s$
- $k = 72$
- $n = 1$

La tensió de pas en el exterior es pot calcular mitjançant la següent fórmula:

$$V_p = \frac{10 \cdot k}{t^n}\left(1 + \frac{6 \cdot R_o}{1000}\right)$$

On:

k és un coeficient

t és el temps total de la duració de la falta [s]

n és un coeficient

R_o és la resistivitat total del terreny [Ω·m]

V_p és la tensió admissible de pas en el exterior [V]

Així doncs, pel nostre cas s'obté una tensió de pas en el exterior de:

$$V_p = 2736\,V$$

La tensió de pas en el accés a l'edifici es pot calcular mitjançant la següent fórmula:

$$V_{p\,acc} = \frac{10 \cdot k}{t^n}\left(1 + \frac{3 \cdot R_o + 3 \cdot R_o{}'}{1000}\right)$$

On:

k és un coeficient

t és el temps total de la duració de la falta [s]

n és un coeficient

R_o és la resistivitat total del terreny [Ω·m]

$R_o{}'$ és la resistivitat del formigó [Ω·m]

$V_{p\,acc}$ és la tensió admissible de pas en el accés [V]

Així doncs, pel nostre cas s'obté una tensió de pas en el exterior de:

$$V_{p\,acc} = 15048\,V$$

Comprovació del valors calculats pel sistema de terres del CT

A continuació es comprovarà que els valors calculats pel cas d'aquest Centre de Transformació són inferiors als valors admissibles:

COMPROVACIÓ PER TENSIÓ DE PAS EN EL EXTERIOR DEL CENTRE

$$V_p' = 676\,V < V_p = 2736\,V \rightarrow ok$$

COMPROVACIÓ PER TENSIÓ DE PAS EN EL ACCÉS AL CENTRE

$$V_{p\,acc}' = 2118\,V < V_{p\,acc} = 15048\,V \rightarrow ok$$

COMPROVACIÓ PER TENSIÓ DE DEFECTE

$$V_d' = 4442{,}4V < V_{bt} = 10000\,V \rightarrow ok$$

COMPROVACIÓ PER INTENSITAT DE DEFECTE

$$I_a = 50\,A < I_d = 429{,}21\,A < I_{dm} = 500\,A \rightarrow ok$$

Investigació de les tensions transferibles a l'exterior pel CT

Per garantir que el sistema de terres de protecció no transfereixi tensions al sistema de terra de servei, evitant així que afecti als usuaris, s'ha d'establir una separació entre els elèctrodes més pròxims dels dos sistemes, sempre que la tensió de defecte superi els 1000 V.

En aquest cas és imprescindible mantenir aquesta separació perquè la tensió de defecte supera els 1000 V indicats.

La distància mínima de separació entre els sistemes de terra ve donada per la següent expressió:

$$D = \frac{R_o \cdot I_d{}'}{2000 \cdot \pi}$$

On:

R_o és la resistivitat del terreny [Ω·m]

$I_d{}'$ és la intensitat de defecte [A]

D és la distància mínima de separació [m]

Pel Centre de Transformació surt una distància de:

$$D = 10{,}24\ m$$

Característiques del sistema de terres de servei

Pel sistema de terres de servei, és a dir, el sistema de terres de posta a terra del neutre de la instal·lació de BT es pot veure a la taula 2.10.

Configuració seleccionada	8/32
Geometria del sistema	Piques alineades
Separació entre piques	3 m
Profunditat de l'elèctrode horitzontal	0,8 m
Número de piques	3
Longitud de les piques	2 m
Diàmetre de les piques	14 mm
Secció conductor	50 mm^2

Taula 2.10. Configuració del sistema de terres de servei del centre de transformació

Així doncs pel sistemes de terres elegit els paràmetres característics són:

Resistència	$K_r = 0{,}13$
Tensió de pas	$K_p = 0{,}0329$

Taula 2.11. Paràmetres característics de l'elèctrode del sistema de terres de servei

COMPROVACIÓ PER TENSIÓ MÀXIMA D'ELÈCTRODE

El criteri de selecció de la terra de servei està determinat per no superar una tensió de 24 V en el elèctrode quan existeixi un defecte de terra en una instal·lació de BT protegida contra contactes indirectes per un diferencial de 650 mA. Per això la resistència de posta a terra de servei ha de ser inferior a 37 Ω.

$$R_{t\ servei} = K_r \cdot R_o = 19{,}5\ \Omega < 37\ \Omega \rightarrow ok$$

Per mantenir els sistemes de posta a terra de protecció i de servei independents, la posta a terra del neutre es realitzarà amb una cable aïllat de 0,6/1 kV, protegit amb un tub de PVC de grau de protecció 7 com a mínim, contra danys mecànics.

CAPÍTOL 3: PRESSUPOST

3.1. Pressupost total

CONCEPTE	IMPORT
Generador fotovoltaic	488.285,70
Onduladors	132.620,25
Distribució elèctrica	84.958,84
Caixes d'interconnexió i protecció	39.101,76
Monitorització	794,67
Obra civil	44.704,80
Muntatge i posta en funcionament	44.704,80
Enginyeria	15.000,00
TOTAL	**850.170,82**

3.2. Amidaments

REFERÈNCIA		CONCEPTE	QUANTITAT (Ut, ml, h o m²)	IMPORT PER UNITAT	IMPORT TOTAL (€)
CAPÍTOL 1:		**GENERADOR FOTOVOLTAIC**			
1.1.	Ut.	MÒDUL FV 144 Wp UNISOLAR PVL-144 Mòdul fotovoltaic marca Uni-solar Model PVL-144, de 144 Wp de potència unitària. Dimensions : 5486x394 mm. 808 per a la primera nau i 673 per a la segona.	1.481	329,70	488.285,70
		TOTAL GENERADOR FOTOVOLTAIC			**488.285,70**
CAPÍTOL 2:		**ONDULADORS**			
2.1.	Ut.	ONDULADOR FV FRONIUS IG/PLUS 150, 12 KVA, 400 Vca Ondulador trifàsic CC/CA marca FRONIUS model IG/PLUS 150 de 12 kW de potència nominal. 9 per a la primera nau i 8 per a la segona.	17	6.771,45	115.114,65
2.2.	Ut.	ONDULADOR FV FRONIUS IG/PLUS 70, 6,5 KVA, 230 Vcc Ondulador monofàsic CC/CA marca FRONIUS model IG/PLUS 70 de 6,5 kW de potència nominal. 2 per a la primera nau i 1 per a la segona.	3	4.885,20	14.655,60
2.3.	Ut.	ONDULADOR FV FRONIUS IG/PLUS 30, 3 KVA, 230 Vcc Ondulador monofàsic CC/CA marca FRONIUS model IG/PLUS 30 de 3,17 kW de potència nominal. 1 per a la primera nau.	1	2.850,00	2.850,00
		TOTAL ONDULADORS			**132.620,25**

CAPÍTOL 3: DISTRIBUCIÓ ELÈCTRICA

3.1.	ml.	CABLE S1ZZ-F 2 kV DC 2x(1x4) mm² Cable unipolar de tensió assignada 0,6/1 kV, amb conductor de coure electrolític Classe 5 segons la IEC 60228 (DIN VDE 0295), aïllament tipus HEPR 120°C referent a la IEC 60502-1 i coberta EVA 120 °C segons DIN VDE 0282 part 1, HD22.1 (tipus de compost EM4/EM8). Per a connexionat entre mòduls fotovoltaics.	134	2,35	314,90
3.2.	ml.	CABLE S1ZZ-F 2 kV DC 2x(1x6) mm² Cable unipolar de tensió assignada 0,6/1 kV, amb conductor de coure electrolític Classe 5 segons la IEC 60228 (DIN VDE 0295), aïllament tipus HEPR 120°C referent a la IEC 60502-1 i coberta EVA 120 °C segons DIN VDE 0282 part 1, HD22.1 (tipus de compost EM4/EM8). Per a connexionat entre mòduls fotovoltaics.	9.902	3,05	30.201,10
3.3.	ml.	CABLE S1ZZ-F 2 kV DC 2x(1x6) mm² Cable unipolar de tensió assignada 0,6/1 kV, amb conductor de coure electrolític Classe 5 segons la IEC 60228 (DIN VDE 0295), aïllament tipus HEPR 120°C referent a la IEC 60502-1 i coberta EVA 120 °C segons DIN VDE 0282 part 1, HD22.1 (tipus de compost EM4/EM8). Per a cobrir el tram entre la sortida de les caixes de connexions i proteccions del generador FV fins els onduladors.	76	3,05	231,80
3.4.	ml.	CABLE S1ZZ-F 2 kV DC 2x(1x10) mm² Cable unipolar de tensió assignada 0,6/1 kV, amb conductor de coure electrolític Classe 5 segons la IEC 60228 (DIN VDE 0295), aïllament tipus HEPR 120°C referent a la IEC 60502-1 i coberta EVA 120 °C segons DIN VDE 0282 part 1, HD22.1 (tipus de compost EM4/EM8). Per a cobrir el tram entre la sortida de les caixes de connexions i proteccions del generador FV fins els onduladors.	263	5,27	1.386,01
3.5.	ml.	CABLE S1ZZ-F 2 kV DC 2x(1x50) mm² Cable unipolar de tensió assignada 0,6/1 kV, amb conductor de coure electrolític Classe 5 segons la IEC 60228 (DIN VDE 0295), aïllament tipus HEPR 120°C referent a la IEC 60502-1 i coberta EVA 120 °C segons DIN VDE 0282 part 1, HD22.1 (tipus de compost EM4/EM8). Per a cobrir el tram entre la sortida de les caixes de connexions i proteccions del generador FV fins els onduladors.	1.021	7,89	8.055,69
3.6.	ml.	CABLE RZ1-K (AS) 0,6/1 kV 4x(1x4) mm² Cable unipolar de tensió assignada 0,6/1 kV, amb conductor de coure Classe 5 (-K), aïllament de polietilè reticulat (R) i coberta de compost termoplàstic a base de poliolefina amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Per a connexionat entre de tram de les sortides CA dels onduladors fins a les caixes de connexions i proteccions d'alterna.	20	2,15	43,00

3.7.	ml.	CABLE RZ1-K (AS) 0,6/1 kV 4x(1x10) mm² Cable unipolar de tensió assignada 0,6/1 kV, amb conductor de coure Classe 5 (-K), aïllament de polietilè reticulat (R) i coberta de compost termoplàstic a base de poliolefina amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Per a connexionat entre de tram des de la sortida de l'armari d'interconnexió de les sortides CA dels onduladors fins a les caixes de connexions i proteccions d'alterna.	721	2,359	1.700,84
3.8.	ml.	CABLE RZ1-K (AS) 0,6/1 kV 4x(1x120) mm² Cable unipolar de tensió assignada 0,6/1 kV, amb conductor de coure Classe 5 (-K), aïllament de polietilè reticulat (R) i coberta de compost termoplàstic a base de poliolefina amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Per a connexionat entre les caixes de connexió i mesura d'alterna i la DGMP.	823	23,149	19.051,63
3.9.	ml.	CABLE RZ1-K (AS) 0,6/1 kV 4x(1x240) mm² Cable unipolar de tensió assignada 0,6/1 kV, amb conductor de coure Classe 5 (-K), aïllament de polietilè reticulat (R) i coberta de compost termoplàstic a base de poliolefina amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Per a connexionat entre la DGMP i la CPM.	5	45,639	228,20
3.10.	ml.	CONDUCTOR DE TERRA 1x6 mm² Cable de coure 1x6 mm² de secció, tipus H07V-K amb aïllament de PVC fins a 750 V color groc i verd, per a interconnexionat de l'estructura de suport dels mòduls fotovoltaics, formant una línia de terra amb el tram de la interconnexió del terra dels mòduls fotovoltaics.	700	1,172	820,40
3.11.	ml.	CONDUCTOR DE TERRA 1x16 mm² Cable de coure 1x16 mm² de secció, tipus H07V-K amb aïllament de PVC fins a 750 V color groc i verd. Cobrirà el tram entre la caixa de proteccions i l'inversor, unint amb el terra les carcasses metàl·liques dels inversors i la caixa seccionadora de terra. 345 metres per a la posta a terra del sistema, 2 metres seran per la presa de terra de servei del CT, connexió al neutre del transformador, i 14 m per la terra de seguretat del CT.	361	3,015	1.088,42
3.12.	ml.	CONDUCTOR DE TERRA 1x35 mm² Cable de coure 1x35 mm² de secció, tipus H07V-K amb aïllament de PVC fins a 750 V color groc i verd. Cobrirà el tram entre l'anell de la posta a terra i les derivacions del connexionat dels panells, els onduladors i caixes seccionadores. 33 metres per a la posta a terra del sistema, 4 metres seran per la presa de terra de servei del CT i 6 m per la terra de seguretat del CT.	43	6,611	284,27
3.13.	ml.	CONDUCTOR DE TERRA 1x50 mm² Cable de coure de 50 mm² de secció, tipus H07V-	73	9,447	689,63

		K amb aïllament de PVC fins a 750 V color groc i verd. 41 metres constituiran l'anell, malla de terra, per a la posta a terra del sistema, 7 metres seran per la presa de terra de servei del CT i 25 m per la terra de seguretat del CT. Aquest anirà enterrat amb els diferents elèctrodes a 0,8 m respecte el nivell 0.			
3.14.	Ut.	PIQUETA DE POSTA A TERRA 2 m i ø=14 mm	12	18,58	222,96
		La instal·lació de posta a terra constarà de 5 piquetes per a la posta a terra del sistema, 3 piquetes per a la posta a terra de seguretat del CT i 4 piquetes per a la posta a terra de servei del CT, totes seran d'acer amb recobriment de coure de 14 mm de diàmetre i de 2 m de longitud, enterrades totalment, de forma que quedin totalment soterrades i amb una capa de 20 cm entre la part superior de la pica i el nivell 0 del terreny.			
3.15.	ml.	CANAL PVC 35x100 mm	1.720	12,00	20.640,00
		Canal de PVC tipus UNEX de 35x100 mm amb protecció contra impactes de fins a 6 J i no propagadora de flama, per a instal·lació superficial. Per a distribució del cablejat dels generadors fotovoltaics fins a les caixes de connexionat i per a distribució del cablejat de les caixes de connexió als inversors.			
		TOTAL DISTRIBUCIÓ ELÈCTRICA			**84.958,84**

CAPÍTOL 4: CAIXES D'INTERCONNEXIÓ I PROTECCIÓ

4.1.	Ut.	CAIXA DE CONNEXIÓ I PROTECCIÓ DE CORRENT CONTINU	7	3.374,87	23.624,09
		Inclou els següents elements:			
		Fusibles seccionables de 10 A d'intensitat nominal. 2 per cadena.	294	0,24	70,56
		Varistors per a protecció de sobretensions. 2 per subcamp	42	115,89	4.867,38
		Seccionador de potència CC. 1 per subcamp	21	15,00	315,00
		Caixa per a instal·lació superficial d'exterior. Grau de protecció IP 65. Conté un seccionador de 10 A i fins a 1000 V. Disposa de 16 entrades de CC.			
4.2.	Ut.	CAIXA DE CONNEXIÓ I PROTECCIÓ DE CORRENT ALTERN	2	79,10	158,20
		Inclou els següents elements:			
		Interruptor magneto tèrmic tetrapolar, corba C 10 kA, amb un corrent nominal de 25 A i una tensió nominal de 400 V. 1 per subcamp	17	119,81	2.036,77
		Interruptor magneto tèrmic tetrapolar, corba C 10 kA, amb un corrent nominal de 20 A i una tensió nominal de 230 V. 1 per subcamp	1	49,32	49,32
		Interruptor magneto tèrmic tetrapolar, corba C 10 kA, amb un corrent nominal de 40 A i una tensió nominal de 230 V. 1 per subcamp	3	68,98	206,94
		Caixa per a instal·lació superficial d'exterior amb porta fumé i parets llises. Grau de protecció IP 65, amb capacitat per a 24 mòduls DIN de 18 mm. Marca Gewiss, model GW 40114 o similar. Carril DIN i accessoris de connexionat silios model T10022/c o similar.			

4.3.	Ut.	CAIXA DE DISPOSITIUS GENERALS DE COMANDAMENT I PROTECCIÓ	1	53,20	53,20
		Inclou els següents elements:			
		Interruptor magneto tèrmic tetrapolar, corba C 20 kA, amb un corrent nominal de 200 A i una tensió nominal de 400 V. 1 NAU	2	1.336,70	2.673,40
		Caixa per a instal·lació superficial d'exterior amb porta fumé i parets llises. Grau de protecció IP 65, amb capacitat per a 12 mòduls DIN de 18 mm. Marca Gewiss, model GW 40113 o similar. Carril DIN i accessoris de connexionat silios model T10022/c o similar.			
4.4.	Ut.	QUADRE DE CONTROL, PROTECCIÓ I MESURA	1	53,20	53,20
		Quadre de control, protecció i mesura per a generació fotovoltaica de 213,26 kW, segons Vademecum per a instal·lacions d'enllaç en BT de GESA-ENDESA.			
		Inclou els següents elements:			
		Interruptor magneto tèrmic tetrapolar, corba C 50 kA, amb un corrent nominal de 400 A i una tensió nominal de 400 V	1	2.515,11	2.515,11
		Interruptor diferencial tetrapolar SI selectiu amb un corrent nominal de 400 A i un poder de tall de 300 mA	1	284,53	284,53
		Toroïdal 50 mm de diàmetre	4	133,72	534,88
		Fusibles tallacircuits NH de 450 A d'intensitat nominal.	4	30,95	123,80
		Conjunt de mesura TMF10 200-400 A: comptador digital amb sistema de lectura remota (s'inclourà mòdem que compleixi protocol de companyia) marca Cahors.	1	1.475,25	1.475,25
		Caixa per a instal·lació superficial d'exterior amb porta fumé i parets llises. Grau de protecció IP 65, amb capacitat per a 12 mòduls DIN de 18 mm. Marca Gewiss, model GW 40113 o similar. Carril DIN i accessoris de connexionat silios model T10022/c o similar.			
4.5.	Ut.	CAIXA SECCIONADORA DE TERRES	1	60,13	60,13
		Inclou els següents elements:			
		Caixa seccionador de terra marca Schneider, model Acti 9 iSW o similar.			
		TOTAL D'INTERCONNEXIÓ I PROTECCIÓ			**39.101,76**

CAPÍTOL 5: MONITORITZACIÓ

5.1.	Ut.	FRONIUS SENSOR CARD	1
		Tarjeta acoblable als inversors Fronius per a recepció i transmissió de dades ambientals provinents de sondes de temperatura, radiació i velocitat del vent, marca Fronius.	
5.2.	Ut.	SENSOR DE TEMPERATURA AMBIENT PT1000	1
		Sensor de temperatura ambient PT1000 per a rang de mesura de -40 ºC fins a +180 ºC i precisió de +/- 0,8 ºC, marca Fronius, ref. 43.0001.1188 o similar.	

5.3.	Ut.	SENSOR DE TEMPERATURA DE PLACA PT1000	1	
		Sensor de temperatura de placa PT1000 per a rang de mesura de -20 ºC fins a +100 ºC i precisió de +/- 0,8 ºC, marca Fronius, ref. 43.0001.1190 o similar.		
5.4.	Ut.	SENSOR DE RADIACIÓ	1	
		Sensor de radiació consistent en cèl·lula de Si monocristal·lí per a rand de temperatures de treball de -40 ºC fins a +85 ºC i precisió de +/- 5 %, marca Fronius, ref. 43.0001.1189 o similar.		
5.5.	Ut.	SENSOR DE VELOCITAT DEL VENT	1	
		Anemòmetre per a rang de temperatures de treball de -20 ºC fins a +60 ºC, llindar mínim de 2,5 m/s i precisió de +/- 5 % per a velocitats de vent superiors a 5 m/s, marca Fronius, ref. 42.0411.0027 o similar.		
5.6.	Ut.	FRONIUS DATALOGGER WEB	1	
		Central de comunicació per a monitorització d'instal·lacions fotovoltaiques, marca Fronius, ref. 40.0006.2938		
5.7.	Ut.	MODEM TC 35 I	1	
		Mòdem TC 35 I per a connexió de Datalogger Web a la xarxa ADSL o similar.		
5.8.	PA.	ALTRE PETIT MATERIAL DE CABLEJAT I CONNEXIONAT	1	
		Inclou cable de comunicació RS485, cable de dades de 8 pols (connexió 1:1) i clavijas RJ45 per a interconnexionat d'elements de monitorització de la instal·lació fotovoltaica.		
		TOTAL MONITORITZACIÓ		**794,67**

CAPÍTOL 6: OBRA CIVIL

6.1.		MATERIALS		
		Base cèntrica de formigó, quantitat de 60 kg.		1.211,00
		Tabics vistos, quantitat de 80 kg.		3.994,00
		Vigues de fundació 60kg/m³		1.383,00
		Junta de PVC per a formigó		71,70
6.2.	h.	MAQUINÀRIA		
		Perforacions i transport, inclou:		
		Camió cuba	4	68,60	274,40
		Excavadora 2 M3	4	38,00	152,00
		Formigonera 250 l	40	0,92	36,80
6.3.	h.	MÀ D'OBRA		

Mà d'obra per conveni, inclou:			
Oficial de 1a	40	14,80	592,00
Maquinista o conductor	4	14,10	56,40
Ajudant	40	13,76	550,40
Peó especialitzat	40	13,60	544,00

6.4.	m².	ACABATS		
		Operacions de pintura. Pintura blanca rugosa	109,2	10,51	1.147,69
		Insonorització, inclou:			
		Sostre. Aïllament acústic SONODAN plus	49	32,53	1.593,97
		Sòl. Aïllament tèrmic i acústic Isover Panel PF-15	49	7,00	343,00
		Parets. Aïllament de Maó Chovacustic Plus	60	23,46	1.412,29
		TOTAL OBRA CIVIL			**13.362,65**

CAPÍTOL 7: MUNTATGE I POSTA EN FUNCIONAMENT

7.1.		MUNTATGE I POSTA EN MARXA		
		Mà d'obra per al muntatge de la instal·lació, inclou:		
		Encarregat especialista en instal·lacions elèctriques	504	20,00	10.080,00
		Oficial especialista en instal·lacions elèctriques	504	18,00	9.072,00
		Peó 1 especialitzat en instal·lacions elèctriques	504	12,50	6.300,00
		Peó 2 especialitzat en instal·lacions elèctriques	504	12,50	6.300,00
		Oficial de primera electricista	504	14,20	7.156,80
		Ajudant electricista	504	11,50	5.796,00
		TOTAL MUNTATGE I POSTA EN FUNCIONAMENT			**44.704,80**

CAPÍTOL 8: ENGINYERIA

8.1.		IMPORT PRESSUPOST D'ENGINYERIA	15.000,00
		TOTAL ENGINYERIA	**15.000,00**

CAPÍTOL 4: ANNEXES

4.1. Annex 1. Caigudes de tensió dels strings a les caixes de continua dels inversors IG Plus 150.

De Generador Fotovoltaic a Caixes de Unió								
CÀLCUL SECCIONS DEL COSTAT DE CONTÍNUA								
CAIXA CB-VS-1	Subcamp	Longitud [m]	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Tª Servei [ºC]	Resistivitat [Ωmm²/m]	cdt [%]
String 1-Caixa CB-VS-1	A	70,76	6	330	4,36	90	0,022	0,686
String 2-Caixa CB-VS-1		65,36	6	330	4,36	90	0,022	0,633
String 3-Caixa CB-VS-1		59,96	6	330	4,36	90	0,022	0,581
String 4-Caixa CB-VS-1		54,62	6	330	4,36	90	0,022	0,529
String 5-Caixa CB-VS-1		48,97	6	330	4,36	90	0,022	0,474
String 6-Caixa CB-VS-1		37,88	6	330	4,36	90	0,022	0,367
String 7-Caixa CB-VS-1		32,48	6	330	4,36	90	0,022	0,315
String 8-Caixa CB-VS-1		27,08	6	330	4,36	90	0,022	0,262
String 9-Caixa CB-VS-1	B	33,04	6	330	4,36	90	0,022	0,320
String 10-Caixa CB-VS-1		27,64	6	330	4,36	90	0,022	0,268
String 11-Caixa CB-VS-1		22,24	6	330	4,36	90	0,022	0,215
String 12-Caixa CB-VS-1		21,8	6	330	4,36	90	0,022	0,211
String 13-Caixa CB-VS-1		17,24	6	330	4,36	90	0,022	0,167
String 14-Caixa CB-VS-1		16,4	6	330	4,36	90	0,022	0,159
String 15-Caixa CB-VS-1		11,84	6	330	4,36	90	0,022	0,115
String 16-Caixa CB-VS-1		11	6	330	4,36	90	0,022	0,107
String 17-Caixa CB-VS-1	C	33,14	6	330	4,36	90	0,022	0,321
String 18-Caixa CB-VS-1		32,03	6	330	4,36	90	0,022	0,310
String 19-Caixa CB-VS-1		27,74	6	330	4,36	90	0,022	0,269
String 20-Caixa CB-VS-1		26,63	6	330	4,36	90	0,022	0,258
String 21-Caixa CB-VS-1		22,34	6	330	4,36	90	0,022	0,216
String 22-Caixa CB-VS-1		19,23	6	330	4,36	90	0,022	0,186
String 23-Caixa CB-VS-1		16,94	6	330	4,36	90	0,022	0,164
String 24-Caixa CB-VS-1		13,83	6	330	4,36	90	0,022	0,134

De Generador Fotovoltaic a Caixes de Unió								
CÀLCUL SECCIONS DEL COSTAT DE CONTÍNUA								
CAIXA CB-VS-2	Subcamp	Longitud [m]	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Tª Servei [ºC]	Resistivitat [Ωmm²/m]	cdt [%]
String 25-Caixa CB-VS-2	D	39,77	6	330	4,36	90	0,022	0,385
String 26-Caixa CB-VS-2		34,77	6	330	4,36	90	0,022	0,337
String 27-Caixa CB-VS-2		30,96	6	330	4,36	90	0,022	0,300
String 28-Caixa CB-VS-2		29,77	6	330	4,36	90	0,022	0,288
String 29-Caixa CB-VS-2		25,96	6	330	4,36	90	0,022	0,252
String 30-Caixa CB-VS-2		24,37	6	330	4,36	90	0,022	0,236
String 31-Caixa CB-VS-2		20,96	6	330	4,36	90	0,022	0,203
String 32-Caixa CB-VS-2		13,56	6	330	4,36	90	0,022	0,131
String 33-Caixa CB-VS-2	E	64,49	6	330	4,36	90	0,022	0,625
String 34-Caixa CB-VS-2		59,09	6	330	4,36	90	0,022	0,573
String 35-Caixa CB-VS-2		53,69	6	330	4,36	90	0,022	0,520
String 36-Caixa CB-VS-2		45,29	6	330	4,36	90	0,022	0,439
String 37-Caixa CB-VS-2		34,91	6	330	4,36	90	0,022	0,338
String 38-Caixa CB-VS-2		29,51	6	330	4,36	90	0,022	0,286
String 39-Caixa CB-VS-2		24,11	6	330	4,36	90	0,022	0,234
String 40-Caixa CB-VS-2		15,29	6	330	4,36	90	0,022	0,148
String 41-Caixa CB-VS-2	F	46,01	6	330	4,36	90	0,022	0,446
String 42-Caixa CB-VS-2		43,59	6	330	4,36	90	0,022	0,422
String 43-Caixa CB-VS-2		31,74	6	330	4,36	90	0,022	0,308
String 44-Caixa CB-VS-2		26,74	6	330	4,36	90	0,022	0,259
String 45-Caixa CB-VS-2		26,23	6	330	4,36	90	0,022	0,254
String 46-Caixa CB-VS-2		17,65	6	330	4,36	90	0,022	0,171
String 47-Caixa CB-VS-2		11,17	6	330	4,36	90	0,022	0,108
String 48-Caixa CB-VS-2		7,17	6	330	4,36	90	0,022	0,069

De Generador Fotovoltaic a Caixes de Unió								
CÀLCUL SECCIONS DEL COSTAT DE CONTÍNUA								
CAIXA CB-VS-3	Subcamp	Longitud [m]	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Tª Servei [ºC]	Resistivitat [Ωmm²/m]	cdt [%]
String 49-Caixa CB-VS-3	G	52,24	6	330	4,36	90	0,022	0,506
String 50-Caixa CB-VS-3		44,84	6	330	4,36	90	0,022	0,434
String 51-Caixa CB-VS-3		39,84	6	330	4,36	90	0,022	0,386
String 52-Caixa CB-VS-3		34,84	6	330	4,36	90	0,022	0,338
String 53-Caixa CB-VS-3		23,5	6	330	4,36	90	0,022	0,228
String 54-Caixa CB-VS-3		18,1	6	330	4,36	90	0,022	0,175
String 55-Caixa CB-VS-3		13,1	6	330	4,36	90	0,022	0,127
String 56-Caixa CB-VS-3		7,7	6	330	4,36	90	0,022	0,075
String 57-Caixa CB-VS-3	H	55,39	6	330	4,36	90	0,022	0,537
String 58-Caixa CB-VS-3		49,99	6	330	4,36	90	0,022	0,484
String 59-Caixa CB-VS-3		47,54	6	330	4,36	90	0,022	0,461
String 60-Caixa CB-VS-3		44,59	6	330	4,36	90	0,022	0,432
String 61-Caixa CB-VS-3		42,14	6	330	4,36	90	0,022	0,408
String 62-Caixa CB-VS-3		38,19	6	330	4,36	90	0,022	0,370
String 63-Caixa CB-VS-3		36,74	6	330	4,36	90	0,022	0,356
String 64-Caixa CB-VS-3		31,34	6	330	4,36	90	0,022	0,304
String 65-Caixa CB-VS-3	I	33,22	6	330	4,36	90	0,022	0,322
String 66-Caixa CB-VS-3		27,82	6	330	4,36	90	0,022	0,270
String 67-Caixa CB-VS-3		26,36	6	330	4,36	90	0,022	0,255
String 68-Caixa CB-VS-3		20,96	6	330	4,36	90	0,022	0,203
String 69-Caixa CB-VS-3		20,42	6	330	4,36	90	0,022	0,198
String 70-Caixa CB-VS-3		15,56	6	330	4,36	90	0,022	0,151
String 71-Caixa CB-VS-3		15,02	6	330	4,36	90	0,022	0,146
String 72-Caixa CB-VS-3		10,16	6	330	4,36	90	0,022	0,098

De Generador Fotovoltaic a Caixes de Unió								
CÀLCUL SECCIONS DEL COSTAT DE CONTÍNUA								
CAIXA CB-VS-5	Subcamp	Longitud [m]	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Tª Servei [ºC]	Resistivitat [Ωmm²/m]	cdt [%]
String 81-Caixa CB-VS-5	M	28,09	6	330	4,36	90	0,022	0,272
String 82-Caixa CB-VS-5		26,59	6	330	4,36	90	0,022	0,258
String 83-Caixa CB-VS-5		21,19	6	330	4,36	90	0,022	0,205
String 84-Caixa CB-VS-5		18,97	6	330	4,36	90	0,022	0,184
String 85-Caixa CB-VS-5		16,6	6	330	4,36	90	0,022	0,161
String 86-Caixa CB-VS-5		15,79	6	330	4,36	90	0,022	0,153
String 87-Caixa CB-VS-5		13,57	6	330	4,36	90	0,022	0,131
String 88-Caixa CB-VS-5		8,17	6	330	4,36	90	0,022	0,079
String 89-Caixa CB-VS-5	N	33,94	6	330	4,36	90	0,022	0,329
String 90-Caixa CB-VS-5		33,44	6	330	4,36	90	0,022	0,324
String 91-Caixa CB-VS-5		28,04	6	330	4,36	90	0,022	0,272
String 92-Caixa CB-VS-5		24,17	6	330	4,36	90	0,022	0,234
String 93-Caixa CB-VS-5		22,64	6	330	4,36	90	0,022	0,219
String 94-Caixa CB-VS-5		18,77	6	330	4,36	90	0,022	0,182
String 95-Caixa CB-VS-5		17,64	6	330	4,36	90	0,022	0,171
String 96-Caixa CB-VS-5		9,47	6	330	4,36	90	0,022	0,092
String 97-Caixa CB-VS-5	O	57,68	6	330	4,36	90	0,022	0,559
String 98-Caixa CB-VS-5		56,68	6	330	4,36	90	0,022	0,549
String 99-Caixa CB-VS-5		51,28	6	330	4,36	90	0,022	0,497
String 100-Caixa CB-VS-5		48,01	6	330	4,36	90	0,022	0,465
String 101-Caixa CB-VS-5		45,88	6	330	4,36	90	0,022	0,445
String 102-Caixa CB-VS-5		42,61	6	330	4,36	90	0,022	0,413
String 103-Caixa CB-VS-5		40,88	6	330	4,36	90	0,022	0,396
String 104-Caixa CB-VS-5		33,01	6	330	4,36	90	0,022	0,320

De Generador Fotovoltaic a Caixes de Unió								
CÀLCUL SECCIONS DEL COSTAT DE CONTÍNUA								
CAIXA CB-VS-6	Subcamp	Longitud [m]	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Tª Servei [ºC]	Resistivitat [Ωmm²/m]	cdt [%]
String 105-Caixa CB-VS-6	P	78,49	6	330	4,36	90	0,022	0,760
String 106-Caixa CB-VS-6		76,09	6	330	4,36	90	0,022	0,737
String 107-Caixa CB-VS-6		70,69	6	330	4,36	90	0,022	0,685
String 108-Caixa CB-VS-6		70,08	6	330	4,36	90	0,022	0,679
String 109-Caixa CB-VS-6		67,09	6	330	4,36	90	0,022	0,650
String 110-Caixa CB-VS-6		65,29	6	330	4,36	90	0,022	0,633
String 111-Caixa CB-VS-6		60,78	6	330	4,36	90	0,022	0,589
String 112-Caixa CB-VS-6		55,38	6	330	4,36	90	0,022	0,537
String 113-Caixa CB-VS-6	Q	40,55	6	330	4,36	90	0,022	0,393
String 114-Caixa CB-VS-6		35,15	6	330	4,36	90	0,022	0,341
String 115-Caixa CB-VS-6		34,14	6	330	4,36	90	0,022	0,331
String 116-Caixa CB-VS-6		29,75	6	330	4,36	90	0,022	0,288
String 117-Caixa CB-VS-6		28,74	6	330	4,36	90	0,022	0,278
String 118-Caixa CB-VS-6		24,75	6	330	4,36	90	0,022	0,240
String 119-Caixa CB-VS-6		23,34	6	330	4,36	90	0,022	0,226
String 120-Caixa CB-VS-6		15,94	6	330	4,36	90	0,022	0,154
String 121-Caixa CB-VS-6	R	32,89	6	330	4,36	90	0,022	0,319
String 122-Caixa CB-VS-6		31,89	6	330	4,36	90	0,022	0,309
String 123-Caixa CB-VS-6		26,49	6	330	4,36	90	0,022	0,257
String 124-Caixa CB-VS-6		21,09	6	330	4,36	90	0,022	0,204
String 125-Caixa CB-VS-6		15,69	6	330	4,36	90	0,022	0,152
String 126-Caixa CB-VS-6		10,86	6	330	4,36	90	0,022	0,105
String 127-Caixa CB-VS-6		5,46	6	330	4,36	90	0,022	0,053
String 128-Caixa CB-VS-6		7,33	6	330	4,36	90	0,022	0,071

De Generador Fotovoltaic a Caixes de Unió								
CÀLCUL SECCIONS DEL COSTAT DE CONTÍNUA								
CAIXA CB-VS-7	Subcamp	Longitud [m]	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Tª Servei [ºC]	Resistivitat [Ωmm²/m]	cdt [%]
String 129-Caixa CB-VS-7	S	58,04	6	330	4,36	90	0,022	0,562
String 130-Caixa CB-VS-7		52,64	6	330	4,36	90	0,022	0,510
String 131-Caixa CB-VS-7		47,24	6	330	4,36	90	0,022	0,458
String 132-Caixa CB-VS-7		41,84	6	330	4,36	90	0,022	0,405
String 133-Caixa CB-VS-7		19,52	6	330	4,36	90	0,022	0,189
String 134-Caixa CB-VS-7		16,46	6	330	4,36	90	0,022	0,159
String 135-Caixa CB-VS-7		11,06	6	330	4,36	90	0,022	0,107
String 136-Caixa CB-VS-7		8,63	6	330	4,36	90	0,022	0,084
String 137-Caixa CB-VS-7	T	39,21	6	330	4,36	90	0,022	0,380
String 138-Caixa CB-VS-7		33,81	6	330	4,36	90	0,022	0,328
String 139-Caixa CB-VS-7		32,71	6	330	4,36	90	0,022	0,317
String 140-Caixa CB-VS-7		28,41	6	330	4,36	90	0,022	0,275
String 141-Caixa CB-VS-7		27,31	6	330	4,36	90	0,022	0,265
String 142-Caixa CB-VS-7		23,01	6	330	4,36	90	0,022	0,223
String 143-Caixa CB-VS-7		21,91	6	330	4,36	90	0,022	0,212
String 144-Caixa CB-VS-7		16,51	6	330	4,36	90	0,022	0,160

4.2. *Annex 2. Caigudes de tensió de les caixes de continua als inversors IG Plus 150*

De Caixes de Unió a Inversors								
CÀLCUL SECCIONS DEL COSTAT DE CONTÍNUA								
	CAIXA	Longitud [m]	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Tª Servei [ºC]	Resistivitat [Ωmm²/m]	cdt [%]
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	CB-VS-1	12,86	50	330	34,88	90	0,022	0,120
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		13,86	50	330	34,88	90	0,022	0,129
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		14,86	50	330	34,88	90	0,022	0,138
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	CB-VS-2	30,93	50	330	34,88	90	0,022	0,288
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		31,93	50	330	34,88	90	0,022	0,297
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		32,93	50	330	34,88	90	0,022	0,306
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	CB-VS-3	46,27	50	330	34,88	90	0,022	0,430
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		47,27	50	330	34,88	90	0,022	0,440
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		48,27	50	330	34,88	90	0,022	0,449

De Caixes de Unió a Inversors								
CÀLCUL SECCIONS DEL COSTAT DE CONTÍNUA								
	CAIXA	Longitud [m]	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Tª Servei [ºC]	Resistivitat [Ωmm²/m]	cdt [%]
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	CB-VS-5	20,33	50	330	34,88	90	0,022	0,189
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		21,33	50	330	34,88	90	0,022	0,198
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		22,33	50	330	34,88	90	0,022	0,208
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	CB-VS-6	32,31	50	330	34,88	90	0,022	0,301
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		33,31	50	330	34,88	90	0,022	0,310
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		34,31	50	330	34,88	90	0,022	0,319
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	CB-VS-7	58,16	50	330	34,88	90	0,022	0,541
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		59,16	50	330	34,88	90	0,022	0,550

4.3. Annex 3. Caigudes de tensió dels strings a les caixes de continua dels inversors IG Plus 70 i 30

De Generador Fotovoltaic a Caixes de Unió								
CÀLCUL SECCIONS DEL COSTAT DE CONTÍNUA								
CAIXA CB-VS-4	Subcamp	Longitud [m]	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Tª Servei [ºC]	Resistivitat [Ωmm²/m]	cdt [%]
String 73-Caixa CB-VS-4	J	18,03	6	363	4,36	90	0,022	0,159
String 74-Caixa CB-VS-4		12,53	6	363	4,36	90	0,022	0,110
String 75-Caixa CB-VS-4		7,03	6	363	4,36	90	0,022	0,062
String 76-Caixa CB-VS-4	K	27,28	6	363	4,36	90	0,022	0,240
String 77-Caixa CB-VS-4		21,78	6	363	4,36	90	0,022	0,192
String 78-Caixa CB-VS-4		16,89	6	363	4,36	90	0,022	0,149
String 79-Caixa CB-VS-4	L	35,64	4	363	4,36	90	0,022	0,471
String 80-Caixa CB-VS-4		30,14	4	363	4,36	90	0,022	0,398

De Generador Fotovoltaic a Caixes de Unió								
CÀLCUL SECCIONS DEL COSTAT DE CONTÍNUA								
CAIXA CB-VS-7	Subcamp	Longitud [m]	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Tª Servei [ºC]	Resistivitat [Ωmm²/m]	cdt [%]
String 145-Caixa CB-VS-7	U	56,69	6	363	4,36	90	0,022	0,499
String 146-Caixa CB-VS-7		50,69	6	363	4,36	90	0,022	0,446
String 147-Caixa CB-VS-7		37,81	6	363	4,36	90	0,022	0,333

4.4. Annex 4. Caigudes de tensió de les caixes de continua als inversors IG Plus 70 i 30

De Caixes de Unió a Inversors								
CÀLCUL SECCIONS DEL COSTAT DE CONTÍNUA								
	CAIXA	Longitud [m]	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Tª Servei [ºC]	Resistivitat [Ωmm²/m]	cdt [%]
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 70	CB-VS-4	46,29	10	363	13,08	90	0,022	0,734
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 70		47,29	10	363	13,08	90	0,022	0,750
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 30		48,29	6	363	8,72	90	0,022	0,851

De Caixes de Unió a Inversors								
CÀLCUL SECCIONS DEL COSTAT DE CONTÍNUA								
	CAIXA	Longitud [m]	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Tª Servei [ºC]	Resistivitat [Ωmm²/m]	cdt [%]
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 70	CB-VS-7	60,16	10	363	13,08	90	0,022	0,954

4.5. Annex 5. Caigudes de tensió dels inversors IG Plus 150, 70 i 30 a les caixes d'alterna

De Inversors a Caixa alterna								
CÀLCUL SECCIONS DEL COSTAT D'ALTERNA								
	CAIXA	Longitud [m]	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Tª Servei [ºC]	Resistivitat [Ωmm²/m]	cdt [%]
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	CB-VS-1	3,67	10	400	54,9	90	0,022	0,111
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		4,67	10	400	54,9	90	0,022	0,141
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		5,67	10	400	54,9	90	0,022	0,171
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	CB-VS-2	6,67	10	400	54,9	90	0,022	0,201
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		7,67	10	400	54,9	90	0,022	0,232
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		8,67	10	400	54,9	90	0,022	0,262
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	CB-VS-3	6,67	10	400	54,9	90	0,022	0,201
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		7,67	10	400	54,9	90	0,022	0,232
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		8,67	10	400	54,9	90	0,022	0,262

De Inversors a Caixa alterna								
CÀLCUL SECCIONS DEL COSTAT D'ALTERNA								
	CAIXA	Longitud [m]	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Tª Servei [ºC]	Resistivitat [Ωmm²/m]	cdt [%]
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	CB-VS-5	3,17	10	400	54,9	90	0,022	0,096
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		4,17	10	400	54,9	90	0,022	0,126
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		5,17	10	400	54,9	90	0,022	0,156
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	CB-VS-6	6,17	10	400	54,9	90	0,022	0,186
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		7,17	10	400	54,9	90	0,022	0,216
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		3,17	10	400	54,9	90	0,022	0,096
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	CB-VS-7	4,17	10	400	54,9	90	0,022	0,126
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150		5,17	10	400	54,9	90	0,022	0,156

De Inversors a Caixa alterna								
CÀLCUL SECCIONS DEL COSTAT D'ALTERNA								
	CAIXA	Longitud [m]	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Tª Servei [ºC]	Resistivitat [Ωmm²/m]	cdt [%]
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 70	CB-VS-4	5,67	10	230	29,7	90	0,022	0,322
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 70		4,67	10	230	29,7	90	0,022	0,265
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 30		3,67	4	230	13,8	90	0,022	0,242

De Inversors a Caixa alterna								
CÀLCUL SECCIONS DEL COSTAT D'ALTERNA								
	CAIXA	Longitud [m]	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Tª Servei [ºC]	Resistivitat [Ωmm²/m]	cdt [%]
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 70	CB-VS-3	6,17	10	230	29,7	90	0,022	0,351

4.6. *Annex 6. Elements de protecció al costat d'alterna*

De Inversors a Caixa alterna							
ELEMENTS DE PROTECCIÓ AL COSTAT D'ALTERNA							
Interruptors magneto tèrmics	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Intensitat protecció [A]	Intensitat canalització [A]	Corba	Intensitat de tall [kA]
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	10	400	21,75	25	36,8	C	10
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	10	400	21,75	25	36,8	C	10
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	10	400	21,75	25	36,8	C	10
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	10	400	21,75	25	36,8	C	10
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	10	400	21,75	25	36,8	C	10
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	10	400	21,75	25	36,8	C	10
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	10	400	21,75	25	36,8	C	10
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	10	400	21,75	25	36,8	C	10
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	10	400	21,75	25	36,8	C	10
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 70	10	230	35,38	40	48,28	C	10
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 70	10	230	35,38	40	48,28	C	10
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 30	4	230	16,25	20	31,95	C	10

De Inversors a Caixa alterna							
ELEMENTS DE PROTECCIÓ EN EL COSTAT D'ALTERNA							
	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Intensitat protecció [A]	Intensitat canalització [A]	Corba	Intensitat de tall [kA]
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	10	400	21,75	25	36,8	C	10
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	10	400	21,75	25	36,8	C	10
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	10	400	21,75	25	36,8	C	10
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	10	400	21,75	25	36,8	C	10
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	10	400	21,75	25	36,8	C	10
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	10	400	21,75	25	36,8	C	10
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	10	400	21,75	25	36,8	C	10
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 150	10	400	21,75	25	36,8	C	10
INVERSOR FRONIUS/IG PLUS 70	10	230	35,28	40	48,28	C	10

De Caixa alterna a DGMP							
ELEMENTS DE PROTECCIÓ EN EL COSTAT D'ALTERNA							
	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Intensitat protecció [A]	Intensitat canalització [A]	Corba	Intensitat de tall [kA]
Caixa alterna PB-VS-01	120	400	184,9	200	271,93	C	20

De Caixa alterna a DGMP							
ELEMENTS DE PROTECCIÓ EN EL COSTAT D'ALTERNA							
	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Intensitat protecció [A]	Intensitat canalització [A]	Corba	Intensitat de tall [kA]
Caixa alterna PB-VS-02	120	400	167,5	200	271,93	C	20

De DGMP a CPM							
ELEMENTS DE PROTECCIÓ EN EL COSTAT D'ALTERNA							
	Secció [mm²]	Tensió [V]	Intensitat [A]	Intensitat protecció [A]	Intensitat canalització [A]	Corba	Intensitat de tall [kA]
Connexió DGMP amb CPM	240	400	347,9	400	607	C	50

CAPÍTOL 5: PLÀNOLS