



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

Instal·lació solar fotovoltaica d'una vivenda unifamiliar

Document:

Memòria

Autor:

Marc Romero Cruz

Director:

Santiago Bogarra

Titulació:

Màster en Enginyeria industrial

Convocatòria:

Primavera 2023

TREBALL FINAL DE MÀSTER

RESUM

El present projecte té com a finalitat l'estudi i l'execució d'una instal·lació de plaques fotovoltaïques a la coberta d'una casa unifamiliar, situada al C/Catalunya nº20 de Cervelló, al Baix Llobregat. Tanmateix, es pretén fer una comparativa de diversos sistemes per instal·lar, finalment, el més eficient. És un projecte dirigit a un particular, interessat en reduir el seu consum elèctric i conseqüentment, disminuir la quantitat de CO₂ que es produeix en la generació d'energia elèctrica per part de les companyies generadores.

La idea és implementar aquests sistemes el màxim possible, en un temps relativament curt. Les millores tecnològiques i les condicions cada cop més adverses a l'ecosistema, fan d'aquesta opció la més rentable a llarg termini en aquests moments. Les possibilitats d'autoconsum que generen aquests sistemes són cada cop més a l'abast del petit client o usuari final, i això garanteix un futur a aquest tipus de renovables.

El primer apartat d'aquest projecte després de totes les descripcions introductòries, tracta la influència de les càrregues suportades per la teulada i per l'estructura de la instal·lació. Amb uns conceptes marcats per les normatives actuals descrites al CTE, s'obté uns resultats favorables per poder dur a terme el disseny proposat.

Un cop s'ha analitzat que les càrregues màximes admissibles superen les càrregues del sistema, es justifiquen; per un costat, les pèrdues produïdes pel sistema contemplat orientació, inclinació i ombres i, per l'altre, la quantitat d'energia requerida per aquest habitatge.

A continuació, es presenta tot un seguit de condicions de seguretat i salut a seguir per part de totes les parts implicades a l'execució de l'obra. És important conèixer les preparacions prèvies a la instal·lació, les mesures de seguretat d'abalisament i de proteccions individuals i comunes i sobretot, els riscos als que s'exposen. Tot això té com a objectiu eliminar accidents per irresponsabilitats i reduir al màxim els accidents potencials per a membres del personal o persones indirectament implicades.

Més endavant es fa menció a la producció de runes que es produeix durant el muntatge i a com el sistema afecta a nivell visual al paisatge.

Abans de concloure l'estudi amb una visió global del projecte que el defineixi, es descriuen un per un, tots els elements que conformen el sistema fotovoltaic basats en l'estudi previ i dissenyats pel correcte funcionament de la instal·lació. Es proposaran 3 possibilitats de disseny per acabar escollint la més adient.

Amb tot l'anàlisi realitzat es fa un pressupost que justifiqui la viabilitat econòmica de la instal·lació i el temps d'amortització de la mateixa.

ABSTRACT

The purpose of this project is the study and execution of an installation of photovoltaic panels on the roof of a single-family house, located at C/Catalunya n°20 in Cervelló, in Baix Llobregat. However, the aim is to compare several systems to finally install the most efficient one. It is a project aimed at individuals, interested in reducing their electricity consumption and, consequently, reducing the amount of CO₂ that is produced in the generation of electricity by utility companies.

The goal is to implement these systems as much as possible, in a relatively short time. Technological advancements and increasingly adverse conditions in the ecosystem make this the most profitable long-term option at the moment. The possibilities of self-consumption generated by these systems are increasingly within the reach of the small customer or end user, and this guarantees a future for this type of renewable energy.

The first section of this project, after all the introductory descriptions, deals with the influence of the loads supported by the roof and by the structure of the installation. With some concepts marked by the current regulations described in the CTE, favorable results are obtained to be able to carry out the proposed design.

Once it has been analyzed that the maximum permissible loads exceed the system loads, they are justified; on the one hand, the losses produced by the system considering orientation, inclination and shadows and on the other the amount of energy required by this home.

Next, a series of health and safety conditions to be followed by all parties involved in the execution of the work is presented. It is important to know the preparations prior to installation, the safety measures of the lighting and individual and common protections and above all, the risks to which they are exposed. All of this aims to prevent accidents resulting from negligence and to minimize potential risks for staff members or people indirectly involved.

Further on, mention is made of the debris production that occurs during assembly and how the system visually affects the landscape.

Before concluding the project with an overall perspective of the project that defines it, all the elements that make up the photovoltaic system are described one by one, based on the previous study and designed for the correct operation of the installation. 3 design possibilities will be proposed to end up choosing the most suitable one.

With all the study carried out, a budget is drawn up that justifies the economic viability of the installation and its payback period.

Contingut

1.	Objecte i dades generals	7
1.1.	Objecte d'estudi	7
1.2.	Dades generals dels representants	7
1.3.	Dades generals tècniques	7
1.4.	Normativa aplicable	8
1.4.1.	Instal·lació elèctrica.....	8
1.4.2.	Condicions de seguretat i salut	8
1.4.3.	Impacte mediambiental	8
1.5.	Components del sistema	8
2.	Emplaçament de la instal·lació.....	9
2.1.	Ubicació, inclinació i orientació.....	9
2.2.	Ancoratge i sistema de suport	10
2.3.	Ubicació de la resta d'elements	11
3.	Abast de la instal·lació en l'edifici	11
3.1.	Abast de la intervenció.....	11
3.2.	Anàlisi de les càrregues	13
4.	Dimensionat de la instal·lació	16
4.1.	Consum energètic	16
4.2.	Tensió nominal de funcionament	18
4.3.	Consum kWh de l'habitatge	18
4.4.	Pèrdues de la instal·lació.....	19
4.5.	Pèrdues per inclinació, orientació dels panells fotovoltaics	20
4.6.	Pèrdues de radiació solar per ombres	22
5.	Consideracions de seguretat i salut	26
5.1.	Justificació estudi bàsic de seguretat i salut	26
5.2.	Mesures de prevenció durant l'execució de l'obra.....	30
5.2.1.	Mesures de prevenció d'activitats	30
5.2.2.	Mesures de prevenció segons eines i maquinaria	32
5.3.	Equips de protecció individual i col·lectiva	34
5.4.	Maquinaria contemplada durant l'obra.....	34
5.5.	Instal·lacions de salubritat i higiene.....	34
5.6.	Pla de seguretat i salut	35
5.7.	Coordinació de seguretat i salut	35

5.8.	Obligacions de contractistes i subcontractes.....	35
5.9.	Paralització de les feines	36
5.10.	Llibre d'incidències.....	36
5.11.	Drets dels treballadors	37
6.	Consideracions sobre runes	37
7.	Integració paisatgística i arquitectònica	37
8.	Impacte mediambiental	37
9.	Característiques tècniques de la instal·lació elèctrica	38
9.1.	Panells fotovoltaics	38
9.2.	Bateries	42
9.3.	Inversor/regulador	44
9.4.	Estructura de suport.....	45
9.5.	Cablejat.....	47
9.5.1.	Càlculs conductors.....	48
9.6.	Proteccions elèctriques.....	55
9.6.1.	Característiques mínimes de la presa de terra	55
9.6.2.	Dispositius de comandament i protecció.....	56
9.7.	Sistema de monitorització.....	57
10.	Comparativa de viabilitat de les 3 opcions proposades.....	58
10.1.	Opció 1	58
10.2.	Opció 2	59
10.3.	Opció 3	62
10.4.	Taula de comparatives tècniques.....	68
10.5.	Conclusions.....	68
11.	Justificació econòmica.....	69
11.1.	Pressupost resumit de la opció escollida	69
11.2.	Anàlisi econòmic.....	70
12.	Conclusions	72
13.	Pressupost detallat.....	73
14.	Annexos.....	75
14.1.	Plànols	75
14.2.	Fitxes tècniques.....	79
15.	Bibliografia	98

Contingut d'il·lustracions

<i>Il·lustració 1. Ubicació de la propietat (vista aèria) [Font: Google Earth]</i>	10
<i>Il·lustració 2. Zones diferenciades (valor pressió dinàmica) [Font: CTE]</i>	14
<i>Il·lustració 3. Taula de límits de càrregues [Font: CTE]</i>	16
<i>Il·lustració 4. Factura real de consum [Font: Endesa]</i>	17
<i>Il·lustració 5. Mitjana temperatures a Cervelló durant el 2022 [Font: Weather spark]</i>	18
<i>Il·lustració 6. Disposicions sobre estructures dels panells fotovoltaics [Font: CTE]</i>	21
<i>Il·lustració 7. Angle azimut [Font: 2018; Bingsolar]</i>	21
<i>Il·lustració 8. Percentatge d'energia contemplant les pèrdues per orientació i inclinació [Font: CTE]</i>	22
<i>Il·lustració 9. Diagrama de la trajectòria del sol durant l'any [Font: CTE]</i>	23
<i>Il·lustració 10. Punts de referència pels càlculs amb el diagrama de pèrdues per ombres</i>	24
<i>Il·lustració 11. Diagrama amb la projecció d'ombres [Font: CTE]</i>	25
<i>Il·lustració 12. Taula de referència per als valors obtinguts al diagrama [Font: CTE]</i>	25
<i>Il·lustració 13. Retall de la taula 3 pel cas GENERAL</i>	26
<i>Il·lustració 14. Característiques fitxa tècnica panell fotovoltaic [Font: JASolar]</i>	39
<i>Il·lustració 15. Característiques tècniques bateria Politech 5kW [Font: Obramat]</i>	43
<i>Il·lustració 16. Característiques de comunicació remota de l'inversor [Font: Axpert datasheet]</i>	44
<i>Il·lustració 17. Característiques tècniques inversor Voltronic 7,2kW [Font: Solarbex]</i>	45
<i>Il·lustració 18. Ancoratge del conjunt de plaques inclinades [Font: TecnoSolar]</i>	46
<i>Il·lustració 19. Perfil d'inclinació del panell [Font: datasheet TR11V Sunfer]</i>	46
<i>Il·lustració 20. Fixació estructura a teulada [Font: Bricoelige]</i>	47
<i>Il·lustració 21. Connexió entre estructura de teulada i carril d'estructura inclinada [Font: Bricoelige]</i>	47
<i>Il·lustració 22. Tipus de conductor segons la distribució [Font: Prysmianclub]</i>	48
<i>Il·lustració 23. Tipus de conductor segons la distribució [Font: Prysmianclub]</i>	51
<i>Il·lustració 24. Catàleg de seccions de cable de Top Cable [Font: Top Cable]</i>	54
<i>Il·lustració 25. Secció presa de terra segons conductors [Font: REBT-ITC-18]</i>	55
<i>Il·lustració 26. Fusible i porta fusible [Font: WccSolar]</i>	56
<i>Il·lustració 27. Aplicació de monitorització [Font: Play Store]</i>	57
<i>Il·lustració 28. Exemple gràfic de monitorització [Font: Play Store]</i>	58
<i>Il·lustració 29. Percentatge d'energia contemplant les pèrdues per orientació i inclinació (Opció 3) [Font: CTE]</i>	62
<i>Il·lustració 30. Punts de referència pels càlculs amb el diagrama de pèrdues per ombres (Opció 3)</i>	65
<i>Il·lustració 31. Diagrama amb la projecció d'ombres [Font: CTE]</i>	66
<i>Il·lustració 32. Taula de referència per als valors obtinguts al diagrama [Font: CTE]</i>	67
<i>Il·lustració 33. Retall de la taula 3 pel cas GENERAL</i>	67
<i>Il·lustració 34. Gràfica increment taxa d'inflació anual [Font: Estadista]</i>	70

Contingut de taules

Taula 1. Diagrama de Gantt de les fases de l'obra	12
Taula 2. Pes dels equips	13
Taula 3. Consums aparells elèctrics a la habitatge unifamiliar	17
Taula 4. Pèrdues per temperatura segons el mes	19
Taula 5. Pèrdues màximes [Font: CTE]	20
Taula 6. Factors k segons latituds	23
Taula 7. Punt d'elevació (α_p) i punt Azimut (γ_p) segons el vèrtex dels obstacles	24
Taula 8. Tipus d'eficiències segons cèl·lules [Font: SunFields]	38
Taula 9. Factor de correcció segons latitud i inclinació dels panells [Font: Ingemecanica]	40
Taula 10. Més crític de radiació solar i HSP [Font: Certificacionenergetica]	40
Taula 11. Energia màxima produïda per 1 panell	41
Taula 12. Número total de plaques totals segons el mes	41
Taula 13. Disposició i número de circuits [Font: Prysmianclub]	49
Taula 14. Taula de intensitats màximes admissible segons la secció [Font: REBT ITC-BT-19]	50
Taula 15. Seccions del cable segons el tram de continua de la instal·lació	51
Taula 16. Taula de intensitats màximes admissible segons la secció [Font: REBT ITC-BT-19]	52
Taula 17. Seccions del cable segons el tram d'alterna de la instal·lació	53
Taula 18. Secció conductor presa de terra segons el tram de la instal·lació elèctrica	55
Taula 19. Factor de correcció segons latitud i inclinació dels panells (Opció 2) [Font: Ingemecanica]	59
Taula 20. Més crític de radiació solar i HSP [Font: Certificacionenergetica]	60
Taula 21. Energia màxima produïda per 1 panell	61
Taula 22. Número total de plaques totals segons el mes	61
Taula 23. Factor de correcció segons latitud i inclinació dels panells	63
Taula 24. Més crític de radiació solar i HSP	63
Taula 25. Energia màxima produïda per 1 panell	64
Taula 26. Número total de plaques totals segons el mes	65
Taula 27. Punt d'elevació (α_p) i punt Azimut (γ_p) segons el vèrtex dels obstacles (Opció 3)	66
Taula 28. % pèrdues totals per ombres (Opció 3) [Font: CTE]	67
Taula 29. Comparativa tècnic-econòmica de les opcions proposades	68
Taula 30. Pressupost opció 1	69
Taula 31. Taula d'amortització de la instal·lació	71

1. Objecte i dades generals

1.1. Objecte d'estudi

L'objecte del present estudi és determinar les característiques i el disseny de la instal·lació a dur a terme, buscant la màxima optimització tant pel muntatge com pels criteris constructius, fent la comparativa i l'anàlisi de les possibilitats que ofereix el sector avui en dia.

A l'actualitat, l'habitatge està connectat a la xarxa, d'on obté l'energia que li proporciona la seva companyia comercialitzadora. El desenvolupament de les tecnologies renovables, en concret, les fotovoltaiques, i les ajudes proporcionades per les administracions públiques fan que hi hagi una demanda per a, com a mínim, fer un estudi de viabilitat del sistema per l'autoconsum.

També afavoreix la situació de l'habitatge, ja que no disposa d'obstacles en forma d'ombres que afectin a la producció d'energia renovable.

1.2. Dades generals dels representants

Propietari habitatge:

- Nom:
- DNI:
- Direcció:
- Representant:

Autor del projecte:

- Nom: Marc Romero Cruz
- Càrrec/ Titulació: Enginyer tècnic industrial
- Telèfon:

1.3. Dades generals tècniques

- Potència pic: 6,54kWp
- Producció d'energia: 4,4kWh
- Superfície ocupada: 30,92m²
- Azimut: 220°
- Latitud: 41°

1.4. Normativa aplicable

1.4.1. Instal·lació elèctrica

- Reial Decret 314/2006, de 17 de març, pel que s'aprova el Codi Tècnic de l'Edificació.
- Reial Decret 732/2019, de 20 de desembre, pel qual s'aprova la modificació del CTE.
- Reial Decret 842/2002, de 2 d'agost, pel qual s'aprova el Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió i instruccions tècniques complementàries (ITC BT 01 a 51). BOE núm. 224 de 18 de setembre.
- Llei 24/2013, del 26 de desembre, del sector elèctric.
- Reial decret 413/2014, de 6 de juny, pel qual es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia renovables, cogeneració i residus.
- Reial decret 1955/2000, d'1 de desembre, pel qual es regulen les activitats de transport, distribució, comercialització, subministrament i procediments d'autorització d'instal·lacions d'energia elèctrica. BOE núm. 310 de 27 de desembre.
- 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.
- Reial decret 244/2019, de 5 d'abril, pel qual es regulen les condicions administratives, tècniques i econòmiques de l'autoconsum d'energia elèctrica.
- Plec de Condicions Tècniques d'Instal·lacions Connectades a Xarxa de l'IDEA
- Document Bàsic d'Estalvi Energètic HE 5.

1.4.2. Condicions de seguretat i salut

- Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals.
- Reial decret 1627/1997, de 24 d'octubre, pel qual s'estableixen disposicions mínimes de seguretat i salut a les obres de construcció.
- Reial decret 487/1997, de 14 d'abril, sobre disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la manipulació manual de càrregues que comporti riscos, en particular d'esquena, per als treballadors.
- Reial decret 2177/2004, de 12 de novembre, pel qual es modifica el Reial decret 1215/1997, de 18 de juliol, pel qual s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització dels treballadors dels equips de treball, en matèria de treballs temporals en alçada.

1.4.3. Impacte mediambiental

- Llei 21/2013, del 9 de desembre, d'avaluació ambiental.
- Llei 37/2003, de 17 de novembre, del soroll.
- Llei 22/2011, del 28 de juliol, de residus i sòls contaminats.

1.5. Components del sistema

Aquest apartat, fa un resum dels elements més importants d'un sistema fotovoltaic per autoconsum, i aquests són:

Panell fotovoltaic

És l'element per excel·lència del sistema. S'encarrega de transformar la radiació solar en electricitat i està compost per diferents mòduls que contenen cèl·lules fotovoltaïques. Segons el tipus de cèl·lules es distingeixen en:

- Monocristal·lins: Són els més cars i els de major rendiment. La cèl·lula està formada per un únic cristall de silici.
- Policristal·lins: Són més econòmics que els monocristal·lins però amb menor rendiment. La cèl·lula està formada per diversos cristalls de silici, degut a una simplificació en el procés de fabricació.
- Amorfs: Són els de pitjor rendiment i els més econòmics, no són recomanables per instal·lacions amb un consum considerable i amb limitacions d'espai d'instal·lació.

Segons les característiques de l'inversor en quant a V_{mp}^1 i I_{mp}^2 , la combinació sèrie/paral·lel i el número de plaques variarà per tal que el sistema funcioni correctament i la producció de l'energia tingui una eficiència màxima.

Inversor

S'encarrega principalment de transformar la DC³, que ve de les plaques o de les bateries quan són carregades, en corrent AC⁴ per alimentar les càrregues connectades a la xarxa de l'habitatge. Avui en dia, també incorpora el regulador de càrrega per alimentar de forma adequada a les bateries connectades al sistema i fer funcionar aquest en el seu punt màxim d'eficiència.

Acumuladors d'energia

Degut a la falta de producció elèctrica durant les hores nocturnes o durant els dies on la radiació no penetra fins als panells perquè les condicions climatològiques no acompanyen, es disposa d'un element imprescindible capaç d'emmagatzemar energia subministrada pel sistema en moments d'excedència en la generació de la mateixa. Els acumuladors més corrents i els que es tracten en aquest projecte són les bateries, en concret, les de liti.

Proteccions

Són elements elèctrics que s'encarreguen de protegir el sistema contra sobretensions o curtcircuits, també tenen la funció de protegir a les persones d'electrocucions.

2. Emplaçament de la instal·lació

2.1. Ubicació, inclinació i orientació

La ubicació del recinte del projecte en qüestió es troba al C/Catalunya n°20, Cervelló (Barcelona), comarca del Baix Llobregat.

¹ V_{mp} : Voltatge a màxima potència

² I_{mp} : Intensitat a màxima potència

³ Corrent directa

⁴ Corrent alterna



Il·lustració 1. Ubicació de la propietat (vista aèria) [Font: Google Earth]

Pel que fa a l'orientació dels panells fotovoltaics, es disposen tots en direcció sud. Es pot observar gràficament al plànol anomenat "Orientació de les plaques" que es troba a l'annex d'aquest document, al punt 12.1.

Respecte la inclinació de les mateixes, es troben graduades segons les estacions meteorològiques, en un punt entremig de màxima i mínima inclinació, buscant la màxima eficiència.

Les diferents posicions es poden observar gràficament al plànol anomenat "Inclinació de les plaques" que es troba a l'annex d'aquest document, al punt 12.1.

2.2. Ancoratge i sistema de suport

L'estructura que sosté les plaques està formada per dues peces, formant un triangle, collades entre sí amb fixacions cargolades que permetin la variació de la inclinació. Una de les peces va fixada a la teulada en forma de triangle i l'altre, collada per ambdós extrems amb fixacions cargolades, per ajustar les plaques amb la inclinació desitjada.

Aquesta estructura es fixa amb cargols de vareta roscada de teula, perforant fins el formigó situat sota aquesta.

Tota la documentació tècnica de fixacions i estructures, es pot trobar a l'apartat "annexos" d'aquest document, al punt 12.2.

2.3. Ubicació de la resta d'elements

Tots els elements que formen part de la instal·lació sense tenir en compte les plaques, estan situats a la planta baixa, a la zona del pàrquing interior. Fora del pàrquing es troben els elements de protecció elèctrica que, queden situats al quadre elèctric, al distribuïdor principal de l'habitatge.

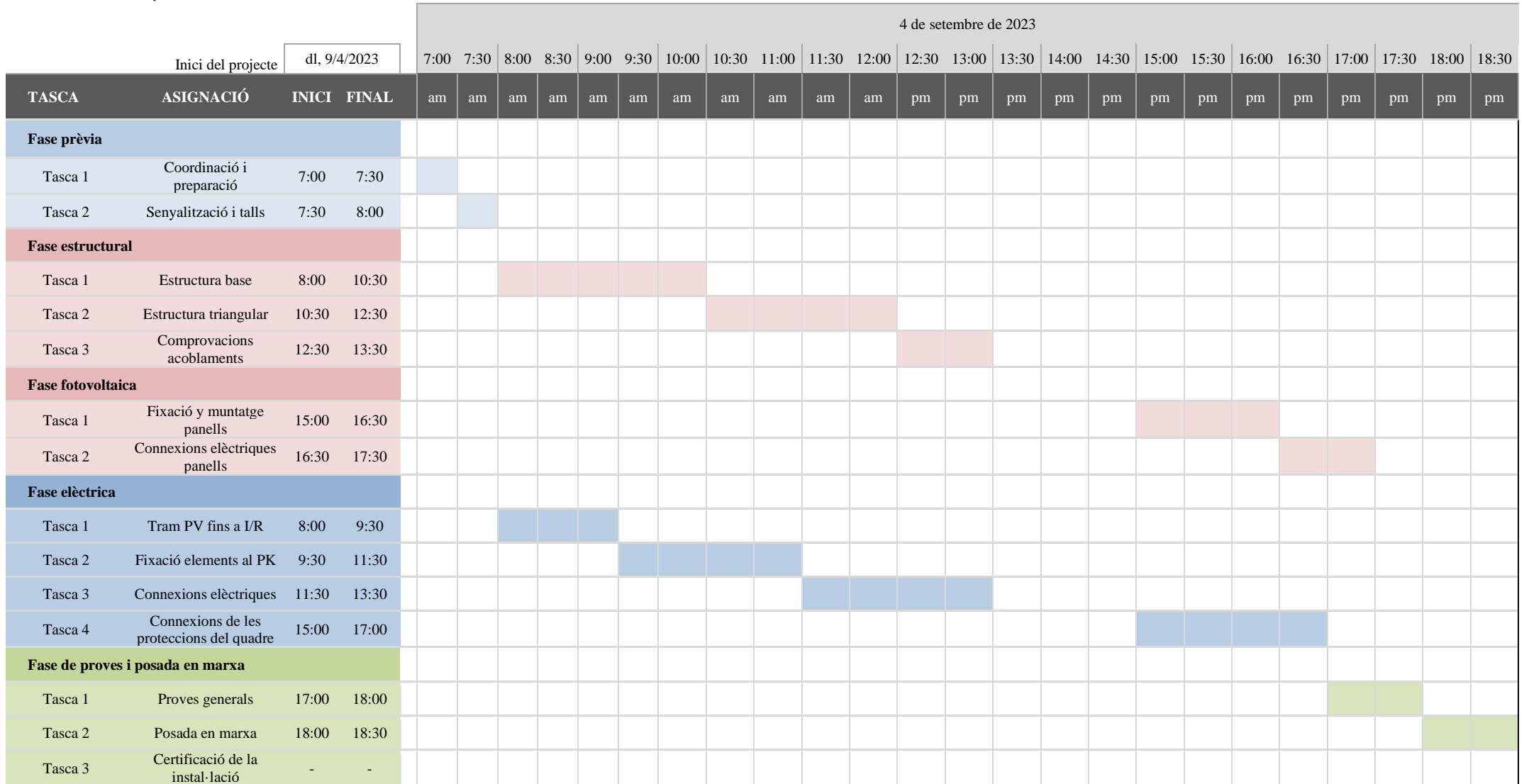
Tota la documentació tècnica i plànol d'ubicació, es poden trobar a l'annex d'aquest document, al punt 12.

3. Abast de la instal·lació en l'edifici

3.1. Abast de la intervenció

Per entendre l'abast de la intervenció, es contemplen unes actuacions resumides i esquematitzades que descriuen totes les fases de l'obra:

- Fase prèvia: Són les actuacions que es duen a terme abans d'iniciar les obres. Aquestes poden ser: senyalització, abalisament, talls de subministrament o recompte de materials entre d'altres.
- Fase estructural: En aquesta fase s'inclouen totes les intervencions de muntatge de la fixació estructural dels panells a l'edifici. Es parla de suports, bigues o fixacions cargolades entre d'altres.
- Fase fotovoltaica: Aquí es fixen les plaques sobre l'estructura anteriorment acoblada i collada i les connexions elèctriques que les interconnecten i que les connecten amb la resta de la instal·lació.
- Fase elèctrica: Última fase de construcció abans de les proves finals. En aquesta fase, s'instal·len tots els elements elèctrics i electrònics de seguretat i funcionament que connecten amb les plaques de la coberta.
- Fase de proves i posada en marxa: És la fase final on es posa a prova el circuit i es comprova el seu correcte funcionament abans de tancar totes les proteccions i col·locar el cablejat de manera segura i estanca.



Taula 1. Diagrama de Gantt de les fases de l'obra

Les parts estructurals afectades són principalment, els paviments de les diferents plantes que, són perforats per passar el cablejat i les proteccions d'aquests, les teules de la coberta també són perforades però, en aquest cas, per ancorar els suports dels panells.

A l'hora d'instal·lar les plaques es valora el fet que ja vénen preparats per a ser col·locats, es comprova que les parts electròniques estiguin ben protegides i que el pes que ha de suportar la superfície on han de ser instal·lades és l'adequat. També, tenir en compte la inclinació de les mateixes respecte la base per assegurar que les condicions meteorològiques com pluja o neu, ni siguin efecte d'estancaments, ni provoquin estralls a les estructures implicades, tant la de l'edifici com la dels panells, així com el perill que suposa a tercers la caiguda d'algun objecte del sistema.

Quan parlem de materials s'ha de considerar pes i tipus, per obtenir un resultat final adequat, valorant aquell que és capaç de suportar la superfície on s'assenta i la solidesa dels materials que conformen l'estructura.

Finalment, es considera el tipus d'integració sobre l'edifici. En aquest cas, es tracta d'una instal·lació sobre coberta inclinada, la més utilitzada i tradicional, això fa més senzilla la seva evacuació fluvial, quant a pluja i neu. La característica principal és que en cap moment està completament integrada o substitueix cap element constructiu, sinó que s'adhereix a l'edifici amb més complements de subjecció.

3.2. Anàlisi de les càrregues

El primer pas és avaluar el pes de l'equip principal (panells i estructura). El pes del cablejat i proteccions del mateix és insignificant per tenir-hi present als càlculs. Les fitxes tècniques dels components proporcionen la informació necessària per obtenir les variables de càlcul.

EQUIP	PES (KG/U)
Panells fotovoltaics	28,6
Estructura triangular	12
Estructura de suport	2
Estructura autolastrada	No requerit

Taula 2. Pes dels equips

Les càrregues totals es calculen amb les equacions descrites a continuació:

$$C_p = \frac{[(\sum p \cdot u) \cdot 9,81]}{N \cdot 1000} = (28,6 \cdot 12 + 12 \cdot 17 + 2 \cdot 17) \cdot \frac{9,81}{17 \cdot 1000} = 0,335 \frac{\text{kN}}{\text{u}}$$

$$q_p = \frac{C_p}{S \cdot \cos\alpha} = \frac{0,335}{2 \cdot \cos 30} = 0,848 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

C_p = Càrrega puntual del pes de la instal·lació

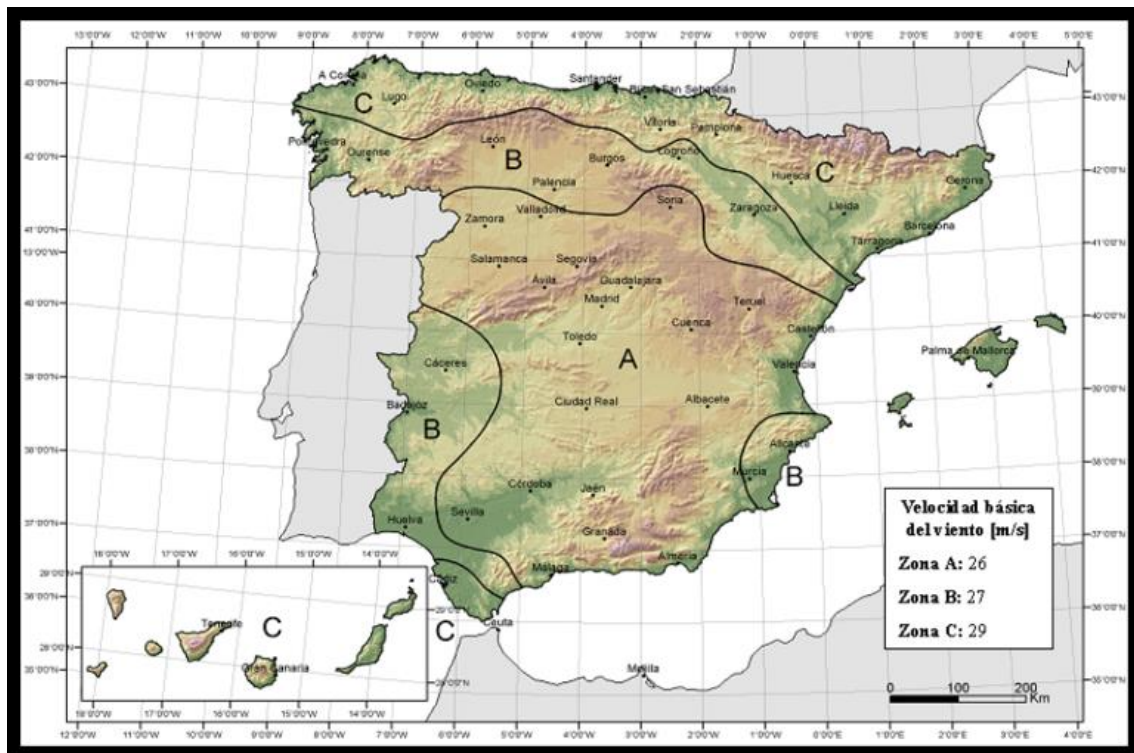
- p= Pes unitari
- u= Unitats
- N= Quantitat de panells
- qp= Càrrega distribuïda del pes de la instal·lació
- S= Superfície del panell
- α = Incliniació del panells respecte la coberta

Seguidament, s'avalua l'acció del vent, degut a que els panells no estan instal·lats paral·lelament a la coberta. Aquest càlcul està basat en les indicacions del document bàsic sobre seguretat estructural del codi tècnic (CTE-DB-SE-AE):

$$q = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,52 \cdot 1,633 \cdot 2,2 = 1,868 \frac{kN}{m^2}$$

- q= Acció del vent
- qb= Pressió dinàmica del vent (segons gràfic basat en criteris tècnics del CTE)
- Ce= Coeficient d'exposició
- Cp= Coeficient eòlic

Valor pressió dinàmica



Il·lustració 2. Zones diferenciades (valor pressió dinàmica) [Font: CTE]

Zona A $\rightarrow 0,42 kN/m^2$

Zona B $\rightarrow 0,45 kN/m^2$

Zona C $\rightarrow 0,52 kN/m^2$

Càlcul coeficient exposició

Segons el CTE el càlcul d'aquest coeficient es duu a terme amb els paràmetres tabulats segons el grau d'aspror de l'entorn:

Grau d'aspror de l'entorn: IV ($k=0,22$; $L=0,3m$; $z=8m$)

La z fa referència a l'alçada de la teulada.

$$P = \frac{k \cdot \ln z}{L} = 0,22 \cdot \ln \frac{8}{0,3} = 0,722$$

$$c_e = P \cdot (P + 7 \cdot k) = 0,722 \cdot (0,722 + 7 \cdot 0,22) = 1,633$$

Càlcul coeficient eòlic

Segons el CTE apliquen la taula de casos sense obstruccions:

Amb una inclinació de màxima eficiència pel cas en qüestió, es plantegen 15° dels panells respecte la coberta. Un cop identificat aquest valor, s'assumeixen els coeficients d'empenta:

Empenta cap avall: 2,2

Empenta cap amunt: 3

Per al càlcul, la component a tenir en compte és la vertical que exerceix una pressió cap a la coberta. Amb aquesta informació, tan sols es valora l'empenta cap avall:

Per últim, es calcula la càrrega provocada per l'acció del vent amb la component a tenir en compte, que és la vertical que exerceix una pressió cap a la coberta. Amb aquesta informació, només es valora l'empenta cap avall i així s'obté la càrrega per metre quadrat que exerceix l'acció del vent:

$$c_v = q_{avall} \cdot S \cdot \sin^2(\alpha) = 1,868 \cdot 2 \cdot \sin^2(15) = \frac{0,25kN}{u}$$

$$q_v = \frac{c_v}{S \cdot \cos(\alpha)} = \frac{0,93}{2 \cdot \cos 15} = \frac{0,48kN}{m^2}$$

Ara, tan sols queda sumar totes les càrregues avaluades per obtenir la càrrega total concentrada i distribuïda, i es verifica amb la normativa que compleixi amb es valors límits estipulats:

$$\mathbf{Càrrega total concentrada} = C_p + C_v = 0,335 + 0,25 = \frac{0,585kN}{u}$$

$$\mathbf{Càrrega total distribuïda} = q_p + q_v = 0,848 + 0,48 = 1,33kN/m^2$$

Código Técnico de la Edificación (Real Decreto 314/2006) | 2006 (Actual)

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

II·lustració 3. Taula de límits de càrregues [Font: CTE]

Els resultats són positius. Els valors indicats a la taula de límits de càrregues per a habitatges del codi tècnic al document bàsic SE-AE (seguretat estructural, accions a la edificació), superen els resultats obtinguts pels càlculs proposats a l'estudi amb un marge considerable, evitant el risc de fallida.

4. Dimensionat de la instal·lació

Aquest apartat està dedicat al dimensionament d'energia segons el consum elèctric total mensual dins l'habitatge unifamiliar en qüestió. Es dissenya la instal·lació per abastir completament les necessitats elèctriques amb plaques fotovoltaïques, degut a que les característiques de l'edificació ho permeten.

4.1. Consum energètic

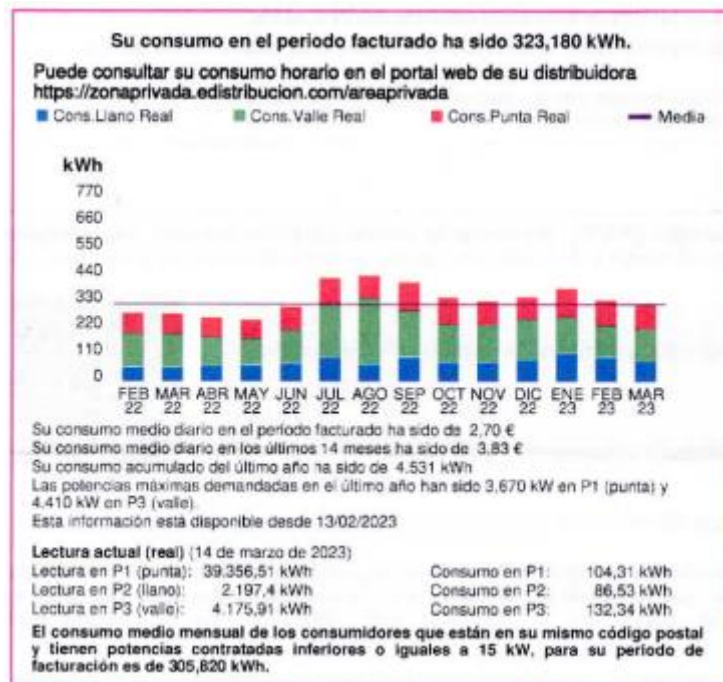
A la següent taula es valora de forma detallada, el consum mitjà produït a un habitatge d'aquestes característiques:

APARELL ELÈCTRIC	POTÈNCIA (kW)	TEMPS DIARI (h)	CONSUM DIA (kWh)	CONSUM MES (kWh)
Nevera	0,095	24	2,28	68,4
Rentadora	1,5	0,26	0,39	11,7

Rentavaixelles	1,4	0,25	0,35	10,5
Assecadora	1,8	0,167	0,3	9
Forn	2,2	0,25	0,55	16,5
TV	0,1	5	0,5	15
PC	0,1	6	0,6	18
Assecador de mà	1,8	0,0833	0,15	4,5
Microones	1,2	0,167	0,2	6
Calefacció/ACC	1,3	5	6,5	195
Il·luminació	0,05	6	0,3	9
Altres	1	0,25	0,25	7,5
Total	-	-	12,37	371,1

Taula 3. Consums aparells elèctrics a la habitatge unifamiliar

Un cop valorat el consum teòric segons els aparells disponibles a l'habitatge, es considera una factura d'exemple per contrastar el consum real mitjà que pot tenir aquest habitatge.



Il·lustració 4. Factura real de consum [Font: Endesa]

Es pot observar que el consum teòric (371,1kWh) s'ajusta bastant a la realitat (323,18kWh).

4.2. Tensió nominal de funcionament

Es pot observar que la potència contractada és inferior a 5kW, es poden instal·lar panells de 12, 24 o 48V. Per reduir les pèrdues elèctriques, interessa col·locar les de V_{mp} més alt (s'escullen plaques de $V_{mp} = 41,8V$). Finalment, l'estudi es fa sobre un inversor de 7,2kW ja que s'instal·len plaques amb capacitat total de 6,54kWp, amb la intenció d'aprofitar l'espai completament sense produir pèrdues per ombres en el rendiment. Això és una decisió del propietari de l'habitatge per si el dia de demà vol augmentar la potència contractada.

La tensió nominal de funcionament de l'inversor és de 125,4V degut a que el inversor escollit treballa en un rang d'operació de 90-450VDC de càrrega solar.

4.3. Consum kWh de l'habitatge

Amb les variable resoltes i les dades a la mà, es pot definir el següent punt per al càlcul de les dimensions elèctriques segons les necessitats. Un cop calculats els Wh, s'aplica un marge de sobredimensionament del 6,3% del mes crític per pèrdues per temperatura.

Aquest 6,3% és el resultat de multiplicar 0,35%/°C de pèrdues indicat a la fitxa tècnica de panell seleccionat per la diferència entre la temperatura mitja de cada mes i la temperatura òptima de funcionament (25°C). Escollint les pèrdues del mes més crític.

$$\%pèrdues \text{ per temperatura} = 0,35\%/^{\circ}C \cdot (25^{\circ}C - temp.mitja)$$

Promedio	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Màxima	12 °C	13 °C	15 °C	17 °C	21 °C	25 °C	28 °C	28 °C	25 °C	21 °C	16 °C	13 °C
Temp.	7 °C	8 °C	10 °C	13 °C	16 °C	20 °C	23 °C	23 °C	20 °C	16 °C	11 °C	8 °C
Mínima	3 °C	4 °C	6 °C	8 °C	12 °C	16 °C	18 °C	19 °C	16 °C	12 °C	7 °C	4 °C

II-lustració 5. Mitjana temperatures a Cervelló durant el 2022 [Font: Weather spark]

Mes	Temperatura	0,35%/°C
Gener	7	6,3
Febrer	8	5,95
Març	10	5,25
Abril	13	4,2
Maig	16	3,15
Juny	20	1,75
Juliol	23	0,7

Agost	23	0,7
Setembre	20	1,75
Octubre	16	3,15
Novembre	11	4,9
Desembre	8	5,95

Taula 4. Pèrdues per temperatura segons el mes

$$Consum_{sd} = 1,063 \cdot 12,37 = 13,15kWh/dia$$

Per al càlcul, s'ha tingut en compte el valor teòric de kWh. El motiu és que el representant de l'habitatge vol incloure calefacció elèctrica en la previsió de consum.

4.4. Pèrdues de la instal·lació

Les pèrdues són un factor clau alhora de dissenyar qualsevol instal·lació elèctrica. Amb la fórmula aplicada a continuació [Font: Solarpedia], es pretén calcular el consum real final de l'habitatge:

$$K_{total} = [1 - KC - KX] \cdot \left(1 - \frac{KA \cdot \alpha}{DOD}\right)$$

$$K_{total} = [1 - 0,07 - 0,015] \cdot \left(1 - \frac{0,005 \cdot 5}{0,9}\right) = 0,88$$

KA: Pèrdues per auto descàrrega de la bateria. En aquest cas són bateries estacionàries d'energia solar

KC: Pèrdues per rendiment del inversor/regulador

KX: Pèrdues per elements secundaris

α : Dies d'autonomia desitjats en la instal·lació. Habitatge habitual

DOD: Depth of discharge (Profunditat màxima de descàrrega de la bateria en %).

Els valors obtinguts per a les variables són valors mitjans de les pèrdues de cada equip que conforma la instal·lació. S'obtenen de les fitxes tècniques dels productes adjuntes al document a l'apartat d'annexos, al punt 12.2.

Un cop calculada la pèrdua total del sistema, es pot treure el **resultat real de consum** que s'ha d'utilitzar pel disseny.

$$Consum_{real} = \frac{Consum_{sd}}{K_{total}} = \frac{13,15}{0,88} = 14,94kWh/dia$$

4.5. Pèrdues per inclinació, orientació dels panells fotovoltaics

Abans de començar amb els càlculs parcials de pèrdues segons els conceptes titulats, es fa una referència de la norma, amb una taula que resumeix perfectament els límits màxims de pèrdues parcials i totals que pot tenir una instal·lació degut a aquests factors, això es simplifica en un correcte o incorrecte disseny del sistema. Es considera orientació òptima cap al sud i una inclinació idònia d'una latitud del lloc de menys de 10°.

Aquesta taula està extreta del document bàsic d'estalvi energètic (DB-HE).

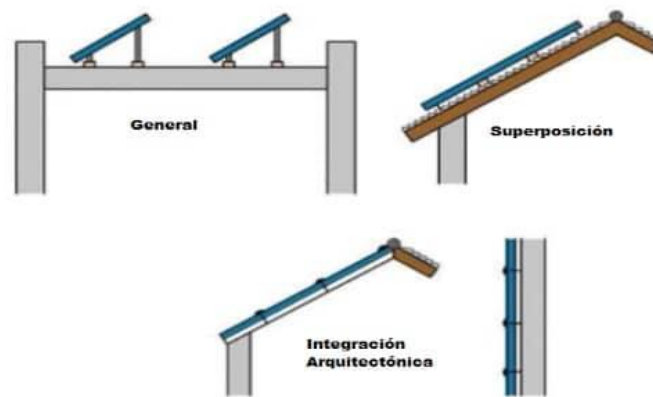
CAS	ORIENTACIÓ I INCLINACIÓ	OMBRES	TOTAL
General	10%	10%	15%
Superposició	20%	15%	30%
Integració arquitectònica	40%	20%	50%

Taula 5. Pèrdues màximes [Font: CTE]

En el cas de no poder complir-se amb aquesta regla bàsica i essencial, s'ha de justificar aportant diferents alternatives i optant per la que més s'ajusti a la màxima producció.

Per distingir els 3 casos exposats a la taula, es descriuen breument cada un d'ells:

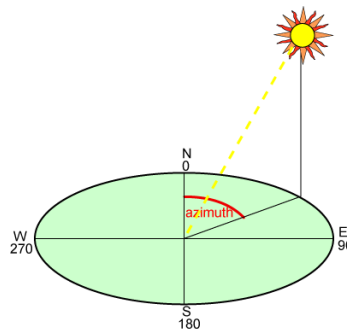
- General: És quan cada mòdul es repenja sobre el seu propi suport, aprofitant la superfície d'una coberta.
- Superposició: És quan la col·locació dels panells és paral·lela a la superfície de l'edifici on es disposen. No s'accepta la posició horitzontal, així s'afavoreix l'autoneteja d'aquests.
- Integració: És quan els panells fan les funcions tan arquitectònica com energètica, substituint elements constructius convencionals.



Il·lustració 6. Disposicions sobre estructures dels panells fotovoltaics [Font: CTE]

Orientació

L'orientació òptima per orientar els panells solars és cap al sud (angle azimuthal de 180°). Si orientem els mòduls cap a aquesta direcció, la instal·lació de panells fotovoltaics rebrà la màxima irradiació solar possible durant el dia, obtenint així el rendiment més elevat.



Il·lustració 7. Angle azimuth [Font: 2018; Bingsolar]

L'angle concret de l'habitatge del projecte és de **220° respecte del nord. Orientació Sud-Oest.**

Inclinació

La inclinació idònia per sistemes fixos sempre depèn de la latitud del lloc on es vol instal·lar i de si la connexió és d'autoconsum o connectades a una distribuïdora.

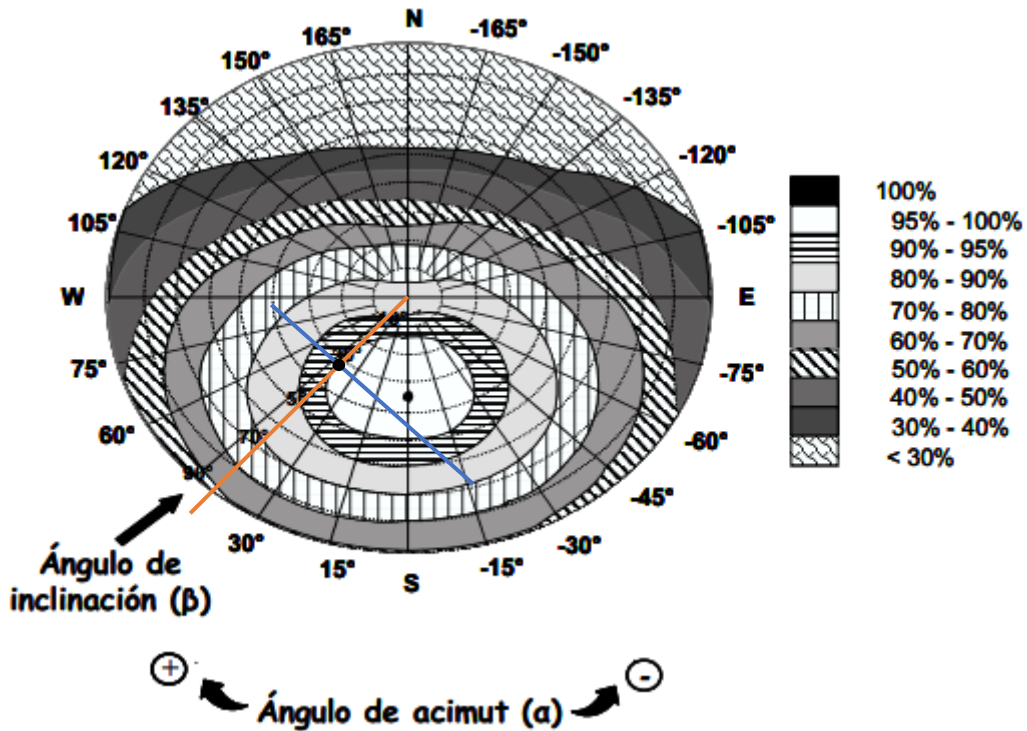
En aquest cas la latitud és de 41°. I està connectada a la distribuïdora.

Una forma de calcular la inclinació òptima és amb el criteri de irradiació del mes crític. Però en aquest cas, es calcula fent servir la següent fórmula [Font: Areatecnologia]:

$$\beta_{\text{òptima}} = 3,7 + \Omega \cdot 0,69 = 32^\circ$$

On Ω és la latitud del lloc de la instal·lació.

Un cop es tenen les dades corresponents a orientació i inclinació, s'avalua que no superin les condicions màximes permeses indicades a la taula 3 d'aquest apartat. Per saber quin és el percentatge d'energia que es perd tenint en compte aquestes pèrdues, s'utilitza el següent gràfic:



Il·lustració 8. Percentatge d'energia contemplat les pèrdues per orientació i inclinació [Font: CTE]

La línia blava marca la inclinació de les plaques i la taronja l'angle azimut respecte del sud (180°). El punt negre que connecta ambdues línies fa referència al percentatge d'energia màxim que es pot obtenir d'aquesta instal·lació. Està prop del canvi de marge parametrizat però encara és a dins del sector 95-100%, això vol dir que **si que es compleix amb la norma del CTE que marca unes pèrdues màximes del 10%** pel cas general que afecta a aquest projecte.

En cas que el diagrama no fos per una latitud de 41°, s'haurien de fer unes correccions per a la latitud del lloc que es vol avaluar.

4.6. Pèrdues de radiació solar per ombres

En aquest apartat es calculen les pèrdues de radiació solar produïdes per les ombres d'elements propers. S'aplica el mateix criteri de pèrdues màximes que són acceptades segons la taula 3 del punt anterior (p.4.5.).

El primer pas és conèixer la distància mínima que hi ha d'haver entre cada filera de plaques, aplicant la següent fórmula:

$$d = \frac{h}{\text{tg}(61 - \Omega)}$$

On:

h : És l'alçada des de la part alta d'una filera i la part baixa de l'altra (alçada de la placa per sinus de l'angle d'inclinació)

Ω : És la latitud del lloc

La part de la fórmula $1/\text{tg}(61 - \Omega)$ també és coneguda com el factor k . Aquest factor està tabulat per algunes de les latituds:

Latitud	29°	37°	39°	41°	43°	45°
k	1,6	2,246	2,475	2,747	3,078	3,487

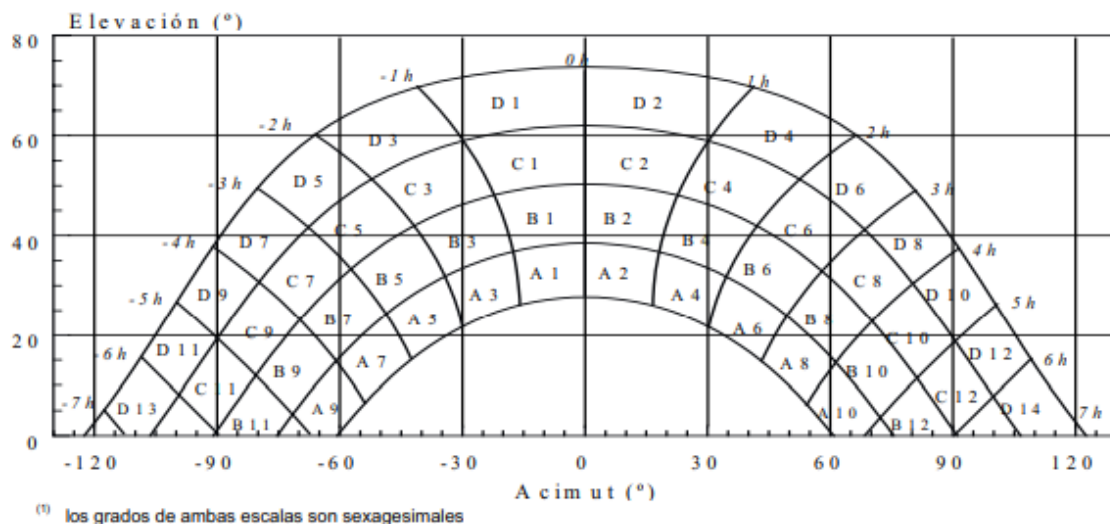
Taula 6. Factors k segons latituds

Com es disposen plaques horitzontalment i d'altres en vertical, es duen a terme 2 càlculs paral·lels:

$$d_{\text{plaques verticals}} = h \cdot k = 2,28 \cdot \sin(15) \cdot 2,747 = 1,62m$$

$$d_{\text{plaques horitzontals}} = h \cdot k = 1,13 \cdot \sin(15) \cdot 2,747 = 0,8m$$

Seguidament, amb la il·lustració 7 que es pot veure a continuació (diagrama de la trajectòria del sol), es comparen els obstacles que influeixen sobre la superfície de la instal·lació amb aquest diagrama:



Il·lustració 9. Diagrama de la trajectòria del sol durant l'any [Font: CTE]

Per poder introduir els punts de les coordenades polars al diagrama, s'han de transformar les coordenades cartesianes (x , y i z) de cada vèrtex dels obstacles que produeixen ombres a la instal·lació. Llavors, aquestes coordenades polars que representen el punt d'elevació i l'Azimut dels dos eixos del diagrama formen una estructura que tapa les caselles del mateix. Després, cada casella del diagrama s'ha de sumar per obtenir el % total de pèrdues per ombres.

Les fórmules utilitzades per aquests càlculs són les següents:

$$\alpha_p = \text{Punt d'elevació al IV quadrant} = \text{tg}^{-1} \left(\frac{z}{\sqrt{x^2 \cdot y^2}} \right)$$

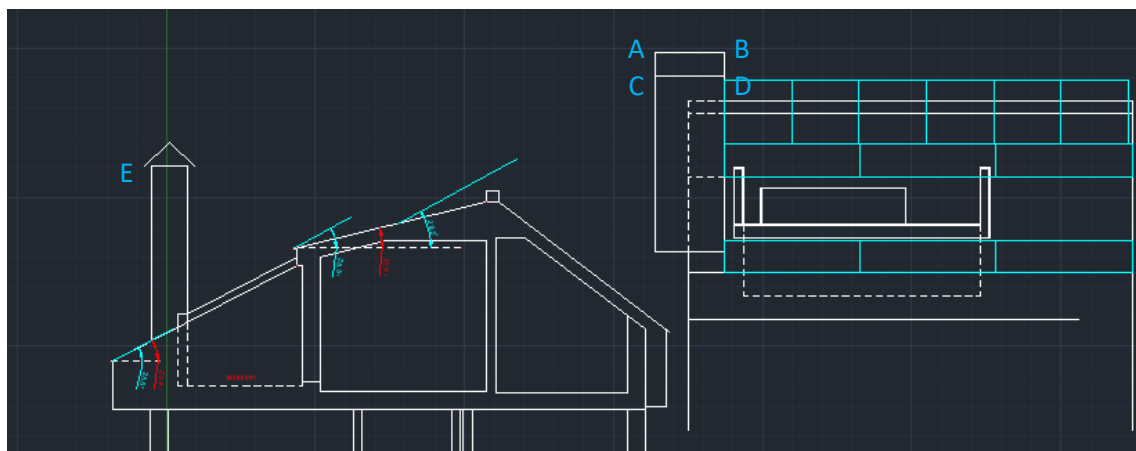
$$\gamma_p = \text{Punt d'Azimut al IV quadrant} = 90 - \text{tg}^{-1} \left(\frac{x}{y} \right) + \psi_c$$

On:

ψ_c : Correcció de l'Azimut

x, y i z: Coordenades cartesianes

En el cas de ocultació parcial d'una casella del diagrama, s'utilitzarà el factor d'ompliment (fracció oculta respecte del total de la porció) més proper als valors: 0,25; 0,50; 0,75 o 1.



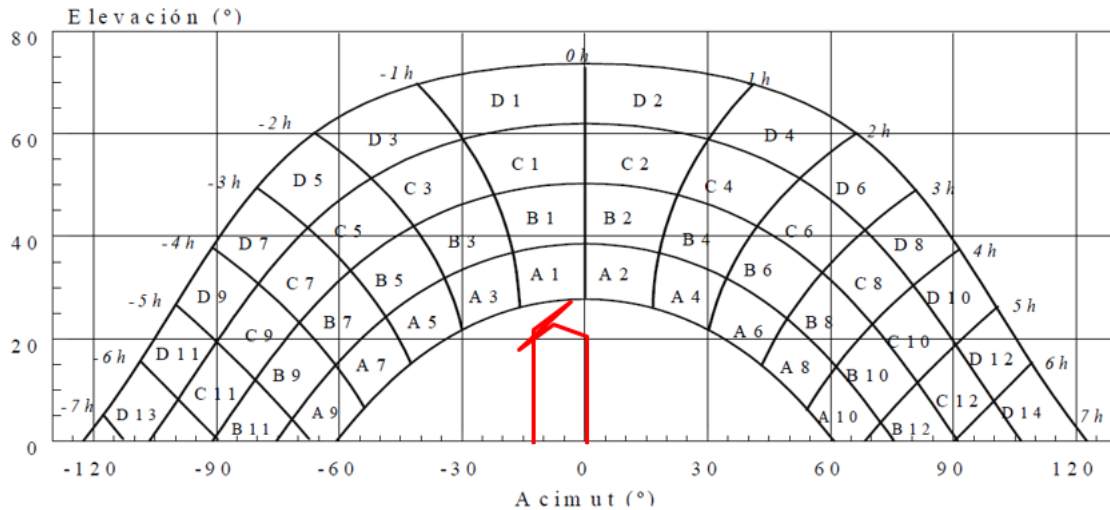
Il·lustració 10. Punts de referència pels càlculs amb el diagrama de pèrdues per ombres

Els punts utilitzats pels càlculs de pèrdues són els que es poden veure a la il·lustració 10.

Orientació dels panells						-40
PUNT	X	Y	Z	ACIMUT	ACIMUT CORREGIT AMB ORIENTACIÓ	ALÇADA
A	3,93	2,13	1,8	28,45	11,54	21,93
B	2,78	2,13	1,8	37,45	2,54	27,20
C	3,93	1,83	1,4	24,96	15,03	17,89
D	2,78	1,83	1,4	33,35	6,64	22,81
E	2,78	2,45	1,4	41,38	1,38	20,69

Taula 7. Punt d'elevació (α_p) i punt Azimut (γ_p) segons el vèrtex dels obstacles

Amb aquesta taula ja es pot formar la figura dins del diagrama:



Il·lustració 11. Diagrama amb la projecció d'ombres [Font: CTE]

La taula que més s'ajusta a les necessitats del projecte (inclinació 30° i orientació -40°) és la següent:

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,22
11	0,00	0,03	0,37	1,26
9	0,21	0,70	1,05	2,50
7	1,34	1,28	1,73	3,79
5	2,17	1,79	2,21	4,70
3	2,90	2,05	2,43	5,20
1	3,12	2,13	2,47	5,20
2	2,88	1,96	2,19	4,77
4	2,22	1,60	1,73	3,91
6	1,27	1,11	1,25	2,84
8	0,52	0,57	0,65	1,64
10	0,02	0,10	0,15	0,50
12	0,00	0,00	0,03	0,05
14	0,00	0,00	0,00	0,08

Il·lustració 12. Taula de referència per als valors obtinguts al diagrama [Font: CTE]

Com que no hi ha ombres que influeixin en la captació de radiació solar per part de les plaques, no es fa càlculs afegits de pèrdues per ombres.

Amb aquests condicionants resolts per pèrdues totals, el cas que ocupa aquest projecte és:

CAS	ORIENTACIÓ I INCLINACIÓ	OMBRES	TOTAL
General	10%	10%	15%

II-lustració 13. Retall de la taula 3 pel cas GENERAL

Es pot dir llavors que, pel cas general, **compleix tant en pèrdues per inclinació i orientació (0-5%), com per ombres (0%) i pèrdues totals (0-5%).**

5. Consideracions de seguretat i salut

5.1. Justificació estudi bàsic de seguretat i salut

El **Reial decret 1627/1997, del 24 d'octubre, pel qual s'estableixen les normes mínimes de seguretat i salut a les obres**, estableix a l'apartat 2 de l'article 4 que als projectes d'obres no emparats en els condicionants previstos a l'apartat 1 del mateix article, el promotor estarà obligat a realitzar un estudi bàsic de seguretat i salut durant la fase de redacció del projecte.

Per tant, cal verificar si totes les condicions següents són correctes:

- Que duri més de 30 dies laborals
- El nombre total de treballadors que treballen sigui superior a 500 persones
- Obres que no siguin túnels, corredors, canalitzacions subterrànies o preses
- Que el Pressupost d'Execució del Contracte (PEC) sigui inferior a 450.000 euros

Aquest estudi bàsic de seguretat i salut s'ha elaborat perquè no s'ha produït cap de les circumstàncies que preveu l'article 4, apartat 1, del RD 1627/1997.

A demés del Reial Decret anteriorment citat, també es fa referència pel tipus d'obra al **Reial Decret 614/2001, de 8 de juny, sobre disposicions mínimes per a la protecció de la salut i seguretat dels treballadors davant del risc elèctric**. Aquest es desenvolupa a continuació en 6 articles:

Article 1: Objecte, àmbit d'aplicació i definicions:

1. Aquest Reial decret, en el marc de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals, estableix les normes mínimes de seguretat per a la protecció dels treballadors davant dels riscos elèctrics a la feina.
2. Aquest Reial decret s'aplica tant a les instal·lacions elèctriques als llocs de treball com a les tècniques i procediments per treballar-hi o a les proximitats.
3. El que disposa el Reial decret 39/1997, de 17 de gener, pel qual s'aprova el Reglament dels serveis preventius, és de plena aplicació en tot l'àmbit previst als apartats anteriors, sens perjudici de les disposicions específiques contingudes en aquest Reial decret.
4. Als efectes d'aquest Reial decret, són aplicables les definicions que es descriuen a continuació:
 - 4.1. Riscos elèctrics: Riscos ocasionats per l'energia elèctrica. En concret, s'inclouen els riscos següents:

- a) Xoc elèctric causat per contacte amb elements de tensió (contacte elèctric directe) o subjecció d'objectes pesants d'electrificació accidental (contacte elèctric indirecte).
- b) Cremades per descàrrega elèctrica o arc.
- c) Caigut o copejat per descàrrega elèctrica o arc.
- d) Incendi o explosió causat per electricitat.

4.2. Lloc de treball: Qualsevol lloc on un treballador pugui ingressar per treballar.

4.3. Instal·lació elèctrica: conjunt de materials i equips per generar, convertir, transformar, transmetre, distribuir o utilitzar energia elèctrica al lloc de treball, incloses les bateries, condensadors i qualsevol altre dispositiu que emmagatzemi energia elèctrica.

4.4. Procediment de Treball: La seqüència d'operacions per realitzar un treball específic, incloent-hi els recursos materials (treball o protecció) i humans (qualificació o capacitació del personal) requerits per realitzar el treball.

4.5. Alt voltatge. baixa tensió. Tensió segura: la tensió definida al codi elèctric.

4.6. Treballs sense tensió: Treballs d'instal·lació elèctrica després de prendre totes les mesures necessàries per mantenir la instal·lació sense tensió.

4.7. Àrea perillosa o àrea de treball amb corrent: un espai al voltant de components amb corrent on la presència de treballadors sense protecció crea un risc greu i imminent de formació d'arc o contacte directe amb components amb corrent. Tensió, tenint en compte els gestos o moviments que poden fer els treballadors normals sense moure's.

4.8. Treball en tensió: treball en què un treballador entra en contacte amb elements en tensió ja sigui amb qualsevol part del seu cos o amb qualsevol eina, equip, dispositiu o material amb què estigui treballant, o ingressa a una àrea perillosa. No es consideren treballs en tensió les maniobres i els mesuraments, els assaigs i les verificacions.

4.9. Zona de proximitat: un espai tancat al voltant d'una àrea perillosa des d'on un treballador pot ingressar sense adonar-se'n.

4.10. Treball sense contacte: treball en el qual un treballador ingressa, o pot ingressar, a una àrea de no contacte sense ingressar a l'àrea perillosa, ja sigui amb una part del cos o amb les eines, equip, equip o materials amb els quals està treballant.

4.11. Treballador Autoritzat: Treballador que ha estat autoritzat per un ocupador per realitzar un treball específic que comporti risc d'electrocució, en base a la seva capacitat per fer-ho correctament, d'acord amb els procediments establerts en aquest Reial decret.

4.12. Treballador qualificat: Treballador autoritzat que té coneixements d'especialista en instal·lació elèctrica a través de la formació professional o universitària reconeguda o experiència professional certificada de dos o més anys.

4.13. Cap de treball: una persona designada per l'ocupador que assumeix la responsabilitat real de la feina.

Article 2: Obligacions de l'empresari

1. L'empresari ha d'adoptar les mesures necessàries perquè l'ús o la disponibilitat d'energia elèctrica al lloc de treball no suposi cap risc per a la seguretat i la salut dels treballadors o, si no, perquè aquests riscos es minimitzin.
2. En tot cas, per evitar el risc de descàrrega elèctrica:
 - a) Les característiques, usos i manteniment de les instal·lacions elèctriques als llocs de treball s'han d'ajustar al que disposa l'article 3 d'aquest Reial decret.
 - b) Els mètodes i els procediments per treballar dins o a prop d'instal·lacions elèctriques s'han d'ajustar al que disposa l'article 4 d'aquest Reial decret.

Article 3: Instal·lacions elèctriques

1. El tipus d'instal·lació elèctrica del lloc de treball i les característiques dels seus components s'han d'adaptar a les condicions específiques del mateix lloc, de les activitats que s'hi desenvolupin i dels equips elèctrics (receptors) utilitzats.

Propietats conductores del lloc de treball (possible presència de superfícies altament conductores, aigua o humitat), atmosferes explosives, presència d'ambients inflamables o corrosius, i altres que puguin augmentar significativament els riscos elèctrics.

2. Només es poden utilitzar al lloc de treball els equips elèctrics del sistema del fabricant o una classe de protecció dels quals sigui compatible amb el tipus d'instal·lació elèctrica vigent i els factors esmentats a l'apartat anterior.
3. L'equip elèctric del lloc de treball s'utilitza i manté correctament i el funcionament dels sistemes de protecció es comprova periòdicament d'acord amb les instruccions del fabricant i de l'instal·lador (si n'hi ha) i l'experiència de l'operador.
4. Les instal·lacions elèctriques a la feina i el seu ús i manteniment han de complir en cada cas amb el Reglament Tècnic Elèctric, Reglament General de Protecció del Treball en el Treball, Aparells de Treball i Senyalització en el Treball i altres normes que siguin necessàries.

Article 4: Tècniques i procediments de treball

1. Les tècniques i els procediments utilitzats per treballar dins o a prop d'instal·lacions elèctriques es defineixen tenint en compte:
 - a) L'avaluació dels riscos que aquestes feines poden comportar.
 - b) Els requisits que preveuen els apartats restants d'aquest article.
2. Tots els treballs dins o a prop d'instal·lacions elèctriques que impliquin riscos elèctrics s'han de fer amb l'energia apagada, llevat del que s'especifica a les seccions 3 i 4 d'aquest article.
3. Poden fer-se sota tensió:
 - a) Els treballs de connexió i desconnexió en sistemes de baixa tensió amb equips elèctrics destinats a l'ús directe i assegurança del públic en general. En qualsevol cas, aquestes operacions s'han de fer després de comprovar el bon estat del material processat segons els procediments habituals del fabricant.

b) Treball en sistemes amb tensions de seguretat, sempre que no hi hagi possibilitat de confusió en distingir-los i que el corrent no suposi un risc d'incendi en cas d'un possible curtcircuit. En cas contrari, els procediments de treball establerts han de garantir la correcta identificació de les instal·lacions i evitar curtcircuits quan els treballadors no els puguin protegir.

4. També es poden fer amb tensió:

a) Els treballs, les mesures, els assaigs i les verificacions necessàries per la seva naturalesa.

b) Treballar a prop d'instal·lacions on es requereixin condicions de funcionament o continuïtat del subministrament.

5. Amb excepció d'allò que s'esmenta el paràgraf 3 d'aquest article, els mètodes utilitzats per fer treballs en tensió han de complir els requisits generals establerts per a treballs d'alta tensió i els requisits addicionals específics.

6 Les operacions, mesures, assaigs i verificacions elèctriques es realitzen d'acord amb les disposicions generals i, si escau, les disposicions específiques.

Si durant l'execució d'aquests treballs és necessari ocupar la zona de perill dels elements en tensió circumdants o penetrar-hi per distracció, cal atènyer-se al que disposen els apartats 5 o 7 d'aquest article, segons el cas.

7. El treball a prop de parts en tensió es considera treball de càrrega i s'apliquen les disposicions aplicables a aquest tipus de treball.

8. Sense trepitjar el que disposen els apartats anteriors d'aquest article, els treballs a les zones amb risc d'incendi o explosió i en els processos en què es pugui produir una acumulació perillosa d'electricitat estàtica s'han de fer de conformitat amb el següent contingut:

Les instal·lacions i els equips elèctrics han de complir les normes específiques per instal·lar-les en edificis amb risc d'incendi o explosió, tal com s'especifica al Codi Tècnic Elèctric.

A. Treballar en àrees on hi hagi risc d'incendi o explosió.

1. Els treballs en instal·lacions elèctriques en què hi hagi risc d'incendi o explosió s'han de fer amb procediments que minimitzin aquests riscos. Per això, es limita i controla en la mesura que sigui possible la presència de substàncies combustibles a la zona de treball, evitant la creació de focus d'ignició, especialment quan existeix o es pot formar una atmosfera explosiva. En aquest cas, està prohibit realitzar qualsevol feina o intervenció (substitució de làmpades, fusibles, etc.) sota tensió.

2. La idoneïtat per als tipus de foc previsibles i el bon estat dels mitjans i equips d'extinció es comproven abans de dur a terme la feina. En cas d'incendi, l'equip potencialment afectat s'apaga si no és necessari mantenir-lo en funcionament per extingir l'incendi. En cas contrari, la parada podria suposar un perill més gran que el provocat pel mateix incendi.

3. El treball és realitzat per personal autoritzat. Si s'ha de fer en una atmosfera explosiva, l'ha de fer personal qualificat i seguir procediments prèviament investigats.

B. Electricitat estàtica.

1. A les zones o processos en què es pugui produir acumulació d'electricitat estàtica, s'han de prendre les precaucions necessàries per evitar la formació de descàrregues perilloses, especialment espurnes a les zones on hi hagi risc d'incendi o explosió.

- Processos en què es produeix el fregament constant de l'aïllament o dels materials aïllants.
- Processos de vaporització o trituració, emmagatzematge, transport o manipulació de líquids o substàncies en pols.

2. Segons les possibilitats del cas individual i les circumstàncies específiques, s'ha de prendre una o una combinació de les mesures següents per evitar la càrrega electrostàtica:

- Eliminació o reducció de processos de fricció.
- Evitar en tant que sigui possible processos que provoquin esquitxades, aspersions o caiguda lliure.
- Usar materials antiestàtics (corrons, catifes, sabates, etc.) o augmentar la conductivitat (augmentar la humitat relativa, fer servir additius o altres mitjans).
- La connexió a terra de materials capaços d'absorbir càrregues i, si escau, entre si, especialment conductors o elements metàl·lics aïllants.
- Ús d'equips especials per eliminar l'electricitat estàtica. En aquest cas, la planta no ha d'exposar els treballadors a radiacions perilloses.
- Altres mesures per a processos específics per assegurar que no s'acumuli càrrega estàtica.

Article 5: Formació i informació dels treballadors

Els empresaris han de vetllar perquè els treballadors i els representants dels treballadors rebin la deguda formació i informació sobre els riscos elèctrics i disposar de les ordres de mesures preventives i de protecció.

Article 6: Consulta i participació dels treballadors

La consulta i la participació dels treballadors o dels seus representants en les matèries a les quals es refereix aquest Reial decret s'ha de fer de conformitat amb el que disposa l'article 18.2 de la Llei de prevenció de riscos laborals.

5.2. Mesures de prevenció durant l'execució de l'obra

5.2.1. Mesures de prevenció d'activitats

Donat el cas, es duu a terme un tancament/abalisament de l'espai destinat a la consecució de les obres, per tal de reduir riscos innecessaris amb personal aliè al que s'encarrega de l'execució de la instal·lació. Deixant els accessos alliberats per la circulació de civils exclosos en la participació activa de l'execució. Les zones de treball han d'estar senyalitzades correctament segons els tipus de tasques realitzades. Els tècnics/ operaris han d'utilitzar correctament els EPIs subministrats per l'empresa, han d'estar qualificats per les feines en qüestió i sempre han d'estar enganxats als punts d'ancoratge de l'estructura amb l'arnés de

seguretat, quan es duguin a terme els treballs en alçada. I la il·luminació per a les zones de treball ha de disposar d'un mínim de 100 lux.

Queda prohibit el pas sota càrregues en suspensió.

Sempre mantenir l'ordre i la neteja a l'obra.

Per a la connexió del cablejat elèctric als punts d'alimentació, s'ha d'utilitzar clavilles M-F i treballar per sobre del punt de tall.

Si es dona la circumstància de pluges, nevades, gelades o vents superiors a 60km/h, s'han de paralitzar les feines de instal·lació a cobertes/ teulats.

Abans de l'inici de les obres, s'ha de comprovar l'existència de la següent documentació:

- Comunicació d'inici d'obres del centre de treball
- Llibre de subcontractació (si és necessari)
- Pla de seguretat i salut, validat pel coordinador encarregat per a tal fi
- Llibre d'incidències

Tots aquests documents queden confirmats a l'acta diària d'execució.

Es fa un reconeixement del terreny per minimitzar els accidents no considerats en aquest estudi, tal com desnivells específics de cada fase de les obres o instal·lacions existents que creuin o entorpeixin la realització de les mateixes.

Un altre aspecte clau a valorar durant l'execució de l'obra és detectar l'existència d'interferències per així poder actuar en conseqüència i delimitar els diversos riscos. En aquest cas, l'única interferència prevista són les canalitzacions de conductors elèctrics, ja que la zona de treball està lliure de personal no destinat a les feines. No obstant, les zones es delimiten igualment amb les senyals apropiades.

A continuació es pretén anomenar els diferents riscos durant les fases d'execució, amb la finalitat de confirmar la necessitat de les proteccions individuals i col·lectives descrites més endavant:

- Contactes directes o indirectes elèctrics
- Curtcircuits o arcs elèctrics
- Esforços físics per les diferents postures
- Caiguda o projecció d'objectes o màquines
- Relliscades o trepitjades de materials punxants
- Caigudes del personal
- Cops, enganxades o talls

Treballs sense tensió

Per poder deixar sense tensió el circuit a manipular, s'ha d'identificar la zona sobre la qual es vol treballar per no tenir incidents que puguin provocar danys a persones o elements del circuit.

Es recomana redactar procediments per treure la tensió en circuits amb una complexitat elevada, com per exemple, deguda al nombre d'elements o la distribució del cablejat.

El procediment a seguir per treure la tensió d'una zona és el següent:

- 1er. Desconnectar
- 2on. Prevenir qualsevol possible realimentació
- 3er. Verificar l'absència de tensió
- 4at. Posada a terra i a curtcircuit
- 5è. Protegir la zona d'elements amb tensió.

Per tornar a donar tensió a la zona, s'ha de seguir el següent procediment:

- 1er. Retirada de proteccions addicionals i senyalitzacions de límits de zona de treballs elèctrics.
- 2on. Retirada de la posada a terra i en curtcircuit, primerament retirant les pinces dels elements més propers i finalment la de posada a terra.
- 3er. Desbloqueig o retirada de la senyalització dels dispositius de tall.
- 4at. Tancament del circuit per tornar a tenir tensió al sistema.

Per a procedir a les etapes de desconnexió citades, s'han de tenir en compte uns criteris de prevenció:

- Notificar als treballadors involucrats de la restitució de la tensió
- Comprovar que el personal no implicat hagi abandonat la zona de treball
- Verificar que no queden curtcircuits o posades a terra
- Informar al responsable de l'actuació que es vol dur a terme
- Accionar els aparells de maniobra corresponents

Treballs sense tensió

Són feines que han de dur a terme treballadors qualificats per a tal finalitat. Tanmateix, s'ha de realitzar un estudi previ i, si la dificultat és elevada i les feines ho requereixen, fer proves en situació de NO tensió.

A continuació es redacten les mesures de prevenció a tenir en compte durant les fases d'execució dels treballs amb tensió:

- Fer les feines sobre algun material aïllant que sigui estable i resistent
- Utilitzar proteccions personals i eines apropiades per a aquests tipus de feines
- Vestidures de feina sense elements conductors
- Aïllar, sempre que sigui possible tots els elements actius dins la zona de treball
- La zona de treball ha d'estar ben il·luminada

5.2.2. Mesures de prevenció segons eines i maquinaria

Degut a que cada màquina/eina té unes mesures específiques, es detallen per separat les condicions requerides per a cada una d'elles.

Radial elèctrica:

- Desendolieu i espereu que s'aturi abans de col·locar el dispositiu a terra.
- Apagueu el dispositiu i desconnecteu el cable d'alimentació abans de realitzar tasques de manteniment, substitució del disc dur, etc.
- En cap circumstància s'han de connectar equips elèctrics a la xarxa amb cables nus.
- Comproveu sempre l'estat del vostre disc dur.
- Qualsevol irregularitat en l'aïllament de la màquina serà comunicada al responsable de retirar-la. Els treballs de manteniment i reparació de la màquina sempre han de ser realitzats per personal qualificat. No torça el disc, lateralment ni apliqui una pressió excessiva.
- No utilitzeu equips elèctrics amb les mans molles o superfícies humides.
- No utilitzeu el dispositiu en posicions que requereixin sostenir-lo per sobre del nivell de l'espatlla, ja que la pèrdua de control pot provocar lesions a la cara, el pit o les extremitats superiors.
- Està prohibit deixar serres a terra.
- Està prohibit l'ús de discos trencats o danyats.
- Utilitzeu sempre un disc adequat per al material a tallar.
- Utilitzeu sempre en una àrea ben ventilada.
- Es prohibeix l'ús de radials sense elements de protecció.

Trepant elèctric

- Comprovar el cable elèctric, per tal que no hi hagi empalmaments, ni connexions inadequades.
- Cal desconnectar el trepant de l'endoll, per substituir la broca.
- En cas de ser necessari orificis de major diàmetre, cal canviar la broca per una altra de més secció, mai intentar augmentar l'orifici amb moviments oscil·latoris del trepant.
- La reparació dels forats es realitzarà per personal especialitzat.
- No utilitzeu la broca de forma inclinada.
- Per canviar la broca, cal utilitzar la clau amb aquesta finalitat.
- Utilitzar la broca adequada pel material a trepar.
- Es comprova diàriament el bon estat dels forats, retirant de l'obra aquells que ofereixin deterioraments que impliquin riscos per als operaris.

Eines manuals

- Les eines s'utilitzen únicament per a l'operació per a la qual van ser dissenyades, sempre es comproven abans del seu ús i es rebutgen si es troben defectes d'estat. S'han de mantenir sempre lliures de greix o altres materials viscosos, i sempre col·locats en portaeines o prestatges adequats per evitar arxivar-los de manera caòtica, a l'atzar o col·locar-los en algun lloc del terra. Totes les eines elèctriques estan equipades amb doble aïllament de seguretat.
- No utilitzeu eines elèctriques desendollades. Quan s'han de fer servir mànegues d'extensió, s'enrotllen des de l'eina fins a l'endoll i mai al revés.
- S'emmagatzemen en magatzems de construcció.
- El treball amb aquestes eines s'ha de fer sempre en una posició estable.
- Manipular amb guants de cuir o PVC. Sabates de seguretat, casc i ulleres de projecció si cal.

5.3. Equips de protecció individual i col·lectiva

Les mesures previstes a nivell individual durant les diferents fases de l'obra són les següents:

- Casc reglamentari
- Peto reflectant
- Ulleres protectores
- Guants amb aïllament corresponents a les tensions manipulades
- Arnès de subjecció
- línia de vida horitzontal
- Roba aïllant
- Botes aïllants de seguretat
- Proteccions contra el soroll

Les mesures previstes a nivell col·lectiu durant les diferents fases de l'obra són les següents:

- Abalisament
- Senyalització
- Il·luminació adequada
- Escales amb conformitat CE

5.4. Maquinaria contemplada durant l'obra

Les màquines previstes durant totes les fase de la obra són:

- Eines manuals
- Trepant elèctric
- Allargs
- Serra radial elèctrica

No està previst l'ús de mitjans elevadors ni camions grua, ni pel transport ni pels treballs indicats durant les diferents fases.

5.5. Instal·lacions de salubritat i higiene

Degut a que la composició de treballadors per a les tasques en qüestió és d'un total de dos treballadors, no és necessari disposar de casetes d'higiene personal ni vestuaris temporals. Per satisfer aquestes necessitats la propietat atorga als treballadors la disponibilitat de les seves instal·lacions.

5.6. Pla de seguretat i salut

La part contractual encarregada d'executar l'obra, ha d'elaborar un pla de seguretat i salut que ha de ser aprovat pel coordinador/ director en matèria de seguretat i salut. Aquest pla ha de ser elaborat i consensuat sota les pautes d'aquest estudi redactat dins la memòria tècnica de la instal·lació i, s'afegiran els requeriments addicionals que es considerin dins de les necessitats que es creguin oportunes. Aquestes mesures addicionals sempre hauran d'anar regulades sota una justificació tècnica que argumenti la necessitat d'aquesta nova aplicació.

Qualsevol persona dins de l'escala jeràrquica, que estigui implicada en la coordinació de l'obra, pot aportar suggeriments, arguments o alternatives per a la modificació d'aquest pla, amb la finalitat de millorar-lo, sempre que sigui de manera raonable.

5.7. Coordinació de seguretat i salut

El coordinador en matèria de seguretat i salut és la persona encarregada de controlar que, durant les diferents fases d'obra, es compleixin tots els requisits inherents a la competència mencionada.

Aquest coordinador i el director d'obra poden ser la mateixa persona. Així mateix, les funcions a les quals està designat es descriuen a continuació:

- Prendre prevencions per limitar l'accés a la zona d'obra a persones alienes
- Organitzar la coordinació d'activitats empresarials previstes a l'article 24 de la Llei de prevenció de riscos laborals
- Donar el vist i plau al pla de seguretat i salut elaborat per al contractista
- Coordinar les activitats per tal que tots els implicats actuïn segons el que marca l'article 15 i 24 de la llei de Prevenció de Riscos Laborals

5.8. Obligacions de contractistes i subcontractes

Estan obligats a complir:

1. Aplicar el principi de precaució contingut a l'article 15 de la Llei de Prevenció de Riscos Laborals.

- Neteja i ordre durant l'obra
- Seleccionar la ubicació dels llocs i les àrees de treball, tenint en compte les condicions d'accés, determinant rutes i zones de circulació i trànsit
- Manipulació de materials diversos
- Manteniment, inspeccions prèvies a la posada en marxa i inspeccions periòdiques de les instal·lacions i equips necessaris per a la realització dels treballs
- Delimitació i coordinació d'àrees per a depòsit i emmagatzematge de materials
- Emmagatzematge i retirada de deixalles i enderrocs
- Recollida de mercaderies perilloses usades
- Coordinar efectivament el temps dedicat a les diferents tasques i etapes del treball
- Cooperació de tots els involucrats en la construcció

2. Observar les disposicions del pla de seguretat i salut i vetllar pel seu compliment per part dels empleats.
3. Tenir en compte l'obligació de coordinació d'activitats empresarials prevista a l'article 24 de la Llei de Prevenció de Riscos Laborals i l'obligació prevista del Reial Decret que s'aplica.
4. Informar els autònoms de totes les mesures i instruccions que cal prendre en matèria de seguretat i salut.
5. Seguir els consells i les instruccions del coordinador de seguretat i salut durant la realització del treball.

Aquestes persones tenen responsabilitats relacionades amb la correcta execució de les mesures establertes al pla i els deures de tractar directament amb elles o, si escau, amb el treball autònom que els encomanin. A més, responen de les conseqüències de l'incompliment de les mesures previstes al pla.

5.9. Paralització de les feines

Com a responsable del compliment de la seguretat i salut a l'obra, el coordinador/director pot paralitzar les feines parcialment o en la seva totalitat si considerés que no s'està executant, a nivell de gravetat desmesurada, en funció del pla previst.

Aquestes incidències han de registrar-se al llibre d'incidències per tal de fer constar formalment la paralització, a les competències oportunes (la inspecció de treball i la seguretat social de la província on s'executa l'obra). Tanmateix, donarà constància a tots els representants de treballadors i empreses implicats.

5.10. Llibre d'incidències

Cada centre de treball disposa d'un Llibre d'Incidències constituït per exemplars proporcionats pel gremi a què pertany l'enginyer que va aprovar el pla de seguretat per gestionar i controlar el pla de seguretat i salut.

El coordinador ha de ser-hi present en tot moment. Tindrà accés a llibres:

- Directors d'obra
- Contractistes i subcontractes
- Autònoms
- Responsables corporatius rellevants en matèria de prevenció
- Representants dels treballadors i administratius competents a la matèria

Una vegada realitzada l'anotació al llibre d'actes, el coordinador n'ha de remetre una còpia en un termini màxim de 24 hores a la Inspecció Estatal de Treball i Seguretat Social on s'estigui realitzant la feina. També es comparteixen aquestes notes amb els representants de contractistes i empleats.

5.11. Drets dels treballadors

Els representants dels treballadors han de rebre una còpia actualitzada del Pla de Seguretat i Salut aprovat, lliurada per un representant de l'empresa contractista.

Els representants de les empreses implicades han de corroborar que els seus empleats reben la informació en matèria de seguretat i salut i la comprenen per dur-la a terme en totes les seves vessants.

6. Consideracions sobre runes

El subministrament estructural ve tallat a mida, així que la producció de residus al lloc on es duu a terme la instal·lació és mínima i es fa càrrec l'empresa instal·ladora.

Els residus produïts són:

- Protecció plàstica de cablejat
- Plàstics i cartrons d'embalatge dels elements
- Pols industrial o pols de procés generat durant la perforació de teules i formigó

7. Integració paisatgística i arquitectònica

Aquesta instal·lació queda a la cara sud de la teulada, això vol dir que no s'oposa a la visibilitat paisatgística que ofereix la vall al voltant de la mateixa. Queda, gairebé en la seva totalitat, encapsulada dins la superfície que s'ofereix de base de suport per a la subjecció de les plaques. L'únic tros que es pot apreciar des de la cara nord, és una petita part de les plaques disposades a la part superior (uns 20cm) a una distància d'entre 15 i 20m de la vorera per a vianants.

No provoca afeccions a cap tipus d'element descriptor del paisatge; ni als estructurals, ja que no condicionen l'organització i estructura del paisatge, com el relleu, les condicions climàtiques, la litologia superficial, la xarxa hidrogràfica, etc... ni al texturals degut a que no s'instal·len a nivell de terra, ni als històric-culturals ja que no aplica en aquest cas.

8. Impacte mediambiental

Encara que un del principals atractiu de les instal·lacions fotovoltaïques sigui l'estalvi econòmic, també conté el fonament ecològic capdavanter com a característica principal.

L'impacte ambiental és pràcticament zero gràcies a que la producció d'energia és completament neta i sense emissions. Això és degut a que no és necessari cap tipus de procés químic amb reaccions contaminants que acabin barrejades amb els gasos naturals de l'atmosfera, traduint-se

en una no generació de CO₂ que influeix a l'escalfament global. Tanmateix, s'evita la producció de residus donant lloc a un bon manteniment de les aigües sense contaminació.

Aquesta energia neta afecta tant a la producció d'electricitat de generació fotovoltaica a través de la captació de radiació solar, com l'aprofitament dels raigs ultra violeta per convertir-lo en calor a través dels captadors tèrmics solars.

Fent referència ara al impacte ambiental indirecte, com pot ser la producció dels components de la instal·lació, és cert que ja s'està generant contaminació, tant per residus com per gasos d'efecte hivernacle. El cadmi i la plata són materials essencials per a la fabricació, components tòxics per a la seva producció. D'altra banda, el silici és el principal element de les plaques i aquest es troba en gran quantitats a l'escorça terrestre. Segons el consell europeu d'innovació, al 2006 es necessitaven 10 anys per compensar les emissions produïdes pel diversos processos energètics, amb les instal·lacions solars tan sols dos. Amb això, es pot dir que segueix essent positiva la implantació d'aquest mètode de generació.

Cada cop es reaprofiten més els materials d'instal·lacions reciclades i cada cop un sol panell té un rendiment major. Amb una ampliació d'infraestructures d'aquesta renovable, s'aconseguiria reduir el nombre d'esteses elèctriques millorant així la flora i fauna dels voltants. Minimitzant també les centrals tèrmiques i de gas natural.

Les emissions de CO₂ corresponents a la xarxa elèctrica espanyola segons el CNMC (Comissió Nacional dels Mercats i la Competència) és de 0,25kg/kWh. A nivell mundial de 0,6kg/kWh. Això vols dir que aquest habitatge, segons el seu consum, té unes emissions de:

$$Kg \text{ de } CO_2 = 0,25 \cdot \frac{5106,04kWh}{any} = 1276,51kg \text{ de } CO_2/any$$

9. Característiques tècniques de la instal·lació elèctrica

9.1. Panells fotovoltaics

Els panells fotovoltaics escollits són els que, segons un criteri basat en característiques tècniques i adequació al cas concret estudiat, millor s'adapten per aportar la major capacitat productiva d'energia respecte a un cost viable. Aquesta viabilitat es considera tenint en compte l'estalvi energètic que produeix el sistema envers el cost de la instal·lació.

Les plaques escollides per aquest cas són JA Solar de 545W i mòduls de 144 cèl·lules de silici monocristal·lí, ja que té major eficiència que les policristal·lines.

TIPUS DE CÈL·LULA	EFICIÈNCIA
POLICRISTAL·LINA	15 - 17%
MONOCRISTAL·LINA	16 - 19%
POLICRISTAL·LINA PERC	17 - 19%
MONOCRISTAL·LINA PERC	19 - 21,1%

Taula 8. Tipus d'eficiències segons cèl·lules [Font: SunFields]

Les característiques tècniques principals de la placa són:

- Wp de 545W
- Fabricats en mòduls de cèl·lules monocristal·lines
- Tecnologia PERC (passive emitter rear cell) que consisteix en col·locar una capa dielèctrica en les capes més baixes de la cèl·lula fotovoltaica per reflectir la radiació amb més penetració, així s'augmenta l'energia produïda per cada cèl·lula i a més es redueix la temperatura.
- 25 anys de garantia amb un 0,55% de degradació de la producció per any.
- El diversos bus de captació de corrent que incorpora cada cèl·lula permet reduir els danys per micro-fissures o per l'erosió dels elèctrodes i així allargar la pèrdua del rendiment pel temps.
- La connexió entre mòduls es fa a través de connectors MC4 que asseguren l'estanqueïtat de les mateixes i redueixen el temps d'instal·lació.

Tot això ho podem trobar a la datasheet de la placa:

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC					
TYPE	JAM72S30 -525/MR	JAM72S30 -530/MR	JAM72S30 -535/MR	JAM72S30 -540/MR	JAM72S30 -545/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	525	530	535	540	545
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.15	49.30	49.45	49.60	49.75
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41.15	41.31	41.47	41.64	41.80
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.65	13.72	13.79	13.86	13.93
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.76	12.83	12.90	12.97	13.04
Module Efficiency [%]	20,3	20,5	20,7	20,9	21,1
Power Tolerance	0~+5W				
Temperature Coefficient of Isc(α_{Isc})	+0.045%/°C				
Temperature Coefficient of Voc(β_{Voc})	-0.275%/°C				
Temperature Coefficient of Pmax(γ_{Pmp})	-0.350%/°C				
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G				

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

Il·lustració 14. Característiques fitxa tècnica panell fotovoltaic [Font: JASolar]

Gràcies a les dimensions dels panells reduïm la quantitat total d'aquestes, a més a més, proporcionen una gran potència màxima.

A continuació es mostra la taula de les HSP de cada mes de l'any per, seguidament, fer els càlculs mensuals d'energia que produeix cada placa del sistema:

LATITUD =41°

INCLINACIÓ	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.07	1.06	1.05	1.03	1.02	1.02	1.02	1.03	1.05	1.08	1.09	1.09
10	1.14	1.12	1.09	1.06	1.03	1.02	1.03	1.06	1.1	1.15	1.18	1.17

15	1.21	1.17	1.12	1.07	1.04	1.03	1.04	1.08	1.14	1.21	1.26	1.24
20	1.26	1.21	1.15	1.08	1.04	1.02	1.04	1.09	1.17	1.27	1.33	1.31
25	1.31	1.24	1.17	1.09	1.03	1.01	1.03	1.1	1.2	1.32	1.39	1.37
30	1.35	1.27	1.18	1.08	1.01	0.99	1.02	1.09	1.21	1.35	1.44	1.42

Taula 9. Factor de correcció segons latitud i inclinació dels panells [Font: Ingemecanica]

MES	Radiació (MJ/m2)	Hd (kWh/m2/dia)	Hd (W/m2)	Factor k	HSP
Gener	6.5	1.8057	1.8057	1.35	2.44
Febrer	9.5	2.6391	2.6391	1.27	3.35
Març	12.9	3.58362	3.58362	1.18	4.23
Abril	16.1	4.47258	4.47258	1.08	4.83
Maig	18.6	5.16708	5.16708	1.01	5.22
Juny	20.3	5.63934	5.63934	0.99	5.58
Juliol	21.6	6.00048	6.00048	1.02	6.12
Agost	18.1	5.02818	5.02818	1.09	5.48
Setembre	14.6	4.05588	4.05588	1.21	4.91
Octubre	10.8	3.00024	3.00024	1.35	4.05
Novembre	7.2	2.00016	2.00016	1.44	2.88
Desembre	5.8	1.61124	1.61124	1.42	2.29

Taula 10. Més crític de radiació solar i HSP [Font: Certificacionenergetica]

S'assenyala en vermell, el mes crític i en verd el mes més favorable.

La HSP és una unitat de mesura de la irradiació solar, essent el temps d'una hipotètica irradiació solar constant (Hd) de 1000 W/m2.

Amb les dades de les HSP i les aportades pel fabricant es pot calcular la següent expressió, i així determinar l'energia subministrada per unitat de placa:

$$E_{placa} = P_{m\grave{a}xima} \cdot HSP$$

On:

Pmàx: La potència màxima d'un panell és de 545W

HSP: Hores solars pic

MES	Energia d'un panell (Wh/dia)
Gener	1329,8

Febrer	1825,75
Març	2305,35
Abril	2632,35
Maig	2844,9
Juny	3041,1
Juliol	3335,4
Agost	2986,6
Setembre	2675,95
Octubre	2207,25
Novembre	1569,6
Desembre	1248,05

Taula 11. Energia màxima produïda per 1 panell

Per últim queda determinar el número de panells en paral·lel i en sèrie. Amb totes les variables conegudes per aplicar a les fórmules següents, es comença desvetllant la incògnita del n° de plaques totals per satisfer la demanda:

$$n_{total} = \frac{Consum_{real}}{E_{placa}}$$

Els resultats queden desglossats per mesos a la taula que es veu a continuació:

MES	Energia d'un panell (Wh/dia)	Nº de plaques
Gener	1329,8	11,15
Febrer	1825,75	8,12
Març	2305,35	6,43
Abril	2632,35	5,63
Maig	2844,9	5,21
Juny	3041,1	4,87
Juliol	3335,4	4,44
Agost	2986,6	4,96
Setembre	2675,95	5,54
Octubre	2207,25	6,71
Novembre	1569,6	9,44
Desembre	1248,05	11,88

Taula 12. Número total de plaques totals segons el mes

Dins d'aquesta taula, es té en compte el mes on es necessiten el major número de plaques, degut a que es un habitatge habitual. Ara es procedeix a calcular el número de plaques mínimes necessàries en sèrie:

$$n_s = \frac{V_{nominal}}{V_{mp}} = \frac{125,4}{41,8} = 3 \text{ panells}$$

La tensió màxima que suporta l'inversor, és compatible amb el número resultant de panells en sèrie que donen els càlculs:

$$n_{màx,s} = \frac{V_{inv,oc}}{V_{PV,oc}} = \frac{500}{49,9} = 10,02 \text{ panells}$$

Com que el voltatge mínim d'operació de l'inversor escollit és de 90V i les plaques tenen un voltatge de màxima potència de 41,8V, es disposen 3 plaques en sèrie per poder obtenir la màxima potència en condicions òptimes i treure el màxim rendiment d'aquestes.

Sabent que el inversor té 80A de corrent de càrrega solar màxima i 2 sortides MPPT de 4000W cadascuna, es connecten 2 en paral·lel i 3 en sèrie per a cadascun dels MPPT. Així s'obté el total de 6,54kWp de la instal·lació.

$$I_{per\ MPPT} = 2 \cdot 13,04 = 26,08A$$

9.2. Bateries

És una instal·lació connectada a la xarxa elèctrica, per tant, no es fa indispensable incorporar bateries al sistema, però com que es vol maximitzar la cobertura elèctrica necessària per l'habitatge, és imprescindible utilitzar acumuladors per treure el màxim rendiment a l'energia produïda per les plaques fotovoltaïques.

Els càlculs finals es basen en trobar la quantitat de bateries en sèrie i en paral·lel que es necessiten en aquest cas. Per això, necessitem saber la quantitat de Wh que es demanden i que es considera 1 dia d'autonomia tenint en compte la ubicació de l'habitatge, quant a clima i radiació solar rebuda. [Font: Areatecnologia]

$$Capacitat = \frac{Consum_{real} \cdot \alpha}{DOD} = \frac{\frac{14940Wh}{dia} / \cdot 1dia}{0,9} = 16600Wh$$

On:

α : Dies d'autonomia desitjats en la instal·lació

DOD: Depth of discharge (Profunditat màxima de descàrrega de la bateria en %).

Paràmetres bàsics	US2000C	US3000C	US5000
Voltaje nominal (V)	48	48	48
Capacidad nominal (Wh)	2400	3552	4800
Capacidad utilizable (Wh)	2280	3374.4	4560
Dimensión (mm)	442*410*89	442*420*132	442*420*161
Peso (Kg)	24	32	38
Voltaje de descarga (V)	44,5 ~ 53,5	44,5 ~ 53,5	44,5 ~ 53,5
Voltaje de carga (V)	52.5 ~ 53.5	52.5 ~ 53.5	52.5 ~ 53.5
	25(Recomendado)	37 (Recomendado)	75 (Recomendado)
Corriente de carga / descarga (A)	50 (Max@60s)	74 (Max@60s)	120 (Max@15min)
	90 (Peak@15s)	90 (Peak@15s)	200 (Peak2@15s)

Il·lustració 15. Característiques tècniques bateria Politech 5kW [Font: Obramat]

Amb aquestes dades es pot calcular les bateries en paral·lel que s'han d'instal·lar per tenir una cobertura elèctrica durant les hores que no intervenen les plaques:

$$n^{\circ} \text{ bat. parel·lel} = \frac{\text{Capacitat}}{\text{capacitat nominal}} = \frac{16600}{4800} = 3,46 \approx 4 \text{ bateries}$$

Per calcular les bateries en sèrie, s'ha d'aplicar:

$$n^{\circ} \text{ bat. sèrie} = \frac{\text{Voltatge inversor}}{V \text{ nominal}} = \frac{48}{48} = 1 \text{ bateria}$$

Com que són bateries tan costoses el client ha decidit instal·lar-ne un parell per satisfer part de la demanda sense fer una inversió massa elevada (justificació econòmica a l'apartat taula de comparatives tècniques al punt 9.4).

9.3. Inversor/regulador

Per reduir el número d'elements a instal·lar simplificant la instal·lació i abaratint costos, es decideix incloure al sistema un inversor/regulador per fer ambdues funcions; tant la de transformar la corrent d'AC/DC com la de regular la tensió d'entrada a les bateries per l'acumulació de l'energia no consumida al moment de la seva generació. La potència total demandada dona la informació necessària per a l'elecció de l'inversor:

$$P_{demanda} = \frac{P_{contractada}}{\eta} = \frac{4,4kW}{0,9} = 4,89kW$$

Com que la potència pic de la instal·lació és de 6,5kW, es disposa d'un inversor més potent amb la intenció de tenir la màxima energia disponible de les plaques tenint en compte l'espai del qual es disposa. Així l'usuari pot tenir a les seves mans la decisió d'augmentar la potència contractada. Aquest raonament és a petició del client.

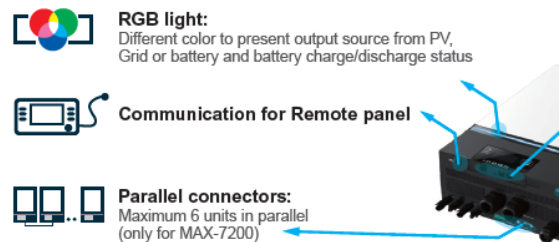
La xarxa a la qual va connectat, és un habitatge habitual de 230V i 50Hz.

Per la part del regulador, es necessiten saber els volts nominals de la bateria, que són 48V.

Amb tota la gamma que es pot trobar a mercat, s'ha escollit l'inversor híbrid Voltronic Axpert-7200-48-230, 7,2kW i 48V. És el que més s'ajusta a la potència produïda per les plaques, a més té 2 entrades MPPT de 80A en paral·lel i 4000W de potència màxima cada una d'elles, permeten així optimitzar el màxim rendiment de potència que pot extreure de les mateixes. També té l'avantatge de poder trobar un error a la instal·lació més fàcilment degut la reducció de cablejat en el muntatge i a separar en 2 el circuit.

Un altre petició del client, és la de monitoritzar a distància la entrada i sortida de potència per tenir un control màxim de la instal·lació. Gràcies a les característiques d'aquest inversor això és possible:

- Customizable status LED bar with RGB lights
- Built-in wifi for mobile monitoring (Android/iOS Apps are available)
- Supports USB On-the-Go function
- Reserved communication port for BMS (RS485, CAN-BUS or RS232)
- Replaceable fan design for ease of maintenance
- Battery independent design
- Configurable AC/PV output usage timer and prioritization
- Selectable high power charging current
- Selectable input voltage range for home appliances and personal computers
- Compatible to Utility Mains or generator input
- Built-in anti-dust kit
- Optional DC output for DC fan, LED bulb, router and so on
- Parallel operation up to 6 units only available for 7.2kVA



Il·lustració 16. Característiques de comunicació remota de l'inversor [Font: Axpert datasheet]

Axpert MAX Off-Grid Inverter Selection Guide

MODEL	Axpert MAX 3600-24-230	Axpert MAX 3600-24-120	Axpert MAX 7200-48-230	Axpert MAX-7200-48-120
Rated Power	3600VA/3600W		7200VA/7200W*	
PARALLEL CAPABILITY	NO		Yes, up to 6 units	
INPUT				
Voltage	230 VAC	120 VAC	230 VAC	120 VAC
Selectable Voltage Range	170-280 VAC (For Personal Computers) 90-280 VAC (For Home Appliances)	90-140 VAC (For Personal Computers) 80-140 VAC (For Home Appliances)	170-280 VAC (For Personal Computers) 90-280 VAC (For Home Appliances)	90-140 VAC (For Personal Computers) 80-140 VAC (For Home Appliances)
Frequency Range	50 Hz/60 Hz (Auto sensing)			
OUTPUT				
AC Voltage Regulation (Batt. Mode)	230VAC ± 5%	120VAC ± 5%	230VAC ± 5%	120VAC ± 5%
Surge Power	7500VA	7500VA	15000VA	15000VA
Efficiency (Peak)	90% ~ 93%			
Transfer Time	15 ms (For Personal Computers) ; 20 ms (For Home Appliances)			
Waveform	Pure sine wave			
No Load Power Consumption	< 45W		< 70W	
BATTERY				
Battery Voltage	24 VDC		48 VDC	
Floating Charge Voltage	27 VDC		54 VDC	
Overcharge Protection	33 VDC		66 VDC	
SOLAR CHARGER & AC CHARGER				
Solar Charger Type	MPPT			
Maximum PV Array Power	4000 W		8000W (4000W x 2)	
MPPT Range @ Operating Voltage	120 ~ 450 VDC	90 ~ 230 VDC	90 ~ 450 VDC	90 ~ 230 VDC
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	500 VDC	250 VDC	500 VDC	250 VDC
Maximum Solar Charge Current	80 A			
Maximum AC Charge Current	80 A			
Maximum Charge Current	80 A			
PHYSICAL				
Dimension, D x W x H (mm)	147.4 x 432.5 x 553.6			
Net Weight (kgs)	14.1		18.4	
Communication Interface	USB/RS232/RS485/Wifi/Dry-contact			
OPERATING ENVIRONMENT				
Humidity	5% to 95% Relative Humidity(Non-condensing)			
Operating Temperature	-10°C to 50°C			
Storage Temperature	-15°C to 60°C			

Il·lustració 17. Característiques tècniques inversor Voltronic 7,2kW
[Font:Solarbex]

9.4. Estructura de suport

L'estructura està fabricada en alumini i dissenyada específicament per aquest fi. Cada filera de panells està recolzada sobre 2 perfils.

La base de l'estructura o, dit d'una altra manera, la part que fixa a la teulada i els perfils paral·lels a la inclinació de la mateixa, es forada el formigó sota la teulada i amb un pern de M10, vareta rosca inoxidable, es fixa cada 1,24 metres.

Sobre aquest pern es col·loquen uns cargols tipus T que connecten amb el perfil d'alumini i sobre aquests es fixen, amb roques de seguretat, les estructures en forma de triangle de 15° per donar la inclinació resultant dels càlculs. Tot collat amb cargols de fixació M10.

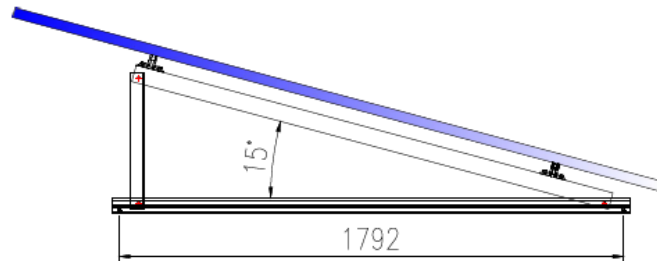
Cada vareta que perfori les teules va disposada d'una junta EPDM d'estanqueïtat, fixada amb una volandera i una rosca, a fi de mantenir l'interior de l'habitatge lliure d'humitats. Seguidament, per a fixar els perfils s'utilitza cargols tipus T i unes rosques de seguretat. Un cop tenim l'estructura triangular TR11V muntada, s'acoblen els perfils amb els cargols i amb rosques de seguretat com a fixació. Finalment, es subjecten els mòduls amb aquestes estructures a través d'unes grapes, també d'alumini, dissenyades especialment per a aquest fi. Fixades amb cargols tipus T i rosques de seguretat, com a qualsevol punt de l'estructura, per evitar que s'afluixin.

Queda afegir que per les plaques disposades en vertical, els perfils en paral·lel a les plaques tenen una separació major, mentre que per les que van en posició horitzontal els perfils són a menor distància. Aquesta decisió, redueix costos de material i la complexitat d'instal·lació no varia.

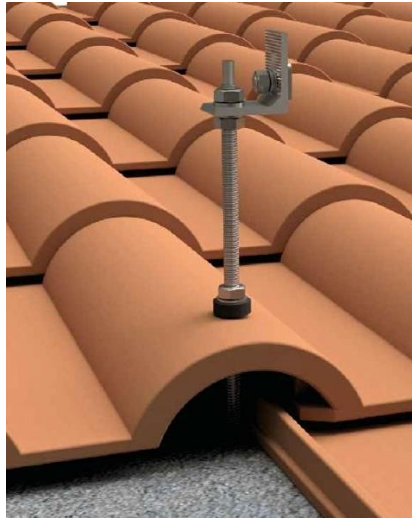
Ara es mostra un exemple de disposició d'ancoratge del sistema:



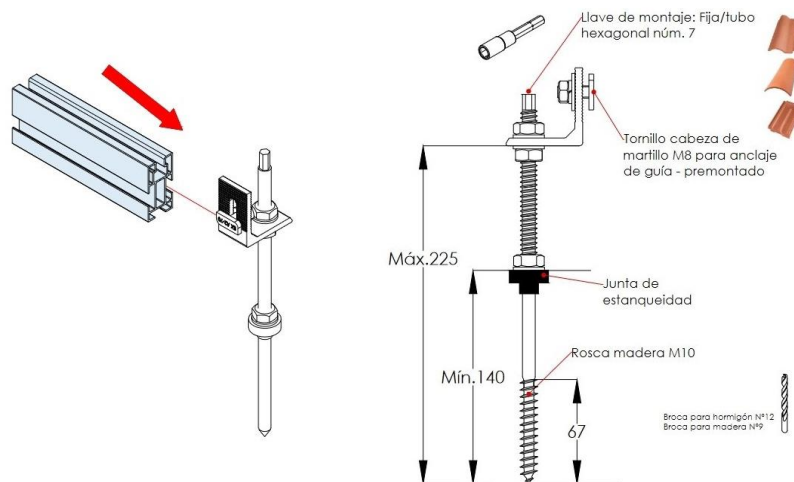
Il·lustració 18. Ancoratge del conjunt de plaques inclinades [Font: TecnoSolar]



Il·lustració 19. Perfil d'inclinació del panell [Font: datasheet TR11V Sunfer]



Il·lustració 20. Fixació estructura a teulada [Font: Bricoeilige]



Il·lustració 21. Connexió entre estructura de teulada i carril d'estructura inclinada [Font: Bricoeilige]

9.5. Cablejat

En funció de les necessitats de cada part cablejada del sistema, s'ha d'instal·lar una secció de cable o una altra, seguint la norma establerta per a instal·lacions interiors a habitatges (ITC-BT-25, 26 i 27) i la ITC-19 de prescripcions generals.

Per distingir cada part del sistema, es fa una divisió per trams de la connexió elèctrica per valorar tant seccions, com longituds requerides en aquest cas concret:

- Tram PV-I/R: És el tram que connecta les plaques amb l'inversor-regulador
- Tram I/R-B: És el tram que connecta l'inversor-regulador amb les bateries
- Tram I/R-XEH: És el tram que connecta l'inversor-regulador amb la xarxa elèctrica de l'habitatge

Per determinar la secció del cablejat hem de valorar els següents aspectes:

- Caiguda de tensió admissible
- Temperatura màxima admissible al conductor
- Valor d'impedància màxim (longitud del cable) per assegurar la funció de les proteccions contra curtcircuits

Per l'elecció de la secció, es valora la secció mínima que imposa el REBT i la secció més gran resultant dels 3 paràmetres descrits.

En habitatges els conductors han de ser de coure segons el que marca la ITC-BT-26.

9.5.1. Càlculs conductors

Els càlculs següents es divideixen segons si el tram és de continua o d'alterna i després si és d'exterior o d'interior:

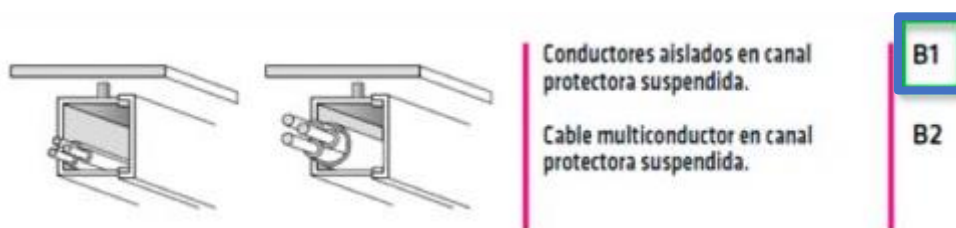
Tram cc exterior (amb canal protector aïllant)

Es calcula la intensitat màxima admissible.

Els coeficients totals aplicats són:

- Acció solar directa 0,9
- Temperatura de 50 °C a la intempèrie 0,9
- Disposició de 2 circuits de 2 strings 0,8
- Instal·lació fotovoltaica 1,4

Primer s'escull com van els cables dins dels canals d'aïllament:



Il·lustració 22. Tipus de conductor segons la distribució [Font: Prysmianclub]

Ara la taula del coeficient de correcció que, es multiplicarà pel 40% de sobredimensionament degut a que el REBT no té les normes definides per instal·lacions fotovoltaïques. Llavors, com segons el World Radiation Reference Center marca un valor de 1367W/m² i les plaques es calculen en Standard test conditions (STC), el coeficient queda en 1,4 (40%).

PUNTO	DISPOSICIÓN	NÚMERO DE CIRCUITOS O CABLES MULTICONDUCTORES										INSTALACIÓN TIPO
		1	2	3	4	6	9	12	16	20		
1	Agrupados al aire, en una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente.	1,0	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40		A a F
2	Capa única sobre los muros o los suelos o bandejas no perforadas.	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70		C
3	Capa única fijada al techo.	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60		
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales.	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70		E y F
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, soportes, bridas de amarre, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		

Taula 13. Disposició i número de circuits [Font: Prysmianclub]

Es multipliquen tots els coeficients per la intensitat de curtcircuit pel dimensionament del tram.

$$I_{ext} = 13,93 \cdot \frac{1,4}{0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 30,1A$$

Tram cc interior (amb tub de muntatge superficial)

Es calcula la intensitat màxima admissible.

Els coeficients totals aplicats són:

- Disposició de 2 circuits de 2 strings 0,8
- Instal·lació fotovoltaica 1,4

$$I_{int} = 13,93 \cdot 2 \cdot \frac{1,4}{0,8} = 48,74A$$

			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes											
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos ¹⁾ en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos ¹⁾ en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ²⁾				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre ³⁾ . Distancia a la pared no inferior a 0,3D ⁴⁾					3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁵⁾ . Distancia a la pared no inferior a D ⁵⁾					3x PVC				3x XLPE o EPR ¹⁾		
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁵⁾								3x PVC ¹⁾		3x XLPE o EPR	
		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35	77	86	96	104	110	119	131	144	154	166	206
		50	94	103	117	125	133	145	159	175	188	206	250
		70			149	160	171	188	202	224	244	264	321
		95			180	194	207	230	245	271	296	321	391
		120			208	225	240	267	284	314	348	388	455
		150			236	260	278	310	338	363	404	455	525
		185			268	297	317	354	386	415	464	525	601
		240			315	350	374	419	455	490	552	601	711
		300			360	404	423	484	524	565	640	680	821

- 1) A partir de 25 mm² de secció.
- 2) Incluyendo canales para instalaciones -canaletas- y conductos de secció no circular.
- 3) O en bandeja no perforada.
- 4) O en bandeja perforada.
- 5) D es el diámetro del cable.

Taula 14. Taula de intensitats màximes admissible segons la secció [Font: REBT ITC-BT-19]

Com la secció de PV/I-R INT compleix amb la corrent màxima admissible a partir de 10mm² (68>60,2A) i el distribuïdor ens ofereix el del 10mm². En canvi la secció PV/I-R EXT compleix amb la corrent màxima admissible a partir de 4mm² (38>30,1A) i el distribuïdor ens ofereix el del 6mm².

Pel tram que va de l'inversor a les bateries en continua, es té en compte els 80A de corrent màxima de sortida de l'inversor pel sobredimensionament del 25%:

$$I_{int,CC} = 80 \cdot 1,25 = 100A$$

Com que la secció de I-R/B compleix amb la corrent màxima admissible a partir de 25mm² (116>100A) i el distribuïdor ens ofereix el del 16mm² per aquella corrent màxima admissible, s'escull el cable següent de secció 16mm² (2x XLPE).

Ara es calcula la caiguda de tensió màxima admissible.

La caiguda de tensió màxima admissible, segons el REBT ITC-BT 40, entre el generador i el punt de connexió a la xara pública o circuits interiors és del 1,5%. Aplicant la fórmula següent del REBT es genera una taula per tram, de les seccions que es necessiten per a la instal·lació:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\sigma \cdot U}$$

On:

L: Longitud del tram

I: Corrent prevista a la línia

σ : Conductivitat (56 S·m/mm²)

U: Caiguda de tensió en V

TRAM	L (m)	I (A)	AV (%)	V (V)	U (V)	S (mm ²)
PV-I/R EXT	10	13,04	1,5	125,4	1,88	2,48
PV-I/R INT	8	26,08	1,5	125,4	1,88	3,97
I/R-B	2	80	1,5	48	0,72	7,94

Taula 15. Seccions del cable segons el tram de continua de la instal·lació

En aquest cas concret, els càlculs s'han fet a raó d'un factor de potència de 1.

Per últim es calcula la secció per curtcircuits.

Aquest càlcul queda implícit amb el d'intensitat màxima admissible ja que els càlculs s'han fet a partir de la intensitat de curtcircuit.

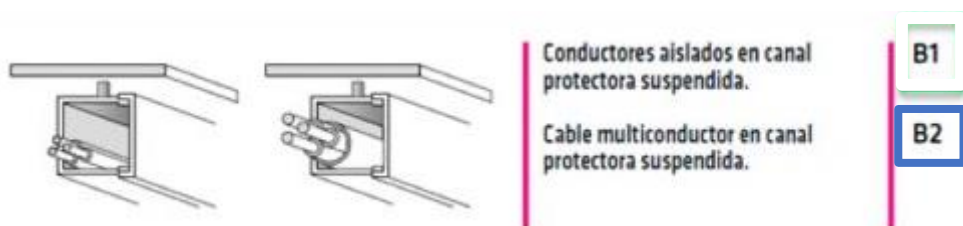
Tram CA interior (amb canal protector aïllant)

Es calcula la intensitat màxima admissible.

Els coeficients totals aplicats són:

- Sobredimensionament segons el REBT 1,25

Primer s'escull com van els cables dins dels canals d'aïllament:



Il·lustració 23. Tipus de conductor segons la distribució [Font: Prysmianclub]

L'únic que entra en joc és el 25% de sobredimensionament degut al REBT, ja que l'inversor ja limita per ell mateix la intensitat de sortida.

Per al càlcul s'utilitza la intensitat màxima de sortida de l'inversor, que és 80A.

$$I_{int,CA} = 80 \cdot 1,25 = 100A$$

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
B		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
B2		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
E		Cables multiconductores al aire libre? Distancia a la pared no inferior a 0,3D						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
F		Cables unipolares en contacto mutuo? Distancia a la pared no inferior a D						3x PVC				3x XLPE o EPR		
G		Cables unipolares separados mínimo D									3x PVC		3x XLPE o EPR	
Cobre	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-		
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-		
	4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-		
	6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-		
	10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-		
	16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-		
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166		
	35	77	86	96	104	110	119	131	144	154	154	206		
	50	94	103	117	125	133	145	159	175	188	188	250		
	70			149	160	171	188	202	224	244	244	321		
	95			180	194	207	230	245	271	296	296	391		
120			208	225	240	267	284	314	348	348	455			
150			236	260	278	310	338	363	404	404	525			
185			268	297	317	354	386	415	464	464	601			
240			315	350	374	419	455	490	552	552	711			
300			360	404	423	484	524	565	640	640	821			

- 1) A partir de 25 mm² de secció.
- 2) Incluyendo canales para instalaciones -canaletas- y conductos de secció no circular.
- 3) O en bandeja no perforada.
- 4) O en bandeja perforada.
- 5) D es el diámetro del cable.

Taula 16. Taula de intensitats màximes admissible segons la secció [Font: REBT ITC-BT-19]

Com que la secció de I-R/XEH compleix amb la corrent màxima admissible a partir de 25mm² (106>100A) i el distribuïdor ens ofereix el del 16mm² per aquella corrent màxima admissible, s'escull el cable següent de secció 16mm² (2x XLPE).

Ara es calcula la caiguda de tensió màxima admissible.

La caiguda de tensió màxima admissible, segons el REBT ITC-BT 40, entre el generador i el punt de connexió a la xara pública o circuits interiors és del 1,5%. Aplicant la fórmula següent del REBT es genera una taula per tram, de les seccions que es necessiten per a la instal·lació:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\sigma \cdot U}$$

On:

L: Longitud del tram

I: Corrent prevista a la línia

σ : Conductivitat (56 S·m/mm²)

U : Caiguda de tensió en V

TRAM	L (m)	I (A)	AV (%)	V (V)	U (V)	S (mm ²)
I/R-XEH	3	80	1,5	230	3,45	2,48

Taula 17. Seccions del cable segons el tram d'alterna de la instal·lació

En aquest cas concret, els càlculs s'han fet a raó d'un factor de potència de 1.

Per últim es calcula la secció per curtcircuits.

Per comprovar que el curtcircuit mínim que pot admetre el cable seleccionat es recorre a la següent fórmula de REBT.

$$I_{cc} = \frac{0,8 \cdot U}{Z_{m\grave{a}x}}$$

Per saber la intensitat de curtcircuit mínima, es necessita calcular abans la conductivitat del coure a 150°C, que és la temperatura aproximada de curtcircuit. Així es pot calcular la impedància.

$$\rho(150^{\circ}C) = \frac{0,02605mm^2\Omega}{m}$$

$$Z \approx R = \rho \cdot \frac{L}{S} = \frac{0,02605 \cdot 2 \cdot 2}{16} = 0,0065\Omega$$

Ara ja podem saber la I_{cc} :

$$I_{cc} = \frac{0,8 \cdot 230}{0,0065} = 28253,36A$$

Amb això podem concloure que com que la protecció és de 100A degut a que la $I_{m\grave{a}x}$ és de 100A i el cable suporta fins els 106A, el corrent mínim al qual salta és de $10 \times I_n$, que és 1000A i el I_{cc} és de 28253,36A, així que és inferior i per tant, vàlid.

Selecció del cable segons el catàleg del distribuïdor TOP CABLE:

DIMENSIONES

Sección (mm ²)	Diámetro (mm)	Peso (Kg/km)	Aire Libre a 30°C (A)	Enterrado a 20°C (A)	Caída tensión (V/A · km)
1x1,5	5,7	45	23	22	29,5
1x2,5	6,2	55	29	29	17,7
1x4	6,7	70	40	37	11
1x6	7,3	90	53	46	7,32
1x10	8,2	135	74	61	4,23
1x16	9,2	190	101	79	2,68
1x25	11	255	135	101	1,73
1x35	12,1	385	169	122	1,23
1x50	13,8	520	207	144	0,86
1x70	15,7	715	268	178	0,603
1x95	17,6	925	328	211	0,457
1x120	19,2	1.165	383	240	0,357
1x150	21,5	1.450	444	271	0,286

Il·lustració 24. Catàleg de seccions de cable de Top Cable [Font: Top Cable]

Se seleccionen les 3 seccions de cables marcats amb colors al catàleg de la il·lustració 25. Aquesta selecció té en compte el marge de seguretat del 25% en intensitat marcat per la norma ITC-BT-40.

El tipus de cable escollit per la connexió de les plaques és el TOPSOLAR H1Z2Z2-K, és un cable solar dissenyat per instal·lacions fotovoltaïques a sostres. A continuació es mostren una sèrie de característiques proporcionades pel fabricant TOP CABLE:

- EN50618/ IEC62930/ UTE C 32-502
- 1,5/1,5 (1,8)kV DC segons EN 50618
- Certificat TÜV
- CPR Cca-s1b,d2,a1
- Compost de goma amb flexibilitat millorada
- Resistent a raigs UV i al ozó segons EN 50618
- AD8: Prestacions davant l'aigua: immers

El cablejat va dins de canaletes a la part exterior de l'habitatge i per tub rígid de PVC a l'interior.

9.6. Proteccions elèctriques

9.6.1. Característiques mínimes de la presa de terra

Per protegir a persones o elements del circuit es dirigeix el corrent d'excés de tots els elements metàl·lics cap al terra connectats a través d'un conductor de mínima resistència elèctrica, aquesta és la funció de la presa de terra.

El REBT exigeix que la tensió de defecte sigui més petita que la tensió de contacte límit convencional, segons el ITC-BT.24.

$$R \cdot I < U_{clc}$$

On:

R és la suma de les resistència de la presa a terra i dels conductors de les "masas"

I és la corrent que garanteix el funcionament de protecció (amb ID és de 30mA a habitatges)

U és la tensió de contacte límit convencional (24V en local)

Per a una pica vertical, la fórmula aplicable per a calcular la resistència a terra és:

$$R = \frac{\text{conductivitat del terra}}{\text{longitud pica}} = \frac{500\Omega/m}{2m} = 250\Omega$$

On la conductivitat és de 500 degut a que és un terra poc fèrtil i la longitud de la pica és la mida estàndard (ITC-BT-18).

Amb aquests valors es pot dir que els paràmetres són correctes:

$$250\Omega \cdot 0,03A \leq 24V$$

Per saber la secció que ha de tenir la presa de terra de cada tram, es té en compte el REBT. La taula 2 del ITC-BT-18 especifica que:

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm²)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm²)
S ≤ 16	S _p = S
16 < S ≤ 35	S _p = 16
S > 35	S _p = S/2

Il·lustració 25. Secció presa de terra segons conductors [Font: REBT-ITC-18]

Ara es planteja la secció del cable que ha de tenir la presa a terra segons el tram:

Tram	Secció (mm ²)
PV-I/R	6 i 10
I/R-B	16
I/R-XEH	16

Taula 18. Secció conductor presa de terra segons el tram de la instal·lació elèctrica

Aquestes seccions de conducció elèctrica a terra venen definides per les seccions del cablejat de cada tram, segons marca el REBT.

9.6.2. Dispositius de comandament i protecció

Els dispositius de comandament i protecció controlen i protegeixen els circuits i els aparells elèctrics de les llars. Se situen a prop del punt d'entrada del corrent. Formen part d'aquests, els següents elements:

Interrupctor de control de potència (ICP)

Controla i limita la potència contractada per la instal·lació elèctrica domèstica. Està col·locat en una caixa precintada just abans de la resta de dispositius de comandament i protecció. És propietat de la companyia elèctrica distribuïdora.

Quadre de comandament i protecció (CGBT)

És on hi ha els elements de protecció del circuit elèctric de l'habitatge. Aquests elements són:

- **Interrupctor general automàtic (IGA)**

Protegeix de curtcircuits.

- **Interrupctor diferencial (ID)**

Protegeix i desconnecta la instal·lació quan es produeix una fuga de corrent. Impedeix el pas de corrent elèctric quan alguna de les fases del circuit es deriva a terra. Serveixen per evitar, danys a la instal·lació elèctrica i electrocucions.

Al nostre cas necessitem 2 ID de 63A entre els panells i l'inversor, per corrent continua, 1 per entrada a l'inversor (MPPT). I 2 de 100A per la connexió a xarxa i a les bateries, independentment. Degut a les 2 sortides MPPT de 48,74A contemplant el 40% addicional que marca el REBT i els 80A per la connexió amb les càrregues de l'habitatge i les bateries.

- **Petits interruptors automàtics (PIAs)**

Protegeix de les sobrecàrregues i curtcircuits als diferents elements de l'habitatge. El número de PIAs depèn de la quantitat d'aparells elèctrics de la casa.

Fusibles

Fusibles solar per corrent directa (60A).⁵



Il·lustració 26. Fusible i porta fusible [Font: WccSolar]

⁵ En negreta es descriuen les proteccions utilitzades per aquesta instal·lació.

Supressor de tensions

Aquet element té la funció de protegir els dispositius elèctrics de pics de tensió, regulant el voltatge bloquejant-lo o enviant-lo a terra dins dels marges segurs. Això evita que es produeixin incendis o sobreescalfaments dels equips (reduint la seva vida útil o fent-los malbé). **S'escull el protector contra sobretensions combinat amb reconexió automàtica SPU 1P+N (fitxa tècnica al punt 12.2)** ja que desconnecta el circuit quan la tensió supera el 10% de la nominal i restableix la connexió quan la tensió queda per sota dels límits durant un temps determinat.

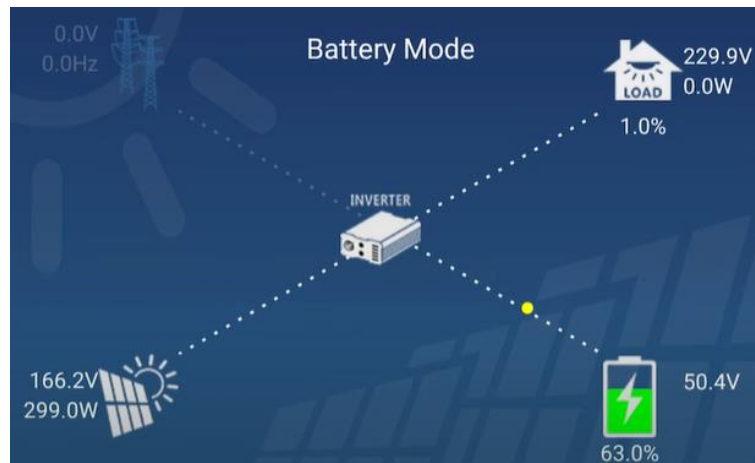
9.7. Sistema de monitorització

El sistema compatible de monitorització per l'inversor Voltronic Axpert és l'aplicació descarregable a través de playstore "WatchPower Wi-Fi".



Il·lustració 27. Aplicació de monitorització [Font: Play Store]

Aquesta aplicació permet veure a temps real tota la informació de consums i generacions que es produeixen al sistema. Visualització tant a temps real com un històric de l'habitatge i també la configuració de paràmetres del sistema com la prioritat de font de sortida de potència o la configuració de inversors en paral·lel en cas de tenir-ne.



Il·lustració 28. Exemple gràfic de monitorització [Font: Play Store]

10. Comparativa de viabilitat de les 3 opcions proposades

En aquest apartat es pot veure una comparativa tècnic-econòmica de les tres opcions proposades al client per tal que pugui valorar, segons el seu criteri, quina és la que més li convé. Sempre amb un suport tècnic per part del projectista, per poder aclarir qualsevol dubte ja sigui de caràcter mecànic, elèctric o econòmic. Es fan valoracions de disseny com la quantitat de plaques, inclinació de les mateixes, fins i tot la ubicació de la resta del sistema, també detalls de la inversió com l'amortització dels costos i el capital inicial i per últim les capacitats dels elements, en concret, l'inversor ja que és la peça clau més enllà de les mateixes plaques. Aquests són alguns dels punts essencials que es comparen durant l'apartat.

La primera opció és la descrita durant totes les fases del projecte. Les altres, s'exposen resumides en aquest mateix apartat. Seguidament d'aquesta breu explicació es disposen a una taula les característiques més importants i diferenciades de cada una de les opcions.

10.1. Opció 1

Aquesta opció és l'escollida, la més viable en relació al cost de la instal·lació/estalvi econòmic. Com es pot veure respecte a les altres opcions, aquesta no és la que menys inversió inicial suposa però, sí que és la que millor rendiment elèctric aporta i la que produeix més estalvi econòmic a llarg termini (millor amortització), tal com es pot veure a l'apartat de justificació econòmica en comparació amb les justificacions descrites a la resta d'opcions.

Tal com s'ha descrit durant les diferents fases del projecte, les plaques es disposen amb una inclinació de 28,5° i sobre estructures triangulars. S'utilitzen plaques de 545Wp i 2,57m² cadascuna. La ubicació de la resta d'elements es disposen a la PB, al garatge.

Les diferències econòmiques es poden veure a la taula d'aquest mateix apartat principal juntament amb les tècniques amb una conclusió final d'avantatges i inconvenients.

10.2. Opció 2

Aquesta opció és bastant raonable però el rendiment de la instal·lació és lleugerament més baix que l'opció escollida. El cost inicial d'aquesta, tal com es pot veure a la taula, està per sota però no genera la suficient energia pel consum dels mesos més crítics que té l'habitatge per culpa de la limitació d'espai, això produeix una amortització més lenta i uns costos afegits de compra d'energia a l'empresa comercialitzadora.

Les plaques es disposen amb una inclinació de 0° respecte la teulada i sobre estructures coplanars que abarateixen costos de muntatge i material. S'utilitzen plaques de 545Wp i 2,57m² cadascuna. La ubicació de la resta d'elements es disposen a la P2, a l'interior de l'habitatge, just al costat dels panells fotovoltaics. Això, disminueix en gran mesura la longitud de cablejat i la mà d'obra, però perjudica el sistema ja que la temperatura a les golfes és bastant alta i sobreescalfa els elements electrònics que ja de per sí produeixen calor. S'hauria de refrigerar l'ambient i tal com s'ha explicat anteriorment, hi hauria una part que no seria d'autoconsum i repercutiria a la factura de la comercialitzadora. Amb aquestes conclusions, els avantatges que té d'estalvi inicial no compensen l'estalvi que proporciona la primera opció, tant en autoconsum com en rendiment.

Les diferències econòmiques es poden veure a la taula d'aquest mateix apartat principal juntament amb les tècniques amb una conclusió final d'avantatges i inconvenients.

A continuació es mostra la taula de les HSP de cada mes de l'any per, seguidament, fer els càlculs mensuals d'energia que produeix cada placa del sistema:

LATITUD =41°

INCLINACIÓ	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.07	1.06	1.05	1.03	1.02	1.02	1.02	1.03	1.05	1.08	1.09	1.09
10	1.14	1.12	1.09	1.06	1.03	1.02	1.03	1.06	1.1	1.15	1.18	1.17
15	1.21	1.17	1.12	1.07	1.04	1.03	1.04	1.08	1.14	1.21	1.26	1.24
20	1.26	1.21	1.15	1.08	1.04	1.02	1.04	1.09	1.17	1.27	1.33	1.31
25	1.31	1.24	1.17	1.09	1.03	1.01	1.03	1.1	1.2	1.32	1.39	1.37
30	1.35	1.27	1.18	1.08	1.01	0.99	1.02	1.09	1.21	1.35	1.44	1.42

Taula 19. Factor de correcció segons latitud i inclinació dels panells (Opció 2)

[Font: Ingemeconica]

MES	Radiació (MJ/m ²)	Hd (kWh/m ² /dia)	Hd (W/m ²)	Factor k	HSP
Gener	6.5	1.8057	1.8057	1	1,8057
Febrer	9.5	2.6391	2.6391	1	2,6391
Març	12.9	3.58362	3.58362	1	3,58362
Abril	16.1	4.47258	4.47258	1	4,47258

Maig	18.6	5.16708	5.16708	1	5,16708
Juny	20.3	5.63934	5.63934	1	5,63934
Juliol	21.6	6.00048	6.00048	1	6,00048
Agost	18.1	5.02818	5.02818	1	5,02818
Setembre	14.6	4.05588	4.05588	1	4,05588
Octubre	10.8	3.00024	3.00024	1	3,00024
Novembre	7.2	2.00016	2.00016	1	2,00016
Desembre	5.8	1.61124	1.61124	1	1,61124

Taula 20. Més crític de radiació solar i HSP [Font: Certificacionenergetica]

S'assenyala en vermell, el mes crític i en verd el mes més favorable.

La HSP és una unitat de mesura de la irradiació solar, essent el temps d'una hipotètica irradiació solar constant (H_d) de 1000 W/m².

Amb les dades de les HSP i les aportades pel fabricant es pot calcular la següent expressió, i així determinar l'energia subministrada per unitat de placa:

$$E_{placa} = P_{m\grave{a}xima} \cdot HSP$$

On:

P_{màx}: La potència màxima d'un panell és de 545W

HSP: Hores solars pic

MES	Energia d'un panell (Wh/dia)
Gener	984,1
Febrer	1438,31
Març	1953,07
Abril	2437,55
Maig	2816,05
Juny	3073,44
Juliol	3270,26
Agost	2740,35
Setembre	2210,45
Octubre	1635,13
Novembre	1090,08

Desembre	878,12
----------	--------

Taula 21. Energia màxima produïda per 1 panell

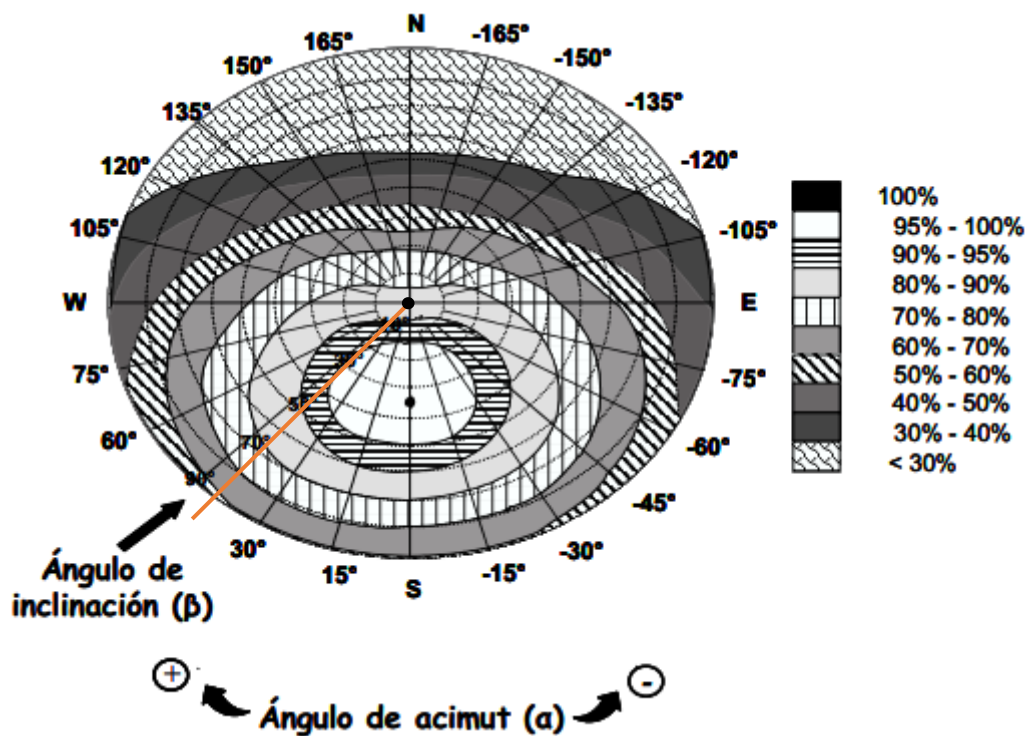
El número de plaques necessàries queden desglossades per mesos a la taula que es veu a continuació:

MES	Energia d'un panell (Wh/dia)	Nº de plaques
Gener	984,10	15,06
Febrer	1438,31	10,31
Març	1953,07	7,59
Abril	2437,55	6,08
Maig	2816,05	5,26
Juny	3073,44	4,82
Juliol	3270,26	4,53
Agost	2740,35	5,41
Setembre	2210,45	6,70
Octubre	1635,13	9,06
Novembre	1090,08	13,60
Desembre	878,12	16,88

Taula 22. Número total de plaques totals segons el mes

Es pot observar, com el número de plaques necessàries per satisfer la demanda durant tot l'any supera el límit de plaques que es poden instal·lar per espai a la teulada en qüestió.

Per saber quin és el percentatge d'energia que es perd tenint en compte aquestes pèrdues, s'utilitza el següent gràfic:



Il·lustració 29. Percentatge d'energia contemplat les pèrdues per orientació i inclinació (Opció 3) [Font: CTE]

La línia blava marca la inclinació de les plaques i la taronja l'angle azimut respecte del sud (180°). El punt negre que creua ambdues línies fa referència al percentatge d'energia màxim que es pot obtenir d'aquesta instal·lació. Està prop del canvi de marge parametritzat però encara és a **dins del sector 80-90%**, això vol dir que **sí que es compleix amb la norma del CTE que marca unes pèrdues màximes del 20%** pel cas de superposició que afecta a aquesta opció.

Es pot dir llavors que, pel cas de superposició, **compleix tant en pèrdues per inclinació i orientació (10-20%), per ombres (0%) i per pèrdues totals (10-20%)**.

10.3. Opció 3

Com a tercera opció, es proposa el mateix número i potència de plaques que a l'opció 1, però instal·lant tan sols una única bateria, veient com la capacitat requerida cau fins a la meitat provocant una reducció d'autoconsum durant les hores nocturnes o durant els dies climàticament desfavorables. També es plantegen els 32° d'inclinació que es marquen als càlculs però això provoca una pèrdua del rendiment per ombres, per la qual cosa s'hauria d'augmentar la distància entre elles 45cm i no disposar d'espai suficient per evitar aquesta pèrdua de rendiment.

Les plaques es disposen amb una inclinació de 32° i sobre estructures triangulars. S'utilitzen plaques de 545Wp i $2,57m^2$ cadascuna. L'inversor és de 7,2kW i només s'instal·la una bateria. La ubicació de la resta d'elements es disposen a la PB, al garatge.

Les diferències econòmiques es poden veure a la taula d'aquest mateix apartat principal juntament amb les tècniques i amb una conclusió final d'avantatges i inconvenients.

A continuació es mostra la taula de les HSP de cada mes de l'any per, seguidament, fer els càlculs mensuals d'energia que produeix cada placa del sistema:

LATITUD =41°

INCLINACIÓ	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.07	1.06	1.05	1.03	1.02	1.02	1.02	1.03	1.05	1.08	1.09	1.09
10	1.14	1.12	1.09	1.06	1.03	1.02	1.03	1.06	1.1	1.15	1.18	1.17
15	1.21	1.17	1.12	1.07	1.04	1.03	1.04	1.08	1.14	1.21	1.26	1.24
20	1.26	1.21	1.15	1.08	1.04	1.02	1.04	1.09	1.17	1.27	1.33	1.31
25	1.31	1.24	1.17	1.09	1.03	1.01	1.03	1.1	1.2	1.32	1.39	1.37
30	1.35	1.27	1.18	1.08	1.01	0.99	1.02	1.09	1.21	1.35	1.44	1.42

Taula 23. Factor de correcció segons latitud i inclinació dels panells

MES	Radiació (MJ/m2)	Hd (kWh/m2/dia)	Hd (W/m2)	Factor k	HSP
Gener	6.5	1.8057	1.8057	1.32	2,383524
Febrer	9.5	2.6391	2.6391	1.28	3,378048
Març	12.9	3.58362	3.58362	1.18	4,2286716
Abril	16.1	4.47258	4.47258	1.08	4,8303864
Maig	18.6	5.16708	5.16708	1.01	5,2187508
Juny	20.3	5.63934	5.63934	0.99	5,5829466
Juliol	21.6	6.00048	6.00048	1.02	6,1204896
Agost	18.1	5.02818	5.02818	1.09	5,4807162
Setembre	14.6	4.05588	4.05588	1.21	4,9076148
Octubre	10.8	3.00024	3.00024	1.36	4,0803264
Novembre	7.2	2.00016	2.00016	1.45	2,900232
Desembre	5.8	1.61124	1.61124	1.43	2,3040732

Taula 24. Més crític de radiació solar i HSP

S'assenyala en vermell, el mes crític i en verd el mes més favorable.

La HSP és una unitat de mesura de la irradiació solar, essent el temps d'una hipotètica irradiació solar constant (Hd) de 1000 W/m2.

Amb les dades de les HSP i les aportades pel fabricant es pot calcular la següent expressió, i així determinar l'energia subministrada per unitat de placa:

$$E_{placa} = P_{m\grave{a}xima} \cdot HSP$$

On:

Pmàx: La potència màxima d'un panell és de 545W

HSP: Hores solars pic

MES	Energia d'un panell (Wh/dia)
Gener	1299,02
Febrer	1841,03
Març	2304,62
Abril	2632,56
Maig	2844,21
Juny	3042,70
Juliol	3335,66
Agost	2986,99
Setembre	2674,65
Octubre	2223,77
Novembre	1580,62
Desembre	1255,72

Taula 25. Energia màxima produïda per 1 panell

El número de plaques necessàries queden desglossades per mesos a la taula que es veu a continuació:

MES	Energia d'un panell (Wh/dia)	Nº de plaques
Gener	1299,02	11,41
Febrer	1841,03	8,05
Març	2304,62	6,43
Abril	2632,56	5,63
Maig	2844,21	5,21
Juny	3042,70	4,87
Juliol	3335,66	4,4
Agost	2986,99	4,96
Setembre	2674,65	5,54
Octubre	2223,77	6,66

Novembre	1580,62	9,38
Desembre	1255,72	11,8

Taula 26. Número total de plaques totals segons el mes

Seguidament, amb el diagrama de la trajectòria del sol, es comparen els obstacles que influeixen a la opció 3 sobre la superfície de la instal·lació.

Per poder introduir els punts de les coordenades polars al diagrama, s'ha de transformar les coordenades cartesianes (x, y i z) de cada vèrtex dels obstacles que produeixen ombres a la instal·lació. Llavors, aquestes coordenades polars que representen el punt d'elevació i l'Azimut dels dos eixos del diagrama formen una estructura que tapa les caselles del mateix. Després, cada casella del diagrama s'ha de sumar per obtenir el % total de pèrdues per ombres.

Les fórmules utilitzades per aquests càlculs són les següents:

$$\alpha_p = \text{Punt d'elevació al IV quadrant} = \text{tg}^{-1} \left(\frac{z}{\sqrt{x^2 \cdot y^2}} \right)$$

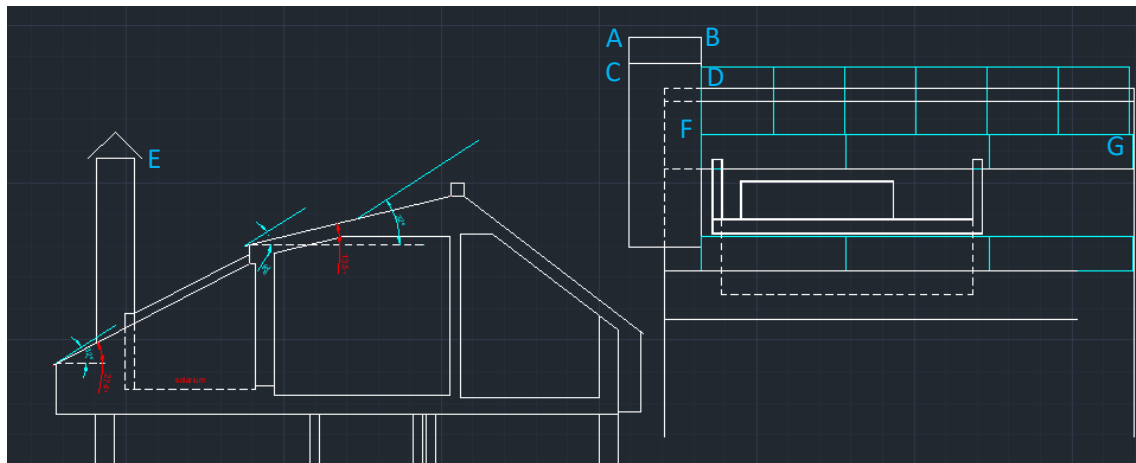
$$\gamma_p = \text{Punt d'Azimut al IV quadrant} = 90 - \text{tg}^{-1} \left(\frac{x}{y} \right) + \psi_c$$

On:

ψ_c : Correcció de l'Azimut

x, y i z: Coordenades cartesianes

En el cas d'ocultació parcial d'una casella del diagrama, s'utilitzarà el factor d'ompliment (fracció oculta respecte del total de la porció) més proper als valors: 0,25; 0,50; 0,75 o 1.



Il·lustració 30. Punts de referència pels càlculs amb el diagrama de pèrdues per ombres (Opció 3)

Els punts utilitzats pels càlculs de pèrdues són els que es poden veure a la il·lustració 9.

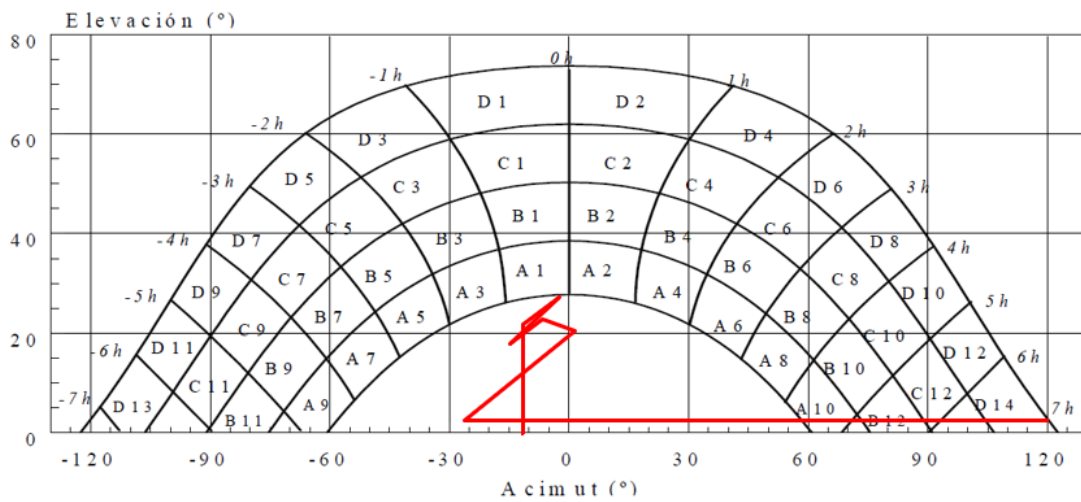
Orientació dels panells	-40
-------------------------	-----

PUNT	X	Y	Z	ACIMUT	ACIMUT CORREGIT AMB ORIENTACIÓ	ALÇADA
A	3.93	2.13	1.8	28.45	11.54	21.93
B	2.78	2.13	1.8	37.45	2.54	27.20
C	3.93	1.83	1.4	24.96	15.03	17.89
D	2.78	1.83	1.4	33.35	6.64	22.81
E	2.78	2.45	1.4	41.38	1.38	20.69
F	3,4	0,82	0,18	13,55	-26,44	2,94
G	-3,4	0,82	0,18	166,44	126,44	2,94

Taula 27. Punt d'elevació (α_p) i punt Azimut (γ_p) segons el vèrtex dels obstacles (Opció 3)

Amb aquesta taula ja es pot formar la figura dins del diagrama:

Documento Básico HE Ahorro de Energía



Il·lustració 31. Diagrama amb la projecció d'ombres [Font: CTE]

La taula que més s'ajusta a les necessitats del projecte (inclinació 30° i orientació -40°) és la següent:

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,22
11	0,00	0,03	0,37	1,26
9	0,21	0,70	1,05	2,50
7	1,34	1,28	1,73	3,79
5	2,17	1,79	2,21	4,70
3	2,90	2,05	2,43	5,20
1	3,12	2,13	2,47	5,20
2	2,88	1,96	2,19	4,77
4	2,22	1,60	1,73	3,91
6	1,27	1,11	1,25	2,84
8	0,52	0,57	0,65	1,64
10	0,02	0,10	0,15	0,50
12	0,00	0,00	0,03	0,05
14	0,00	0,00	0,00	0,08

II·lustració 32. Taula de referència per als valors obtinguts al diagrama [Font: CTE]

$$\% \text{ de pèrdues per ombres} = A10 * 0,5 + B12 * 0,5 + C12 * 0,25 + D14 * 0,25$$

% pèrdues totals		0,10	0,12	0,14	0,26	1,38	0,82	0,82	0,04	
Casella	%	Taula 1				Taula 2				
		$\beta=35^\circ$ $\alpha=0^\circ$	$\alpha=0^\circ$ $\beta=0^\circ$	$\alpha=90^\circ$ $\beta=0^\circ$	$\alpha=35^\circ$ $\beta=30^\circ$	$\beta=90^\circ$ $\alpha=30^\circ$	$\beta=35^\circ$ $\alpha=60^\circ$	$\beta=90^\circ$ $\alpha=60^\circ$	$\beta=35^\circ$ $\alpha=-30^\circ$	
a	10	0,50	0,11	0,05	0,19	0,18	2,26	0,47	0,47	0,02
b	12	0,50	0,02	0,02	0,02	0,06	0,12	0,19	0,19	0,00
c	12	0,25	0,10	0,15	0,02	0,32	0,53	0,97	0,97	0,03
d	14	0,25	0,02	0,17	0,13	0,22	0,24	1,00	1,00	0,08

Taula 28. % pèrdues totals per ombres (Opció 3) [Font: CTE]

Les ombres que influeixen en la captació de radiació solar per part de les plaques és bastant petita (columna marcada en vermell) com es pot veure als càlculs però, de totes formes, el rendiment òptim segueix essent el de la primera opció.

Amb aquests condicionants resolt per pèrdues totals, el cas que ocupa aquest projecte és:

CAS	ORIENTACIÓ I INCLINACIÓ	OMBRES	TOTAL
General	10%	10%	15%

II·lustració 33. Retall de la taula 3 pel cas GENERAL

Es pot dir llavors que, pel cas general, compleix en pèrdues per inclinació i orientació (0-5%), en ombres (0.05%) i en pèrdues totals (0-5.05%).

10.4. Taula de comparatives tècniques

CONCEPTE	OPCIÓ 1	OPCIÓ 2	OPCIÓ 3
Dades tècniques			
Inclinació plaques	15°	0°	18,5°
Nº de plaques	12	13	12
Wp d'una placa	545	545	545
Inversor	Axpert 7,2kW 48V	Axpert 7,2kW 48V	Axpert 7,2kW 48V
Bateria	Politech US5000	Politech US5000	Politech US5000
Nº de bateries(kWh)	2 (5)	2 (5)	1 (5)
η total instal·lació (%)	79.6	67.3	79.55
Capacitat bateries en un dia d'autonomia (%)	61,54	61,54	30,77
Amortització (anys)	7	8	5
Resultat de l'anàlisi (rendiments/preu en %)	78,53	72,84	78,09
Dades econòmiques			
Material	6236.08€	6041.13€	5.505,21 €
Desplaçament	80€	80€	80 €
Mà d'obra	720€	880€	720 €
Documentació tècnica	600€	600€	600 €
IVA (21%)	1.603,58 €	1.596,24 €	1.450,09 €
Total	9239,6568	9197,3673	8.355,30 €

Taula 29. Comparativa tècnic-econòmica de les opcions proposades

10.5. Conclusions

Els resultats de l'anàlisi de la taula anterior (taula 24), s'han calculat de la següent manera, tenint en compte una relació de rellevància:

- 40% rendiment instal·lació
- 30% cost instal·lació
- 20% capacitat bateries
- 10% amortització

Amb aquest valors s'ha conclòs un anàlisi que es decanta per un marge molt estret cap a la primera opció.

En referència al material, després d'una àmplia recerca, no hi ha dubte que Obramat és el distribuïdor que millor oferta ofereix en relació qualitat/preu dels seus productes solars, tant a nivell autonòmic com nacional. Uns panells JASolar, marca líder en fabricació d'aquests components. La companyia francesa, fabricant de proteccions elèctriques, Schneider, que donen molts bons resultats des del 1836. L'únic component comprat fora del distribuïdor en qüestió, és l'inversor, ja que el que oferia Obramat era d'una capacitat inadequada per les característiques de la instal·lació, escollint com a substitut el model Axpert de la marca Voltronic, molt recomanat per experts en el camp de les renovables.

Amb aquestes conclusions, es pot destacar que, s'ha pogut dur a terme un disseny amb un rendiment òptim dins dels valors reals de funcionament. S'ha valorat qualsevol detall de caràcter rellevant a la producció d'energia d'autoconsum, ja sigui tant de pèrdues en el rendiment, econòmic, de viabilitat fins i tot l'amortització que no deixa lloc a dubte del seu potencial d'estalvi i d'una producció elèctrica neta que marca un futur immillorable pel consum individual (habitatges) i col·lectiu (indústria) essent un model de generació que no porta amb ell l'inconvenient de la contaminació. No genera CO₂, no produeix soroll que afecti a la fauna, no altera el paisatge (sense tenir en compte els camps fotovoltaics, s'està tractant l'autoconsum a nivell usuari, no a nivell comercial) i sobretot no genera residus que no es puguin reciclar i reutilitzar. Fins i tot les bateries, avui dia, la major part dels seus components es poden reciclar.

Quan es parla de solars, s'està parlant de qualitat de vida, un gran pas cap a la reducció de la crisi climàtica. Conscienciació és la paraula que millor descriu, sota un criteri personal, aquesta renovable. Afegint una citació del poeta nord-americà Ralph Waldo Emerson; *"La creació de mil boscos comença amb un gla"*.

11. Justificació econòmica

11.1. Pressupost resumit de la opció escollida

Partides més rellevants	
Material	6236.08€
Desplaçament	80€
Mà d'obra	720€
Documentació tècnica	600€
IVA (21%)	1.603,58 €
Total	9239,6568

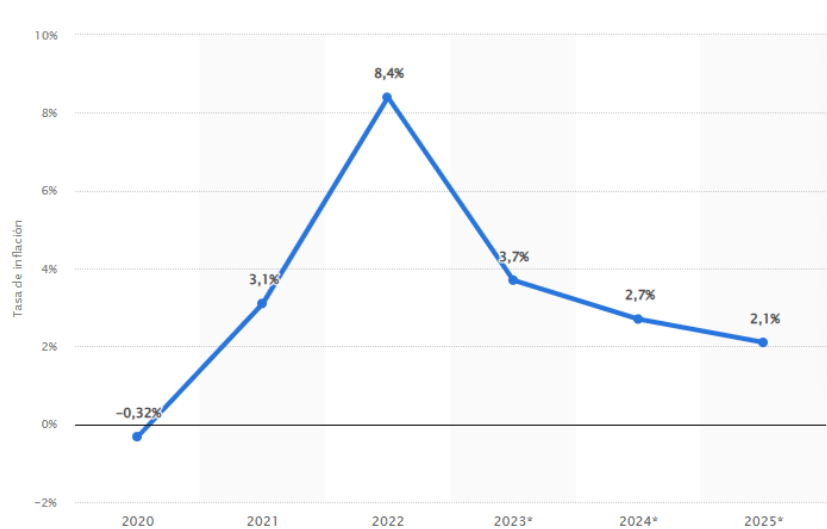
Taula 30. Pressupost opció 1

Per fer una valoració econòmica justificant l'amortització de la instal·lació, es considera l'opció més viable de les 3 estudiades.

11.2. Anàlisi econòmic

Aquest anàlisi es plasma en una taula d'amortitzacions anuals. Per obtenir els resultats desitjats, s'utilitzen; el preu de l'energia per kWh de l'empresa comercialitzadora actual que subministra l'habitatge, l'energia auto consumida d'aquest i les devolucions econòmiques per l'excés d'energia que es pugui produir en situacions de major producció que consum.

L'anàlisi té un termini de 25 anys degut a que les plaques tenen aquesta garantia de durabilitat. Tal com indica la fitxa tècnica, es contempla un 0,55% de degradació anual de producció d'energia i una inflació del cost de l'energia d'un 2,5% de mitja calculat envers a les publicacions aportades per el web "Stadista".



Il·lustració 34. Gràfica increment taxa d'inflació anual [Font: Stadista]

ANY	ENERGIA GENERADA (KWH)	ENERGIA AUTOCONSUM (KWH)	ENERGIA EXCEDENTÀRIA (KWH)	ESTALVI ECONÒMIC (€)	ESTALVI PER EXCEDENTS (€)	ESTALVI TOTAL (€)	AMORTITZACIÓ (€)
0							-9239,66
1	8054,5	5106,04	2948,5	1051,84	147,42	1199,27	-8040,39
2	8010,2	5106,04	2904,2	1078,14	145,21	1223,35	-6817,04
3	7966,2	5106,04	2860,1	1105,09	143,01	1248,10	-5568,94
4	7922,4	5106,04	2816,3	1132,72	140,82	1273,54	-4295,41
5	7878,8	5106,04	2772,7	1161,04	138,64	1299,68	-2995,73

6	7835,4	5106,04	2729,4	1190,07	136,47	1326,54	-1669,19
7	7792,3	5106,04	2686,3	1219,82	134,32	1354,13	-315,06
8	7749,5	5106,04	2643,5	1250,31	132,17	1382,48	1067,42
9	7706,9	5106,04	2600,8	1281,57	130,04	1411,61	2479,03
10	7664,5	5106,04	2558,4	1313,61	127,92	1441,53	3920,57
11	7622,3	5106,04	2516,3	1346,45	125,81	1472,26	5392,83
12	7580,4	5106,04	2474,4	1380,11	123,72	1503,83	6896,66
13	7538,7	5106,04	2432,7	1414,61	121,63	1536,25	8432,91
14	7497,2	5106,04	2391,2	1449,98	119,56	1569,54	10002,45
15	7456,0	5106,04	2350,0	1486,23	117,50	1603,73	11606,17
16	7415,0	5106,04	2309,0	1523,38	115,45	1638,83	13245,00
17	7374,2	5106,04	2268,2	1561,47	113,41	1674,88	14919,88
18	7333,7	5106,04	2227,6	1600,51	111,38	1711,89	16631,77
19	7293,3	5106,04	2187,3	1640,52	109,36	1749,88	18381,65
20	7253,2	5106,04	2147,2	1681,53	107,36	1788,89	20170,54
21	7213,3	5106,04	2107,3	1723,57	105,36	1828,93	21999,47
22	7173,7	5106,04	2067,6	1766,66	103,38	1870,04	23869,51
23	7134,2	5106,04	2028,2	1810,82	101,41	1912,23	25781,75
24	7095,0	5106,04	1988,9	1856,10	99,45	1955,54	27737,29
25	7055,9	5106,04	1949,9	1902,50	97,49	1999,99	29737,28

Taula 31. Taula d'amortització de la instal·lació

L'energia generada anualment és la suma de l'energia que subministra cada panell (taula 10) multiplicat pel rendiment, el número de panells totals i els 30 dies de mitjana que té un mes. Es contempla la pèrdua teòrica del 0,55%/any de producció energètica.

12. Conclusions

Aquest projecte ha fet un anàlisi complet dels punts amb més rellevància dins d'una instal·lació d'aquestes característiques. Sempre buscant el detall de disseny per treure el màxim rendiment i valorant cada aspecte dels antecedents de consum per reforçar els càlculs. I així poder donar abast completament, amb els recursos disponibles, a les necessitats energètiques de l'habitatge.

S'ha pogut concloure que, aquesta obra, aportarà un estalvi econòmic que s'amortitzarà en 6 o 7 anys, a més d'un aspecte mediambiental que agrairan les futures generacions, conservant el planeta amb més eficàcia, essent més autosuficients, energèticament parlant.

Cada petit pas a nivell individual, és un gran salt pel bé comú d'una llar comuna que compartim tots els que hi vivim.

Quan es parla de medi ambient, la primera impressió és que no es contamina, però encara hi ha un llarg recorregut per arribar al punt òptim de la fabricació de components, la seva durabilitat i el seu rendiment. Científics, enginyers i inventors, seguim treballant per arribar a la solució ideal i proporcionar a les persones la possibilitat de traduir-ho a la realitat.

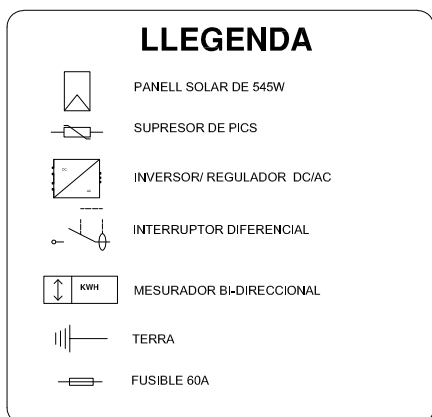
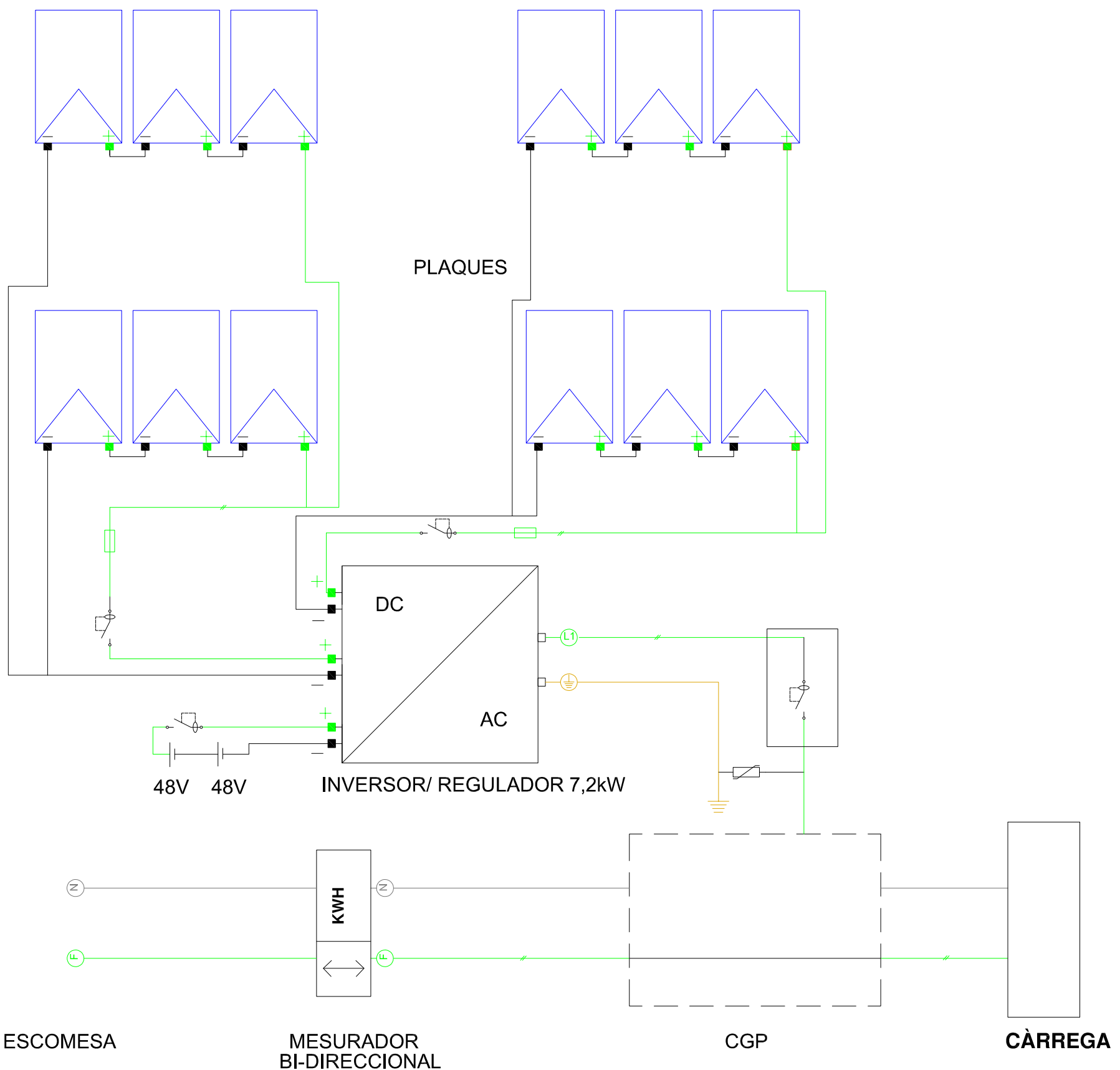


14. Annexos

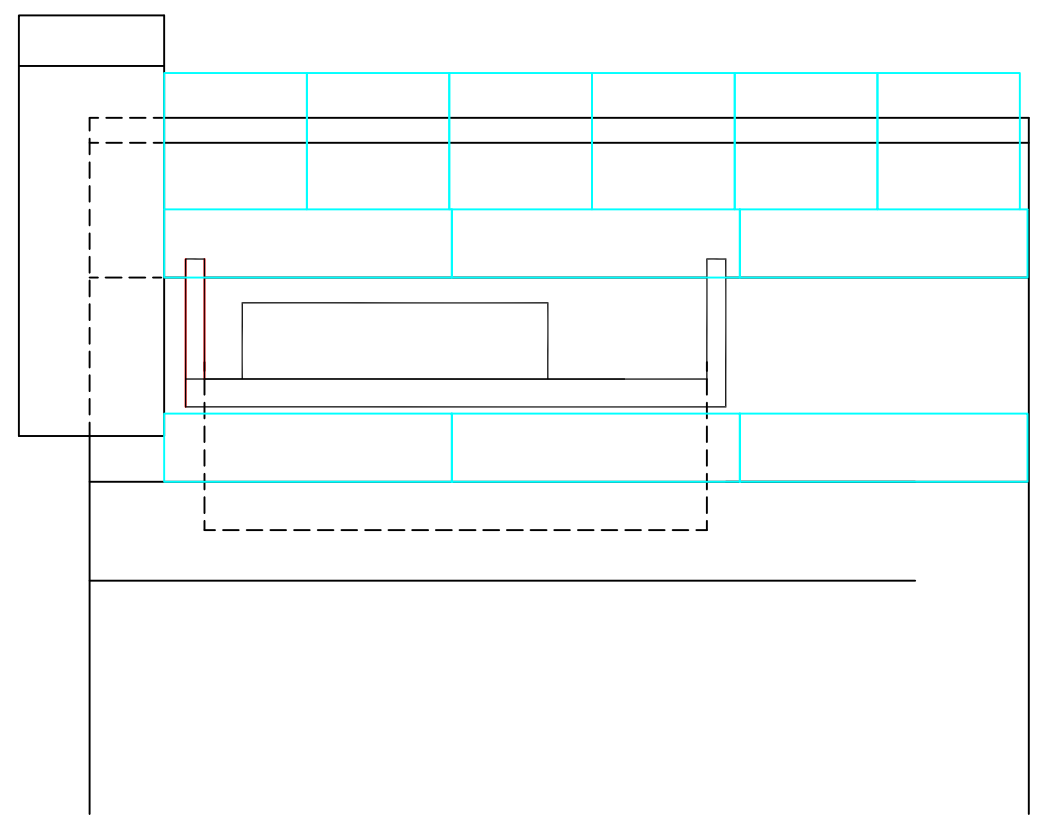
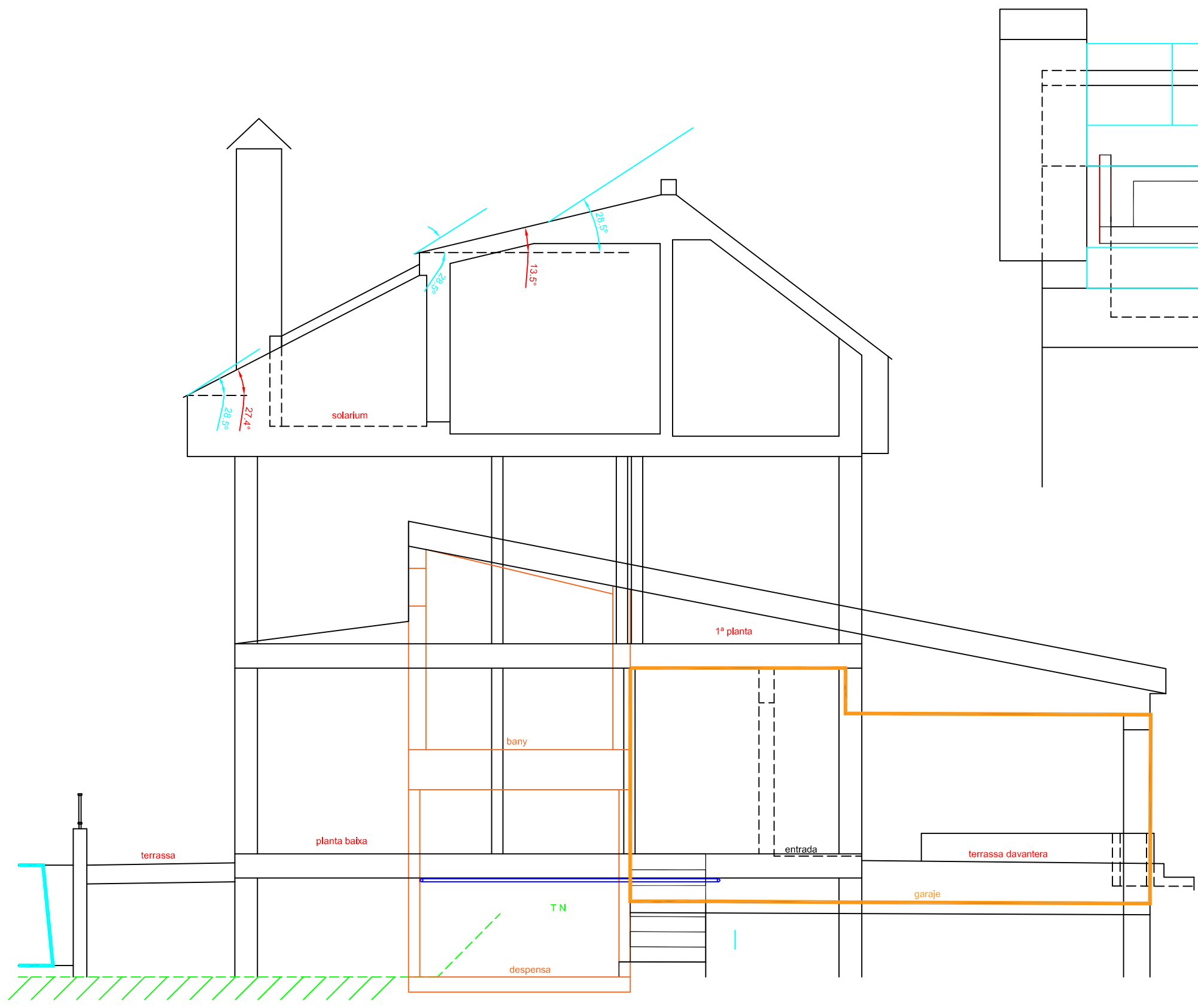
14.1. Plànols



Empresa		Escala	-
		Cotes expressades en m	
Títol	Plànol de orientació de l'habitatge unifamiliar	Nº Plànol	3
		Nº dibuix	1
			A3
Dibuix	Marc Romero Cruz	Data	09/03/2023
Disseny	Marc Romero Cruz	Data	09/03/2023
Verificat		Data	



Empresa		Escala	
		Cotes expressades en m	
Títol: Esquema elèctric instal·lació fotovoltaica en vivenda unifamiliar		Nº Plànol	1
		Nº dibuix	1
		A3	
Dibuix	Marc Romero Cruz	Data	19/08/2022
Disseny	Marc Romero Cruz	Data	19/08/2022
Verificat		Data	



Empresa		Escala	
 	Cotes expressades en m		
	Nº Plànol	2	
Títol: Disposició i inclinació dels panells		Nº dibuix	1
		A3	
Dibuix	Marc Romero Cruz	Data	10/05/2023
Disseny	Marc Romero Cruz	Data	10/05/2023
Verificat		Data	



14.2. Fitxes tècniques



Parámetros básicos	US2000C	US3000C	US5000
Voltaje nominal (V)	48	48	48
Capacidad nominal (Wh)	2400	3552	4800
Capacidad utilizable (Wh)	2280	3374.4	4560
Dimensión (mm)	442*410*89	442*420*132	442*420*161
Peso (Kg)	24	32	38
Voltaje de descarga (V)	44,5 ~ 53,5	44,5 ~ 53,5	44,5 ~ 53,5
Voltaje de carga (V)	52.5 ~ 53.5	52.5 ~ 53.5	52.5 ~ 53.5
Corriente de carga / descarga (A)	25(Recomendado) 50 (Max@60s) 90 (Peak@15s)	37 (Recomendado) 74 (Max@60s) 90 (Peak@15s)	75 (Recomendado) 120 (Max@15min) 200 (Peak2@15s)
Puerto de comunicación	RS485, CAN	RS485, CAN	RS485, CAN
Cantidad de cadena (pcs)	16	16	16
Temperatura de trabajo/°C	0 ~ 50	0 ~ 50	0° ~ 55° Carga -10° ~ 55°-C Descarga
Temperatura de almacenamiento/°C	-20 ~ 60	-20 ~ 60	-20°C ~ 60°C
Humedad	5% ~ 95%	5% ~ 95%	5% ~ 95% (RH) No Condensation
Altitud (m)	<2000	<2000	<4000
Vida útil del diseño	Más de 15 años (25°C/77°F)	Más de 15 años (25°C/77°F)	Más de 15 años (25°C/77°F)
Ciclo de vida	>6000, 25°C	>6000, 25°C	>6000, 25°C
Certificaciones	IEC62619/CE /UN38.3	VDE2510-50/IEC62619/UL1973 UL9540A/CE/UN38.3	IEC62619, IEC63056, CE, UN38.3, UL1973, UKCA
Características	Recargable Protección activa doble Configuración dinámica de corriente Contacto seco de encendido	Recargable Protección activa doble Configuración dinámica de corriente Contacto seco de encendido	

MAGNETOTÉRMICOS DE CORRIENTE CONTINUA

Protector magnetotérmico para instalaciones de baja tensión alimentadas en corriente continua.

Especialmente diseñado para la protección de los cuadros de instalaciones fotovoltaicas.

Evita las sobrecargas y cortocircuitos de la instalación siempre que se sobrepasen los valores máximos fijados.

Soportan un voltaje máximo de 1.000 VDC.

Acorde a normativa IEC 60947-2 / EN 60947-2.



Estos equipos conforman la familia de productos “MCB DC” de codificados como: MCB DC NP/V/I

Donde:

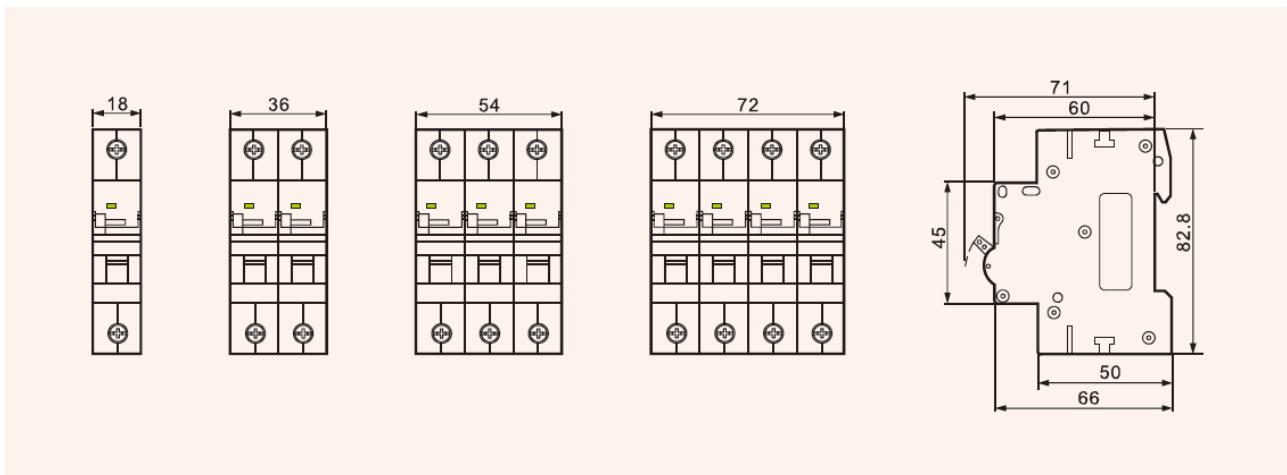
MCB DC = Familia de productos

N= nº de polos

V= Tensión nominal (corriente continua)

I= Corriente nominal (corriente continua)

Dimensiones



DATOS TÉCNICOS

Corriente nominal (In)	6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63A			
Número de polos	1P	2P	3P	4P
Tensión nominal de empleo [Ue]	250VDC	500VDC	750VDC	1000VDC
Poder de corte en servicio	10kA			
Tipo de disparo	Térmico-magnético			
Curva de disparo	C			
Resistencia a picos de tensión Uimp]	6kV			
Dimensiones (mm)	18x82.8x66	36x82.8x66	54x82.8x66	72x82.8x66
Temperatura de trabajo	[-20 °C ~... +70°C]			
Grado de protección	IP20			
Montaje	Montaje sobre carril DIN de 35 mm			
Material de la envolvente	Policarbonato			
Normativa	IEC 60947-2 / EN 60947-2			

Hoja de características del producto

Especificaciones



Limitador sobretensiones transitorias y permanentes IGA; Resi9 Combi; 1P+N; 25 A

R9L20625

Principal

Range of product	Resi9
Nombre abreviado del equipo	Combi SPU
Nombre del producto	Resi9 CX
Tipo de producto o componente	Interruptor automático con protección combinada contra sobretensiones
Función	Para corriente > 0,1 A
Número de polos	1P + N
Número de polos protegidos	1
Posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	25 A
Tipo de red	AC
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Capacidad de corte	6000 A Icn acorde a EN/IEC 60898-1
Tipo de control	Maneta
Tipo de montaje	Fijo
Soporte de montaje	Carril DIN
Etiquetas de calidad	CE AENOR
Pasos de 9 mm	6
Altura	74 mm
Ancho	54 mm
Profundidad	93 mm
Peso del producto	0,33 kg
Color	Blanco - tipo de cable: RAL 9003)
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	10000 ciclos
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...55 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...70 °C

Aviso Legal: Esta documentación no pretende sustituir ni debe utilizarse para determinar la adecuación o la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de los usuarios

Tiempo de respuesta	< 25 ns
Conexiones - terminales	Terminal tipo túnel - tipo de cable: PE) 1...10 mm ² rígido Terminal tipo túnel - tipo de cable: PE) 0,5...6 mm ² flexible Terminal tipo túnel - tipo de cable: L/N) 1...25 mm ² rígido Terminal tipo túnel - tipo de cable: L/N) 1...16 mm ² flexible
Par de apriete	2 N.m PE 2,5 N.m L/N

Complementario

Frecuencia de red	50 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	230 V AC 50 Hz
[Uc] tensión de funcionamiento máxima continua	Modo común, estado 1 260 V AC N/PE Modo diferencial, estado 1 340 V AC L/N
[Up] nivel de protección de tensión	Modo común <1,5 kV tipo 2 N/PE Modo diferencial <1,5 kV tipo 2 L/N
Intensidad de descarga nominal	5 kA
Intensidad de salida máxima	15 kA
Umbral de tensión de disparo	275 V
Señalizaciones en local	Señalización por descarga de sobretensiones, estado 1 LED (verde/rojo) Señalización por liberación de tensión, estado 1 bandera (blanco/rojo)
Indicador de posición del contacto	Sí

Unidades de embalaje

Tipo de unidad de paquete 1	PCE
Número de unidades en el paquete 1	1
Paquete 1 Altura	10,0 cm
Paquete 1 Ancho	11,0 cm
Paquete 1 Longitud	25,5 cm
Paquete 1 Peso	428,0 g
Tipo de unidad de paquete 2	S03
Número de unidades en el paquete 2	24
Paquete 2 Altura	30,0 cm
Paquete 2 Ancho	30,0 cm
Paquete 2 Longitud	40,0 cm
Paquete 2 Peso	10,713 kg
Tipo de unidad de paquete 3	P06
Número de unidades en el paquete 3	288
Paquete 3 Altura	105,0 cm
Paquete 3 Ancho	60,0 cm
Paquete 3 Longitud	80,0 cm
Paquete 3 Peso	137,056 kg

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH

Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
Perfil de circularidad	Información de fin de vida útil

Sustituciones recomendadas



REVI SOLAR



CABLE FOTOVOLTAICO reticulado - tipo H1Z2Z2-K fabricado según EN 50618:2014

CONSTRUCCION

Conductor	Cobre electrolítico estañado, clase 5 (flexible) según UNE-EN 60228 e IEC 60228
Aislamiento	Compuesto HFFR reticulado y estabilizado UV EN 50363-5 EI5 type Color natural
Cubierta exterior	Compuesto HFFR reticulado y estabilizado UV EN 50363-5 EI5 type Color Negro o Rojo

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Tensión de servicio	AC 1/1kV - DC 1,5/1,5 kV
Máxima tensión admisible	DC 1,8 kV
Tensión de Ensayo	6.500V AC - 15.000V DC
Tensión de servicio en puesta a tierra	DC 1 kV

CARACTERISTICAS FISICAS

Temperatura máxima del ambiente	desde - 40 °C a + 90 °C
Temperatura máxima de servicio en el conductor	desde -40°C a 120 °C
Radio de curvatura	15 x diámetro exterior (instalación flexible)
Resistencia de aislamiento	>200 Mohm x cm
No propagador de la llama	IEC 60332-1-2 / EN60332-1-2
Resistente a los rayos UV	EN 50618 y TÜV 2Pfg 1169-08
Resistente al ozono	EN 50396 ; 8.1.3

<u>seccion</u>	<u>diámetro conductor</u>	<u>diámetro externo</u>	<u>Resistencia Mohm/Km a 20°C</u>	<u>Kg/Km</u>
1x4	2,4	5,8	5,09	63
1x6	3,1	6,6	3,39	84
1x10	4,1	7,7	1,95	134
1x16	4,9	8,8	1,24	195

Item	Model No	Picture	Specification	state
No.1	SY-MC4-1		<ol style="list-style-type: none"> 1.Housing material:PPO Material 2.Contact material:Copper with tin plated 3.Suitable for cable corss section: 2.5MM² ~6.0MM² 4.Resistance: Less than 0.3 mΩ 5.Waterproof: IP67 6.Pin dimensions:Ø4mm 7.Flame class: UL94-V0 8.Rated Voltage:TUV 1000V DC/UL 600V DC 9.Rated Current: 20A-30A 10.Protection Class:Class II 11.Pollution Degree: 2 	

Hoja de datos del producto A9R61240

Características



Principal

Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iID
Tipo de producto o componente	Interruptor diferencial (RCCB)
Nombre corto del dispositivo	IID
Número de polos	2P
Posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	40 A
Tipo de red	CA
Sensibilidad de fuga a tierra	30 mA
Retardo de la protección contra fugas a tierra	Instantáneo
Clase de protección contra fugas a tierra	Tipo A-SI

Complementario

Ubicación del dispositivo en el sistema	Salida
Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	220...240 V CA 50/60 Hz
Tecnología de disparo corriente residual	Independiente de la tensión
Poder de conexión y de corte	Idm 1500 A Im 1500 A
Corriente condicional de cortocircuito	10 kA
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	500 V CA 50/60 Hz
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV
Corriente de sobretensión	3000 A
Indicador de posición del contacto	Sí
Tipo de control	Maneta
Tipo de montaje	Ajustable en clip
Soporte de montaje	Carril DIN
Pasos de 9 mm	4
Altura	91 mm
Anchura	36 mm
Profundidad	73,5 mm
Peso del producto	0,21 kg
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	AC-1, estado 1 15000 ciclos
Descripción de las opciones de bloqueo	Dispositivo de cierre con candado
Conexiones - terminales	Terminal simple arriba o abajo 1...35 mm ² rígido Terminal simple arriba o abajo 1...25 mm ² Flexible Terminal simple arriba o abajo 1...25 mm ² flexible con terminal Terminal simple
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm para arriba o abajo conexión
Par de apriete	3,5 N.m arriba o abajo

La información suministrada en esta documentación contiene descripciones generales y/o características técnicas de los productos incluidos y sus prestaciones. Esta documentación no pretende ser un sustituto de, y no se va a usar para determinar la idoneidad y la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuario. Es responsabilidad de los usuarios o integradores realizar el análisis de riesgos adecuada y completamente, evaluar y testear los productos en relación con la aplicación específica pertinente o uso del mismo. Ni Schneider Electric Industries SAS ni ninguna de sus filiales o subsidiarias serán responsables por el mal uso de la información contenida en el presente documento.

Entorno

Normas	EN/IEC 61008-1
Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529 IP40 - tipo de cable: envolvente modular) acorde a IEC 60529
Grado de contaminación	3
Compatibilidad electromagnética	Resistencia a impulsos 8/20 µs, 3000 A acorde a EN/IEC 61008-1
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...60 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Unidades de embalaje

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en el paquete 1	1
Peso del paquete 1	0,228 kg
Paquete 1 Altura	0,830 dm
Paquete 1 ancho	0,400 dm
Paquete 1 Longitud	1,000 dm
Tipo de unidad del paquete 2	BB1
Número de unidades en el paquete 2	6
Peso del paquete 2	1,458 kg
Paquete 2 Altura	11 cm
Ancho del paquete 2	9 cm
Longitud del paquete 2	26 cm
Tipo de unidad del paquete 3	S03
Número de unidades en el paquete 3	54
Paquete 3 Peso	13,55 kg
Paquete 3 Altura	30 cm
Ancho del paquete 3	30 cm
Paquete 3 Longitud	40 cm

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China
Comunicación ambiental	Perfil Ambiental Del Producto
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

DEEP BLUE 3.0

Mono

550W MBB Half-cell Module

JAM72S30 525-550/MR Series

Introduction

Assembled with 11BB PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss

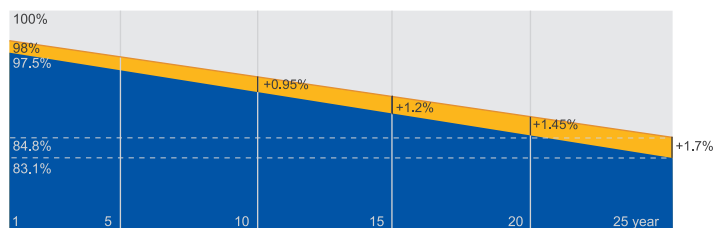


Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty

0.55% Annual Degradation Over 25 years



■ New linear power warranty ■ Standard module linear power warranty

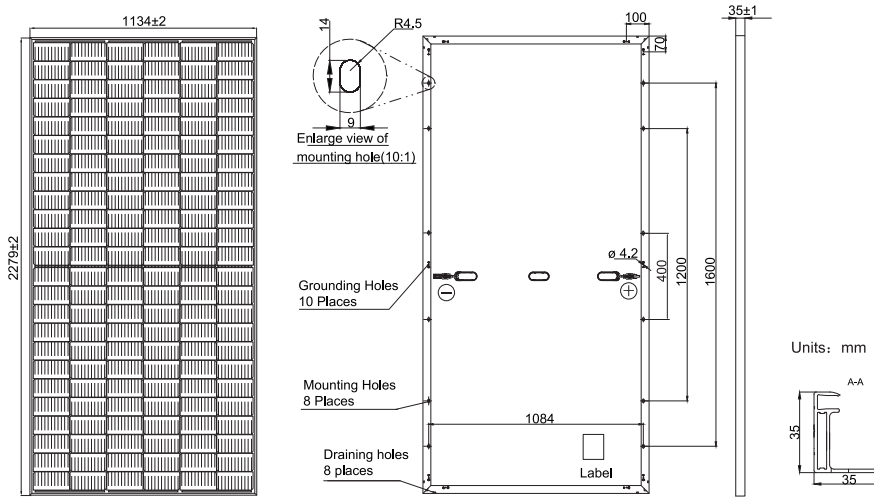
Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval



MECHANICAL DIAGRAMS

SPECIFICATIONS



Cell	Mono
Weight	28.6kg±3%
Dimensions	2279±2mm×1134±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	144(6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	MC4(1000V) MC4-EVO2(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1300mm(+)/1300mm(-)
Packaging Configuration	31pcs/Pallet, 620pcs/40ft Container

Remark: customized frame color and cable length available upon request

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S30 -525/MR	JAM72S30 -530/MR	JAM72S30 -535/MR	JAM72S30 -540/MR	JAM72S30 -545/MR	JAM72S30 -550/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	525	530	535	540	545	550
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.15	49.30	49.45	49.60	49.75	49.90
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41.15	41.31	41.47	41.64	41.80	41.96
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.65	13.72	13.79	13.86	13.93	14.00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.76	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11
Module Efficiency [%]	20.3	20.5	20.7	20.9	21.1	21.3
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

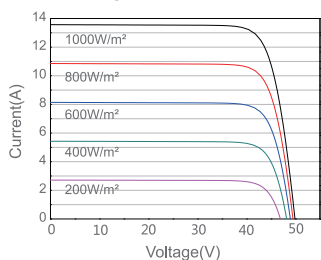
OPERATING CONDITIONS

TYPE	JAM72S30 -525/MR	JAM72S30 -530/MR	JAM72S30 -535/MR	JAM72S30 -540/MR	JAM72S30 -545/MR	JAM72S30 -550/MR	Operating Conditions
Rated Max Power(Pmax) [W]	397	401	405	408	412	416	Maximum System Voltage 1000V/1500V DC
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46.05	46.18	46.31	46.43	46.55	46.68	Operating Temperature -40°C~+85°C
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38.36	38.57	38.78	38.99	39.20	39.43	Maximum Series Fuse Rating 25A
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.97	11.01	11.05	11.09	11.13	11.17	Maximum Static Load,Front* 5400Pa(112lb/ft ²) Maximum Static Load,Back* 2400Pa(50lb/ft ²)
Max Power Current(Imp) [A]	10.35	10.39	10.43	10.47	10.51	10.55	NOCT 45±2°C
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C,wind speed 1m/s, AM1.5G						Safety Class Class II
							Fire Performance UL Type 1

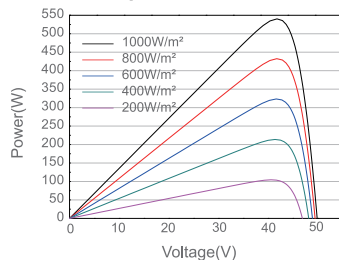
*For NexTracker installations, Maximum Static Load,Front is 2400Pa while Maximum Static Load,Back is 2400Pa.

CHARACTERISTICS

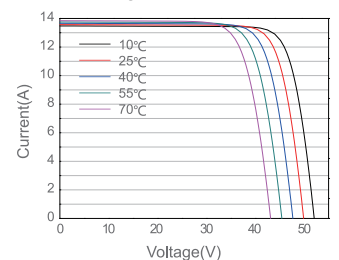
Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



Power-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



Axpert MAX Off-Grid Inverter



- Customizable status LED bar with RGB lights
- Built-in wifi for mobile monitoring (Android/iOS Apps are available)
- Supports USB On-the-Go function
- Reserved communication port for BMS (RS485, CAN-BUS or RS232)
- Replaceable fan design for ease of maintenance
- Battery independent design
- Configurable AC/PV output usage timer and prioritization
- Selectable high power charging current
- Selectable input voltage range for home appliances and personal computers
- Compatible to Utility Mains or generator input
- Built-in anti-dust kit
- Optional DC output for DC fan, LED bulb, router and so on
- Parallel operation up to 6 units only available for 7.2kVA



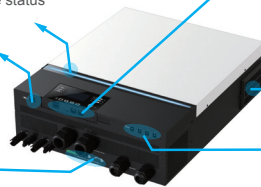
RGB light:
Different color to present output source from PV, Grid or battery and battery charge/discharge status



Communication for Remote panel



Parallel connectors:
Maximum 6 units in parallel (only for MAX-7200)



Diverse communications:
USB On-the-Go function, Dry contact and BMS communication



Anti-dust filter:
Increase product reliability in harsh environment



DC output connectors:
Connect to DC fan, LED bulb or router



Axpert MAX Off-Grid Inverter Selection Guide

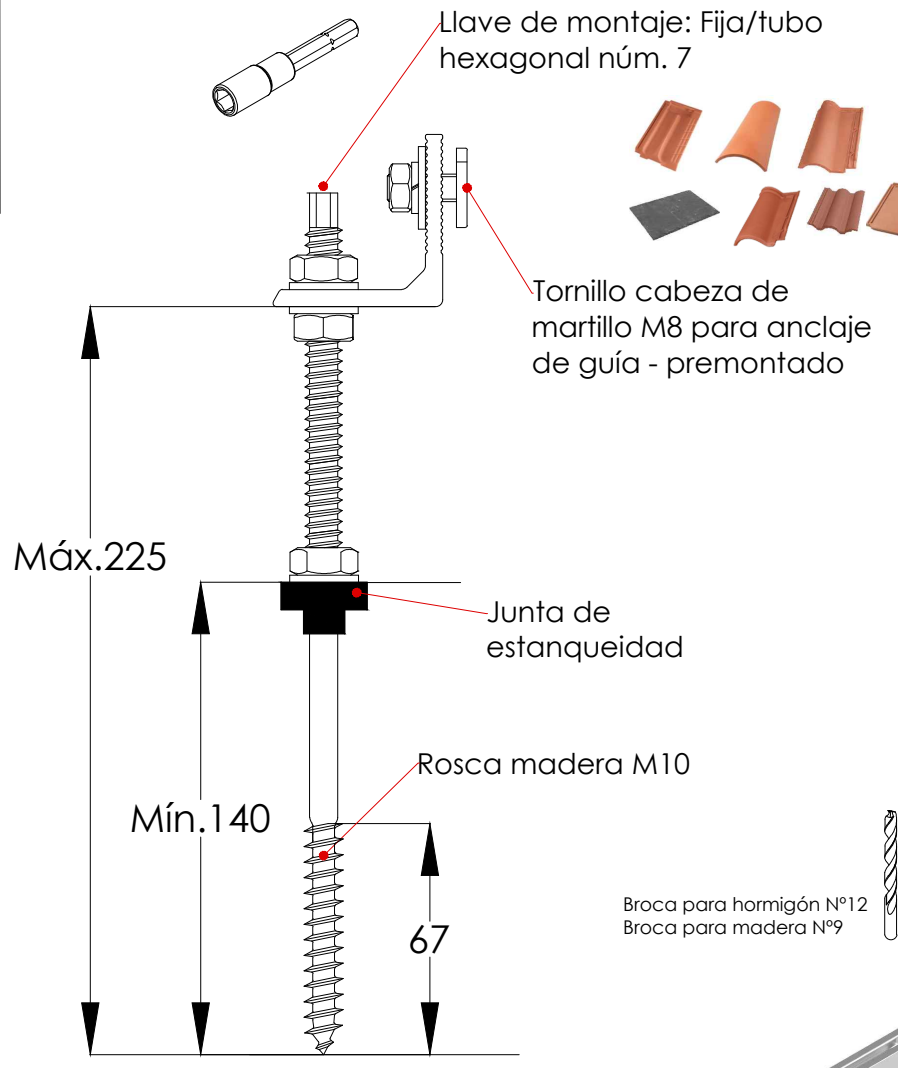
MODEL	Axpert MAX 3600-24-230	Axpert MAX 3600-24-120	Axpert MAX 7200-48-230	Axpert MAX 7200-48-120
Rated Power	3600VA/3600W		7200VA/7200W*	
PARALLEL CAPABILITY	NO		Yes, up to 6 units	
INPUT				
Voltage	230 VAC	120 VAC	230 VAC	120 VAC
Selectable Voltage Range	170-280 VAC (For Personal Computers) 90-280 VAC (For Home Appliances)	90-140 VAC (For Personal Computers) 80-140 VAC (For Home Appliances)	170-280 VAC (For Personal Computers) 90-280 VAC (For Home Appliances)	90-140 VAC (For Personal Computers) 80-140 VAC (For Home Appliances)
Frequency Range	50 Hz/60 Hz (Auto sensing)			
OUTPUT				
AC Voltage Regulation (Batt. Mode)	230VAC ± 5%	120VAC ± 5%	230VAC ± 5%	120VAC ± 5%
Surge Power	7500VA	7500VA	15000VA	15000VA
Efficiency (Peak)	90% ~ 93%			
Transfer Time	15 ms (For Personal Computers) ; 20 ms (For Home Appliances)			
Waveform	Pure sine wave			
No Load Power Consumption	< 45W		< 70W	
BATTERY				
Battery Voltage	24 VDC		48 VDC	
Floating Charge Voltage	27 VDC		54 VDC	
Overcharge Protection	33 VDC		66 VDC	
SOLAR CHARGER & AC CHARGER				
Solar Charger Type	MPPT			
Maximum PV Array Power	4000 W		8000W (4000W x 2)	
MPPT Range @ Operating Voltage	120 ~ 450 VDC	90 ~ 230 VDC	90 ~ 450 VDC	90 ~ 230 VDC
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	500 VDC	250 VDC	500 VDC	250 VDC
Maximum Solar Charge Current	80 A			
Maximum AC Charge Current	80 A			
Maximum Charge Current	80 A			
PHYSICAL				
Dimension, D x W x H (mm)	147.4 x 432.5 x 553.6			
Net Weight (kgs)	14.1		18.4	
Communication Interface	USB/RS232/RS485/Wifi/Dry-contact			
OPERATING ENVIRONMENT				
Humidity	5% to 95% Relative Humidity(Non-condensing)			
Operating Temperature	-10°C to 50°C			
Storage Temperature	-15°C to 60°C			
STANDARD				
Compliance Safety	CE	UL	CE	UL

* 120 VAC model rated as 5000VA when unit operated under invert mode
Product specifications are subject to change without further notice.

Ficha técnica

Fijación para teja con anclaje a madera u hormigón

S01



Par de apriete:	
Tornillo M8 Hexagonal	20 Nm
Tornillo M10 Hexagonal	40 Nm

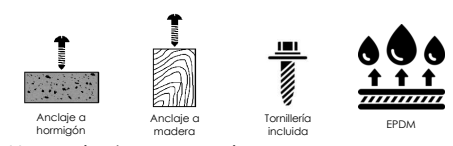


S01
Fijación para cubiertas teja.
Anclaje a hormigón o a vigas de madera.

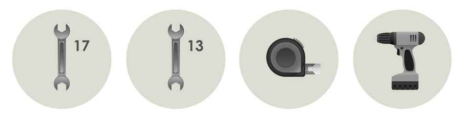
Fijación premontada.

Tornillería acero inoxidable A2-70
Incluye junta de estanqueidad.
Incluye tornillos de fijación a perfil G1.

Material 100% reciclable.
Cómoda instalación.



Herramientas necesarias:



Seguridad:

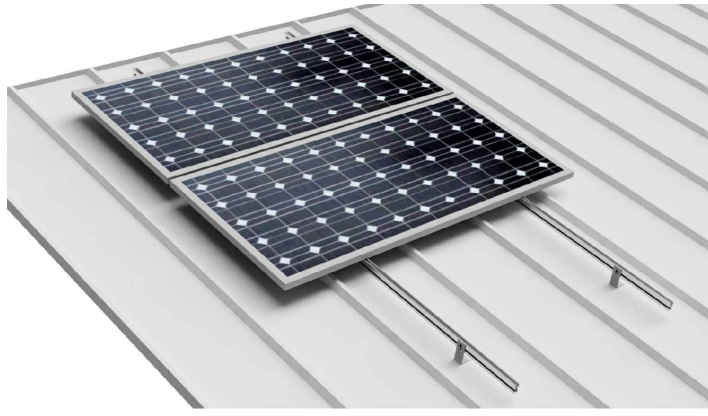


Reservado el derecho a efectuar modificaciones - Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.

Ficha técnica

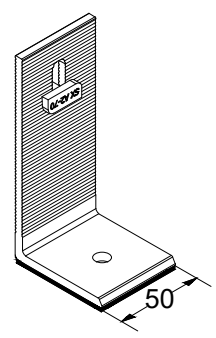
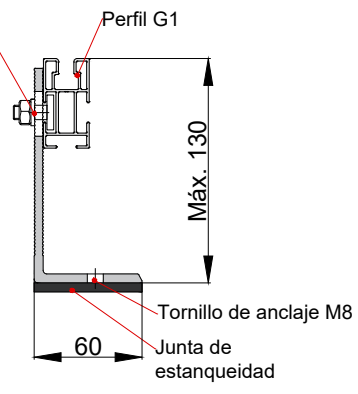
Soporte coplanar continuo fijación a correas

03V



Nota: Comprobar el nº de correas

Tornillo cabeza de martillo M8 para anclaje de guía



- Soporte coplanar para anclaje a correas metálicas
- Valido para de cubiertas metálicas
- La fijación incluye junta de estanqueidad
- Disposición de los módulos: Vertical.
- Valido para espesores de módulos de 30 hasta 45 mm
- No recomendado para viguetas de hormigón pretensado.
- Kits disponibles de 1 a 6 módulos.

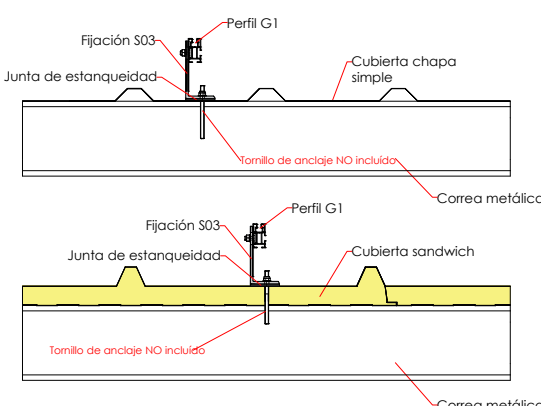
Viento: Hasta 150 Km/h (Ver documento de velocidades del viento)
Materiales: Perfilería de aluminio EN AW 6005A T6
 Tornillería de acero inoxidable A2-70
 Comprobar el buen estado y la capacidad portante de la cubierta antes de cualquier instalación.
 Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada.

Dos opciones:

Para módulos de hasta **2279x1150 - Sistema Kit**
 (Ver página 2)

Para módulos de hasta **2400x1350 - Sistema PS**
 (Ver página 3)

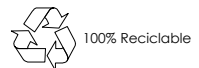
*Para anclaje, se recomienda usar un tornillo con arandela de sellado



Par de apriete:

Tornillo Presor	7 Nm
Tornillo M8 Hexagonal	20 Nm
Tornillo M10 Hexagonal	40 Nm
Tornillo M6.3 Hexagonal	10 Nm

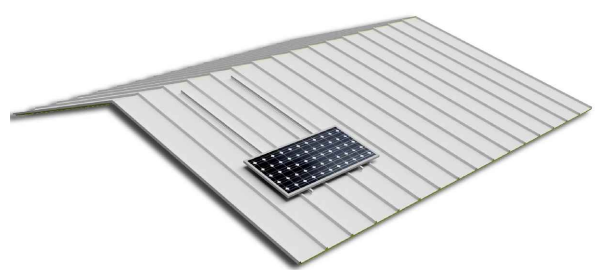
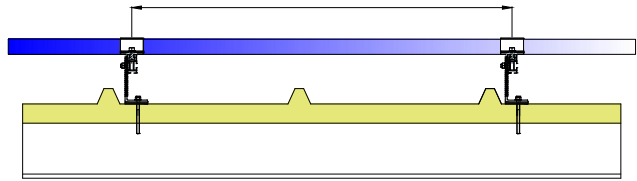
Carga de nieve: 40 kg/m²



Marcado ES19/86524 CE



Para la distancia de anclajes de los módulos consultar ficha técnica del módulo



Perfiles perpendiculares a la cumbrera

Herramientas necesarias:



Seguridad:



Reservado el derecho a efectuar modificaciones · Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.





Ficha técnica - Sistema KIT

Para módulos de hasta 1150

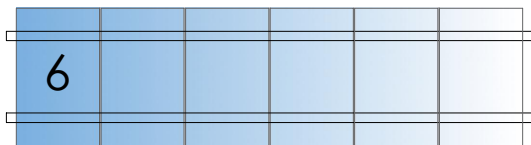
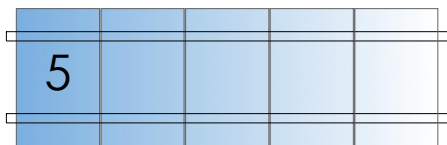
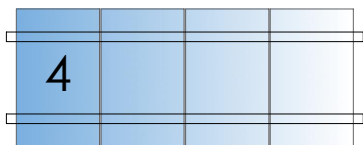
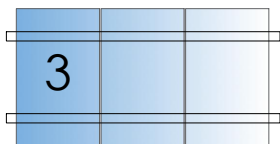
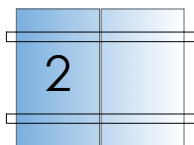
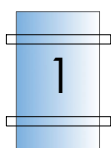


Para módulos de hasta 2279x1150 - Sistema KIT

2279x1150

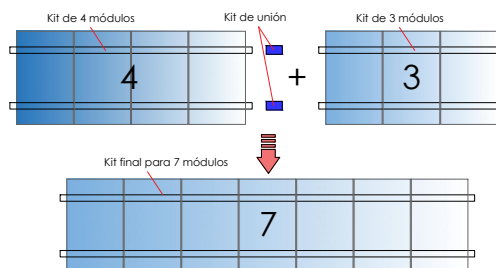


Kits disponibles:

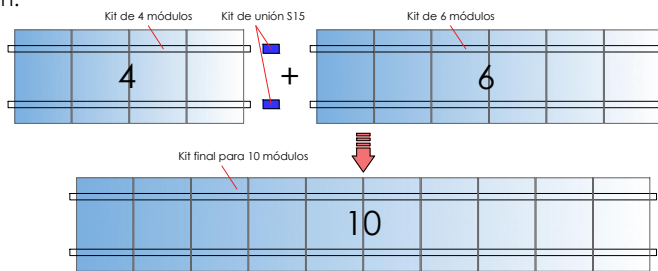


EJEMPLOS DE CONFIGURACIÓN

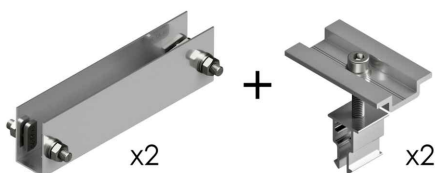
Para realizar una fila de 7 módulos se realizaría con 1 Kit de 4 + 1 Kit de 3 + 1 Kit de unión



Para realizar una fila de 10 módulos se realizaría con 1 kit de 4 + 1 Kit de 6 + 1 Kit de unión.



S15 Kit de unión



* Por dilataciones se recomienda no exceder de más de 20 metros por fila

Reservado el derecho a efectuar modificaciones. Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.

Ficha técnica - Sistema PS

Para módulos de gran formato hasta 1350



Para módulos de hasta **2400x1350** - Sistema PS

2400x1350

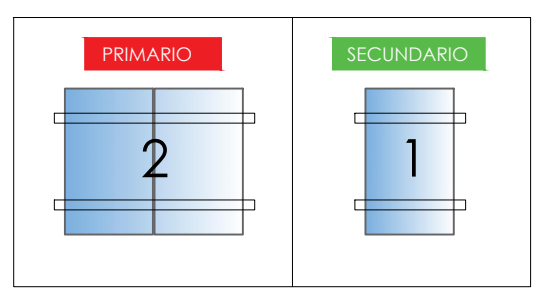
Sistema modular para instalaciones con módulos de gran formato de hasta 2400x1350.

El sistema consta de **1 kit primario** y X número de **kit secundario**

El Kit primario es un Kit para 2 módulos.

El Kit secundario es un producto complementario de 1 módulo para unirse al Kit primario al incorporar el Kit de unión.

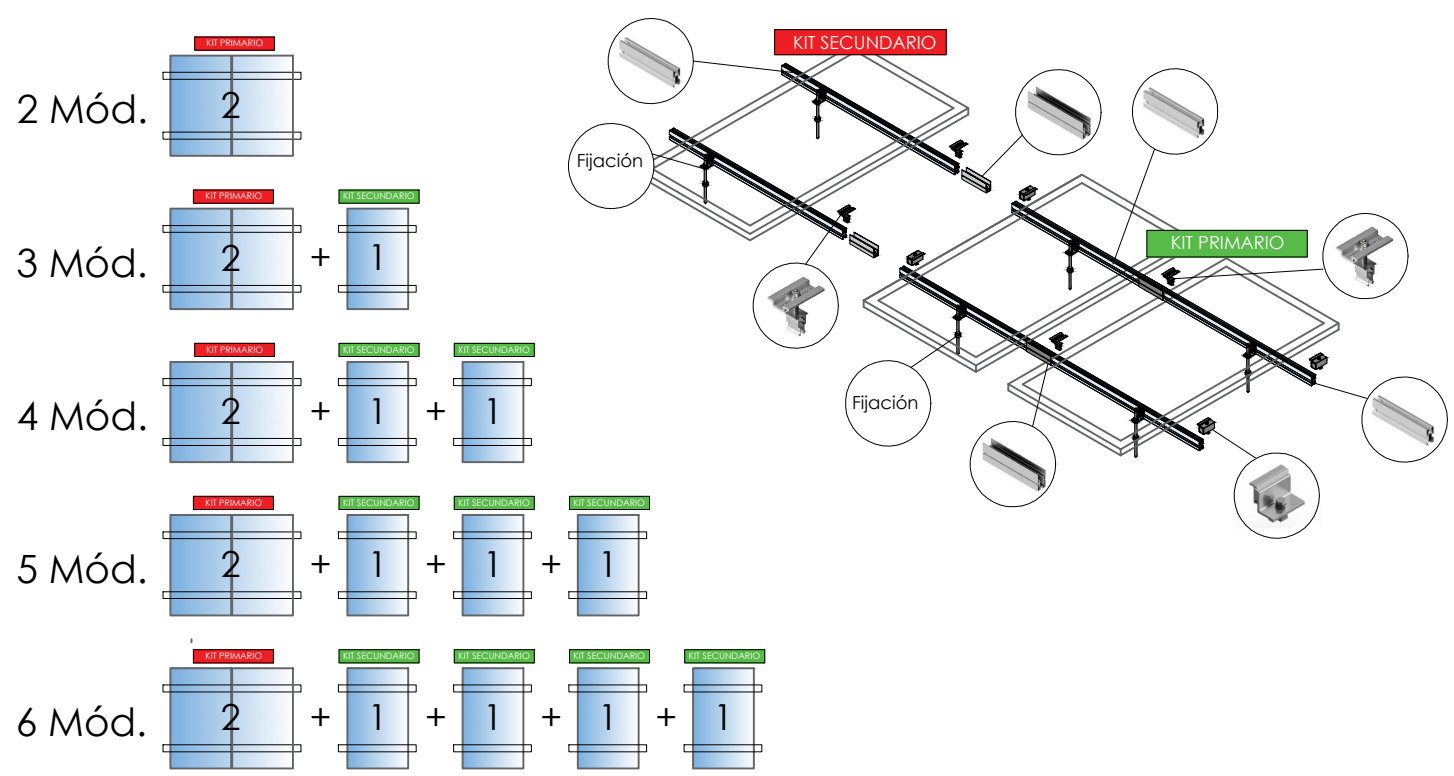
Kits disponibles:



SOPORTES COPLANARES COMPATIBLES CON EL SISTEMA PS



EJEMPLOS DE CONFIGURACIÓN



Reservado el derecho a efectuar modificaciones · Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.

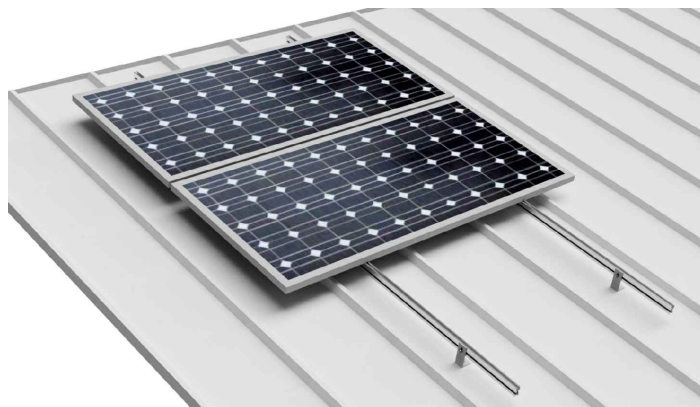


* Por dilataciones se recomienda no exceder de más de 20 metros por fila

Velocidades de viento

Soporte coplanar continuo fijación a correas

03V
Sistema kit



- **Cargas de viento:** Según túnel del viento en modelo computacional CFD
- **Cálculo estructural:** Modelo computacional comprobado mediante EUROCÓDIGO 9 "PROYECTO ESTRUCTURAS DE ALUMINIO"



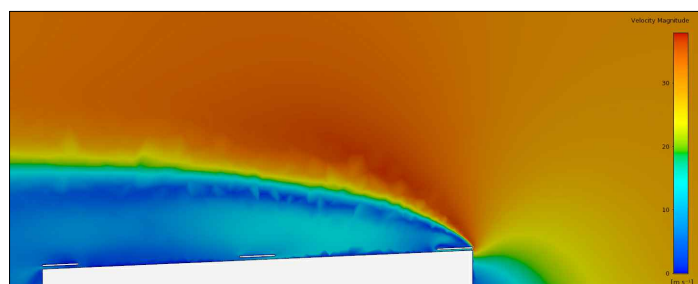
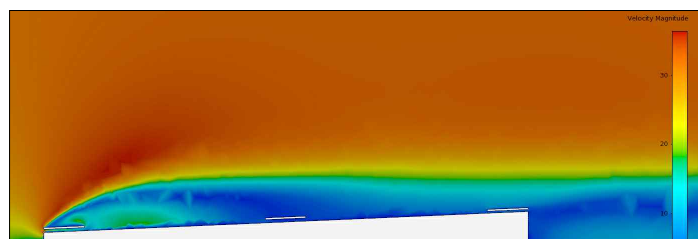
 Cuadro de velocidades máx. admisibles de viento								
Tamaño del módulo 	1	2	3	4	5	6	nº de módulos	Velocidad de viento km/h
2000x1000	150	150	150	150	150	150	150	
2279x1150	150	150	150	150	150	150	150	

Tabla 1 - Velocidades máximas de viento admisibles.

- Para garantizar la resistencia a la velocidad máxima de diseño se deberán utilizar anclajes adecuados.



Flujo viento norte - En estructura coplanar.



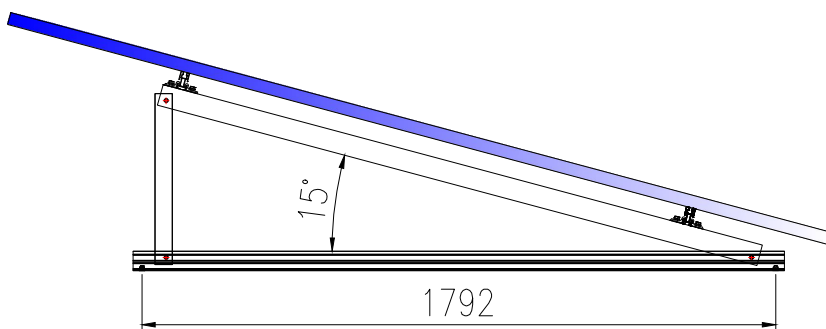
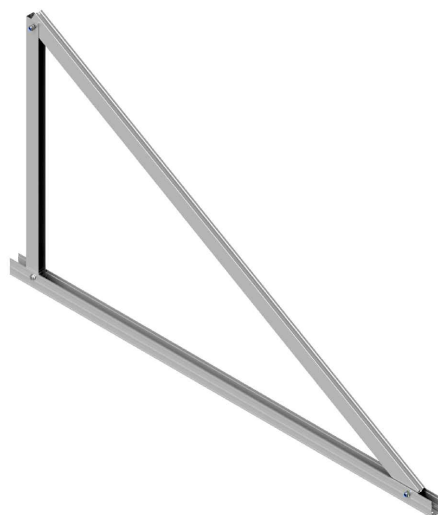
Flujo viento sur - En estructura coplanar.

Para cumplir con las velocidades máximas admisibles de viento especificadas en la tabla 1, se deberán respetar todas las instrucciones indicadas en los planos de montaje.
Se debe comprobar que los puntos de anclaje para los módulos son compatibles con las especificaciones del fabricante.

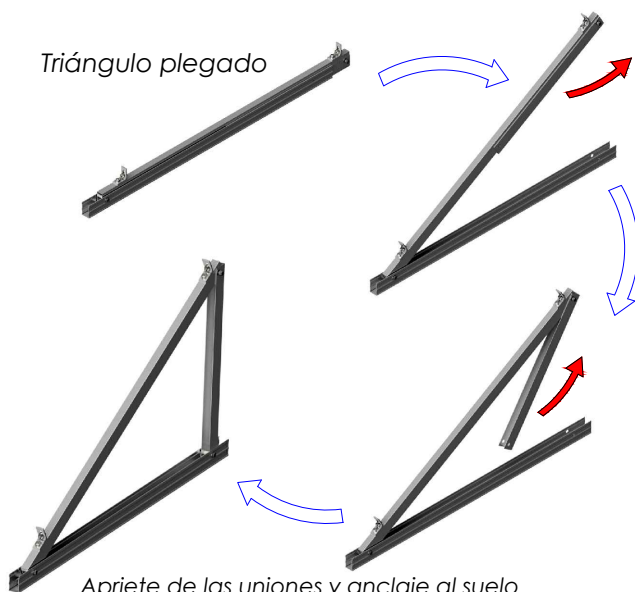
Ficha técnica

Triángulo para soporte 11V

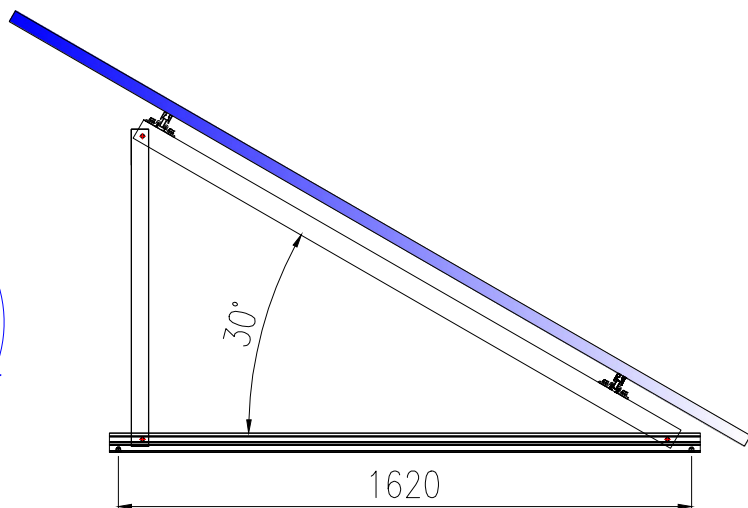
TR11V



Triángulo plegado



Apriete de las uniones y anclaje al suelo mediante tornillo de hasta M10



TR11V

Triángulo para soporte abierto para módulos de hasta 2400mm.

Disposición de módulos en vertical.

Para cubierta chapa metálica o subestructura.

Premontado

Tornillería acero inoxidable A2-70

Perfilería de aluminio EN AW 6005A T6

Incluye fijaciones y tornillería para perfiles y módulos.

2 puntos de anclaje (Máx. M10).

Tornillos de anclaje NO incluidos

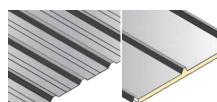
Inclinación estándar 15° y 30°

Par de apriete

Tornillo M8 Hexagonal 20 Nm



Perfil compatible G1



Chapa grecada

Chapa sandwich



Anclaje a correas

Herramientas necesarias:



Seguridad:



100% Reciclable

Marcado
ES19/86524 CE

15. Bibliografia

- [1] (2020, març). SOLIDEZ ESTRUCTURAL | CARGAS PROVOCADAS POR LOS PANELES SOLARES. AUTOCONSUMO Y AUTARQUÍA. Consulta el 10 de març de 2023. <https://autarquiapersonal.com/2021/03/20/solidez-estructural-cargas-provocadas-por-los-panelessolares/#:~:text=Las%20cargas%20introducidas%20por%20el%20peso%20de%20los,%28S%20x%20cos%20%28%CE%B1%29%29%20%E2%89%A1%20%5BkN%20%2F%20m2%5D>
- [2] (2014, maig). Guía técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico. INSST. Consulta el 15 d'abril de 2023. <https://www.insst.es/documents/94886/203536/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+para+la+evaluaci%C3%B3n+y+prevenci%C3%B3n+de+los+riesgos+relacionados+con+la+protecci%C3%B3n+frente+al+riesgo+el%C3%A9ctrico/7455ad76-c68b-498a-b898-cdb8e09baa4f>
- [3] Sánchez Gallizo, J. J. S. G. (2020, 1 abril). ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD. Solari Power. Consulta el 15 de abril de 2023. <https://www.solaripower.es/wp-content/uploads/2020/09/Estudio-basico-Seguridad-y-Salud.docx>
- [4] Cordero, R. G. (2022). Tipos de Placas Solares  SunFields. SunFields  Distribuidor: paneles solares y equipos fotovoltaicos. Consulta el 21 de abril de 2023. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/tipos-de-placas-solares/>
- [5] El clima en Cervelló, el tiempo por mes, temperatura promedio (España) - Weather Spark. (s. f.). Consulta el 2 de març de 2023. <https://es.weatherspark.com/y/45894/Clima-promedio-en-Cervell%C3%B3-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- [6] Solarbex. (2023, 10 abril). Inversor Híbrido 7Kw 48V Voltronic | Solarbex. Consulta el 3 de maig de 2023. <https://solarbex.com/comprar/inversor-hibrido-7kw-48v-voltronic/>
- [7] Instalaciones de Interior. Instalación de Enlace. (s. f.). Consulta el 23 de març de 2023. https://www.tuveras.com/interiores/iinterior_calculos.htm
- [8] <https://www.areatecnologia.com>. (s. f.). Inclinación, Orientación y Sombras en Fotovoltaica. Cálculo de Pérdidas Consulta el 13 de març de 2023.. <https://areatecnologia.com/electricidad/perdidas-fotovoltaica.html>
- [9] Ceen. (2019, 1 agosto). Hora Solar Pico (HSP) - Eficiencia Energética. Eficiencia Energética. Consulta el 13 de març de 2023. <https://certificacionenergetica.info/hora-solar-pico-hsp/>
- [10] Ceen. (2019b, agosto 1). Pérdidas por Sombras - Eficiencia Energética. Eficiencia Energética. Consulta el 13 de març de 2023. <https://certificacionenergetica.info/perdidas-por-sombras>
- [11] Longitud y latitud de los municipios de España. (s. f.). Consulta el 13 de març de 2023. <https://www.businessintelligence.info/varios/longitud-latitud-pueblos-espana.html>
- [12] O. J. (2021). Proyecto de una planta fotovoltaica de 100 kW para autoconsumo. idUS - Depósito de Investigación Universidad de Sevilla. Consulta el 10 d'abril de 2023. <https://idus.us.es/handle/11441/126646>

[13] Solarpedia. (2022, 18 diciembre). *Cómo calcular el consumo real y el rendimiento global de la instalación (PDF gratis)*. Solarpedia. Consulta el 14 de març de 2023. <https://www.solarpedia.info/curso-energia-solar/como-calcular-el-consumo-real-de-una-instalacion-fotovoltaica/>

[14] Club, P. (2023). *Cálculo de líneas para una instalación fotovoltaica de 5 kW para autoconsumo*. Prysmian Club. Consulta el 10 de juny de 2023. <https://www.prysmianclub.es/calculo-de-lineas-para-una-instalacion-fotovoltaica-de-5-kw-para-autoconsumo/>