

Projecte Bàsic.

Ampliació Instal·lació

**Fotovoltaica per autoconsum
col·lectiu de 20kW a 100kW**

L'AMETLLA DE MAR – Edifici Brigades

Client: Ajuntament de L'Ametlla de Mar

Data: 15/01/2024

ÍNDIX

1.	MEMÒRIA DESCRIPTIVA.....	2
1.1.	Objecte i Antecedents.....	3
1.2.	Titularitat i Agents.....	4
1.3.	Emplaçament i Accés	5
1.4.	Punt de Connexió a la Xarxa	6
1.5.	Normativa Aplicable.....	7
1.6.	Solucions Tècniques.....	10
1.6.1.	Estructura de fixació	10
1.6.2.	Mòduls fotovoltaics	11
1.6.3.	Inversor.....	13
1.6.4.	Camp Fotovoltaic.....	14
1.6.5.	Modificacions en la connexió a la Xarxa.....	15
1.6.6.	Cablejat.....	18
1.6.7.	Proteccions Elèctriques	19
1.6.8.	Posta a Terra.....	21
2.	Annexos.....	23
2.1.	Càlculs justificatius Elèctrics	24
2.1.1.	Justificació de strings i inversor	24
2.1.2.	Justificació de secció de cablejat	25
2.2.	Fitxes Tècniques.....	31
3.	Pressupost	32
4.	Plànols	35

1. MEMÒRIA DESCRIPTIVA

1.1. Objecte i Antecedents

Aquest document parteix de l'estudi realitzat per Cefiner i s'ha modificat segons les observacions que ha realitzat l'Ajuntament de l'Ametlla de Mar del document i les instal·lacions previstes.

L'EDIFICI DE LES BRIGADES de l'AMETLLA DE MAR disposa actualment d'una instal·lació fotovoltaica de 20kW en règim de autoconsum individual. Es projecta l'ampliació d'aquesta instal·lació fins a un total de 100kW nominals (màxima potència per la connexió en Baixa Tensió) i el seu canvi de règim a autoconsum col·lectiu per tal de poder compartir l'energia generada entre punts de subministrament que es trobin a 2.000m a la rodona.

L'objecte d'aquest projecte és la descripció i justificació de les solucions constructives i tècniques i càlcul dels elements que formen l'ampliació de la instal·lació elèctrica de generació fotovoltaica a l'EDIFICI DE LES BRIGADES per a autoconsum col·lectiu.

Es descriuen les característiques tècniques dels elements que conformen la instal·lació fotovoltaica, des dels elements de generació i conversió de l'energia fins a la connexió amb la xarxa elèctrica.

1.2. Titularitat i Agents

Es mostren les dades dels principals agents del projecte.

Dades del titular de la instal·lació	
Nom / Raó Social	Ajuntament de l'Ametlla de Mar
NIF	P4301300B
Direcció	C/ Sant Joan, 55
Població	L'Ametlla de Mar
Codi Postal	43860
Província	Tarragona

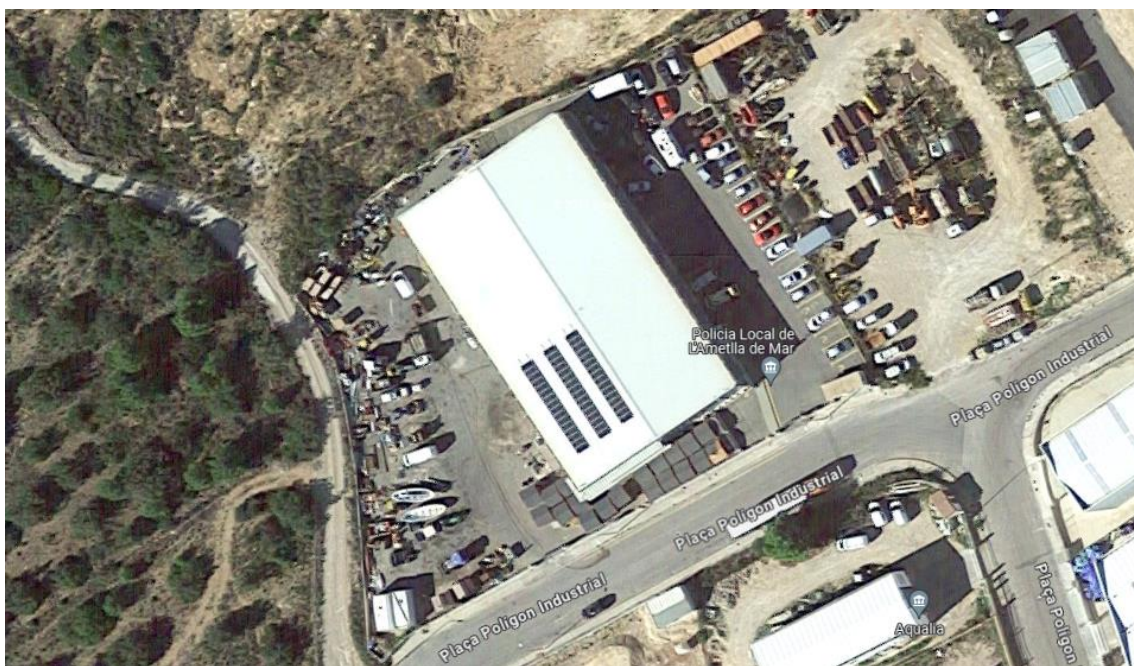
Dades de l'emplaçament de la instal·lació	
Edifici	Edifici Brigada
Direcció	Pl. Polígon Industrial, 17
Població	L'Ametlla de Mar
Codi Postal	43860
Província	Tarragona
Referencia Cadastral	5086701CF1258E

1.3. Emplaçament i Accés

La instal·lació fotovoltaica projectada en aquest document s'emplaça a l'EDIFICI DE LA BRIGADA a L'AMETLLA DE MAR, situat a la PL. POLÍGON INDUSTRIAL, 17.



Imatge 1. Polígon Industrial

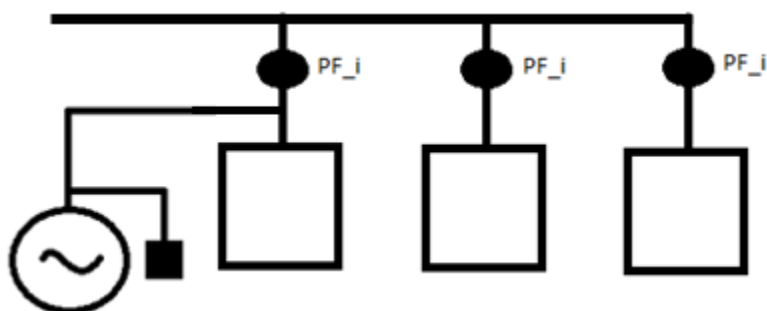


Imatge 2. Coberta amb la FV existent

1.4. Punt de Connexió a la Xarxa

La instal·lació es modifica de tal manera que es connecta a la xarxa interior del subministrament elèctric de l'edifici, seguint l'esquema elèctric que permet l'autoconsum col·lectiu amb punts situats a 2.000m a la rodona.

Concretament la instal·lació es legalitzarà com **a instal·lació d'autoconsum acollida al règim de compensació d'excedents i amb possibilitat d'autoconsum col·lectiu compartint l'energia amb punts de baixa tensió situats a menys de 2.000 metres (a través de xarxa).**



Imatge 3. Esquema de connexió de la instal·lació fotovoltaica.

1.5. Normativa Aplicable

Energia Solar Fotovoltaica:

- Reial decret 244/2019, de 5 d'abril, pel qual es regulen les condicions administratives, tècniques i econòmiques d'autoconsum d'energia elèctrica.
- Reial Decret-Llei 15/2018, del 5 d'Octubre, de mesures urgents per a la transició energètica i la protecció dels consumidors.
- Reial Decret 2818/1998, de 23 de desembre, sobre producció d'energia elèctrica per instal·lacions de fonts abastides per recursos o fonts d'energia renovables, residus i cogeneració.
- Reial Decret 154/1995, de 3 de febrer, pel qual es modifica el Reial Decret 7/1988, de 8 de gener, pel qual es regulen les exigències de seguretat del material elèctric destinat a ser utilitzat en determinats límits de tensió.
- Reial Decret 7/1988, de 8 de gener, relatiu a les exigències de seguretat del material elèctric destinat a ser utilitzat en determinats límits de tensió.
- Reial Decret 1699/2011, de 18 de novembre, pel qual es regula la connexió a xarxa d'instal·lacions de producció d'energia elèctrica de petita potència.

Sector Elèctric:

- Llei 24/2013, de 26 de desembre, per la que es regula el Sector Elèctric.
- Reial Decret 560/2010, del 7 de maig, pel qual es modifiquen diverses normes reglamentàries en matèria de seguretat industrial per a adequar-les a la Llei 17/2009, del 23 de novembre.
- Decret 74/2007, de 27 de març, pel qual es modifica l'article 13.1 del Reial Decret 363/2004, de 24 d'agost, pel qual es regula el procediment administratiu per a l'aplicació del Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió.
- Reial Decret 1580/2006, de 22 de desembre, pel que es regula la compatibilitat electromagnètica dels equips elèctrics i electrònics.
- Decret 363/2004, de 24 d'agost, pel qual es regula el procediment administratiu per a l'aplicació del Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió. Departament de Treball i Indústria. Generalitat de Catalunya.
- Reial Decret 842/2002, de 2 d'agost, pel que s'aprova el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió REBT.
- Directiva 2002/96/CE del Parlament Europeu i del Consell de 27 de gener de 2003 sobre residus d'aparells elèctrics i electrònics (RAEE).

- Directiva 2002/95/CE del Parlament Europeu i del Consell de 27 de gener de 2003 sobre restriccions a la utilització de determinades substàncies perilloses en aparells elèctrics i electrònics.
- Reial Decret 7/1988, de 8 de gener, pel que s'estableixen les exigències de seguretat del material elèctric destinat a ser utilitzat en determinats límits de tensió. BOE 14 de gener.
- Decret 351/1987, de 23 de novembre, pel que es determinen els procediments administratius aplicables a les instal·lacions elèctriques. DOGC núm. 932 de 28/12/87.
- Reial Decret 842/2002, de 2 d'agost, pel qual s'aprova el Reglament Electrotècnic per Baixa Tensió.
- Decret 363/2004, de 24 d'agost, pel qual es regula el procediment administratiu per a l'aplicació del Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió.
- Decret 74/2007, de 27 de març, pel qual es modifica l'article 13.1 del Decret 363/2004, de 24 d'agost, pel qual es regula el procediment administratiu per a l'aplicació del Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió.

Control Ambiental:

- Llei 20/2009, del 4 de desembre, de prevenció i control ambiental de les activitats.

Seguretat i Salut:

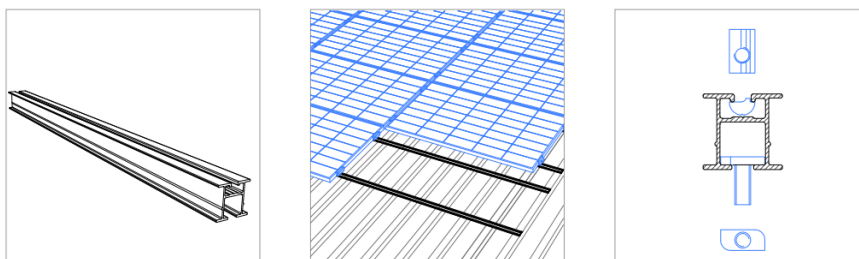
- Llei 31/1995, de 8 de novembre, de Prevenció de Riscos Laborals.
- Reial Decret 485/1997, de 14 de abril, sobre disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball.
- Llei 31/1995, de 8 de novembre, de Prevenció de Riscos Laborals.
- Reial Decret 485/1997, de 14 de abril, sobre disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball.
- Reial Decret 486/1997, de 14 de abril, pel que s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut en els llocs de Treball.
- Decret 351/1987, de 23 de novembre, pel que es determinen els procediments administratius aplicables a les instal·lacions elèctriques. DOGC núm. 932 de 28/12/87.
- Reial Decret 487/1997, de 14 de abril, sobre disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la manipulació manual de cargues que impliquen riscos, en particular dorso-lumbar, pels treballadors.
- Reial Decret 773/1997, de 30 de maig, sobre disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la utilització pels treballadors d'equips de protecció individual.

- Reial Decret 1627/1997, de 24 d'octubre, pel que s'estableixen disposicions mínimes de seguretat i salut a les obres de construcció.
- Llei 54/2003, de 12 de desembre, de reforma del marc normatiu de la prevenció de riscos laborals.
- Reial Decret 604/2006, de 19 de maig, pel que es modifiquen el Reial Decret 39/1997, de 17 de gener, pel que s'aprova el Reglament dels Serveis de Prevenció, i el Reial Decret 1627/1997, de 24 d'octubre, pel que s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut a les obres de construcció.
- Llei 32/2006, de 18 d'octubre, reguladora de la subcontractació en el Sector de la Construcció.
- Reial Decret 337/2010, de 19 de març, pel que es modifiquen el Reial Decreto 39/1997, de 17 de gener, pel que s'aprova el Reglament dels Serveis de Prevenció; el Reial Decreto 1109/2007, de 24 d'agost, pel que es desenvolupa la Llei 32/2006, de 18 d'octubre, reguladora de la subcontractació en el Sector de la Construcció i el Reial Decret 1627/1997, de 24 de octubre, pel que s'estableixen disposicions mínimes de seguretat i salut a les obres de construcció.

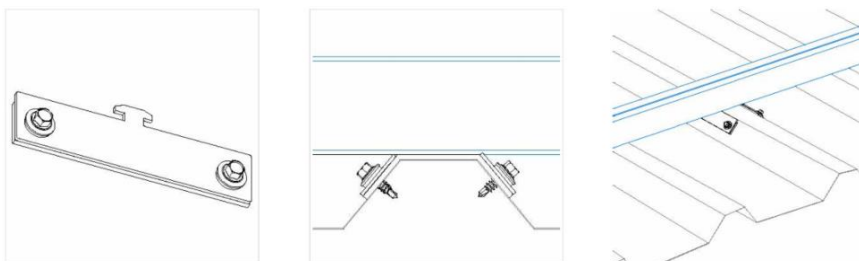
1.6. Solucions Tècniques

1.6.1. Estructura de fixació

L'estructura per subjectar els mòduls emprada es del tipus coplanar ancorada a coberta. Aquesta estructura es basa en perfils longitudinals d'alumini. Els carrils d'alumini que formen l'estructura basal s'ancoren a la coberta grecada a través de ganxo d'alumini i cargolaria d'acer inoxidable amb arandel·la amb capa d'EPDM.

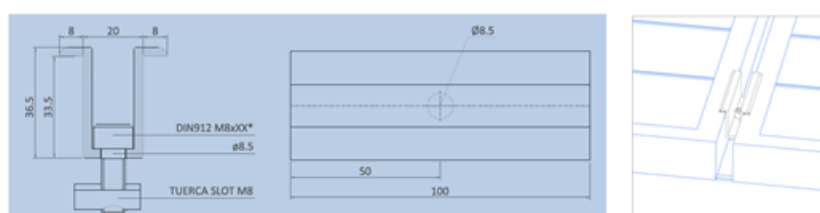


Imatge 4. Carril d'alumini

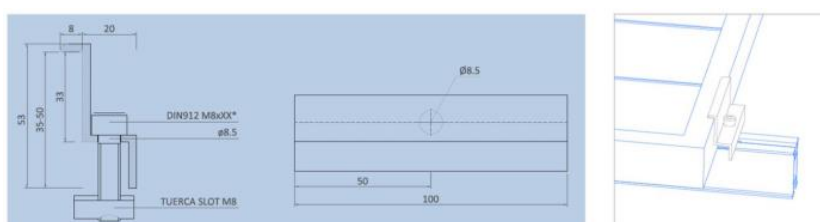


Imatge 5. Ganxo de fixació a coberta

La subjecció del mòdul al carril es farà a través de pinces de subjecció per pressió. Aquestes pinces tenen unes mides de 100 mm d'amplada i estan fabricades en alumini amb cargolaria de M8 d'acer inoxidable. Les pinces de final de carril disposaran únicament d'una banda de pinça.



Imatge 6. Pinça de subjecció de mòduls a carril



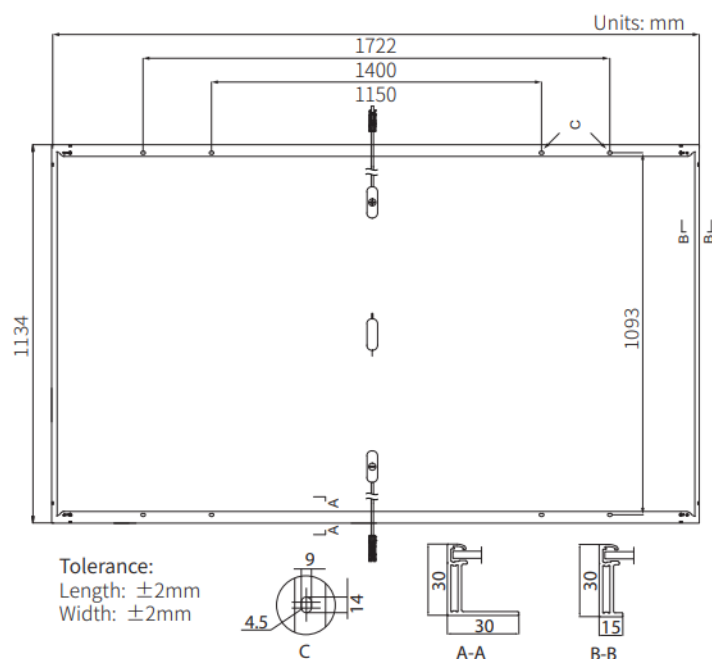
Imatge 7. Pinces de subjecció de mòdul de final de carril

1.6.2. Mòduls fotovoltaics

Tots els mòduls de la instal·lació son idèntics i intercanviables. El mòduls son de silici monocristal·lí amb vidre solar tèrmicament pretensat i marc d'alumini anoditzat. Les característiques principals dels mòduls es descriuen a la taula següent.

Es tracta d'un mòdul d'alta eficiència (21,8%) de 425 Wp.

Característiques físiques dels mòduls	
Potència mòdul (Wp)	425 Wp
Dimensions (mm)	1.722 x 1.134 x 30 mm
Pes	20,8 kg
Nº de cel·les	108 (6x18)
Eficiència	21,8 %
Secció de cable	4 mm ²



Imatge 8. Esquema de dimensions del mòdul fotovoltaic

Característiques elèctriques dels mòduls	
Potència	420 Wp
Voltatge Circuit Obert (Voc)	38,73 V
Voltatge de Màxima Potència (Vmpp)	32,44 V
Intensitat de curtcircuit (Isc)	14,00 A
Intensitat de Màxima Potència (Impp)	12,95 A

Tots els mòduls satisfan les especificacions de la IEC 61215, IEC 61730, ISO 9001 i ISO 14001.

Els mòduls tenen un garantia de producte de 15 anys i una garantia de producció lineal durant 25 anys. Es garanteix el 88,9% de la producció en 25 anys.

S'adjunta als annexos la fitxa tècnica d'aquest producte.

1.6.3. Inversor

L'inversor es l'equip encarregat de transformar el corrent continu (CC) generat al camp fotovoltaic en corrent altern (CA). L'inversor aboca energia a la xarxa si detecta que la tensió de la xarxa interior de l'edifici es entre 197 i 251 V entre fase i neutre, i la freqüència, entre 49Hz y 51Hz. L'inversor disposa de protocol de comunicació ModBus.

La instal·lació disposarà de dos inversors de 40kW de la marca HUAWEI model SUN2000-40KTL-M3.



Imatge 9. Inversor SUN2000-40KTL-M3

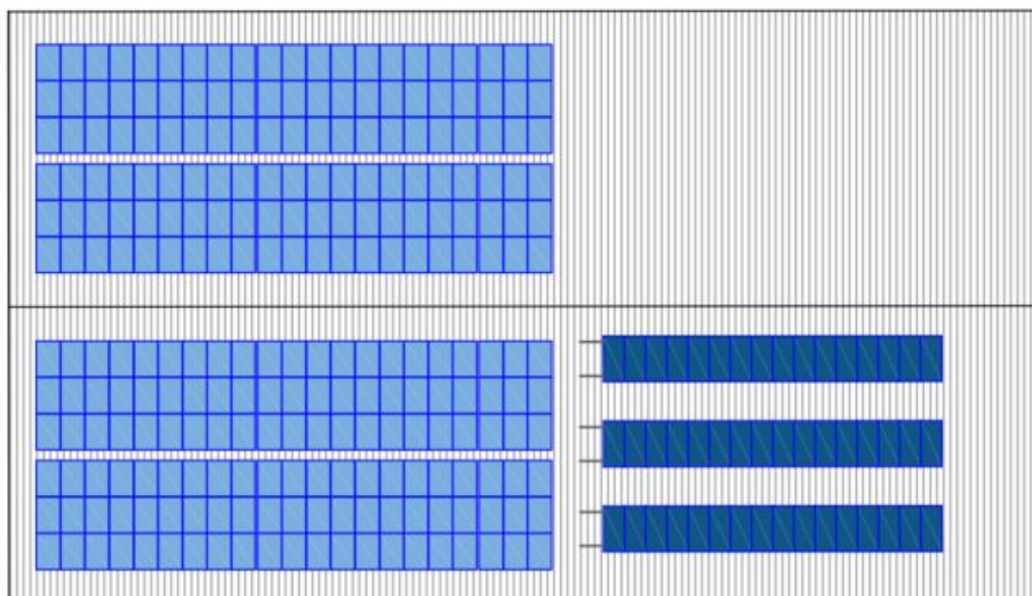
Les característiques principals de l'inversor es descriuen en la següent taula:

Característiques de l'inversor 40kW	
Potència inversor (kW)	40 kW
Dimensions (mm)	640 x 700 x 365 mm
Nº d'entrades de strings	8
Nº de MPPTs	4
Voltatge màxim entrada	1.100 V
Rang Voltatge d'operació	200 – 1.000 V
Intensitat màxima Entrada	13 A
Intensitat màxima MPPT	26 A
Intensitat màxima Curtcircuit MPPT	40 A

S'adjunta als annexos la fitxa tècnica d'aquest producte.

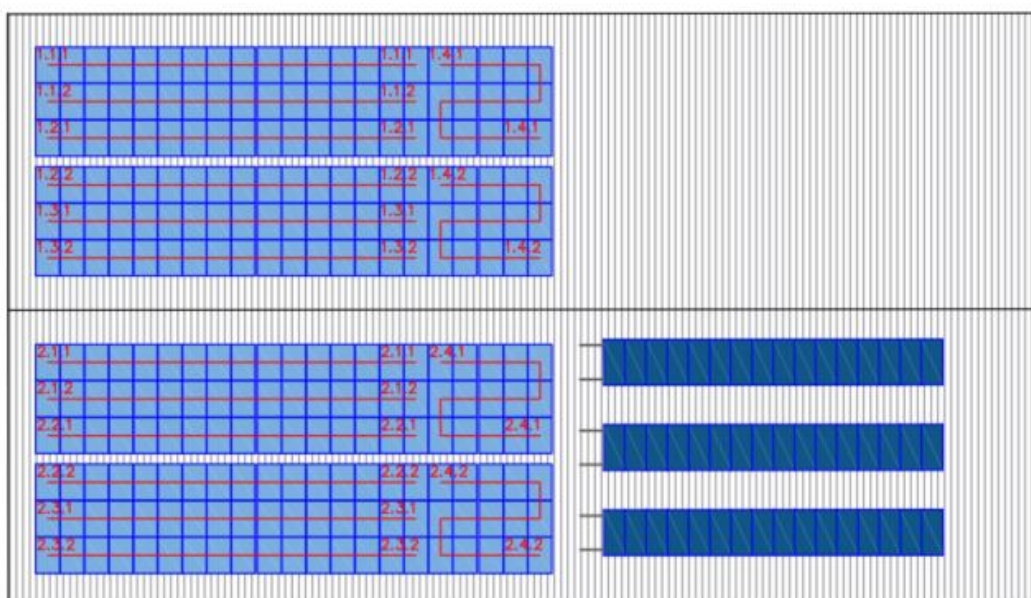
1.6.4. Camp Fotovoltaic

El camp fotovoltaic de l'ampliació de la instal·lació consisteix en 252 mòduls disposats verticalment amb una potència total de 105,84 kWp instal·lats. Es distribueixen els mòduls en strings connectats a l'inversor de la instal·lació.



Imatge 10. Camp fotovoltaic

Es distribueixen els mòduls en les dues aigües de la coberta. Les sèries de mòduls es realitzen tenint en compte que es compleixin els paràmetres elèctrics límits dels propis mòduls i inversors.



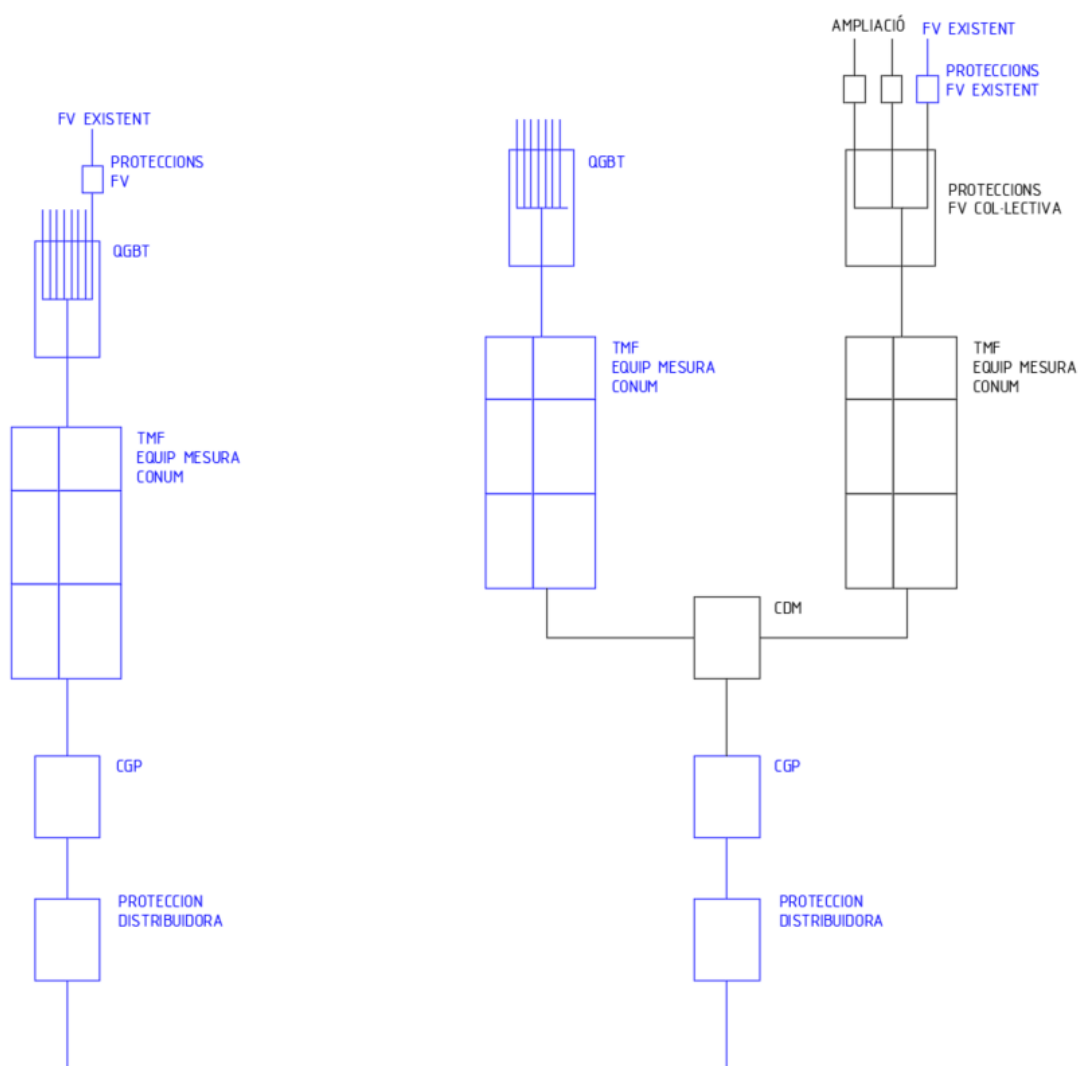
Imatge 11- Strings de connexió de mòduls

S'adjunten als annexos els càlculs justificatius elèctrics i la distribució de series.

1.6.5. Modificacions en la connexió a la Xarxa

Connexió de la fotovoltaica actual i nova connexió

La instal·lació fotovoltaica existent en l'edifici està connectada al Quadre General de Baixa Tensió (QGBT). La modificació de la connexió per convertir-la en autoconsum col·lectiu passa per agrupar els 3 inversors (existent + 2 inversors de 40kW) sota el mateix quadre de proteccions de fotovoltaica connectat a la seva pròpia TMF (Equip de protecció i mesura). Es connecten en paral·lel a través d'una Caixa de Distribució i Mesura (CDM) les dues TMF (consum i generació).



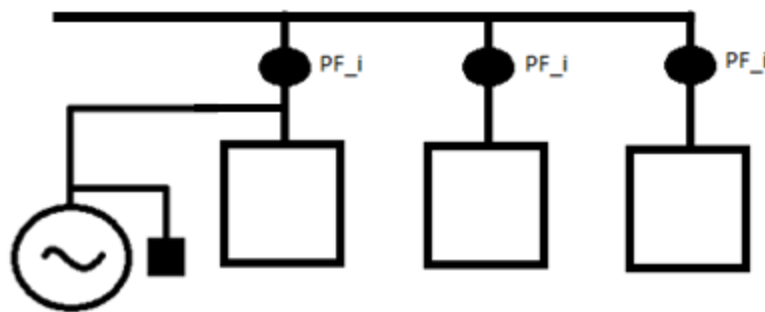
Imatge 12. Esquerra: Connexió actual. Dreta: Nova connexió

Modalitat d'autoconsum col·lectiu

La connexió a xarxa de la instal·lació serà la que permeti legalitzar la instal·lació com a instal·lació d'autoconsum col·lectiu segons s'estableix en el Reial Decret 244/19. Concretament la instal·lació es legalitzarà com a **instal·lació d'autoconsum acollida al règim de compensació d'excedents i amb possibilitat d'autoconsum col·lectiu compartint l'energia amb punts de baixa tensió situats a menys de 2.000 metres (a través de xarxa).**

L'esquema de connexió que permet aquesta possibilitat es el següent: La instal·lació fotovoltaica connectada en xarxa interior d'un dels punts de consum amb un comptador propi per la generació.

El Reial Decret 244/2019 del 5 d'abril, estableix en l'article 4.2.a. les condicions que s'han de complir per poder acollir-se a una modalitat d'autoconsum amb excedents i compensació. En el cas de l'autoconsum a través de xarxa únicament quan els serveis auxiliars de producció puguin considerar-se menyspreables serà possible interpretar que es compleixen les condicions establertes en el citat article 4.2, tal i com es mostra en el següent esquema:



Imatge 13. Esquema de connexió de la instal·lació fotovoltaica.

En aquest sentit, l'article 3.j. del mateix Reial Decret, estableix que els requisits per tal que els serveis auxiliars de producció puguin considerar-se menyspreables i que es descriuen a continuació:

- Es tracta d'instal·lacions pròximes en xarxa interior.
- Es tracta d'instal·lacions de generació renovable amb potència instal·lada fins a 100 kW.
- En còmput anual, consumeixen menys de l'1% de la energia neta generada per la instal·lació.

D'aquesta manera, quan la generació estigui connectada a la xarxa interior d'almenys un dels consumidors associats, s'entendrà complert el primer dels requisits per considerar menyspreables els serveis auxiliars de producció.

Per tant, es possible acollir-se a la modalitat d'autoconsum amb excedents i compensació a consumidors associats a una instal·lació pròxima a través de xarxa, en el cas que la instal·lació estigui connectada a la xarxa interior d'almenys un dels

consumidors associats, i en els quals els serveis auxiliars de producció siguin menyspreables.

En el cas de la instal·lació projectada, es compleixen totes les condicions necessàries per establir l'autoconsum col·lectiu.

1.6.6. Cablejat

Els conductors de corrent continu estaran formats per cable de doble aïllament (1000V de protecció) lliure d'halògens i no propagador de l'incendi i amb emissió de fums i opacitat reduïda.

La secció del cablejat es determina en l'annex de justificació de càlculs elèctrics.

Per tot el cablejat fotovoltaic en continua el cable emprat es:

- Cablejat unipolar amb conductor de coure H1Z2Z2-K

Els conductors de corrent altern estaran formats per cable de doble aïllament (1000V de protecció) lliure d'halògens i no propagador de l'incendi i amb emissió de fums i opacitat reduïda.

La secció del cablejat es determina en l'annex de justificació de càlculs elèctrics.

Per tot el cablejat de corrent altern el cable emprat es:

- Cablejat unipolar amb conductor de coure RZ1-K (AS) per la línia d'evacuació de potencia de l'inversor fins la CDM.

1.6.7. Proteccions Elèctriques

Proteccions de línies de corrent continu

Caixa de proteccions CC

Les sèries són conduïdes des dels mòduls fotovoltaics a la caixa de proteccions en contínua situada abans de la connexió a l'inversor. Cada sèrie disposa d'un fusible seccionable de 15A 1000V pel pol positiu i pel negatiu. Aquests fusibles protegeixen les sèries de intensitats superiors a les esperades.

Proteccions a l'inversor

L'inversor disposa d'un sistema de protecció contra sobretensions tipus II a la banda de continua i a la banda d'alterna.

Proteccions de línies de corrent altern

Proteccions per cada inversor

Cada línia d'inversor disposarà de:

- Interruptor magnetotèrmic segons la potencia de l'inversor
- Interruptor diferencial de tipus A segons la potencia de l'inversor

Caixa de proteccions generals CA

Les proteccions AC son el conjunt de proteccions del cablejat en corrent altern. Es troben instal·lades en un armari de proteccions situat al costat dels inversors.

La protecció general de la línia d'evacuació està protegida per un interruptor magnetotèrmic que protegeix de les sobrecàrregues i curtcircuits;

- Interruptor magnetotèrmic.

i per un interruptor diferencial de tipus A i 4P, que protegeix la instal·lació de derivacions a terra i a les persones de contactes directe i indirectes, tallant automàticament el circuit en el moment que es produeix una fuga d'intensitat.

- Interruptor diferencial

Proteccions d'interconnexió

El sistema FV ha d'incorporar proteccions específiques per la interconnexió de màxima i mínima freqüència (51Hz i 49Hz respectivament) i de màxima i mínima tensió (1,1Um i 0,85Um respectivament). Aquestes proteccions estan integrades en els inversors.

Proteccions contra contactes directes

La protecció contra contactes directes va incorporada en l'aïllament dels equips elèctrics emprats i en l'execució de la pròpia instal·lació, per la inaccessibilitat de les parts en tensió, normalment per interposició d'obstacles o per la protecció de les parts actives mitjançant l'aïllament adient.

Proteccions contra contactes indirectes

S'ha previst el sistema combinat de posada a terra de les masses metàl·liques i l'acció de dispositius de tall per intensitat de defecte, que en la part de contínua es corresponen amb un sistema de vigilant d'aïllament que incorporen els inversors.

La instal·lació disposa d'un interruptor diferencial de tall omnipolar que interromprà l'alimentació del circuit, en cas de circulació de corrent a terra de valor superior a la seva sensibilitat (situat al quadre general de baixa tensió com ja s'ha indicat).

Totes les masses s'uneixen al conductor de protecció. A la línia de terra s'uniran també totes les estructures, suports i altres elements metàl·lics. Aquestes unions d'equipotencialitat s'han realitzat amb conductor de coure de secció adient a la potència que condueixen. En els plànols elèctrics estan descrites les seccions de cadascun dels cablejats de protecció.

Proteccions contra sobreintensitats

Tots els circuits estan protegits en origen contra els efectes de els sobreintensitats, mitjançant interruptors automàtics en la part d'alterna (quadre general de baixa tensió) i fusibles seccionables en la part de contínua (caixa de proteccions CC).

Queda garantit que no se superaran les màximes intensitats admissibles en els conductors, per l'actuació de les proteccions, alhora que queda garantida una ràpida desconexió del circuit corresponent en cas de curtcircuit.

1.6.8. Posta a Terra

La connexió a la xarxa de posada a terra de totes les masses metàl·liques té per objectiu limitar la tensió que, respecte del terra, podrien presentar aquestes masses en cas d'un contacte accidental amb una part activa de la instal·lació.

De la mateixa manera, el pas del corrent de defecte pel terreny provoca l'aparició de les denominades tensions de pas i contacte que poden resultar perilloses per a les persones. Per a què això no passi, aquestes tensions mai no podran sobrepassar els valors màxims admissibles donats pel reglament electrotècnic de baixa tensió (REBT).

S'han connectat a una única instal·lació de posada a terra general (de protecció i servei), els següents elements:

- Masses metàl·liques de farratges (estructura metàl·lica i marcs dels mòduls fotovoltaics).
- Masses metàl·liques del xassís dels equips electrònics (Inversors).

La xarxa de corrent contínua és flotant. No hi haurà cap punt de contacte entre el terra i el circuit actiu.

La xarxa de terres està formada per un elèctrode de posada a terra que es constituirà a base de piques clavades verticalment en el terreny. La composició del material és inalterable a la humitat i a l'acció química del terreny. La pica de terra té una sortida a l'exterior mitjançant cable nu de coure de 35mm^2 , ancorat mitjançant brida de coure. La profunditat mai no serà inferior a 0,5m.

A partir del punt de posada a terra, i unida en sèrie a la línia d'enllaç mitjançant pont separable, es disposarà la línia principal de terra que serà de coure i aïllada 0,6/1 kV. Recorrerà enterrada sota conducte fins al local que correspongui on passarà a la superfície en una caixa terminal fixada a la paret (caixa seccionadora de terra). A partir de la caixa terminal o caixa seccionadora de terra, es fa la línia de distribució de terra que uneix totes les masses metàl·liques de la instal·lació. Aquesta línia va per dins de canal, en paral·lel a la xarxa de distribució de corrent altern i de corrent contínua.

Els càlculs es realitzen segons els valors que indiquen les taules de la Instrucció tècnica complementària ITCBT-18 del REBT.

Es considera la instal·lació com a local humit, ja que part de la instal·lació fotovoltaica és exterior, i pot veure's afectada per la pluja o la humitat. La tensió de contacte màxima permesa per la Instrucció Tècnica Complementària corresponent és de 24 V. Tenint en compte que s'utilitzaran diferencials amb una sensibilitat de 300mA, la resistència a terra ha de tenir un valor mínim de:

$$R_A * I_A < U \quad R_A < 24\text{V}/0,3\text{A} \quad R < 80 \, \Omega.$$

- La resistència necessària resultant ha de ser: $R < 80 \, \Omega$.

- El terreny on hi ha les piques, és un terreny del tipus argila compacta, amb la qual cosa es pot prendre de la taula 3 del ITC-BT-18 com a valor mig de la resistivitat en 150Ωm.

Per a determinar la residència del terreny s'utilitza la següent fórmula:

$$R = \frac{\rho}{L} = \frac{150}{4,5} = 33.33\Omega$$

On:

ρ = Resistivitat del terreny (Ω·m) → 150Ωm.

L= Longitud de la pica o conductor → L= 1,5x2 (piques) + 1,5 (cable) (m).

L'edifici ja disposa de pressa de terra que compleix amb els requeriments de la present memòria, s'utilitzarà aquesta, aconseguint així una equipotencialitat entre tots els elements metàl·lics de l'edifici.

Les seccions de cablejat de terra utilitzades en cada tram es poden veure en el plànol d'esquema multifilar de la instal·lació.

2. ANNEXOS

2.1. Càlculs justificatius Elèctrics

2.1.1. Justificació de strings i inversor

Pel càlcul del camp fotovoltaic es prenen els paràmetres elèctrics que estableixen les fitxes tècniques de mòduls fotovoltaics i inversors. Cal distribuir les sèries de mòduls de manera que es compleixin els paràmetres límit dels inversors. Es fan els càlculs amb el generador fotovoltaic treballant en les condicions STC (1000 W/m²). Es considerarà la temperatura màxima del cablejat (T=90°C).

Els paràmetres elèctrics dels mòduls son els següents:

Característiques elèctriques dels mòduls	
Potència	420 Wp
Voltatge Circuit Obert (Voc)	38,73 V
Voltatge de Màxima Potència (Vmpp)	32,44 V
Intensitat de curtcircuit (Isc)	14,00 A
Intensitat de Màxima Potència (Impp)	12,95 A

Els paràmetres elèctrics dels inversors son els següents:

Característiques de l'inversor 40kW	
Potència inversor (kW)	40 kW
Dimensions (mm)	640 x 700 x 365 mm
Nº d'entrades de strings	8
Nº de MPPTs	4
Voltatge màxim entrada	1.100 V
Rang Voltatge d'operació	200 – 1.000 V
Intensitat màxima Entrada	13 A
Intensitat màxima MPPT	26 A

Amb les dades aportades, el càlcul justificatiu de la connexió dels mòduls i strings als inversors es la següent:

			Condicions STC - (100 W/m ² - Tcel = 25°C)							Calcul	Int. de MPPT		Calcul
	MPPT	Ent.	Nº de mòduls	Potència (Wp)	Isc (A)	Impp (A)	Vmpp (V)	Voc (V)	Vmax inversor	Compr. Volt.	Int. de MPPT	Maxima Int. MPPT	Compr. Int.
1	1	1	16	6720	14	12,95	519,0	619,7	1100	OK	25,9	226	OK
		2	16	6720	14	12,95	519,0	619,7	1100	OK			
	2	1	16	6720	14	12,95	519,0	619,7	1100	OK	25,9	226	OK
		2	16	6720	14	12,95	519,0	619,7	1100	OK			
	3	1	16	6720	14	12,95	519,0	619,7	1100	OK	25,9	226	OK
		2	16	6720	14	12,95	519,0	619,7	1100	OK			
	4	1	15	6300	14	12,95	486,6	581,0	1100	OK	25,9	226	OK
		2	15	6300	14	12,95	486,6	581,0	1100	OK			
2	5	1	16	6720	14	12,95	519,0	619,7	1100	OK	25,9	226	OK
		2	16	6720	14	12,95	519,0	619,7	1100	OK			
	6	1	16	6720	14	12,95	519,0	619,7	1100	OK	25,9	226	OK
		2	16	6720	14	12,95	519,0	619,7	1100	OK			
	7	1	16	6720	14	12,95	519,0	619,7	1100	OK	25,9	226	OK
		2	16	6720	14	12,95	519,0	619,7	1100	OK			
	8	1	15	6300	14	12,95	486,6	581,0	1100	OK	25,9	226	OK
		2	15	6300	14	12,95	486,6	581,0	1100	OK			
			252	105840									

La configuració del camp fotovoltaic amb els strings del projecte compleix amb els requeriments elèctrics del sistema.

2.1.2. Justificació de secció de cablejat

Pel càlcul de la secció dels conductors s'utilitzen els criteris de màxima caiguda de tensió i de màxim corrent admissible. Cal que tots els conductors compleixin ambdós criteris.

Màxima caiguda de tensió admissible

LÍNIES DE CORRENT CONTINU

La caiguda de tensió màxima que s'admetrà serà del 1,5%, amb el generador fotovoltaic treballant en les condicions STC (1000 W/m²). Es considerarà la temperatura màxima del cablejat (T=90°C).

La caiguda de tensió es calcula segons la fórmula següent:

$$e = \frac{2 \cdot P_n \cdot L}{R_o \cdot S \cdot U_n}$$

On:

e = Caiguda de tensió (V)

P_n = Potència nominal de la línia (W)

L = Longitud línia (m)

R_{90} = Conductivitat del conductor a 90°C (m/(Ohm·mm²))

S = Secció del conductor (mm²)

U_n = Tensió nominal del camp fotovoltaic o sèrie de mòduls (V)

LÍNIES DE CORRENT ALTERN

La caiguda de tensió màxima que s'admetrà serà de l'1,5% amb l'ondulador treballant sota les mateixes condicions que el camp fotovoltaic.

$$e = \frac{P_n \cdot L}{R_o \cdot S \cdot U_n}$$

On:

e = Caiguda de tensió (V)

P_n = Potència nominal (W)

L = Longitud línia (m)

R_{90} = Conductivitat del conductor a 90°C (m/(Ohm·mm²))

S = Secció del conductor de fase (mm²)

U_n = Tensió nominal de la xarxa (230/400V) (V)

Màxim corrent admissible

El càlcul de la secció a partir del criteri de màxim corrent admissible es farà a partir del procediment establert per el REBT, i caldrà que tots els conductors el compleixin.

Segons la ITC-BT-40, apartat 5, *“los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior a 1,5%, para la intensidad nominal”*

Les hipòtesis de càlcul que es prenen son les següents:

- Es pren com a hipòtesis que el factor de potencia es de 1 per a la part CA (pitjor cas).
- La temperatura del cable es calcula segons la següent equació:

$$T = T_o + (T_{max} - T_o) \cdot \left(\frac{I}{I_{max}}\right)^2$$

- La temperatura màxima (Tmax) que poden assolir els conductors es de 90°C (conductors amb XLPE).
- La temperatura ambient (To) es de 40°C per cablejat en safates i 25°C per cablejat soterrat.

- La intensitat màxima admissible (Imax) es calcula a través de les taules (adjuntes).
- La conductivitat del coure es determina segons la següent equació:

$$C = \frac{1}{\rho_{Cu20} \cdot (1 + \alpha_{Cu} \cdot (T - 20))} = \frac{1}{\frac{1}{58} \cdot (1 + 0,00393 \cdot (T - 20))}$$

La ITC-BT-19 inclou les taules a consultar pel dimensionament.

Tabla A - Intensidades admisibles para cables con conductores de cobre, no enterrados
Temperatura ambiente 40°C en el aire

Método de instalación*	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
	3x PVC	2x PVC	3x XLPE	2x XLPE	3x XLPE	2x XLPE	3x XLPE	2x XLPE	3x XLPE	2x XLPE	3x XLPE	2x XLPE
A1												
A2												
B1												
B2												
C												
E												
F												
Sección mm² COBRE	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	--
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	--
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	--
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	--
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	--
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	--
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
35	--	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
50	--	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
70	--	--	--	149	160	171	185	199	214	224	244	269
95	--	--	--	180	194	207	224	241	259	271	296	327
120	--	--	--	208	225	240	260	280	301	314	348	380
150	--	--	--	236	260	278	299	322	343	363	404	438
185	--	--	--	268	297	317	341	368	391	415	464	500
240	--	--	--	315	350	374	401	435	468	490	552	590
300	--	--	--	361	401	430	461	500	538	563	638	678
400	--	--	--	431	480	515	552	599	645	674	770	812
500	--	--	--	493	551	592	633	687	741	774	889	931
630	--	--	--	565	632	681	728	790	853	890	1028	1071

Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos.
A efecto de las intensidades admisibles los cables con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los cables con aislamiento de policloruro de vinilo (V).

Els mètodes de instal·lació es defineixen segons els següents criteris.

A	- Conductores unipolares aislados en tubos empotrados en paredes aislantes
	- Cables multiconductores empotrados directamente en paredes térmicamente aislantes. - Conductores unipolares aislados en molduras. - Conductores unipolares aislados en conductos o cables uni o multiconductores dentro de los marcos de las puertas. - Conductores unipolares aislados en tubos o cables uni o multiconductores dentro de los marcos de las ventanas.
A2	- Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes.
B	- Conductores unipolares aislados en tubos ²⁾ en montaje superficial o empotrados en obra - Conductores unipolares aislados en sobre pared de madera o separados a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo. - Conductores unipolares aislados en conductos de sección no circular sobre pared de madera - Conductores unipolares aislados en conductos empotrados en pared de obra - Cables unipolares o multiconductores en huecos de obra de fábrica +) - Conductores unipolares aislados en tubos dentro de huecos de obra de fábrica +) - Conductores unipolares aislados en conductos de sección no circular en huecos de obra de fábrica +) - Conductores unipolares aislados o cables unipolares en canal protectora fijadas a una pared de madera o empotradas en el suelo +) - Cables uni o multiconductores en falsos techos o techos suspendidos +) - Conductores unipolares aislados en canal protectora suspendida - Conductores unipolares aislados en canales de obra ventilados - Cables uni o multiconductores en canales de obra ventilados - Conductores unipolares aislados o cables unipolares dentro de zócalos acanalados
B2	- Cables multiconductores en tubos ²⁾ en montaje superficial o empotrados en obra - Cables multiconductores en tubos sobre pared de madera o separados a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo. - Cables multiconductores en conductos de sección no circular sobre pared de madera - Cables multiconductores dentro de zócalos acanalados
C	- Cables multiconductores directamente sobre la pared ³⁾ - Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas no perforadas - Cables unipolares o multiconductores fijados en el techo o pared de madera o espaciados 0,3 veces el diámetro del cable - Cables uni o multiconductores empotrados directamente en paredes
E	- Cables multiconductores a aire libre ⁴⁾. Distancia a la pared no inferior a 0,3 D ⁵⁾ - Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas perforadas en horizontal o vertical - Cables unipolares o multiconductores sobre soportes - Cables unipolares o multiconductores suspendidos de un cable fiador
F ++)	- Cables unipolares en contacto mutuo ⁴⁾. Distancia a la pared no inferior a D ⁵⁾ - Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas perforadas en horizontal o vertical - Cables unipolares o multiconductores sobre soportes - Cables unipolares o multiconductores suspendidos de un cable fiador
G	- Cables unipolares separados mínimo D ⁵⁾ - Conductores desnudos o aislados sobre aisladores

Tabla E. Factores de reducción para agrupamiento de varios circuitos (Tabla A.52-3 de la norma UNE 20 460-5-523:2004)

Ref.	Disposición de cables contiguos	Número de circuitos o cables multiconductores									
		1	2	3	4	6	9	12	16	20	
1	Empotrados o embutidos	1,00	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	
2	Capa única sobre pared, suelo o superficie sin perforar	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	Sin reducción adicional para más de 9 circuitos o cables multiconductores.			
3	Capa única fijada bajo techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60				
4	Capa única en una bandeja perforada vertical u horizontal	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70				
5	Capa única con apoyo de bandeja escalera o abrazaderas (collarines) etc.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,8				

Nota 1. Estos factores son aplicables a grupos homogéneos de cables cargados por igual.

Nota 2. Cuando la distancia horizontal entre cables adyacentes es superior al doble de su diámetro exterior, no es necesario factor de reducción alguno.

Nota 3. Los mismos factores se aplican para grupos de dos o tres cables unipolares que para cables multiconductores.

Nota 4. Si un sistema se compone de cables de dos o tres conductores, se toma el número total de cables como el número de circuitos, y se aplica el factor correspondiente a las tablas de dos conductores cargados para los cables de dos conductores y a las tablas de tres conductores cargados para los cables de tres conductores.

Nota 5. Si la instalación se compone de "n" conductores unipolares cargados, también pueden considerarse como "n/2" circuitos de dos conductores o "n/3" circuitos de tres conductores cargados.

En la tabla F se indican los factores de reducción por agrupamiento de circuitos en varias capas que multiplicarán al factor de reducción de la tabla E anterior.

Tabla F – Factor de reducción adicional para cables instalados en varias capas

Nº de capas	2	3	4 ó 5	6 a 8	9 o más
Factor	0,8	0,73	0,70	0,68	0,66

Tabla D - Intensidad admisible (en A), para cables soterrados bajo tubo (tensión asignada hasta 0,6/1 kV)

SECCIÓN mm ²	3 XLPE (3 cables unipolares o 1 tripolar)		2 XLPE (2 cables unipolares o 1 bipolar)	
	Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
1,5	23	—	27	—
2,5	30	23	36	27
4	39	30	46	36
6	48	37	58	44
10	64	49	77	58
16	82	62	100	77
25	105	82	130	98
35	130	98	155	120
50	155	115	183	139
70	190	145	225	170
95	225	175	265	205
120	260	200	305	230
150	300	230	340	265
185	335	260	385	295
240	400	305	440	340
300	455	350	500	385
400	530	405	570	445
500	610	465	660	510
630	710	530	735	575
Condiciones de cálculo	Resistividad térmica del terreno: 1,5 K.m/W			
	Temperatura del terreno: 25°C			
	Profundidad de la instalación: 70 cm			

Amb els criteris esmentats es mostren els resultats del càlcul de la secció dels conductors de continua i alterna que compleixen.

Càlcul corrent continu

CC		Màxima c.d.t. admissible			1,50%														
Linea distribució					Secció cable (mm2)	Condicions STC - (1000 W/m2 - Tcel = 25°C)					Caiguda de tensió		Màxima intesitat admissible						
						Potència (Wp)	Isc (A)	Imp (A)	Vmpp (V)	Voc (V)	CdT [V]	CdT [%]	Mètode instal·lació (Tabla 52-B1)	Tipus de conductor	Iadm (Iz)	Reducció agrupament (Tabla E)	Correcció per temperatura (tabla 52-D1)	Iadm corregida (A)	Imp (A)
1.1	1.1.1	INV 1	85	6	6720	14	12,95	519,0	619,7	6,92	1,33%	C	2x XLPE	49	0,7	1	34,3	12,95	OK
1.2	1.1.2	INV 1	83	6	6720	14	12,95	519,0	619,7	6,76	1,30%	C	2x XLPE	49	0,7	1	34,3	12,95	OK
1.3	1.2.1	INV 1	81	6	6720	14	12,95	519,0	619,7	6,60	1,27%	C	2x XLPE	49	0,7	1	34,3	12,95	OK
1.4	1.2.2	INV 1	79	6	6720	14	12,95	519,0	619,7	6,43	1,24%	C	2x XLPE	49	0,7	1	34,3	12,95	OK
1.5	1.3.1	INV 1	77	6	6720	14	12,95	519,0	619,7	6,27	1,21%	C	2x XLPE	49	0,7	1	34,3	12,95	OK
1.6	1.3.2	INV 1	75	6	6720	14	12,95	519,0	619,7	6,11	1,18%	C	2x XLPE	49	0,7	1	34,3	12,95	OK
1.7	1.4.1	INV 1	65	6	6300	14	12,95	486,6	581,0	5,29	1,09%	C	2x XLPE	49	0,7	1	34,3	12,95	OK
1.8	1.4.2	INV 1	63	6	6300	14	12,95	486,6	581,0	5,13	1,05%	C	2x XLPE	49	0,7	1	34,3	12,95	OK
1.9	2.1.1	INV 2	75	6	6720	14	12,95	519,0	619,7	6,11	1,18%	C	2x XLPE	49	0,7	1	34,3	12,95	OK
1.10	2.1.2	INV 2	77	6	6720	14	12,95	519,0	619,7	6,27	1,21%	C	2x XLPE	49	0,7	1	34,3	12,95	OK
1.11	2.2.1	INV 2	79	6	6720	14	12,95	519,0	619,7	6,43	1,24%	C	2x XLPE	49	0,7	1	34,3	12,95	OK
1.12	2.2.2	INV 2	81	6	6720	14	12,95	519,0	619,7	6,60	1,27%	C	2x XLPE	49	0,7	1	34,3	12,95	OK
1.13	2.3.1	INV 2	83	6	6720	14	12,95	519,0	619,7	6,76	1,30%	C	2x XLPE	49	0,7	1	34,3	12,95	OK
1.14	2.3.2	INV 2	85	6	6720	14	12,95	519,0	619,7	6,92	1,33%	C	2x XLPE	49	0,7	1	34,3	12,95	OK
1.15	2.4.1	INV 2	65	6	6300	14	12,95	486,6	581,0	5,29	1,09%	C	2x XLPE	49	0,7	1	34,3	12,95	OK
1.16	2.4.2	INV 2	65	6	6300	14	12,95	486,6	581,0	5,29	1,09%	C	2x XLPE	49	0,7	1	34,3	12,95	OK
											1,33%								

Càlcul corrent altern

CA	Màxima c.d.t. admissible				1,50%					Caiguda de tensió		Màxima intesitat admissible						
Linea distribució						Condicions elèctriques	Càlcul		Taules ITC-BT. Intensitats admissibles					Càlcul (Iadm > Impp)				
Linea	Monof / Trif	De	a	Longitud (m)	Secció cable (mm2)		Potència (W)	CdT [V]	CdT [%]	Mètode instal·lació (Tabela 52-B1)	Tipus de conductor	Iadm	Reducció agrupament (Tabela E)	Correcció per temperatura (tabela 52-D1)	Iadm corregida (A)	125% Iac (A)	Intensitat admissible	
2.1	Trifasica	INV 1	Q FV	3	35	40000	0,17	0,04%	B2	3x XLPE	110	1	1	110,0	72,2	OK		
2.2	Trifasica	INV 2	Q FV	3	35	40000	0,17	0,04%	B2	3x XLPE	110	1	1	110,0	72,2	OK		
2.3	Trifasica	Q FV	CDM	30	70	80000	1,73	0,43%	B2	3x XLPE	171	1	1	171,0	144,3	OK		
								0,52%										

2.2. Fitxes Tècniques

3. PRESSUPOST

Instal·lació fotovoltaica. Mòduls i inversors

Instal·lació i muntatge de 252 mòduls de potència 425Wp de silici monocristal·lí amb vidre solar tèrmicament pretensat i marc d'alumini anoditzat (aquesta partida també inclou mitjans d'elevació per a persones i materials a la teulada).

Instal·lació i muntatge de dos inversors de 40kW de la marca HUAWEI model SUN2000-40KTL-M3 o inversors amb característiques equivalents.

40.000,00 €

Instal·lació fotovoltaica. Estructures

Subministrament i instal·lació de suport per a la instal·lació fotovoltaica. Estructura coplanar ancorada a coberta basada en perfils longitudinals d'alumini. Carrils ancorats a coberta grecada a través de ganxo d'alumini i cargolaria d'acer inoxidable amb arandel·la amb capa d'EPDM.

Subjecció del mòdul al carril a través de pinces de sujecció per pressió, amb mesures de 100 mm d'amplada, d'alumini amb cargolaria de M8 d'acer inoxidable.

8.500,00 €

Instal·lació elèctrica. Cablejat i proteccions

Conductors de corrent continu, incloent: cable de doble aïllament (1000V de protecció) lliure d'halògens i no propagador de l'incendi i amb emissió de fums i opacitat reduïda i cablejat unipolar amb conductor de coure H1Z2Z2-K, segons apartat 1.6.6 i annex de justificació de càlculs elèctrics del present document.

Conductors de corrent altern, incloent: cable de doble aïllament (1000V de protecció) lliure d'halògens i no propagador de l'incendi i amb emissió de fums i opacitat reduïda; Cablejat unipolar amb conductor de coure RZ1-K (AS) per la línia d'evacuació de potència de l'inversor fins la CDM, segons apartat 1.6.6 i annex de justificació de càlculs elèctrics del present document.

Proteccions de línies de corrent continu, incloent: caixa de proteccions CC i proteccions a l'inversor segons l'apartat 1.6.7 del present document.

Proteccions de línies de corrent altern, incloent: proteccions per a cada inversor, caixa de proteccions generals CA, proteccions d'interconnexió, proteccions contra contactes directes, proteccions contra contactes indirectes i proteccions contra sobreintensitats segons l'apartat 1.6.7 del present document.

7.500,00 €

Comunicacions

Subministrament i instal·lació dels sistemes de comunicació per a la monitorització i gestió remota de la planta fotovoltaica, incloent passarel·les, cablejat específic i configuració del protocol ModBus en inversors segons aquest document.

Integració de la instal·lació a una plataforma de visualització de dades per al seguiment del rendiment energètic i la detecció de possibles incidències en temps real.

1.300,00 €

Legalització

Projecte executiu de legalització per a instal·lacions de més de 10kW, còpia signada digital. Registre de la instal·lació fotovoltaica i documentació associada: CUPS instal·lació FV, certificat de finalització d'obra (ELEC 4), registre d'instal·lacions tècniques de seguretat de Catalunya (RITSIC), certificat d'instal·lació elèctrica (CIE), registre d'autoconsum de Catalunya (RAC) i CAU. Tots els processos legals necessaris per al funcionament de la instal·lació.

2.500,00 €

Seguretat i salut

Redacció de l'Estudi de Seguretat i Salut conforme a la normativa aplicable vigent, incloent-hi identificació de riscos laborals associats a treballs a coberta, mesures preventives, equips de protecció individual i senyalització.

Coordinació en matèria de seguretat i salut durant l'execució dels treballs, així com subministrament i instal·lació dels mitjans col·lectius necessaris per garantir condicions segures de treball (línies de vida, baranes provisionals, etc.).

1.500,00 €

Obra civil i comptadors per connexió

Execució d'obra civil per a l'adequació de l'espai destinat a equips elèctrics i canalitzacions, incloent-hi obertura i tancament de rases, instal·lació d'arquetes registrables, fixació de safates portacables i passos de coberta per a l'estesa del nou cablejat de potència i comunicacions.

Subministrament i instal·lació de la Caixa de Distribució i Mesura (CDM) i els comptadors homologats necessaris per a la correcta connexió i legalització de la instal·lació en règim d'autoconsum col·lectiu amb compensació d'excedents, segons apartat 1.6.5 del present document.

8.000,00 €

Total pressupost execució material

69.300,00 €

Despeses generals (13%)

9.009,00 €

Benefici industrial (6%)

4.158,00 €

Total pressupost execució per contracte

82.467,00 €

IVA (21%)

17.318,07 €

Total execució per contracte + IVA

99.785,07 €

4. PLÀNOLS
