

**Enginyeria mecànica**

**DISSENY D'UNA ESTRUCTURA PER A MÒDULS FOTOVOLTAICS**

**Memòria**

**Joel Parra Mora**  
**PONENT: Sergio Morales**

**TARDOR/PRIMAVERA 2022/2023**



## **Agraïments**

Voldria agrair a tot el personal docent del TecnoCampus Mataró que ha format part de l'etapa universitària. En especial menció, el meu tutor, en Sergio Morales per tot el suport i consells aportats durant el desenvolupament del projecte.



## **Resum**

Aquest projecte es centra en el disseny d'una estructura per a mòduls fotovoltaics. Davant una proposta innovadora ja comercialitzada per una empresa el nom de la qual és Solarlab, s'estudia una alternativa que pugui millorar les condicions energètiques d'una instal·lació fotovoltaica. Es realitza un disseny d'una estructura basada en sistemes mecànics que permet millorar l'aprofitament de la radiació i com a conseqüència el rendiment de la instal·lació. Mitjançant estudis energètics es determina l'efectivitat del sistema estructural i com a conseqüència es procedeix al desenvolupament del propi disseny. Aquest inclou una explicació del procés de disseny on s'inclouen càlculs estructurals i anàlisis estàtics i dinàmics que permeten conèixer el comportament dels materials que conformen l'estructura i com actua a les situacions adverses que s'exposa.

## **Resumen**

Este proyecto se centra en el diseño de una estructura para módulos fotovoltaicos. Ante una propuesta innovadora ya comercializada por una empresa el nombre de la cual es Solarlab, se estudia una alternativa que pueda mejorar las condiciones energéticas de una instalación fotovoltaica. Se realiza un diseño de una estructura basada en sistemas mecánicos que permite mejorar el aprovechamiento de la radiación y como consecuencia el rendimiento de la instalación. Mediante estudios energéticos se determina la efectividad del sistema estructural y como consecuencia se procede al desarrollo del propio diseño. Este incluye una explicación del proceso de diseño donde se incluyen cálculos estructurales y análisis estáticos y dinámicos que permiten conocer el comportamiento de los materiales que conforman la estructura y como actúa a las situaciones adversas que se expone.

## **Abstract**

This project focuses on the design of a structure for photovoltaic modules. In the face of an innovative proposal already marketed by a company whose name is Solarlab, an alternative is being studied that can improve the energy conditions of a photovoltaic installation. A design of a structure based on mechanical systems is carried out to improve the utilization of radiation and as a result the performance of the installation. By means of energy studies the effectiveness of the structural system is determined and as a consequence the development of the design itself is carried out. This includes an explanation of the design process where

structural calculations and static and dynamic analyses are included that allow to know the behaviour of the materials that make up the structure and how it acts to the adverse situations that are exposed.

# Índex.

Índex de figures .....	VII
Índex de taules.....	XI
Glossari de termes. ....	XIII
1. Introducció .....	15
1.1 Motivació .....	15
1.2 Transferència de la tecnologia del Tecnocampus.....	17
2. Objectius.....	19
3. Abast.....	21
4. Marc teòric .....	23
4.1. Solarlab.....	24
4.2. Instal·lacions fotovoltaïques.....	27
4.3. Mòduls fotovoltaïcs .....	29
4.3.1. Tipus de mòduls fotovoltaïcs.....	30
4.4. Inversors .....	34
4.5. Estructures .....	36
4.5.1. Estructura coplanar.....	37
4.5.2. Estructura Solarbloc .....	38
4.5.3. Estructura coplanar ECO.....	39
4.5.4. Estructura triangular .....	42
4.5.5. Estructures graella .....	43
4.5.6. Estructures autoportants .....	44
4.5.7. Fabricants d'estructures.....	45
4.6. Tipus d'anclatges per a estructures solars .....	46
4.6.1. Anclatge sota teula .....	46
4.6.2. Anclatge amb perforació de teula.....	47
4.7. Material elèctric.....	48
5. Treball a realitzar.....	55
5.1 Punt de partida.....	55
5.2. Anàlisi de viabilitat tècnica de la instal·lació.....	58
5.3. Selecció de components per dur a terme l'estudi .....	67
5.3.1. Mòduls.....	67
5.3.2. Inversor.....	69
6. Metodologia .....	75

7. Disseny estructural .....	79
7.1. Punt de partida.....	79
7.2. Plantejament inicial .....	79
7.2.1. Modalitat sistema mecànic de cremallera.....	80
7.2.2. Modalitat mecanisme de tisora.....	81
7.2.3. Modalitat cargol sense fi .....	83
7.3. Estudi del plantejament inicial .....	86
7.4. Simulacions .....	90
7.4.1. Observacions estudi plantejament inicial .....	96
7.5. Disseny final.....	101
7.5.1. Perfil estructura coplanar SUNFER .....	102
7.5.2. Perfil 40 X 40 L I-Type slot 8 .....	105
7.5.3. Reconstrucció del disseny – Explicació del desenvolupament funcional dels elements més importants del disseny. ....	106
7.5.3. Zona central estructura – Explicació del funcionament de mecanismes .....	114
7.5.4. Element de fixació a façana.....	122
7.5.5. Disseny suport façana.....	123
7.6. Càlcul Accions del Vent.....	127
7.6.1. Perfil estructural 40 x 40 I-Type slot 8.....	134
8. Pressupost.....	135
Capítol I.....	136
Capítol II .....	137
Capítol III .....	138
Resum pressupost .....	138
9. Normativa.....	139
10. Impacte ambiental .....	141
10.1. Petjada de carboni .....	143
11. Perspectiva de gènere .....	149
12. Organització i planificació .....	151
12.1. Organització .....	151
12.2. Planificació.....	151
13. Anàlisi de riscos .....	155
13.1 Diagrames de flux .....	160
13.1.1. Disseny inadequat.....	160
13.1.2. Errors de planificació .....	161

13.1.3. Incompliment de normativa.....	162
13.2. Detall pla de contingència .....	163
13.2.1. Disseny inadequat.....	163
13.2.2. Errors de planificació .....	164
13.2.3. Incompliment de normativa.....	165
14. Conclusions .....	167
14.1. Treball futur.....	168
15. Bibliografia.....	169



## Índex de figures.

Figura 1. Mòduls fotovoltaics adhesius. Font: [1] .....	24
Figura 2. Efecte de la radiació sobre la orientació i inclinació d'una superfície. Font: [2] .....	26
Figura 3. Representació gràfica del pressupost d'una instal·lació fotovoltaica. Font: pròpia .....	28
Figura 4. Circulació d'electrons en un mòdul fotovoltaic. Font: [5].....	30
Figura 5. Tipus de radiacions solars. Font: [6].....	31
Figura 6. Característiques d'un mòdul. Font: pròpia/[4].....	32
Figura 7. Taula comparativa de fabricants de mòduls. Font: pròpia/[7] .....	33
Figura 8. Classificació de fabricants de mòduls. Font: pròpia /[8] .....	34
Figura 9. Característiques principals d'un inversor. Font: pròpia/[4] .....	35
Figura 10. Classificació de fabricants d'inversors. Font: pròpia/[9].....	36
Figura 11. Estructura coplanar SUNFER. Font: [13].....	38
Figura 12. Estructura "Solarbloc" o bloc de formigó. Font: [14] .....	39
Figura 13. Estructura coplanar ECO vertical. Font: [15] .....	41
Figura 14. Estructura coplanar ECO horitzontal. Font: [15].....	41
Figura 15. Estructura Triangular. Font: [16] .....	43
Figura 16. Estructura graella. Font: [17] .....	44
Figura 17. Estructures autoportants. Font: [18].....	45
Figura 18. Suport salva teules. Font: [13] .....	47
Figura 19. Interruptor magnetotèrmic. Font [19] .....	49
Figura 20. Interruptor diferencial. Font: [20] .....	50
Figura 21. Representació de diferents tipus d'inclinació. Font: [11] .....	52
Figura 22. Projecció d'ombra d'un objecte d'alçada 1 metre. Font: pròpia .....	53
Figura 23. Situació inicial estructura solar. Font: pròpia .....	57
Figura 24. Angle d'inclinació mòduls. Font: pròpia.....	58
Figura 25. Radiació Solar Estiu. Font: [21] .....	59
Figura 26. Radiació solar Hivern [21].....	59
Figura 27. Angle d'incidència de la radiació solar sobre una superfície. Font: [22].....	60
Figura 28. Resultats PVSOL. Font: pròpia .....	62
Figura 29. Perpendicularitat entre mòdul i radiació. Font: pròpia .....	64
Figura 30. Taula d'anàlisi de la perpendicularitat. Font: pròpia.....	65
Figura 31. Taula de generacions energètiques anual. Font: pròpia.....	65
Figura 32. Gràfic de màxima generació al llarg de l'any. Font: pròpia .....	66
Figura 33. Característiques dimensionals mòduls (mm). Font: Fitxes tècniques.....	68
Figura 34. Corba de Voltatge-Intensitat mòduls Hyundai. Font: Fitxes tècniques .....	70
Figura 35. Dimensions instal·lació. Font: pròpia.....	71
Figura 36. Característiques elèctriques del mòdul. Font: Fitxes tècniques .....	72
Figura 37. Problemes de simulació. Font: PVSOL .....	73
Figura 38. Metodologia a seguir per el desenvolupament del disseny estructural. Font: pròpia .....	77
Figura 39. Mecanisme de cremallera. Font: [23] .....	80
Figura 40. Gir d'engranatges amb eixos perpendiculars. Font: pròpia.....	82
Figura 41. Disseny inicial estructura, vista 3D. Font: pròpia.....	84

Figura 42. Disseny inicial estructura, vista perfil. Font: pròpia/SolidWorks.....	84
Figura 43. Disseny inicial estructura, vista en planta. Font: pròpia/SolidWorks.....	85
Figura 44. Disseny inicial estructura, vista ampliada. Font: pròpia/SolidWorks.....	85
Figura 45. Tensió Von Mises inclinació 5°. Font: pròpia .....	90
Figura 46. Deformació inclinació 5°. Font: pròpia.....	91
Figura 47. Tensió Von Mises Eix rotació. Font: pròpia.....	91
Figura 48. Tensió Von Mises Cargol sense fi. Font: pròpia .....	92
Figura 49. Tensió Von Mises inclinació 25°. Font: pròpia .....	92
Figura 50. Deformació inclinació 25°. Font: pròpia.....	93
Figura 51. Tensió Von Mises Eix rotació. Font: pròpia.....	93
Figura 52. Tensió Von Mises cargol sense fi. Font: pròpia .....	94
Figura 53. Tensió Von Mises inclinació 60°.Font: pròpia .....	94
Figura 54. Deformació inclinació 60°. Font: pròpia.....	95
Figura 55. Tensió Von Mises Eix. Font: pròpia.....	95
Figura 56. Tensió Von Mises Cargol sense fi. Font: pròpia .....	96
Figura 57. Perfil estructural coplanar. Font: pròpia .....	103
Figura 58. Biga estructural. Font: pròpia .....	104
Figura 59. Perfil estructural reforçat. Font: pròpia.....	106
Figura 60. Vista inferior de l'estructura. Font: pròpia .....	108
Figura 61. Vista 3D de l'estructura. Font: pròpia .....	108
Figura 62. Sistema de fixació dels perfils estructurals. Font: pròpia .....	109
Figura 63. Element d'unió entre cargol DIN EN 24018 M6X12 i peça de fixació. Font: pròpia .....	109
Figura 64. Suports de fixació a balcó/façana. Font: pròpia.....	110
Figura 65. Sistema d'unió entre perfils i suports. Font: pròpia .....	111
Figura 66. Element d'unió entre perfils i suports. Font: pròpia.....	112
Figura 67. Rodament SKF_W 6201-2Z. Font: pròpia .....	113
Figura 68. "Circlip"DIN471-10X1. Font: pròpia .....	114
Figura 69. Eix suport de fixació a façana. Font: pròpia .....	114
Figura 70. Extrem secundari cargol sense fi. Font: pròpia.....	115
Figura 71. Extrem cargol sense fi unit al suport de fixació. Font: pròpia .....	116
Figura 72. Peça d'injecció d'alumini doble central. Font: pròpia .....	116
Figura 73. Manovella d'accionament. Font: pròpia.....	117
Figura 74. Imatges eix manovella i part del sistema mecànic. Font: pròpia .....	118
Figura 75. Interior caixa reductora. Font: pròpia .....	120
Figura 76. Unió entre perfil estructural i peça mecanitzada del cargol sense fi. Font: pròpia.....	121
Figura 77. Punts de fixació a façana. Font: pròpia.....	122
Figura 78. Suport de fixació façana. Font: pròpia.....	124
Figura 79. Anàlisi de tensions i deformacions inicial. Font: pròpia .....	124
Figura 80. Re-disseny amb radi de 25 mm. Font: pròpia.....	125
Figura 81. Anàlisi de tensions i deformacions, segona iteració. Font: pròpia .....	126
Figura 82. Peça mecanitzada millorada mitjançant esquadra estructural. Font: pròpia.....	127
Figura 83. Valors coeficient d'exposició. Font: [24].....	128
Figura 84. Coeficients de pressió exterior sobre marquesina. Font: [24] .....	129
Figura 85. Coeficients de seguretat de les accions. Font: [26].....	130

Figura 86. Parts on afecten principalment les accions permanents i variables. Font: pròpia.	132
Figura 87. Anàlisi de forces. Font; pròpia.....	133
Figura 88. Simulacions de tensions i deformacions del perfil vulnerable. Font: pròpia.....	134
Figura 89.Gràfic de consum previ a una instal·lació fotovoltaica. Font: pròpia.....	144
Figura 90.Gràfic de consum i autonconsum posterior a una Instal·lació fotovoltaica. Font: pròpia.....	145
Figura 91. Diagrama de flux Disseny inadequat. Font: pròpia .....	160
Figura 92. Diagrama de flux errors de planificació. Font: pròpia.....	161
Figura 93. Diagrama de flux incompliment de normativa. Font: pròpia.....	162



## Índex de taules.

Taula 1. Propietats acer inoxidable 316. Font: pròpia.....	88
Taula 2. Equació pressió estàtica vent. Font:[24] .....	128
Taula 3. Valors pressió dinàmica. Font: [24] .....	128
Taula 4. Càrregues de vent a compressió i succió. Font: pròpia.....	130
Taula 5. Taula de conversió de N/m <sup>2</sup> a N. Font: pròpia .....	131
Taula 6. Capítol I pressupost. Font: pròpia .....	136
Taula 7. Capítol II pressupost. Font: pròpia.....	137
Taula 8. Capítol III pressupost. Font: pròpia .....	138
Taula 9. Resum pressupost. Font: pròpia .....	138
Taula 10. Resum d'autoconsum solar. Font: pròpia .....	146
Taula 11. Planificació del projecte. Font: pròpia .....	153
Taula 12. Dades de Gravetat. Font: pròpia.....	157
Taula 13. Dades d'ocurrència. Font: pròpia.....	157
Taula 14. Dades de detecció. Font: pròpia .....	158
Taula 15. Taula resum quantitativa de la importància dels riscos. Font: pròpia.....	158
Taula 16. Taula de rellevància de riscos. Font: pròpia.....	158
Taula 17. Pla de contingència disseny inadequat. Font: pròpia .....	163
Taula 18. Pla de contingència errors de planificació. Font: pròpia.....	164
Taula 19. Pla de contingència incompliment de normativa. Font: pròpia.....	165



## Glossari de termes.

CO <sub>2</sub>	Diòxid de Carboni
W	Unitat de potència del Sistema Internacional
V	Unitat de tensió elèctrica, potencial elèctric i força Electromotriu del Sistema Internacional
UNE	Organismo de Normalización de España
KV	Unitat de mesura equivalent a 1000 volts.
CA/CC	Corrent Altern/Corrent continu
Kg	Unitat de massa del Sistema Internacional
m	Unitat de longitud del Sistema Internacional
m <sup>2</sup>	Unitat de mesura de la superfície
KWh/any	Projecte Final de Carrera
Cm/mm	Unitats de mesura ( centímetre/mil·límetre)
N/m <sup>2</sup>	Unitat de mesura de la pressió equivalent al Pascal
Kg/m <sup>3</sup>	Unitat de mesura de la densitat de massa
FDS	Factor de seguretat
$\sigma$	Tensió Von Mises
M “número”	Mètrica del cargol
DIN	“Deutsches Institut für Normung”, Instituto Alemán de Normalización
SKF	Fabricant de rodaments
m/s <sup>2</sup>	Unitat de mesura de l’acceleració
P <sub>x</sub> /P <sub>y</sub>	Components vectorials del pes
RD	Real Decreto
CTE	Código técnico de Edificación



# 1. Introducció

En aquest capítol s'introdueixen diferents apartats relacionats amb el contingut del projecte. S'esmenten els diferents conceptes que inciten a la redacció d'aquest així com la seva contextualització. Tot seguit, es presenten els objectius que es pretenen assolir en funció de la proposta plantejada així com la solució d'aquesta. Finalment, per tancar el capítol, es redacta l'abast del projecte, on s'indica el treball a realitzar per tal d'assolir els requisits especificats mantenint sempre els marges establerts.

## 1.1 Motivació

Les instal·lacions fotovoltaïques representen un dels desenvolupaments més representatius de les energies renovables que existeixen avui en dia. Contínuament es presenten millores relacionades amb el desenvolupament de noves tecnologies aplicades als components que les conformen. És a dir, les instal·lacions fotovoltaïques estan formades per diversos components i per tant cadascun d'ells realitza una funció determinada. Però cada un, individualment és acompanyat per una competència plena de productes amb característiques pràcticament iguals però on cada fabricant que representa la competència, incorpora una millora o una característica que destaca en el mercat.

L'evolució exponencial de la tecnologia sobretot per part dels països asiàtics i nord-americans, exigeix als competidors europeus la constant millora dels seus productes i la implantació de nous dissenys o components que permeti integrar-los en la competència. Un dels components principals de les instal·lacions fotovoltaïques són les estructures, que representen la columna vertebral de les instal·lacions ja que permeten la seva subjecció i orientació, dos dels paràmetres que potencien el rendiment d'una instal·lació. Actualment els sistemes estructurals que s'utilitzen són convencionals, és a dir, estan pensats per la instal·lació sobre cobertes inclinades o cobertes planes. Però en certes situacions, les condicions resulten ser complexes i per tant dificulten la instal·lació degut a factors que debiliten la generació energètica per part dels mòduls.

## **Solarlab**

Solarlab, és una empresa Alemanya que s'incorpora al mercat mitjançant una innovació tecnològica en la instal·lació de mòduls fotovoltaics en un context en particular i unes característiques determinades. Utilitzen mòduls flexibles que s'adhereixen als balcons dels habitatges mitjançant un sistema d'adhesió, evitant per tant, l'ús d'estructura metàl·lica. Un dels principals inconvenients que presenta es la verticalitat que presenta la inclinació dels mòduls un cop queden adherits al balcó ja que es troben paral·lels a la verticalitat de la façana afectant directament a la generació energètica de la instal·lació i per tant, aquest és un dels factors que debiliten el potencial d'aquesta nova proposta.

La principal motivació d'aquest projecte és el plantejament d'una proposta de disseny davant les desavantatges que presenta aquest nou sistema d'instal·lació comercialitzat per Solarlab. Es pretén dissenyar un sistema de subjecció mitjançant una estructura determinada, on es permeti variar la inclinació del conjunt de mòduls en funció del moviment del sol. Es pretén buscar una alternativa a la principal desavantatge d'aquest sistema però sense la necessitat d'obtenir un resultat competitiu. Evidentment, Solarlab presenta un sistema totalment econòmic en comparació a una instal·lació convencional on principalment intervé el cost de l'estructura i la mà d'obra que requereix la instal·lació. Aquesta empresa presenta un recurs per aquelles persones que requereixin d'una ajuda energètica per generar un autoconsum suficient que cobreixi les necessitats energètiques principals d'un habitatge. Aquesta innovació aporta un gran avenç en el sector d'energies renovables en concret les instal·lacions fotovoltaïques ja que aporta una solució per a situacions complexes i garanteix al client d'una instal·lació totalment monòtona i sense un cost extra.

Tot i així, mitjançant la descripció d'aquest projecte s'intenta donar versatilitat a una proposta ja plantejada i mostra una alternativa tècnica en funció de certes incoherències que pot mostrar la solució de Solarlab.

## 1.2 Transferència de la tecnologia del Tecnocampus

En aquest apartat del capítol 1, s'esmenten les diferents assignatures que s'han desenvolupat durant l'etapa universitària i que han estat protagonistes per el correcte desenvolupament del projecte. Cal mencionar que l'autor d'aquest document, gràcies a la gran oportunitat que ofereix la universitat del Tecnocampus, ha tingut la oportunitat d'iniciar-se com a enginyer en pràctiques en una empresa d'instal·lacions fotovoltaïques. Aquesta possibilitat esdevé per la relació que estableix la universitat amb certes empreses del sector mitjançant la borsa de talent i que per tant introdueixen al estudiant al món laboral durant l'etapa universitària, per a que posteriorment, quan finalitzi els estudis, pugui integrar-se amb més facilitat en el sector per una prèvia experiència.

Tot i ser una relació indirecte amb els coneixements obtinguts durant l'etapa universitària, la possibilitat de treballar amb aquesta empresa obre les portes a un nou sector de l'enginyeria poc treballat durant el grau. Tot i que les enginyeries comparteixen coneixements durant gran part del grau, l'especialitat de mecànica, com és lògic, es centra en l'estudi del comportament de la mecànica industrial. El fet d'iniciar els estudis en el sector de la fotovoltaïca, introdueix a l'enginyer en un sector de les energies renovables i per tant una branca bastant allunyada de la mecànica. Tot i això, un dels principals motius que desperten la curiositat per el disseny del sistema de subjecció per a instal·lacions fotovoltaïques, és el concepte principal que defineix l'etapa com a estudiant d'enginyeria mecànica i el període treballat en el sector de les instal·lacions fotovoltaïques.

Un cop tractat la principal relació indirecte entre els coneixements obtinguts al Tecnocampus i la idea de projecte, és important conèixer les relacions més directes entre les assignatures cursades durant l'etapa universitària i que per tant representen el conjunt de coneixements que representen la part pràctica i teòrica del projecte. S'introdueixen les assignatures per ordre cronològic i s'esmenten els factors més imprescindibles que han determinat l'aplicació dels coneixements durant el desenvolupament del projecte.

Primerament cal esmentar l'assignatura d'expressió gràfica que es realitza als inicis del grau, on s'introdueixen els coneixements principals relacionats amb el programa de disseny en tres dimensions, SolidWorks. Un software de disseny mecànic, que permet la creació de models sòlids en 3D així com el càlcul analític del comportament d'aquests.

Les assignatures relacionades específicament amb el comportament de les màquines, com màquines i mecanismes i disseny de màquines, són essencials per el desenvolupament de l'estructura i el seu correcte funcionament. Aporten coneixements relacionats amb el càlcul analític del funcionament que desenvolupa el sistema estructural a dissenyar i permeten conèixer els mecanismes d'unió que incorpora l'estructura. A més a més, a través del càlcul analític, permeten comprovar simulacions o anàlisis dinàmics que s'hagin generat amb diferents softwares de càlcul o disseny. En aquest cas, el disseny de l'estructura mitjançant el Solidworks, es contrasta mitjançant criteris tècnics desenvolupats en aquestes ambdues assignatures.

Paral·lelament, l'assignatura d'enginyeria de materials dona a l'estudiant un conjunt de coneixements que permeten conèixer el comportament dels materials i les seves característiques. Per poder optimitzar correctament l'estructura, es necessita conèixer el comportament dels materials a diferents esforços així com les seves característiques.

L'assignatura de Sostenibilitat reuneix un conjunt de coneixements que permeten a l'autor el correcte desenvolupament d'un capítol sobre l'anàlisi del impacte mediambiental que suposa la fabricació de l'estructura.

Finalment les assignatures de Gestió de Projectes I i Gestió de projectes II ensenyen un conjunt de coneixements que permeten a l'estudiant aprendre diferents mètodes per la correcte realització d'un projecte, amb tots els continguts necessaris perquè reuneixi un conjunt de condicions i conceptes que permetin anomenar-lo projecte.

## 2. Objectius.

L'objecte d'aquest projecte és el disseny d'un nou sistema de subjecció per a mòduls fotovoltaics amb la finalitat d'obtenir una nova proposta que doni solució a situacions complexes avui en dia.

Es realitza un disseny seguint un model d'estructura per a una situació determinada amb unes característiques concretes. Es pretén mostrar una alternativa per instal·lacions reduïdes, és a dir, que proporcionin poca generació energètica. És una proposta per a habitatges que presenten unes condicions desfavorables per a la instal·lació de mòduls convencional i que per tant es mostra una possible solució per aquest tipus de situacions.

La idea de projecte prové d'una innovació fotovoltaica presentada al mercat i en actual ús. A partir d'aquesta innovació, s'analitzen alguns inconvenients tècnics i es pretén dissenyar una nova proposta que opti per solucionar-los. L'objectiu d'aquest projecte no és millorar quelcom existent, sinó realitzar una estudi amb una nova alternativa però amb el mateix propòsit.

Són estructures que aniran ubicades a balcons d'edificis i que permetran la subjecció limitada d'un nombre de panells. Es realitza un disseny d'una estructura amb mobilitat vertical per poder satisfer certs objectius tècnics i/o energètics.

En l'àmbit tècnic es realitzaran anàlisis dels diferents conceptes que engloben el nou sistema de subjecció i quin és el seu comportament davant les situacions que presenta la pròpia naturalesa dels materials.

Es realitza una proposta per un habitatge en concret ubicat al Maresme. Els estudis que es realitzen son per determinar la viabilitat del producte en un cas determinat amb unes condicions determinades, per tant, s'abstenen de qualsevol proposta que contempli un model estàndard.

Aquests objectius esmentats anteriorment resulten ser molt genèrics, però tracten de contemplar el concepte principal del projecte, és a dir, la proposta de disseny d'un nou sistema de subjecció, amb unes característiques i un comportament específic, sempre i quan acompanyi el concepte del qual s'ha extret la idea de projecte. Per tant, a continuació es llisten el conjunt d'objectius principals que determinen la finalitat del projecte:

- Disseny d'un sistema de subjecció per a instal·lacions fotovoltaïques per a balcons d'obra.
- Proposar un nou sistema de subjecció amb noves alternatives tècniques.
- Millorar el rendiment energètic de la instal·lació.
- Analitzar i comprovar mitjançant softwares i càlcul analític que la perpendicularitat entre els mòduls i la radiació augmenta la generació.
- Integrar un sistema lineal i rotatori que permeti el moviment de l'estructura.
- Optimitzar l'estructura mitjançant simulacions

### 3. Abast

En aquest projecte, com s'ha comentat en l'apartat anterior, es pretén dissenyar una estructura per panells fotovoltaics que mitjançant la rotació en l'eix horitzontal o més ben dit, variant la inclinació, es proporcioni una millora energètica respecte una posició completament fixe . A més, en alguns casos, la instal·lació convencional de mòduls fotovoltaics no es possible ja que es presenten situacions que ho impossibiliten, per tant, com a conseqüència es pretén donar una solució a aquestes situacions adverses.

Abans d'iniciar qualsevol plantejament de disseny, es realitzarà un estudi mitjançant softwares de càlcul analític i gràfics que permeten determinar la viabilitat tècnica del projecte. Aquests càlculs permeten analitzar el comportament dels mòduls i com varia la generació energètica en funció de la variació en la inclinació. Un cop s'hagin extret resultats satisfactoris, on es determini una millora de producció energètica, es procedirà a plantejar el disseny de l'estructura.

L'estructura a dissenyar serà totalment accionada per sistemes mecànics, és a dir, tot desplaçament que s'observi provindrà d'una força humana a través des mecanismes que connectin l'accionament d'una persona amb l'estructura. Aquest projecte s'absté totalment a qualsevol tipus de funcionament que sigui accionat per algun dispositiu electrònic. El projecte inclou estudis de simulació i anàlisi estructural que permeten garantir un correcte funcionament del disseny.

Per realitzar un correcte estudi del impacte ambiental, es realitza un anàlisi energètic aproximat que permet comparar el consum d'electricitat de la xarxa d'un habitatge abans i després de la proposta de disseny plantejada on es visualitza la reducció de la petjada de CO<sub>2</sub>.

El projecte prioritza l'estudi de l'estructura així com el seu funcionament, per tant, no es contempla en cap moment una explicació i/o estudi dels elements que formen part de la distribució elèctrica d'una instal·lació fotovoltaica. Únicament es tenen en compte els elements essencials per realitzar els estudis energètics i s'explica en tot moment el motiu d'elecció d'aquests.

Tècnicament, en aquest projecte no es duran a terme estudis estàtics o dinàmics específics dels engranatges, rodaments, perfils, o altres components que conformen l'estructura, ja que aquests elements ja han estat estudiats exhaustivament pels fabricants d'aquests. El desenvolupament del projecte es centrarà en utilitzar i aplicar correctament aquests components dins del context del disseny, seguint les recomanacions i especificacions proporcionades pels fabricants. Això garanteix un ús adequat dels components i aprofita el coneixement i l'experiència pels fabricants en els seus respectius productes. Per tant, en relació als estudis realitzats, es prioritzen les parts més crítiques de l'estructura que es veuen afectades per el pes del conjunt i les accions d'agents externs.

## 4. Marc teòric

Les instal·lacions fotovoltaïques són sistemes tecnològics considerats fonts d'energia renovable, que permeten la producció d'energia mitjançant la captació de la radiació solar. Aquest fenomen es produeix degut a la presència de mòduls fotovoltaïcs, que són els elements principals encarregats de transformar l'energia lumínica i tèrmica que desprèn el sol en energia elèctrica.

Els panells solars desenvolupen la seva funció principal degut a molts factors, essent un d'ells els materials que els componen, que permeten la conductivitat dels electrons per el seu interior. Però una de les funcions secundàries que permet una integració òptima dels mòduls sobre qualsevol superfície disponible per a qualsevol instal·lació fotovoltaïca són els suports o estructures de fixació dels panells. Les estructures solars permeten la subjecció dels mòduls sobre qualsevol coberta i possibiliten l'adaptació d'aquests a qualsevol canvi d'orientació o inclinació per tal de generar la màxima energia possible garantint el millor rendiment de la instal·lació.

Els mòduls fotovoltaïcs són uns dispositius que depenen principalment de la radiació solar. La posició del Sol o més ben dit l'angle d'incidència dels rajos solars sobre la superfície de la terra no és el mateix en cap territori mundial. A Espanya, l'angle d'incidència dels mòduls es bastant perpendicular en comparació amb els països que s'ubiquen al nord d'Europa. Per tant els grans països europeus predominants en instal·lacions fotovoltaïques com Alemanya, França, Països Baixos, Regne Unit, requereixen d'estructures que permetin inclinar els mòduls de certa manera per aconseguir que els rajos incideixen perpendicularment i per tant s'aconsegueixi el màxim rendiment de la instal·lació. Això significa, que Espanya tot i no predominar en instal·lacions fotovoltaïques, presenta unes condicions que permeten tenir un marge d'inclinació més gran i alhora generar una producció energètica equivalent a les que presenten els països Europeus.

Les estructures dels mòduls permeten donar efectivitat a la producció de la instal·lació ja que proporcionen una sèrie de condicions al mòdul. Qualsevol instal·lació fotovoltaïca necessita certes condicions d'anclatge, rigidesa i durabilitat ja que són dispositius que estan exposats a qualsevol fenomen climatològic que pugui afectar a qualsevol part externa de l'habitatge sent la coberta la zona més exposada.

## 4.1. Solarlab

Solarlab és una empresa Alemanya fundada per Christophe Grandjean i Nico Granzow que proposa una nova idea de negoci, una alternativa per maximitzar l'ús d'energies renovables i evitar l'excés d'energia elèctrica provinent de la xarxa. Aquesta idea de negoci fomenta l'ús d'una tecnologia equivalent a les instal·lacions fotovoltaïques a través de la comercialització d'equips portàtils de panells solars connectats a una presa de corrent, que s'adhereixen als balcons dels propietaris mitjançant sistemes d'adherència relativament senzills.

Les energies renovables estan evolucionant constantment al llarg dels anys. El sector de les instal·lacions fotovoltaïques, concretament els fabricants que es dediquen a la creació de mòduls fotovoltaïcs amb diferents característiques, centren la seva industrialització en mòduls rígids monocristal·lins o policristal·lins, però altres empreses obren una nova via al mercat mitjançant la comercialització de mòduls flexibles. Aquests mòduls es caracteritzen principalment per l'adaptació que tenen a qualsevol superfície, principalment superfícies complexes on els mòduls rígids són inviabilitats.



Figura 1. Mòduls fotovoltaïcs adhesius. Font: [1]

El rendiment màxim d'una instal·lació s'obté en el punt més òptim d'incidència de la radiació solar sobre els mòduls, per tant, tant en el sector domèstic com industrial, les instal·lacions fotovoltaïques s'ubiquen en els punts més alts de les edificacions per garantir un correcte funcionament del mòdul i que rebin correctament la radiació. En alguns casos, sobretot en el

sector domèstic, es presenten situacions complexes. En els habitatges particulars no acostumen a haver-hi condicions desfavorables en termes de disponibilitat de coberta ja que l'espai disponible sobre coberta és particular i per tant evadint qualsevol fenomen advers, no acostumen a presentar condicions d'incompatibilitat. En canvi, els habitatges comunitaris, on resideix una comunitat de veïns, quan la coberta és compartida, en certes situacions es presenten discrepàncies que determinen amb una resposta poc convincent. La coberta d'un edifici comunitari és compartida per tots els propietaris que la conformen i per tant cada un d'ells disposa d'una part. En molts casos aquesta secció de la coberta no és suficient per cobrir amb les condicions energètiques del propietari.

La proposta que presenta Solarlab mostra una solució alternativa per aquells propietaris amb condicions desfavorables que volen produir electricitat domèstica de forma ecològica. Es tracta d'un sistema dissenyat per instal·lar-se sense l'ajuda de tècnics especialistes ja que el procés de muntatge es basa únicament en l'adhesió dels panells sobre el balcó, la connexió dels microinversors i seguidament la connexió del sistema complet a una presa de terra o endoll.

La innovació tecnològica de Solarlab és innegable i dona solució a un sector de la societat el qual les cobertes dels seus habitatges presenten diferents condicions que no permeten una instal·lació fotovoltaica convencional o altres situacions desconegudes. De totes maneres, l'anàlisi detallat d'aquesta proposta mostra algunes desavantatges que perjudiquen directament en el rendiment de la instal·lació. [1]

### **Efectes de la radiació solar a la Península Ibèrica**

La Terra realitza un òrbita el·líptica al voltant del sol per recórrer un cicle de 365 dies i una volta sobre si mateixa per transcórrer un dia. L'eix de rotació de la terra no es completament vertical, sinó que es troba desplaçat  $23^\circ$  respecte el de translació. Aquest fenomen implica una variació de la temperatura segons en quin estat de rotació i translació es troba la terra. Per tant, tenint en compte la rotació el·líptica i el desplaçament dels eixos, la radiació és variable al llarg de l'any. La variació de la intensitat amb la que es propaga la radiació, depèn principalment de l'angle d'incidència dels rajos solar sobre la terra.

Per tant, la posició dels mòduls en relació a l'angle d'incidència dels rajos solars és molt important. Qualsevol superfície que es trobi en posició perpendicular als rajos solars rep una radiació sempre major a que si aquesta mateixa superfície es troba en qualsevol altre posició.

A continuació es mostren dos imatges que indiquen la irradiació que rep un panell solar al llarg de l'any segons la seva orientació o desviació respecte el Sud (azimut) i la inclinació respecte l'horitzontal.

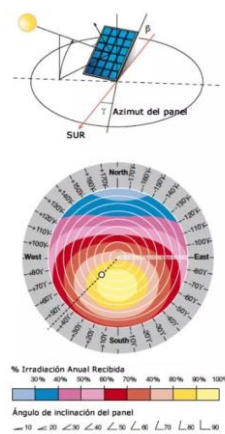


Figura 2. Efecte de la radiació sobre la orientació i inclinació d'una superfície. Font: [2]

La imatge anterior mostra l'efecte que té la radiació sobre qualsevol superfície en funció de la seva orientació i inclinació. Es mostra una circumferència graduada amb els diferents angles que la conformen, on s'indica principalment l'orientació que té una superfície respecte el Sud ( $0^\circ$ ). Per exemple, en el cas anterior es visualitza una línia discontinua que es desvia  $45^\circ$  aproximadament respecte el Sud en direcció a l'oest. El mapa tèrmic de l'interior de la circumferència, simbolitza la quantitat d'irradiació que rep una superfície al llarg de l'any. S'observa que el mapa tèrmic presenta unes circumferències concèntriques que representen els graus d'inclinació d'una superfície,  $0^\circ$  el punt central de totes les circumferències i  $90^\circ$  la circumferència més gran. Per tant, el punt de màxima irradiació quan la superfície es troba orientada  $45^\circ$  a l'oest, és quan la superfície es troba inclinada  $30^\circ$ . [2]

Aquest exemple s'explica per contrastar amb la informació esmentada anteriorment la innovació tecnològica de Solarlab. La idea que plantegen és resolutiva però presenta inconvenients en relació al rendiment de la instal·lació. Aquesta alternativa que presenta l'empresa Alemanya deriva de situacions complexes on els propietaris dels domicilis no opten

per la instal·lació de mòduls fotovoltaics sobre les cobertes dels seus habitatges, i que per tant, acaben essent instal·lades al balcó. El fet d'instal·lar els panells al balcó mitjançant un

sistema d'adhesió, és molt resolutiu ja que evita l'ús d'una estructura per a la seva subjecció. Tot i així, el fet d'adherir-los al balcó implica que els mòduls estan inclinats a 90° respecte la línia horitzontal del terra. Aquest fenomen implica directament una pèrdua del rendiment d'un 30% aproximadament. Per tant un dels principals objectius del projecte es proposar una solució que alterni el moviment dels mòduls en funció d'obtenir la generació energètica òptima.

## 4.2. Instal·lacions fotovoltaïques.

L'energia solar fotovoltaica consisteix en la captació de la radiació solar amb l'objectiu de transformar-la en electricitat mitjançant un dispositiu electrònic anomenat cèl·lula solar, produint així 'l'efecte fotovoltaic'. L'electricitat que es produeix, pot ser aprofitada de diverses maneres, donant lloc al conjunt d'aplicacions que actualment existeixen per a instal·lacions fotovoltaïques. L'aplicació a la qual es destina l'electricitat generada per una instal·lació fotovoltaica és l'autoconsum energètic, és a dir, utilitzar aquesta energia generada per al consum personal i que incideix directament a un estalvi energètic i econòmic. Principalment, els dos protagonistes d'aquest sistema són els panells fotovoltaics i l'inversor solar, perquè l'un sense l'altre no poden compatibilitzar el sistema d'aprofitament d'energia, ja que els panells treballen amb corrent continu i la xarxa elèctrica de l'habitatge amb corrent altern. [3]

Seguidament, es farà una breu representació gràfica dels diferents components esmentats en la **taula 1**, on s'engloben tots aquests components i com és la seva distribució seguint criteris econòmics.

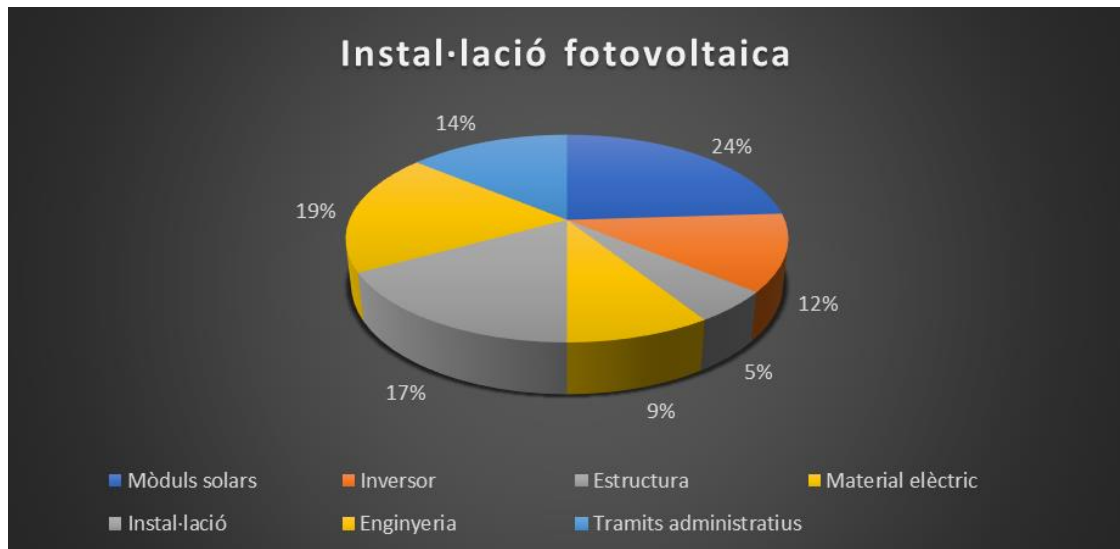


Figura 3. Representació gràfica del pressupost d'una instal·lació fotovoltaica. Font: pròpia

**La figura 3** mostra quin és el percentatge econòmic dels diferents factors que engloben el cost d'una instal·lació fotovoltaica. A continuació, s'especifiquen els conceptes principals que intervenen en cada factor. La següent informació fa referència a un pressupost d'una instal·lació domèstica.

- **Mòduls fotovoltaics:** En funció de cada empresa, el client té a disposició una sèrie de panells en estoc on depenent de les seves necessitats i possibilitats optarà per un model de panell o un altre.
- **Inversor:** per tant, anirà adaptat a la potència que generi la instal·lació i, doncs, anirà en funció de la potència nominal de la instal·lació.
- **Estructura:** L'estructura serà en funció del tipus de coberta que mostri la instal·lació. Normalment, acostumen a ser coplanars (paral·lels a coberta) o un altre tipus d'estructura que permet ubicar els mòduls amb certa inclinació sobre una coberta plana.

- **Material elèctric:** Tot el que engloba el quadre general de protecció (magneto tèrmics, sobre tensions i diferencial), conjuntament amb el cablejat de corrent continu per als mòduls, el cablejat de AC (tram que ve després de l'inversor).
- **Instal·lació:** Inclou tot el muntatge de la instal·lació, des de la part mecànica de muntatge d'estructura fins a connexionat elèctric, mesures de seguretat, mitjans auxiliars i posada en servei.
- **Enginyeria:** Tot el que engloba la part d'estudi tècnic i gràfic de la instal·lació, direcció de l'obra i coordinació de la seguretat de la instal·lació.
- **Tràmits administratius:** Conjunt de tràmits relacionats amb permisos, legalització i gestió de bonificacions i subvencions.

### 4.3. Mòduls fotovoltaics

Són dispositius formats per cel·les fotovoltaïques que transformen l'energia Solar en energia elèctrica. Aquest fenomen es produeix degut a l'anomenat efecte fotovoltaic. Els mòduls fotovoltaics estan formats per materials semiconductors, com per exemple el silici, carregats amb diferents concentracions d'electrons. Quan reben els fotons provinents de la llum solar es recombinen i creen un flux d'energia elèctrica. La part frontal dels mòduls mostra la part metàl·lica dels mòduls, que un cop es troben connectats a xarxa, es produeix corrent elèctrica en forma de corrent continu.

Com s'ha comentat anteriorment, els mòduls fotovoltaics estan formats per cel·les ubicades al llarg del mòdul per a que el voltatge generat s'ajusti a un sistema de corrent continu utilitzable, i per tant aquesta energia es transforma en corrent alterna mitjançant un inversor per a que pugui ser utilitzada en el interior de l'habitatge. Les cel·les de silici són les més utilitzades degut al seu baix cost i la gran abundància del material. El rendiment de les cel·les depèn de l'estructura tridimensional interna que tinguin aquestes làmines de silici. Segons aquesta estructura es classifiquen de la següent manera.

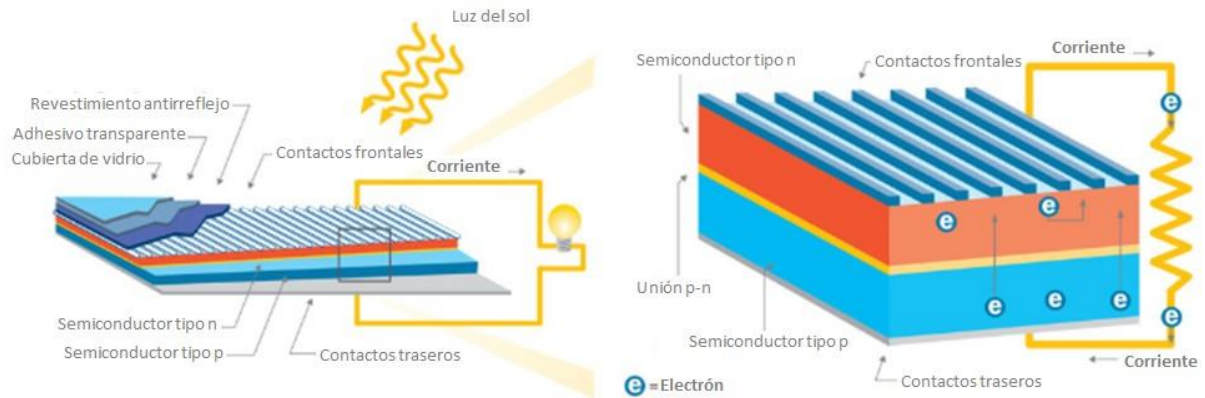


Figura 4. Circulació d'electrons en un mòdul fotovoltaic. Font: [5]

### 4.3.1. Tipus de mòduls fotovoltaics

#### Cel·les fotovoltaïques monocristal·lines

El silici és un dels components principals que es troba en les cel·les fotovoltaïques. Els mòduls fotovoltaïcs estan constituïts d'un conjunt de cel·les agrupades i connectades entre si. En aquest cas les cel·les d'aquests mòduls estan formades per un únic cristall.

Aquest tipus de mòduls presenten un aspecte uniforme, és a dir, presenten una tonalitat fosca i un color que no varia en la seva prolongació. El silici d'aquest mòduls resulta ser molt més eficient en comparació amb les altres modalitats, ja que presenta un material molt més pur i solidificat a una temperatura homogènia, la qual atorga una major eficiència i rendiment del mòdul, garantint una major mobilitat als electrons, però aquesta característica comporta un augment del seu valor econòmic.

En comparació amb els policristal·lins o els amorfs, la seva alta eficiència i productivitat en quan a energia permeten una reducció del seu tamany.

Tenen un major grau d'eficiència i millor funcionament tant amb radiació directa com difusa. La radiació directa és aquella que incideix directament en el mòdul sense que hi hagi cap obstacle que la pertorbi. En canvi la difusa, fa referència aquella radiació que impacta en el mòdul amb una certa dispersió d'aquesta en degut a la presència de l'atmosfera, com per exemple els dies de pluja, on hi ha gran presència de núvols. Gran part de la radiació que incideix sobre el mòdul és en forma de radiació directe, però tot i així, hi ha una petita part

que prové de les ones reflectides en objectes pròxims o com s'ha esmentat anteriorment, dels núvols, en forma de radiació difusa.

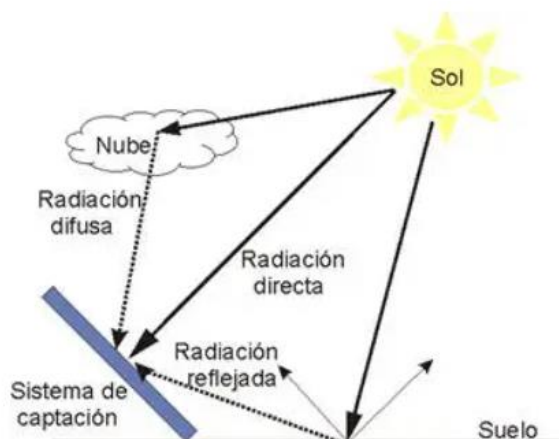


Figura 5. Tipus de radiacions solars. Font: [6]

A temperatures baixes i amb pitjors condicions atmosfèriques els mòduls monocristal·lins es comporten molt millor que els policristal·lins. Però en canvi, en climes càlids es ressenten.

### **Cel·les fotovoltaïques policristal·lins**

Les cel·les fotovoltaïques d'aquests mòduls estan formades per cristalls orientats en diferents direccions. Tenen un to més blavós i un procés de fabricació més barat. Això comporta que la composició és més senzilla i per tant aquest factor repercuteix negativament en la seva eficiència i el seu rendiment. Evidentment, això implica que el preu dels mòduls policristal·lins són lleugerament inferiors però proporcionals a la seva capacitat de producció.

En cas que els mòduls presentessin la mateixa potència, es podria determinar que els mòduls policristal·lins funcionen millors en temperatures càlides. Però l'augment de la temperatura en els mòduls provoca pèrdues significatives en el seu rendiment.

### **Cel·les fotovoltaïques amorfes**

Aquest tipus de cel·les es troben en els mòduls fotovoltaïcs flexibles. Presenten una estructura prima i flexible que sol estar formada per alumini o plàstic, coberta per el material semiconductor, en aquest cas el silici. Són panells que es caracteritzen per les seves propietats a l'hora d'adaptar-los en situacions complexes on es presenten cobertes poc convencionals i presenten estètiques complicades per l'adaptació de mòduls rígids.

Una de les principals avantatges tant a nivell econòmic com a nivell estructural és que requereixen d'un sistema d'adhesió a la superfície molt més senzill en comparació a els mòduls tradicionals. Els mòduls rígids requereixen d'un sistema estructural format per rails d'alumini que mitjançant l'ús de sistemes mecànics d'unió es fixen a les cobertes.

En aquest cas, l'ús de mòduls flexibles i els seus sistemes d'adhesió implica directament menys material i per tant és una opció molt més sostenible.

Les principals característiques dels mòduls fotovoltaics són les següents:

Característiques d'un Mòdul
Potència pic (P <sub>max</sub> )
Tipus de cèl·lula
Tensió circuit obert (V <sub>oc</sub> )
Intensitat curtcircuit (I <sub>sc</sub> )
Tensió punt de màxima potència (V <sub>mppt</sub> )
Intensitat punt de màxima potència
Eficiència
Coefficient de temperatura de P <sub>max</sub>
Coefficient de temperatura de V <sub>oc</sub>
Coefficient de temperatura de I <sub>sc</sub>
Tensió màxima del sistema
Alçada
Amplada
Profunditat
Pes
Longitud connectors

Figura 6. Característiques d'un mòdul. Font: pròpia/[4]

A l'hora d'escollir o comparar els diferents mòduls que existeixen al mercat, és necessari tenir en compte diferents factors. Com es pot observar a la taula anterior, la primera característica que té en compte el client és la potència nominal. Si es coneix la potència nominal i el preu de la instal·lació es pot conèixer el preu de Wp (potència pic). Això ajuda a controlar el preu del mercat i poder comparar entre les diferents ofertes que es presenten.

El preu de cada watt pic també permet al client establir una comparativa entre les diferents competències que es troba en el mercat, però normalment les empreses acostumen a abaixar els preus del Wp oferint un preu més favorable en funció de les dimensions de la instal·lació.

Per tant, si s'utilitza el sentit comú, contra més petita siguin les dimensions de la coberta a instal·lar els mòduls, més gran haurà de ser la inversió en termes de potència per poder tenir una generació tan alta com sigui possible tenint un espai limitat. La qualitat de producte és molt important perquè la rendibilitat del producte o de la instal·lació sigui la més productiva

possible, i més si la inversió és d'un gran valor econòmic. Per tant, cada instal·lació és un cas en concret i va en funció de les necessitats i possibilitats del client.

Per entendre correctament el que s'ha explicat anteriorment, a continuació es mostra la comparativa de les diferents característiques que tenen els panells de diferents marques; es podrà veure quins són els aspectes més competitius que coexisteixen al mercat i les principals característiques que determinen la decisió final del client.

Fabricant	LONGi	Trina Solar	Q.CELLS	JA Solar	REC
<b>Nom del mòdul</b>	Hi-MO4 60HiH 375W	TSM-380 DE08M.08(II )	Q.PEAK DUO-G10 380	JAM60S20 385/MR	REC N-PEAK 2 375
<b>Potència nominal (Tolerància de potència)</b>	375Wp (-0;+5Wp)	380Wp (- 0;+5Wp)	380Wp (- 0;+5Wp)	385Wp (- 0;+5Wp)	375Wp (-0;+5Wp)
<b>Eficiència</b>	21,00%	20,70%	21,20%	20,00%	20,50%
<b>Potència en el punt MPP (NOCT):</b>	281,7 Wp	287 Wp	285,1 W	287 Wp	283
<b>Resistència a la temperatura en condicions NOCT:</b>	92,60%	93,71%	92,60%	92,60%	93,35%
<b>Garantia del producte:</b>	12 anys	12 anys	12 anys	12 anys	20-25 anys
<b>Potència després de 25 años:</b>	84,5% de la potència inicial	80% de la potència inicial	85% de la potència inicial	81,4% de la potència inicial	92% de la potència inicial
<b>Carga màxima (vent):</b>	Fins a 2400 Pa	Fins a 2400 Pa	Fins a 2400 Pa	Fins a 2400 Pa	Fins a 2400 Pa
<b>Carga màxima (neu):</b>	Fins a 5400 Pa	Fins a 5400 Pa	Fins a 5400 Pa	Fins a 5400 Pa	Fins a 7000 Pa
<b>Preu</b>	139,36 €	147,44 €	157,14 €	142,76 €	175,37

Figura 7. Taula comparativa de fabricants de mòduls. Font: pròpia/[7]

A continuació, es mostren unes taules que indiquen el mercat actual competitiu de mòduls fotovoltaics, on apareixen un rang de puntuacions del més baix (1) al més alt (5) en relació amb la qualitat, l'eficiència, la fiabilitat, i finalment la més important, la relació qualitat-preu,

	Marca	En general	Qualitat	Eficiència	Fiabilitat	Relació qualitat - preu
1	Solarwatt	4,7	5	4,8	4,7	4
2	LG Solar	4,7	4,8	4,9	5	3,9
3	SunPower	4,5	5	5	4,2	3,8
4	Panasonic	4,5	4,3	4,8	4,7	4
5	Qcells	4,5	4,5	4,7	4,2	4,4
6	Hyundai	4,4	4,1	4,6	4,6	4,4
7	Ja Solar	4,4	3,9	4,7	4,1	5
8	LONGi	4,4	4	4,4	4,3	5
9	Sharp	4,4	3,6	4,4	4,7	5
10	ZNShine	4,4	3,7	4,9	4,1	5
11	Viessmann	4,4	3,4	4,5	5	4,7
12	Axitec	4,4	4,5	4,5	4	4,5
13	Seraphim	4,4	3,9	4,4	4,3	4,9
14	Trina Solar	4,3	3,8	4,7	3,8	4,9
15	REC	4,3	4,5	4,9	3,7	3,9
16	Jinko	4,2	4	4,3	3,8	4,8
17	Canadian Solar	4	3,5	4,4	3,7	4,6
18	FuturaSun	4	4	4,8	3	4

Figura 8. Classificació de fabricants de mòduls. Font: pròpia [8]

## 4.4. Inversors

Per poder autoconsumir o injectar energia en forma de corrent continu d'un rang de valors de 12 a 48 V que generen els mòduls fotovoltaics en corrent altern a 230/400 V es necessita l'inversor.

Aquest ha de ser de tipus i característiques específiques per a un sistema de connexió a la xarxa, de tensió i freqüència concrets. S'encarreguen d'optimitzar la producció d'energia generada pels panells, maximitzant el rendiment del sistema. Contenen uns equips de protecció i seguretat específics per qualsevol possible avaria elèctrica. A més a més, tenen incorporats un sistema que permet conèixer controlar el funcionament de la instal·lació. Els inversors que veurem en aquest document són els òptims per a una instal·lació domèstica, és a dir, fins a una potència nominal concreta.

Característiques inversor	
<b>Valors entrada (DC)</b>	
	Tensió MPPT màx
	Tensió MPPT mín
	Tensió màxima
	Tensió d'inici
	Nº strings per entrada
	Nº entrades
	Nº MPPT
	Corrent màx entrada
	Corrent curtcircuit màx entrada
<b>Valors sortida (AC)</b>	
	Potència nominal
	Corrent màx
	Corrent nominal
	Tensió nominal
	Freqüència nominal
	Eficiència màxima

Figura 9. Característiques principals d'un inversor. Font: pròpia/[4]

Els tipus d'inversors més característics són tres: **els monofàsics, els trifàsics i els microinversors.**

Els **monofàsics** s'utilitzen per als habitatges que utilitzen distribució elèctrica monofàsica. Les instal·lacions domèstiques que acostumen a tenir corrent monofàsica, és perquè la potència que acostumen a consumir és baixa. En canvi, les instal·lacions amb corrent **trifàsica**, fan ús dels inversors trifàsics, ja que normalment es troben a les grans indústries, acostumen a tenir contractes de potència elevats, pel fet que acostumen a utilitzar màquines o serveis que consumeixen molta potència.

Els **microinversors** són un sistema de dispositius electrònics que es troben incorporats en cada cèl·lula fotovoltaica. El principal objectiu d'aquests és independitzar el funcionament de cada mòdul, per així evitar que la baixa eficiència d'un perjudiqui els altres.

Com s'ha comentat ja en un altre apartat, hi ha moltes empreses que s'ocupen de la instal·lació de panells fotovoltaics i a més a més cada una treballa amb marques i models que més benefici aportin. Les principals característiques que es tenen en compte a l'hora d'escollir un inversor són:

- La rapidesa i la capacitat d'estabilitzar el màxim punt de potència.
- Eficiència.
- Fiabilitat.
- Temperatura de treball.

- Accessibilitat.
- Seguretat i qualitat.

En relació amb el preu, els inversors varien segons molts factors, principalment en funció de la potència, la qualitat i el tipus d'inversor solar. Tots aquests factors també depenen de si la connexió és a xarxa o aïllada (aquest últim treballa de forma autònoma) i si la instal·lació és trifàsica o monofàsica. L'inversor és un dels protagonistes d'una instal·lació solar i per tant el seu valor econòmic és de gran pes. A millor inversió, més bona serà la durabilitat del dispositiu juntament amb la seva eficiència.

Com s'ha comentat en l'apartat anterior (mòduls fotovoltaics), seguidament es mostra una imatge que mostra la competència que hi ha al mercat en relació als inversors. [4]

	Marca	En general	Qualitat	Eficiència	Fiabilitat	Relació qualitat - preu
1	Huawei	5	5	5	5	4,8
2	Fronius	4,7	4,8	4,7	4,8	4,5
3	SMA Solar	4,5	4,7	4,8	4,8	3,9
4	Enphase	4,5	4,9	4,7	4,6	3,6
5	SolarEdge	4,5	4,7	4,8	4,6	6,7
6	SolaX Power	4,4	4,3	4,7	4,7	4
7	Growatt	4,3	4	4,8	4,4	4,2
8	Kostal	4	4	4	4	4

Figura 10. Classificació de fabricants d'inversors. Font: pròpia/[9]

## 4.5. Estructures

Les estructures solars representen un dels elements més importants d'una instal·lació fotovoltaica, ja permeten el correcte funcionament dels mòduls mitjançant dos factors essencials: la correcte subjecció dels mòduls i la possibilitat d'orientar-los i/o inclinar-los per a generar un millor rendiment de la instal·lació.

Els panells solars són dispositius que requereixen d'unes condicions específiques per generar la màxima potència durant les hores de sol. Com s'ha comentat anteriorment, les estructures garanteixen l'orientació i la inclinació del mòdul, que són factors que predisposen el funcionament del mòdul per a que tinguin el millor rendiment possible sense tenir en compte l'acció d'agents externs.

Anteriorment s'ha introduït breument el concepte de les estructures que suporten les instal·lacions fotovoltaïques sobre qualsevol superfície determinada. Hi ha un conjunt de factors que determinen el tipus d'estructura que s'utilitzarà segons diferents condicions que es presentin.

Per tant, abans d'esmentar els diferents tipus d'estructures que existeixen actualment en el mercat, és important conèixer els aspectes que tenen en compte les empreses per determinar el tipus d'estructura que s'utilitzarà per dur a terme la instal·lació.

#### **4.5.1. Estructura coplanar**

La gran majoria de sostres dels habitatges unifamiliars es troben inclinades, i en aquest cas, el mètode d'ancoratge per excel·lència es coneix comunament com a vareta roscada, consisteix a fer una petita perforació a les teules, sobre les quals s'introduiran unes varetes que arribin fins a la base de la coberta, de manera que quedin enroscades i fixes.

En casos en què la coberta estigui composta per un material de major fragilitat i sobre el qual no es pugui perforar per risc de trencament, una solució molt estesa i útil és emprar els anomenats ganxos a l'estructura de suport de les plaques solars.

El procediment és senzill: S'aixequen les teules i es cargola una part l'estructura directament a la coberta, fixant-la, per tornar a col·locar la teula per sobre.

Finalment, en cas que la tipologia de la coberta sigui de xapa (forma trapezoidal o ondulada) s'utilitza la denominada estructura comunament coneguda com a rosca-xapa.

Realitzant una petita perforació a la part més elevada de la xapa, s'introdueix l'esmentada estructura i s'enrosca evitant qualsevol mena de moviment de l'estructura, sobre la qual se situaran i fixaran finalment els panells fotovoltaics.

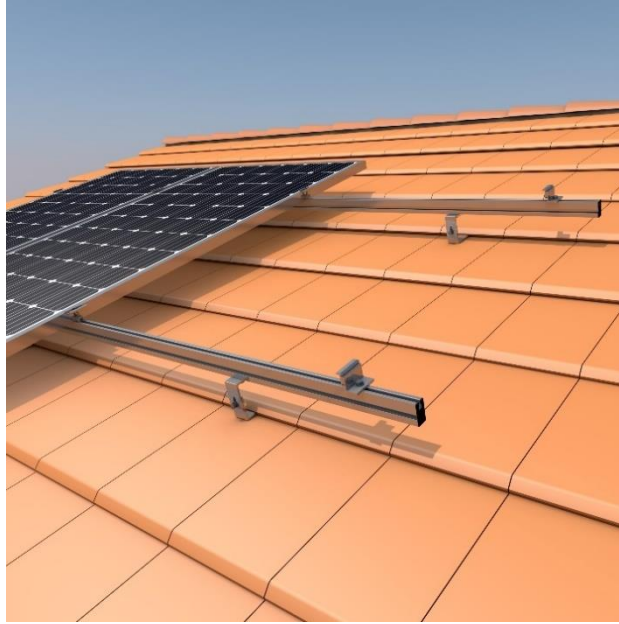


Figura 11. Estructura coplanar SUNFER. Font: [13]

#### **4.5.2. Estructura Solarbloc**

En cas de disposar d'una coberta plana per realitzar la instal·lació fotovoltaica, és important tenir en compte que l'estructura sobre la qual aniran ubicats els mòduls fotovoltaics ha de permetre que aquests estiguin recolzats i inclinats respecte a l'angle horitzontal, de forma similar a com estarien en una coberta ja inclinada.

Cal esmentar també que en aquest supòsit, la distància mínima entre les diferents files de panells adquireix un caire fonamental perquè no es projecti ombra entre elles i aconseguir així el major i millor rendiment possible per a la instal·lació, a més d'evitar altres problemes mecànics en els panells fotovoltaics, com els punts calents (zones del panell amb una temperatura molt superior a la de la resta, que a més de repercutir directament en la seva eficiència suposa una degradació molt rellevant dels seus materials a causa de les altes temperatures localitzades).

Aquestes estructures solen muntar-se i adherir-se a bases de formigó (Solar Blocs) o altre material prou pesat per evitar la mobilitat de les plaques solars, la qual cosa pot augmentar-ne el cost, l'efecte vela, és un dels fenòmens que es produeix quan, a causa de la inclinació dels panells sobre la coberta plana, fan que els corrents de vent arribin a aixecar o desplaçar les files de mòduls, descol·locant-les i podent ocasionar problemes molt greus a la instal·lació.



Figura 12. Estructura “Solarbloc” o bloc de formigó. Font: [14]

### 4.5.3. Estructura coplanar ECO

Normalment quan es realitza una instal·lació fotovoltaica, tant en l'àmbit domèstic com industrial, com particulars o comunitats, es pretén utilitzar la inclinació de les cobertes. Com bé s'ha comentat anteriorment, els mòduls són dispositius que rendeixen més o menys en funció de molts factors, però un d'ells, és l'angle d'incidència de la radiació solar. La península ibèrica, en relació als països europeus, s'ubica pràcticament al sud i per tant permet que el marge d'inclinació dels mòduls sigui més gran, ja que com més a prop de l'equador, més perpendiculars són els angles d'incidència dels rajos solars. Per tant, la majoria d'instal·lacions, per aprofitar la inclinació de les cobertes i reduir l'ús innecessari de material, utilitzen aquesta sistema estructural.

Les estructures coplanars convencionals, on intervenen les estructures d'alumini o acer inoxidable esmentades anteriorment, estan dissenyades per a cobertes principalment de teula aràbiga, pissarra o xapa metàl·lica. Evidentment, cada tipus de coberta disposa d'uns materials diferents i com a conseqüència les necessitat d'obra també ho són.

Anteriorment s'ha esmentat la xapa metàl·lica com alternativa de material de construcció de cobertes inclinades. En algunes situacions, les cobertes principals dels habitatges, és a dir, on solen ubicar-se les antenes de TV, para-llamps, etc, no disposen d'unes bones condicions per aprofitar al màxim el rendiment de la instal·lació.

La xapa metàl·lica és un material que a més a més de ser utilitzat en el sector industrial, també s'utilitza per l'edificació en el sector domèstic. Molts habitatges, disposen de traster exteriors o garatges on el material que representa la coberta, és aquesta prolongació de metall. Les estructures coplanar eco, reben aquest nom ja que són estructures que permeten l'aprofitament de la inclinació de la coberta i a més a més es compatibilitza amb una reducció de material. Aquestes xapes presenten unes greques distanciades que milloren la resistència i la rigidesa de la xapa per tota la seva prolongació. S'aprofiten les greques per col·locar els perfils d'alumini, que són les bases de contacte entre les cobertes i els mòduls, i que alhora permeten la seva adhesió sobre ella.

Els perfils són d'alumini ja que aquest material presenta certes característiques físiques, com la seva densitat o resistència a la corrosió, que milloren les seves prestacions en relació a la qualitat de la instal·lació. Aquests sistemes s'adhereixen mitjançant sistemes mecànics d'unió (ús de cargols de mètrica específica) a les greques de les cobertes de xapa, ja que les greques representen el punt de màxima resistència de la coberta i alhora permeten l'elevació per sobre del punt més baix de la coberta, que és on es forma una vall amb les greques i per tant és on hi ha més perill d'acumulació d'aigua, que com a conseqüència, podria provocar filtracions entre la coberta i l'interior de l'habitatge. En funció de les condicions que presenti la coberta, com per exemple la superfície disponible, els mòduls s'instal·laran en posició horitzontal o en vertical. Per tant aquestes dues possibilitats implica una petita variació en la col·locació dels perfils sobre les greques.

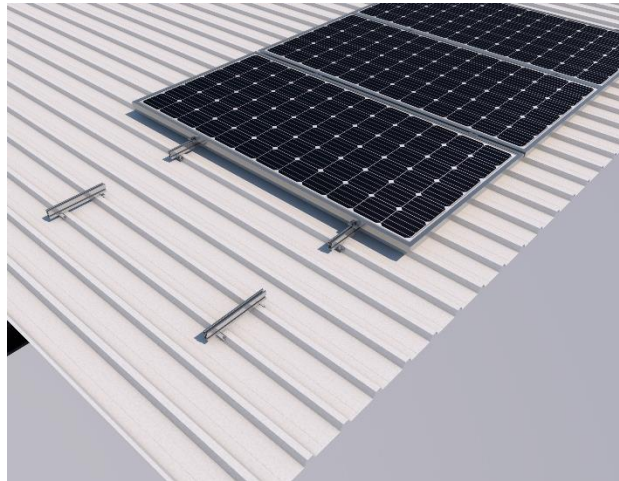


Figura 13. Estructura coplanar ECO vertical. Font: [15]

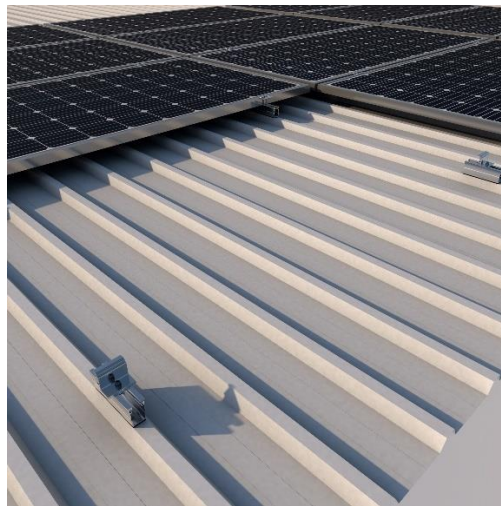


Figura 14. Estructura coplanar ECO horizontal. Font: [15]

Un cop els perfils es troben adherits a la superfície, els mòduls s'introdueixen per els rails d'alumini que permeten la mobilitat d'aquests linealment i bloquegen el moviment rotatori. Finalment, un cop els mòduls s'han ubicat a la zona desitjada mitjançant els rails, es fixen i s'immobilitzen per sistemes d'anclatge.

#### **4.5.4. Estructura triangular**

Tant en el sector industrial com en el domèstic, es presenten determinades situacions on les cobertes disponibles per a poder realitzar una instal·lació fotovoltaica presenten una inclinació poc òptima per poder garantir una bon rendiment de la instal·lació.

Les estructures triangulars es caracteritzen principalment per el seu disseny, com bé indica el seu propi nom, ja que en comparació a les estructures coplanars, proporcionen una inclinació extra als panells. Aquestes estructures poden ser utilitzades tant en cobertes inclinades com en coberta plana. Normalment, a la Península Ibèrica, com s'ha comentat anteriorment, les cobertes inclinades acostumen a presentar un rang d'inclinació entre els 10° i 45°. En alguns casos excepcionals la inclinació de la coberta on es desitja realitzar la instal·lació no es apte per a una inclinació coplanar i per tant no es pot aprofitar correctament la inclinació de la coberta. En aquests casos s'opta per l'ús de l'estructura triangular.

L'estructura triangular tot i presentar una gran avantatge a simple vista com és la possibilitat d'inclinar els mòduls per millorar el rendiment de la instal·lació, no es considera una bona opció per les cobertes inclinades ja que acostumen a disposar de superfícies molt limitades i aquest és el principal inconvenient que presenten. El fet d'inclinar els mòduls per sobre de la línia de coberta, es crea l'existència d'ombres per els mòduls ubicats a les zones anteriors per la pròpia inclinació del mòdul i estructura. La incidència d'ombres sobre un mòdul perjudica directament en el seu rendiment disminuint la intensitat de corrent i com a conseqüència la seva potència. Per poder evitar les ombres entre fileres de mòduls, es deixa un espai per evitar que aquesta prolongació incideixi sobre el mòdul i com s'ha comentat anteriorment el perjudiqui. Aquesta distància augmenta conseqüentment la superfície de la instal·lació i redueix la capacitat de generació. En canvi, en el sector industrial, on acostumen a tenir cobertes planes de grans dimensions, si que és més aconsellable l'ús d'estructures triangulars ja que la superfície disponible es més gran i per tant el marge per instal·lar és superior. El sistema de muntatge és molt semblant als anteriors, ja que els mòduls queden fixats als perfils mitjançant fixacions laterals i centrals que els immobilitzen. D'aquesta mateixa manera, els perfils d'alumini queden anclats a les estructures triangular mitjançant cargols especials.



Figura 15. Estructura Triangular. Font: [16]

#### 4.5.5. Estructures graella

Les estructures graella representen el mateix concepte que les estructures triangular ja que són estructures dissenyades per aportar una inclinació extra als panells. Són estructures utilitzades únicament en instal·lacions solars ubicades sobre coberta plana. Aquestes estructures a diferència de les triangulars s'utilitzen exclusivament en coberta plana degut a les seves dimensions . Permet la instal·lació col·lineal dels panells i per tant el mòdul que queda en la zona inferior de la estructura no pot generar ombra sobre el que queda en la part superior. Es subjecten a coberta mitjançant contrapesos que normalment estan formats per materials pesats, com és el cas del formigó.

Aquest tipus d'estructures a part de optimitzar la superfície disponible, faciliten la connexió dels mòduls. Una distribució correcta i ordenada dels mòduls permet un bon connexionat entre ells. Els mòduls són dispositius que es connecten en sèrie per poder funcionar correctament amb l'inversor de corrent alterna a corrent continu. La connexió dels mòduls en sèrie permet que les intensitats es mantinguin i els voltatge es sumin, un dels requisits que necessita l'inversor per poder arrencar correctament. Per tant aquestes estructures, com la que es mostra a la **figura 16**, permeten una connexió tècnicament correcta i a més a més, potencien un dels grans factors que tenen en compte els clients tant en el sector industrial com en el domèstic, que és l'estètica de les instal·lacions.

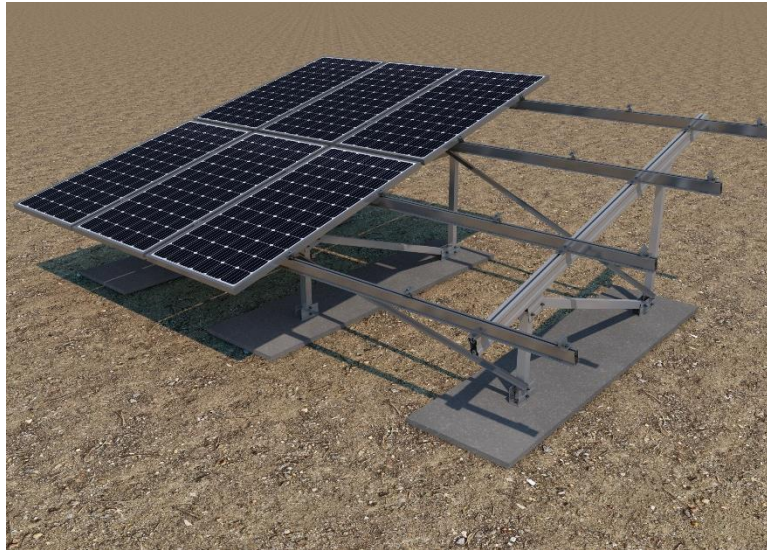


Figura 16. Estructura graella. Font: [17]

#### **4.5.6. Estructures autoportants**

Aquestes estructures representen una solució molt semblant a les estructures triangulars, ja que poden ser instal·lades en cobertes planes o amb una lleugera pendent, on hi ha la possibilitat d'utilitzar blocs d'un material específic que aportaran a l'estructura la funció de contrapès. Són estructures que s'utilitzen normalment sobre cobertes que no es poden carregar amb accés i on la carga admissible és reduïda. S'utilitzen uns perfils bases d'alumini que van anclats a la coberta on es fixen les subjeccions per la separació de la projecció de les ombres que projecta cada línia de panell sobre l'anterior, on també aniran fixats els contrapesos. Les subjeccions es fixen a una inclinació determinada, que sol oscil·lar entre els 10° i 15°. Un cop es tenen les subjeccions als perfils d'alumini, s'ubica el mòdul i es fixa mitjançant fixacions laterals i centrals perquè d'aquesta manera s'immobilitzi.

El vent és un dels agents extern més perillosos que es tenen en compte a l'hora de realitzar una instal·lació fotovoltaica. Per evitar accidents estructurals, les estructures autoportants utilitzen uns deflectors aerodinàmics que desvien les accions del vent i eviten generar cargues de succió per la zona de màxima inclinació dels mòduls.



Figura 17. Estructures autoportants. Font: [18]

#### 4.5.7. Fabricants d'estructures

Anteriorment s'ha realitzat una classificació tant dels mòduls com dels inversors tenint en compte els fabricants amb més competència del mercat. Cal destacar que majoritàriament els grans fabricants d'aquests dispositius s'ubiquen en el continent asiàtic, on predominen països com Xina, Corea o Japó. El desenvolupament tecnològic d'aquestes potències mundials és una evidència avui en dia i per tant, en la majoria de sectors que engloben el camp tecnològic, són predominants. És a dir, totes les empreses que es dediquen a la venda d'inversors i mòduls fotovoltaics, importen tots els productes del continent asiàtic, ja que les característiques i la qualitat que ofereixen, són capdavanteres en el mercat actual.

En canvi, els sistemes de muntatge que es fabriquen a Europa, resolen les necessitats qualitatives i proporcionen un bon funcionament estructural. Per tant, això implica una major riquesa per el continent local i s'evita la importació dels grans continents capdavanteres en el sector tecnològic. A continuació és mostra un llistat amb diferents fabricants de sistemes de muntatge que competeixen en territori Europeu.

- Novotegra
- Van der Valk

- Scheletter
- Esdec
- Aplitech
- SolarStem
- Alusín
- S Flex

## **4.6. Tipus d'anclatges per a estructures solars**

En l'apartat anterior, s'han explicat els diferents tipus d'estructures que predominen en el sector de la fotovoltaica tenint en compte les característiques de la coberta i les condicions adverses a les que estan exposades. Com s'ha comentat durant el desenvolupament del marc teòric, les estructures són components essencials de les instal·lacions fotovoltaïques per el marge de rendiment que poden oferir en funció de la seva orientació i inclinació. L'estructura com a component individual s'encarrega d'aportar a la instal·lació aquestes característiques però per poder realitzar-ho correctament requereix d'una subjecció determinada. Les cobertes dels edificis solen presentar característiques diferents en funció de l'arquitectura d'aquests, per tant, els sistemes de subjecció que s'utilitzen per els diferents tipus d'estructures esmentats anteriorment, requereixen d'un tipus d'anclatges per poder garantir una fixació òptima i duradora.

### **4.6.1. Anclatge sota teula**

L'escenari més comú que es troba en la majoria d'edificacions és la coberta inclinada de teula. En funció de les característiques que presenta la teula, el sistema de subjecció que s'utilitza és diferent. Per exemple, la teula aràbiga representa un dels materials més comuns en les cobertes d'avui en dia. Es caracteritza per la seva forma, destinada a la correcta canalització de l'aigua. Una de les característiques que presenten les cobertes de teula, és la disposició lineal i escalada, és a dir, segueixen una distribució una darrera de l'altre i a l'hora amb una superposició. Aquest tipus de disposició permet el muntatge de l'estructura per sota la teula sense necessitat de foradar-la i poder provocar possibles filtracions d'aigua.

Es fixe el suport sota la base de formigó que reconforta la coberta mitjançant dos espàrrecs de ferro. En el mateix forat on es col·loquen els espàrrecs, s'introdueix un tipus de resina de

fixació que permetrà una correcta subjecció entre l'espàrrec i el taco (taco químic) , garantint una correcta adherència entre la coberta i l'estructura davant de possibles esforços ( esforços de tracció ) provocats per agents externs, com és el cas de la succió que genera el vent.

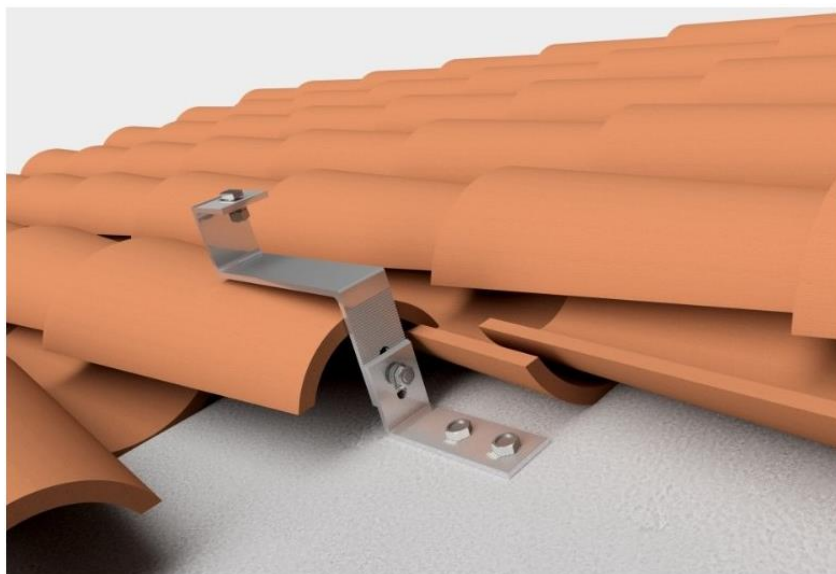


Figura 18. Suport salva teules. Font: [13]

#### **4.6.2. Anclatge amb perforació de teula**

En aquest cas, es perfora la teula fins arribar algun element estructural de la construcció, com per exemple una base de formigó, per evitar recolzar tots els esforços sobre la teula la qual no està preparada per suportar segons quins esforços. El sistema de fixació entre el tac i la espàrrec es realitza seguint el mateix criteri que el cas anterior, mitjançant el sistema del tac químic. Un dels inconvenients que presenta aquest sistema d'anclatge, és que al travessar la teula s'origina la possibilitat de generar filtracions en cas d'acumulació d'aigua, `per tant, un dels recursos que s'utilitza per evitar-ho és l'ús d'una junta de cautxú EPDM, i la correcta fixació d'una rosca i una volandera.

## 4.7. Material elèctric

- **Cablejat de CC i CA**

El cablejat que s'utilitza en una instal·lació fotovoltaica s'ha de complir un conjunt de característiques per tal de garantir el bon funcionament de la instal·lació i la seguretat de l'habitatge.

- **Cablejat CC**

Permeten la connexió entre plaques fotovoltaïques i d'aquestes amb l'inversor (sistemes de corrent continu) [12]

- Conductor de coure
- Temperatura màxima: 120°
- No propagador de la flama (UNE-EN 60332-1)
- No propagador d'incendi (UNE-EN 50266)
- Baixa acidesa i corrosió dels gasos (UNE-EN 50267)
- Baixa opacitat dels fums emesos (UNE-EN 61034)
- Aïllament: elastòmer termo-estable lliure d'halògens.
- Cobertura exterior: elastòmer termo-estable lliure d'halògens.
- Tensió nominal: 0,6/1KV en CA i 1,8 KV en CC

- **Cablejat CA**

Conjunt de cablejat per al transport i la distribució elèctrica a l'aire o enterrat de tot l'habitatge [12]

- Temperatura màxima: 90 °C
- No propagador de la flama (UNE-EN 60332-1)
- No propagador d'incendis (UNE-EN 50266)
- Baixa acidesa i corrosió dels gasos (UNE-EN 50267)
- Baixa opacitat dels fums emesos (UNE-EN 61034)
- Aïllament: XLPE

- Cobertura exterior: elastòmer termo-estable lliure d'halògens
- Tensió nominal: 0,6/1KV

- **Quadre de proteccions de Generació (CA)**

El quadre de proteccions de Generació (QPG), el que està situat al costat de l'inversor, s'encarrega mitjançant un interruptor magnetotèrmic d'evitar qualsevol mena de sobrecàrrega i curtcircuit. Permet seccionar el circuit de CA des de l'inversor sense haver d'accedir al Quadre General de Baixa Tensió. Aquest quadre de proteccions està format principalment per dos components:

- **Interruptor magnetotèrmic**

És el dispositiu pensat per evitar les sobrecàrregues i els curtcircuits a l'habitatge. Consta de dues proteccions, la magnètica i la tèrmica. La magnètica evita que la instal·lació es cremi per curtcircuit, és a dir, el pas de corrent a una elevada intensitat. La protecció tèrmica evita que la instal·lació es cremi per sobrecàrrega, és a dir, l'excés de dispositius connectats.



Figura 19. Interruptor magnetotèrmic.Font [19]

- **Interruptor diferencial**

És un dispositiu pensat per evitar la diferència de corrent que passa per la fase i el neutre. És a dir, sabem que el corrent circula de forma circular i en les dues direccions per la fase i el neutre sent un el que transporta el corrent i l'altre l'encarregat de

retornar-la; fase i neutre respectivament. Per tant, si passa la mateixa corrent pels dos, l'interruptor es manté intacte, però en el moment en què existeix una diferència de corrent entre fase i neutre, l'interruptor salta.

Això és degut principalment a l'acció humana, és a dir, en el moment en què algú interromp el pas de el corrent i s'electrocuta, el diferencial detecta aquest fenomen i actua.



Figura 20. Interruptor diferencial. Font: [20]

## 2.2 - Factors determinants d'una instal·lació fotovoltaica

Aquest capítol ha permès conèixer els components més importants d'una instal·lació fotovoltaica i realitzar una breu descripció de la competència.

En aquest apartat, es tracten els factors principals d'un habitatge que són necessaris per a poder optar a la instal·lació de mòduls fotovoltaics. Per aconseguir una instal·lació eficient, amortitzable en un termini raonable, i que sobretot sigui segura, es necessita tenir en compte un conjunt de factors que permeten que el producte resultant sigui un èxit.

- **Disponibilitat i condicions de la coberta**

Aquest apartat és un dels factors més importants que es té en compte a l'hora d'iniciar el disseny i instal·lació d'una instal·lació fotovoltaica. Per tant, abans de determinar els components que formaran part de la instal·lació, és molt important conèixer les condicions de l'habitatge i estudiar si parteix d'un caràcter òptim perquè el client obtingui una solució a la situació que presenta.

És molt important saber que hi ha diferents paràmetres que poden afectar el rendiment d'una instal·lació i, per tant, es farà una esmena sobre aquests tenint en compte principalment les condicions ambientals que presenta la península Ibèrica.

- **Orientació**

La direcció més òptima per instal·lar els mòduls en coberta plana o coberta inclinada és l'orientació totalment al sud. Tenint en compte que el recorregut del Sol és de l'est cap a l'oest passant pel sud. Per tant la major radiació que pot rebre una instal·lació és al migdia on el Sol s'ubica just a sobre i, per tant, la radiació incideix totalment perpendicular als panells solars. De totes maneres, els mòduls on les orientacions de les cobertes no acostumen a estar en la direcció més òptima de producció, encara generen potència tenint en compte que el rendiment pot disminuir entorn de 1-3% si la desviació és entorn els 45° respecte el sud i un 20% si la direcció ja s'apropa més a l'est o a l'oest. Però tot i que la màxima rendibilitat sigui segons el que s'ha comentat anteriorment, també hi ha un factor que és molt important tenir en compte, com per exemple, les hores de consum –Si una persona passa tot el dia fora, i el consum d'electricitat acostuma a ser després de la seva jornada laboral, segurament seria més òptim encarar els panells cap a l'oest, ja que la radiació en aquestes hores incideix de forma directa segons aquesta orientació. Les instal·lacions solars que estan orientades al nord són les menys recomanables, ja que els panells reben una radiació molt baixa i únicament a les últimes hores del dia, tenint en compte que l'orientació i la inclinació en la qual es trobarien els mòduls seria totalment contrària a la direcció de la radiació.

- **Inclinació**

A la península Ibèrica, la inclinació que més optimitza el rendiment de la instal·lació varia entre els 20 ° i 40 °. L'explicació científica aquesta afirmació es basa en la latitud en la qual es troba el país. Com més a prop ens trobem del cercle màxim perpendicular de l'eix de la terra, l'equador, més petita haurà de ser la inclinació i contra més al nord, més gran. Normalment, les vivendes del territori acostumen a tenir cobertes inclinades entorn els 15 ° i 40 °, aprofitant moltes d'elles la inclinació d'aquestes i utilitzen instal·lacions coplanars pels seus habitatges, que són aquelles on els mòduls s'inclinen totalment paral·lels a la inclinació de la coberta. Després també hi ha altres cobertes que són totalment planes i, per tant, s'utilitzen altres mètodes per poder inclinar correctament els mòduls i optimitzar la instal·lació.

INCLINACIÓN \ ORIENTACIÓN	0°	30°	60°	90°
ESTE	93%	90%	78%	55%
SUR-ESTE	93%	96%	88%	66%
SUR	93%	100%	91%	68%
SUR-OESTE	93%	96%	88%	66%
OESTE	93%	90%	78%	55%

Figura 21. Representació de diferents tipus d'inclinació. Font: [11]

- **Ombres sobre els mòduls**

La distribució dels mòduls que s'ubiquen sobre una coberta ha de realitzar-se de forma que s'evitin les ombres dels obstacles que es troben a més alçada. Les ombres són uns factors que es tenen molt en compte a l'hora d'instal·lar els panells, ja que perjudiquen greument la generació de la instal·lació. Els mòduls van connectats entre si mitjançant una connexió en sèrie, la qual cosa en el moment que un es veu afectat per la projecció d'ombra de qualsevol obstacle que es troba sobre la coberta, aquest immediatament perjudica a tots els altres que formen part de la mateixa línia o 'string'.

Com a informació addicional, un dels recursos que s'utilitzen per evitar aquest fenomen, és l'ús d'optimitzadors d'ombres o potència. S'encarreguen de reduir al màxim les possibles pèrdues que es puguin produir en cada mòdul a causa de les ombres que produeixen els obstacles presents a la coberta. Són elements que treballen individualment, és a dir, s'ubiquen connectats independentment darrere de cada mòdul optimitzant el punt màxim de potència de forma individual.

La **figura 22** mostra les diferents èpoques de l'any (primavera, estiu, tardor, hivern). Aquesta anàlisi gràfic s'ha fet per una residència que s'ubica entorn Catalunya, Evidentment les condicions varien segons la situació geogràfica on s'ubiqui la instal·lació. Es poden observar diferents línies amb diferents colors i una varietat de números. Aquests indiquen l'època de l'any i l'hora del dia respectivament. Tenint en compte el recorregut del sol i l'època de l'any, el territori català parteix d'unes certes característiques. A l'estiu, a les 12:00 h del migdia l'angle d'impacte sobre els panells és pràcticament perpendicular i per tant l'efecte que fan els obstacles sobre els mòduls és nul. A l'hivern, el Sol es troba ubicat de tal manera que els rajos al migdia, incideixen amb un angle inferior i, per tant, els obstacles que puguin estar a la coberta quan la generació d'una instal·lació és màxima, sí que poden repercutir en l'eficiència d'aquests. És a dir, la imatge que es mostra a continuació es una representació gràfica de l'ombra d'un obstacle d'un metre en funció de les diferents èpoques de l'any i l'hora del dia.

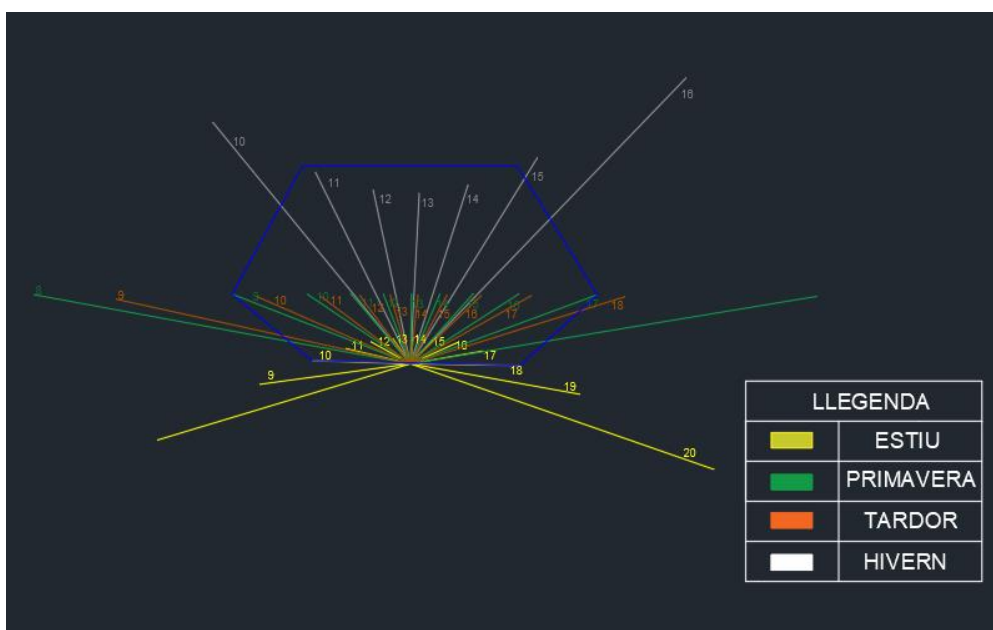


Figura 22. Projecció d'ombra d'un objecte d'alçada 1 metre. Font: pròpia



## 5. Treball a realitzar

En aquest projecte es proposa el disseny d'un sistema de subjecció per a panells solars. Es tracta d'una estructura que permet la inclinació automàtica d'un nombre de panells i per tant d'aquesta manera s'aconsegueix l'objectiu principal, aconseguir la màxima perpendicularitat entre la incidència dels rajos solars i el mòdul per així augmentar el rendiment energètic de la instal·lació.

### 5.1 Punt de partida

Com s'ha comentat anteriorment en els darrers capítols, es parteix d'una proposta presentada al mercat i en funcionament actualment. Aquesta innovació per part de l'empresa Solarlab, a nivell econòmic mostra una gran alternativa en relació a la competència o instal·lacions convencionals. Evita l'ús d'una estructura i una mà d'obra extra per part de professionals ja que es tracta d'un sistema totalment dissenyat per ser instal·lat per el propi client. Tot i això, no es tracta d'assolir la competència, sinó que a arrel d'aquesta innovació s'ha observat la possibilitat de millorar el rendiment energètic de la instal·lació mitjançant un sistema que pugui variar la inclinació dels mòduls.

Inicialment, es necessita conèixer certes condicions d'on anirà ubicada l'estructura. Es tracta d'una estructura composta per diferents components la qual cosa implica un pes significatiu. Es tracta d'un tipus d'estructura dissenyada per anar ubicada al balcó d'un habitatge, concretament d'obra. Per tant les condicions o característiques que ha de presentar el balcó han de ser equivalents a les condicions de pes que presenta el conjunt del sistema estructural. S'ha de tenir en compte que no només es tracta de l'estructura, sinó que un dels pesos més significatius és el del conjunt de mòduls. Les característiques dels mòduls, amb una potència que oscil·la entre els 350 i 500 W, són d'unes dimensions aproximades de 2 m<sup>2</sup> i amb un pes de uns 20 kg aproximadament. Per tant tenint em compte que un dels principals objectius és realitzar un estudi amb 4 mòduls, només amb el pes dels mòduls ja s'estarien assolint els 80 kg. A part les dimensions del camp fotovoltaic estaria entorn els 8 m<sup>2</sup> ( 4 m x 2 m), la qual cosa significa que a part d'un material amb unes característiques físiques com la resistència

diferents esforços, es necessita una certa quantitat de material en quant a dimensions per tal de poder realitzar un disseny segur.

Normalment les instal·lacions convencionals en el sector domèstic que es realitzen sobre coberta plana o sobre coberta inclinada acostumen a dimensionar-se en funció del consum. És a dir, el concepte principal d'una instal·lació fotovoltaica es cobrir mitjançant generació d'energia elèctrica el consum elèctric d'un habitatge.

Els estudis que es realitzen per dimensionar correctament la instal·lació fotovoltaica depenen principalment dels consums que realitza el resident. Per tant, un dels requeriments que es suggereixen un cop un client disposa d'una instal·lació fotovoltaica, és l'ús correcte d'aquesta per tenir un benefici econòmic i energètic. Les instal·lacions fotovoltaiques tenen un producció efectiva que es situa aproximadament entre és 9:00 h del matí fins les 18:00 h a l'hivern i fins les 20:00 h a l'estiu. Tot i això la generació d'energia no es la mateixa als inicis del dia ni a finals. La màxima producció energètica d'un mòdul depèn principalment de l'angle d'incidència, com s'ha comentat en altres capítols on la perpendicularitat dels rajos solars amb els mòduls creen una concentració de radiació per superfície major que en un angle inferior. Per tant, el consum que s'hauria de realitzar en l'habitatge hauria d'estar condicionat per les hores de màxima generació energètica. La gran majoria d'inconvenients que genera una instal·lació fotovoltaica sobredimensionada o gestionada incorrectament, és l'adaptació al consum previ un cop disposen de mòduls fotovoltaics. Aquesta gestió incorrecta de la relació entre el consum i la generació genera els excedents energètics la qual cosa acostumen a compensar-se per la comercialitzadora elèctrica fins assolir un estalvi màxim. És a dir, un consumidor, un cop disposa d'una instal·lació fotovoltaica opta màxim a l'opció de pagar 0 € a la factura de la llum. En cap cas la companyia elèctrica pot compensar econòmicament per sobre del límit establert, perquè com es obvi, la gent tendiria a sobredimensionar les instal·lacions.

Aquesta breu explicació ajuda a concretar certs aspectes relacionats amb la instal·lació reduïda que es realitzarà. A causa de les dimensions ajustades que presenta un balcó d'obra de qualsevol edifici, la instal·lació que es realitzarà conjuntament amb la seva estructura, és de 4

mòduls. Es tracta d'un habitatge on el consum energètic oscil·la entre els 2000 KWh/any i els 3000 KWh/any.

El plantejament inicial que es realitza és l'estudi de diferents inclinacions on els mòduls reben radiació solar amb un angle d'incidència determinat. Com s'ha comentat anteriorment, es pretén assolir un objectiu relacionat amb l'augment de la rendibilitat energètica de la instal·lació en comparació amb la proposta comercialitzada per Solarlab. La figura 21 mostra una breu representació gràfica del plantejament inicial d'estudi, on es pot observar un rang de tres posicions. Aquestes tres posicions venen determinades per conèixer la producció energètica de la instal·lació segons la inclinació i la rotació del Sol.

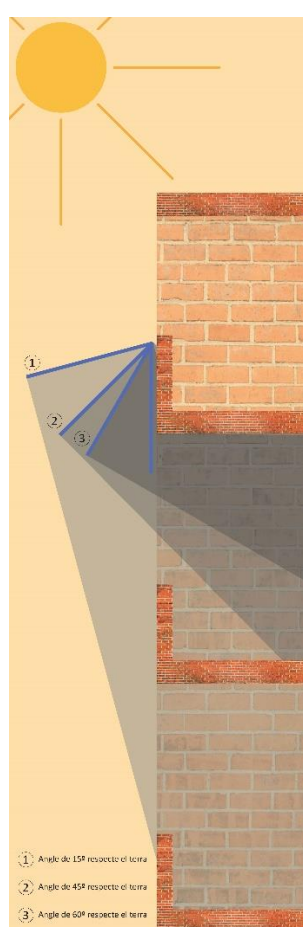


Figura 23. Situació inicial estructura solar. Font: pròpia

Es realitzaran diferents estudis amb un angle que variarà dels 60° als 15°. L'angle d'inclinació dels mòduls sempre s'obté en referència a la línia horitzontal del terra. A continuació, es mostra una imatge on s'observa el mòdul inclinat amb un angle determinat mantenint la referència esmentada anteriorment i que per tant ajuda a visualitzar l'explicació anterior.

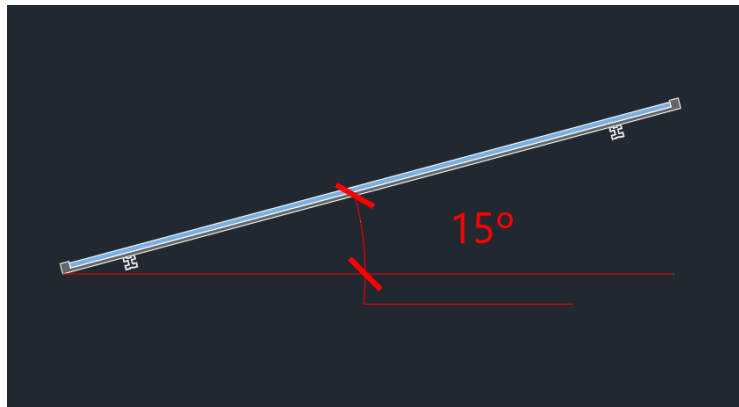


Figura 24. Angle d'inclinació mòduls. Font: pròpia

Com s'ha comentat anteriorment, la **figura 23** representa una simulació d'un bloc de pisos on es realitza una instal·lació d'una estructura solar. Com es pot observar a la imatge, els mòduls es troben en tres posicions diferents, esmentades prèviament, que permetran realitzar diferents anàlisis energètics. L'objectiu principal d'aquest anàlisi es mostrar el rendiment energètic que presenta la instal·lació fotovoltaica amb diferents inclinacions i a diferents hores. Un dels factors que es té en compte a la imatge com a motiu de representació, és la projecció d'ombres que genera la instal·lació. La perpendicularitat entre els rajos solars i els mòduls genera ombres sobre els pisos inferiors, la qual cosa també és motiu d'anàlisi.

## 5.2. Anàlisi de viabilitat tècnica de la instal·lació

Abans de començar a dissenyar l'estructura solar, és important contrastar un dels propòsits esmentats a la part introductòria. Un dels principals objectius, més enllà d'equivaler econòmicament a la innovació per part de Solarlab, és poder demostrar com augmenta la rendibilitat energètica dels mòduls si s'aconsegueix la màxima perpendicularitat entre els mòduls i els rajos solars. L'angle de radiació dels rajos solars varia en funció de la rotació i translació de la Terra, però per simplificar més aquest concepte, el Sol inicia el dia per l'Est i el finalitza per l'Oest. En el marge d'hores que ocupa el mig-dia ( entre les 12h i les 15h ) el Sol s'ubica en la posició més alta i amb la radiació més intensa. La perpendicularitat entre els rajos solars i la superfície terrestre genera una concentració de radiació en una superfície determinada on s'aconsegueix la màxima intensitat de radiació del dia. Aquest fenomen demostra la importància de obtenir una inclinació determinada dels mòduls en un moment determinat del dia.

Per poder realitzar un correcte disseny del sistema estructural i que pugui actuar automàticament en funció del moviment del sol segons l'època de l'any, és important conèixer aquest i el seu comportament durant els diferents dies de l'any.

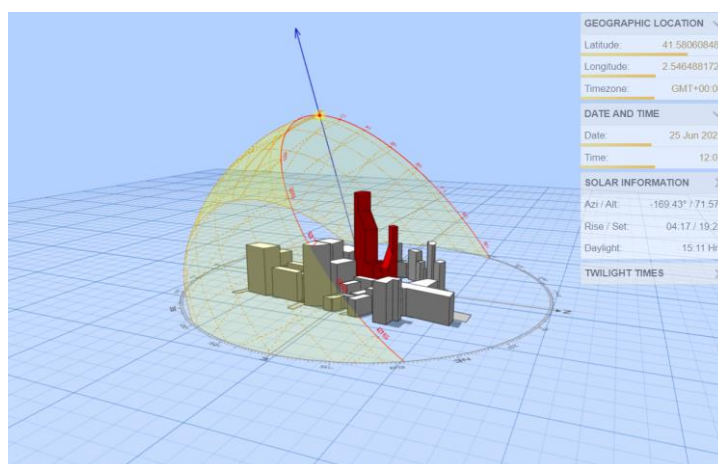


Figura 25. Radiació Solar Estiu. Font: [21]

La **figura 25** representa el comportament del Sol durant tot l'any al Maresme, concretament a la població d'Arenys de Mar. En aquesta imatge s'identifica el punt més alt on s'ubica el Sol i per tant on la radiació es més forta ja que els rajos incideixen amb la màxima perpendicularitat. Correspon a un dia de finals de Juny, concretament a les 12:00 h del mig dia.

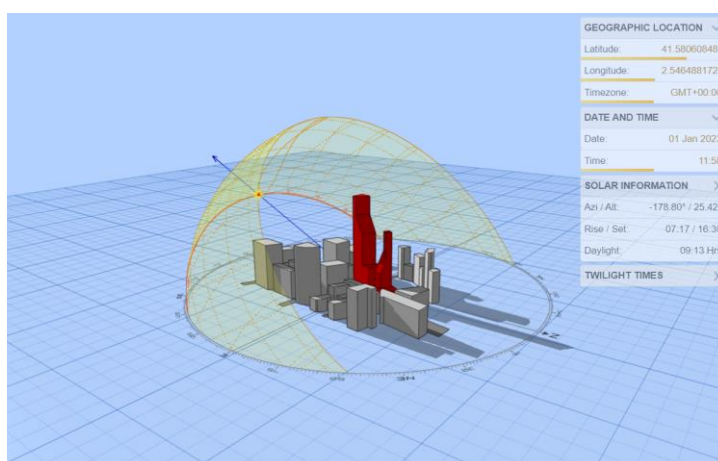


Figura 26. Radiació solar Hivern [21]

Per altra banda, s'observa en aquesta imatge que la ubicació de la fletxa per l'àrea que recórrer el Sol al llarg de l'any es diferent. En aquest cas el punt d'intersecció entre la fletxa

blava i l'àrea groga que representa el recorregut del Sol, es troba en un punt més baix. Aquesta imatge representa el primer dia de l'any a les 12:00 h del mig dia.

A través d'aquestes imatges s'observa la diferència de posició que té el Sol en funció de l'època de l'any. Per tant, aquest petit estudi realitzat per aquest software, permet extreure conclusions en relació al funcionament de l'estructura. És a dir, tot sistema de moviment que controlï el desplaçament en un sol eix (vertical) de l'estructura a dissenyar ha d'estar dissenyat per tenir un funcionament adwers, és a dir, en funció de l'època de l'any el desplaçament vertical o l'angle d'inclinació dels mòduls es totalment variable si es vol aconseguir un bon pic de producció.

Per realitzar correctament un estudi energètic d'aquesta proposta, s'han combinat diverses alternatives que permeten donar solució a la pregunta plantejada i corroborar que aquesta afirmació es correcte: "La perpendicularitat entre els mòduls i la radiació augmenta la generació energètica de la instal·lació".

Aquesta afirmació, a simple vista, sembla tenir sentit, ja que la radiació es més intensa quan la concentració que genera per metre quadrat es major. **La figura 27**, mostra com la mateixa quantitat de radiació impacta sobre una superfície amb diferent angle d'incidència, la qual cosa provoca que els rajos oblics, cobreixin mes superfície però amb la mateixa quantitat de radiació, per tant, la concentració de calor és menor per metre quadrat. Aquest fenomen explica la diferència principal entre un dia d'Estiu a les 12h del mig-dia i un dia d'Hivern a la mateixa hora.

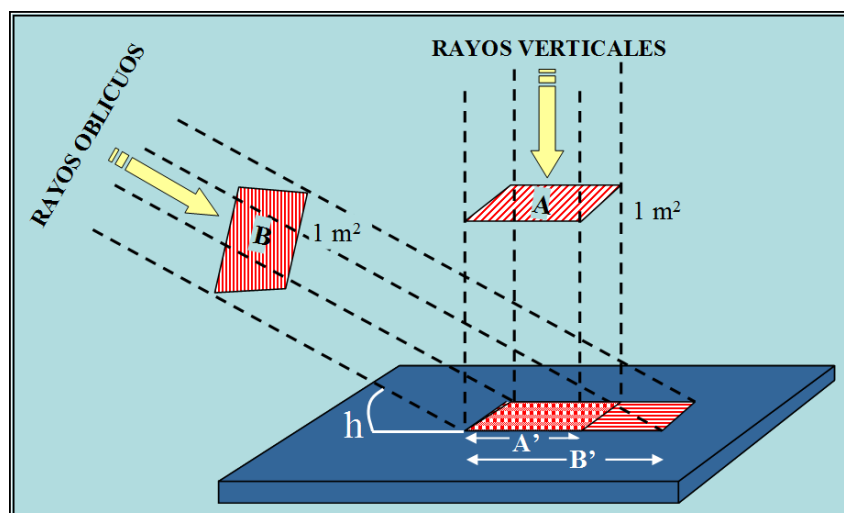


Figura 27. Angle d'incidència de la radiació solar sobre una superfície. Font: [22]

Un cop es coneix un dels factors principals que incideix directament en el comportament energètic dels mòduls, és important realitzar un estudi que pugui contrastar-ho. Per fer-ho, s'han realitzat un conjunt de simulacions amb un programa de simulacions anomenat PVSOL que permet dissenyar i dimensionar instal·lacions fotovoltaïques. És un software totalment validat i utilitzat per empreses per poder realitzar estudis amb precisió i proporcionar solucions de màxima qualitat.

Per poder realitzar correctament aquesta simulació s'han realitzat una configuració prèvia per a que tot el que simuli el programa sigui el més ajustat a la realitat. En aquesta configuració prèvia s'introdueixen dades com la ubicació on s'instal·la la instal·lació fotovoltaïca, el fabricant de mòduls amb el que es treballa, el model de mòdul( que ve acompanyat d'una configuració predeterminada amb totes les dades tècniques), la inclinació i orientació d'aquests, tipus de coberta on es treballarà, inversor a escollir, connexions que es realitzen entre l'inversor i els mòduls, pèrdues per caigudes de tensió i molts altres factors que són determinants per realitzar una correcte simulació. Evidentment, hi ha una sèrie factors que també són essencials però provenen d'una configuració predeterminada, com és la tensió a 230 V en corrent monofàsica, pèrdues degut a la desviació del espectre estàndard de la llum, pèrdues de potència per caigudes de tensió, pèrdues per embrutament dels mòduls, etc.

Tenint en compte que el mòdul no quedarà totalment recolzat sobre el balcó quan l'estructura es troba en la seva situació inicial o de repòs i que quan el sistema estructural elevi el conjunt de mòduls arribarà a elevar-se fins un angle determinat respecte l'horitzontal, els estudis que s'ha realitzat són en funció d'aquest marge d'inclinació que pot estar el mòdul en funció la posició en que es trobi el Sol. Per fer-ho s'han realitzat 12 simulacions exactament iguals però únicament amb una variant, la inclinació.

#### **Condicions invariables:**

- **Orientació:** Sud
- **Fabricant de mòduls:** Hyundai
- **Model:** Mòduls Hyundai HiE-S415VG
- **Connexió:** 4 microinversors Enphase
- **Caiguda de Tensió:** 3%
- **Pèrdues per embrutament:** 7%
- **Pèrdues per sombrejat:** 6%

- **Rendiment de la instal·lació:** 85%

**Condicions variables:**

- **Inclinació:** Estudi de 12 simulacions on varia la inclinació dels 5° als 60°, per tant s'han realitzat simulacions amb els següents angles d'inclinació: 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45°, 50°, 55°, 60°.

Aquest conjunt de simulacions, permeten estudiar amb precisió el comportament del sistema fotovoltaic que es vol estudiar, perquè més enllà del seu funcionament mecànic és important conèixer com es comporta energèticament.

Mitjançant el PVSOL, s'ha obtingut la producció energètica de la instal·lació al llarg de l'any, amb una precisió de càlcul que permet conèixer el seu valor per cada hora. Per tant s'obté un registre anual on apareix la producció de cada dia de l'any i a cada hora. Per exemple, a continuació, es mostra una imatge on es visualitza el comportament del sistema, segons diferents angles d'inclinació, el primer mes de l'any, el dia 1 de Gener, en un rang que oscil·la des de la 1:00 h fins les 11:00 h, on es pot observar que les primeres hores del matí la generació es nul·la ja que no hi ha radiació solar.

Mes	Dia	Hora	5º	10º	15º	20º	25º	30º	35º	40º	45º	50º	55º	60º	Màxim	Inclinació
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	8	2,51E-05	2,47E-05	2,40E-05	2,31E-05	2,20E-05	2,07E-05	1,92E-05	1,77E-05	1,60E-05	1,43E-05	1,26E-05	1,10E-05	2,5081E-05	5º
1	1	9	0,079636	0,080863	0,081779	0,082376	0,082649	0,082595	0,082216	0,081514	0,080496	0,079169	0,077545	0,075637	0,082649	25º
1	1	10	0,14038	0,15351	0,16572	0,1769	0,18699	0,1959	0,20357	0,20997	0,21504	0,21875	0,22109	0,22204	0,22204	60º
1	1	11	0,21087	0,22089	0,22985	0,23767	0,24431	0,24974	0,25391	0,25681	0,25842	0,25873	0,25773	0,25544	0,25873	50º

Figura 28. Resultats PVSOL. Font: pròpia

Per tant, mitjançant la imatge anterior s'indica com ha estat l'estudi que ha realitzat el programa tenint en compte que ha generat un anàlisi energètic dels 365 dies de l'any durant les 24 hores del dia. Un cop s'obtenen aquesta gran quantitat de valors, interessa ajustar i aproximar els càlculs cap a la resposta que s'està buscant. Per fer-ho, de cada valor obtingut en funció d'una inclinació determinada, en un mes concret, un dia i una hora determinada, interessa conèixer el valor màxim de producció. És a dir, el dia 1 de Gener, a les 9:00 h, hi ha un conjunt de simulacions realitzades en funció de la inclinació, doncs la intenció es trobar per quina inclinació és màxima la producció.

L'última columna que conté l'Excel un cop es tenen els màxims, és que per cada valor de màxim que s'ha obtingut, es coneixi l'angle d'inclinació que el correspon. (**Figura 28**). Un cop es tenen les màximes generacions i les inclinacions òptimes per fer-ho possible, falta comprovar fins a quin punt és important la perpendicularitat entre mòduls i radiació per augmentar el rendiment energètic de la instal·lació.

Paral·lelament, s'ha realitzat un altre estudi mitjançant un altre simulador, anomenat 3D Sun-Path. Aquest software permet conèixer com varia la posició de la Terra en relació al Sol durant tot l'any i com perjudica la radiació a aquest fenomen. **La figura 25 i figura 26** són dos representacions gràfiques d'aquest simulador, on s'aprecia com es la posició de la terra respecte el Sol al llarg de l'any la qual cosa com l'esser humà és el punt de referència que es troba dins la Terra ho interpreta com el canvi de posició del Sol en funció de l'època de l'any. És a dir, ubicant el punt de referència des de la Terra, aquestes dues imatges representen, com s'ha esmentat anteriorment, les èpoques de radiació més intensa tant com a l'Estiu com a l'Hivern, on el Sol es troba més alt i més baix respectivament. Un dels factors que permet conèixer és l'azimut, que es la desviació de la llum solar respecte el sud, i l'angle d'inclinació, que permet conèixer en quina posició es troba el Sol respecte la superfície.

Si es realitza una instal·lació totalment orientada a Sud, amb una rotació única de l'eix vertical, només s'aconseguirà la màxima perpendicularitat entre la radiació i els mòduls quan el Sol s'ubiqui al Sud; fenomen que únicament succeeix entre les 11:00h-12:00h de tots els dies de l'any. Per tant, si es vol obtenir una conclusió en relació a l'afirmació esmentada sobre la perpendicularitat, es precis realitzar un estudi de diferents dies de l'any, durant aquest marge d'hores, i conèixer el comportament de la radiació. Per poder contrastar la informació que mostren les dades del PVSOL, on s'han obtingut valors màxims de generació energètica en funció de diferents factors, com el mes, el dia, l'hora i la inclinació, es pretén realitzar un paral·lelisme amb el software esmentat anteriorment, el 3D Sun-Path.

Es coneix que els dies 21 de Juny i 21 de Desembre es produeixen els solsticis d'Estiu i d'Hivern respectivament, fenòmens naturals on al mig dia, el Sol, a l'Estiu, es troba en la posició més alta i per tant on la radiació és més intensa, i a l'Hivern, es troba en la posició més baixa. Per tant, tenint aquestes dades i per mantenint la periodicitat, mitjançant el 3D Sun-Path s'ha analitzat el comportament del Sol a les 12:00h de cada dia 21 de cada mes que té l'any. Quan es parla de comportament, únicament es tracta de conèixer l'azimut i l'angle

d'inclinació del Sol, on s'observa que la posició del Sol en aquest marge establert, únicament varia la seva posició a nivell vertical, on sempre manté la posició a Sud. A més, el fet de realitzar l'estudi entre solsticis permet conèixer el màxim desplaçament possible de la posició del Sol.

Per tant, per conèixer la inclinació teòrica òptima per garantir la perpendicularitat entre els mòduls i la superfície, si es coneix l'angle d'inclinació del Sol respecte la superfície, l'angle complementari que per tant garanteix la perpendicularitat, és l'angle dels mòduls. A continuació es mostra un exemple que mostra clarament l'exemple.

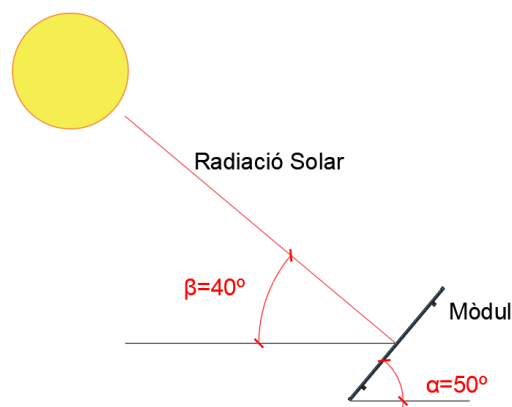


Figura 29. Perpendicularitat entre mòdul i radiació. Font: pròpia

Un cop s'obtenen els diferents angles del Sol respecte la Horitzontal, cal contrastar la informació amb les taules obtingudes al inici de l'anàlisi. Per recordar la informació obtinguda anteriorment, s'han realitzat un conjunt de simulacions que han permès extreure una sèrie de valors així com la màxima generació energètica que produeix la instal·lació durant els 365 dies de l'any i per ser més exactes, en funció de cada hora. Mitjançant aquest conjunt de valors, s'obtenen al mateix temps les diferents inclinacions del sistema estructural que donen sentit aquests pics de producció.

Finalment, per poder contrastar els resultats obtinguts, es realitza una taula comparativa entre els valors obtinguts a la simulació realitzada per el PVSOL i les dades extretes del 3D Sun-Path. Els valors aconseguits són els següents:

Mes	Dia	Hora	Angle sol (°)	Inclinació Mòdul Teòrica (°) (3D Sun Path)	Inclinació PVSOL (°)
1	21	12	28	62	60
2	21	12	38	52	55
3	21	12	48	42	45
4	21	12	60	30	35
5	21	12	68	22	25
6	21	12	72	18	15
7	21	12	70	20	25
8	21	12	61	29	30
9	21	12	49	41	40
10	21	12	37	53	55
11	21	12	28	62	60
12	21	12	25	65	60

Figura 30. Taula d'anàlisi de la perpendicularitat. Font: pròpia

Per tant mitjançant aquesta taula comparativa (**figura 30**), es pot determinar que els angles que permeten obtenir els pics de producció mes alts, corresponen als angles complementaris obtinguts en relació als diferents angles d'inclinació que experimenta el Sol segons diferents dies de l'any. Per tant, al ser complementaris, són perpendiculars amb la radiació solar, i per tant, es comprova que la màxima generació de potència ve donada per la perpendicularitat entre els mòduls i la radiació solar.

Arrel dels resultats obtinguts anteriorment, cal aprofundir en un últim concepte. Es coneix que el comportament de la instal·lació si presenta una rotació en l'eix vertical i quan la posició del Sol respecte a una superfície és a Sud, la generació es màxima quan hi ha perpendicularitat. Però es tracta d'assolir el màxim de generació energètica durant les màximes hores que es rep radiació solar. Per tant, és important realitzar un segon estudi on s'avalui el comportament de la generació quan no hi ha perpendicularitat entre els mòduls i la radiació solar. Per realitzar una aproximació aquest plantejament, s'ha realitzat la taula següent:

Mes	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	Màxim
1	95	105	115	123	131	137	143	148	152	155	157	158	158
2	115	124	132	139	145	150	154	158	160	161	161	161	162
3	174	182	189	195	200	203	205	206	206	205	202	199	208
4	217	222	226	229	230	230	229	227	223	218	212	204	233
5	251	253	254	253	251	248	244	238	231	222	213	202	257
6	250	251	250	248	245	240	234	227	219	209	198	187	253
7	274	275	276	274	271	267	262	254	246	236	225	212	279
8	232	236	239	241	241	240	237	233	228	222	214	205	244
9	184	190	196	200	203	205	206	206	204	201	198	193	208
10	142	151	159	166	172	177	181	184	185	186	185	183	187
11	99	109	117	125	132	138	143	147	150	152	154	154	155
12	83	93	102	111	118	125	131	136	140	143	145	147	147
Total	2116	2193	2255	2304	2340	2361	2369	2363	2343	2310	2264	2204	2490

Figura 31. Taula de generacions energètiques anual. Font: pròpia

\*Els resultats que es mostren a l'interior de la taula s'expressen en kWh/any\*

Aquests valors que es mostren a **la figura 31** son fruit de la suma de generacions energètiques de cada mes segons les diferents inclinacions. Aquesta taula permet observar com varia la producció energètica en funció de la inclinació en la que es troba el sistema estructural i a quin més de l'any. La taula de **la figura 31**, s'ha representat mitjançant un gràfic que permet interpretar amb més facilitat el concepte principal de les diferents columnes que defineixen la taula anterior.

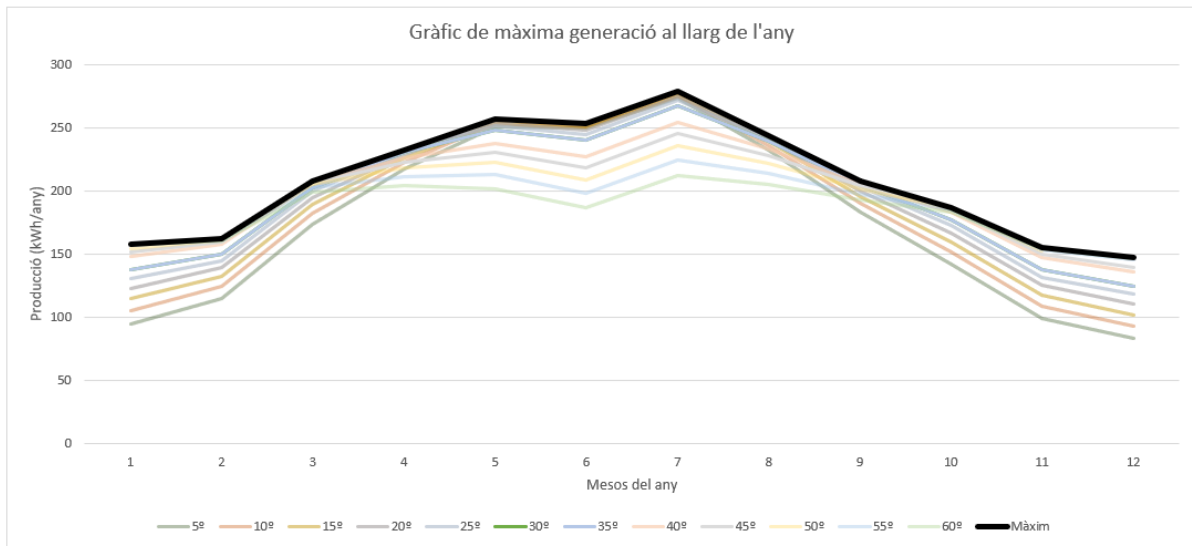


Figura 32. Gràfic de màxima generació al llarg de l'any. Font: pròpia

Com es pot observar a la figura anterior, s'hi representen un conjunt de valors que provenen de la taula esmentada anteriorment. Aquests valors de producció energètica corresponen a les diferents inclinacions utilitzades per realitzar la simulació inicial; dotze inclinacions que oscil·len dels 5° als 60°. Però una de les conclusions que s'extreuen més enllà de la informació esmentada anteriorment, és la línia negra que s'observa resseguint el contorn de la **figura 32**, que bàsicament indica la variació que hauria de tenir l'angle del sistema estructural perquè la producció energètica de la instal·lació fos màxima durant tot l'any. El que es pretén mostrar, es que cada inclinació segueix un recorregut independent durant tot l'any. En funció de cada època, la generació disminueix o augmenta en funció de la posició més òptima per la incidència de la radiació. En tot cas la línia de contorn negra permet obtenir una solució de màxima generació energètica durant tot l'any.

## 5.3. Selecció de components per dur a terme l'estudi

### 5.3.1. Mòduls

Actualment existeixen molts fabricants de mòduls en el mercat on la diferència entre els més competitius es pràcticament inexistent. Un dels factors que es tenen en compte a l'hora de seleccionar els mòduls és l'eficiència. No obstant, factors com la garantia, la qualitat del producte, el rendiment, la fiabilitat del fabricant son determinants per la selecció del millor mòdul del mercat.

Com s'ha pogut observar durant la presentació del marc teòric del projecte, s'esmenten diferents característiques dels mòduls que es tenen presents en el mercat com a motiu de comparació i competitivitat.

Avui en dia els fabricants de mòduls, excepte els que representen el punt més alt de la piràmide com és Sunpower, es troben en un rang de qualitat-preu molt ajustat. És a dir, cada fabricant a nivell individual sempre opta per la millora constant dels seus productes innovant amb certes característiques que proporcionen al mercat una nova alternativa en quant a millora de rendiment del mòdul ,eficiència, resistència, productivitat, etc.

Les empreses que es dediquen a la instal·lació de panells solars i enfoquen el seu producte a una classe mitjana-alta , normalment tendeixen a vendre un producte que s'ubica dins del rang de mòduls esmentats a la **figura 8**.

Dins del rang esmentat prèviament, hi ha una certa quantitat de fabricants que oscil·len entre les 10 primeres posicions en funció de les condicions esmentades prèviament. S'observa que la diferència entre la qualitat-preu és poc notòria, per tant, com a fabricant de fiabilitat i per la seva gran trajectòria en el món tecnològic, en aquest projecte s'opta per l'ús dels mòduls Hyundai.

Els mòduls que s'utilitzen per aquesta instal·lació són concretament els mòduls fotovoltaics Hyundai, **HiE-S415VG**. El nombre de tres xifres que s'indica en la nomenclatura del mòdul representa els Watts de potència que emet el mòdul com a potència nominal. Aquest model en concret, el "VG series" disposa de la potència de 395 W fins a 415 W. Són mòduls amb les mateixes dimensions, per tant, en aquest cas interessa seleccionar el més potent tenint en compte que el consum del habitatge, com s'ha comentat en el punt de partida, pot oscil·lar

entre els 2000 kWh/any i 3000 kWh/any de consum, i a més, la superfície limitada que es té per instal·lar els mòduls degut a que el sistema estructural on es recolzaran els mòduls s'ubica en el balcó, el qual la seva longitud és de 5 metres aproximadament.

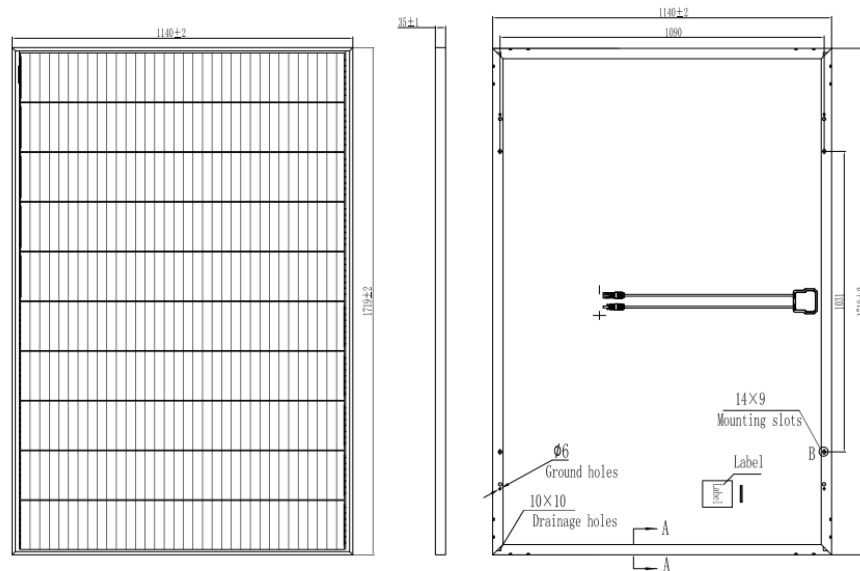


Figura 33. Característiques dimensionals mòduls (mm). Font: Fitxes tècniques

- **Tecnologia Shingle dels mòduls Hyundai**

Durant l'explicació del marc teòric i la presentació dels diferents aspectes que es tractaran durant el desenvolupament del disseny de la solució i tot el que comporta, s'ha comentat existeixen gran quantitat de fabricants de mòduls amb un ràtio de qualitat-preu molt similar. La diferència principal que els caracteritza són aspectes com la garantia, eficiència i durabilitat .

El factor principal que determina la seva qualitat i segurament diferències davant la competència, és la tecnologia que utilitzen. Els panells convencionals d'avui en dia utilitzen els “busbars” per conduir l'electricitat entre totes les cel·les que conformen el mòdul. Els “busbars” son prolongacions metàl·liques que recorren la superfície exterior del mòdul i s'encarreguen de distribuir els electrons per les cel·les fotovoltaïques. El principal problema que presenten, és que reben calor durant tot el dia, i com a conseqüència, per el simple fet de

ser metalls, es dilaten. Però en el moment en que tornen a recuperar temperatura més ambient, es contrauen, i aquests salts tèrmics provoquen esquerdes i per tant fractures en les cel·les. Aquest fenomen és degut a que els coeficients de dilatació del silici ( material de la cel·la ) i el “busbar” són diferents, factor que els perjudica ja que estan units per la mateixa soldadura i no poden estar exposats als mateixos canvis de temperatura.

Per tant, més enllà dels factors principals que s’han tingut en compte per escollir els mòduls Hyundai de la sèrie “VG”, una de les principals característiques a destacar dels mòduls de “VG series” és la tecnologia Shingle. Aquesta tecnologia permet la superposició dels mòduls mitjançant adhesius conductors i minimitza la part passiva de la superfície solar del mòdul, reduint al mínim la separació entre les cel·les. Aquest nou sistema de connexió entre les cel·les dels mòduls permet el contacte per les cantonades de les cel·les evitant el contacte entre elles ja que es superposen. D’aquesta manera s’augmenta el rendiment del mòdul, la potència per metre quadrat i s’eviten errors de soldadura.

### **5.3.2. Inversor**

L’inversor, com bé s’ha comentat anteriorment en el marc teòric, és també un dels components essencials de la instal·lació. La seva funció principal és transformar el corrent continu en altern.

Els mòduls són dispositius que estan connectats en sèrie, els quals les seves connexions són tan simples com un simple circuit elèctric de corrent continu. És a dir, estan interconnectats per un cablejat de corrent continua. Aquest cablejat és bàsicament un cable de polaritat positiva que connecta al terminal positiu del inversor i el cable de polaritat negativa connecta amb el terminal negatiu de inversor que permeten la connexió dels mòduls entre si i a l’hora derivar cap a l’inversor.

Aquests aparells disposen de controladors MPPT ( Maximum Power Point Tracking ) que s’encarreguen de seguir el punt més alt de potència segons les condicions que presenta el mòdul i per tant la potència que emet . En funció de les condicions ambientals, evidentment la irradiació no serà la mateixa i conseqüentment la generació d’energia. Per poder entendre correctament aquesta informació es presenta un gràfic d’un mòdul en concret, que presenta unes gràfiques de rendiment en funció de la intensitat i voltatge que presenta.

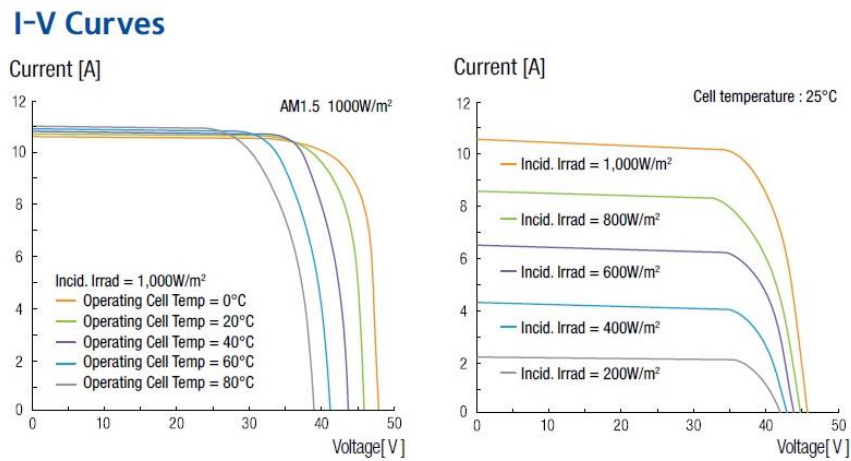


Figura 34. Corba de Voltatge-Intensitat mòduls Hyundai. Font: Fitxes tècniques

La imatge anterior pertany al conjunt de mòduls del fabricant Hyundai concretament de 395 W fins a 415 W. Les corbes que presenta l'anterior imatge explica el comportament dels mòduls en funció de la radiació que reben. Es poden apreciar comportaments en funció de la intensitat de corrent que circula i la diferència de potencial que manifesten. La imatge més important és la que es mostra al centre, la relació entre voltatge i potència. El MPPT (Maxim Power Point Tracking) o més conegut com a terme col·loquial com a 'seguidor' intenta assolir sempre el punt màxim de potència quan el mòdul es troba perjudicat per la disminució de la irradiació.

Principalment, els inversors han d'estar sotmesos a la temperatura ambient, considerant aquesta com els 20-25 graus centígrads. És important que independentment de l'època de l'any l'inversor no pateixi grans variacions de temperatura, ja que podria alterar el seu funcionament per possibles danys interns. És crucial que tingui una ventilació natural, és a dir que no sigui forçada. Per concretar més aquesta afirmació anterior, no és bo que l'inversor rebi la ventilació d'un ventilador, sinó que sigui ventilat per la pròpia corrent d'aire de l'exterior.

Per tant, com és lògic, si es necessiten recursos per evitar l'augment de temperatura de l'inversor, no es recomana la instal·lació d'aquests en exteriors on la radiació del Sol pugui impactar directament i, per tant, provocar l'augment de la seva temperatura; es pot instal·lar en exteriors, però sempre que sigui evitant les situacions anteriors.

Cal dir que disposen de sistemes de seguretat que permeten la protecció dels inversors en cas de possible pluja o pols. Aquests sistemes de seguretat acostumen a ser IP65 i IP66.

**IP65:** És un equip hermètic a la pols i protegit contra l'aigua projectada (pluja)

**IP66:** És un equip hermètic a la pols i protegit contra l'aigua projectada a més potència.

Tot i disposar d'aquests sistemes de seguretat, es recomana que no s'exposin a aquestes possibles situacions adverses i, per tant, que romanguin protegits i ubicats en zones segures.

Els conceptes esmentats anteriorment sobre les característiques principals dels inversors i quins són els factors que determinen el correcte funcionament d'aquest i per tant de qualsevol instal·lació fotovoltaica, són essencials per la informació que es presenta a continuació, on s'observen els principals motius de selecció del inversor adient per la instal·lació.

- **Condicions òptimes que necessita l'inversor**

Les condicions que presenta la superfície on s'ubica l'estructura solar, és a dir, el balcó, presenta una dimensió d'amplada de 5 metres. Per tant, tenint en compte que els mòduls es col·loquen sobre l'estructura un al costat de l'altre, amb un marge de 2 cm per els anclatges d'unió entre els mòduls, les dimensions totals de la instal·lació es veuen reflectides en la **figura 35**.

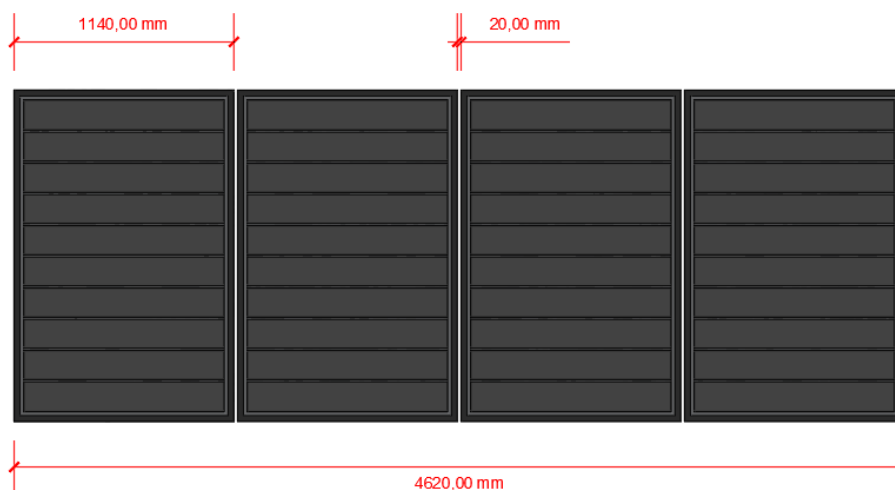


Figura 35. Dimensions instal·lació. Font: pròpia

El fet de que es realitzi el disseny sobre una superfície limitada per les seves dimensions, limita directament el nombre de mòduls que es poden instal·lar, la qual cosa indica la màxima potència que pot aportar la instal·lació, és a dir, la potència pic.

Per tant tenint en compte que s'instal·len quatre mòduls de 415 W, la potencia pic és la següent:

$$\text{Potència Pic} = \text{Nombre de mòduls} \times \text{Potència mòdul}$$

$$\text{Potència Pic (KWp)} = 4 \times 415 \text{ W} = 1660 \text{ W} = 1,66 \text{ KW}$$

La fitxa tècnica dels mòduls Hyundai, presenta característiques que són rellevants per el funcionament dels inversors. A continuació es mostra una imatge amb les característiques elèctriques del mòdul escollit.

Electrical Characteristics		Mono-Crystalline Module(HiE-S_VG)				
		395	400	405	410	415
Nominal Output(Pmpp)	W	395	400	405	410	415
Open Circuit Voltage(Voc)	V	46.3	46.4	46.5	46.6	46.7
Short Circuit Current(Isc)	A	10.92	10.97	11.02	11.07	11.12
Voltage at Pmax(Vmpp)	V	38.5	38.6	38.7	38.8	38.9
Current at Pmax(Impp)	A	10.26	10.36	10.47	10.57	10.67
Module Efficiency	%	20.2	20.4	20.7	20.9	21.2
Cell Type	-	PERC Mono-Crystalline Silicon Shingled				
Maximum System Voltage	V	1,500				
Temperature Coefficiency of Pmax	%/°C	-0.34				
Temperature Coefficiency of Voc	%/°C	-0.27				
Temperature Coefficiency of Isc	%/°C	0.04				

\*All Data at STC (Standard Test Conditions). Above data may be changed without prior notice.  
 \*Tolerance of Pmax:0~+5W.  
 \*Performance deviation of Voc[V], Isc [A], Vm [V], and Im[A]:±3%.

Figura 36. Característiques elèctriques del mòdul. Font: Fitxes tècniques

S'observa un conjunt de característiques elèctriques, però una de les més importants per al funcionament de l'inversor és el voltatge màxim que dona el mòdul per MPPT quan la potència és màxima, és a dir, el màxim voltatge que pot detectar el seguidor a l'entrada de l'inversor. Per tant, a la **figura 36** es pot observar que quan la potència és màxima el mòdul de 415 W té una diferència de potencial de 38,9 V.

Els inversors de 2 KW, deixant de banda els microinversors, necessiten un mínim de 120 V d'entrada per poder arrencar i una intensitat baixa. Per poder garantir que es compleix, els mòduls es connecten en sèrie i d'aquesta manera es manté la intensitat i es suma el voltatge.

$$\text{Voltatge a potència màxima (Vmpp)} = 38,9 \text{ V}$$

$$4 \text{ mòduls Hyundai } 415 \text{ W} = 38,9 \text{ V} \times 4 = 155,6 \text{ V} = \text{Potencial teòric}$$

$$\text{Potencial real} = 155,6 \times 0,8 = 124,48 \text{ V}$$

Les tres equacions anteriors mostren els càlculs que es realitzen per dimensionar correctament els inversors. S'observa que el potencial dels mòduls tenint en compte que es connecten en sèrie es de 155,6 V, però s'ha de tenir en compte que mai emeten el 100% dels valors teòrics sinó que aquests valors es redueixen al 80%, per tant, el potencial total dels mòduls és de 124,48V. Aquest valor determina que no es viable tècnicament l'ús d'un inversor de 2 KW per aquesta instal·lació ja que qualsevol error d'algun mòdul podria reduir el rendiment de la instal·lació i l'inversor no arrencaria tenint en compte que el potencial mínim d'entrada és de 120 V.

Com s'ha comentat anteriorment, s'ha realitzat un estudi energètic amb 12 inclinacions diferents de 5° a 60°. Per fer-ho s'ha realitzat una configuració ajustada a la situació d'estudi, on es selecciona el mòdul que s'utilitza per l'estudi, la potència, la inclinació, orientació, ombrejat i rendiment. Seguidament es selecciona l'inversor que s'adapta millor a la instal·lació en funció dels mòduls que s'utilitzen i s'estudien les connexions de la instal·lació. Per tant, tot i haver comprovat prèviament, mitjançant breus càlculs, que un inversor de 2 KW no és factible, mitjançant el software de càlcul analític, s'ha contrastat la informació.

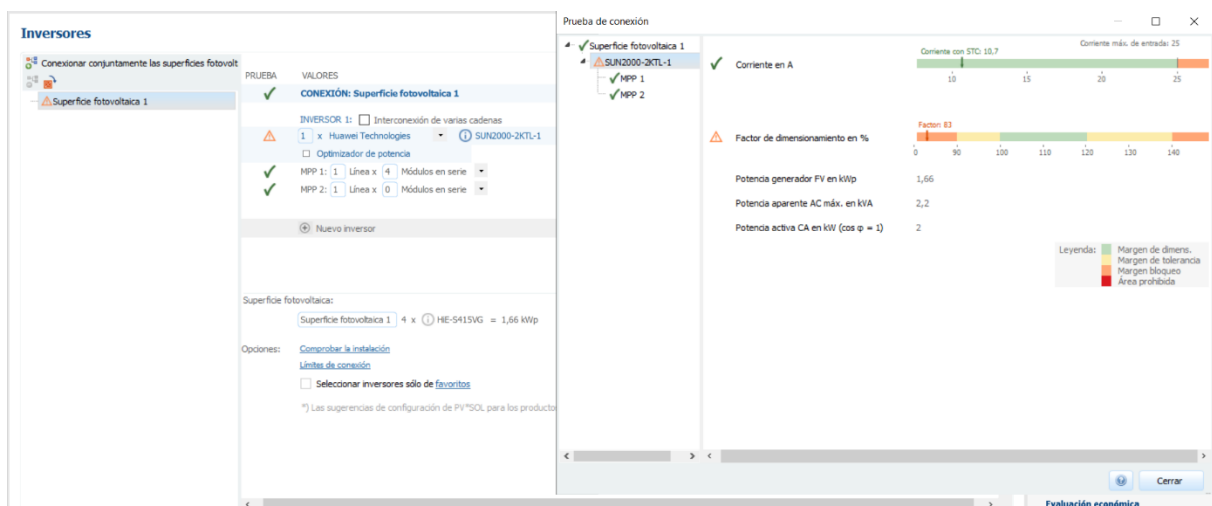


Figura 37. Problemes de simulació. Font: PVSOL

Aquesta imatge forma part del procés de simulació on concretament s'ha de seleccionar l'inversor corresponent per poder convertir l'energia en forma de corrent continua que prové dels mòduls a corrent alterna. Els inversors de baixa potència, mínimament poden generar

2KW de potència, la qual cosa indica la capacitat de d'energia en forma de potència que poden entregar a través de corrent alterna. Tenint en compte l'estudi que es realitza per el disseny del sistema estructural, els mòduls que s'utilitzen, esmentats anteriorment, son capaços d'entregar una potència nominal de 415 W. Per tant, una de les conclusions que s'extreu és que en aquest cas en concret, es necessita l'ús de microinversors, els quals el seu funcionament és exactament igual que el d'un inversor central, on la principal diferència existent és que els microinversors individualitzen el funcionament dels mòduls.

Un inversor central conté connexions de mòduls connectats en sèrie, per tant, quan un mòdul es veu afectat per ombres, pot perjudicar directament el funcionament de tota la línia de mòduls connectada a la mateixa entrada del inversor, ja que la baixada d'intensitat d'un mòdul, perjudica directament a tots els que es troben connectats en sèrie.

En el cas d'estudi, la instal·lació consta de 4 mòduls on el conjunt de potència generada per aquests no compleix amb els requisits que necessita un inversor central per arrencar. A part, tot i que fos possible, el marge d'error seria tant petit que qualsevol fenomen que pogués perjudicar al mòdul, bloquejaria el funcionament de tot el sistema. L'ús de microinversors per la realització d'aquest disseny és la solució més òptima tenint en compte que individualitzen el funcionament de cada mòdul i per tant no depenen de les condicions del altres.

Els microinversors seleccionats, concretament del fabricant " Enphase " són capaços de generar una potència de 450 W davant dels 415 W que poden generar els mòduls en concepte de potència nominal, ja que la potència real és menor.

El motiu per el qual s'ha escollit el fabricant Enphase per l'ús dels microinversors es per la seva fiabilitat en la indústria. És un producte que prové de l'empresa Enphase Energy, la qual fou fundada al 2006 i va ser la primera fundadora de microinversors del mercat. Segueixen demostrant que són líders indiscutibles del sector gràcies a el compromís que tenen amb la innovació.

## **6. Metodologia**

En aquest capítol s'esmenten diversos processos que es realitzaran per tal d'assolir els objectius plantejats. Per tant, si l'objectiu principal d'aquest projecte és donar resposta a una qüestió plantejada, cal seguir una sèrie de processos que permetran obtenir els màxims resultats possibles.

El plantejament inicial abans de començar un projecte és identificar el problema que es planteja i conèixer el resultat que es vol obtenir. Per tant, es important contextualitzar el problema i definir-lo.

Un cop es planteja el problema, cal conèixer els objectius que es pretenen assolir i definir-los correctament, ja que tot objectiu a complir, ha de ser resolt en el temps de realització del projecte.

Els objectius són la base de motivació del projecte ja que són la previsualització del resultat final que es vol obtenir. De totes maneres, abans de definir el producte, cal contextualitzar-lo i conèixer la competència que l'acompanya. En tot cas de no haver-hi competència, cal conèixer les patents que puguin relacionar-se amb el producte per evitar qualsevol inconvenient en la realització del projecte.

Un cop s'analitza el producte i es coneix la competència, és moment de començar a complir els objectius plantejats. És possible que durant la realització del projecte puguin aparèixer certs inconvenients que modifiquin el resultat final de la solució. Un cop es tenen alguns aspectes plantejats, abans de començar amb el disseny del sistema estructural, cal indicar mitjançant un estudi energètic la resolució d'un dels objectius principals, on es determina la viabilitat tècnica del projecte i per tant s'extreuen conclusions que permeten enfocar el disseny d'una manera o una altre. A part si abans de realitzar el disseny ja es tenen idees plantejades, cal centrar l'estudi en qualsevol proposta que s'ha plantejat inicialment per així poder corroborar la seva viabilitat.

En funció dels resultats obtinguts es realitzarà un plantejament o un altre, però en cas de ser els resultats esperats, es procedirà amb el disseny de l'estructura.

El procés de disseny de l'estructura és possiblement el més complex ja que reuneix part del temps de realització del projecte. En aquest apartat del projecte, es realitzaran simulacions al mateix temps que es realitza el disseny per tal de comprovar que el funcionament del sistema es correcte. En el cas que es detectin errors, cal tornar al inici i analitzar d'on provenen.

A continuació es mostra un esquema més visual de la metodologia que es segueix durant el transcurs del projecte, principalment centrat en el desenvolupament del disseny estructural.

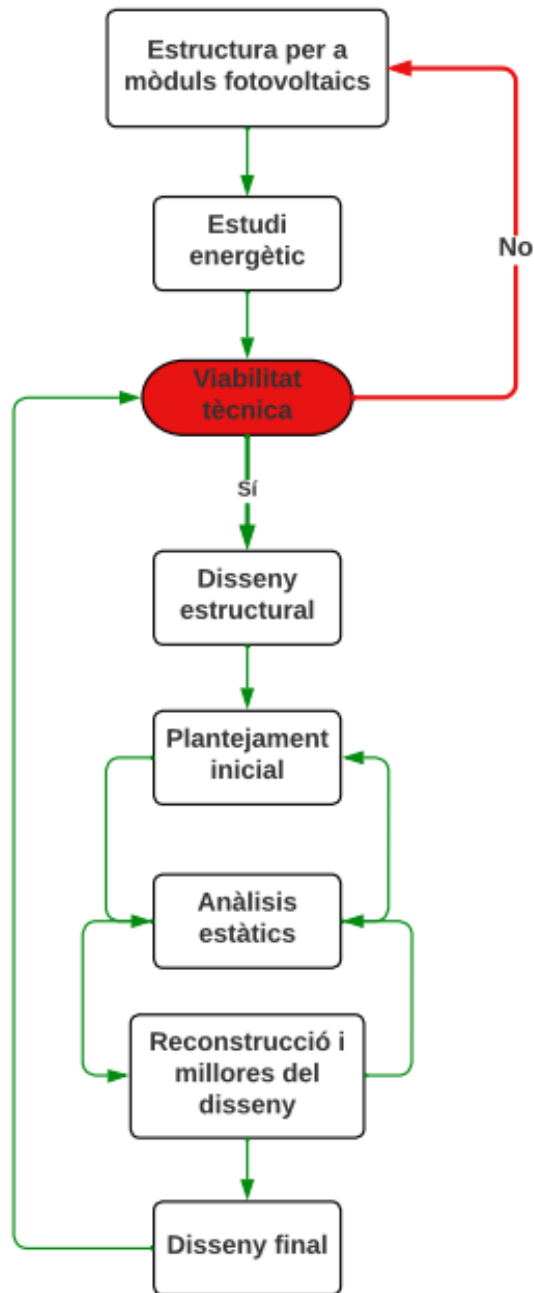


Figura 38. Metodologia a seguir per el desenvolupament del disseny estructural. Font: pròpia



## **7. Disseny estructural**

### **7.1. Punt de partida**

El principal objectiu d'aquest projecte, com s'ha comentat des de els inicis, és el disseny d'una estructura que permeti la oscil·lació vertical dels mòduls fotovoltaics i com a conseqüència una millora del rendiment energètic. Com s'ha observat anteriorment, s'ha realitzat un estudi energètic que contempla la viabilitat tècnica del projecte i per tant, mostra mitjançant una conclusió extreta de diferents càlculs analítics, una solució a situacions adverses que no permetin la instal·lació convencional de mòduls fotovoltaics. El plantejament que es proposa és una opció poc vista avui en dia, on es selecciona una tècnica paral·lelament utilitzada per un altre tipus d'estructura ubicada normalment en els balcons dels blocs de pisos.

Els tendals són uns mecanismes utilitzats principalment per protegir els elements que es troben a l'interior de les terrasses, del impacte de la radiació solar, el vent i la pluja. Avui en dia existeixen diferents mecanismes que accionen el moviment d'aquestes estructures, però, la més coneguda es basa en una barra que uneix l'accionament per part d'una persona i el desplaçament longitudinal de la lona. Tenint en compte que és un sistema el qual el seu objectiu es protegir de la radiació, implica directament que esta dissenyat per evitar la entrada dels rajos solars. Aquest fenomen permet deduir que un dels factors principals que interessa en aquest projecte, és el disseny d'un sistema que permeti aprofitar la màxima radiació durant les hores de màxima radiació que té un dia.

Per tant, un cop extreta aquesta conclusió, cal plantejar una solució més elaborada tenint en compte la idea principal mostrada.

### **7.2. Plantejament inicial**

Un cop esmentada la idea principal del disseny, s'han realitzat diferents plantejaments que permetin l'oscil·lació vertical del conjunt. Els mecanismes de desplaçament que s'ha tingut en compte a l'hora de realitzar els esbossos inicials que permeten una visualització molt més efectiva del disseny són: mecanisme de cremallera, mecanisme de tisora i mecanisme de cargol sense fi. Evidentment, hi ha infinits mecanismes que poden donar solució a aquest

projecte, però principalment s'han tingut en compte aquests tres. La selecció final del mecanisme utilitzat s'ha realitzat en funció de les prestacions econòmiques i la comoditat que pot oferir en ús.

### 7.2.1. Modalitat sistema mecànic de cremallera

El mecanisme de cremallera per estructures s'utilitza principalment per la transmissió d'un moviment circular a un moviment lineal. Utilitza un sistema que permet el moviment d'un engranatge de forma guiada per una prolongació, la cremallera. Aquest mecanisme s'ha plantejat com a possible sistema mecànic de desplaçament ja que presenta una possible solució als objectius plantejats. Cal transmetre un moviment des de la zona on s'ubica la persona, que es troba a l'interior del balcó, cap a l'estructura que es troba fixada a la part de la façana que correspon al balcó.

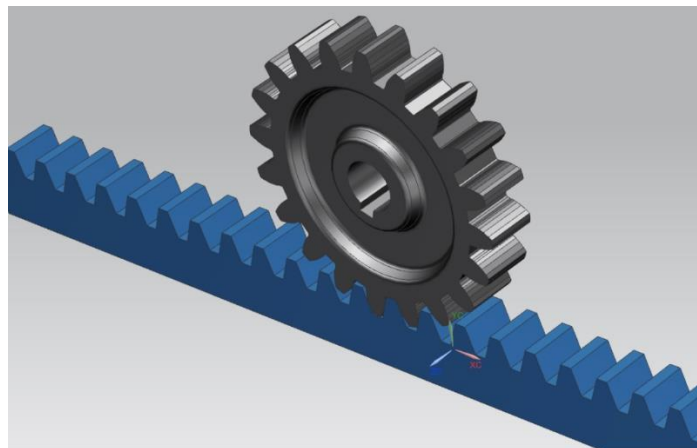


Figura 39. Mecanisme de cremallera. Font: [23]

El sistema constaria de dos cremalleres a cada extrem de l'estructura que servirien de guia per el desplaçament vertical dels mòduls. Per cada una d'aquestes cremalleres, circularien dos engranatges que anirien connectats mitjançant un eix que travessaria transversalment l'estructura. Al centre d'aquest eix i hauria un altre engranatge que seria el punt de connexió més important, ja que permetria combinar l'accionament de la persona amb el desplaçament vertical dels mòduls.

Aquest sistema, tot i resultar ser efectiu, presenta un cert inconvenient, que va relacionat amb el volum que podria ocupar l'estructura un cop es vulgui recollir. Les cremalleres tot i ser molt funcionals, un cop els mòduls es trobessin en situació de repòs, és a dir, totalment paral·lels a façana, quedarien totalment esteses i per tant podrien ser un inconvenient per

l'impacte visual de la façana, que és un factor molt important que tenen en compte la majoria d'ajuntaments a l'hora de legalitzar una estructura. La normativa que regula la construcció d'estructures pot variar en funció de la ciutat o país on es trobi l'edifici, tot i que generalment es busca garantir la seguretat i l'estètica de l'edifici. Aquesta normativa acostuma a trobar-se al Pla d'Ordenació Urbanística Municipal (POUM), concretament a la secció de normativa urbanística.

El sistema mecànic esmentat és un sistema complex la qual cosa implica un cost elevat en comparació a altres sistemes. Aquest tipus de sistemes necessiten estar protegits de la intempèrie per evitar l'acumulació de pols i brutícia que puguin perjudicar el funcionament del sistema de desplaçament. A més, són sistemes mecànics que degut al seu mètode de funcionament necessiten una correcta lubricació per evitar el desgast i augmentar la fricció entre les parts de màxim contacte.

### **7.2.2. Modalitat mecanisme de tisora**

Com a segona opció, es presenta un altre sistema mecànic en forma de tisora. Aquest tipus de mecanisme s'utilitza en diverses aplicacions per crear una connexió sòlida i resistent entre dos elements estructurals que necessiten suportar càrregues pesades i la resistència de forces a diverses direccions. Un dels exemples més visuals i representatius d'aquests mecanismes són els elevadors hidràulics que permeten l'elevació d'objectes pesats o persones ja que proporcionen una elevació estable i capaç de suportar càrregues elevades.

Per el que correspon a la idea de disseny plantejada, s'opta per una alternativa que sigui capaç de complir amb els objectius plantejats; l'elevació vertical d'una estructura mitjançant un moviment relativament senzill per part de l'usuari. El plantejament que es proposa és el següent.

Es tracta d'una estructura fixada a la façana per la qual recorre un eix en direcció vertical totalment adherit al balcó. Aquest eix s'encarrega de transmetre el moviment circular de l'usuari a tot el sistema estructural. Un cop es realitza la maniobra de gir des de la manovella, aquest eix transmet el moviment circular a un engranatge helicoidal que es troba al final d'aquest. A través d'un sistema d'engranatges helicoidals d'eixos creuats, es transmet el moviment de l'engranatge amb eix transversal al engranatge amb eix longitudinal.

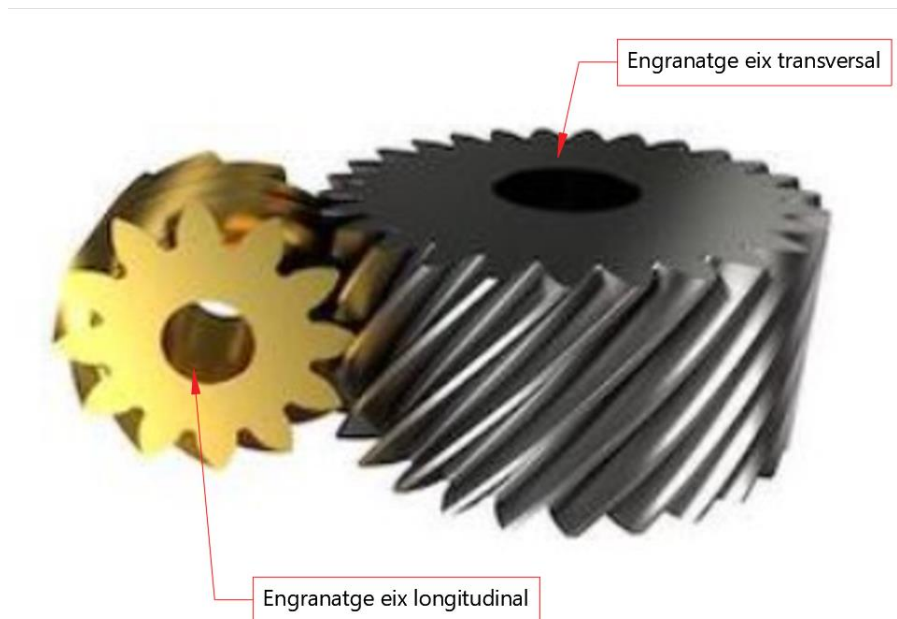


Figura 40. Gir d'engranatges amb eixos perpendiculars. Font: pròpia

Al mateix temps que el engranatge amb eix transversal es troba fixe a l'eix de rotació principal, l'engranatge amb eix longitudinal es troba fixat a l'extrem d'un cargol sense fi. Aquest cargol sense fi, a cada extrem, conté els denominats braços de la tisora, que representen la part de l'estructura que permeten la variació d'inclinació dels mòduls mitjançant els moviments de retracció i extensió. El cargol sense fi, mitjançant el seu gir produït per el moviment dels engranatges, genera el moviment lineal dels braços de la tisora i per tant es completa el moviment total del mecanisme. Finalment, com aportació extra, cal esmentar que els mòduls anirien subjectes als braços de la tisora a través d'una estructura per diferents sistemes d'anclatge.

Aquest mecanisme, tot i resultar ser molt efectiu, cal tenir en compte que es pretén ubicar sobre balcó, per la qual cosa és molt important valorar el comportament que podria experimentar en concepte de sobrecàrrega ja que podria comprometre l'estabilitat de l'estructura. En casos extrems es podria donar lloc a deformacions o desplaçaments o fins i tot a la fallada del balcó. Cal tenir en compte que és una estructura que ha d'estar dissenyada per suportar càrregues descendents accionades per el propi pes dels components que la conformen i a més, per l'acció dels agents externs, com per exemple, el vent. Per tant, tot i ser un mecanisme estable, segurament hauria d'anar reforçat per altres components estructurals per possibles esforços de succió i compressió. A més, el fet de resultar una estructura complexa a

nivell estructural, implica un gran volum a la intempèrie, la qual cosa generaria problemes per la seva instal·lació, manteniment i reparació. A part, per donar èmfasi aquest inconvenient, cal tenir en compte que per legalitzar correctament una estructura, cal regir-se per la normativa local i els codis de construcció corresponents. A tot això, independentment dels inconvenients esmentats anteriorment, es considera un bon sistema mecànic per emprar en el disseny però podria esdevenir una inversió econòmica significativa.

### **7.2.3. Modalitat cargol sense fi**

Per últim, es mostra el sistema mecànic escollit per al desplaçament de l'estructura. Un mecanisme senzill en quant a components i per tant implica una millora econòmica en comparació als models esmentats anteriorment. Es tracta d'un mecanisme que utilitza la modalitat del cargol sense fi. Principalment consta d'una base fixada a la paret que permet mantenir el conjunt de l'estructura en equilibri. La part mòbil, que representa la que permet el desplaçament vertical dels mòduls, es recolza a la part fixe mitjançant una prolongació de metall. Aquesta part mòbil, es tracta d'una estructura rectangular sobre la qual s'ubiquen els mòduls i per el mig d'aquesta travessa el cargol sense fi. Per aquest cargol sense fi, travessa una peça mecanitzada unida a la prolongació de metall que es recolza sobre la paret fixa, que per tant, mitjançant el seu desplaçament longitudinal, possibilita la variació en la inclinació del conjunt. El gir del cargol sense fi es dona gràcies a la maniobra de rotació que genera la persona mitjançant la manovella d'accionament. Tenint en compte que pot resultar ser una explicació confusa, a continuació es mostren un conjunt d'imatges amb aquesta modalitat mecànica de desplaçament, on es mostra el funcionament essencial de l'estructura.

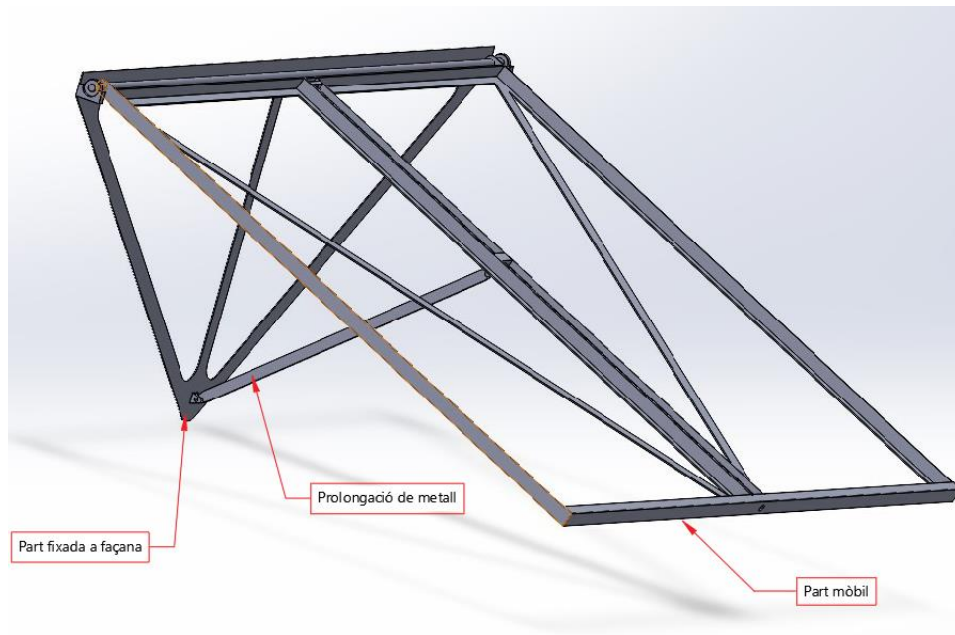


Figura 41. Disseny inicial estructura, vista 3D. Font: pròpia

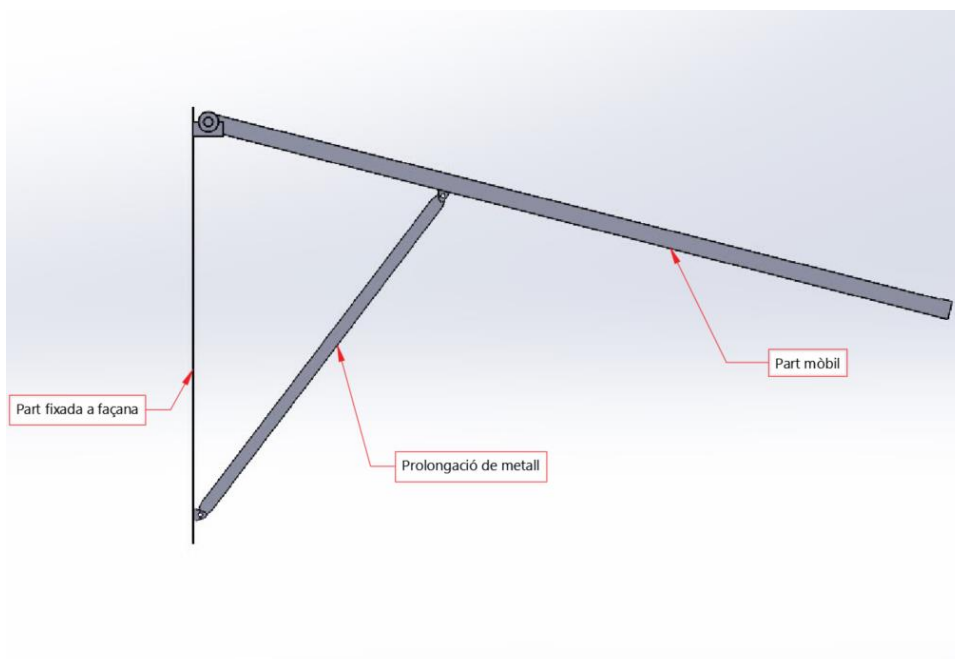


Figura 42. Disseny inicial estructura, vista perfil. Font: pròpia/SolidWorks

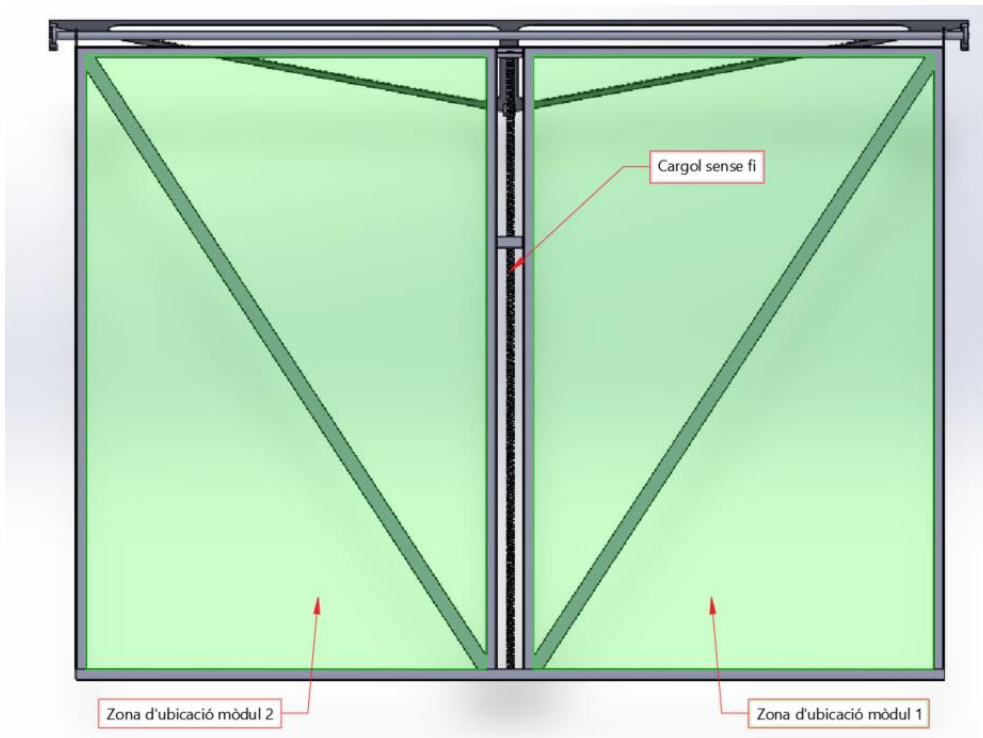


Figura 43. Disseny inicial estructura, vista en planta. Font: pròpia/SolidWorks

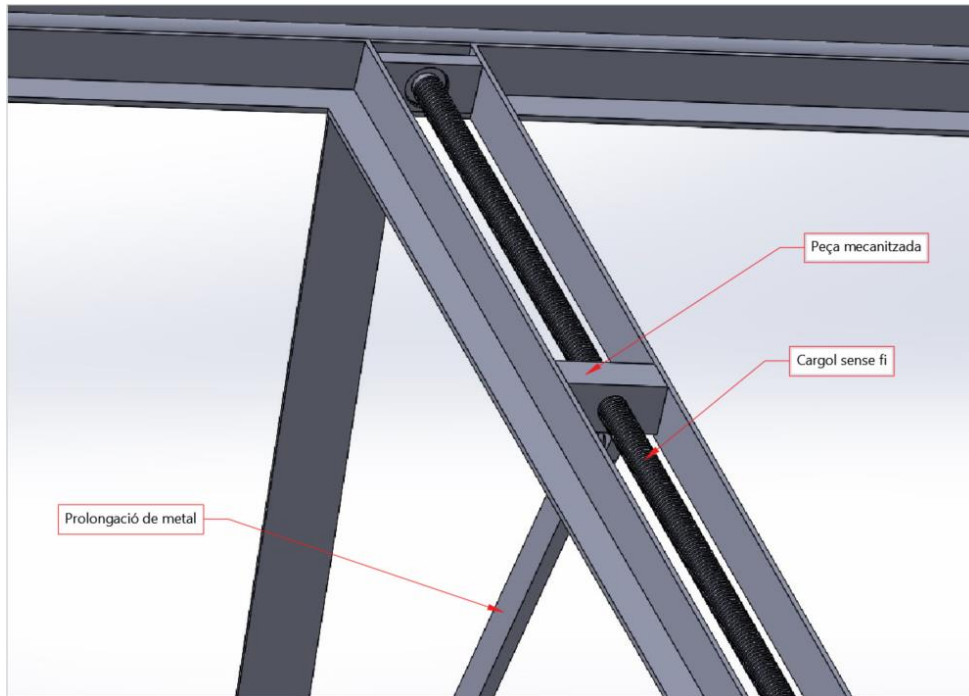


Figura 44. Disseny inicial estructura, vista ampliada. Font: pròpia/SolidWorks

Cal tenir en compte que en tot moment cal prioritzar les comoditats que pot oferir aquest producte en cas de que sigui objecte de mercat. Per tant, cal desenvolupar un sistema on principalment es centri l'atenció en un ús còmode. Com s'ha comentat en l'apartat anterior, el punt de partida, el plantejament inicial o idea paral·lela que ha recolzat els plantejament d'aquests tres mecanismes esmentats prèviament, és intentar crear un sistema que sigui molt semblant al que s'utilitza avui en dia per el desplaçament longitudinal del tendal. Tot i que sigui un sistema molt més senzill, aquestes estructures utilitzen una relació entre el braç d'una persona ( moviment circular ) i l'avenç de la lona ( desplaçament longitudinal ). Tot i que les imatges anteriors representin un plantejament inicial del disseny, es pot observar quin és el mecanisme a utilitzar per el desplaçament vertical dels mòduls. Posteriorment, en els següents apartats, es mostren els diferents càlculs que es realitzen per adaptar la força realitzada en maniobrar la manovella, ja que es pretén adaptar en tot moment a una població general. A part, es realitzen estudi estàtics i dinàmics per millorar la composició estructural de tot els components que formen l'estructura ja que han d'estar sotmesos al pes de la pròpia estructura, els mòduls, i altres accions d'agents externs.

### **7.3. Estudi del plantejament inicial**

Anteriorment s'ha presentat el plantejament inicial de l'estructura en qüestió on s'observa un mecanisme de funcionament alternatiu per el desplaçament dels mòduls. Però com bé indica l'apartat, es tracta d'una primera proposta on únicament es mostra una idea sobre la qual es pot treballar i indagar. Un cop es presenta una primera idea completa, cal estudiar el comportament d'aquesta a diferents esforços. Per tant, principalment és important conèixer el comportament de l'estructura sense la presència d'agents externs com són la neu i el vent.

Per iniciar correctament l'estudi, cal esmentar una sèrie de dades que s'han tingut en compte per poder executar-lo correctament. Com s'ha comentat durant el desenvolupament del projecte, per poder dissenyar correctament una estructura totalment funcional i ubicada a la intempèrie cal que compleixi un conjunt de condicions i requisits per garantir la seguretat i la estabilitat.

- **Ductilitat:** Cal que sigui un material que tingui una bona resistència estructural, és a dir, tècnicament parlant que sigui dúctil. Aquesta característica determina si el

material es capaç de resistir o no a les forces, tensions o deformacions a les quals està exposat.

- **Resistència a la corrosió:** L'estructura dissenyada es troba exposada a l'aire lliure, la qual cosa implica l'ús d'un material resistent a la corrosió. Cal tenir en compte que els estudis energètics que s'han realitzat són a poblacions del Maresme, on predomina la Costa, la qual cosa indica un contacte molt estret amb la humitat.
- **Estabilitat estructural:** Ús d'un material que no es deformi ni cedeixi amb el pas del temps per possibles variacions de temperatura que puguin generar contraccions o dilatacions del material que puguin alterar la seva composició estructural o càrregues permanents que puguin deformar-lo.
- **Lleugeresa:** Ús d'un material que a part de complir amb les característiques esmentades anteriorment, sigui lleuger per la seva instal·lació per part dels operaris i per reduir la càrrega total del balcó.

Per el que es coneix a la indústria com a material més complet en reunir aquest conjunt de característiques és l'acer inoxidable. Els més destacats a observar per el plantejament inicial d'aquest projecte són l'AISI 304 i el 316. Tot i que presenten característiques pràcticament iguals, tenint en compte que estan compostos per aliatges amb la mateixa composició d'elements, l'acer 316 conté molibdè, que atorga al material una màxima resistència a la corrosió. Per tant, si es tracta d'una estructura que es troba totalment exposada a l'exterior, és important tenir-ho en compte. A més una de les característiques més a destacar d'aquest material, que acostuma a estar molt sol·licitada per el mercat, és l'acabat superficial.

Els primers estudis estàtics s'han realitzat mitjançant Acer AISI 316 amb les següents propietats:

<i>Propietat</i>	<i>Valor</i>	<i>Unitats</i>
<i>Mòdul elàstic</i>	1,929999974 e+11	N/m <sup>2</sup>
<i>Coefficient de Poisson</i>	0,3	N/A
<i>Límit de tracció</i>	550000001,7	N/m <sup>2</sup>
<i>Límit elàstic</i>	137895145.9	N/m <sup>2</sup>
<i>Mòdul tangent</i>	-	N/m <sup>2</sup>
<i>Coefficient d'expansió tèrmica</i>	1,6 e-05	/K
<i>Densitat de massa</i>	8000,000133	Kg/m <sup>3</sup>
<i>Factor d'enduriment</i>	0,85	N/A

Taula 1. Propietats acer inoxidable 316. Font: pròpia

Un cop es mostren les propietats del material utilitzat, per conèixer el comportament de l'estructura, és necessari analitzar-la segons l'acció de les càrregues permanents com és el propi pes de l'estructura i el pes dels mòduls, per així observar com reacciona a aquestes forces.

Per realitzar correctament aquest estudi, s'han dut a terme quatre estudis estàtics. Com s'ha observat en l'estudi energètic, les inclinacions mínimes i màximes de l'estructura seran de 5° i 60° respectivament. Per tant, s'ha considerat a l'hora de realitzar la primera simulació del disseny, que caldria conèixer el comportament de l'estructura en el seu punt de màxima extensió, amb inclinació de 5°, i en el seu punt de recollida o màxima inclinació de 60°. Per el que correspon al estudi restant, de 25° d'inclinació de l'estructura, es realitza per avaluar el comportament de l'estructura quan es troba en un punt entremig de la trajectòria. Cal recordar que el mètode utilitzat per assignar els graus d'inclinació de l'estructura i com a conseqüència dels mòduls, es pot observar a la **figura 24** del document.

S'han utilitzat principalment dos factors per analitzar inicialment el comportament de la proposta inicial: Tensió de Von Mises i la deformació.

La Tensió de Von Mises permet analitzar la resistència a la fractura d'un material, és a dir, la ductilitat. Si la tensió de Von Mises en aquell punt analitzat de l'estudi és igual al límit elàstic del material, indica que el material comença a cedir i presenta deformacions significatives.

$$\sigma_{\text{vonmises}} \geq \sigma_{\text{límit elàstic}}$$

Com a conseqüència es pot calcular el factor de seguretat de la zona analitzada mitjançant la següent equació:

$$FDS = \frac{\sigma_{\text{límit elàstic}}}{\sigma_{\text{vonmises}}}$$

- Un factor de seguretat inferior a 1.0 en una ubicació significa que el material que es troba en aquesta ubicació ha fallat.
- Un factor de seguretat d'1.0 en una ubicació significa que el material que es troba en aquesta ubicació ha començat a fallar.
- Un factor de seguretat superior a 1.0 en una ubicació significa que el material que es troba en aquesta ubicació és segur.

Les condicions inicials que s'han tingut en compte per realitzar les simulacions son les següents:

- Assignació de subjeccions mitjançant una geometria fixa a la part triangular de l'estructura ja que serà la zona de contacte amb el balcó i per tant quedarà totalment fixada.

- Tenint en compte el propi pes de l'estructura, calculat a partir de la densitat del material utilitzat i el volum que ocupa, mitjançant l'acceleració de la gravetat, és pot conèixer la força que exerceix sobre el conjunt.
- Finalment es calcula la quantitat de massa addicional que actua sobre l'estructura. En aquest cas, com s'ha esmentat anteriorment, l'estudi energètic s'ha realitzat amb mòduls Hyundai de 415 W (**HiE-S415VG**). A la fitxa tècnica d'aquests mòduls es pot observar que tenen una massa de 22 Kg.

## 7.4. Simulacions

### Estudi inicial – Inclinació 5°

#### Tensió de VonMises:

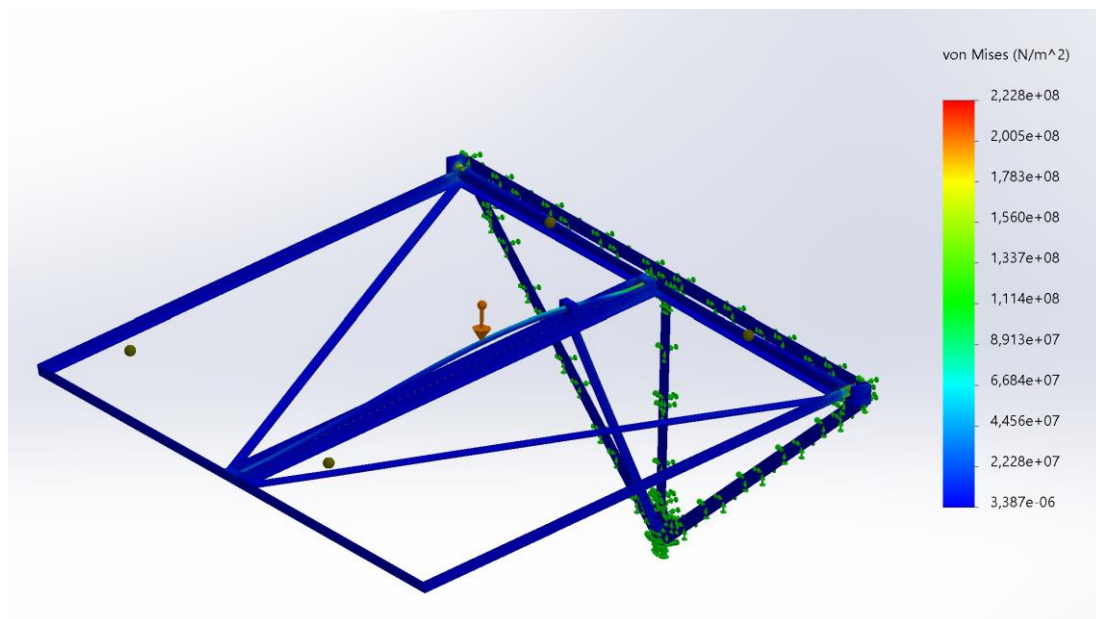


Figura 45. Tensió Von Mises inclinació 5°. Font: pròpia

**Deformació:**

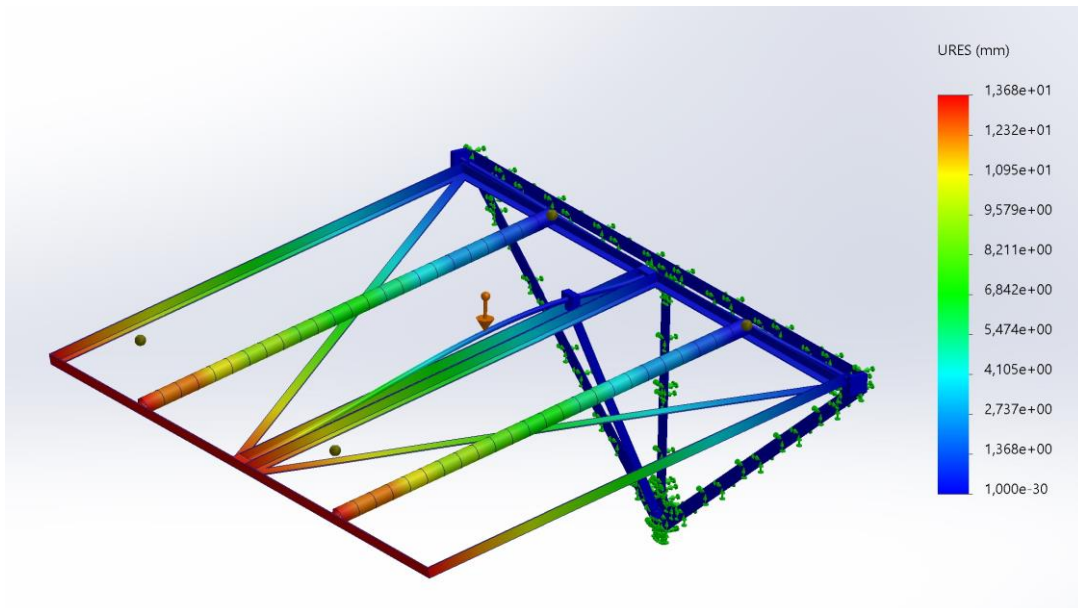


Figura 46. Deformació inclinació 5°. Font: pròpia

**Von Mises Eix:**

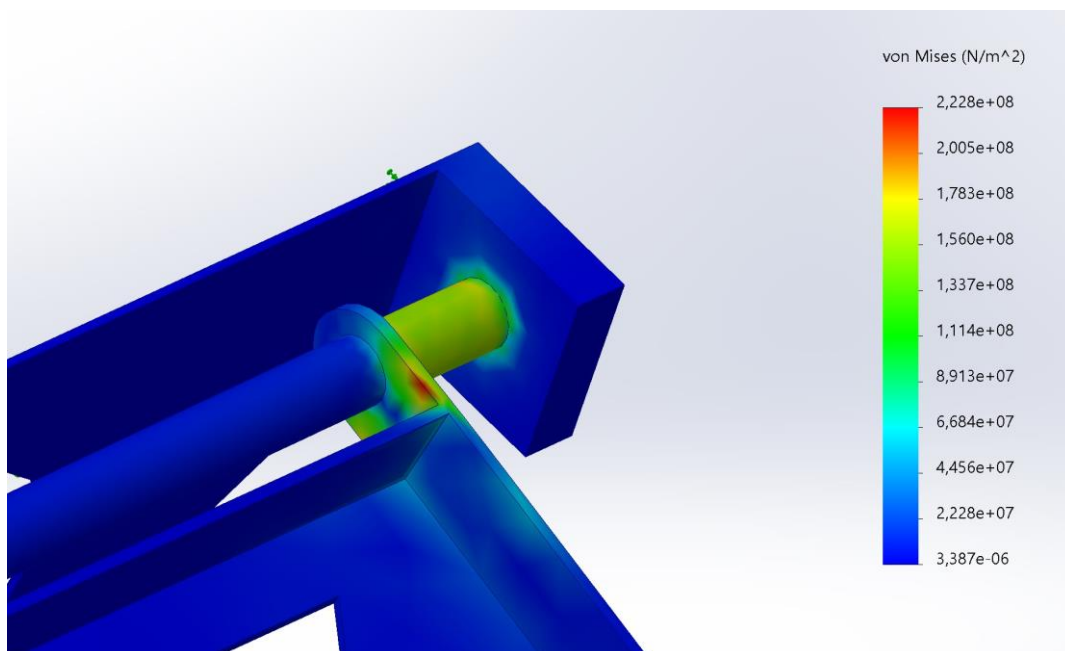


Figura 47. Tensió Von Mises Eix rotació. Font: pròpia

**Von Mises Cargol sense fi:**

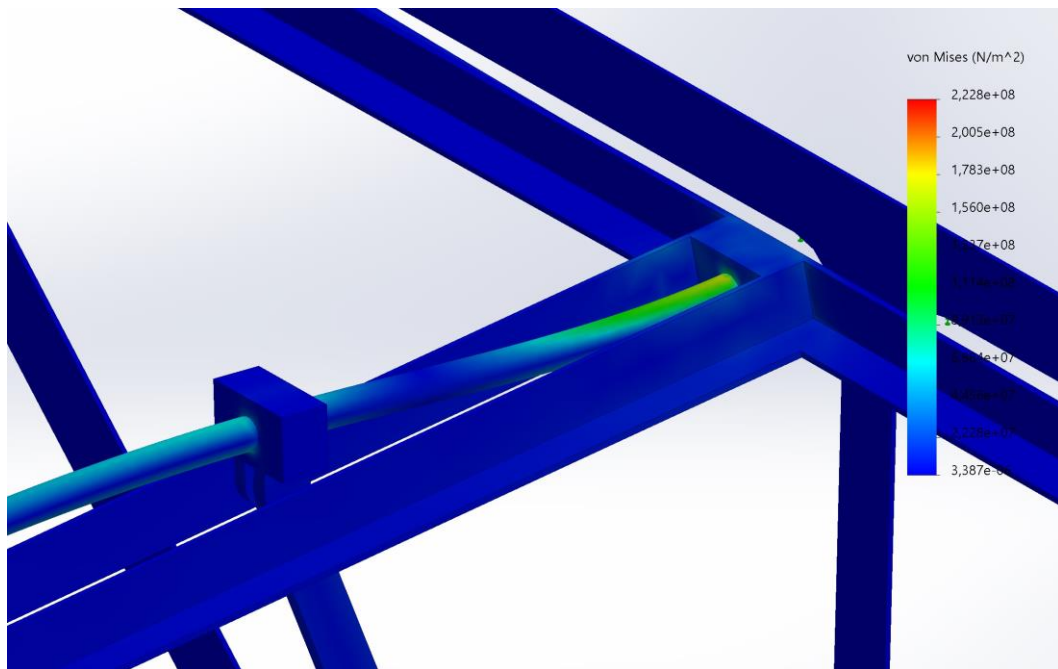


Figura 48. Tensió Von Mises Cargol sense fi. Font: pròpia

**Estudi inicial – Inclinació 25°**

**Tensió de Von Mises:**

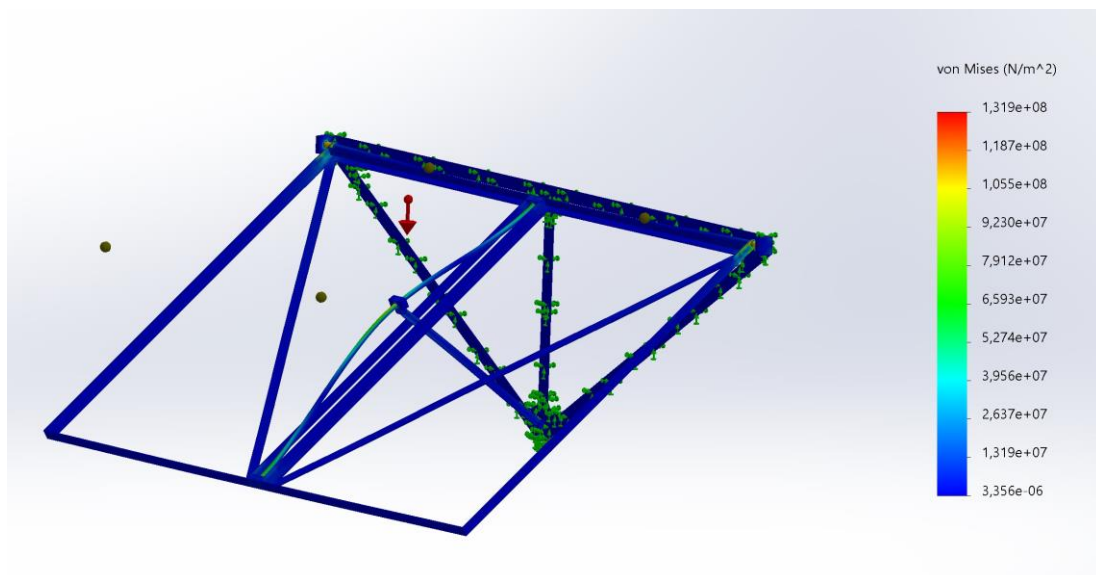


Figura 49. Tensió Von Mises inclinació 25°. Font: pròpia

**Deformació:**

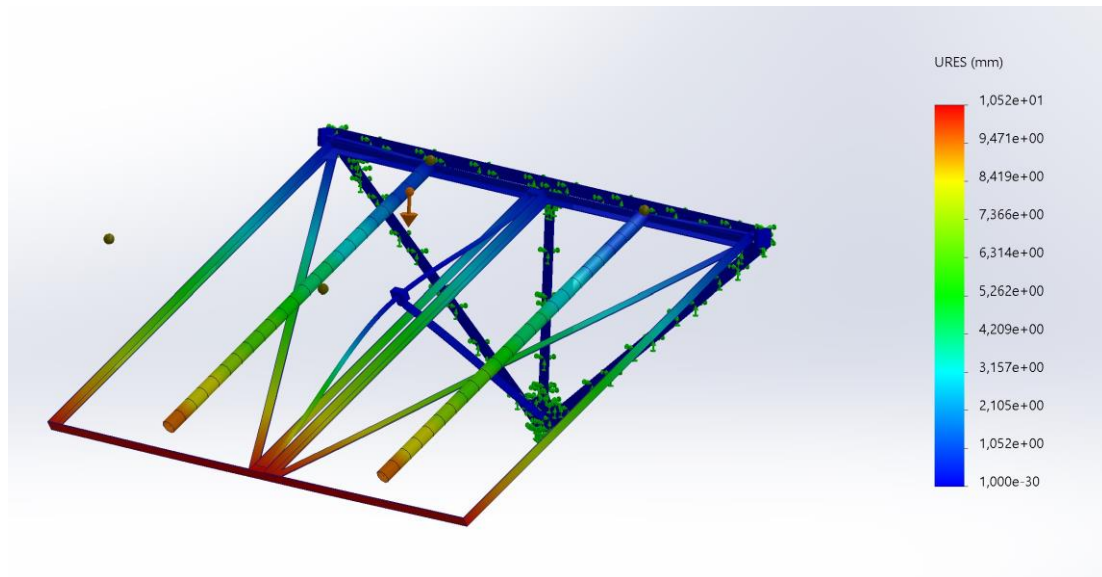


Figura 50. Deformació inclinació 25°. Font: pròpia

**Von Mises Eix:**

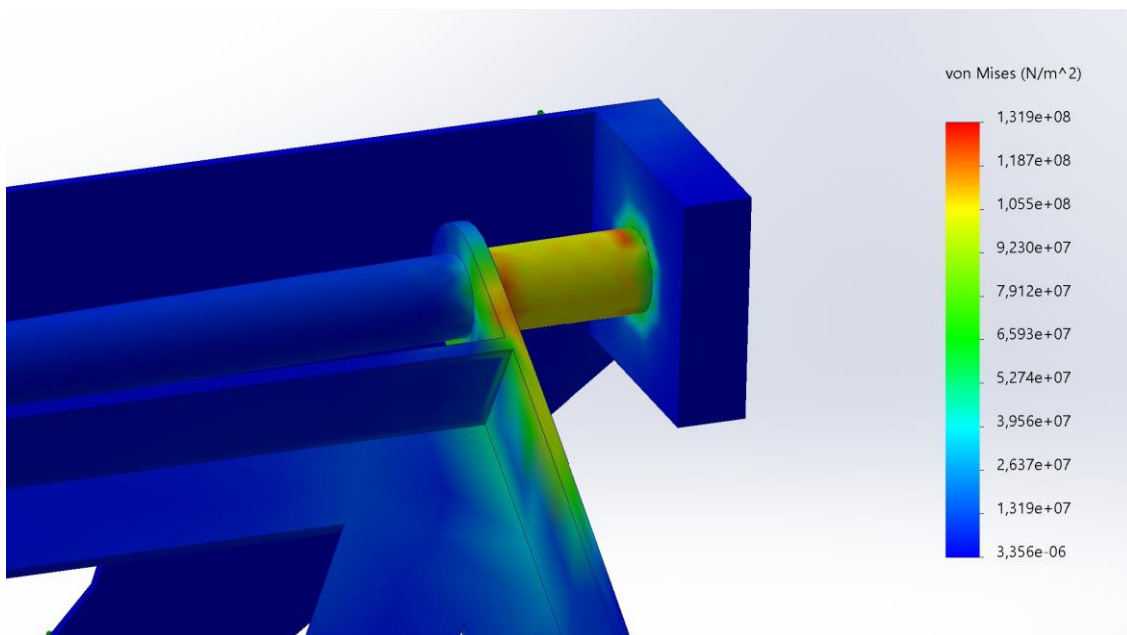


Figura 51. Tensió Von Mises Eix rotació. Font: pròpia

**Von Mises Cargol sense fi:**

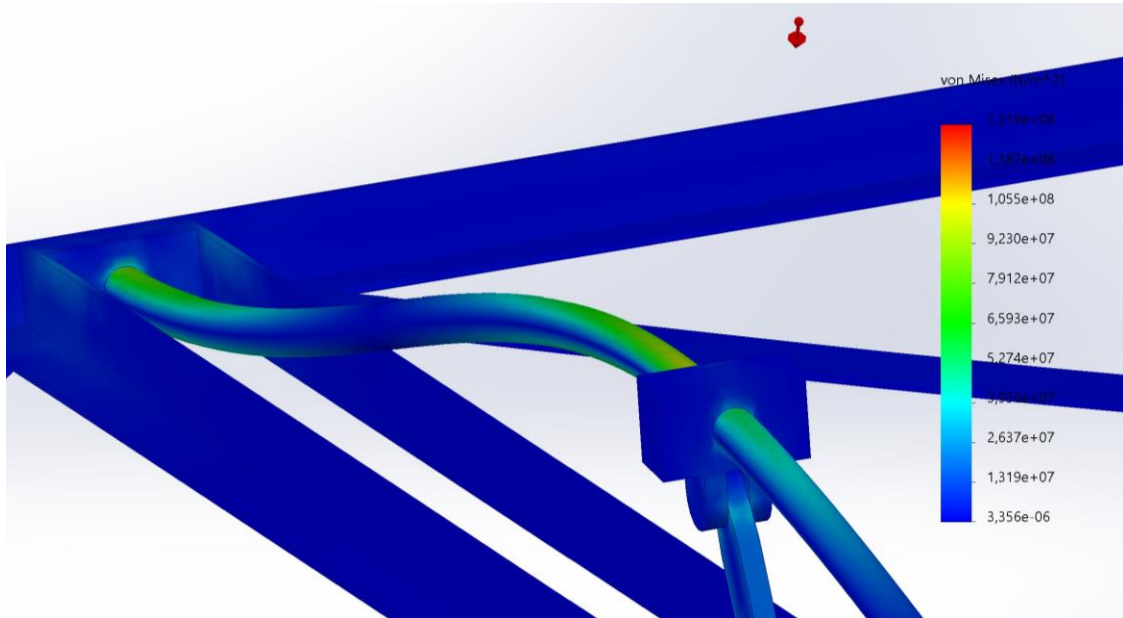


Figura 52. Tensió Von Mises cargol sense fi. Font: pròpia

**Estudi inicial – Inclinació 60°**

**Tensió de Von Mises:**

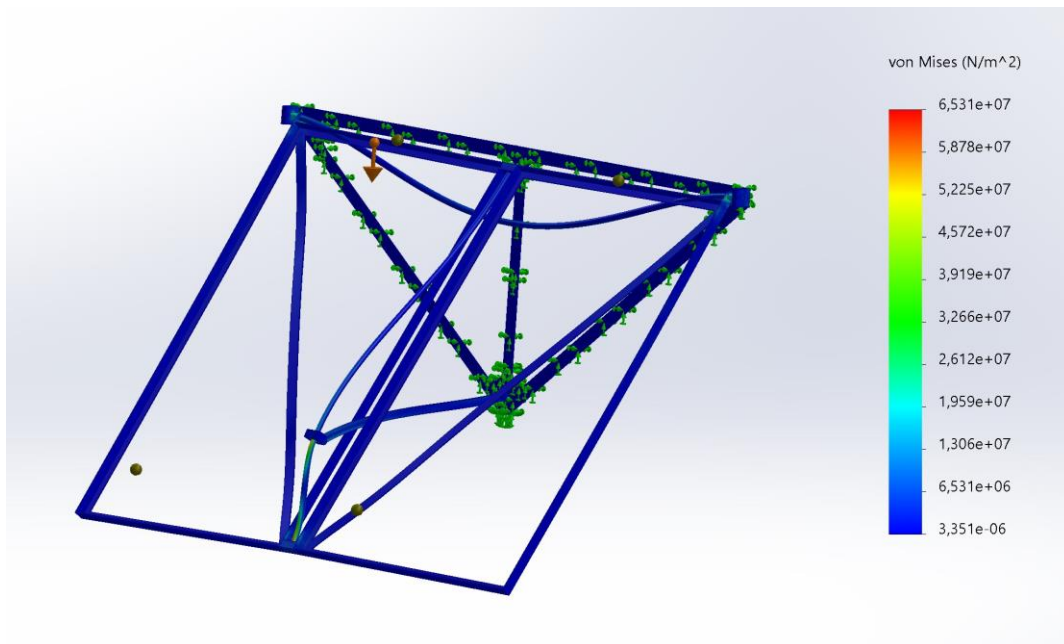


Figura 53. Tensió Von Mises inclinació 60°.Font: pròpia

**Deformació:**

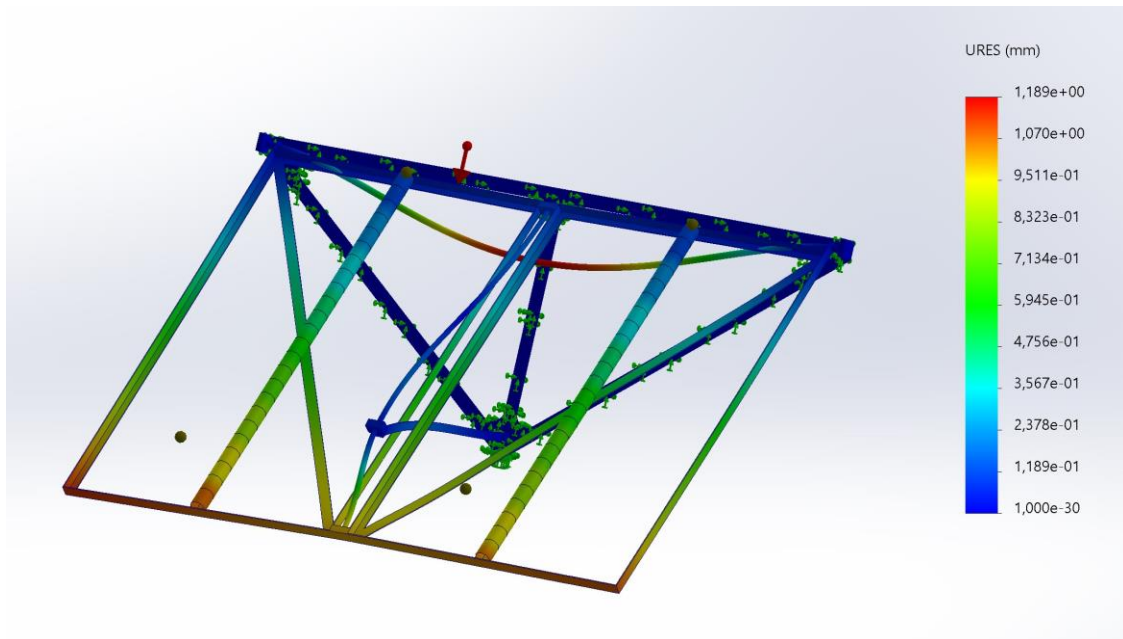


Figura 54. Deformació inclinació 60°. Font: pròpia

**Von Mises Eix:**

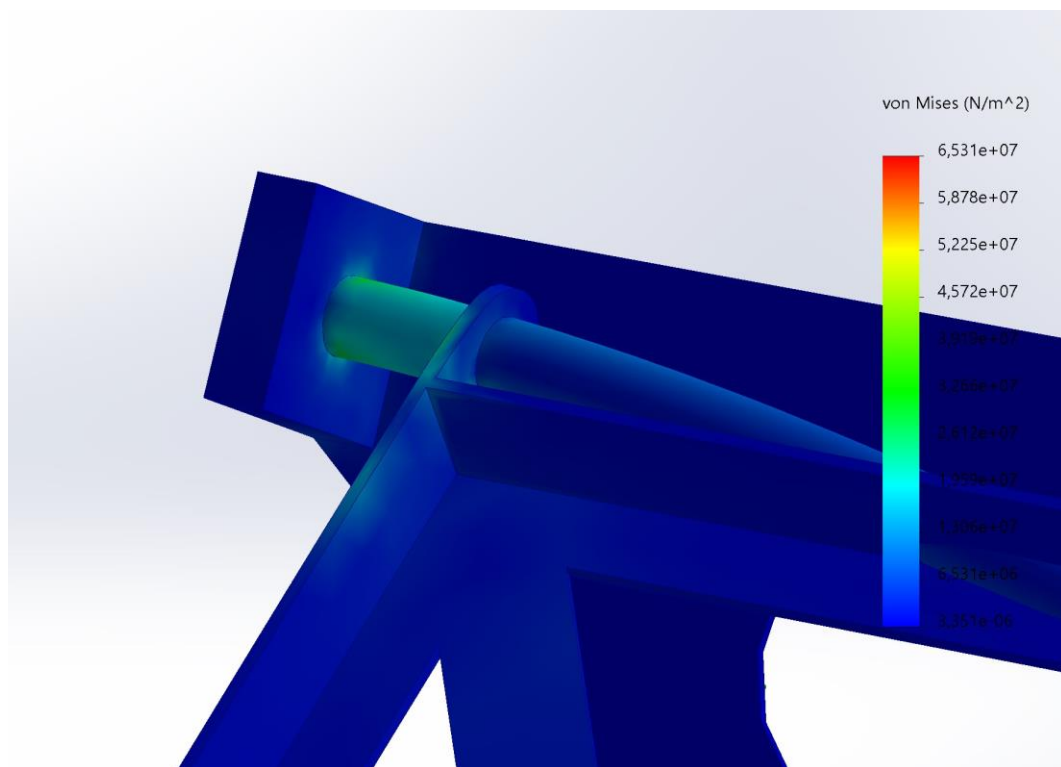


Figura 55. Tensió Von Mises Eix. Font: pròpia

### Von Mises Cargol sense fi:

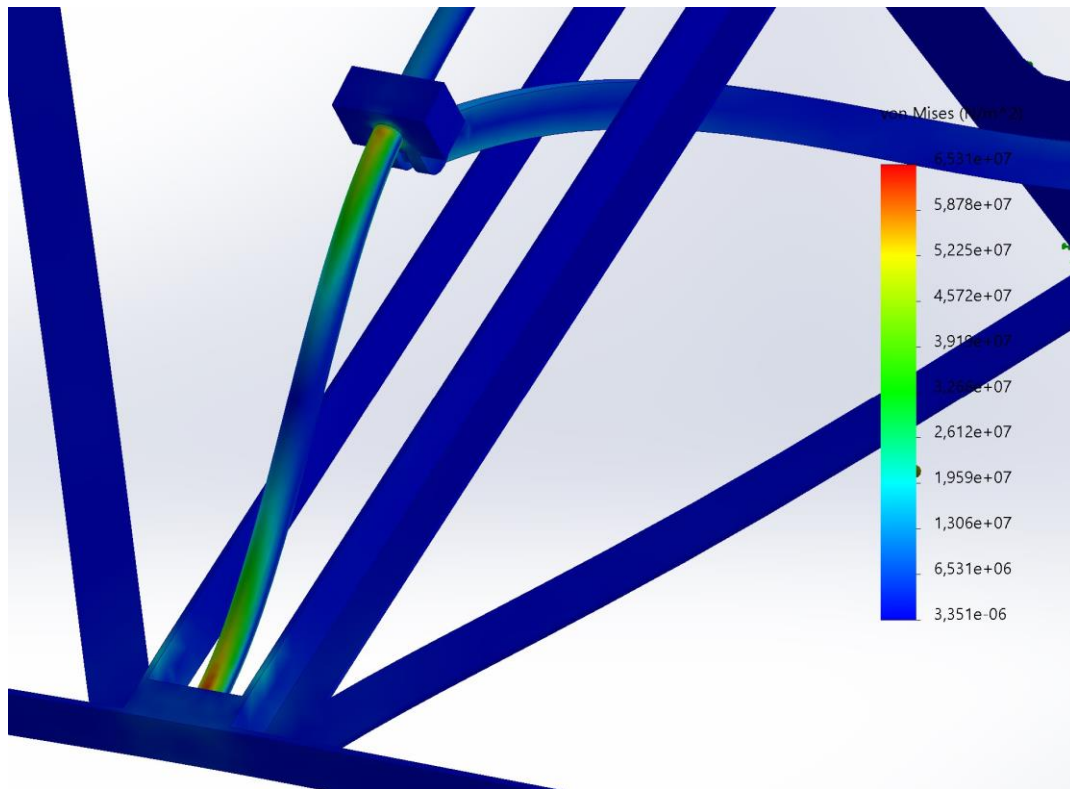


Figura 56. Tensió Von Mises Cargol sense fi. Font: pròpia

#### 7.4.1. Observacions estudi plantejament inicial

Els estudis realitzats anteriorment mostren la informació necessària per determinar si el funcionament de l'estructura és correcte. Els conceptes principals que s'han tingut en compte a l'hora de valorar el comportament de l'estructura és la tensió de Von Mises i la deformació. Com s'ha comentat prèviament, s'han realitzat tres estudis amb una variació de la inclinació en cadascun d'ells. A part, s'ha avaluat el comportament de dos peces essencials per el funcionament de l'estructura, el cargol sense fi i l'eix de rotació. És important conèixer com reaccionen a una varietat de càrregues per determinar si son funcionals o no.

- **Estudi amb inclinació de 5°**

Després de realitzar un estudi amb les condicions inicials esmentades anteriorment, s'observa a la **figura 45** una tensió de Von Mises pràcticament uniforme per tot el conjunt, aproximadament de  $2,28 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup>. Per tant ,segons les dades que es proporcionen a la **taula**

1, el límit elàstic sembla ser bastant superior a les tensions mostrades per la simulació, la qual cosa indica que no hi ha preocupació per a que el material cedeixi.

Segons l'equació esmentada anteriorment, el factor de seguretat en aquest cas és:

$$FDS = \frac{1,38 \times 10^8}{2,28 \times 10^7} = 6,05 > 1 \Rightarrow \text{Material segur}$$

Tot i això, a la **figura 46** es pot observar que la màxima deformació que podria experimentar sense perill a superar el límit elàstic i per tant tornant a la seva posició de repòs és equivalent a 10 mm, ubicada a la zona inferior de l'estructura. De totes maneres, tot i semblar una estructura ben dimensionada i dissenyada a les càrregues aplicades, cal analitzar amb deteniment dos dels components més importants que estaran sotmesos constantment a aquests esforços i per tant són motiu per un anàlisi individual.

**Les figures 47 i 48**, mostren les tensions de VonMises que reben l'eix de rotació i el cargol sense fi respectivament. Es pot observar que ambdues parts estudiades es mostren més vulnerables a les càrregues aplicades, això indica que és molt probable que el material presenti una situació més complexa. Per determinar el factor de seguretat i analitzar com reaccionen aquests components a les càrregues aplicades, es seleccionen els valors de tensió més significatius.

- FDS Eix

$$FDS = \frac{1,38 \times 10^8}{2,23 \times 10^8} = 0,62 < 1 \Rightarrow \text{Material falla}$$

- FDS Cargol sense fi

$$FDS = \frac{1,38 \times 10^8}{1,73 \times 10^8} = 0,80 < 1 \Rightarrow \text{Material falla}$$

- **Estudi amb inclinació de 25°**

Després de realitzar un estudi amb les condicions inicials esmentades anteriorment, s'observa a la **figura 49** una tensió de Von Mises pràcticament uniforme per tot el conjunt, aproximadament de  $1,32 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ . Per tant, segons les dades que es proporcionen a la **taula**

**1**, el límit elàstic sembla ser bastant superior a les tensions mostrades per la simulació, la qual cosa indica que no hi ha preocupació per a que el material cedeixi.

Segons l'equació esmentada anteriorment, el factor de seguretat en aquest cas és:

$$FDS = \frac{1,38 \times 10^8}{1,32 \times 10^7} = 10,45 > 1 \Rightarrow \text{Material segur}$$

Tot i això, a la **figura 50** es pot observar que la màxima deformació que podria experimentar sense perill a superar el límit elàstic i per tant tornant a la seva posició de repòs és equivalent a 10 mm, ubicada a la zona inferior de l'estructura. De totes maneres, tot i semblar una estructura ben dimensionada i dissenyada a les càrregues aplicades, cal analitzar amb deteniment dos dels components més importants que estaran sotmesos constantment a aquests esforços i per tant són motiu per un anàlisi individual.

**Les figures 51 i 52**, mostren les tensions de VonMises que reben l'eix de rotació i el cargol sense fi respectivament. Es pot observar que ambdues parts estudiades es mostren més vulnerables a les càrregues aplicades, això indica que és molt probable que el material presenti una situació més complexa. Per determinar el factor de seguretat i analitzar com reaccionen aquests components a les càrregues aplicades, es seleccionen els valors de tensió més significatius.

- **FDS Eix**

$$FDS = \frac{1,38 \times 10^8}{1,32 \times 10^8} = 1,04 > 1 \Rightarrow \text{Material segur}$$

En aquest cas en concret, sembla ser que la **figura 50** mostra com una part de l'eix hi ha una acumulació de tensions que podria provocar la ruptura. Tot i que aquest càlcul mostri que el material és segur, no és del tot cert ja que la precisió de la simulació varia en funció del mallat introduït per executar-la. En cas de ser un mallat senzill, el resultat serà poc precís. En cas de ser un malla més precís, és molt

probable que es mostri una tensió de Von Mises superior al límit elàstic i per tant es provoqui la falla estructural.

- FDS Cargol sense fi

$$FDS = \frac{1,38 \times 10^8}{1,05 \times 10^8} = 1,31 > 1 \Rightarrow \text{Material segur}$$

- **Estudi amb inclinació de 60°**

Després de realitzar un estudi amb les condicions inicials esmentades anteriorment, s'observa a la **figura 53** una tensió de Von Mises pràcticament uniforme per tot el conjunt, aproximadament de  $6,53 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ . Per tant, segons les dades que es proporcionen a la **taula 1**, el límit elàstic sembla ser bastant superior a les tensions mostrades per la simulació, la qual cosa indica que no hi ha preocupació per a que el material cedeixi.

Segons l'equació esmentada anteriorment, el factor de seguretat en aquest cas és:

$$FDS = \frac{1,38 \times 10^8}{6,53 \times 10^6} = 21,13 > 1 \Rightarrow \text{Material segur}$$

Tot i això, a la **figura 54** es pot observar que la màxima deformació que podria experimentar sense perill a superar el límit elàstic i per tant tornant a la seva posició de repòs és equivalent a 1,2 mm, ubicada a la zona inferior de l'estructura. De totes maneres, tot i semblar una estructura ben dimensionada i dissenyada a les càrregues aplicades, cal analitzar amb deteniment dos dels components més importants que estaran sotmesos constantment a aquests esforços i per tant són motiu per un anàlisi individual.

**Les figures 55 i 56**, mostren les tensions de VonMises que reben l'eix de rotació i el cargol sense fi respectivament. Es pot observar que ambdues parts estudiades es mostren més vulnerables a les càrregues aplicades, això indica que és molt probable que el material presenti una situació més complexa. Per determinar el factor de seguretat i analitzar com

reaccionen aquests components a les càrregues aplicades, es seleccionen els valors de tensió més significatius.

- FDS Eix

$$FDS = \frac{1,38 \times 10^8}{3,92 \times 10^7} = 3,52 > 1 \Rightarrow \text{Material segur}$$

- FDS Cargol sense fi

$$FDS = \frac{1,38 \times 10^8}{6,53 \times 10^7} = 2,08 > 1 \Rightarrow \text{Material segur}$$

En aquest cas en concret, sembla ser que la **figura 56** mostra com en una part del cargol sense fi hi ha una acumulació de tensions que podria provocar la ruptura. Tot i que aquest càlcul mostri que el material és segur, no és del tot cert ja que la precisió de la simulació varia en funció del mallat introduït per executar-la. En cas de ser un mallat senzill, el resultat serà poc precís. En cas de ser un malla més precís, és molt probable que es mostri una tensió de Von Mises superior al límit elàstic i per tant es provoqui la falla estructural.

## 7.5. Disseny final

Un cop s'obtenen el conjunt de resultats de les simulacions, es pot concloure que el disseny realitzat i el material utilitzat no garanteixen una seguretat estructural. Aquest fet implica que s'han de realitzar modificacions per poder garantir un correcte funcionament de l'estructura. Els resultats de les simulacions indiquen que en alguns casos, les tensions de VonMises superen el límit elàstic, la qual cosa podrien arribar a provocar la ruptura del material per la zona més vulnerable. Per poder obtenir un resultat més satisfactori, probablement s'haurien de reforçar les zones afectades amb un disseny més robust, la qual cosa, tot i que es podria aconseguir optimitzar al màxim el disseny, l'ús de més quantitat de material seria necessari.

L'acer inoxidable és àmpliament reconegut per ser un material d'alta qualitat i durabilitat, la qual cosa el converteix en una excel·lent opció per a estructures. No obstant això, és important tenir en compte que l'ús d'una major quantitat d'acer inoxidable en una estructura pot resultar en un augment en el pes total d'aquesta, així com en un increment en els costos associats.

L'acer inoxidable té una densitat major en comparació amb altres materials utilitzats en la construcció, la qual cosa significa que el seu ús en grans quantitats pot augmentar significativament el pes total de l'estructura. Això pot tenir implicacions en termes de la capacitat de càrrega i la resistència estructural, així com en la logística de construcció. A més, l'acer inoxidable tendeix a tenir un cost més alt en comparació amb altres materials utilitzats en la construcció. Això es deu al seu procés de fabricació i a les propietats especials que

posseeix, com la resistència a la corrosió i la longevitat. Per tant, utilitzar majors quantitats d'acer inoxidable en una estructura pot resultar en un augment considerable en els costos totals del projecte.

Donat l'anàlisi anterior, una alternativa viable seria considerar l'ús d'alumini en lloc d'acer inoxidable en l'estructura. Això es deu al fet que en la indústria fotovoltaica, s'utilitzen perfils

d'alumini específicament dissenyats i fabricats per a suportar càrregues i proporcionar la resistència necessària.

L'alumini és un material àmpliament utilitzat en aplicacions industrials, incloent-hi la indústria fotovoltaica, a causa de les seves propietats favorables. És conegut per ser lleuger, cosa que significa que pot reduir el pes total de l'estructura en comparació amb l'acer inoxidable. Això pot tenir un impacte positiu en la capacitat de càrrega i en l'eficiència del sistema. A més, l'alumini és un material resistent a la corrosió, la qual cosa és una característica important per a garantir la durabilitat de les estructures exposades a condicions ambientals. La seva capacitat per a resistir l'oxidació i la corrosió ho converteix en una opció de confiança per a aplicacions en la indústria fotovoltaica, on es requereix una llarga vida útil.

En termes de costos, l'alumini sol ser més econòmic en comparació amb l'acer inoxidable. Això es deu a la seva disponibilitat en el mercat i als processos de fabricació més eficients associats amb l'alumini. Per tant, utilitzar perfils d'alumini existents dissenyats per a suportar càrregues pot ajudar a reduir els costos en comparació amb l'opció de l'acer inoxidable.

Els perfils estructurals utilitzats en les instal·lacions fotovoltaïques estan dissenyats específicament per a suportar les càrregues associades amb els panells solars i altres components del sistema. Aquests perfils estan fabricats amb materials i dimensions adequades per a garantir la resistència i estabilitat necessàries.

Aquests materials han estat seleccionats per la seva capacitat per a suportar les càrregues estàtiques i dinàmiques a les quals estan exposats, com el pes dels panells solars, l'acció del vent i les càrregues de neu, entre altres factors. A més del disseny estructural, els perfils també poden incloure característiques com a reforços, unions soldades o cargolades, i sistemes de fixació adequats per a assegurar una connexió segura i estable entre els components de la instal·lació fotovoltaica.

### **7.5.1. Perfil estructura coplanar SUNFER**

El disseny estructural d'aquests perfils estan calculats per poder suportar tensions i deformacions a les quals estaran exposats durant la seva vida útil. Una de les característiques principals que presenten és l'eficiència estructural, és a dir, estan dissenyats per optimitzar

l'ús de materials i maximitzar la seva capacitat de càrrega. La seva forma i secció transversal estan dissenyats per minimitzar el pes del perfil i alhora garantir la seva resistència i estabilitat.

A continuació, es mostra el perfil estructural estàndard per a instal·lacions fotovoltaïques més conegut com a perfil estructural coplanar.

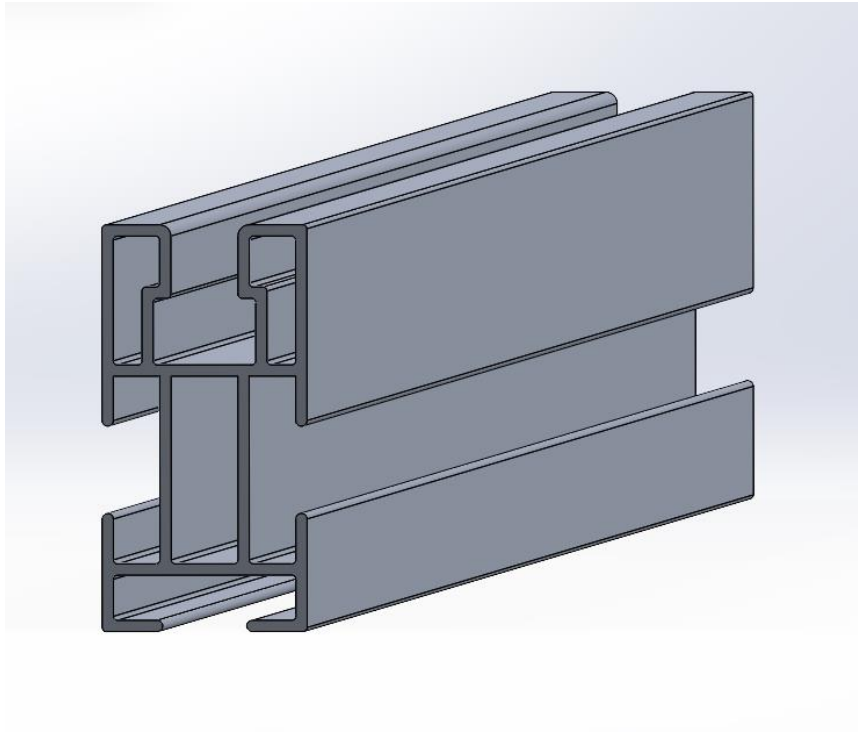


Figura 57. Perfil estructural coplanar. Font: pròpia

S'observa que l'element estructural mostrat a la **figura 57**, presenta un disseny particular. Es tracta d'un perfil que presenta unes característiques en concret, com és el disseny de la secció. Si s'analitza amb detall, es tracta d'un element amb unes característiques molt semblants a un perfil estructural o més comunament conegut com a "biga". Aquest perfil estructural presenta una secció transversal específica, dissenyada per resistir grans càrregues i forces de compressió, flexió i tallants. És compon per l'ala, que proporciona resistència contra les càrregues de flexió i tallant, ja que presenta una major àrea transversal, i l'ànim, que connecta les ales de la secció transversal i ajuda a resistir a les càrregues de tall, flexió i torsió.

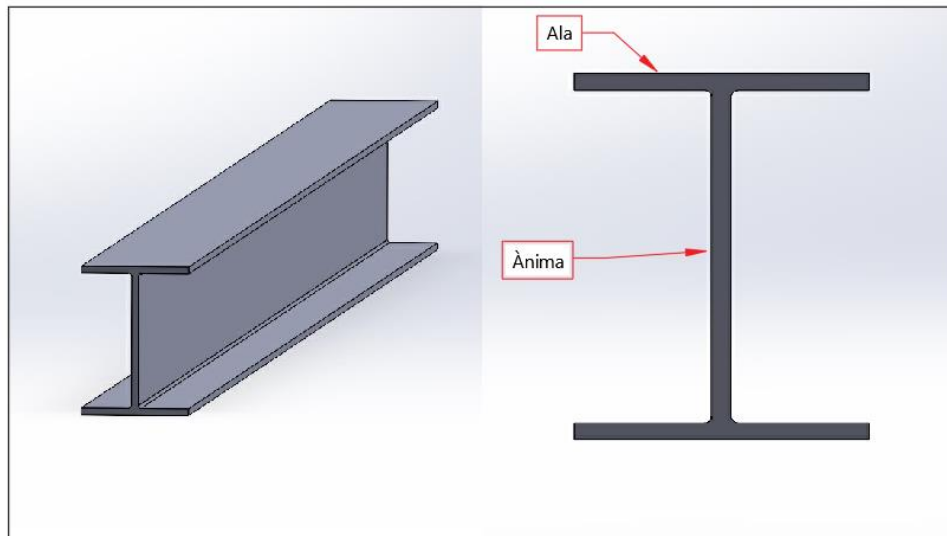


Figura 58. Biga estructural. Font: pròpia

Aquest paral·lelisme s'ha realitzat per entendre el concepte principal que descriu el funcionament estructural d'un perfil estructural coplanar. A part, tot i que ambos elements presenten criteris unificats per el seu disseny, el perfil coplanar, presenta un disseny totalment optimitzat. La secció presenta moltes zones buides de material que permet reduir l'ús de material innecessari, reduir el cost de la peça i alhora aconseguir un perfil totalment funcional. A més, sobre el perfil es recolzen els mòduls fotovoltaics i representen la zona de contacte i unió per els sistemes d'anclatge. Per això, la secció del perfil, la part que correspon a l'ala, presenta un buit que permet en tota la prolongació del perfil la circulació d'una peça d'anclatge guiada.

Les cargues admissibles i característiques tècniques més importants que presenta el fabricant SUNFER i que es troben adjuntes a les fitxes tècniques són les següents:

- Pes propi dels mòduls solars:  $121 \text{ N/m}^2$
- Sobrecarga d'us: No esta prevista per cap tipus de manteniment
- Vent:  $29 \text{ m/s}$  ( Màxim velocitat registrada a Espanya segons el codi tècnic – Zona C)
- Càrrega de neu:  $200 \text{ N/m}^2$

Un cop es presenten aquest conjunt de condicions que mostra el fabricant per garantir una seguretat estructural, es procedeix a determinar si en els perfils mostrats es compleixen els requeriments establerts.

- Massa dels Mòduls : 22 kg
- Dimensions Mòduls: 1,719 m x 1,140 m x 0,035 m

Per calcular el pes per unitat de superfície que exerceixen els mòduls ( $N/m^2$ ) es realitza la següent equació:

$$\text{Pes propi mòdul} = \frac{\text{Massa mòdul} \times \text{Acceleració gravetat}}{\text{Superfície mòdul}}$$

$$\text{Pes propi mòdul} = \frac{22,00 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1,719 \text{ m} \times 1,140 \text{ m}} = 110 \text{ N/m}^2$$

$$110 \text{ N/m}^2 < 121 \text{ N/m}^2$$

Per tant si es realitza la comparació entre els valors que mostra el fabricant i els calculats, s'arriba a la conclusió que en aquest cas no es supera el límit establert, per tant la solució plantejada és factible. De totes maneres, la deducció lògica pot confondre al lector. És a dir, quan els mòduls augmenten la potència, augmenten en proporció les seves dimensions, per tant, augmenta el seu pes. Però això no significa directament un increment de massa per unitat de superfície, sinó que tot el contrari. L'augment de la massa del mòdul no es proporcional al augment de la seva superfície, la qual cosa indica una reducció del pes per unitat de superfície.

### 7.5.2. Perfil 40 X 40 L I-Type slot 8

Un dels altres perfils que s'ha utilitzat per reforçar l'estructura són els Perfil 40 X 40 L I-Type slot 8. El funcionament estructural d'aquest element és pràcticament el mateix que el del perfil estructural coplanar, però amb una composició més reforçada i resistent. Son perfils utilitzats en la industrial fotovoltaica per reforçar el pes estructural de les instal·lacions. Estan dissenyats amb una secció transversal molt més unificada ja que han de suportar el conjunt dels mòduls i els perfils coplanars estructurals. Per tant el disseny que presenta la secció transversal està dissenyat per aquest increment de càrrega que permet la resistència als diferents esforços a la qual es troba sotmesa. El material del perfil és el mateix que el perfil estructural coplanar, és a dir, alumini anoditzat, que garanteix la resistència a la corrosió del material, bones propietats estètiques i duradores, essencials per elements situats a la intempèrie.

Una de les altres característiques més importants que presenta la secció d'aquest perfil, es la seva resistència als esforços de compressió, fenomen que indica que pot utilitzar-se com a element d'unió entre la part fixe la paret i la part oscil·lant.

Totes les característiques d'ambos perfil, es troben adjuntes a les fitxes tècniques dels fabricants.

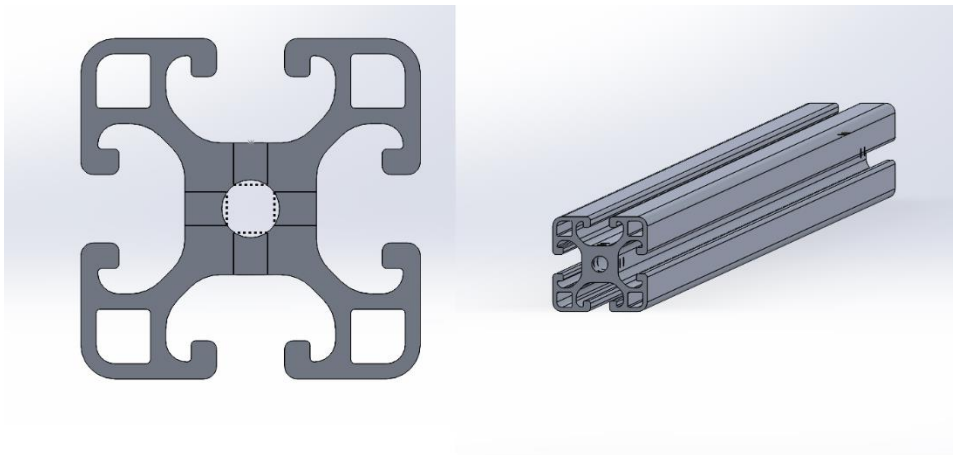


Figura 59. Perfil estructural reforçat. Font: pròpia

### **7.5.3. Reconstrucció del disseny – Explicació del desenvolupament funcional dels elements més importants del disseny.**

Un cop es coneixen les bases estructurals del disseny, es realitza una reconstrucció d'aquest tenint en compte en tot moment el plantejament inicial. Els estudis realitzats en el plantejament inicial es mostren defectuosos ja que en certes parts es presenten falles estructurals. Per tant, cal reforçar aquestes zones més crítiques mitjançant l'ús d'elements estructurals normalitzats o mitjançant la combinació d'aquests i altres elements dissenyats sota criteri propi sempre i quan compleixin els requisits funcionals i esforços sol·licitats. En aquest apartat es mostren els concepte essencials per entendre com s'ha desenvolupat el disseny de l'estructura.

Recordant els estudis inicials, la base on es recolza cada mòdul té un perímetre rectangular dissenyat en funció de les mesures dels mòduls ( **figura 41 – 44** ). A part, entremig presenten un element estructural posicionat en diagonal que s'encarrega de repartir les càrregues que pugui generar el mòdul per així evitar concentrar tota la càrrega sobre el perímetre del element rectangular i aconseguir distribuir-la uniformement. Però, aquest disseny és tant sols un indicador de com han de ser la distribució dels diferents elements que formen l'estructura. Per tant, es realitzarà un disseny semblant però utilitzat el criteri dels elements normalitzats o provinents del fabricant.

Com s'ha comentat a l'apartat anterior, els perfils mostrats són elements utilitzats en la indústria fotovoltaica, per tant, estan explícitament fabricats per la càrrega dels mòduls i/o agents externs que afecten a qualsevol element ubicat a la intempèrie. **Els perfils coplanar SUNFER** són elements d'alumini completament optimitzats en quan a material i amb unes característiques estructurals totalment justificades. Per tant, seguint el criteri convencional que s'utilitza en el sector, els mòduls recolzaran principalment sobre dos perfils estructurals d'alumini de 2400 mm de longitud, posicionats longitudinalment, que coincideix amb suma de l'amplada dels mòduls ( 1140 mm cada mòdul ) i l'espai entremig per on ha de passar la manovella d'accionament (20 mm). A part, en cada extrem es deixa un petit marge (50 mm per extrem ) per la correcta fixació dels mòduls a l'estructura.

A més, també són molt importants els **perfils 40 x 40 I-Type slot 8**, posicionats transversalment, és a dir, seguint la direcció corresponent a la llargada dels mòduls. Sobre aquests perfils estructurals recau el pes dels mòduls i els perfils coplanars, per aquest mateix motiu representen un disseny diferent ja que els esforços flectors al qual esta sotmesos són superiors. Hi ha una totalitat de 4 perfils, fixats a la paret i que per tant són els encarregats de transmetre el moviment d'inclinació

A continuació, es mostren dues imatges que ajuden a entendre l'explicació.

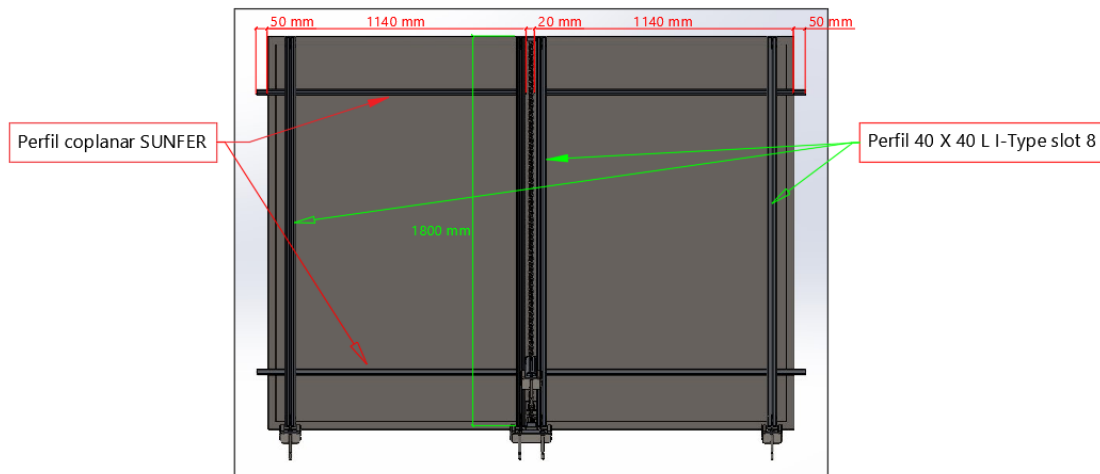


Figura 60. Vista inferior de l'estructura. Font: pròpia

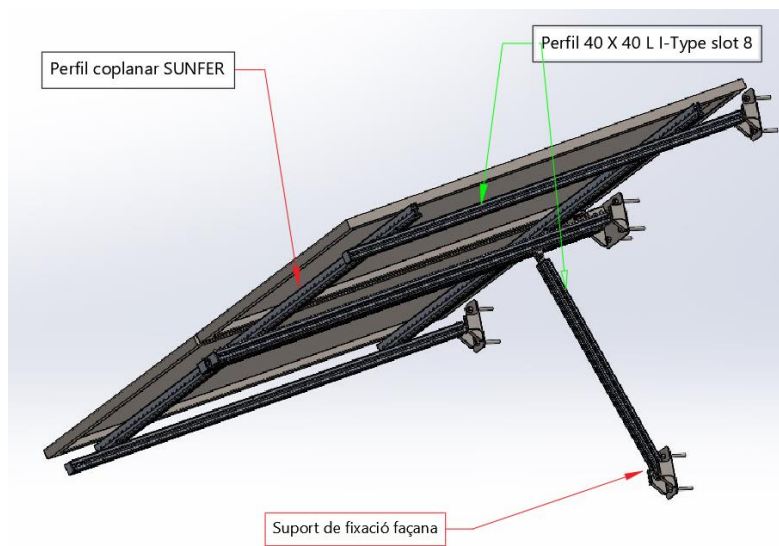


Figura 61. Vista 3D de l'estructura. Font: pròpia

Com s'observa a la **figura 61**, les dos tipologies de perfils utilitzats es disposen en perpendicular, i per aconseguir la unió entre cada un d'ells es realitza una fixació en particular en el punt de creuament entre ambdós perfils. Per fer-ho, s'han utilitzat uns elements d'anclatge personalitzats i adaptats als perfils.

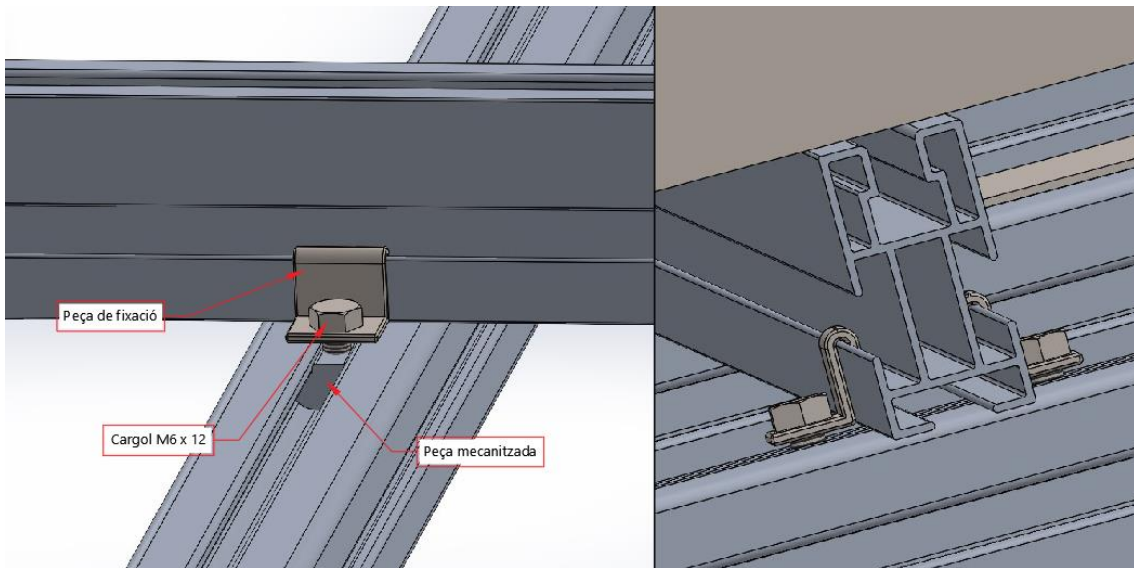


Figura 62. Sistema de fixació dels perfils estructurals. Font: pròpia

Mitjançant cargols DIN EN 24018 M6 X 12 ( 6 mm de diàmetre i 12 mm de llargada de rosca) i una peça mecanitzada i adaptada a la secció del perfil, es possibilita la correcte fixació dels dos perfils. La peça dissenyada mecanitzada conté un forat adaptat a la rosca del cargol utilitzat.

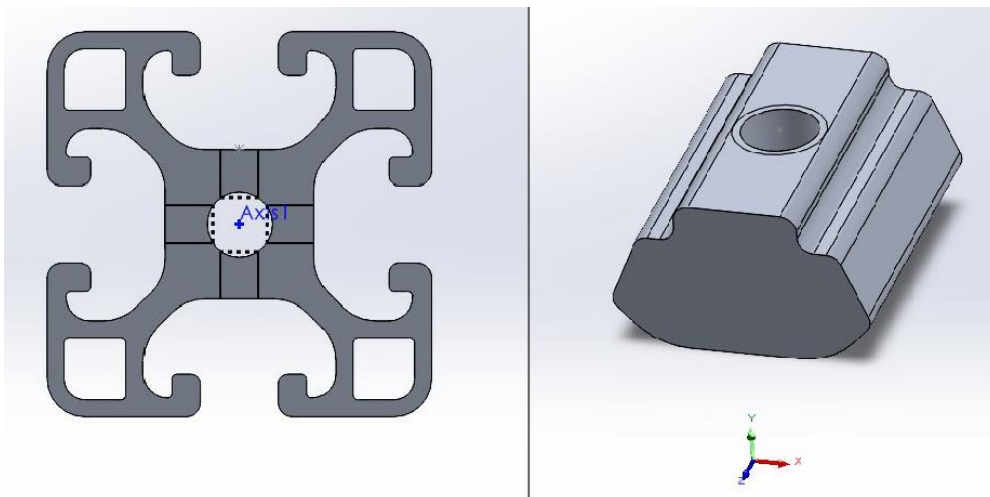


Figura 63. Element d'unió entre cargol DIN EN 24018 M6X12 i peça de fixació. Font: pròpia

Un cop s'ha contemplat la disposició dels perfils i es garanteix una correcta unió entre ells, s'analitza el sistema utilitzat per poder adaptar els perfils als suports de fixació i quin mètode s'ha plantejat per aconseguir una rotació per així permetre la variació d'inclinació de l'estructura.

Com bé s'ha observat a les imatges anteriors, els perfils 40 x 40 I-Type slot 8 són pràcticament els més importants de tot el conjunt ja que s'encarreguen de suportar el conjunt de càrregues aplicades i som imprescindibles per el moviment del sistema. Però aquests han d'estar connectats d'alguna manera als suports de fixació que s'ubiquen a la façana o balcó. El sistema estructural es recolza a la façana mitjançant quatre punts de subjecció claus i estratègicament ubicats en funció de les dades extretes a les simulacions del plantejament inicial.

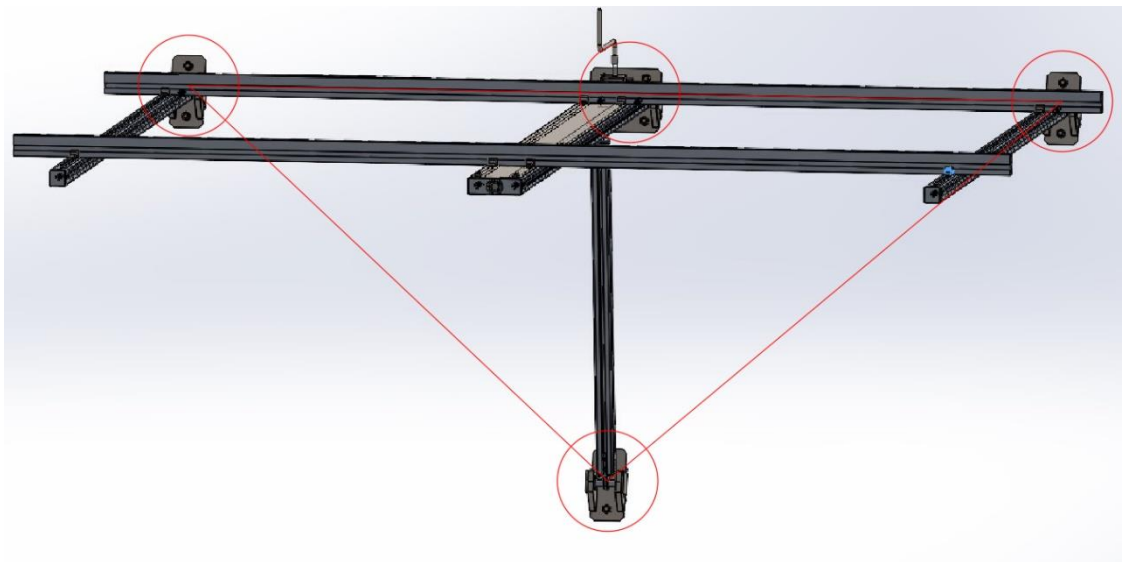


Figura 64. Suports de fixació a balcó/façana. Font: pròpia

Dels quatre suports que es veuen a la **figura 64**, tres presenten el mateix disseny, concretament els que formen part dels vèrtex del triangle senyalat a la imatge. Seguint el mateix criteri que s'ha utilitzat per la peça mecanitzada que permet la unió entre el cargol de M6 i l'element de fixació dels dos perfils utilitzats, es planteja una situació molt similar. S'observa que cal unir els perfils 40 x 40 I-Type slot 8 als suports de fixació que s'ubiquen a la paret.

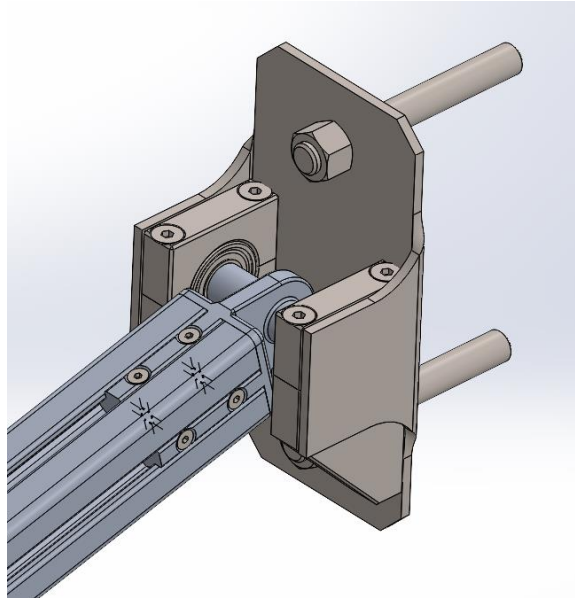


Figura 65. Sistema d'unió entre perfils i suports. Font: pròpia

Es tracta d'una peça dissenyada i adaptada totalment a la funció que ha de realitzar, unió entre perfil i fixació i permetre un moviment de rotació. Correspon a un element d'alumini amb un disseny personalitzat, la qual cosa indica que únicament pot ser fabricat mitjançant injecció d'alumini ja que està exclusivament dissenyat per realitzar la funció esmentada anteriorment. Per tant, la majoria de peces d'alumini que presentin un disseny complex, implica directament un augment significatiu del cost a causa del seu elevat cost de producció.

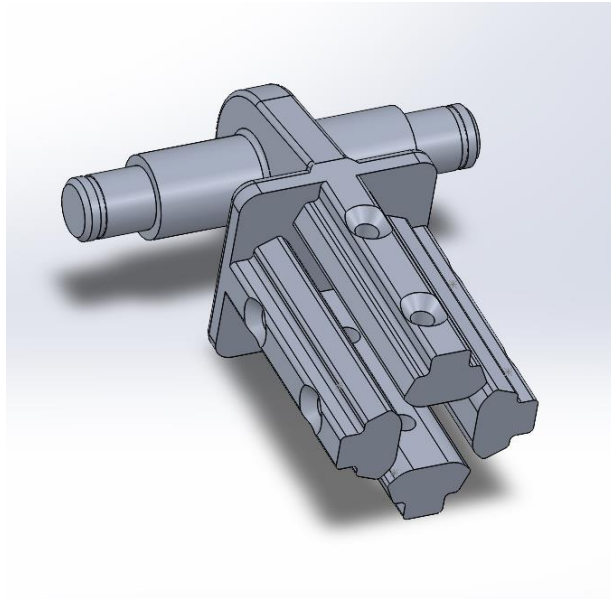


Figura 66. Element d'unió entre perfils i suports. Font: pròpia

Es compon de dues parts imprescindibles, una formada per quatre extrusions de 50 mm adaptades totalment a la secció del perfil i unides a ell mitjançant cargols DIN7991 M4 X 16 ( dos cargols per cada extrusió ) i un eix de rotació.

L'eix de rotació es caracteritza per un canvi en el diàmetre de la secció al llarg de la seva prolongació. El diàmetre principal és de 16 mm mentre que el secundari és de 12 mm. A més si s'observa amb detall la **figura 66**, es pot observar una tercera reducció del diàmetre a 11,5 mm.

L'explicació a aquests canvis de diàmetres realitzats a l'eix és molt senzilla. Per possibilitar la rotació segura entre un element i un altre és necessari l'ús de rodaments. Aquests són elements mecànics utilitzats per permetre el moviment relatiu entre dos parts estructurals, al mateix temps que redueixen la fricció i faciliten el desplaçament suau i eficient. A més estan dissenyats per suportar càrregues radials ( perpendiculars a l'eix de rotació ) i/o càrregues axials ( paral·leles al eix de rotació).

Els tres canvis de diàmetre són essencials per el correcte funcionament de l'eix. Aquest disseny en particular dels eixos es realitza per evitar la mobilitat dels rodaments que permetran la seva rotació. Aquests elements necessiten estar correctament fixats sense desplaçament longitudinal ni transversal. El diàmetre secundari, de 12 mm de diàmetre,

determina el diàmetre intern del rodament, que es la zona de contacte amb l'eix. Per tant, cal col·locar un rodament amb aquestes característiques.

Els rodaments utilitzats en tot el conjunt estructural formen part del fabricant SKF [25], però el que s'utilitza en concret per aquesta aplicació és el model SKF\_W 6201-2Z.

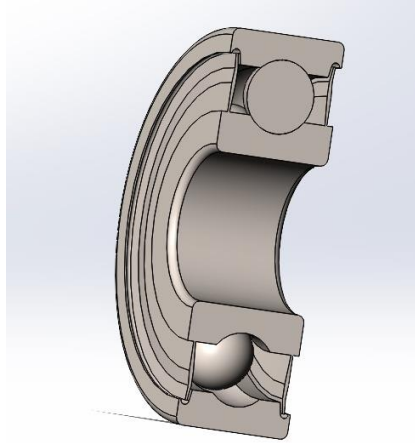


Figura 67. Rodament SKF\_W 6201-2Z. Font: pròpia

Per tant, un dels principals objectius que presenta aquesta reducció de tres diàmetres es per facilitar el muntatge i desmuntatge del rodament i alhora garantir una posicionament fixe del rodament. Per una banda, el diàmetre principal evita el moviment cap a una direcció ja que és superior al diàmetre interior del rodament i per tant actua com a força de reacció. I per altre banda, si ha de ser possible el desmuntatge dels rodaments de l'eix, l'única manera de poder evitar el desplaçament cap a l'altre direcció és mitjançant un anell de seguretat o " circlip ", que s'ubica just en el espai que genera la reducció a un diàmetre de 11,5 mm. Aquests anells **figura 69** s'usen per la subjecció o retenció de peces i consisteixen en cercols d'un metall semi-flexible amb extrems oberts que poden ser encaixats en ranures mecanitzades com és el cas que s'observa a la **figura 68**

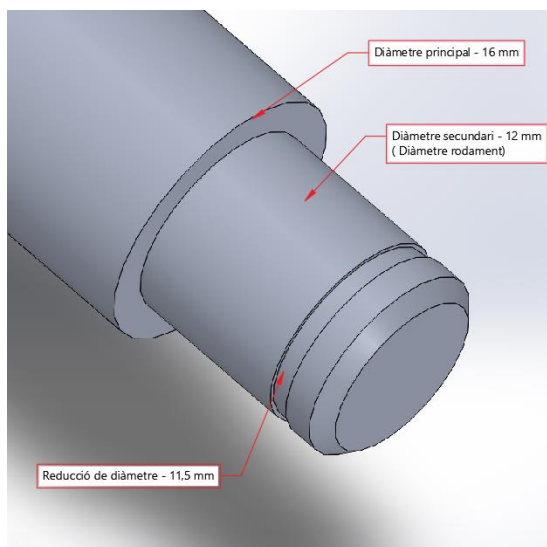


Figura 68. "Circlip" DIN471-10X1. Font: pròpia

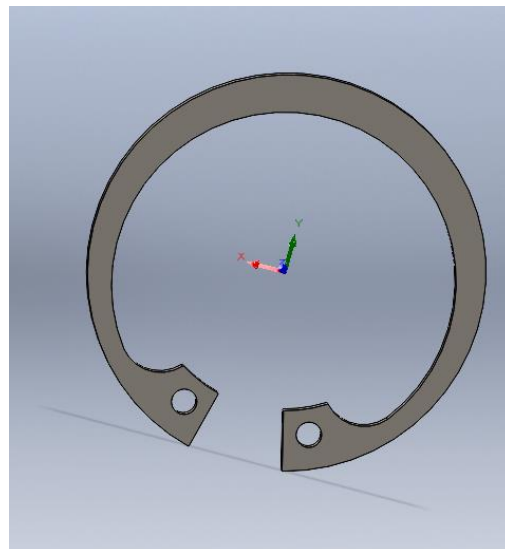


Figura 69. Eix suport de fixació a façana. Font: pròpia

### 7.5.3. Zona central estructural – Explicació del funcionament de mecanismes

Una de les zones més importants de l'estructura, és on s'ubiquen els mecanismes que possibiliten el moviment d'inclinació del sistema. Aquest conjunt de mecanismes es troba concentrat de tal manera que mitjançant la correlació entre cadascun d'ells desenvolupen l'objectiu a assolir. En apartats anteriors, s'han esmentat breument els elements necessaris per possibilitar el funcionament de tota l'estructura, però sense determinats detalls. A continuació es realitzarà una explicació detallada de la proposta final plantejada.

La part central de l'estructura, formada per dos perfils 40 x 40 I-Type Slot 8, segueix la mateixa disposició que la resta de perfils esmentats anteriorment, és a dir, distribuïts per suportar el recolzament dels perfils estructurals coplanars i els mòduls fotovoltaics. Però en aquest cas es presenta la situació més complexa del conjunt. Com bé s'ha esmentat des de els inicis, el mecanisme que s'ha escollit per aconseguir la mobilitat de l'estructura es mitjançant la modalitat del cargol sense fi, en qual la configuració inicial es mostra mitjançant una estructura d'acer inoxidable on la zona central mostra un buit per col·locar-lo. Però després del conjunt de modificacions executades, finalment s'ha dissenyat un sistema que permeti establir una relació entre els perfils que es subjecten a façana i el cargol sense fi.

Aquests dos perfils estructurals es troben units per l'extrem més allunyat dels suports de fixació mitjançant un element dissenyat exclusivament per aquesta funció. De la mateixa

manera que s'ha dissenyat l'element d'unió dels perfils que s'ubiquen als extrems (**figura 65**), aquest element s'encarrega de realitzar exactament la mateixa funció. És a dir, es tracta de dues extrusions d'una peça d'alumini que s'introdueixen dins dels perfils i queden fixades al perfil mitjançant vuit cargols DIN 7991 M4X16. A més, el cargol sense fi té exactament la mateixa funció que un eix, per tant la l'element d'injecció d'alumini conte a la zona central un forat que permet, per aquest extrem, la introducció de l'eix en un rodament i fixat finalment per un anell de seguretat.

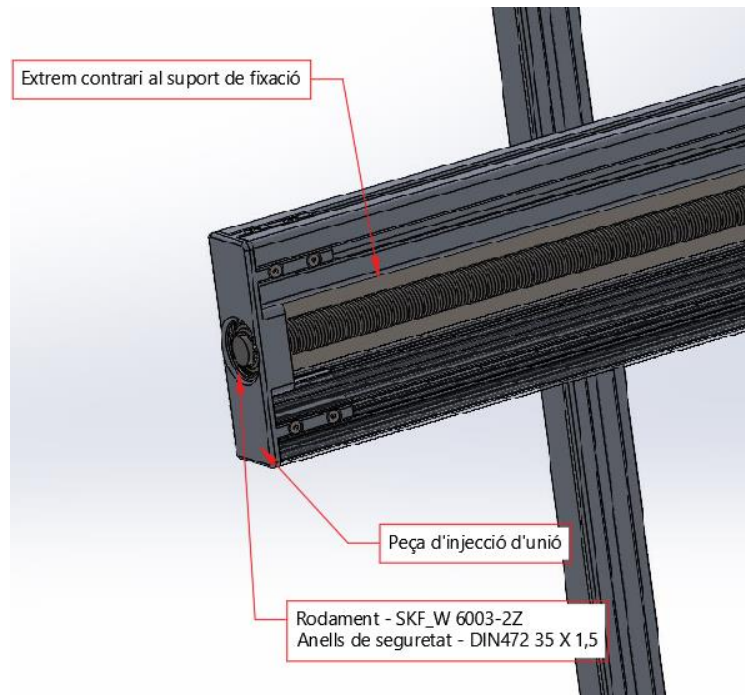


Figura 70. Extrem secundari cargol sense fi. Font: pròpia

Per l'altre extrem del perfil, és per on es realitzen les unions entre suport i estructura. En aquest cas la unió és exactament igual que els perfils subjectats als suport de fixació, però en aquest cas en tenir els dos perfils de 40 X 40 I-Type slot 8, en disposició paral·lela per poder optar al pas per entremig del cargol sense fi, cal realitzar una altre peça exactament igual a la **figura 66** però doble.

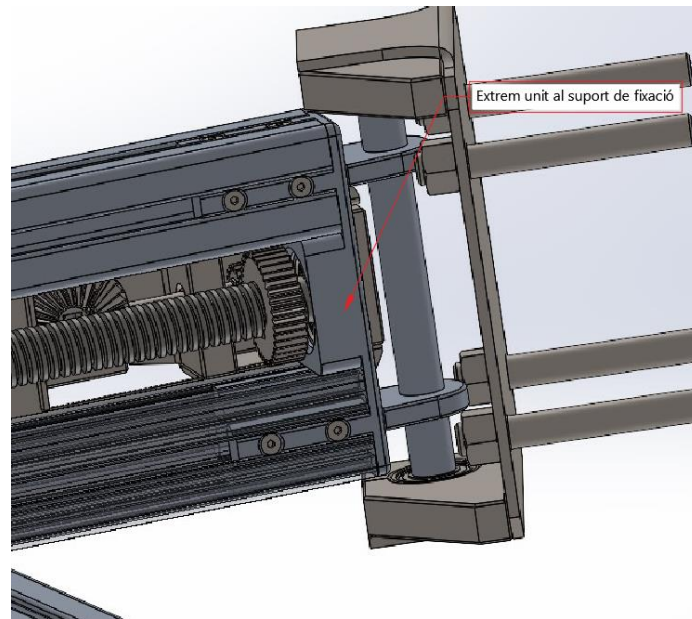


Figura 71. Extrem cargol sense fi unit al suport de fixació. Font: pròpia

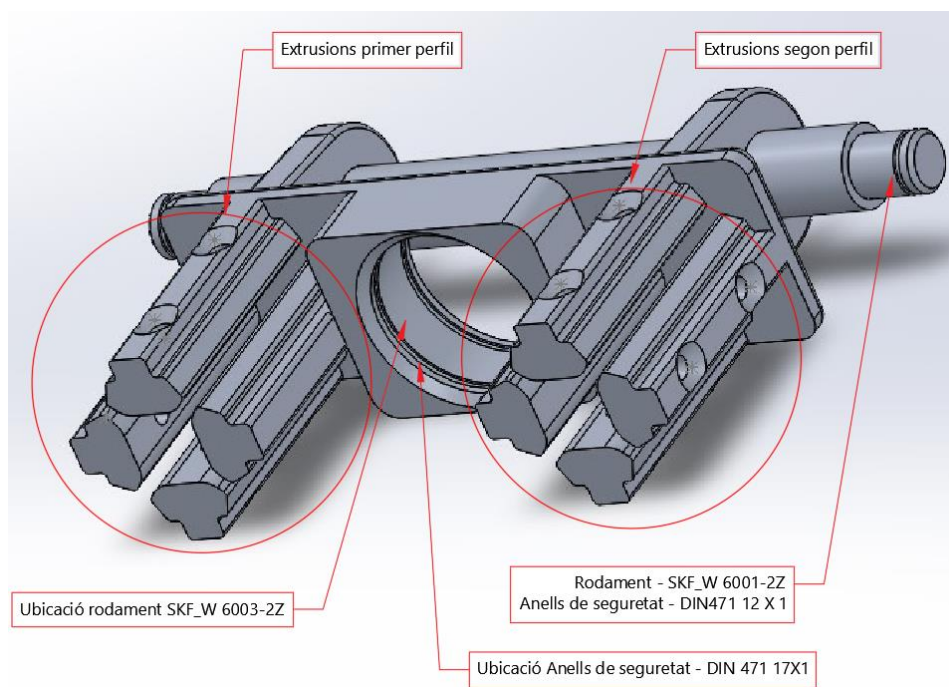


Figura 72. Peça d'injecció d'alumini doble central. Font: pròpia

Tot i que l'explicació anterior resulta està simplificada donant importància als elements imprescindibles del conjunt estructural, aquest apartat es centra exclusivament en l'explicació dels sistemes mecànics utilitzats per aconseguir el moviment de tota l'estructura.

Des de els inicis del projecte, l'objectiu principal ha estat aconseguir un funcionament totalment mecànic del mecanisme, evadint en tot moment l'ús de sistemes electrònics. L'electrònica es caracteritza per aportar, entre altres característiques, una comoditat per l'ús de l'usuari. Aquest fet és molt important tenir-lo present en quan a estudiar el mètode que relaciona l'accionament de l'usuari i el moviment del conjunt estructural. Per tant, tenint en compte les prestacions que ofereix l'electrònica, aquest mecanisme d'elevació busca en tot moment oferir una satisfacció en quan a les seves possibilitats tenint en compte la competència tecnològica.

El procediment d'explicació es realitza des de l'accionament de la manovella per part de l'usuari fins el desplaçament vertical dels mòduls.

El mecanisme d'accionament de l'estructura per part de l'usuari és a través d'una manovella, la qual ha estat dissenyada per a proporcionar la màxima comoditat. La manovella se situa entre la separació de 20 mm que deixen els panells solars i pot ser fàcilment remoguda i col·locada per a evitar que projecti ombres sobre els panells durant el seu funcionament, la qual cosa podria resultar en una disminució del rendiment energètic.

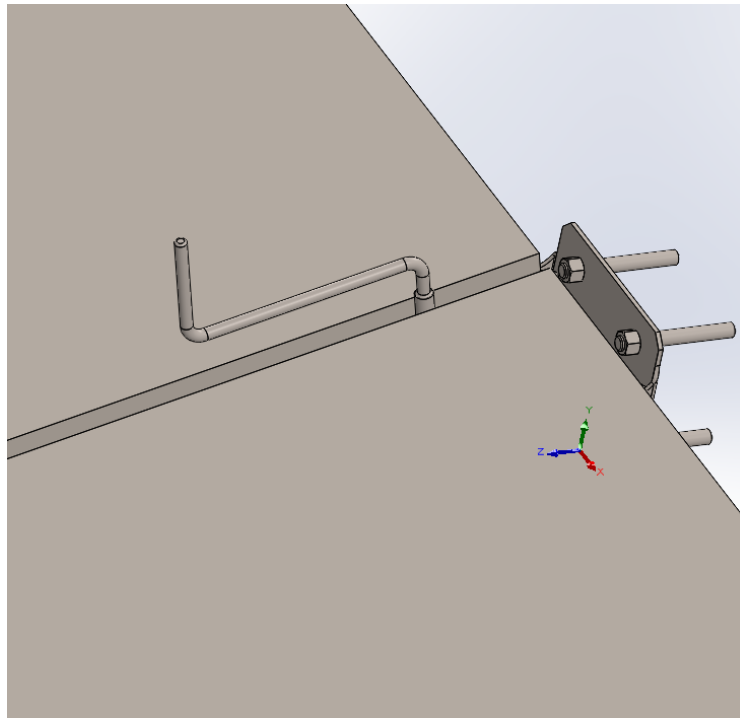


Figura 73. Manovella d'accionament. Font: pròpia

La manovella, per poder transmetre el moviment de gir als engranatges, ha d'estar unida a un eix amb unes característiques en concret. Aquest, presenta una zona de contacte hexagonal a la part superior que permet sincronitzar el moviment amb la manovella. Seguidament, seguint

el recorregut de la seva prolongació, presenta un rodament rígid de doble filera de boles SKF 4200 ATN9, fixat mitjançant dos anells de seguretat o “ circlips ”, un DIN 471 10X1 i DIN 472 30 X 1,2. Finalment, la part inferior de l'eix presenta una superfície de contacte hexagonal on es troba ubicat l'engranatge cònic d'acer mitjançant una unió de soldadura.

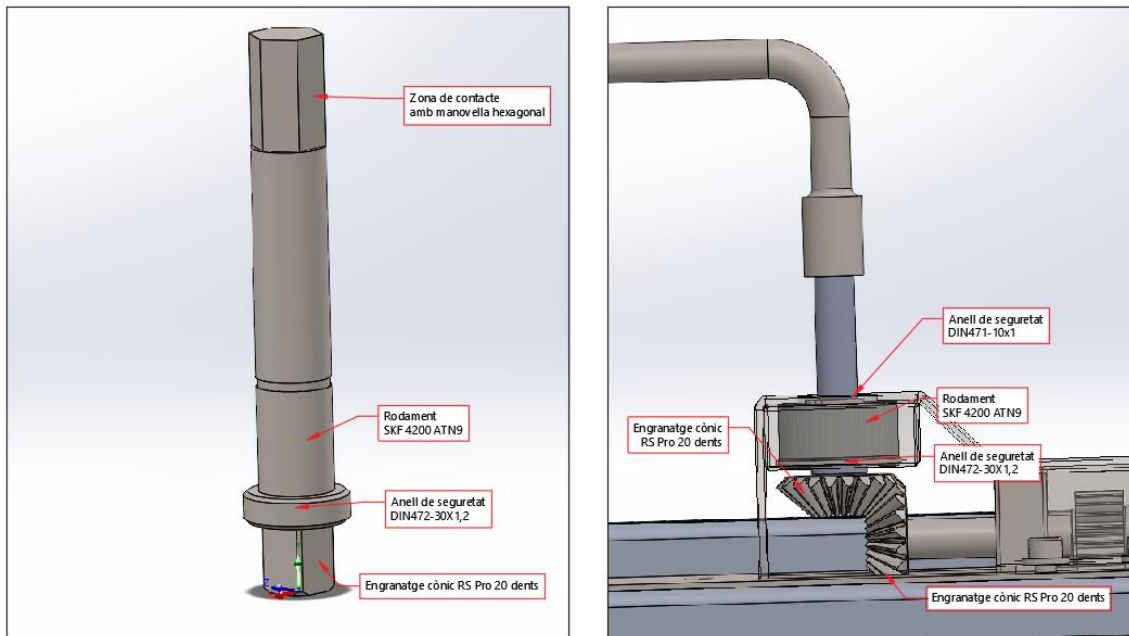


Figura 74. Imatges eix manovella i part del sistema mecànic. Font: pròpia

A causa de les condicions de disseny, és necessari transferir el gir de l'eix principal a un eix secundari. No obstant això, l'única opció viable per a la ubicació dels eixos i per aconseguir el moviment d'ambdós elements és col·locar-los en una posició perpendicular. Per tant, la única manera de connectar el seu gir és mitjançant la transmissió de moviment mitjançant engranatges cònics, un elements de transmissió de moviment i potència entre eixos no paral·lels, en aquest cas, perpendiculars.

Aprofitant el contingut de la **figura 74**, es pot observar la perpendicularitat entre els eixos de gir dels dos engranatges cònics. Aquest segon, es troba de la mateixa manera unit a un eix amb unes característiques molt semblants a l'eix principal de la manovella. Per tant, mitjançant la perpendicularitat que hi ha entre els dos engranatges, es transmet el gir al segon eix fins l'interior de la caixa reductora.

La caixa reductora rep aquest nom ja que conté dos engranatges de diferents diàmetres que permeten la reducció de velocitat per l'augment del parell de sortida.

En el mecanisme s'han incorporat dos engranatges: un motriu de 20 dents i un altre conduït de 40 dents. Aquesta configuració estableix una relació de transmissió de 1:2, la qual cosa implica que per cada volta completa de l'engranatge motriu, el conduït realitza mig gir. Aquest fenomen proporciona una reducció de velocitat i un augment corresponent en el parell de sortida, la qual cosa és fonamental per al funcionament adequat del cargol sense fi.

El cargol sense fi actua com una resistència al moviment en generar fricció durant la seva rotació. Per a superar aquesta resistència, s'aprofita el major parell transmès per l'engranatge de 40 dents. Aquesta diferència en el nombre de dents entre els engranatges motriu i conduït permet el gir efectiu del cargol sense fi.

Atès que la relació entre els engranatges cònics connectats a la manovella i l'engranatge de 20 dents és de 1:1 a causa de la seva disposició mecànica, el moviment es transmet des de l'engranatge de 20 dents al de 40 dents. En conseqüència, per cada volta de la manovella realitzada per l'usuari, l'engranatge de 40 dents gira mitja volta.

Per tant, per cada volta que l'usuari accioni mitjançant la manovella, l'engranatge de major diàmetre (40 dents) girarà mitjana tornada. Atès que el pas de rosca del cargol sense fi és de 4 mm, per cada dues voltes que l'usuari realitzi, la peça mecanitzada que es desplaça al llarg del cargol avançarà 4 mm.

L'engranatge recte de 40 dents, accionat per el menor de 20 dents, es troba fixat al cargol sense fi. El fet d'estar fixat, implica que el gir d'aquest últim engranatge sigui totalment equivalent al gir del cargol. Per tant, un cop s'aconsegueix aquest moviment ja es compleix gran part del funcionament mecànic del sistema.

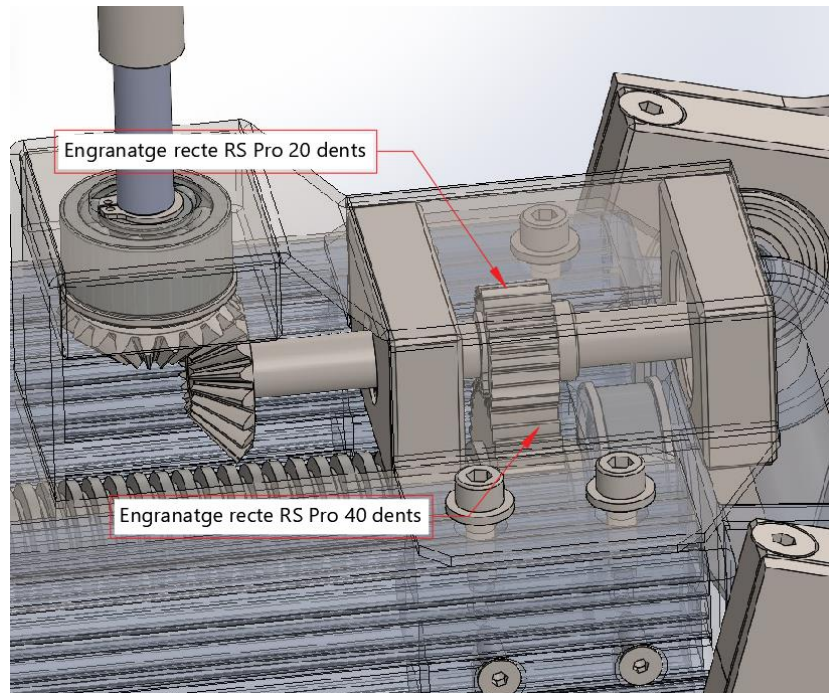


Figura 75. Interior caixa reductora. Font: pròpia

Per aconseguir una connexió entre els sistemes mecànics explicats i el moviment lineal ascendent de l'estructura, cal utilitzar un últim mecanisme que pugui unificar el conjunt.

El cargol sense fi conté en la seva prolongació una peça mecanitzada la qual la seva funció es desplaçar-se per tota la rosca del cargol. Aquesta peça es troba unida al perfil estructural 40 x 40 I-Type slot 8, que es troba fixat al suport de fixació a façana inferior amb capacitat de rotació. Quan el cargol sense fi gira, la peça mecanitzada es desplaça i com a conseqüència el perfil unit a ella, per tant la força ascendent que exerceix el perfil permet la inclinació de l'estructura, i de la mateixa manera quan el moviment es contrari, el conjunt estructural descendeix.

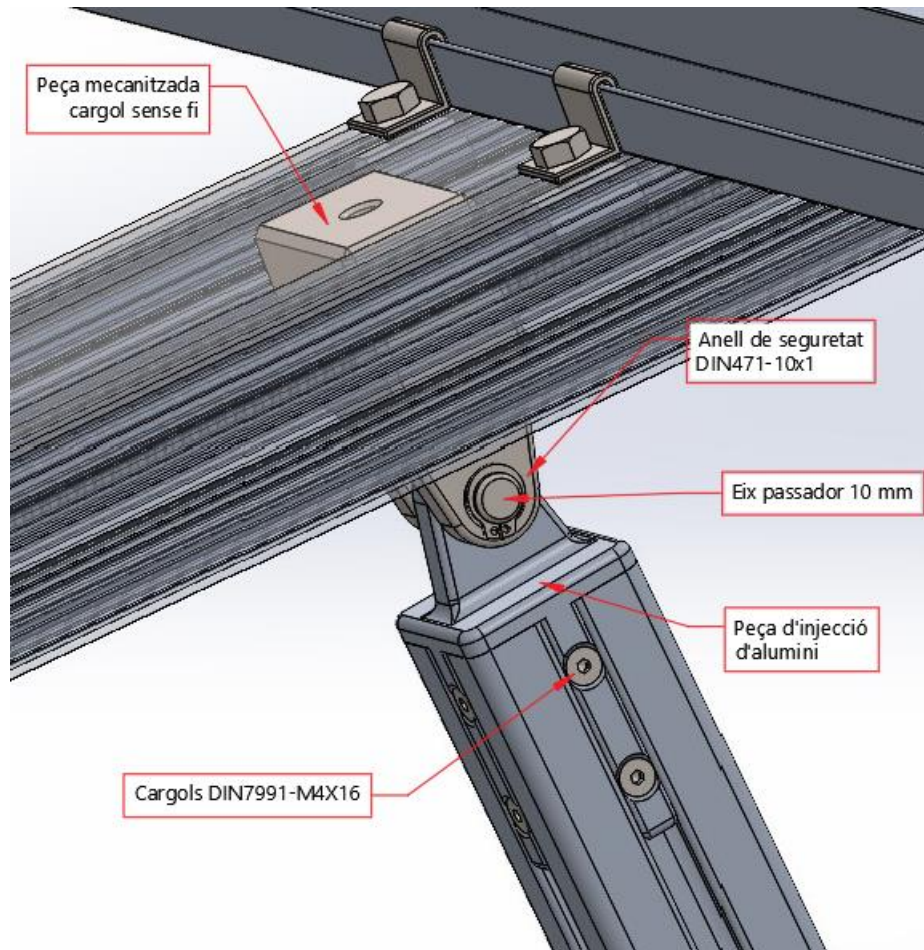


Figura 76. Unió entre perfil estructural i peça mecanitzada del cargol sense fi. Font: pròpia

Mitjançant els indicadors de la figura anterior, s'analitza els elements que formen aquest conjunt en particular. Primer de tot, com bé s'ha esmentat anteriorment, s'observa la peça mecanitzada que recorre la rosca del cargol sense fi. Aquesta peça, es troba unida a la peça d'injecció d'alumini mitjançant un eix passador de 10 mm, el qual es troba fixat mitjançant dos anells de seguretat de 10 mm cadascun. La peça d'alumini, segueix el mateix criteri que totes les peces d'injecció esmentades al document, és a dir, presenta quatre extrusions totalment adaptades a la secció del perfil estructural per aconseguir l'encaix entre els dos elements, que queden fixats i/o units per cargols de secció de 4 mm de diàmetre (DIN7991-M4X16).

### 7.5.4. Element de fixació a façana

Aquest element estructural representa un dels components més importants de l'estructura, ja que s'encarrega de suportar totes les tensions derivades del conjunt d'elements estructurals, com són els perfils d'alumini, els mòduls, les peces d'injecció i els elements normalitzats. Les figures 40 i 41 del document mostren el plantejament inicial de l'estructura així com l'element inicial de fixació a façana. En el plantejament inicial de l'estructura es realitzen diferents simulacions estructurals amb un disseny d'acer inoxidable, per tant, en comparació a les noves propostes de material i disseny esmentades, el pes inicial es molt més superior que l'inicial. Les diferents simulacions que s'han realitzat al inici del apartat, mostren que les reaccions de diferents elements no són positives ja que superen en la majoria de casos el límit

elàstic del material i com a conseqüència el factor de seguretat és baix. Però per el que comporta l'element fixat en particular, després de simular el conjunt d'esforços, reacciona de manera adequada i no experimenta ruptures ni danys significatius.

Per tant, un cop s'observen aquests resultats, s'ha simplificat aquest element per reduir la quantitat de material utilitzada, per així aconseguir optimitzar l'element en qüestió.

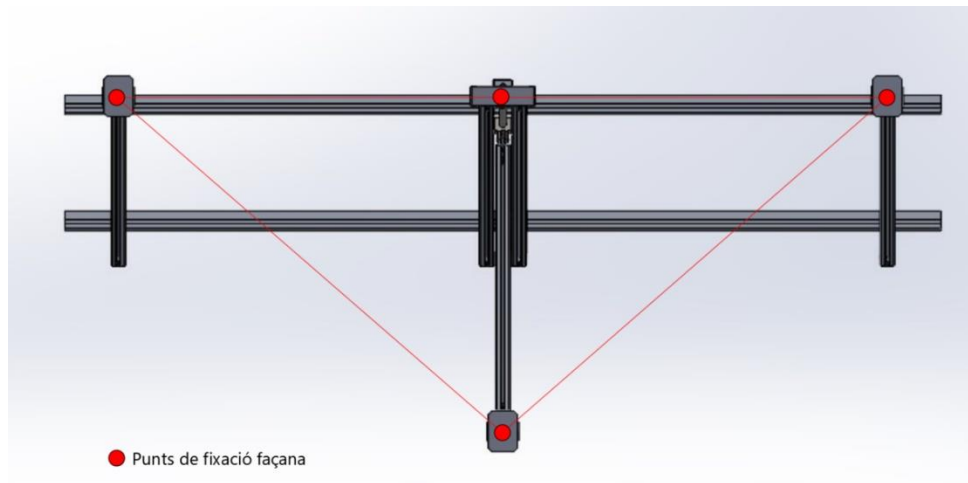


Figura 77. Punts de fixació a façana. Font: pròpia

S'observa una gran simplificació de l'element, ja que s'ha eliminat tot el perímetre triangular que caracteritzava l'element, deixant únicament els punts estratègics on es recolzen els perfils

estructurals i per tant cap on deriven totes les tensions. Un cop es coneixen els punts estratègics, es proposa un disseny específic per cada un d'ells on es realitzen un conjunt d'estudis que permeten avaluar el seu rendiment al conjunt d'esforços i càrregues que reben.

### **7.5.5. Disseny suport façana**

Els primer disseny que es realitza del suport està pensat per complir una conjunt de requisits funcionals. Es pot observar una peça metàl·lica, concretament d'acer inoxidable 316 amb un disseny en particular. Per fer l'estudi, es tenen en compte el conjunt de components que formen l'estructura, on s'ha tingut en compte els perfils estructurals d'alumini, el conjunt de peces normalitzades, els mòduls fotovoltaics, les peces d'injecció d'alumini, etc. El pes total del conjunt suma un total de 83 kg.

L'estructura queda fixada a la façana mitjançant quatre punts d'anclatge, segons l'explicació anterior, per tant, s'estudien les diferents càrregues que poden actuar sobre cada un d'ells a nivell individual.

El disseny inicial del suport es basa en una peça seguint un criteri totalment personalitzat però alhora intentar en tot moment complir els requisits funcionals de l'estructura. Es tracta d'una làmina d'acer inoxidable de 170 mm x 80 mm x 3 mm ( llargada, amplada i profunditat respectivament), fixada per dos cargols de secció de 12 mm de diàmetre, ja que per el pes estructural total, són el resistents als esforços als quals es troben sotmesos. Aquesta peça conté dos ales laterals plegades, dos dels components més importants, ja que són les parts que incorporen els elements que suporten els rodaments i eixos corresponents.

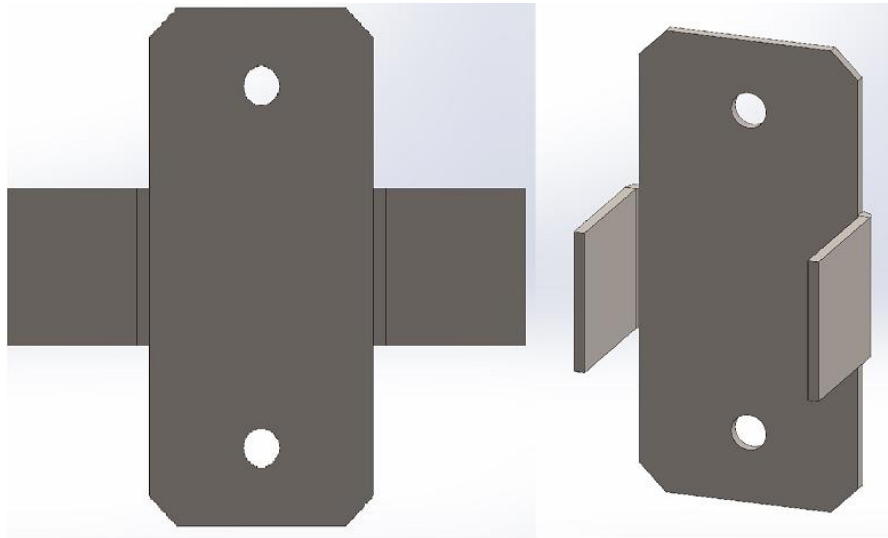


Figura 78. Suport de fixació façana. Font: pròpia

Un cop es realitza el primer estudi, amb un pes equivalent a la càrrega total dividida per cada suport de fixació, és a dir, un pes aproximat de 30 kg per suport tenint en compte un petit coeficient de sobre dimensionament, els resultats extrets són els següents.

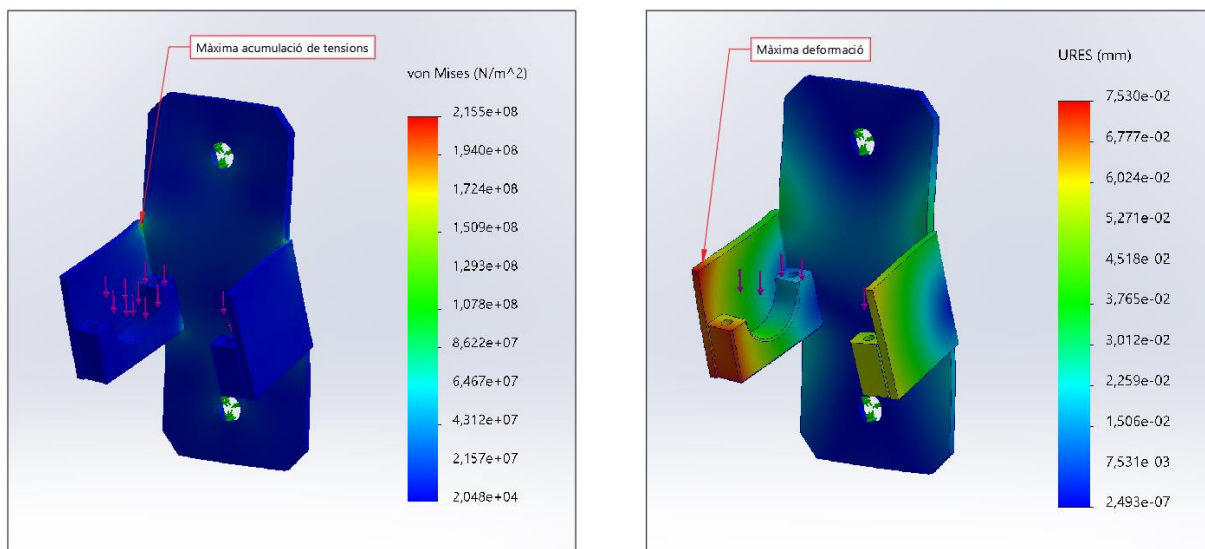


Figura 79. Anàlisi de tensions i deformacions inicial. Font: pròpia

S'observa que les tensions acumulades s'originen en les cantonades, que com era previst és on acostumen a maximitzar-se les tensions. A més, com s'ha mostrat en el disseny inicial les

propietats físiques de l'acer inoxidable presenten un límit elàstic de  $1,38 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ , per tant, segons la imatge anterior, es presenta una tensió de Von Mises superior al límit elàstic ( $2,15 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ ) i es podria originar una falla del material i com a conseqüència originar la ruptura. En aquest cas el factor de seguretat en aquest punt és inferior a 1.

Quan una peça o estructura està sotmesa a tensions acumulades o càrregues elevades, especialment en les cantonades o vores, pot produir-se una concentració de tensions en aquesta zona. Aquesta concentració de tensions pot generar un punt feble en la peça, la qual cosa augmenta el risc de fractura o fallada estructural. Per a mitigar aquest problema i millorar la resistència de la peça, es poden aplicar corbes o arrodoniments. Aquestes corbes redistribueixen les tensions al llarg d'una zona més àmplia, reduint la concentració de tensions en un sol punt i dispersant-les de manera més uniforme en el material.

Per tant, es realitza una segona iteració de la simulació, però en aquest cas s'incrementa el radi de curvatura de les dos cantonades originades per el plegat de la làmina. Per evitar, realitzar tantes iteracions, es considera un radi de curvatura elevat i totalment adaptat a la peça. En el següent estudi es mostren de nou les simulacions amb un radi de 25 mm.

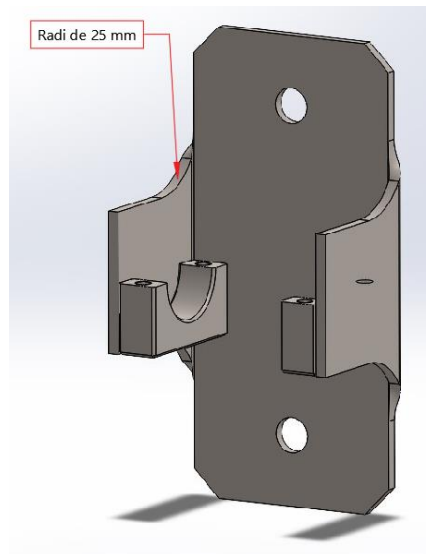


Figura 80. Re-disseny amb radi de 25 mm. Font: pròpia

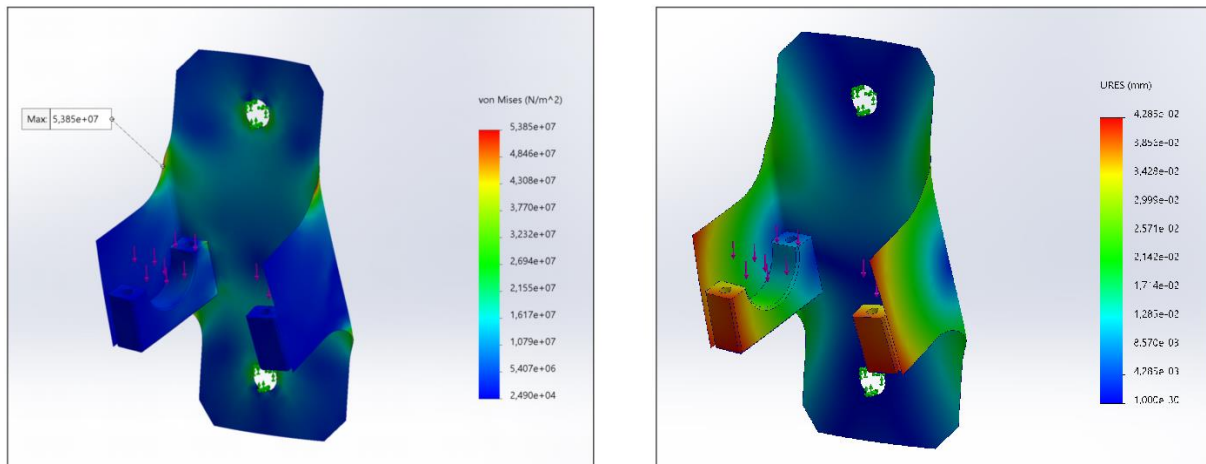


Figura 81. Anàlisi de tensions i deformacions, segona iteració. Font: pròpia

En aquest cas, els resultats dels estudis executats indiquen que la tensió màxima acumulada és de  $5,385 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ . Per tant, si el valor del límit elàstic és de  $1,38 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  significa que:

$$FDS = \frac{1,38 \times 10^8}{5,385 \times 10^7} = 2,56 > 1 \Rightarrow \text{Material segur}$$

Per, últim cal analitzar un aspecte important en les dos iteracions realitzades. Les dos ales que s'han realitzat mitjançant un plegat de la peça, suporten la major quantitat d'esforços de la totalitat del pes que recau sobre el suport. Ja que per cada una d'elles es troben dos peces mecanitzades soldades encarregades de permetre la rotació dels rodaments i suportar el pes que recau sobre l'eix de rotació dels perfils estructurals. Tot i la deformació que experimenta la simulació es pràcticament nul·la, s'ha reforçat aquest component mitjançant una modificació de la peça mecanitzada, a la qual se li ha afegit un element molt utilitzat en estructures, una esquadra.

Les esquadres proporcionen estabilitat i rigidesa a les estructures en unir diferents elements, com a bigues, columnes o perfils, formant angles rectes. Ajuden a mantenir la geometria i l'alineació correcta dels components, evitant moviments no desitjats i assegurant la resistència i estabilitat global de l'estructura. També tenen la funció de transferir i distribuir les càrregues a través de l'estructura. En unir els elements estructurals en angles rectes, ajuden a transmetre

les càrregues verticals, horitzontals i laterals entre els components, evitant punts de concentració de tensions i redistribuint les forces al llarg de l'estructura de manera més uniforme.

A més, contribueixen a prevenir deformacions no desitjades en les estructures. En mantenir els angles rectes entre els components, ajuden a contrarestar els efectes de càrregues i tensions, minimitzant la deformació i el vinclament dels elements estructurals.

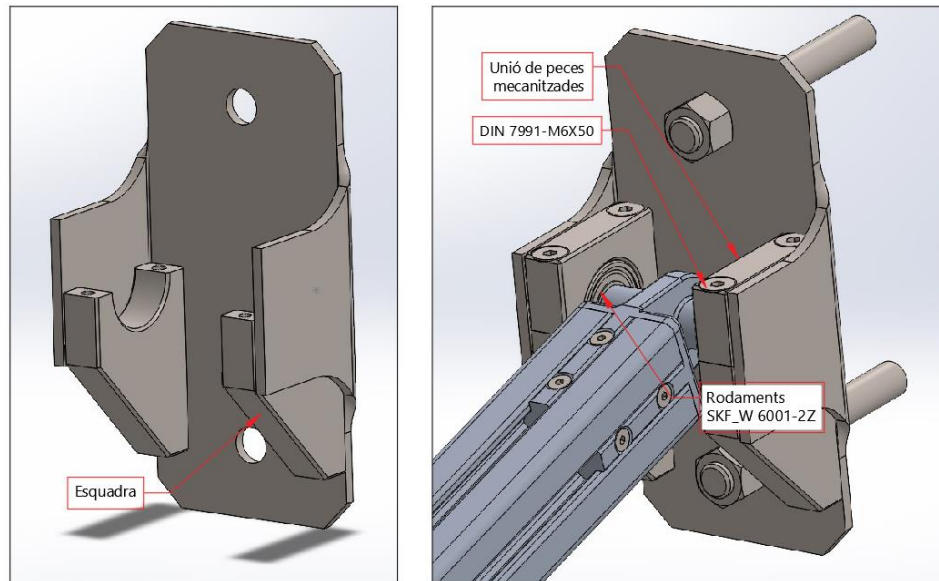


Figura 82. Peça mecanitzada millorada mitjançant esquadra estructural. Font: pròpia

## 7.6. Càlcul Accions del Vent

Degut a la falta de normativa referent al càlcul de l'acció del vent sobre els mòduls fotovoltaics ubicats sobre estructures solars, es pot utilitzar el document bàsic de Seguretat Estructural, Accions en l'Edificació, del Codi Tècnic de l'Edificació (CTE SE-AE), transcripció del Eurocódigo 1-Parte 1-4 per tenir una aproximació de la sobrecàrrega produïda per la pressió estàtica del vent sobre l'estructura, utilitzant la secció de càlcul de marquesines . D'aquesta manera es realitza aquest document bàsic que determina que l'acció del vent, en general, és una força perpendicular al punt considerat exposat, o pressió estàtica, i s'expressa amb la fórmula següent:

$q_e = q_b * C_e * C_p$	
$q_b$	Pressió dinàmica del vent
$C_e$	Coefficient exposició
$C_p$	Coefficient eòlic o de pressió

Taula 2. Equació pressió estàtica vent. Font:[24]

La pressió dinàmica del vent,  $q_b$ , depèn de la densitat i de la velocitat bàsica del vent en l'emplaçament de la instal·lació. A l'Annex D.1 del CTE SE-AE, a més a més, de la definició de la velocitat bàsica del vent, es donen valors d'aquesta i de la pressió dinàmica a cadascuna de les 3 zones en les que es divideix el territori:

	Velocitat bàsica	Pressió dinàmica ( $q_b$ )
Zona A	26 m/s	420 N/m <sup>2</sup>
Zona B	27 m/s	450 N/m <sup>2</sup>
Zona C	29 m/s	520 N/m <sup>2</sup>

Taula 3. Valors pressió dinàmica. Font: [24]

La zona que correspon a la ubicació de la instal·lació és la C i el valor de la pressió dinàmica és de 520 N/m<sup>2</sup>.

Per altra part, el coeficient d'exposició adimensional  $C_e$ , depèn de l'altura de la instal·lació i del grau de rugositat del terreny. A l'Annex D.2 del CTE SE-AE s'explica el mètode de càlcul dels valors de la següent taula.

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Figura 83. Valors coeficient d'exposició. Font: [24]

S'ha considerat una Zona IV urbana en general i una alçada de 9 m, per la qual cosa el coeficient d'exposició és 1,7.

Finalment, per al càlcul del coeficient eòlic o de pressió cal considerar la configuració de l'estructura i el tipus de coberta sobre la qual es munta la instal·lació.

Els mòduls fotovoltaics es recolzaran en una estructura inclinada, per tant, els càlculs es realitzaran en base a les dades que fan referència a una marquesina del CTE. Per determinar els coeficients eòlics de compressió i succió s'assimila la configuració a marquesina a una aigüa a sotavent segons Eurocódigo 1-Parte 1-4. D'aquesta manera es determina el coeficient més elevat per cada situació.

Coeficientes de presión exterior					
C <sub>e,10</sub>					
Pendiente de la cubierta $\alpha$	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción $\varphi$	Zona (según figura)		
			A	B	C
0°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,5	1,8	1,1
	Arriba	0	-0,6	-1,3	-1,4
	Arriba	1	-1,5	-1,8	-2,2
5°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,8	2,1	1,3
	Arriba	0	-1,1	-1,7	-1,8
	Arriba	1	-1,6	-2,2	-2,5
10°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,2	2,4	1,6
	Arriba	0	-1,5	-2,0	-2,1
	Arriba	1	-2,1	-2,6	-2,7
15°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,4	2,7	1,8
	Arriba	0	-1,8	-2,4	-2,5
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
20°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,7	2,9	2,1
	Arriba	0	-2,2	-2,8	-2,9
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
25°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	2,0	3,1	2,3
	Arriba	0	-2,6	-3,2	-3,2
	Arriba	1	-1,5	-2,5	-2,8
30°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	2,2	3,2	2,4
	Arriba	0	-3,0	-3,8	-3,6
	Arriba	1	-1,5	-2,2	-2,7

Figura 84. Coeficients de pressió exterior sobre marquesina. Font: [24]

A continuació, es mostren els valors de les diferents càrregues de compressió i succió accionades per el vent. S'observa que únicament apareixen els estudis de les inclinacions de 5° a 30° ja que el CTE limita les dades de les marquesines fins a certa inclinació. De totes maneres, aquests valors serviran per realitzar les simulacions corresponents i conèixer el comportament de l'estructura a aquestes accions.

Inclinació	qb	Ce	Cp compr.	Cp succió	qe compr. (N/m <sup>2</sup> mòduls)	qe succió (N/m <sup>2</sup> mòduls)
5°	520 N/m <sup>2</sup>	1,7	1,3	-2,5	1149 N/m <sup>2</sup>	-2210 N/m <sup>2</sup>
10°	520 N/m <sup>2</sup>	1,7	1,6	-2,7	1414 N/m <sup>2</sup>	-2387 N/m <sup>2</sup>
15°	520 N/m <sup>2</sup>	1,7	1,8	-3,0	1591 N/m <sup>2</sup>	-2652 N/m <sup>2</sup>
20°	520 N/m <sup>2</sup>	1,7	2,1	-3,0	1856 N/m <sup>2</sup>	-2652 N/m <sup>2</sup>
25°	520 N/m <sup>2</sup>	1,7	2,3	-2,8	2033 N/m <sup>2</sup>	-2475 N/m <sup>2</sup>
30°	520 N/m <sup>2</sup>	1,7	2,4	-2,7	2122 N/m <sup>2</sup>	-2387 N/m <sup>2</sup>

Taula 4. Càrregues de vent a compressió i succió. Font: pròpia

Segons el punt 4 del CTE DB-SE, concretament el subapartat “4.1.1. Valor de càlcul de la resistència”, especifica que a l’hora de realitzar un càlcul per la resistència d’una estructura, s’han de tenir en compte uns coeficients de seguretat que permeten sobredimensionar el valor de les de totes les accions que actuen.

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) para las acciones

Tipo de verificación <sup>(1)</sup>	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		<b>desestabilizadora</b>	<b>estabilizadora</b>
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

<sup>(1)</sup> Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Figura 85. Coeficients de seguretat de les accions. Font: [26]

Tenint en compte les limitacions que s’han esmentat anteriorment, només es pot precisar el càlcul de les diferents accions que actuen sobre l’estructura en un marge dels 5° fins als 30° d’inclinació. D’aquesta manera, es garanteixen uns valors amb màxima exactitud.

Un cop es coneixen els valors dels coeficients, s'han realitzat uns últims càlculs que permeten simplificar certs valors i així facilitar la introducció de dades al SolidWorks per poder realitzar el conjunt de simulacions corresponents.

Per simplificar els càlculs totes les càrregues de compressió i succió que mostra la taula 4, s'han realitzat la següent conversió:

Inclinació	qe compr. (N/m <sup>2</sup> mòduls)	qe succió. (N/m <sup>2</sup> mòduls)	Coef. accions variables	Superfície d'impacte	Força Compressió	Força Succió
5°	1149 N/m <sup>2</sup>	-2210 N/m <sup>2</sup>	1,5	3,92	6756 N	-12993 N
10°	1414 N/m <sup>2</sup>	-2387 N/m <sup>2</sup>	1,5	3,92	8315 N	-14032 N
15°	1591 N/m <sup>2</sup>	-2652 N/m <sup>2</sup>	1,5	3,92	9355 N	-15591 N
20°	1856 N/m <sup>2</sup>	-2652 N/m <sup>2</sup>	1,5	3,92	10914 N	-15591 N
25°	2033 N/m <sup>2</sup>	-2475 N/m <sup>2</sup>	1,5	3,92	11953 N	-14552 N
30°	2122 N/m <sup>2</sup>	-2387 N/m <sup>2</sup>	1,5	3,92	12473 N	-14032 N

Taula 5. Taula de conversió de N/m<sup>2</sup> a N. Font: pròpia

Un cop es coneix el valor màxim de les accions que podria generar el vent, que corresponen a les càrregues variables, falta conèixer el valor de les càrregues permanents, que són aquell conjunt d'accions que es produeixen per el pes propi dels elements que conserven una posició fixe en la construcció de forma constant.

Per determinar el valor d'aquest conjunt de càrregues, és necessari tenir en compte únicament el conjunt de perfils estructurals coplanars i els perfils de tipus I-Type slot 8 disposats longitudinalment i transversalment, que, mitjançant la seva disposició, suporten el pes dels mòduls. No obstant això, un d'aquests perfils de tipus I és l'encarregat de garantir l'ascens o descens de l'estructura en funció del cargol sense fi, per tant, sobre ell recau tot el conjunt de perfils restants i mòduls. Aquest fet implica, que un dels components més crítics de l'estructura és aquest perfil. Per tant, cal analitzar el conjunt de càrregues variables i permanents que actuen sobre el conjunt i en particular analitzar el comportament d'aquest perfil a aquestes accions.

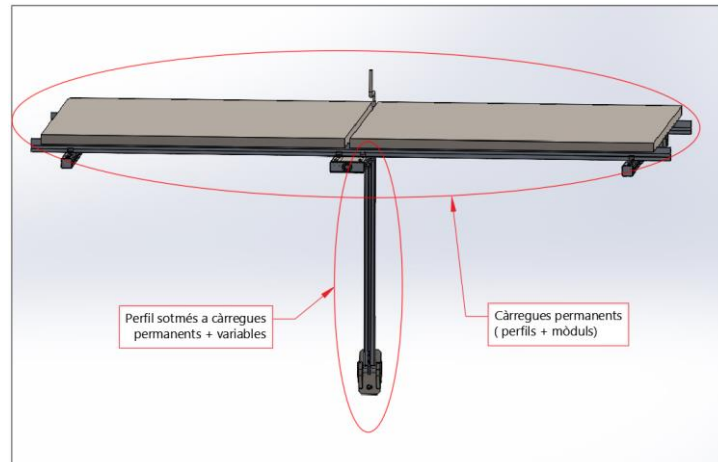


Figura 86. Parts on afecten principalment les accions permanents i variables. Font: pròpia

Seguint el criteri dels coeficients de seguretat, les càrregues permanents tenen un coeficient de seguretat equivalent a 1,35, per tant la massa total dels quatre perfils 40x40 I-Type slot 8 (2,11 kg per perfil), els dos perfils coplanars SUNFER (3,01 kg per perfil) i els 2 mòduls fotovoltaics (22 kg per mòdul) suma un total de 58,46 kg. Per conèixer el valor del pes, es determina una acceleració de  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Per tant:

$$Pes = 58,46 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 573,49 \text{ N}$$

$$Pes \text{ (amb coef de seguretat)} = 573,49 \text{ N} \times 1,35 = 774,21 \text{ N}$$

Per tant, amb els valors de compressió i succió corresponent a les accions variables que mostra la taula 5 i l'acció de les càrregues permanents calculada prèviament, es pot procedir a realitzar les simulacions corresponents.

De tots els valors que mostra la taula 5, la diferència més gran que hi ha entre el sumatori de les accions més crítiques de ambdues accions combinades (compressió i succió) és quan l'angle d'inclinació correspon a  $15^\circ$ . Per tant, es pot obtenir aquesta força resultant com a valor crític màxim que actua sobre el conjunt estructural.

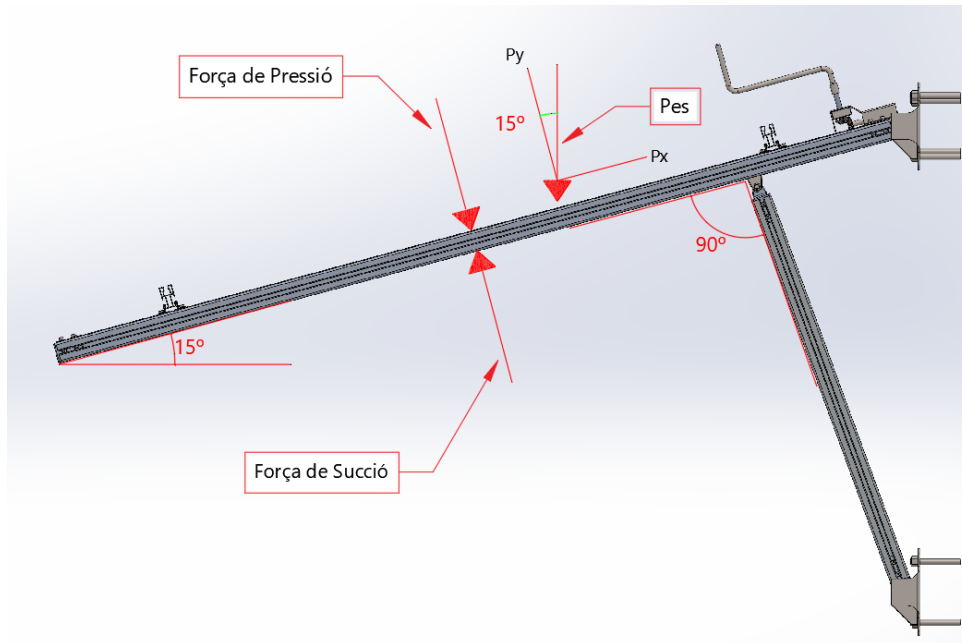


Figura 87. Anàlisi de forces. Font; pròpia

Segons les especificacions del Codi Tècnic, el vent actua com una càrrega variable perpendicular a la superfície d'impacte, i el pes, com descriuen les lleis físiques, actua en direcció totalment vertical. Donat aquest fenomen, com les forces actuen en diferents direccions, no es poden sumar, per tant, per poder operar es realitza una descomposició vectorial del pes. Un cop es realitza aquesta operació, es calcula la component  $P_y$ , que actua en la mateixa direcció que les accions de compressió i succió.

Segons l'equació anterior el pes resultat és de 774,21 N amb el coeficient de seguretat corresponent. Per tant la component del pes  $P_y$  és:

$$P_y = 774,21 \text{ N} \times \cos 15^\circ = 747,83 \text{ N}$$

Per tant la força resultant que actua sobre el Perfil 40x40 I-Type slot 8 és:

$$\text{Força resultant} = 9355 \text{ N} + (-15591 \text{ N}) + (747,83 \text{ N}) = -5488,17 \text{ N}$$

Aquest valor indica que la força resultant acaba essent de succió, ja que es negativa i actua cap a Dalt. Però tot i així, el perfil del qual es parla, treballa de la mateixa manera tant a compressió com a tracció. A continuació es mostren les diferents simulacions realitzades amb els valors calculats.

### 7.6.1. Perfil estructural 40 x 40 I-Type slot 8

Un cop es realitzen les simulacions (**figura 88**) amb les dades extretes anteriorment, s'observa que en cap moment es presenten senyals que indiquin que pot haver-hi ruptura del material, ja que la tensió de Von Mises és molt petita en relació al màxim que presenta l'escala de mesura i que per tant es podria aproximar al límit elàstic del material. Com a conseqüència, el resultat de les deformacions també és nul·la. Per tant, tot i que una de les propietats que caracteritza al perfil es la seva resistència a esforços flectors, mitjançant aquestes simulacions es pot determinar la gran resistència que oposen a esforços de tracció i compressió.

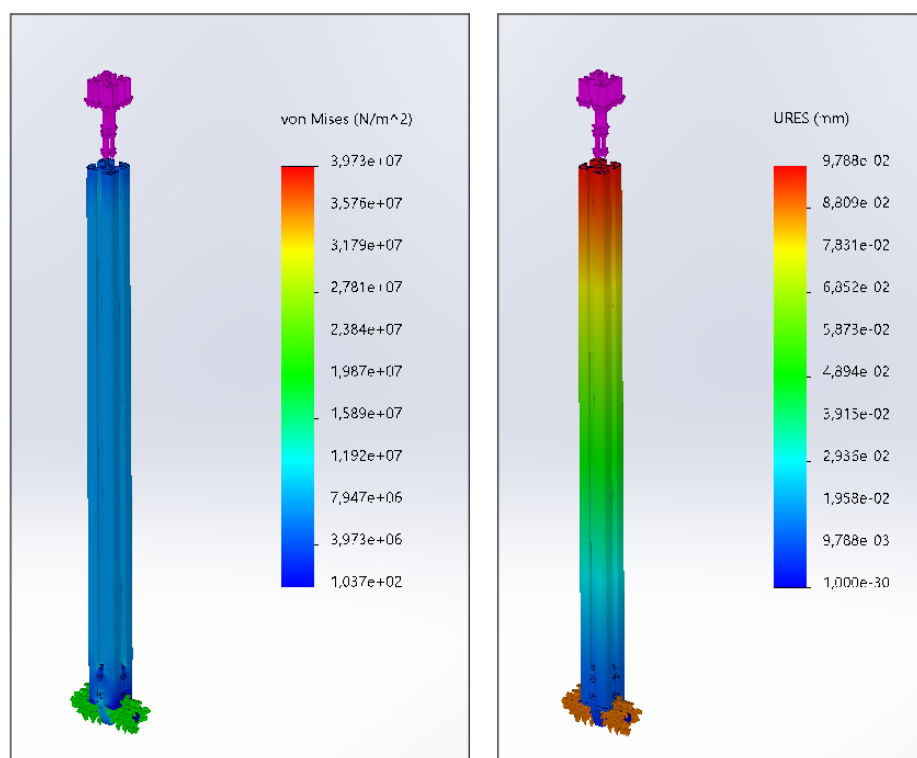


Figura 88. Simulacions de tensions i deformacions del perfil vulnerable. Font: pròpia

## 8. Pressupost

La realització del pressupost es divideix en 3 capítols dels quals el primer tracta sobre el cost de producció o disseny requerit per obtenir el projecte. Per aquest primer capítol s'hauran de tenir en compte les tasques realitzades per l'enginyer a l'hora de realitzar el projecte. Les activitats esmentades en el Capítol I del pressupost es veuen reflectides en la planificació del projecte. Cal aclarir que tot i que no s'observin la majoria de les tasques que formen part de la planificació, s'ha simplificat la informació del primer capítol per evitar l'excés d'informació innecessària i mostrar una informació molt més agrupada i simplificada. En el segon capítol estan els materials emprats per la realització del projecte, en el qual s'inclou el conjunt de materials utilitzats per el disseny de l'estructura. Finalment, en el tercer capítol estan les amortitzacions que es duren a terme, en el que entra l'amortització de l'oficina i el programari utilitzat.

A l'hora d'observar el pressupost, s'ha de tenir en compte que el valor total del projecte fa referència a un conjunt estructural. És dir, per evitar confondre el lector, els estudis energètics que s'han mostrat per estudiar la viabilitat tècnica del projecte mostren una instal·lació fotovoltaica de quatre mòduls i quin seria el seu rendiment per obtenir un mínim de producció i aconseguir un equilibri entre el consum de la xarxa i l'aprofitament d'electricitat dels mòduls. Però, el pressupost mostra el cost total d'un sol bloc estructural, on màxim hi ha la possibilitat de dipositar dos mòduls fotovoltaics. Per tant, és important entendre que cada conjunt estructural està dissenyat per allotjar un màxim de dos mòduls fotovoltaics, proporcionant un suport adequat i segur per aquesta quantitat.

## Capítol I

El capítol I del projecte fa referència al cost d'elaboració d'aquest. Per tant, en aquest capítol es té en compte únicament el cost de realització de cada activitat que descriu el projecte. Cal tenir en compte que el projecte és realitzat per un estudiant d'enginyeria que equival a un enginyer junior, per tant, el cost de facturació és de 30 €/h.

Codi	Descripció	Unitats totals (h)	Import (€)
<b>1.1</b>	<b>Redacció memòria tècnica</b>		
1.1.1	Redacció de marc teòric	140 h	4.200 €
1.1.2	Investigació i anàlisi de requisits i normativa	15 h	450 €
1.1.3	Estudi de viabilitat tècnica	40 h	1.200 €
1.1.4	Estudi impacte ambiental	16 h	480 €
1.1.5	Desenvolupament de l'estudi estructural	78 h	2.340 €
1.1.6	Redacció memòria tècnica final	24 h	720 €
1.1.7	Finalització i validació del projecte	12 h	360 €
<b>1.2</b>	<b>Disseny estructural</b>		
1.2.1	Disseny estructural i càlculs	60 h	1.800 €
1.2.2	Selecció de materials i components	40 h	1.200 €
1.2.3	Simulacions estàtiques i dinàmiques de l'estructura	60 h	1.800 €
<b>1.1</b>	<b>Costos Redacció memòria</b>	<b>325 h</b>	<b>9.750 €</b>
<b>1.2</b>	<b>Costos Disseny estructural</b>	<b>160 h</b>	<b>4.800 €</b>
<b>Costos indirectes (10%)</b>			
1.3	Costos indirectes de mà d'obra		1.455,00 €
<b>Marge (30%)</b>			
1.4	Marge de mà d'obra		4.801,50 €
<b>Total Capítol I</b>			<b>20.807 €</b>

Taula 6. Capítol I pressupost. Font: pròpia

## Capítol II

En el segon capítol es veuen tots els materials utilitzats per la realització d'aquest projecte.

A continuació es mostra una llista dels components i els seus preus:

Codi	Descripció	Unitats totals		Pr/unit(€)	Import(€)
2.1	Perfils d'alumini anoditzat estructura solar SUNFER de 1800 mm	4,80	m	15,80 €	42,13 €
2.2	Perfil lleuger d'alumini 40x40 I-Typ Slot 8 de 1800 mm	4	u	24,89 €	99,54 €
2.3	Perfil lleuger d'alumini 40x40 I-Typ Slot 8 de 1000 mm	1	u	13,83 €	13,83 €
2.4	Cargols DIN7991 - M4X16	64	u	0,09 €	5,76 €
2.5	Cargols DIN7991 - M6X50	16	u	0,33 €	5,28 €
2.6	Cargols DIN912 - M5X16	8	u	0,04 €	0,32 €
2.7	Volanderes DIN 6903 - A4,7	8	u	0,01 €	0,08 €
2.8	Femella hexagonal ISO 4034 - M12	10	u	0,06 €	0,60 €
2.9	Circlip DIN471- 12X1	8	u	0,04 €	0,32 €
2.10	Circlip DIN471- 10X1	8	u	0,03 €	0,24 €
2.11	Circlip DIN471- 17X1	3	u	0,06 €	0,18 €
2.12	Circlip DIN472- 35X1,5	4	u	0,20 €	0,80 €
2.13	Circlip DIN472- 30X1,2	1	u	0,18 €	0,18 €
2.14	Rodament rígid de boles d'acer inoxidable amb sellat integral SKF-W-6201-2Z	8	u	3,19 €	25,52 €
2.15	Rodament rígid de boles d'acer inoxidable amb sellat integral SKF-W-6000-2Z	2	u	2,92 €	5,84 €
2.16	Rodament rígid de boles d'acer inoxidable amb sellat integral SKF-W-6003-2Z	2	u	3,75 €	7,50 €
2.17	Rodament rígid de dues fileres de boles SKF-4200 ATN9	1	u	25,74 €	25,74 €
2.18	Cargol sense fi DIN 103 - 20X4	1	u	39,84 €	39,84 €
2.19	Engranatge cònic RS PRO, Acer, 20 dents mòdul 1	2	u	17,53 €	35,06 €
2.20	Engranatge cilíndric recte, RS PRO, Acer, 20 Dents	1	u	15,47 €	15,47 €
2.21	Engranatge cilíndric recte, RS PRO, Acer, 40 Dents	1	u	37,32 €	37,32 €
2.22	Peça mecanitzada cargol sense fi	1	u	25,00 €	25,00 €
2.23	Peça injecció alumini individual	6	u	50,00 €	300,00 €
2.24	Peça injecció alumini doble	2	u	100,00 €	200,00 €
2.25	Suports paret ferro	4	u	30,00 €	120,00 €
2.26	Pinça d'anclatge mòduls	6	u	1,28 €	7,68 €
2.27	Pinça d'unió perfils	16	u	2,25 €	36,00 €
2.28	Tapa reductora	1	u	35,00 €	35,00 €
2.29	Suport rodaments	3	u	10,00 €	30,00 €
2.30	Tapa cargol sense fi	1	u	25,00 €	25,00 €
2.31	Eix reductora	2	u	10,00 €	20,00 €
2.32	Eix passant	1	u	5,00 €	5,00 €
2.33	Varilla roscada M12	1,50	m	5,00 €	7,50 €
2.34	Tac químic	10	u	5,00 €	50,00 €
2.35	Manivela	1	u	15,00 €	15,00 €
<b>Total Capítol II (10% d'Imprevistos + 10% Indirectes)</b>					<b>1.497,66 €</b>

Taula 7. Capítol II pressupost. Font: propia

## Capítol III

En el tercer capítol estan les amortitzacions les quals consten principalment dels softwares utilitzats pel desenvolupament del projecte, i l'oficina per a dur a terme les tasques.

Codi	Descripció	Cost Inv.	N (projectes)	€/projecte
3.1	Ordinadors	925,33 €	1	285,71 €
3.2	Software Autocad	2.342,00 €	1	2.342,00 €
3.3	Software MS-Project	929,00 €	1	929,00 €
3.4	Software Solid Edge/PVSOL	909,42 €	1	909,42 €
3.5	Oficina (mobles i maquinària)	1.200,00 €	1	1.200,00 €
<b>Total Capítol III</b>				<b>5.666,13 €</b>

Taula 8. Capítol III pressupost. Font: pròpia

## Resum pressupost

A continuació es mostra el resum del pressupost total on s'inclou la suma dels tres capítols esmentats en l'apartat:

<b>Total Capítol I</b>	20.806,50 €
<b>Total Capítol II</b>	1.497,66 €
<b>Total Capítol III</b>	5.666,13 €
<b>Total sense IVA</b>	<b>27.970,29 €</b>
<b>IVA 21%</b>	<b>5.873,76 €</b>
<b>Total Pressupost</b>	<b>33.844,05 €</b>

Taula 9. Resum pressupost. Font: pròpia

## 9. Normativa

La normativa que es mostra a continuació pertany al conjunt de sistemes estructurals. En aquest cas, es mostren principalment les normatives basades en perfils estructurals d'alumini. A més cal destacar, la presència del Codi Tècnic d'Edificació que estableix les exigències i requisits necessaris que han de complir les edificacions. Per tant, en aquests documents, es poden identificar com s'han de realitzar els dimensionaments de les estructures i parts de les edificacions segons el seu propi pes i l'actuació d'agents externs com és el cas de neu, vent i temperatura.

- “UNE-EN 1090-1:2011+A1:2012: Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 1: Requisitos para la evaluación de la conformidad de los componentes estructurales.”
- “UNE-ENV 1999-2:2002. Eurocódigo 9. Proyecto de estructuras de aluminio. Parte 2: Estructuras sometidas a fatiga.”
- “RD 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.”
- “CTE-DB-SE Seguridad estructural.”
- “CTE-DB-SE-AE Acciones en la edificación.”
- Normativa urbanística. Pla d'Ordenació Urbanística Municipal (POUM)

La instal·lació dels panells solars pot requerir treballs manuals o de manipulació de càrregues, per la qual cosa s'han de complir les normatives de protecció laboral corresponents. Això pot incloure la formació adequada dels treballadors, l'ús d'equips de protecció personal (EPP) i la implementació de mesures per a prevenir lesions durant la instal·lació.

Normativa legal vinculada a la PRL d'obligat compliment.

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

## 10. Impacte ambiental

En aquest capítol es tracta la viabilitat mediambiental d'una instal·lació solar fotovoltaica. Tot i ser un projecte orientat a l'estudi del funcionament i disseny d'una estructura solar fotovoltaica, és important comentar quina repercussió tenen les instal·lacions fotovoltaiques en el medi ambient, tant a nivell energètic com en concepte de materials.

L'energia solar és una font d'energia neta i renovable, per tant, l'impacte mediambiental és relativament baix en comparació a altres formes d'energia. Quan la instal·lació ja es troba dipositada sobre la teulada amb les seves corresponents connexions i ja es troba en funcionament, l'impacte ambiental de l'energia solar és nul. Per tant, tota energia que percep la instal·lació fotovoltaica per després poder emetre-la en forma de corrent elèctric, prové d'una font "il·limitada" d'energia, el Sol. És a dir, si s'analitza de forma directa quina és la repercussió que té una instal·lació fotovoltaica davant el medi ambient es pot afirmar que és inexistent, ja que no intervenen processos químics, no s'expulsen substàncies tòxiques a l'atmosfera, en resum, no són partícips del efecte hivernacle.

En canvi, és important conèixer el transfons de les instal·lacions fotovoltaiques. S'ha observat anteriorment que l'impacte mediambiental directe de les instal·lacions fotovoltaiques es pràcticament nul ja que es parla d'una energia neta i "il·limitada". Però s'ha tingut únicament en compte el propòsit de les instal·lacions fotovoltaiques, que és promoure el concepte de les energies renovables i generar energia a partir de llum solar. Per tant, durant el procés d'operació, no es cremen combustibles fòssils ni es generen residus perillosos durant la generació d'energia.

Però si s'analitza de forma indirecte, des de l'extracció de les primeres matèries fins que es creen els panells solars, material elèctric, estructura, els resultats no són tant positius.

Els panells solars es componen de materials com el silici, el vidre, alumini i plàstics, que s'extreuen i es processen utilitzant energia i aigua. La mineria i la producció d'aquests materials pot tenir diversos impactes ambientals significatius, com l'emissió de gasos d'efecte hivernacle, contaminació de l'aire i aigua, i degradació de l'habitat natural. A més, els panells solars tenen diferents fabricants distribuïts per tot el món i per poder arribar a tota la demanda mundial, necessiten exportar-los, la qual cosa implica un transport. El transport és una de les

fonts més significatives d'emissions de gasos d'efecte hivernacle i altre contaminants ambientals. Tots els vehicles que funcionen amb combustibles fòssils, que avui en dia la

majoria de transportistes nacionals utilitzen transports d'aquest estil, emeten una sèrie de gasos i partícules a l'atmosfera, com el diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>), òxids de nitrogen (NO<sub>x</sub>), monòxid de carboni (CO), hidrocarburs i altres partícules, que tenen efectes negatius per el medi ambient i com a conseqüència per la salut de l'ésser humà.

En certes situacions, les condicions de l'entorn on s'han de realitzar les instal·lacions fotovoltaïques resulten ser perjudicials per el rendiment dels mòduls. Els mòduls normalment acostumen a ubicar-se en les zones més altes dels edificis per diversos factors que potencien el seu rendiment. Per exemple, per augmentar el rendiment energètic dels mòduls i obtenir una instal·lació més econòmica, s'utilitzen les inclinacions de les teulades per aprofitar la pròpia inclinació d'aquestes i per tant únicament utilitzar material d'estructura que permeti la correcta subjecció entre els mòduls i la teulada, d'aquesta manera s'evita l'ús innecessari de material i a més econòmicament resulta ser més assequible. De totes maneres, les vivendes que s'ubiquen a les afores del centre urbà de les poblacions, com per exemple les urbanitzacions, acostumen a ser habitatges envoltats per zones rurals on predominen boscos. En molts casos, hi ha arbres que formen part de la parcel·la de molts habitatges i per tant son propietat privada. Però aquests arbres, en certes situacions resulten ser perjudicials per les seves grans dimensions ja que repercuteixen en el rendiment de les instal·lacions degut a les grans i constants projeccions d'ombra que generen. Per tant, en alguns casos les empreses recomanen talar-los o senzillament els propietaris per decisió pròpia consideren que és el més òptim per poder disposar d'una instal·lació productiva energèticament. La qual cosa el fet de actuar negativament contra l'hàbitat natural també és perjudicial per al medi.

Durant el procés de mà d'obra d'una instal·lació fotovoltaica es poden generar diferents residus:

- **Residus de construcció:** Es generen durant la instal·lació de suports, estructures i cimentacions necessàries per la instal·lació dels mòduls fotovoltaics. Aquests poden ser residus de fusta, metall, formigó, entre d'altres.

- **Residus dels panells solars:** Durant la fabricació dels panells solars es generen residus com el silici, vidre, alumini, coure, plàstics i altres materials. En cas de que els panells es retirin després de la seva vida útil, també són considerats residus.
  
- **Residus elèctrics i electrònics:** Els components electrònics utilitzats en els sistemes fotovoltaics, com els inversors, controladors de carga, bateries i altres elements, poden generar residus perillosos i s'han de gestionar adequadament.
- **Residus d'embalatge:** Durant el transport de materials i equips necessaris per la instal·lació del sistema fotovoltaic, es generen residus d'embalatge com cartró, plàstic, poliestirè expandit, entre altres.
- **Residus de la instal·lació elèctrica:** Durant la instal·lació de la connexió elèctrica del sistema fotovoltaic a la xarxa elèctrica, el tram de corrent continua des de els mòduls fins a l'inversor i el tram de corrent alterna des de l'inversor al Quadre General de Proteccions, es poden generar residus com cables elèctrics, connectors, canalitzacions, entre altres.

Per no repercutir al medi ambient, és molt important que tots aquests processos s'han de gestionar de la forma correcta, per minimitzar l'impacte ambiental i complir amb la normativa vigent en matèria de residus.

## **10.1. Petjada de carboni**

La petjada de carboni fa referència al conjunt de gasos que provoquen l'efecte hivernacle, principalment el diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>). Com s'ha comentat anteriorment, probablement el procés que requereix la fabricació, funcionament i transport de tots els components que engloben una instal·lació fotovoltaica sigui la font principal d'emissió de gasos d'efecte Hivernacle. Però tot i així, és convenient analitzar aquest procés amb deteniment i establir una comparació entre les situacions anteriors i posteriors a una instal·lació fotovoltaica, per així conèixer l'impacte ambiental que té el consum elèctric determinat d'un habitatge i per tant, posteriorment contrastar aquesta informació amb els beneficis per el medi que genera una instal·lació fotovoltaica.

Si s'utilitza com a model exemplar el cas esmentat en el punt de partida, es realitza un estudi per a un habitatge unifamiliar on el consum elèctric per part dels residents és aproximadament de 3000 KWh/any. A continuació es mostra una gràfica que representa el consum esmentat anteriorment d'un habitatge unifamiliar distribuït anualment.

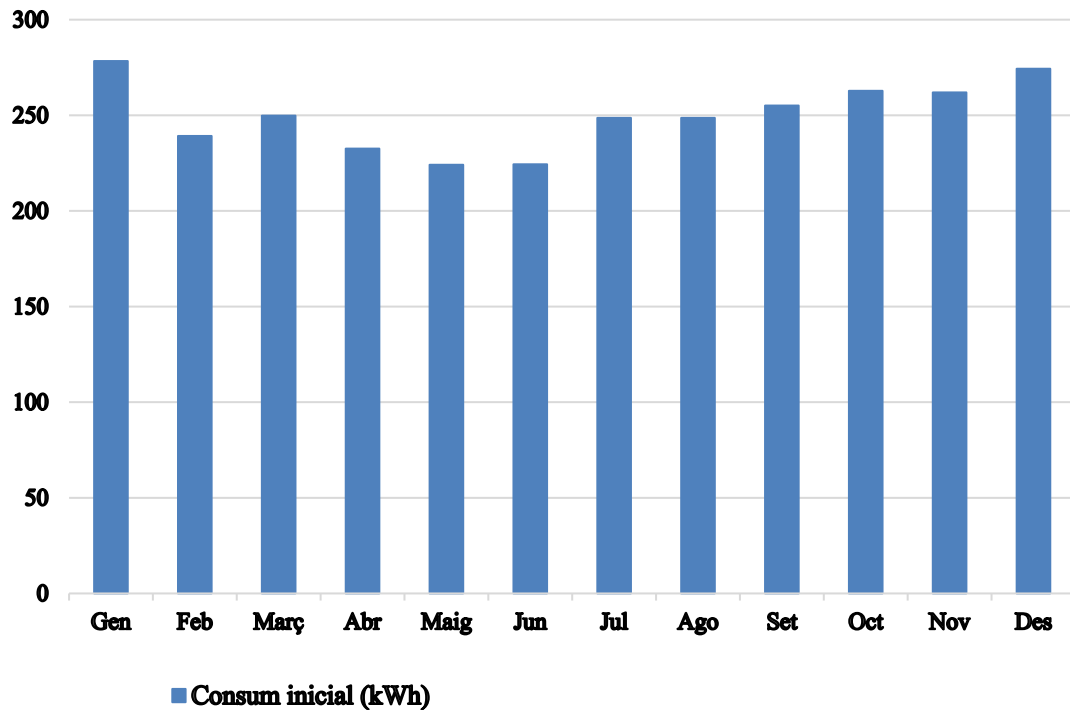


Figura 89. Gràfic de consum previ a una instal·lació fotovoltaica. Font: pròpia

Com s'observa a la imatge anterior, el consum es distribueix uniformement seguint un criteri, on en funció de l'època de l'any varia. Però un cop es coneixen les dades de consum, cal analitzar el comportament del sistema fotovoltaic tenint en compte el registre de consums anteriors.

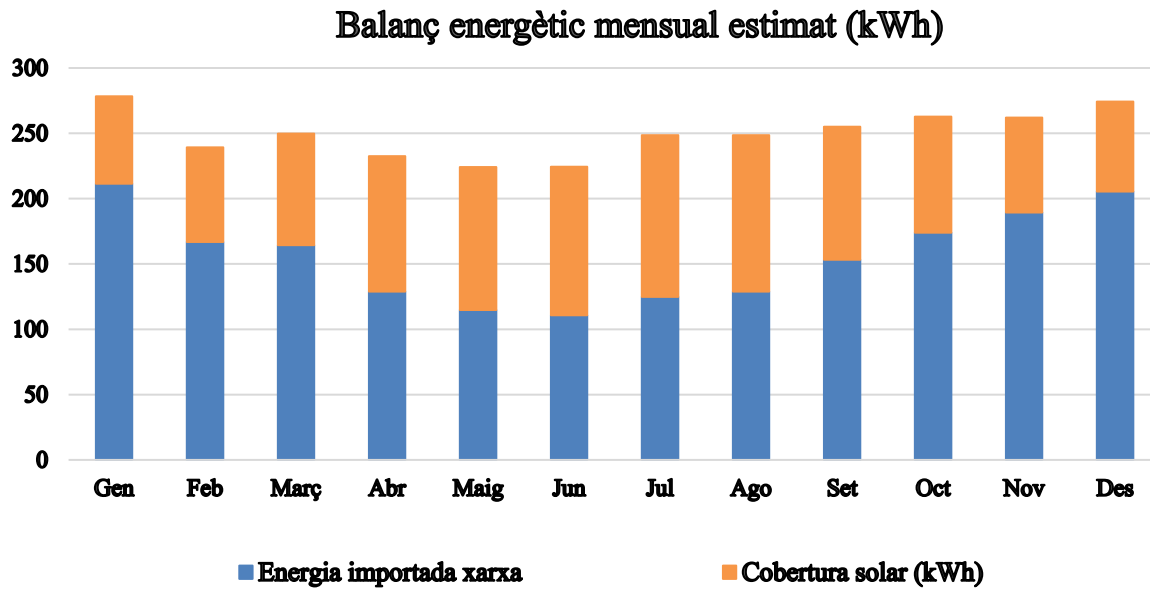


Figura 90. Gràfic de consum i autonconsum posterior a una Instal·lació fotovoltaica. Font: pròpia

Aquest gràfic (**figura 90**) representa el balanç energètic anual de la instal·lació. Per tant, com indica la llegenda del gràfic, es poden conèixer diferents conceptes que descriuen el comportament del sistema fotovoltaic. Conèixer aquests valors permet analitzar i comparar d'on prové el consum elèctric de l'habitatge i quina es la cobertura solar de la instal·lació. La cobertura solar és un dels conceptes més importants que permeten conèixer l'estalvi energètic que representa en el consum elèctric d'una casa. Aquest valor permet conèixer la part del consum elèctric que prové de la xarxa que és substituït per la generació dels mòduls fotovoltaics, que directament implica que aquesta energia prové d'una font d'energia "il·limitada" i per tant es genera energia sense cap repercussió indirecta cap al medi ambient.

Un consum elèctric de 3000 kWh/any d'un habitatge unifamiliar implica una petjada de carboni de 1,20 tonelles de CO<sub>2</sub>. Un cop es coneix l'equivalència del que suposa en termes d'emissions de gasos el consum elèctric determinat d'un habitatge, és convenient mostrar la reducció d'emissions de gasos degut al funcionament dels mòduls solars. Per fer-ho, s'ha realitzat un estudi aproximat d'aquest escenari. A l'estudi energètic que s'ha realitzat anteriorment, s'han utilitzat diferents graus d'inclinació per examinar el comportament del

sistema fotovoltaic ja que es tracta d'un sistema estructural que presenta un moviment vertical ascendent i descendent. Per simplificar els càlculs, es realitza l'estudi amb un valor

d'inclinació determinat, és a dir, tenint en compte que el sistema oscil·la entre els 5° i 60° d'inclinació, s'ha realitzat l'estudi amb una fixació de l'estructura a 25° i orientat totalment a Sud, que permet simplificar els càlculs i donar una resposta amb valors aproximats el més ajustada a un estudi realitzat amb el sistema estructural mòbil.

En funció del consum elèctric que es realitzi, la cobertura solar de la instal·lació pot variar. La cobertura solar fa referència a tot el consum energètic que cobreix la instal·lació solar amb la seva pròpia generació energètica i sense necessitat d'adquirir energia de la xarxa de distribució elèctrica. A continuació, es mostra una taula que indica el consum elèctric de l'habitatge en funció dels diferents mesos de l'any, l'energia produïda per els mòduls solars i finalment que cobreix la instal·lació en funció de la distribució de consum que hi ha a la vivenda.

Número	Mes	Consum inicial (kWh)	Generació (kWh)	Cobertura solar (kWh)
1	Gener	278	121	67
2	Febrer	239	141	72
3	Març	250	197	85
4	Abril	233	208	104
5	Maig	224	235	109
6	Juny	224	240	114
7	Juliol	249	242	124
8	Agost	249	231	120
9	Setembre	255	185	102
10	Octubre	263	151	89
11	Novembre	262	114	73
12	Desembre	274	109	69
<b>TOTAL</b>		<b>3000</b>	<b>2176</b>	<b>1127</b>

Taula 10. Resum d'autoconsum solar. Font: pròpia

En conclusió, la suma de KWh/any de cada més que cobreix la instal·lació equival a 1127 KWh/any, que és el mateix que dir que representa el 37,5% del consum inicial. Per tant, aquest percentatge representa la quantitat d'electricitat que s'aprofita exclusivament de la generació elèctrica de la instal·lació i per tant no prové de la xarxa. Aquest fenomen indica que respecte les 1,20 tones inicials d'emissions de CO<sub>2</sub> que representen el consum elèctric d'un habitatge sense ús d'energies renovables, que reduït un 37,5% , és ni més ni menys la quantitat de 0,45 tones menys d'emissions de CO<sub>2</sub>.



## 11. Perspectiva de gènere

La perspectiva de gènere del projecte es refereix a la consideració de les diferències de gènere en totes les etapes d'aquest, des de la planificació fins a la implementació i el manteniment. Això implica identificar i abordar les necessitats, interessos i preocupacions de les dones i els homes en relació al procés de desenvolupament del projecte. Per exemple, en la fase de planificació, és important considerar l'accés equitatiu a la informació i les oportunitats de participació per a totes les persones, independentment del seu gènere. Per el que correspon a la fase d'implementació, s'han de considerar les diferències en les habilitats i capacitats de dones i homes en la construcció i operació de la instal·lació amb la finalitat de establir un repartiment equitatiu del conjunt de responsabilitats. Malauradament, en el cas de les dones és possible que tinguin un accés desigual a l'educació i a la oportunitat d'obtenir recursos financers que els homes, la qual cosa implica un sentiment de rebuig per part de les dones respecte aquesta desigualtat estructural i la conseqüent baixa participació en projectes d'energia renovable i limitació en la presa de decisions per l'ús d'energia de la llar.

Pel que correspon a la part del disseny, en tot moment s'ha plantejat una estructura que pugui ser accionada per una població genèrica. Es tracta d'un sistema mecànic dissenyat per ser accessible a totes les persones, independentment del seu gènere. És a dir, en tot moment s'ha realitzat un disseny estàndard tenint en compte les diferències entre homes i dones, com és el cas de l'altura i la força física. En tot moment, es planteja una estructura amb un manteniment assequible i pràctic pels dos gèneres, de tal manera que no suposi una dificultat per raons d'accessibilitat.

També és important considerar com l'energia solar pot afectar de manera diferent a les dones i homes en relació a les seves necessitats energètiques i als seus rols associats històrica i culturalment en la llar i en la comunitat. A més, la perspectiva de gènere en les instal·lacions fotovoltaïques també implica la promoció de la igualtat de gènere i l'empoderament de les dones a través de l'energia solar. Això pot incloure la formació i capacitació en habilitats tècniques per a dones i la creació d'oportunitats econòmiques per a les dones en el sector de l'energia solar.



## **12. Organització i planificació**

### **12.1. Organització**

Un dels principals conceptes que es tenen en un projecte, abans de iniciar-lo, és la correcta definició dels objectius i els resultats que es pretenen assolir. Per fer-ho, és important analitzar el procés i dissenyar un sistema d'organització que permeti dur-lo a terme de la manera més viables possible. Per tant, s'han de conèixer diferents aspectes que permeten planificar el projecte adequadament, on es presenta el que es farà, quan es farà, qui ho farà i com es farà.

Aquest apartat permet conèixer l'abast del projecte, on s'inclou la identificació dels recursos necessaris, l'assignació de les tasques amb les seves respectives dates d'inici i finalització i finalment el disseny d'un pla de gestió de riscos.

### **12.2. Planificació**

La planificació d'un projecte és un procés que permet establir un conjunt d'objectius i les activitats necessàries per aconseguir-los. Mitjançant el MS PROJECT, un software de gestió de projectes que permet controlar tots els processos i tasques que s'executen durant el desenvolupament d'un projecte i la seva execució més òptima, es realitza una visualització prèvia a totes les tasques que es duran a terme i quin és el temps i recursos necessaris per obtenir un resultat òptim. Un cop explicat, s'exposa la situació present amb la configuració determinada.

La planificació que s'ha realitzat per aquest projecte, no s'ajusta al temps de realització d'un projecte empresarial. Cal tenir en compte que el temps dedicat al desenvolupament d'aquest, s'adapta a l'horari universitari, és a dir, implica una dedicació paral·lela a l'estudi d'altres assignatures. A part, cal tenir en compte que l'execució del projecte pot no ser constant per situacions adverses extra universitàries. Per tant, la planificació que s'ha realitzat abasta des de l'inici del curs fins a l'entrega final del treball final de grau, 24 de Setembre de 2022 fins al 15 de Juny de 2023 respectivament.

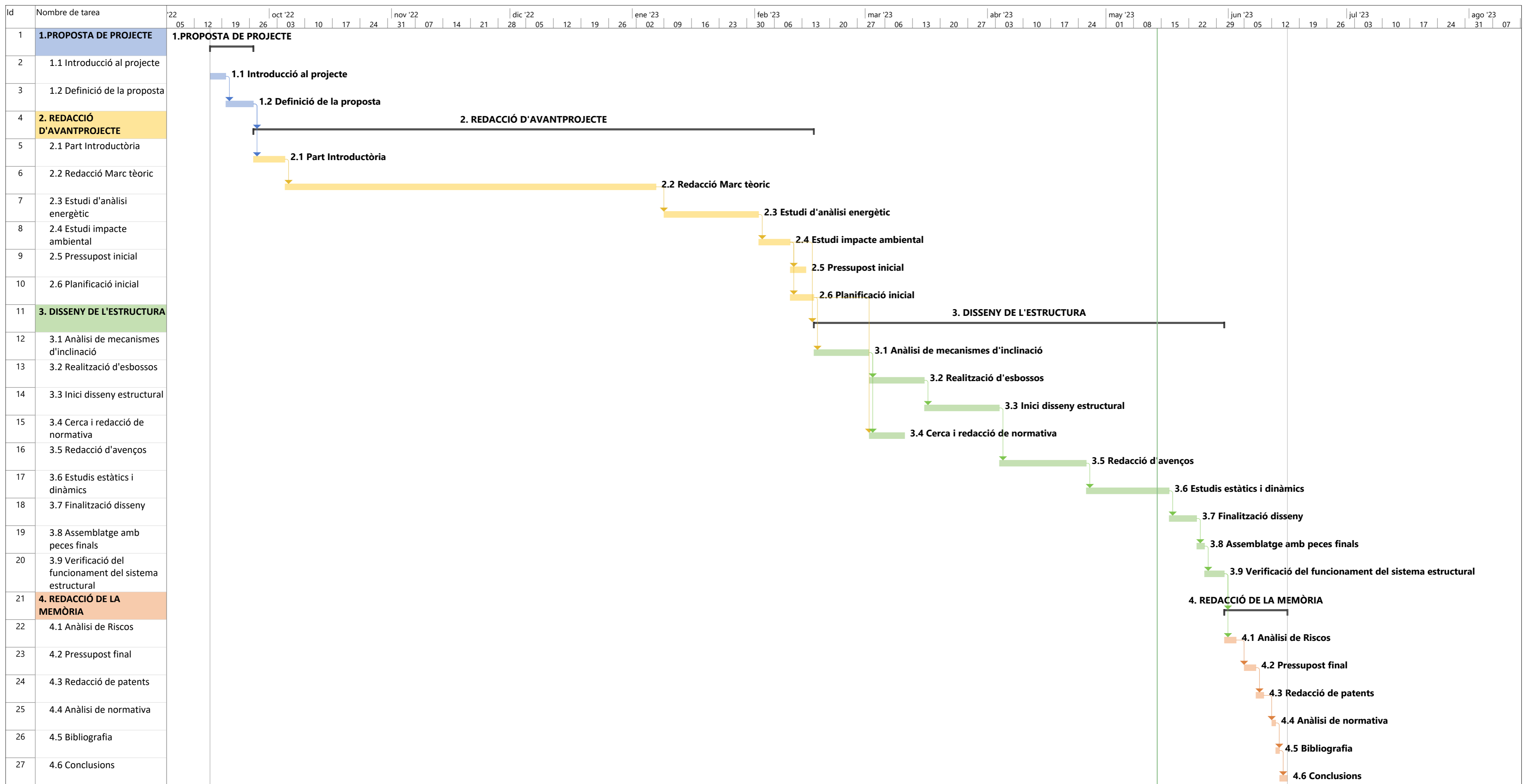
Tot i això, la configuració que s'ha realitzat per dur a terme el projecte és d'una jornada laboral estàndard, 5 dies a la setmana, des de les 9:00 h del matí fins les 19:00 h de la tarda, amb una pausa intermèdia de dues hores, de 13:00 h fins a 15:00 h.

El desenvolupament del projecte es realitza majoritàriament durant les hores extra universitàries i caps de setmana. Cal tenir en compte en tot moment la situació personal de l'autor del projecte, per poder entendre com s'ha desenvolupat el projecte i com ha estat la realització del projecte en temps real. Aquest aclariment ajuda a entendre l'equivalència d'hores dedicades respecte les que s'han configurat per realitzar la planificació del projecte. Les 8 hores laborals que fa referència a un horari estàndard, equivalen aproximadament a 2 hores de realització de projecte en temps real. Mitjançant aquesta explicació es dona per entès que el conjunt d'hores referents al capítol I del pressupost són proporcionals a la planificació del projecte realitzada tenint en compte la conversió d'hores en temps real.

A continuació es mostra el conjunt de tasques que consoliden el projecte i que permeten donar una continuïtat al seu desenvolupament, amb una correcta planificació i organització. Principalment s'observen les tasques principals, que representen les quatre etapes principals amb les que s'ha dividit el projecte. Cadascuna d'elles incorpora un conjunt de d'activitats amb les seves corresponents dates d'inici i finalització. En funció d'un conjunt de factors, es calcula la durada aproximada d'execució de cada una de les activitats. S'observa que la gran majoria de les tasques són de caràcter precedent o "Start-to-Finish", és a dir, que les tasques, i les activitats com a conseqüència, no poden començar fins que l'anterior hagi finalitzat. Només apareix un cas excepcional, on una de les tasques conté dues activitats que s'inicien el mateix dia, és a dir, es realitzen simultàniament.

<b>Activitat</b>	<b>Durada</b>	<b>Inici</b>	<b>Final</b>
<b>TFG (total)</b>	<b>195 dies</b>	<b>16/09/2022</b>	<b>15/06/2023</b>
<b>1. Proposta de projecte</b>	<b>7 dies</b>	<b>16/09/2022</b>	<b>26/09/2022</b>
1.1 Introducció al projecte	2 dies	16/09/2022	19/09/2022
1.2 Definició de la proposta	5 dies	20/09/2022	26/09/2022
<b>2. Redacció d'Avant projecte</b>	<b>102 dies</b>	<b>27/09/2022</b>	<b>15 /02/2023</b>
2.1 Part introductòria	6 dies	27/09/2022	04/10/2022
2.2 Redacció del marc teòric	68 dies	05/10/2022	06/01/2023
2.3 Estudi anàlisi energètic	18 dies	09/01/2023	01/02/2023
2.4 Estudi impacte ambiental	6 dies	02/02/2023	09/02/2023
2.5 Pressupost inicial	2 dies	10/02/2023	13/02/2023
2.6 Planificació inicial	4 dies	10/02/2023	15/02/2023
<b>3. Disseny de l'estructura</b>	<b>74 dies</b>	<b>16/02/2023</b>	<b>30/05/23</b>
3.1 Anàlisi de mecanismes d'inclinació	10 dies	16/02/2023	01/03/2023
3.2 Realització d'esbossos	10 dies	02/03/2023	15/03/2023
3.3 Inici del disseny estructural	13 dies	16/03/2023	03/04/2023
3.4 Cerca i redacció de normativa	7 dies	04/04/2023	05/04/2023
3.5 Redacció d'avenços	16 dies	06/04/2023	12/04/2023
3.6 Estudis estàtics i dinàmics	15 dies	26/04/2023	16/05/2023
3.7 Finalització del disseny	5 dies	17/05/2023	23/05/2023
3.8 Assemblatge amb peces finals	2 dies	24/05/2023	25/05/2023
3.9 Verificació del funcionament del sistema estructural	3 dies	26/05/2023	30/05/2023
<b>4. Redacció de la memòria</b>	<b>12 dies</b>	<b>31/05/2022</b>	<b>15/06/2023</b>
4.1 Anàlisi de riscos	3 dies	31/05/2023	02/06/2023
4.2 Pressupost final	3 dies	05/06/2023	07/06/2023
4.3 Redacció de patents	2 dies	08/06/2023	09/06/2023
4.4 Anàlisi de normativa	1 dia	16/06/2023	12/06/2022
4.5 Bibliografia	1 dia	13/06/2023	13/06/2023
4.6 Conclusions	2 dies	14/06/2023	15/06/2023

Taula 11. Planificació del projecte. Font: pròpia



Projecto: Disseny d'una estruct  
 Fecha: dom 14/05/23

Tarea	Resumen	Hito inactivo	solo duración	solo el comienzo	Hito externo	Progreso manual
División	Resumen del proyecto	Resumen inactivo	Informe de resumen manual	solo fin	Fecha límite	Progreso
Hito	Tarea inactiva	Tarea manual	Resumen manual	Tareas externas	Progreso	Progreso

## 13. Anàlisi de riscos

Un dels conceptes més importants durant el desenvolupament del projecte, és el correcte seguiment d'aquest. Per tant, és important que darrere de tot procés hi ha hagi una possible sortida d'emergència davant les situacions imprevistes. El pla de contingència és una estratègia de projectes que permet donar suport en situacions de risc per l'empresa. És a dir, es realitzen una sèrie d'estratègies i plantejaments previs de manera que qualsevol succés inesperat pugui ser solucionat el més ràpid possible i amb la màxima eficàcia.

Deixant de banda tot els components addicionals que formen part d'una instal·lació fotovoltaica com s'ha observat durant el desenvolupament del marc teòric, el principal objecte d'anàlisi és el sistema estructural plantejat. Per estudiar la gestió de riscos d'aquest projecte, en concret de l'estructura, s'ha de focalitzar l'anàlisi en el comportament mecànic del sistema. El comportament mecànic de qualsevol estructura solar, ja sigui en disposició coplanar, sobre coberta inclinada o qualsevol tipus d'estructura esmentada que s'ubiqui sobre coberta plana està sotmesa a diferents esforços.

Tot material que s'utilitza per el disseny de qualsevol estructura presenta unes característiques mecàniques per les quals són definits i utilitzats en segons quines situacions i per tant, si aquesta estructura fos protegida en un entorn on no poguessin intervenir agents externs, l'estudi es simplificaria únicament a l'anàlisi dels esforços interns que descriuen tots els materials i sistemes d'unió que componen l'estructura. Però en aquest cas, es tracta d'una estructura fotovoltaica situada a la intempèrie, i per tant, totalment exposats als agents externs de l'atmosfera.

L'aigua, el vent i la neu, són els principals agents externs que es troben en l'atmosfera o més ben dit, els principals que poden perjudicar directament al comportament mecànic ideal de l'estructura. Per tant, cal dissenyar una estructura que sigui capaç de gestionar aquests fenòmens i cal avaluar els riscos associats amb el comportament mecànic de l'estructura per garantir la seguretat i eficàcia a llarg termini de la instal·lació.

El diagrama AMFE (Anàlisi modal de fallades i efectes) és una eina de gestió de qualitat que permet identificar i analitzar possibles modes de fallada, les seves causes i efectes en el procés, producte o servei. Aquest sistema permet conèixer els possibles riscos que poden

sorgir i per tant mostra les diferents opcions de resposta en funció de diferents paràmetres. Per tant, per iniciar un correcte anàlisi de riscos, és convenient realitzar un diagrama AMFE per detectar-los.

Els factors que s'analitzen a l'AMFE són els següents:

- L'estructura principal, que representa l'esquelet del sistema i que per tant representa la part més important del disseny.
  - Deformació excessiva a causa de les càrregues provocades per els agents externs, per tant, s'han d'utilitzar materials amb bon coeficient de dilatació tèrmica i resistents.
  - Fatiga dels materials degut a fenòmens externs, com és l'exposició prolongada al sol i altres condicions climatològiques. Aquest fenomen esdevé en cas de que els materials siguin de baixa qualitat o no s'adaptin a les condicions d'esforços que pugui manifestar l'estructura tant per factors interns com externs. A més, el disseny estructural és molt important per a que hi hagi una correcte compensació d'esforços i un equilibri dinàmic entre les forces internes que constitueixen l'estructura, així com una correcte distribució de les càrregues.
  - Falla dels materials en els punts més crítics, on hi ha unions de soldadura o altres sistemes mecànics de fixació.
  - Corrosió o desgast dels components metàl·lics per l'exposició a la humitat o productes químics adversos.
  - Falta de recursos i/o material, tenint en compte que durant l'execució del projecte s'utilitzen programes de disseny, simuladors i programes de càlcul analític. En cas d'error en el sistema operatiu d'aquest conjunt de softwares, podria generar un canvi en el plantejament del projecte i com a conseqüència un endarreriment.
  - Situacions imprevistes que podrien variar la planificació i per tant un endarreriment en el projecte i possiblement variacions en el cost d'aquest.
  - Incompliment de la normativa que podria causar comportaments negatius en el sistema estructural. Per altre banda, l'incompliment del reglament, podria causar grans penalitzacions econòmiques.

Disseny d'una estructura per a mòduls fotovoltaics			ANÀLISIS MODAL DE FALLADES I EFECTES (A.M.F.E)												
Descripció de la fase	Operació o funció	Mode/s potencial/s d'error	Efecte/s potencial/s d'error	Gravetat	Causa(s) potencial(s) del error(s)	Ocurrencia	Verificació(s) i/o control(s) actual(s)	Detecció	NPR	Acció(s) recomenada(es) o implantades	Àrea(s) / persona(s) responsable(s)	Resultat de les accions			
												Gravetat	Ocurrencia	Detecció	NPR
Estructura Solar	Disseny incorrecte	Errors en l'ús de materials i/o distribució de càrregues. Incorrecte anàlisi de punts crítics. Errors en estudis dinàmics i estàtics del sistema	Incorrecte funcionament del sistema estructural. Desgast de peces. Deformacions inesperades. Poca durabilitat i resistència dels materials.	9	Distribució incorrecte en el disseny, estudi previ incorrecte	6	Visual/Manteniment	8	432	Redisseny conjunt	Enginyeria	9	6	8	432
	Falta de resistència dels materials i/o deformació	Càrrega excessiva degut a vents forts, acumulacions de neu o falta de rigidesa de l'estructura. Materials amb coeficient de dilatació tèrmica baix	Danys estructurals	9	Ús de materials inadequats	4	Visual/Manteniment	6	216	Revisió disseny estructural i càlculs precisos de càrrega de vent i neu. Ús de materials rígids	Enginyeria/Manteniment	9	4	6	216
	Corrosió dels materials	Materials no preparats per ser exposats a la humitat o altres fenòmens adversos com productes químics	Reducció de la resistència estructural, ruptures o fractures dels elements que componen l'estructura	6	Ús de materials inadequats	4	Visual/Manteniment	4	96	Inspeccions regulars per detectar la corrosió, ús de materials resistents al fenomen, recubriments protectors	Enginyeria/Manteniment	6	4	4	96
	Falles en els sistemes de fixació, unió i anclatge	Desgast o fatiga a causa dels elements que componen l'estructura, vibracions, disseny incorrecte dels sistemes d'unió o fixació	Pèrdues d'estabilitat i deformació de l'estructura	7	En cas de que els components d'unió no fagin correctament la seva funció, com el taco químic, cargols, femelles, soldadures poden provocar moviment en el sistema. A part, les juntes d'unió, si no es troben en bon estat, poden provocar filtracions d'aigua.	5	Visual/Manteniment	6	210	Revisió i comprovació de punts de soldadura. Ús de peces de fixació i d'anclatge de bona qualitat.	Enginyeria/Manteniment	7	5	6	210
	Falta de recursos i/o material	Manca de recursos durant el desenvolupament del projecte, principalment programes de disseny 3D i simuladors.	Endarreriment en l'entrega, disseny incorrecte	6	Errors que puguin aparèixer durant l'ús dels diferents softwares	4	Manteniment	4	96	Actualitzar els programes a les versions més recents i fer un control periòdic del comportament d'aquests.	Enginyeria/Manteniment	6	4	4	96
	Errors de planificació	Errors durant el desenvolupament del projecte que perjudiquin la planificació prèvia realitzada	Endarreriments en l'entrega, augment de costos, qualitat inferior al resultat final.	7	Imprevistos no controlats, prova i error de disseny.	7	Visual	7	343	Replanificació del projecte o desenvolupament previ de diferents alternatives de planificació	Enginyeria/Manteniment	7	7	7	343
	Incompliment de normativa	Disseny que no compleix la normativa, en ús de materials i/o altres conceptes que engloben l'arquitectura del producte	Risques per la seguretat, problemes legals, problemes de qualitat, problemes de rendiment.	9	Conjunt de conceptes que englobin el disseny, els components, seguretat i construcció del sistema estructural que no compleixin les normes i regulacions aplicables en la regió on es construirà l'estructura.	3	Visual	6	162	Revisar prèviament	Enginyeria/Manteniment	9	3	6	162

Un cop conegudes les causes i els efectes dels possibles riscos es procedeix a escalar-los per identificar els més significatius. Els criteris amb els quals es determina la importància són l'ocurrència (probabilitat de produir-se), la gravetat (efecte que comporta l'aparició), i la detecció (facilitat de ser detectats mitjançant controls preventius). Cal esmentar que el conjunt de riscos que es presenten al gràfic anterior (AMFE) representen les accions més perjudicials en cas d'imprevist. Per tant, per evitar realitzar un pla de contingència per cada cas en concret, s'ha sintetitzat la informació reunint els conceptes que es consideren dins d'un col·lectiu i que per tant, resulten ser causes directes o indirectes entre ells.

D'aquesta manera es conforma la següent equació que relaciona els criteris amb la importància del risc:

$$\text{Prioritat de risc} = \text{Ocurrència} \cdot \text{Gravetat} \cdot \text{Detecció}$$

Per posar en pràctica la fórmula es donen valors numèrics als nivells dins de cada criteri.

<b>Gravetat</b>	
Disseny inadequat del sistema estructural	9
Erros en la planificació	7
Incompliment de normativa	9

Taula 12. Dades de Gravetat. Font: pròpia

<b>Ocurrència</b>	
Remota probabilitat de que es produeixi	1
Poca probabilitat	2
Moderada probabilitat	3
Alta probabilitat	4

Taula 13. Dades d'ocurrència. Font: pròpia

<b>Detecció</b>	
Probabilitat baixa de no detecció	1
Probabilitat mitja de no detecció	2
Alta probabilitat de no detecció	3
Indetectable	4

Taula 14. Dades de detecció. Font: pròpia

Amb els criteris definits es pot procedir a identificar la importància dels riscos:

<b>Riscos</b>	<b>Gravetat</b>	<b>Ocurrència</b>	<b>Detecció</b>	<b>Valor total</b>
Disseny inadequat del sistema estructural	9	2	2	36
Erros en la planificació	7	3	1	21
Incompliment de normativa	9	1	2	18

Taula 15. Taula resum quantitativa de la importància dels riscos. Font: pròpia

Per valorar els resultats obtinguts s'ha desenvolupat una taula on s'especifica la rellevància del valor obtingut a la taula de riscos:

<b>Valor obtingut</b>	<b>Rellevància</b>
< 10	Tolerable
10 < 25	Important
25 < 50	Crític
> 50	Intolerable

Taula 16. Taula de rellevància de riscos. Font: pròpia

Tenint en compte que el diagrama AMFE realitzat a l'inici de l'apartat conté informació detallada de les diferents accions de risc que podrien sorgir durant el desenvolupament del projecte així com les respectives alternatives de solució, es pot procedir a realitzar el pla de contingència. Com s'ha observat anteriorment, per agilitzar la comprensió del text, s'ha sintetitzat la informació mostrada en el diagrama AMFE mitjançant un resum esquemàtic. Aquesta resum permet agrupar els diferents riscos

mes familiars, i per tant, es conclou amb una resposta més genèrica sense deixar en banda cap acció de risc que pugui ser perjudicial.

Un cop es coneixen els diferents riscos i les possibles solucions, es precis conèixer el seu desenvolupament en cas de succés. Un dels mètodes més utilitzats per representar gràficament el procés de desenvolupament de cada risc i la seva solució, és l'ús dels coneguts diagrames de flux. Aquests diagrames permeten mostrar diferents fases d'un pla de contingència, com la identificació de l'amenaça, l'avaluació del risc, la comunicació i notificació, i finalment, la implementació de les solucions i la recuperació a una fase inicial. Un de les grans característiques que presenten aquests diagrames és que són molt visuals i han de ser fàcils d'interpretar, perquè en cas de risc, hi hagi un " pla d'emergència " que permeti reconduir la situació.

En funció dels risc analitzats prèviament, s'han realitzat diferents diagrames de flux:

## 13.1 Diagrames de flux

### 13.1.1. Disseny inadequat

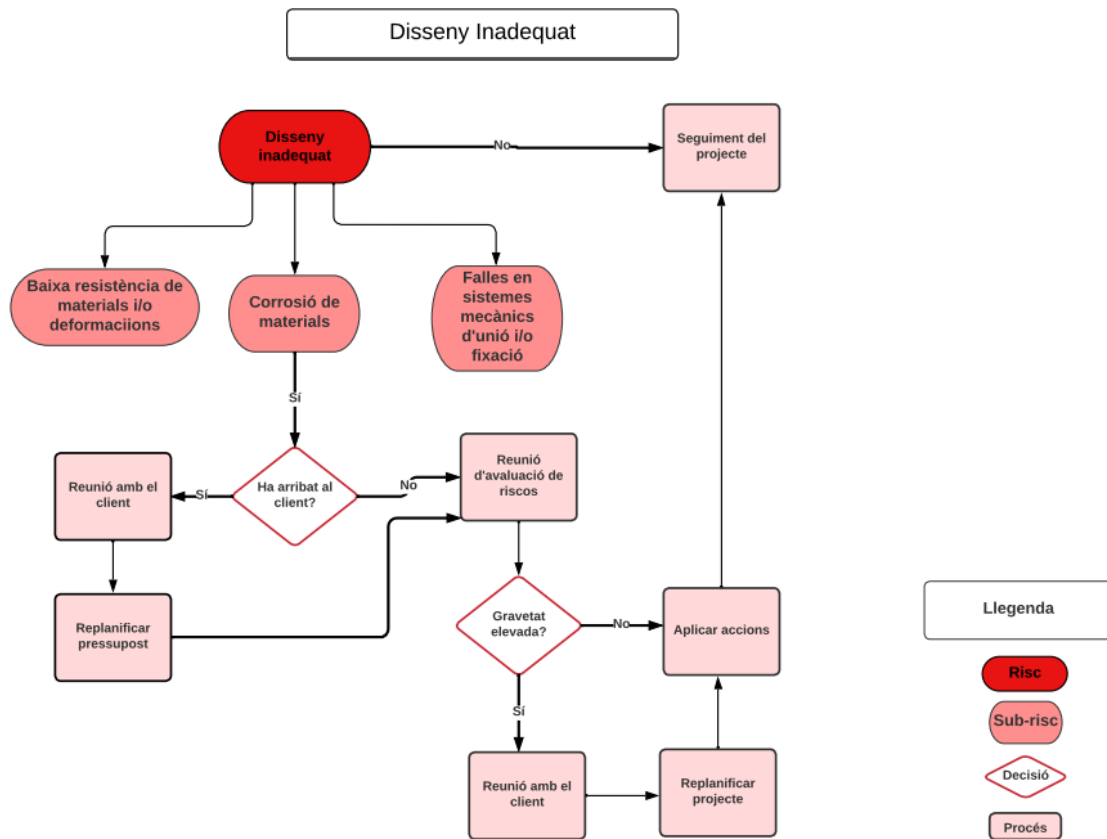


Figura 91. Diagrama de flux Disseny inadequat. Font: pròpia

### 13.1.2. Errors de planificació

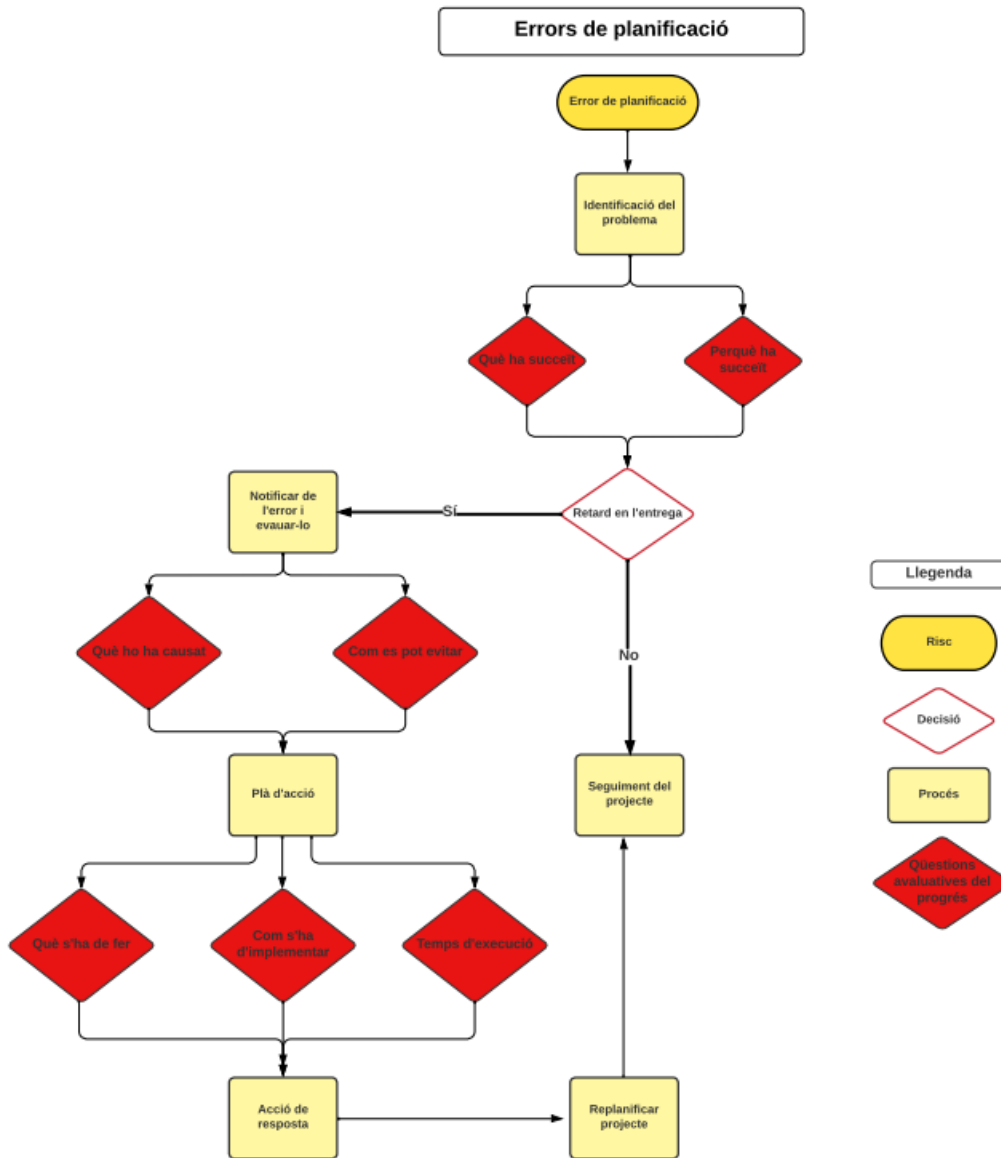


Figura 92. Diagrama de flux errors de planificació. Font: pròpia

### 13.1.3. Incompliment de normativa

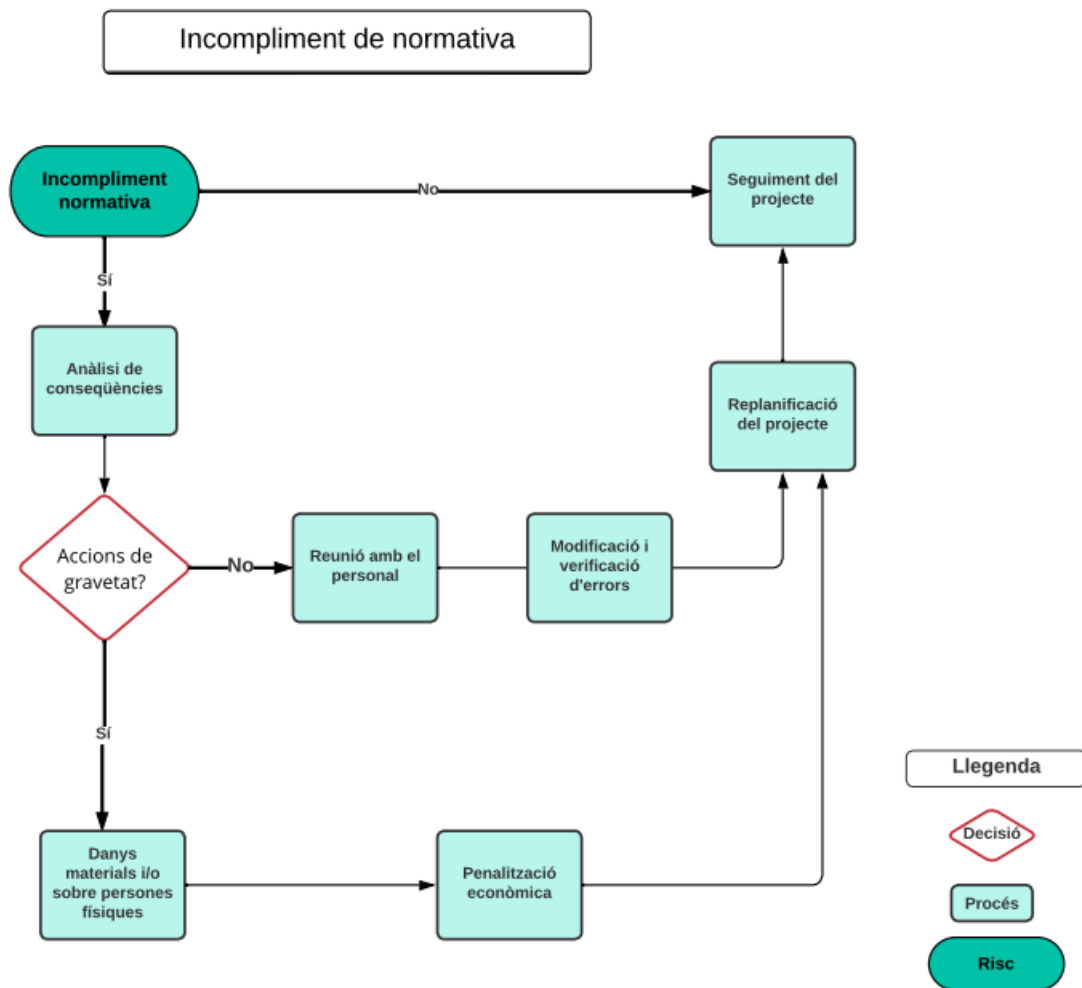


Figura 93. Diagrama de flux incompliment de normativa. Font: pròpia

## 13.2. Detall pla de contingència

En aquest apartat, es veuran de forma detallada els diferents riscos que poden sorgir durant l'execució del projecte. Un cop vistos els riscos experimentats, es farà una breu explicació del detonant, la solució i finalment la prevenció que es buscarà perquè no aparegui en situacions futures.

### 13.2.1. Disseny inadequat

<b>Detonant</b>
El factor principal que pot afectar al disseny inadequat, és l'aparició de noves activitats que no han estat controlades a la fase de planificació del projecte. Una de les conseqüències principals que podria ser causa d'un disseny inadequat és l'aparició de danys estructurals o comportaments inusuals del sistema estructural.
<b>Solució</b>
Per poder reduir aquests riscos del projecte i així evitar allargar la data d'entrega del projecte, es contempla fer una petita re-planificació del projecte per poder tenir controlades les diferents incidències que poden sorgir al llarg del projecte. A part, es pot reavaluar el disseny per identificar les zones problemàtiques o afectades i determinar si es poden corregir. En cas de que hi hagin components que resultin ser defectuosos, cal reparar-los o simplement canviar-los per nous.
<b>Prevenció</b>
La millor manera de prevenir aquest risc és evitar passar per alt diferents aspectes que poden ser determinants per el funcionament de l'estructura. A més, es poden implementar mesures de seguretat addicionals si es considera que es troba en zona perillosa o simplement vulnerable a situacions adverses

Taula 17. Pla de contingència disseny inadequat. Font: pròpia

### 13.2.2. Errors de planificació

<b>Detonant</b>
<p>El detonant d'aquest possible risc, ve condicionat directament per factors com els que s'han esmentat en el diagrama AMFE. Quan apareixen imprevistos que no formen part de la planificació inicial del projecte, es produeixen certs canvis que poden alterar el desenvolupament d'aquest.</p>
<b>Solució</b>
<p>Cal fer una planificació amb un marge d'error inicial. És a dir, tenir en compte que hi pot haver un risc de que la planificació no sigui com s'ha plantejat. Per tant, hi ha diferents alternatives de solució. Es pot optar per la realització de diferents planificacions amb un risc variat i amb possibles tasques que podrien aparèixer en cas excepcional. En cas de succés, cal identificar el problema i analitzar-lo. Posteriorment avaluar les opcions plantejades prèviament i prendre decisions. Un cop es pren la decisió, cal implementar la solució i realitzar un seguiment sobre la nova planificació plantejada.</p>
<b>Prevenció</b>
<p>La manera més eficaç de prevenir aquests errors en la planificació es definir exactament l'abast del projecte, és a dir, tenir clar els objectius que es volen assolir i els resultats que es volen obtenir. Cal ser realistes amb les tasques que es realitzen i no ajustar-se al límit ja que en qualsevol moment poden sorgir imprevistos, per tant, és important dividir el projecte en tasques més petites i anar enllestint-les a mesura que avança el projecte. És molt important que hi hagi un seguiment constant de les tasques que s'estan realitzant per així controlar que l'avenç del projecte és correcte i que tot progressa correctament. En cas de modificacions, si hi ha un correcte seguiment, les alteracions del projecte seran mínimes i per tant poc notòries per el seu desenvolupament.</p>

Taula 18. Pla de contingència errors de planificació. Font: pròpia

### 13.2.3. Incompliment de normativa

<b>Detonant</b>
<p>El principal detonant que provoca l'incompliment d'una normativa és la falta de coneixement o comprensió sobre aquesta. De vegades, la normativa pot ésser modificada o actualitzada durant la realització del projecte, per tant, és possible en cas d'imprevist, sorgeixen situacions no esperades que requereixen de certes modificacions en les entregues i pressupost. En alguns casos s'omet la normativa per tal de complir amb les expectatives inicials i accelerar el procés per no endarrerir l'entrega. Per exemple, sobrepassar els límits regulats per la zona on s'instal·larà com podria ser l'incompliment dels límits d'altura, incompliment de la normativa en funció del pla d'ordenació urbanística municipal (POUM), legalització de l'estructura que s'instal·la (on s'inclouen permisos de construcció, zonificació, permisos ambientals, etc), falta de seguretat en l'estructura, incompliment dels codis de construcció.</p>
<b>Solució</b>
<p>Com a solució, cal investigar amb detall i comprendre les normatives locals. En cas d'incompliment cal obtenir els permisos necessaris i segurament, cal modificar l'estructura per perquè compleixi amb les normatives vigents. Aquest fenomen implica que segurament s'hagi de refer l'estudi.</p> <p>En cas de penalització econòmica, cal pagar per evitar problemes legals. Però en certs casos aquestes situacions legals poden excedir els límits i en cas de situació extrema s'hauria de recórrer al suport d'un advocat, que sigui especialista en la secció del dret dedicada a la construcció.</p>
<b>Prevenió</b>
<p>La manera més correcta de prevenir aquest risc, principalment, és conèixer la normativa a aplicar. És a dir, independentment de que hi hagi un disseny factible i que optimitzi al màxim el rendiment del sistema, és molt probable que no s'ajusti al marc legal i per tant, cal conèixer les regulacions específiques que s'apliquen en la indústria, així com els requeriments de construcció i seguretat.</p> <p>En cas de desconeixement, cal cercar informació en fonts fiables com per exemple el BOE o CTE, que mostren exactament la normativa que s'ha d'aplicar. És molt important, que abans d'avançar amb qualsevol fase del projecte, sobretot quan es realitzen els càlculs analítics i els dissenys, es revisin correctament les parts i a ser possible per varis membres del sector que puguin contrastar i validar la informació. Es recomana conèixer el ventall que abasta la normativa prèviament a realitzar el projecte, per així evitar fer passos en fals i ser fermes en el procés.</p>



## 14. Conclusions

Un dels objectius principals d'aquest projecte ha estat dissenyar un sistema que garanteixi un aprofitament de l'energia solar en comparació a un sistema convencional d'instal·lació de mòduls fotovoltaics. Durant el desenvolupament del projecte s'han mostrat les diferents alternatives que s'utilitzen en la indústria fotovoltaica per la instal·lació de panells solars. Tot i així, hi ha empreses que han optat per la innovació i han proporcionat noves alternatives en el sector a través de la millora tecnològica d'alguns elements fotovoltaics. En aquest cas, la idea inicial d'aquest projecte prové d'una innovació tecnològica ja comercialitzada per una empresa i el principal objectiu d'aquest projecte ha estat proposar una solució alternativa i millorada en concepte de generació d'energia.

Mitjançant un estudi de viabilitat tècnica, es determina l'efectivitat energètica de l'estructura a través d'estudis que garanteixen una millora en l'aprofitament de la radiació solar. Aquests estudis són essencials ja que representen la clau d'accés al inici del disseny estructural. És a dir, ha estat necessari realitzar un estudi exhaustiu del comportament energètic que experimenten els mòduls fotovoltaics en les 24 h del dia, determinant en tot moment quins moments hi ha màxima radiació i quina hauria de ser la inclinació dels mòduls per aprofitar-la i generar la màxima energia possible. Per tant, els resultats extrets són determinants per poder optar al disseny de l'estructura plantejada.

La viabilitat ambiental d'aquest projecte es caracteritza per ser molt favorable ja que s'està proposant una millora en l'aprofitament energètic respecte una instal·lació fotovoltaica convencional. Es tracta d'un projecte basat en energies renovables i la reducció de consum elèctric per part d'una xarxa elèctrica. Tot i així, l'estudi pretén mostrar una comparativa entre un consum totalment dependent de la xarxa i un altre amb la instal·lació en funcionament. S'observa als estudis realitzats que l'impacte ambiental es positiu ja que es produeix una reducció de CO<sub>2</sub> del 40% aproximadament respecte el consum inicial, fet que implica una millora.

Per la part corresponent al disseny, es parteix d'un plantejament inicial amb unes característiques poc satisfactòries un cop es realitzen les simulacions i càlculs per determinar

el seu funcionament. La idea de disseny que es proposa es basant-se en material ja existent en la indústria fotovoltaica i que per tant garanteix una qualitat de producte i seguretat estructural. Mitjançant una configuració estructural segons les simulacions realitzades i recomanacions del fabricant, s'aconsegueix obtenir un resultat que compleix els objectius plantejats. La part més complexa del projecte es veu reflectida principalment en el sistema utilitzat per poder aconseguir el desplaçament vertical de l'estructura mitjançant una combinació de mecanismes, ja que en tot moment es pretén realitzar un disseny adaptat a la comoditat de tot usuari.

Finalment cal esmentar que la complexitat estructural d'aquest projecte implica directament un augment significatiu del valor de venda de producte. Tot i ser una bona alternativa i garantir una millora energètica respecte una instal·lació convencional, no es pot comparar econòmicament amb una instal·lació domèstica convencional ja que el valor econòmic de l'estructura i mà d'obra son valors afegits que no són equivalents. De totes maneres, en tot moment, l'objectiu principal d'aquest projecte ha estat garantir una millora en l'aprofitament de la radiació solar, objectiu que ha estat aconseguit.

## **14.1. Treball futur**

Degut als coneixements adquirits durant el grau universitari, s'ha prioritzat el disseny d'un sistema estructural on tots els mecanismes conduïts rebin un accionament motriu per part de l'usuari. Per tant, una de les propostes de millora o innovadora d'aquest projecte i que segurament adaptada totalment al segle XXI, és l'ús de l'electrònica. Aquesta ofereix major comoditat i facilitat d'ús ja que permet l'accionament mitjançant interruptors, controls remots, etc. A més, els sistemes electrònics són molt més accessibles per diferents perfils d'usuaris, incloent persones amb limitacions físiques o discapacitats.

Per una altre banda, un dels altres treballs futurs és un estudi més precís dels diferents components de l'estructura. El projecte mostra diferents anàlisis de punts crítics que mostra l'estructura com a conjunt estructural. Tot i que s'ha realitzat un disseny complet amb cada peça ubicada segons els criteris tècnics del fabricant, es tracta d'una estructura molt complexa, la qual cosa per validar el seu funcionament, requereix d'una gran quantitat d'estudis i càlculs per cada component que la compon. Per tant, una de les tasques a realitzar es aprofundir amb detall sobre cada element utilitzat per poder optar a la comercialització del producte.

## 15. Bibliografía

- [1] Solarlab, <<Por fin energía solar en tu piso>> [ En línea ] Octubre/2020.  
<https://www.solarlab.es/>
- [2] Sunfields, <<Radiación, Geometría, Recorrido óptico, Irradiancia>> [ En línea ]  
Gener/2019. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp>
- [3] Ercam, <<Autoconsumo solar>> [ En línea ] Juny/2020. <https://ercam.es/como-funciona-el-autoconsumo-solar/>
- [4] CENSOLAR (Centro de Estudios de la Energía Solar ). *Curso de experto profesional en energía fotovoltaica*. Sevilla, PROGNSA, 2009
- [5] Generatuluz, <<Como funcionan las placas solares>> [En línea] Maig/2019.  
<https://www.generatuluz.com/generar-electricidad/placas-solares-fotovoltaicas/como-funcionan-placas-solares/>
- [6] Arquitectura eficiente, <<Radiación directa, difusa y reflejada>> [ En línea ]  
Març/2014. <https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>
- [7] BayWa r.e., << Pàgina comercial>> <https://www.baywa-re.es/es/>
- [8] Solarplus, << Clasificación de los fabricantes de paneles solares>> [En línea]  
Novembre/2022. <https://solarplus.es/marcas#clasificacion>

- [9] Solarplus, << *Clasificación de los fabricantes de inversores*>> [En línea] Noviembre/2022. <https://solarplus.es/inversores>
- [10] M.A. Abella, *SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. INSTRODUCCIÓN AL DISEÑO Y DIMENSIONADO DE INSTALACIONES DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA*. Madrid, SAPT. Sociedad anónima de publicaciones técnicas. 2005
- [11] SEBA (Servicios Energéticos Básicos Autónomos), *Tejados fotovoltaicos: Energía solar conectada a la red eléctrica*. Sevilla, PROGENSA, 2009
- [12] P.A. San Miguel. *Reglamento electrotécnico para baja tensión*. Madrid, Ediciones Pananinfo, 2023.
- [13] Sunfer, *Estructuras coplanares para tejas*. [ En línea ] Juny/2023 <https://sunferenergy.com/product/02v-coplanar-para-teja/>
- [14] Pretensadors Duran, *Soportes para paneles solares*. [ En línea ] Juny/2023 <https://pretensadosduran.com/renovables/>
- [15] Sunfer, *Estructuras coplanares para cubiertas metálicas*. [ En línea ] Juny/2023 <https://sunferenergy.com/product/07h-coplanar-microrail-para-cubiertas-metalicas-anclaje-directo-a-chapa/>
- [16] Sunfer, *Soportes inclinados*. [En línea] Juny/2023 <https://sunferenergy.com/product/08v-soporte-inclinado/>
- [17] Sunfer, *Soporte inclinado para terreno*. [En línea] Juny/2023 <https://sunferenergy.com/product/31v-sistema-para-terreno/>

- [18] Sunfer, *Soportes lastrados*. [En línea] Juny/2023  
<https://sunferenergy.com/product/28h-29h-lastrado/>
- [19] CHINT, *Interruptores automáticos magnetotérmicos. Interruptores de control de potencia*. [ En línea ] Juny/2023 <https://www.chint.eu/es/material-electrico/aparamenta-modular/interruptores-automaticos-magnetotermicos/serie-nbsp>
- [20] CHINT, *Interruptores diferenciales. Interruptores diferenciales Tipo A*. [ En línea ] Juny/2023 <https://www.chint.eu/es/material-electrico/aparamenta-modular/interruptores-diferenciales/serie-nl1-tipo-a>
- [21] Dr. Andrew J. Marsh. 3D Sun-Path. *Simulador 3D que demuestra la relación entre la ubicación geográfica i la posición del Sol durante tot l'any*. URL: <https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath3d.html>
- [22] Instituto de Tecnologías Educativas, *Efecto del ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la irradiación*. [ En línea ] Gener/2023. [https://fjferrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion02/11\\_efecto\\_del\\_angulo\\_de\\_incidencia\\_de\\_los\\_rayos\\_solares\\_sobre\\_la\\_irradiacion.html](https://fjferrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion02/11_efecto_del_angulo_de_incidencia_de_los_rayos_solares_sobre_la_irradiacion.html)
- [23] Ingeniería y mecánica automotriz, *Que són los engranajes de piñon y cremallera y como se diseñan*. [ En línea ] Juliol/2020. <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-son-los-engranes-de-pinon-y-cremallera-y-como-se-disenan/>

- [24] Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2021). Código Técnico de la Edificación: Documento Básico de Acciones en la Edificación (DB-SE-AE). Recuperado el 6 de junio de 2023, de <https://www.codigotecnico.org/>
- [25] SKF, (2022) Rodamientos rígidos de bolas. Gotenburgo, Suecia. [ En línea ]. <https://www.skf.com/es/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings>
- [26] Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2021). Código Técnico de la Edificación: Documento Básico Seguridad Estructural (DB-SE). Recuperado el 6 de junio de 2023, de <https://www.codigotecnico.org/>



**TecnoCampus**  
Escola Superior  
Politécnica

Centre adscrit a la

---



Universitat  
Pompeu Fabra  
Barcelona

**Enginyeria mecànica**

## **DISSENY D'UNA ESTRUCTURA PER A MÒDULS FOTOVOLTAICS**

**Annexes**

**Joel Parra**  
**PONENT: Sergio Morales**

TARDOR/PRIMAVERA 2022/2023



**TecnoCampus**  
**Mataró-Maresme**



## **Índex.**

Annex I. Estudis energètics en funció de la inclinació .....	1
Annex II. Fitxes tècniques.....	87
Annex III. Taula d'elements normalitzats.....	119
Annex IV. Plànols .....	125



## **Annex I. Estudis energètics en funció de la inclinació**

- Estudi energètic – Inclinació 5°
- Estudi energètic – Inclinació 10°
- Estudi energètic – Inclinació 15°
- Estudi energètic – Inclinació 20°
- Estudi energètic – Inclinació 25°
- Estudi energètic – Inclinació 30°
- Estudi energètic – Inclinació 35°
- Estudi energètic – Inclinació 40°
- Estudi energètic – Inclinació 45°
- Estudi energètic – Inclinació 50°
- Estudi energètic – Inclinació 55°
- Estudi energètic – Inclinació 60°

**SOLARTRADEX**  
Avinguda Ernest Lluch, 32  
08302 Mataró

**Persona de contacto:**  
E-mail: [oficina@solartradex.com](mailto:oficina@solartradex.com)

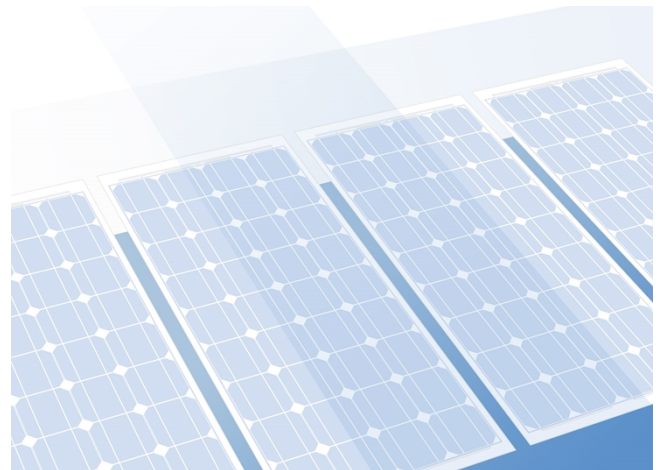
13/06/2023

## Su sistema FV de SOLARTRADEX

Dirección de la instalación

---

---



# Vista general del proyecto

## Instalación FV

### Sistema FV conectado a la red

Datos climáticos	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>
Número de módulos FV	4
Número de inversores	4

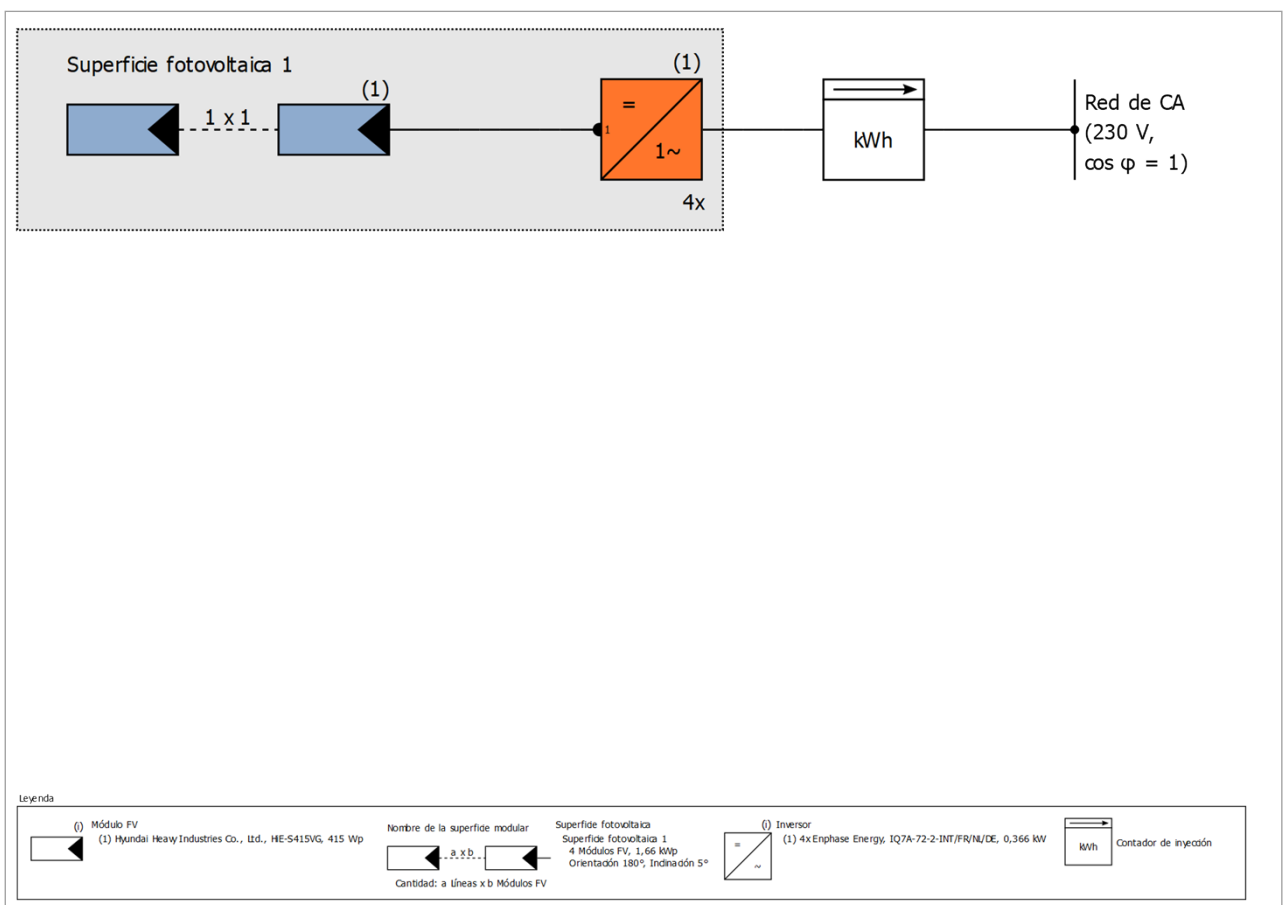


Figura: Diagrama esquemático

## Pronóstico rendim.

### Pronóstico rendim.

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.273,26 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,57 %
Inyección en la red	2.116 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.116 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	993 kg / año

Los resultados han sido calculados mediante un modelo de cálculo matemático de la empresa Valentin Software GmbH (algoritmos PV\*SOL). Los resultados reales de la instalación fotovoltaica pueden mostrar variaciones debido a las variaciones meteorológicas, curvas de eficiencia de los módulos o de inversores así como a otras causas.

# Disposición de la instalación

## Resumen

### Datos del sistema

Tipo de instalación	Sistema FV conectado a la red
---------------------	-------------------------------

### Datos climáticos

Ubicación	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Resolución de los datos	1 h
Modelos de simulación utilizados:	
- Radiación difusa sobre la horizontal	Perez & Ineichen
- Radiación sobre superficie inclinada	Perez

## Superficies de módulos

### 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

#### Generador FV, 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

Nombre	Superficie fotovoltaica 1
Módulos FV	4 x HiE-S415VG (v2)
Fabricante	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.
Inclinación	5 °
Orientación	Sur 180 °
Situación de montaje	Integr. cubierta - sin vent. posterior
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>

## Conexión del inversor

### Conexión 1

Superficie fotovoltaica	Superficie fotovoltaica 1
Inversor 1	
Modelo	IQ7A-72-2-INT/FR/NL/DE (v2)
Fabricante	Enphase Energy
Cantidad	4
Factor de dimensionamiento	113,4 %
Conexión	MPP 1: 1 x 1

## Red de CA

### Red de CA

Número de fases	1
Tensión de red entre fase y neutro	230 V
Factor de desfase (cos phi)	+/- 1

# Resultados de simulación

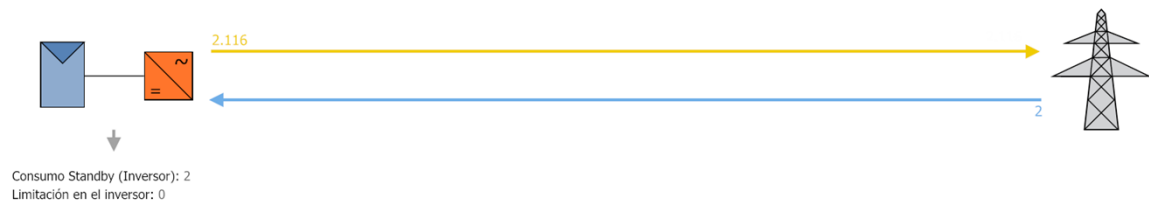
## Resultados Sistema completo

### Instalación FV

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.273,26 kWh/kWp
Coeficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,57 %
Inyección en la red	2.116 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.116 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	993 kg / año

### Gráfico de flujo de energía

Proyecto: 5ª\_estr



Todos los valores en kWh  
Se pueden producir ligeras desviaciones en los totales debido al redondeo  
created with PV\*SOL

Figura: Flujo de energía

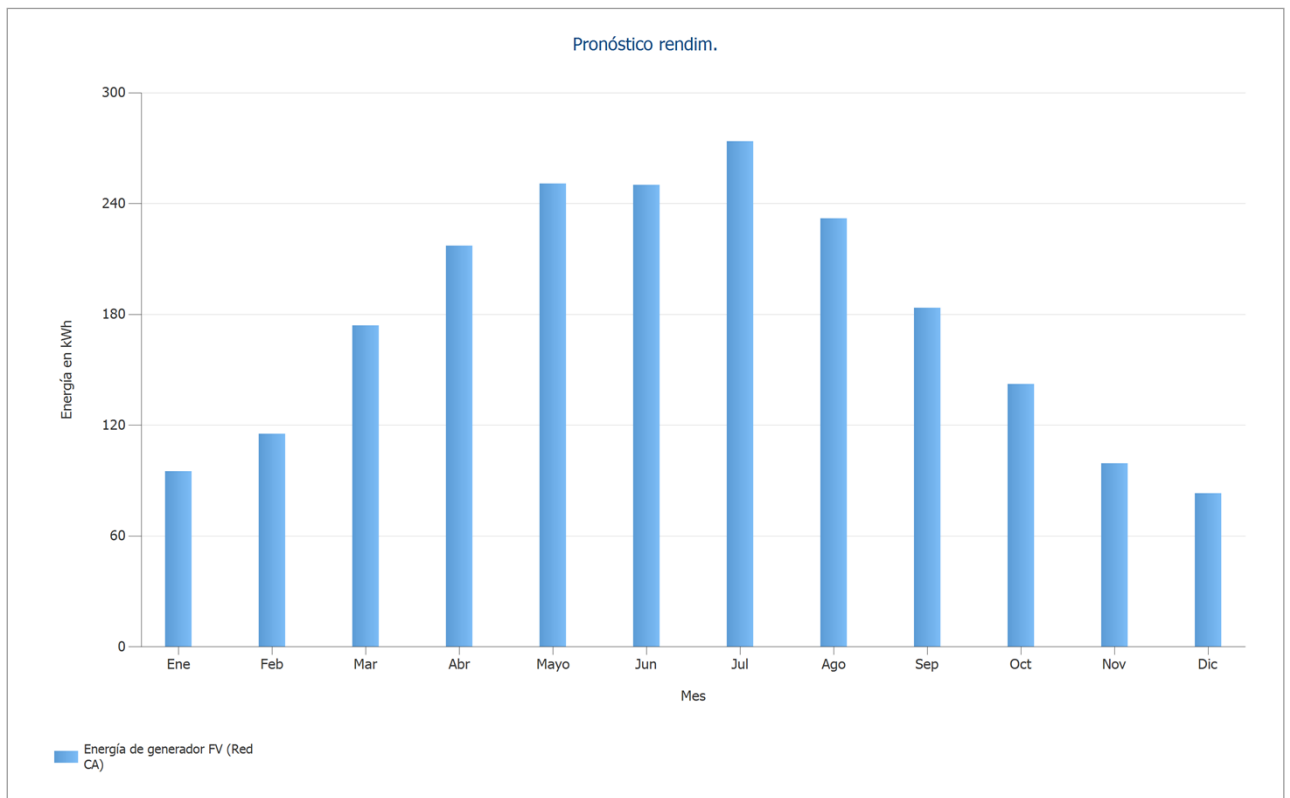


Figura: Pronóstico rendim.

## Resultados por superficie de módulos

### Superficie fotovoltaica 1

Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,84 m <sup>2</sup>
Irradiación global sobre módulo	1544,28 kWh/m <sup>2</sup>
Radiación global en el módulo sin reflexión	1620,21 kWh/m <sup>2</sup>
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,66 %
Energía de generador FV (Red CA)	2115,95 kWh/Año
Rendimiento anual espec.	1274,67 kWh/kWp

# Balance energético de instalación fotovoltaica

## Balance energético de instalación fotovoltaica

<b>Radiación global horizontal</b>	<b>1.617,15 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Desviación del espectro estandar	-16,17 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Reflexión del suelo (albedo)	0,61 kWh/m <sup>2</sup>	0,04 %
Orientación y inclinación de la superficie de módulos	68,73 kWh/m <sup>2</sup>	4,29 %
Sombreado	-50,11 kWh/m <sup>2</sup>	-3,00 %
Reflexión en la superficie del módulo	-75,93 kWh/m <sup>2</sup>	-4,69 %
<b>Irradiación global sobre módulo</b>	<b>1.544,28 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1.544,28 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 7,839 m <sup>2</sup>	
	= 12.105,06 kWh	
<b>Irradiación global fotovoltaica</b>	<b>12.105,06 kWh</b>	
Ensuciamiento	-847,23 kWh	-7,00 %
Conversión STC (eficiencia nominal de módulo 21,18 %)	-8.873,38 kWh	-78,82 %
<b>Energía fotovoltaica nominal</b>	<b>2.384,45 kWh</b>	
Rendimiento con luz débil	43,70 kWh	1,83 %
Desviación de la temperatura nominal del módulo	-149,81 kWh	-6,17 %
Diodos	-11,39 kWh	-0,50 %
Inadecuación (datos del fabricante)	0,00 kWh	0,00 %
Inadecuación (Conexión/sombreado)	0,00 kWh	0,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor</b>	<b>2.266,95 kWh</b>	
Potencia de arranque DC no alcanzada	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por rango de tensión MPP	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por corriente CC máx.	-0,01 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	0,00 kWh	0,00 %
Adaptación MPP	-8,25 kWh	-0,36 %
<b>Energía FV (DC)</b>	<b>2.258,69 kWh</b>	
<b>Energía en la entrada del inversor</b>	<b>2.258,69 kWh</b>	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	-0,95 kWh	-0,04 %
Conversión DC/AC	-76,35 kWh	-3,38 %
Consumo Standby (Inversor)	-2,34 kWh	-0,11 %
Pérdida total de cables	-65,44 kWh	-3,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CA) menos consumo en modo de espera</b>	<b>2.113,61 kWh</b>	
<b>Energía de generador FV (Red CA)</b>	<b>2.115,95 kWh</b>	

**SOLARTRADEX**  
Avinguda Ernest Lluch, 32  
08302 Mataró

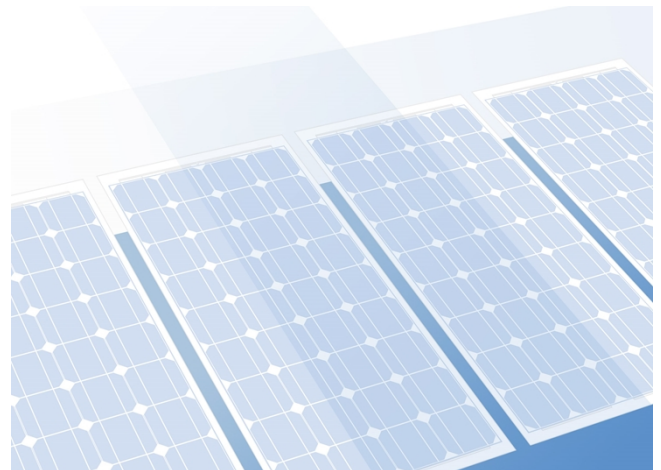
**Persona de contacto:**  
E-mail: [oficina@solartradex.com](mailto:oficina@solartradex.com)

14/06/2023

## Su sistema FV de SOLARTRADEX

Dirección de la instalación

---



# Vista general del proyecto

## Instalación FV

### Sistema FV conectado a la red

Datos climáticos	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>
Número de módulos FV	4
Número de inversores	4

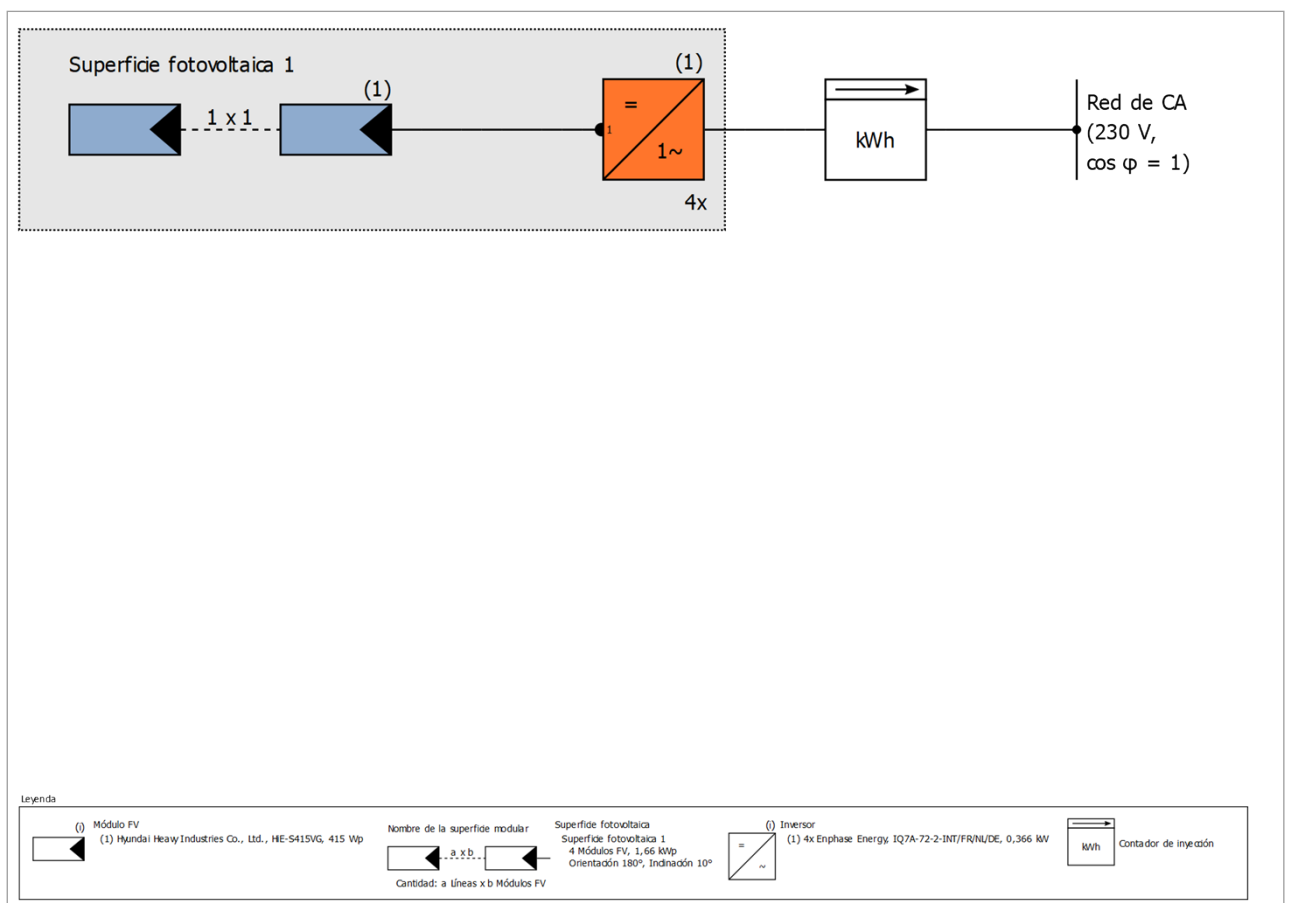


Figura: Diagrama esquemático

## Pronóstico rendim.

### Pronóstico rendim.

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.319,38 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,61 %
Inyección en la red	2.193 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.193 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.029 kg / año

Los resultados han sido calculados mediante un modelo de cálculo matemático de la empresa Valentin Software GmbH (algoritmos PV\*SOL). Los resultados reales de la instalación fotovoltaica pueden mostrar variaciones debido a las variaciones meteorológicas, curvas de eficiencia de los módulos o de inversores así como a otras causas.

# Disposición de la instalación

## Resumen

### Datos del sistema

Tipo de instalación	Sistema FV conectado a la red
---------------------	-------------------------------

### Datos climáticos

Ubicación	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Resolución de los datos	1 h
Modelos de simulación utilizados:	
- Radiación difusa sobre la horizontal	Perez & Ineichen
- Radiación sobre superficie inclinada	Perez

## Superficies de módulos

### 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

#### Generador FV, 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

Nombre	Superficie fotovoltaica 1
Módulos FV	4 x HiE-S415VG (v2)
Fabricante	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.
Inclinación	10 °
Orientación	Sur 180 °
Situación de montaje	Integr. cubierta - sin vent. posterior
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>

## Conexión del inversor

### Conexión 1

Superficie fotovoltaica	Superficie fotovoltaica 1
Inversor 1	
Modelo	IQ7A-72-2-INT/FR/NL/DE (v2)
Fabricante	Enphase Energy
Cantidad	4
Factor de dimensionamiento	113,4 %
Conexión	MPP 1: 1 x 1

## Red de CA

### Red de CA

Número de fases	1
Tensión de red entre fase y neutro	230 V
Factor de desfase (cos phi)	+/- 1

# Resultados de simulación

## Resultados Sistema completo

### Instalación FV

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.319,38 kWh/kWp
Coeficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,61 %
Inyección en la red	2.193 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.193 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.029 kg / año

### Gráfico de flujo de energía

Proyecto: 10ª\_estr



Todos los valores en kWh  
Se pueden producir ligeras desviaciones en los totales debido al redondeo  
created with PV\*SOL

Figura: Flujo de energía

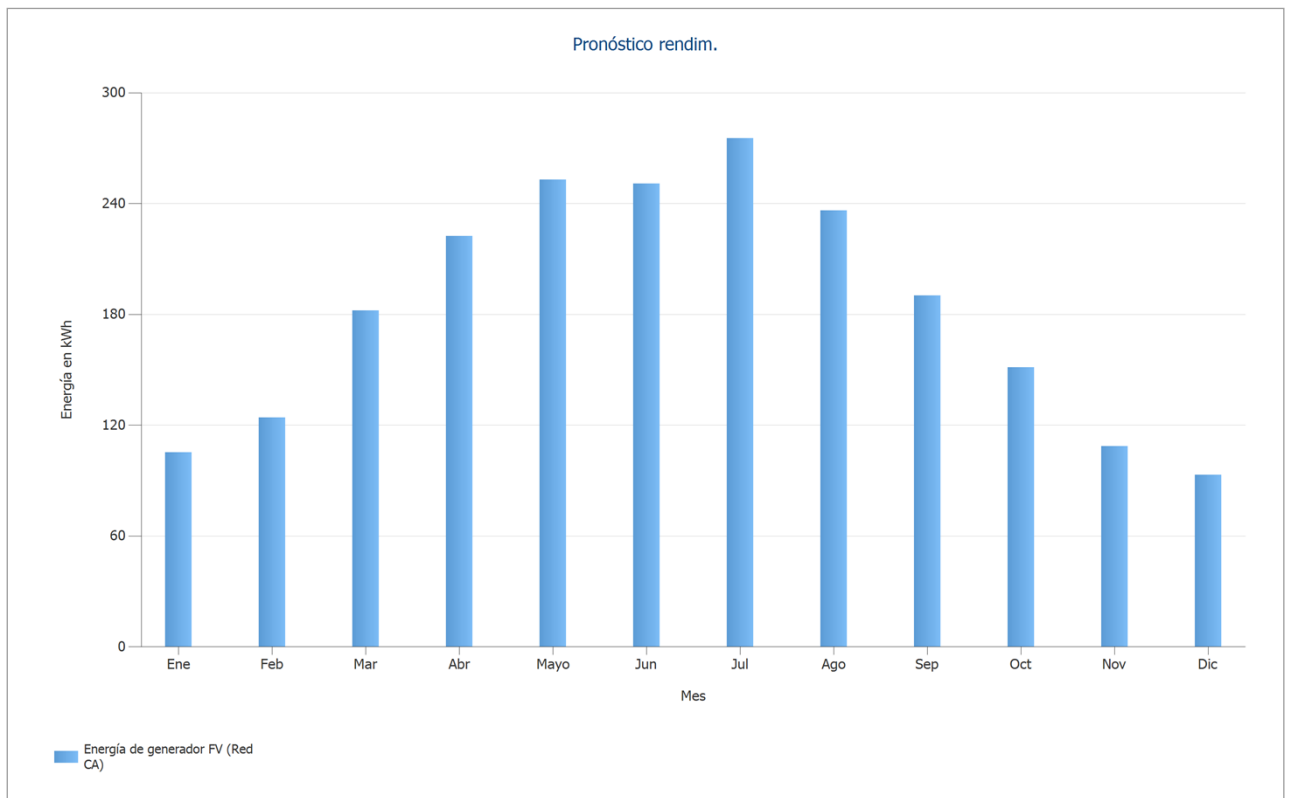


Figura: Pronóstico rendim.

## Resultados por superficie de módulos

### Superficie fotovoltaica 1

Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,84 m <sup>2</sup>
Irradiación global sobre módulo	1605,26 kWh/m <sup>2</sup>
Radiación global en el módulo sin reflexión	1678,08 kWh/m <sup>2</sup>
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,70 %
Energía de generador FV (Red CA)	2192,51 kWh/Año
Rendimiento anual espec.	1320,79 kWh/kWp

## Balance energético de instalación fotovoltaica

### Balance energético de instalación fotovoltaica

<b>Radiación global horizontal</b>	<b>1.617,15 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Desviación del espectro estandar	-16,17 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Reflexión del suelo (albedo)	2,43 kWh/m <sup>2</sup>	0,15 %
Orientación y inclinación de la superficie de módulos	126,57 kWh/m <sup>2</sup>	7,89 %
Sombreado	-51,90 kWh/m <sup>2</sup>	-3,00 %
Reflexión en la superficie del módulo	-72,82 kWh/m <sup>2</sup>	-4,34 %
<b>Irradiación global sobre módulo</b>	<b>1.605,26 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1.605,26 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 7,839 m <sup>2</sup>	
	= 12.583,08 kWh	
<b>Irradiación global fotovoltaica</b>	<b>12.583,08 kWh</b>	
Ensuciamiento	-880,69 kWh	-7,00 %
Conversión STC (eficiencia nominal de módulo 21,18 %)	-9.223,78 kWh	-78,82 %
<b>Energía fotovoltaica nominal</b>	<b>2.478,61 kWh</b>	
Rendimiento con luz débil	43,65 kWh	1,76 %
Desviación de la temperatura nominal del módulo	-162,00 kWh	-6,42 %
Diodos	-11,80 kWh	-0,50 %
Inadecuación (datos del fabricante)	0,00 kWh	0,00 %
Inadecuación (Conexión/sombreado)	0,00 kWh	0,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor</b>	<b>2.348,46 kWh</b>	
Potencia de arranque DC no alcanzada	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por rango de tensión MPP	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por corriente CC máx.	-0,04 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	0,00 kWh	0,00 %
Adaptación MPP	-8,46 kWh	-0,36 %
<b>Energía FV (DC)</b>	<b>2.339,96 kWh</b>	
<b>Energía en la entrada del inversor</b>	<b>2.339,96 kWh</b>	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	-1,00 kWh	-0,04 %
Conversión DC/AC	-78,64 kWh	-3,36 %
Consumo Standby (Inversor)	-2,34 kWh	-0,10 %
Pérdida total de cables	-67,81 kWh	-3,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CA) menos consumo en modo de espera</b>	<b>2.190,17 kWh</b>	
<b>Energía de generador FV (Red CA)</b>	<b>2.192,51 kWh</b>	

**SOLARTRADEX**  
Avinguda Ernest Lluch, 32  
08302 Mataró

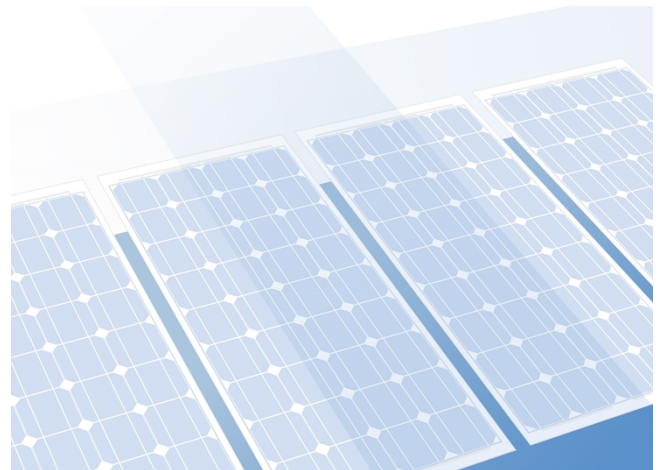
**Persona de contacto:**  
E-mail: [oficina@solartradex.com](mailto:oficina@solartradex.com)

14/06/2023

## Su sistema FV de SOLARTRADEX

Dirección de la instalación

---



# Vista general del proyecto

## Instalación FV

### Sistema FV conectado a la red

Datos climáticos	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>
Número de módulos FV	4
Número de inversores	4

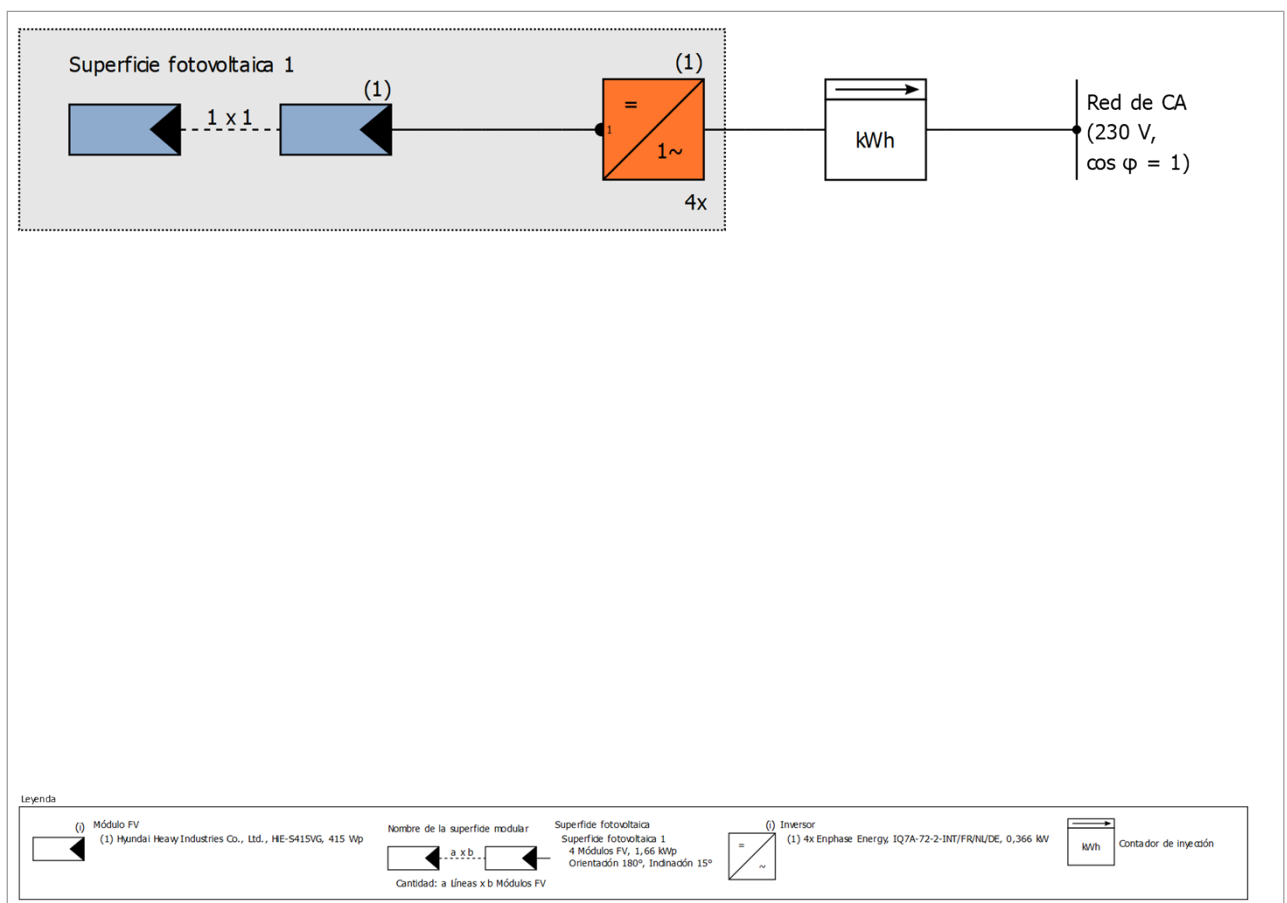


Figura: Diagrama esquemático

## Pronóstico rendim.

### Pronóstico rendim.

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.357,20 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,61 %
Inyección en la red	2.255 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.255 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.059 kg / año

Los resultados han sido calculados mediante un modelo de cálculo matemático de la empresa Valentin Software GmbH (algoritmos PV\*SOL). Los resultados reales de la instalación fotovoltaica pueden mostrar variaciones debido a las variaciones meteorológicas, curvas de eficiencia de los módulos o de inversores así como a otras causas.

# Disposición de la instalación

## Resumen

### Datos del sistema

Tipo de instalación	Sistema FV conectado a la red
---------------------	-------------------------------

### Datos climáticos

Ubicación	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Resolución de los datos	1 h
Modelos de simulación utilizados:	
- Radiación difusa sobre la horizontal	Perez & Ineichen
- Radiación sobre superficie inclinada	Perez

## Superficies de módulos

### 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

#### Generador FV, 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

Nombre	Superficie fotovoltaica 1
Módulos FV	4 x HiE-S415VG (v2)
Fabricante	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.
Inclinación	15 °
Orientación	Sur 180 °
Situación de montaje	Integr. cubierta - sin vent. posterior
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>

## Conexión del inversor

### Conexión 1

Superficie fotovoltaica	Superficie fotovoltaica 1
Inversor 1	
Modelo	IQ7A-72-2-INT/FR/NL/DE (v2)
Fabricante	Enphase Energy
Cantidad	4
Factor de dimensionamiento	113,4 %
Conexión	MPP 1: 1 x 1

## Red de CA

### Red de CA

Número de fases	1
Tensión de red entre fase y neutro	230 V
Factor de desfase (cos phi)	+/- 1

# Resultados de simulación

## Resultados Sistema completo

### Instalación FV

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.357,20 kWh/kWp
Coeficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,61 %
Inyección en la red	2.255 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.255 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.059 kg / año

### Gráfico de flujo de energía

Proyecto: 15ª\_estr



Todos los valores en kWh  
Se pueden producir ligeras desviaciones en los totales debido al redondeo  
created with PV\*SOL

Figura: Flujo de energía

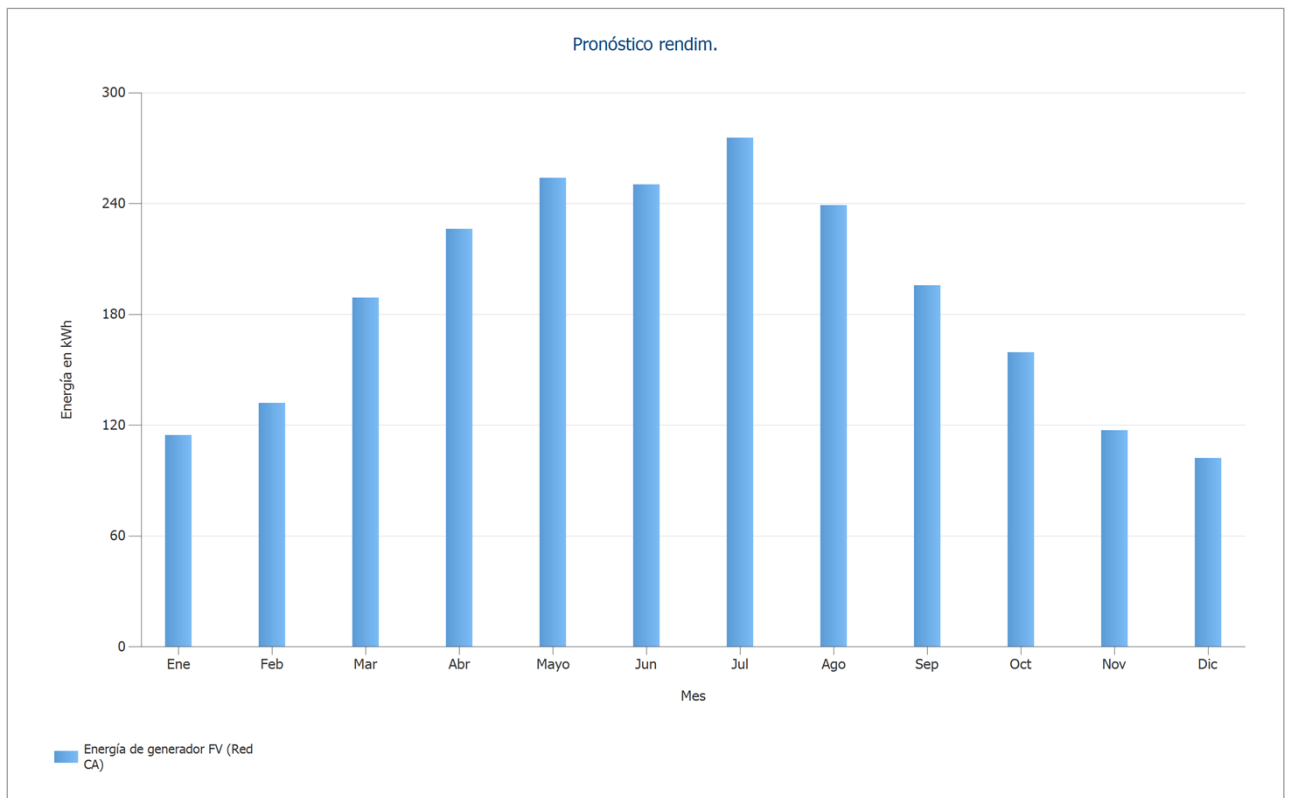


Figura: Pronóstico rendim.

## Resultados por superficie de módulos

### Superficie fotovoltaica 1

Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,84 m <sup>2</sup>
Irradiación global sobre módulo	1655,93 kWh/m <sup>2</sup>
Radiación global en el módulo sin reflexión	1726,13 kWh/m <sup>2</sup>
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,70 %
Energía de generador FV (Red CA)	2255,29 kWh/Año
Rendimiento anual espec.	1358,61 kWh/kWp

## Balance energético de instalación fotovoltaica

### Balance energético de instalación fotovoltaica

<b>Radiación global horizontal</b>	<b>1.617,15 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Desviación del espectro estandar	-16,17 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Reflexión del suelo (albedo)	5,46 kWh/m <sup>2</sup>	0,34 %
Orientación y inclinación de la superficie de módulos	173,08 kWh/m <sup>2</sup>	10,77 %
Sombreado	-53,39 kWh/m <sup>2</sup>	-3,00 %
Reflexión en la superficie del módulo	-70,20 kWh/m <sup>2</sup>	-4,07 %
<b>Irradiación global sobre módulo</b>	<b>1.655,93 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1.655,93 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 7,839 m <sup>2</sup>	
	= 12.980,22 kWh	
<b>Irradiación global fotovoltaica</b>	<b>12.980,22 kWh</b>	
Ensuciamiento	-908,49 kWh	-7,00 %
Conversión STC (eficiencia nominal de módulo 21,18 %)	-9.514,90 kWh	-78,82 %
<b>Energía fotovoltaica nominal</b>	<b>2.556,84 kWh</b>	
Rendimiento con luz débil	43,43 kWh	1,70 %
Desviación de la temperatura nominal del módulo	-172,66 kWh	-6,64 %
Diodos	-12,14 kWh	-0,50 %
Inadecuación (datos del fabricante)	0,00 kWh	0,00 %
Inadecuación (Conexión/sombreado)	0,00 kWh	0,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor</b>	<b>2.415,47 kWh</b>	
Potencia de arranque DC no alcanzada	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por rango de tensión MPP	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por corriente CC máx.	-0,08 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	0,00 kWh	0,00 %
Adaptación MPP	-8,64 kWh	-0,36 %
<b>Energía FV (DC)</b>	<b>2.406,74 kWh</b>	
<b>Energía en la entrada del inversor</b>	<b>2.406,74 kWh</b>	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	-1,05 kWh	-0,04 %
Conversión DC/AC	-80,66 kWh	-3,35 %
Consumo Standby (Inversor)	-2,34 kWh	-0,10 %
Pérdida total de cables	-69,75 kWh	-3,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CA) menos consumo en modo de espera</b>	<b>2.252,95 kWh</b>	
<b>Energía de generador FV (Red CA)</b>	<b>2.255,29 kWh</b>	

**SOLARTRADEX**  
Avinguda Ernest Lluch, 32  
08302 Mataró

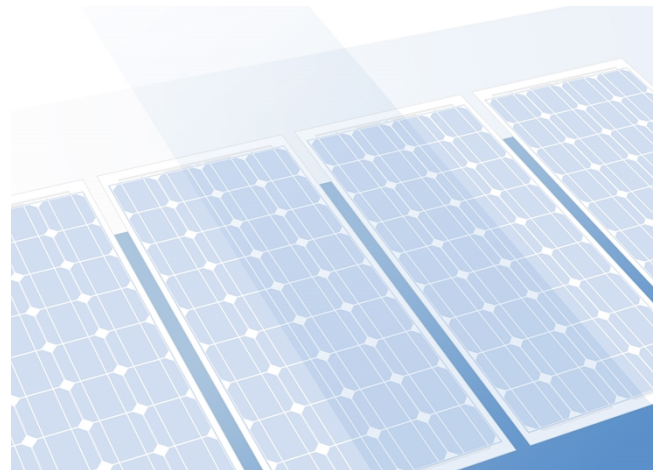
**Persona de contacto:**  
E-mail: [oficina@solartradex.com](mailto:oficina@solartradex.com)

14/06/2023

## Su sistema FV de SOLARTRADEX

Dirección de la instalación

---



# Vista general del proyecto

## Instalación FV

### Sistema FV conectado a la red

Datos climáticos	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>
Número de módulos FV	4
Número de inversores	4

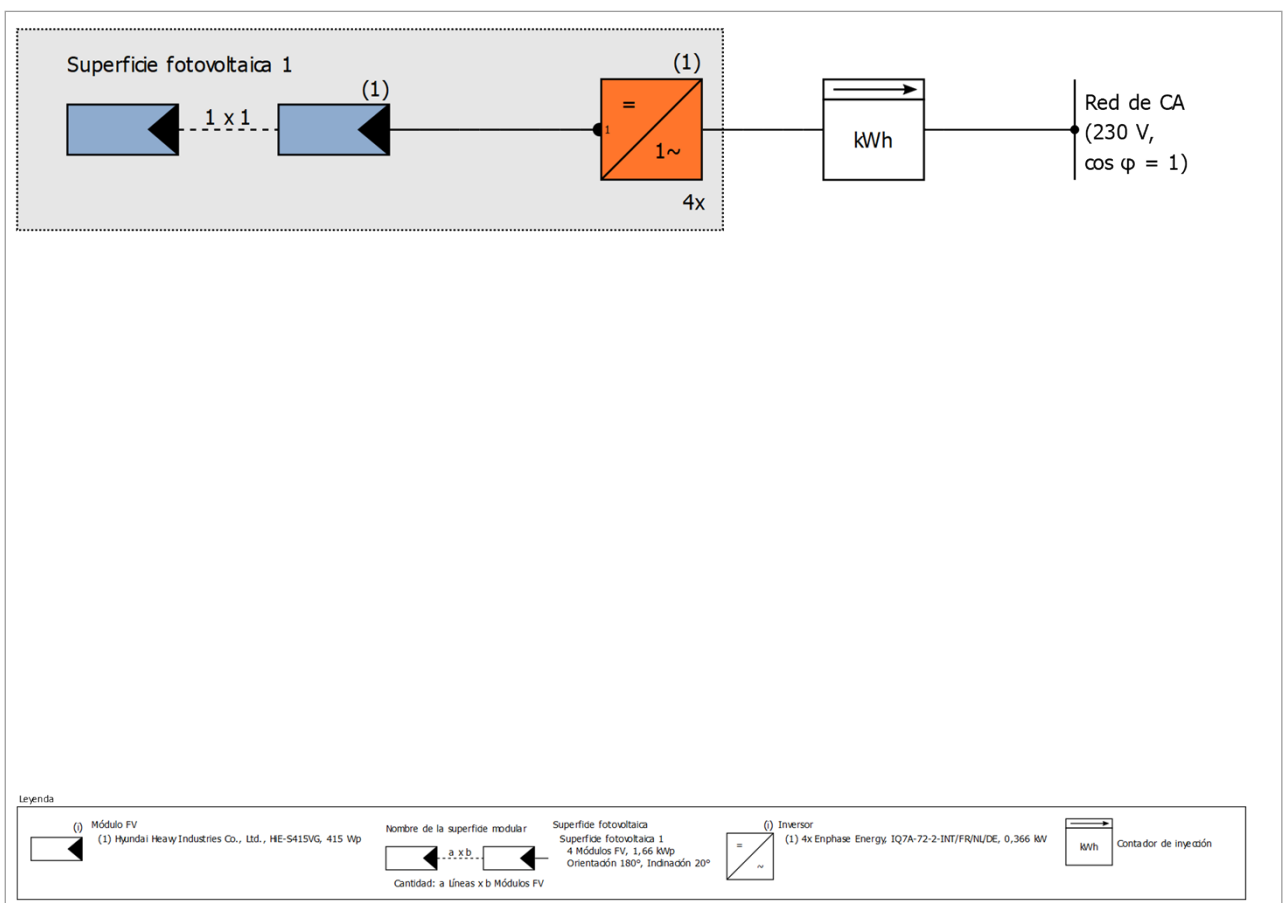


Figura: Diagrama esquemático

## Pronóstico rendim.

### Pronóstico rendim.

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.386,70 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,60 %
Inyección en la red	2.304 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.304 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.082 kg / año

Los resultados han sido calculados mediante un modelo de cálculo matemático de la empresa Valentin Software GmbH (algoritmos PV\*SOL). Los resultados reales de la instalación fotovoltaica pueden mostrar variaciones debido a las variaciones meteorológicas, curvas de eficiencia de los módulos o de inversores así como a otras causas.

# Disposición de la instalación

## Resumen

### Datos del sistema

Tipo de instalación	Sistema FV conectado a la red
---------------------	-------------------------------

### Datos climáticos

Ubicación	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Resolución de los datos	1 h
Modelos de simulación utilizados:	
- Radiación difusa sobre la horizontal	Perez & Ineichen
- Radiación sobre superficie inclinada	Perez

## Superficies de módulos

### 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

#### Generador FV, 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

Nombre	Superficie fotovoltaica 1
Módulos FV	4 x HiE-S415VG (v2)
Fabricante	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.
Inclinación	20 °
Orientación	Sur 180 °
Situación de montaje	Integr. cubierta - sin vent. posterior
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>

## Conexión del inversor

### Conexión 1

Superficie fotovoltaica	Superficie fotovoltaica 1
Inversor 1	
Modelo	IQ7A-72-2-INT/FR/NL/DE (v2)
Fabricante	Enphase Energy
Cantidad	4
Factor de dimensionamiento	113,4 %
Conexión	MPP 1: 1 x 1

## Red de CA

### Red de CA

Número de fases	1
Tensión de red entre fase y neutro	230 V
Factor de desfase (cos phi)	+/- 1

# Resultados de simulación

## Resultados Sistema completo

### Instalación FV

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.386,70 kWh/kWp
Coeficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,60 %
Inyección en la red	2.304 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.304 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.082 kg / año

### Gráfico de flujo de energía

Proyecto: 20ª\_estr



Todos los valores en kWh  
Se pueden producir ligeras desviaciones en los totales debido al redondeo  
created with PV\*SOL

Figura: Flujo de energía

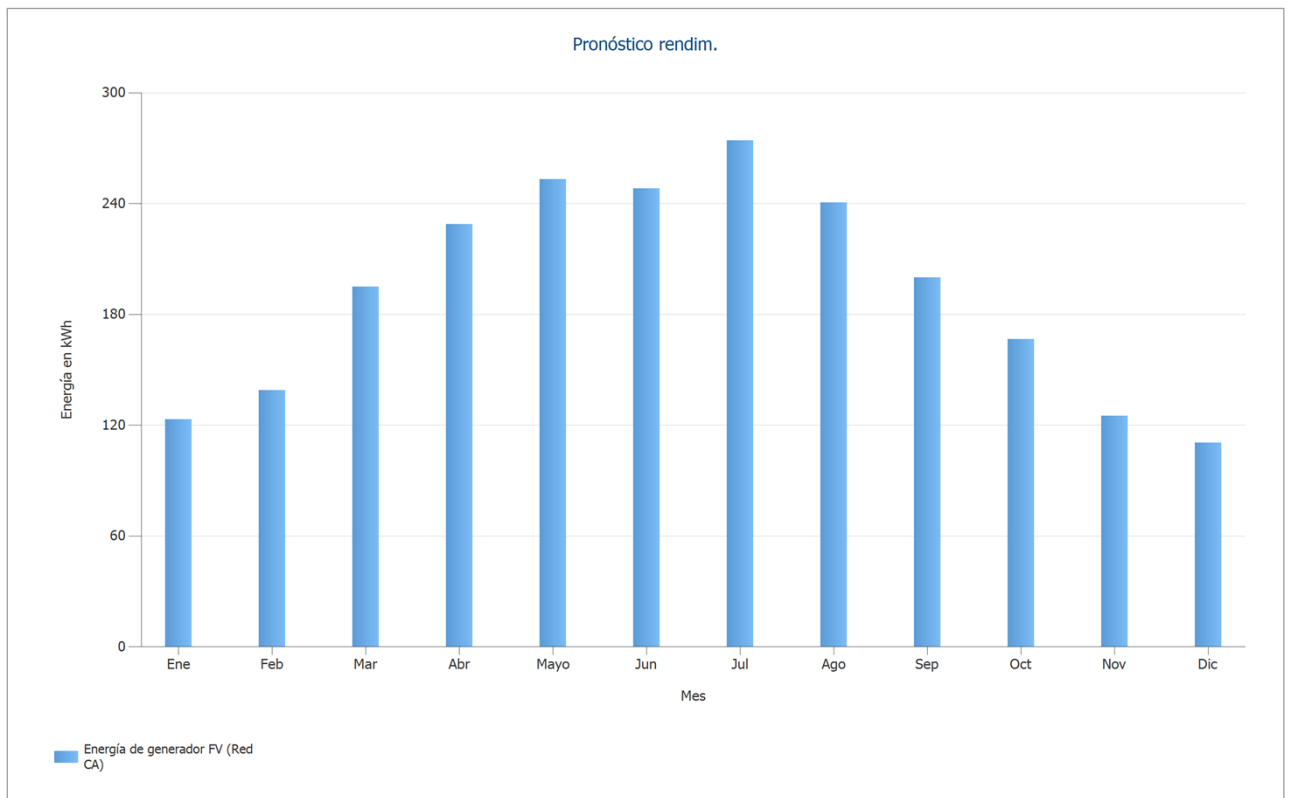


Figura: Pronóstico rendim.

## Resultados por superficie de módulos

### Superficie fotovoltaica 1

Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,84 m <sup>2</sup>
Irradiación global sobre módulo	1695,94 kWh/m <sup>2</sup>
Radiación global en el módulo sin reflexión	1764,03 kWh/m <sup>2</sup>
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,68 %
Energía de generador FV (Red CA)	2304,27 kWh/Año
Rendimiento anual espec.	1388,11 kWh/kWp

## Balance energético de instalación fotovoltaica

### Balance energético de instalación fotovoltaica

<b>Radiación global horizontal</b>	<b>1.617,15 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Desviación del espectro estandar	-16,17 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Reflexión del suelo (albedo)	9,66 kWh/m <sup>2</sup>	0,60 %
Orientación y inclinación de la superficie de módulos	207,95 kWh/m <sup>2</sup>	12,91 %
Sombreado	-54,56 kWh/m <sup>2</sup>	-3,00 %
Reflexión en la superficie del módulo	-68,09 kWh/m <sup>2</sup>	-3,86 %
<b>Irradiación global sobre módulo</b>	<b>1.695,94 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1.695,94 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 7,839 m <sup>2</sup>	
	= 13.293,85 kWh	
<b>Irradiación global fotovoltaica</b>	<b>13.293,85 kWh</b>	
Ensuciamiento	-930,44 kWh	-7,00 %
Conversión STC (eficiencia nominal de módulo 21,18 %)	-9.744,79 kWh	-78,82 %
<b>Energía fotovoltaica nominal</b>	<b>2.618,61 kWh</b>	
Rendimiento con luz débil	43,09 kWh	1,65 %
Desviación de la temperatura nominal del módulo	-181,43 kWh	-6,82 %
Diodos	-12,40 kWh	-0,50 %
Inadecuación (datos del fabricante)	0,00 kWh	0,00 %
Inadecuación (Conexión/sombreado)	0,00 kWh	0,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor</b>	<b>2.467,87 kWh</b>	
Potencia de arranque DC no alcanzada	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por rango de tensión MPP	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por corriente CC máx.	-0,13 kWh	-0,01 %
Regulación por potencia CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	0,00 kWh	0,00 %
Adaptación MPP	-8,79 kWh	-0,36 %
<b>Energía FV (DC)</b>	<b>2.458,94 kWh</b>	
<b>Energía en la entrada del inversor</b>	<b>2.458,94 kWh</b>	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	-1,08 kWh	-0,04 %
Conversión DC/AC	-82,33 kWh	-3,35 %
Consumo Standby (Inversor)	-2,34 kWh	-0,10 %
Pérdida total de cables	-71,27 kWh	-3,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CA) menos consumo en modo de espera</b>	<b>2.301,93 kWh</b>	
<b>Energía de generador FV (Red CA)</b>	<b>2.304,27 kWh</b>	

**SOLARTRADEX**  
Avinguda Ernest Lluch, 32  
08302 Mataró

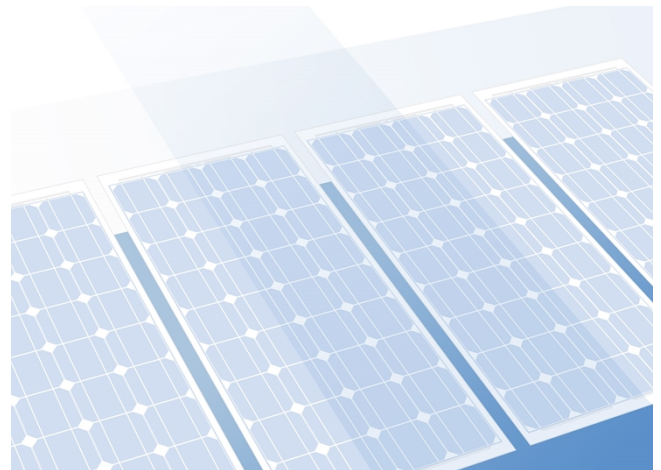
**Persona de contacto:**  
E-mail: [oficina@solartradex.com](mailto:oficina@solartradex.com)

14/06/2023

## Su sistema FV de SOLARTRADEX

Dirección de la instalación

---



# Vista general del proyecto

## Instalación FV

### Sistema FV conectado a la red

Datos climáticos	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>
Número de módulos FV	4
Número de inversores	4

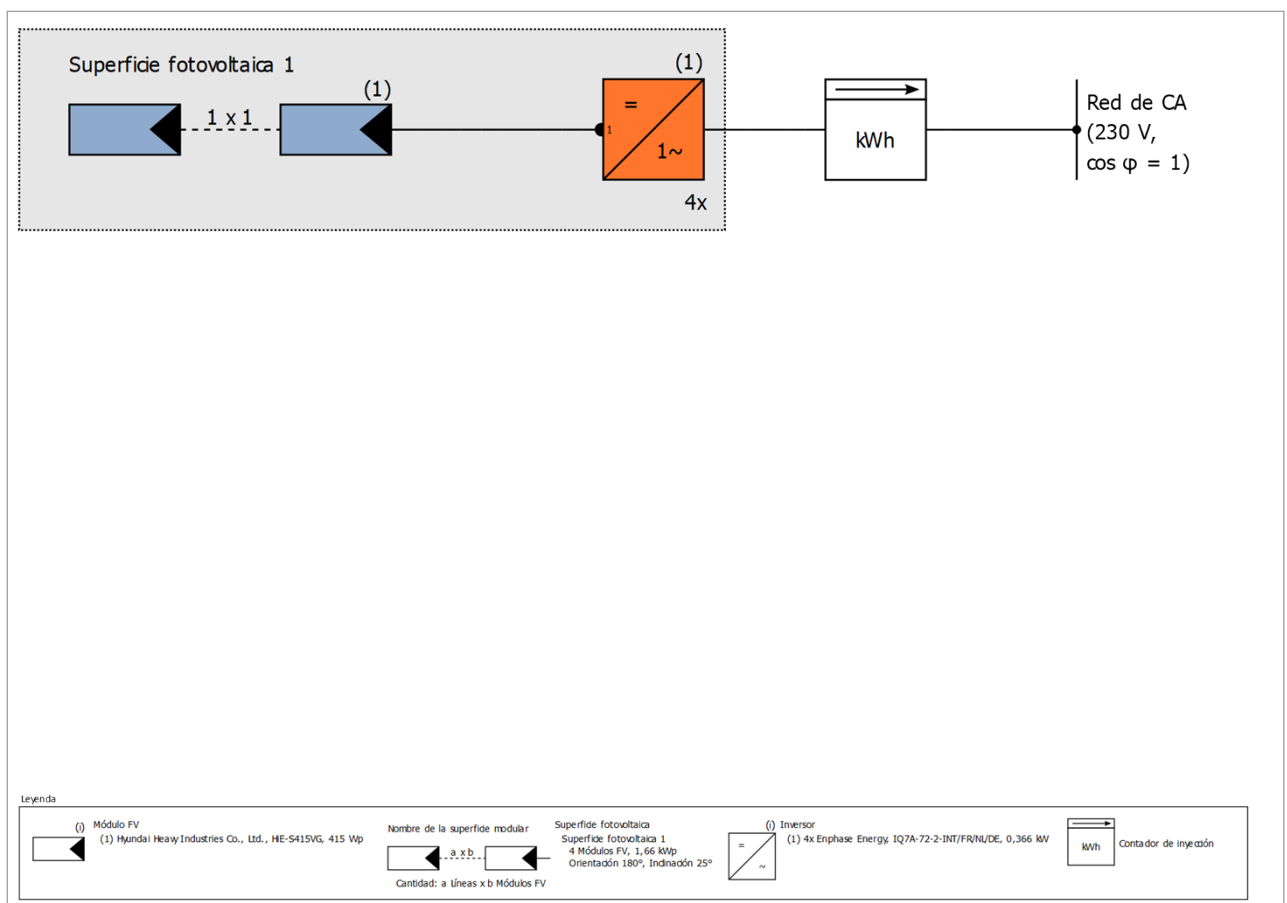


Figura: Diagrama esquemático

## Pronóstico rendim.

### Pronóstico rendim.

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.407,98 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,58 %
Inyección en la red	2.340 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.340 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.099 kg / año

Los resultados han sido calculados mediante un modelo de cálculo matemático de la empresa Valentin Software GmbH (algoritmos PV\*SOL). Los resultados reales de la instalación fotovoltaica pueden mostrar variaciones debido a las variaciones meteorológicas, curvas de eficiencia de los módulos o de inversores así como a otras causas.

# Disposición de la instalación

## Resumen

### Datos del sistema

Tipo de instalación	Sistema FV conectado a la red
---------------------	-------------------------------

### Datos climáticos

Ubicación	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Resolución de los datos	1 h
Modelos de simulación utilizados:	
- Radiación difusa sobre la horizontal	Perez & Ineichen
- Radiación sobre superficie inclinada	Perez

## Superficies de módulos

### 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

#### Generador FV, 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

Nombre	Superficie fotovoltaica 1
Módulos FV	4 x HiE-S415VG (v2)
Fabricante	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.
Inclinación	25 °
Orientación	Sur 180 °
Situación de montaje	Integr. cubierta - sin vent. posterior
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>

## Conexión del inversor

### Conexión 1

Superficie fotovoltaica	Superficie fotovoltaica 1
Inversor 1	
Modelo	IQ7A-72-2-INT/FR/NL/DE (v2)
Fabricante	Enphase Energy
Cantidad	4
Factor de dimensionamiento	113,4 %
Conexión	MPP 1: 1 x 1

## Red de CA

### Red de CA

Número de fases	1
Tensión de red entre fase y neutro	230 V
Factor de desfase (cos phi)	+/- 1

# Resultados de simulación

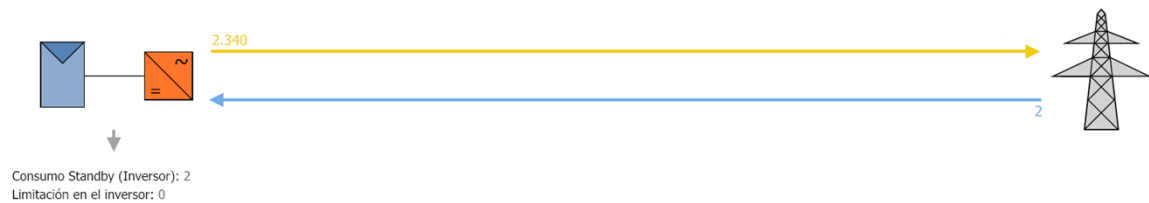
## Resultados Sistema completo

### Instalación FV

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.407,98 kWh/kWp
Coeficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,58 %
Inyección en la red	2.340 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.340 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.099 kg / año

### Gráfico de flujo de energía

Proyecto: 25ª\_estr



Todos los valores en kWh  
Se pueden producir ligeras desviaciones en los totales debido al redondeo  
created with PV\*SOL

Figura: Flujo de energía

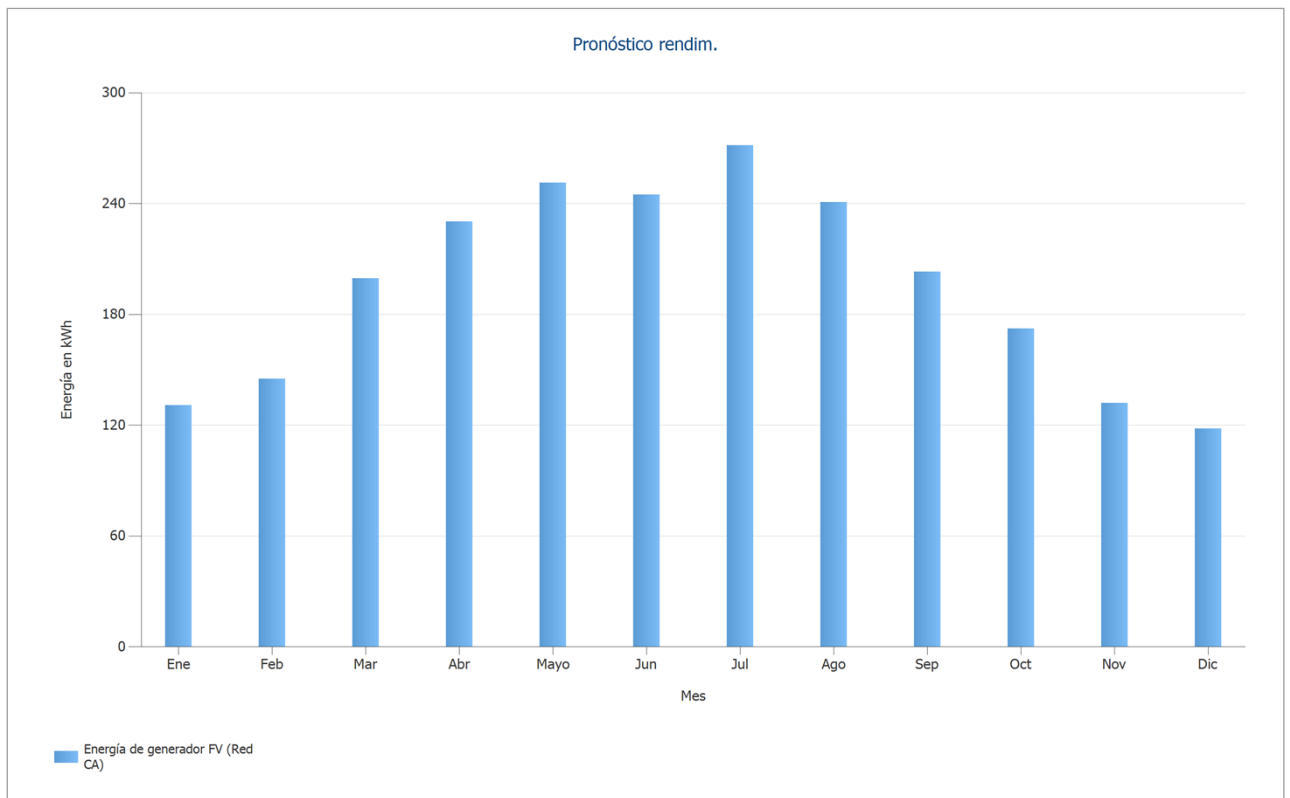


Figura: Pronóstico rendim.

## Resultados por superficie de módulos

### Superficie fotovoltaica 1

Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,84 m <sup>2</sup>
Irradiación global sobre módulo	1725,10 kWh/m <sup>2</sup>
Radiación global en el módulo sin reflexión	1791,61 kWh/m <sup>2</sup>
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,65 %
Energía de generador FV (Red CA)	2339,59 kWh/Año
Rendimiento anual espec.	1409,39 kWh/kWp

# Balance energético de instalación fotovoltaica

## Balance energético de instalación fotovoltaica

<b>Radiación global horizontal</b>	<b>1.617,15 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Desviación del espectro estandar	-16,17 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Reflexión del suelo (albedo)	15,00 kWh/m <sup>2</sup>	0,94 %
Orientación y inclinación de la superficie de módulos	231,04 kWh/m <sup>2</sup>	14,30 %
Sombreado	-55,41 kWh/m <sup>2</sup>	-3,00 %
Reflexión en la superficie del módulo	-66,51 kWh/m <sup>2</sup>	-3,71 %
<b>Irradiación global sobre módulo</b>	<b>1.725,10 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1.725,10 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 7,839 m <sup>2</sup>	
	= 13.522,40 kWh	
<b>Irradiación global fotovoltaica</b>	<b>13.522,40 kWh</b>	
Ensuciamiento	-946,44 kWh	-7,00 %
Conversión STC (eficiencia nominal de módulo 21,18 %)	-9.912,33 kWh	-78,82 %
<b>Energía fotovoltaica nominal</b>	<b>2.663,63 kWh</b>	
Rendimiento con luz débil	42,71 kWh	1,60 %
Desviación de la temperatura nominal del módulo	-188,03 kWh	-6,95 %
Diodos	-12,59 kWh	-0,50 %
Inadecuación (datos del fabricante)	0,00 kWh	0,00 %
Inadecuación (Conexión/sombreado)	0,00 kWh	0,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor</b>	<b>2.505,72 kWh</b>	
Potencia de arranque DC no alcanzada	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por rango de tensión MPP	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por corriente CC máx.	-0,18 kWh	-0,01 %
Regulación por potencia CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	0,00 kWh	0,00 %
Adaptación MPP	-8,91 kWh	-0,36 %
<b>Energía FV (DC)</b>	<b>2.496,63 kWh</b>	
<b>Energía en la entrada del inversor</b>	<b>2.496,63 kWh</b>	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	-1,11 kWh	-0,04 %
Conversión DC/AC	-83,57 kWh	-3,35 %
Consumo Standby (Inversor)	-2,34 kWh	-0,10 %
Pérdida total de cables	-72,36 kWh	-3,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CA) menos consumo en modo de espera</b>	<b>2.337,25 kWh</b>	
<b>Energía de generador FV (Red CA)</b>	<b>2.339,59 kWh</b>	

**SOLARTRADEX**  
Avinguda Ernest Lluch, 32  
08302 Mataró

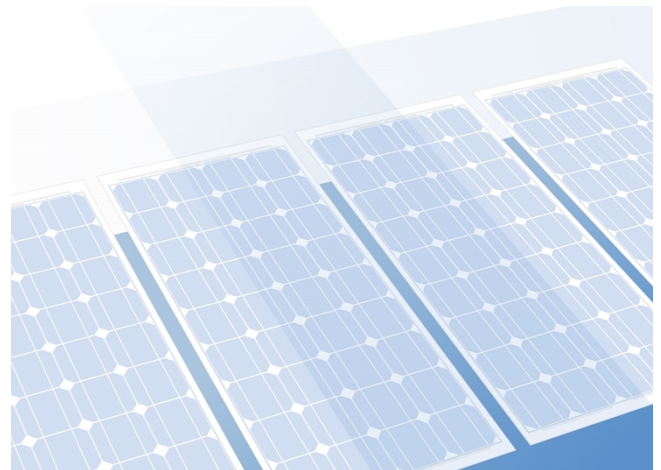
**Persona de contacto:**  
E-mail: [oficina@solartradex.com](mailto:oficina@solartradex.com)

14/06/2023

## Su sistema FV de SOLARTRADEX

Dirección de la instalación

---



# Vista general del proyecto

## Instalación FV

### Sistema FV conectado a la red

Datos climáticos	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>
Número de módulos FV	4
Número de inversores	4

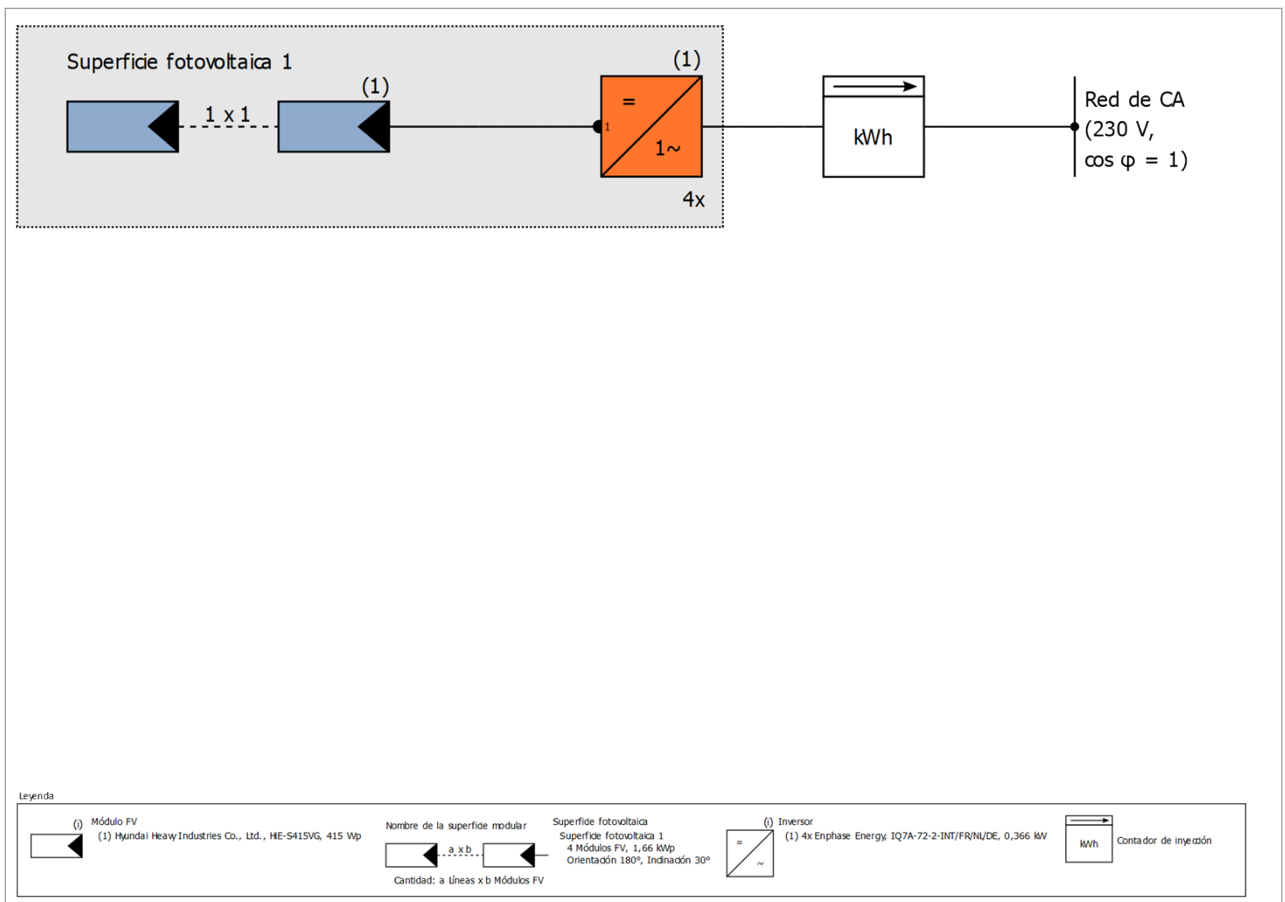


Figura: Diagrama esquemático

## Pronóstico rendim.

### Pronóstico rendim.

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.420,96 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,55 %
Inyección en la red	2.361 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.361 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.109 kg / año

Los resultados han sido calculados mediante un modelo de cálculo matemático de la empresa Valentin Software GmbH (algoritmos PV\*SOL). Los resultados reales de la instalación fotovoltaica pueden mostrar variaciones debido a las variaciones meteorológicas, curvas de eficiencia de los módulos o de inversores así como a otras causas.

# Disposición de la instalación

## Resumen

### Datos del sistema

Tipo de instalación	Sistema FV conectado a la red
---------------------	-------------------------------

### Datos climáticos

Ubicación	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Resolución de los datos	1 h
Modelos de simulación utilizados:	
- Radiación difusa sobre la horizontal	Perez & Ineichen
- Radiación sobre superficie inclinada	Perez

## Superficies de módulos

### 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

#### Generador FV, 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

Nombre	Superficie fotovoltaica 1
Módulos FV	4 x HiE-S415VG (v2)
Fabricante	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.
Inclinación	30 °
Orientación	Sur 180 °
Situación de montaje	Integr. cubierta - sin vent. posterior
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>

## Conexión del inversor

### Conexión 1

Superficie fotovoltaica	Superficie fotovoltaica 1
Inversor 1	
Modelo	IQ7A-72-2-INT/FR/NL/DE (v2)
Fabricante	Enphase Energy
Cantidad	4
Factor de dimensionamiento	113,4 %
Conexión	MPP 1: 1 x 1

## Red de CA

### Red de CA

Número de fases	1
Tensión de red entre fase y neutro	230 V
Factor de desfase (cos phi)	+/- 1

# Resultados de simulación

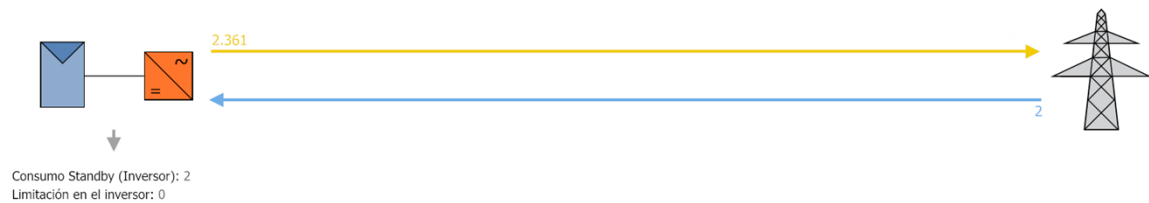
## Resultados Sistema completo

### Instalación FV

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.420,96 kWh/kWp
Coeficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,55 %
Inyección en la red	2.361 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.361 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.109 kg / año

### Gráfico de flujo de energía

Proyecto: 30ª\_estr



Todos los valores en kWh  
Se pueden producir ligeras desviaciones en los totales debido al redondeo  
created with PV\*SOL

Figura: Flujo de energía

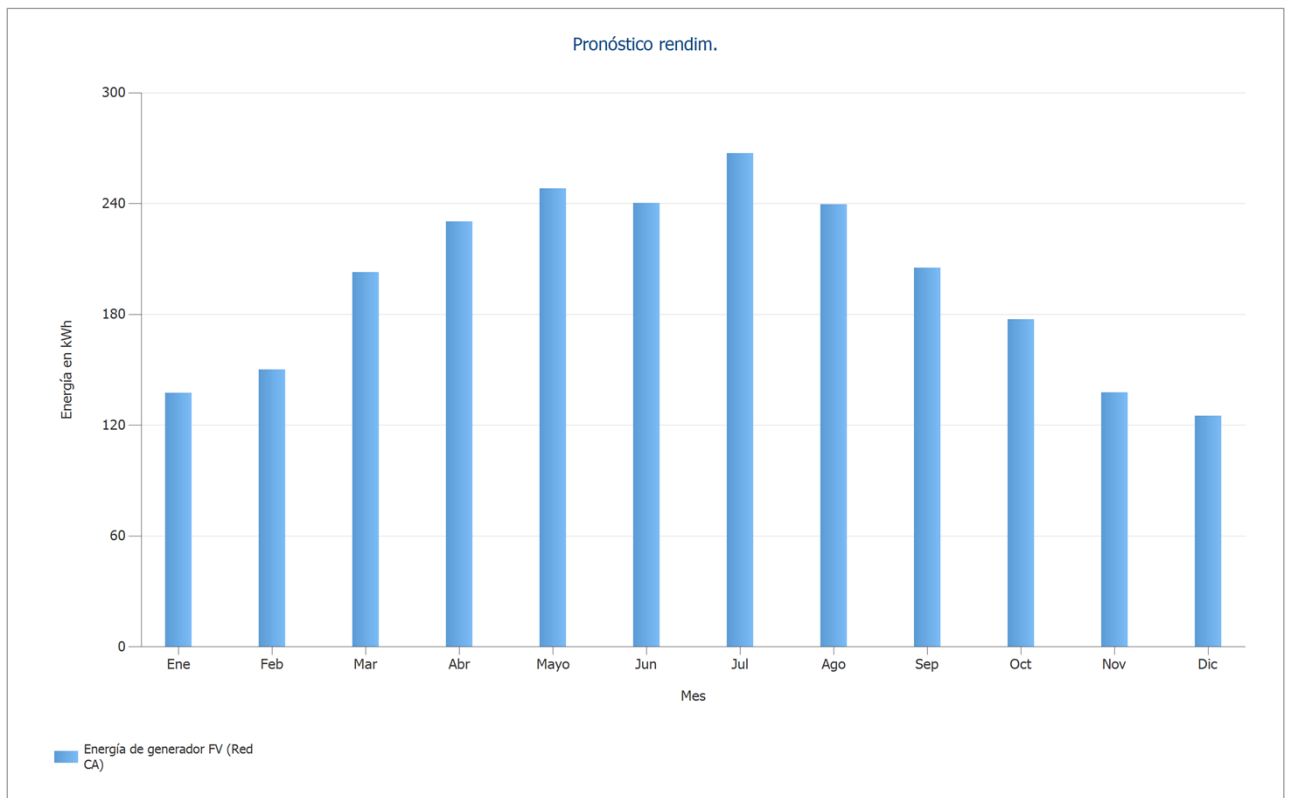


Figura: Pronóstico rendim.

## Resultados por superficie de módulos

### Superficie fotovoltaica 1

Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,84 m <sup>2</sup>
Irradiación global sobre módulo	1743,12 kWh/m <sup>2</sup>
Radiación global en el módulo sin reflexión	1808,60 kWh/m <sup>2</sup>
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,63 %
Energía de generador FV (Red CA)	2361,13 kWh/Año
Rendimiento anual espec.	1422,37 kWh/kWp

## Balance energético de instalación fotovoltaica

### Balance energético de instalación fotovoltaica

<b>Radiación global horizontal</b>	<b>1.617,15 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Desviación del espectro estandar	-16,17 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Reflexión del suelo (albedo)	21,45 kWh/m <sup>2</sup>	1,34 %
Orientación y inclinación de la superficie de módulos	242,11 kWh/m <sup>2</sup>	14,92 %
Sombreado	-55,94 kWh/m <sup>2</sup>	-3,00 %
Reflexión en la superficie del módulo	-65,48 kWh/m <sup>2</sup>	-3,62 %
<b>Irradiación global sobre módulo</b>	<b>1.743,12 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1.743,12 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 7,839 m <sup>2</sup>	
	= 13.663,71 kWh	
<b>Irradiación global fotovoltaica</b>	<b>13.663,71 kWh</b>	
Ensuciamiento	-956,33 kWh	-7,00 %
Conversión STC (eficiencia nominal de módulo 21,18 %)	-10.015,91 kWh	-78,82 %
<b>Energía fotovoltaica nominal</b>	<b>2.691,47 kWh</b>	
Rendimiento con luz débil	42,32 kWh	1,57 %
Desviación de la temperatura nominal del módulo	-192,21 kWh	-7,03 %
Diodos	-12,71 kWh	-0,50 %
Inadecuación (datos del fabricante)	0,00 kWh	0,00 %
Inadecuación (Conexión/sombreado)	0,00 kWh	0,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor</b>	<b>2.528,86 kWh</b>	
Potencia de arranque DC no alcanzada	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por rango de tensión MPP	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por corriente CC máx.	-0,21 kWh	-0,01 %
Regulación por potencia CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	0,00 kWh	0,00 %
Adaptación MPP	-8,99 kWh	-0,36 %
<b>Energía FV (DC)</b>	<b>2.519,66 kWh</b>	
<b>Energía en la entrada del inversor</b>	<b>2.519,66 kWh</b>	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	-1,13 kWh	-0,04 %
Conversión DC/AC	-84,38 kWh	-3,35 %
Consumo Standby (Inversor)	-2,34 kWh	-0,10 %
Pérdida total de cables	-73,02 kWh	-3,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CA) menos consumo en modo de espera</b>	<b>2.358,79 kWh</b>	
<b>Energía de generador FV (Red CA)</b>	<b>2.361,13 kWh</b>	

**SOLARTRADEX**  
Avinguda Ernest Lluch, 32  
08302 Mataró

**Persona de contacto:**  
E-mail: [oficina@solartradex.com](mailto:oficina@solartradex.com)

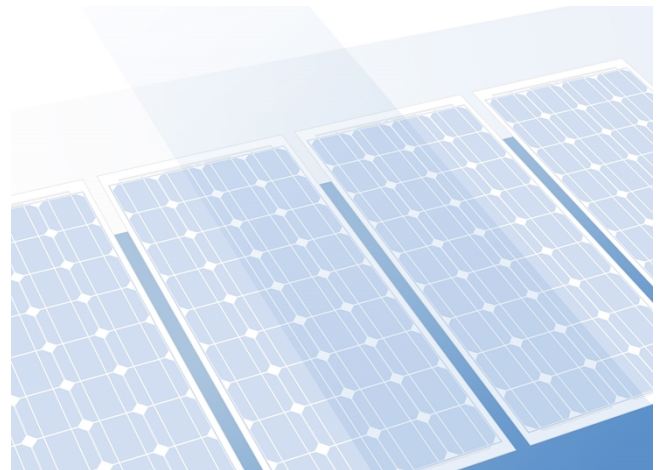
14/06/2023

## Su sistema FV de SOLARTRADEX

Dirección de la instalación

---

---



# Vista general del proyecto

## Instalación FV

### Sistema FV conectado a la red

Datos climáticos	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>
Número de módulos FV	4
Número de inversores	4

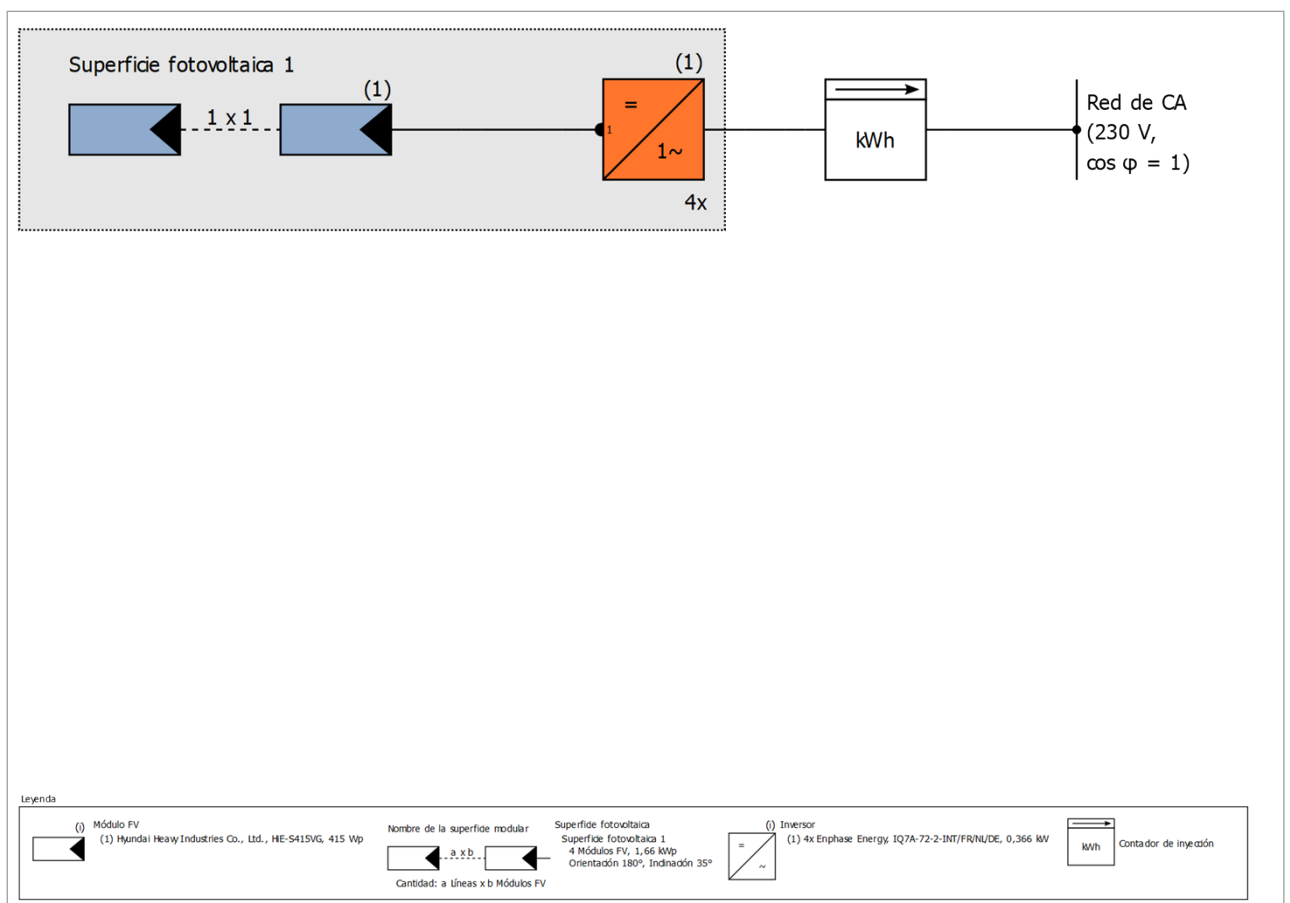


Figura: Diagrama esquemático

## Pronóstico rendim.

### Pronóstico rendim.

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.425,67 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,54 %
Inyección en la red	2.369 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.369 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.112 kg / año

Los resultados han sido calculados mediante un modelo de cálculo matemático de la empresa Valentin Software GmbH (algoritmos PV\*SOL). Los resultados reales de la instalación fotovoltaica pueden mostrar variaciones debido a las variaciones meteorológicas, curvas de eficiencia de los módulos o de inversores así como a otras causas.

# Disposición de la instalación

## Resumen

### Datos del sistema

Tipo de instalación	Sistema FV conectado a la red
---------------------	-------------------------------

### Datos climáticos

Ubicación	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Resolución de los datos	1 h
Modelos de simulación utilizados:	
- Radiación difusa sobre la horizontal	Perez & Ineichen
- Radiación sobre superficie inclinada	Perez

## Superficies de módulos

### 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

#### Generador FV, 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

Nombre	Superficie fotovoltaica 1
Módulos FV	4 x HiE-S415VG (v2)
Fabricante	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.
Inclinación	35 °
Orientación	Sur 180 °
Situación de montaje	Integr. cubierta - sin vent. posterior
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>

## Conexión del inversor

### Conexión 1

Superficie fotovoltaica	Superficie fotovoltaica 1
Inversor 1	
Modelo	IQ7A-72-2-INT/FR/NL/DE (v2)
Fabricante	Enphase Energy
Cantidad	4
Factor de dimensionamiento	113,4 %
Conexión	MPP 1: 1 x 1

## Red de CA

### Red de CA

Número de fases	1
Tensión de red entre fase y neutro	230 V
Factor de desfase (cos phi)	+/- 1

# Resultados de simulación

## Resultados Sistema completo

### Instalación FV

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.425,67 kWh/kWp
Coeficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,54 %
Inyección en la red	2.369 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.369 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.112 kg / año

### Gráfico de flujo de energía

Proyecto: 35ª\_estr



Todos los valores en kWh  
Se pueden producir ligeras desviaciones en los totales debido al redondeo  
created with PV\*SOL

Figura: Flujo de energía

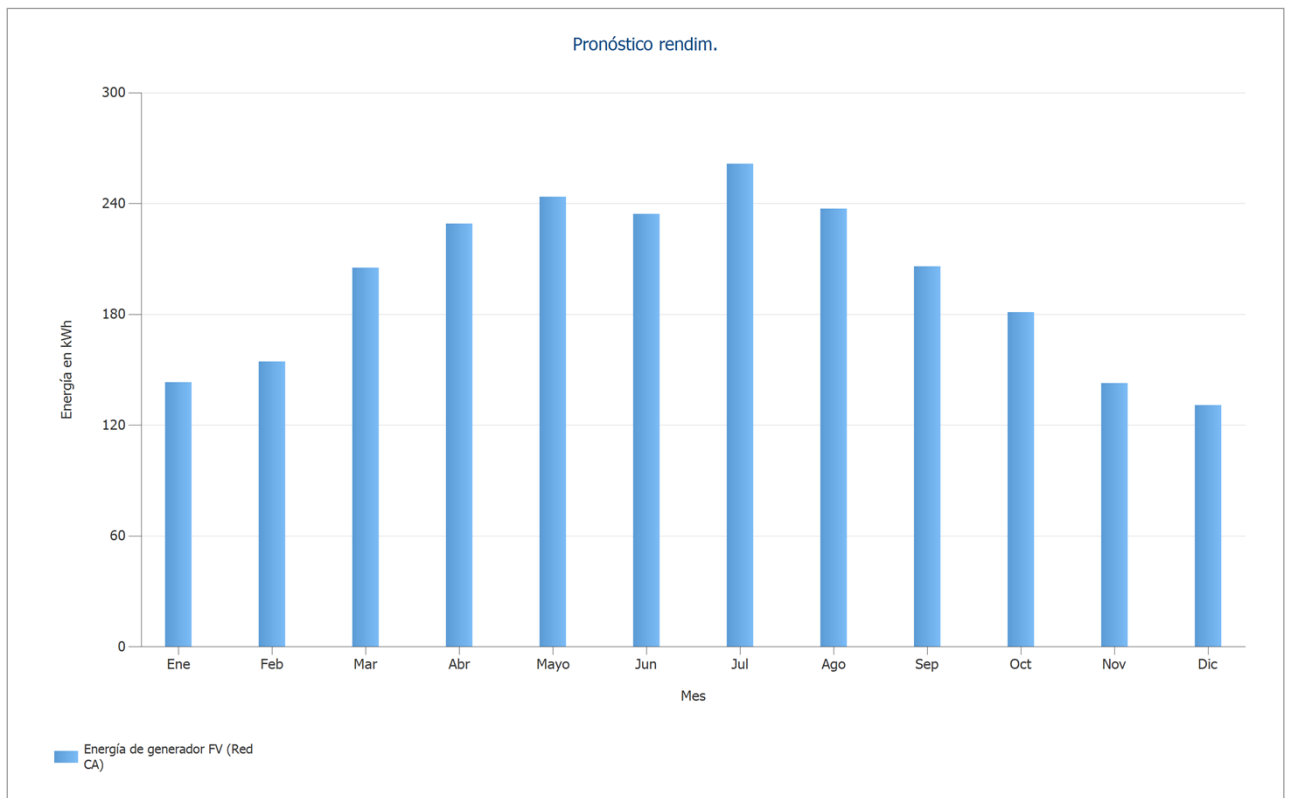


Figura: Pronóstico rendim.

## Resultados por superficie de módulos

### Superficie fotovoltaica 1

Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,84 m <sup>2</sup>
Irradiación global sobre módulo	1749,94 kWh/m <sup>2</sup>
Radiación global en el módulo sin reflexión	1814,94 kWh/m <sup>2</sup>
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,62 %
Energía de generador FV (Red CA)	2368,96 kWh/Año
Rendimiento anual espec.	1427,08 kWh/kWp

# Balance energético de instalación fotovoltaica

## Balance energético de instalación fotovoltaica

<b>Radiación global horizontal</b>	<b>1.617,15 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Desviación del espectro estandar	-16,17 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Reflexión del suelo (albedo)	28,95 kWh/m <sup>2</sup>	1,81 %
Orientación y inclinación de la superficie de módulos	241,14 kWh/m <sup>2</sup>	14,79 %
Sombreado	-56,13 kWh/m <sup>2</sup>	-3,00 %
Reflexión en la superficie del módulo	-64,99 kWh/m <sup>2</sup>	-3,58 %
<b>Irradiación global sobre módulo</b>	<b>1.749,94 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1.749,94 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 7,839 m <sup>2</sup>	
	= 13.717,17 kWh	
<b>Irradiación global fotovoltaica</b>	<b>13.717,17 kWh</b>	
Ensuciamiento	-960,08 kWh	-7,00 %
Conversión STC (eficiencia nominal de módulo 21,18 %)	-10.055,10 kWh	-78,82 %
<b>Energía fotovoltaica nominal</b>	<b>2.702,00 kWh</b>	
Rendimiento con luz débil	41,95 kWh	1,55 %
Desviación de la temperatura nominal del módulo	-193,82 kWh	-7,06 %
Diodos	-12,75 kWh	-0,50 %
Inadecuación (datos del fabricante)	0,00 kWh	0,00 %
Inadecuación (Conexión/sombreado)	0,00 kWh	0,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor</b>	<b>2.537,38 kWh</b>	
Potencia de arranque DC no alcanzada	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por rango de tensión MPP	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por corriente CC máx.	-0,22 kWh	-0,01 %
Regulación por potencia CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	0,00 kWh	0,00 %
Adaptación MPP	-9,03 kWh	-0,36 %
<b>Energía FV (DC)</b>	<b>2.528,12 kWh</b>	
<b>Energía en la entrada del inversor</b>	<b>2.528,12 kWh</b>	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	-1,13 kWh	-0,04 %
Conversión DC/AC	-84,76 kWh	-3,35 %
Consumo Standby (Inversor)	-2,34 kWh	-0,10 %
Pérdida total de cables	-73,27 kWh	-3,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CA) menos consumo en modo de espera</b>	<b>2.366,62 kWh</b>	
<b>Energía de generador FV (Red CA)</b>	<b>2.368,96 kWh</b>	

**SOLARTRADEX**  
Avinguda Ernest Lluch, 32  
08302 Mataró

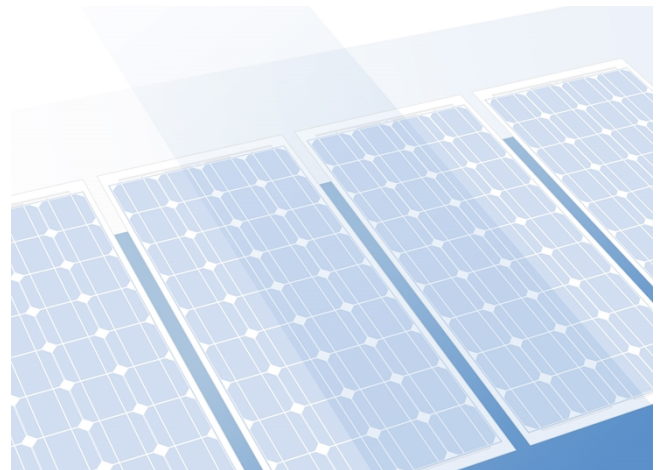
**Persona de contacto:**  
E-mail: [oficina@solartradex.com](mailto:oficina@solartradex.com)

14/06/2023

## Su sistema FV de SOLARTRADEX

Dirección de la instalación

---



# Vista general del proyecto

## Instalación FV

### Sistema FV conectado a la red

Datos climáticos	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>
Número de módulos FV	4
Número de inversores	4

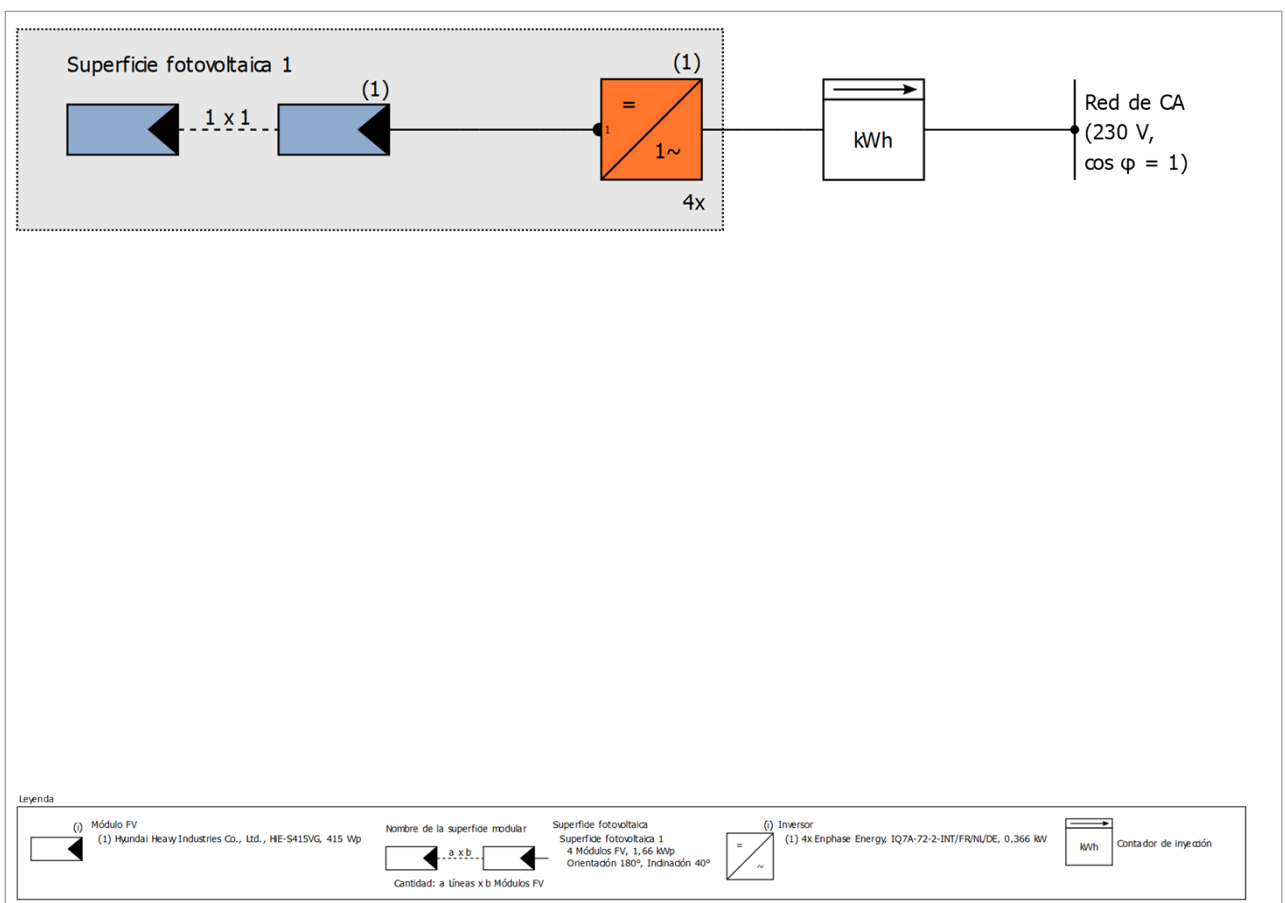


Figura: Diagrama esquemático

## Pronóstico rendim.

### Pronóstico rendim.

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.422,02 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,54 %
Inyección en la red	2.363 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.363 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.109 kg / año

Los resultados han sido calculados mediante un modelo de cálculo matemático de la empresa Valentin Software GmbH (algoritmos PV\*SOL). Los resultados reales de la instalación fotovoltaica pueden mostrar variaciones debido a las variaciones meteorológicas, curvas de eficiencia de los módulos o de inversores así como a otras causas.

# Disposición de la instalación

## Resumen

### Datos del sistema

Tipo de instalación	Sistema FV conectado a la red
---------------------	-------------------------------

### Datos climáticos

Ubicación	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Resolución de los datos	1 h
Modelos de simulación utilizados:	
- Radiación difusa sobre la horizontal	Perez & Ineichen
- Radiación sobre superficie inclinada	Perez

## Superficies de módulos

### 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

#### Generador FV, 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

Nombre	Superficie fotovoltaica 1
Módulos FV	4 x HiE-S415VG (v2)
Fabricante	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.
Inclinación	40 °
Orientación	Sur 180 °
Situación de montaje	Integr. cubierta - sin vent. posterior
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>

## Conexión del inversor

### Conexión 1

Superficie fotovoltaica	Superficie fotovoltaica 1
Inversor 1	
Modelo	IQ7A-72-2-INT/FR/NL/DE (v2)
Fabricante	Enphase Energy
Cantidad	4
Factor de dimensionamiento	113,4 %
Conexión	MPP 1: 1 x 1

## Red de CA

### Red de CA

Número de fases	1
Tensión de red entre fase y neutro	230 V
Factor de desfase (cos phi)	+/- 1

# Resultados de simulación

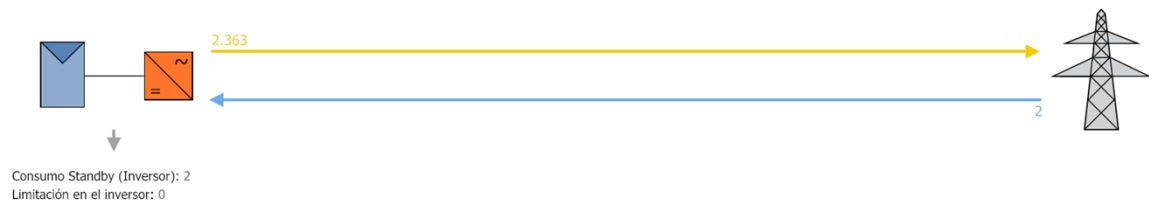
## Resultados Sistema completo

### Instalación FV

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.422,02 kWh/kWp
Coeficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,54 %
Inyección en la red	2.363 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.363 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.109 kg / año

### Gráfico de flujo de energía

Proyecto: 40ª\_estr



Todos los valores en kWh  
Se pueden producir ligeras desviaciones en los totales debido al redondeo  
created with PV\*SOL

Figura: Flujo de energía

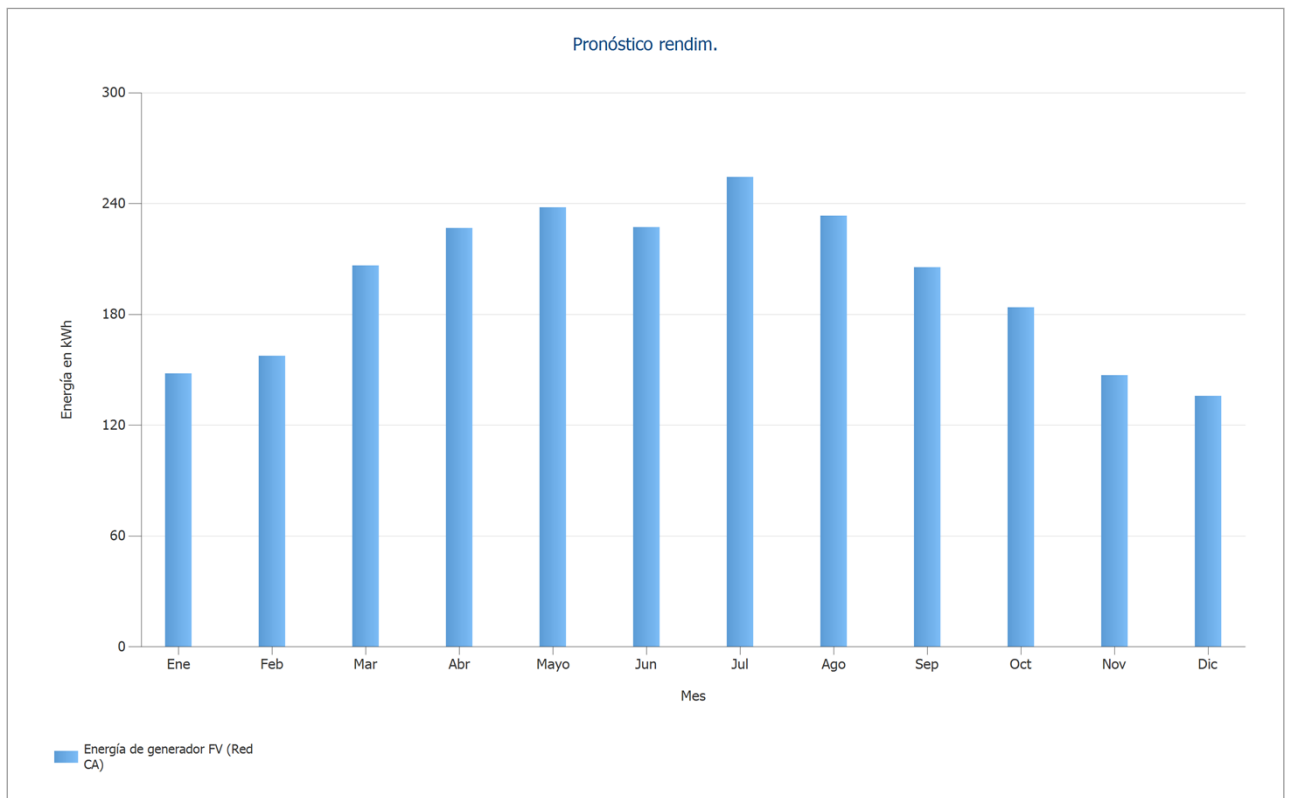


Figura: Pronóstico rendim.

## Resultados por superficie de módulos

### Superficie fotovoltaica 1

Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,84 m <sup>2</sup>
Irradiación global sobre módulo	1745,37 kWh/m <sup>2</sup>
Radiación global en el módulo sin reflexión	1810,41 kWh/m <sup>2</sup>
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,61 %
Energía de generador FV (Red CA)	2362,90 kWh/Año
Rendimiento anual espec.	1423,43 kWh/kWp

## Balance energético de instalación fotovoltaica

### Balance energético de instalación fotovoltaica

<b>Radiación global horizontal</b>	<b>1.617,15 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Desviación del espectro estandar	-16,17 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Reflexión del suelo (albedo)	37,46 kWh/m <sup>2</sup>	2,34 %
Orientación y inclinación de la superficie de módulos	227,97 kWh/m <sup>2</sup>	13,91 %
Sombreado	-55,99 kWh/m <sup>2</sup>	-3,00 %
Reflexión en la superficie del módulo	-65,04 kWh/m <sup>2</sup>	-3,59 %
<b>Irradiación global sobre módulo</b>	<b>1.745,37 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1.745,37 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 7,839 m <sup>2</sup>	
	= 13.681,30 kWh	
<b>Irradiación global fotovoltaica</b>	<b>13.681,30 kWh</b>	
Ensuciamiento	-957,57 kWh	-7,00 %
Conversión STC (eficiencia nominal de módulo 21,18 %)	-10.028,80 kWh	-78,82 %
<b>Energía fotovoltaica nominal</b>	<b>2.694,93 kWh</b>	
Rendimiento con luz débil	41,61 kWh	1,54 %
Desviación de la temperatura nominal del módulo	-192,77 kWh	-7,04 %
Diodos	-12,72 kWh	-0,50 %
Inadecuación (datos del fabricante)	0,00 kWh	0,00 %
Inadecuación (Conexión/sombreado)	0,00 kWh	0,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor</b>	<b>2.531,05 kWh</b>	
Potencia de arranque DC no alcanzada	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por rango de tensión MPP	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por corriente CC máx.	-0,23 kWh	-0,01 %
Regulación por potencia CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	0,00 kWh	0,00 %
Adaptación MPP	-9,02 kWh	-0,36 %
<b>Energía FV (DC)</b>	<b>2.521,80 kWh</b>	
<b>Energía en la entrada del inversor</b>	<b>2.521,80 kWh</b>	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	-1,13 kWh	-0,04 %
Conversión DC/AC	-84,69 kWh	-3,36 %
Consumo Standby (Inversor)	-2,34 kWh	-0,10 %
Pérdida total de cables	-73,08 kWh	-3,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CA) menos consumo en modo de espera</b>	<b>2.360,56 kWh</b>	
<b>Energía de generador FV (Red CA)</b>	<b>2.362,90 kWh</b>	

**SOLARTRADEX**  
Avinguda Ernest Lluch, 32  
08302 Mataró

**Persona de contacto:**  
E-mail: [oficina@solartradex.com](mailto:oficina@solartradex.com)

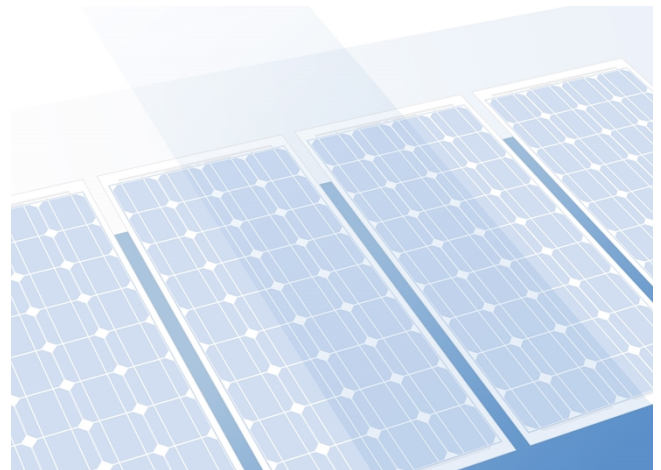
14/06/2023

## Su sistema FV de SOLARTRADEX

Dirección de la instalación

---

---



# Vista general del proyecto

## Instalación FV

### Sistema FV conectado a la red

Datos climáticos	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>
Número de módulos FV	4
Número de inversores	4

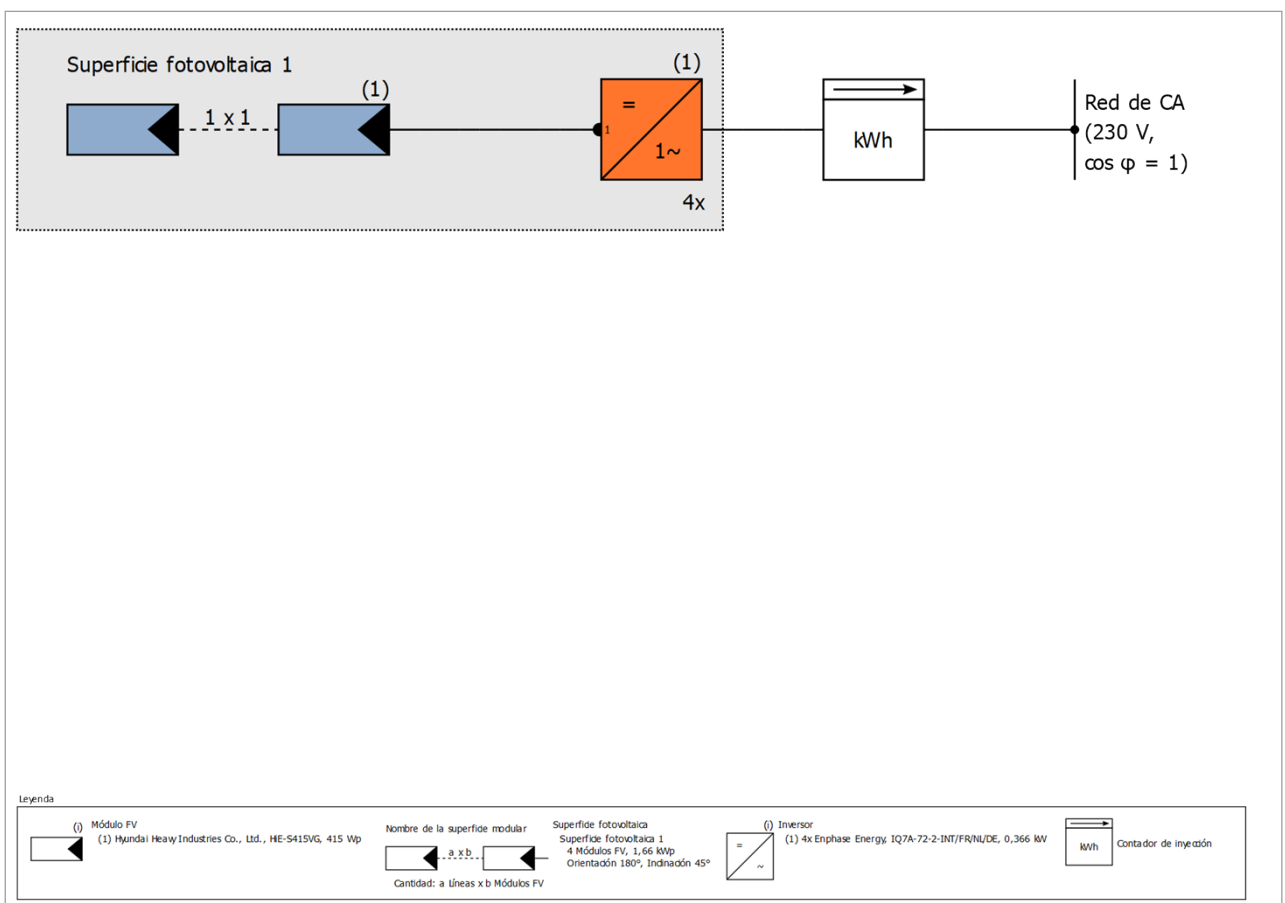


Figura: Diagrama esquemático

## Pronóstico rendim.

### Pronóstico rendim.

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.410,16 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,55 %
Inyección en la red	2.343 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.343 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.100 kg / año

Los resultados han sido calculados mediante un modelo de cálculo matemático de la empresa Valentin Software GmbH (algoritmos PV\*SOL). Los resultados reales de la instalación fotovoltaica pueden mostrar variaciones debido a las variaciones meteorológicas, curvas de eficiencia de los módulos o de inversores así como a otras causas.

# Disposición de la instalación

## Resumen

### Datos del sistema

Tipo de instalación	Sistema FV conectado a la red
---------------------	-------------------------------

### Datos climáticos

Ubicación	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Resolución de los datos	1 h
Modelos de simulación utilizados:	
- Radiación difusa sobre la horizontal	Perez & Ineichen
- Radiación sobre superficie inclinada	Perez

## Superficies de módulos

### 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

#### Generador FV, 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

Nombre	Superficie fotovoltaica 1
Módulos FV	4 x HiE-S415VG (v2)
Fabricante	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.
Inclinación	45 °
Orientación	Sur 180 °
Situación de montaje	Integr. cubierta - sin vent. posterior
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>

## Conexión del inversor

### Conexión 1

Superficie fotovoltaica	Superficie fotovoltaica 1
Inversor 1	
Modelo	IQ7A-72-2-INT/FR/NL/DE (v2)
Fabricante	Enphase Energy
Cantidad	4
Factor de dimensionamiento	113,4 %
Conexión	MPP 1: 1 x 1

## Red de CA

### Red de CA

Número de fases	1
Tensión de red entre fase y neutro	230 V
Factor de desfase (cos phi)	+/- 1

# Resultados de simulación

## Resultados Sistema completo

### Instalación FV

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.410,16 kWh/kWp
Coeficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,55 %
Inyección en la red	2.343 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.343 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.100 kg / año

### Gráfico de flujo de energía

Proyecto: 45ª\_estr



Todos los valores en kWh  
Se pueden producir ligeras desviaciones en los totales debido al redondeo  
created with PV\*SOL

Figura: Flujo de energía

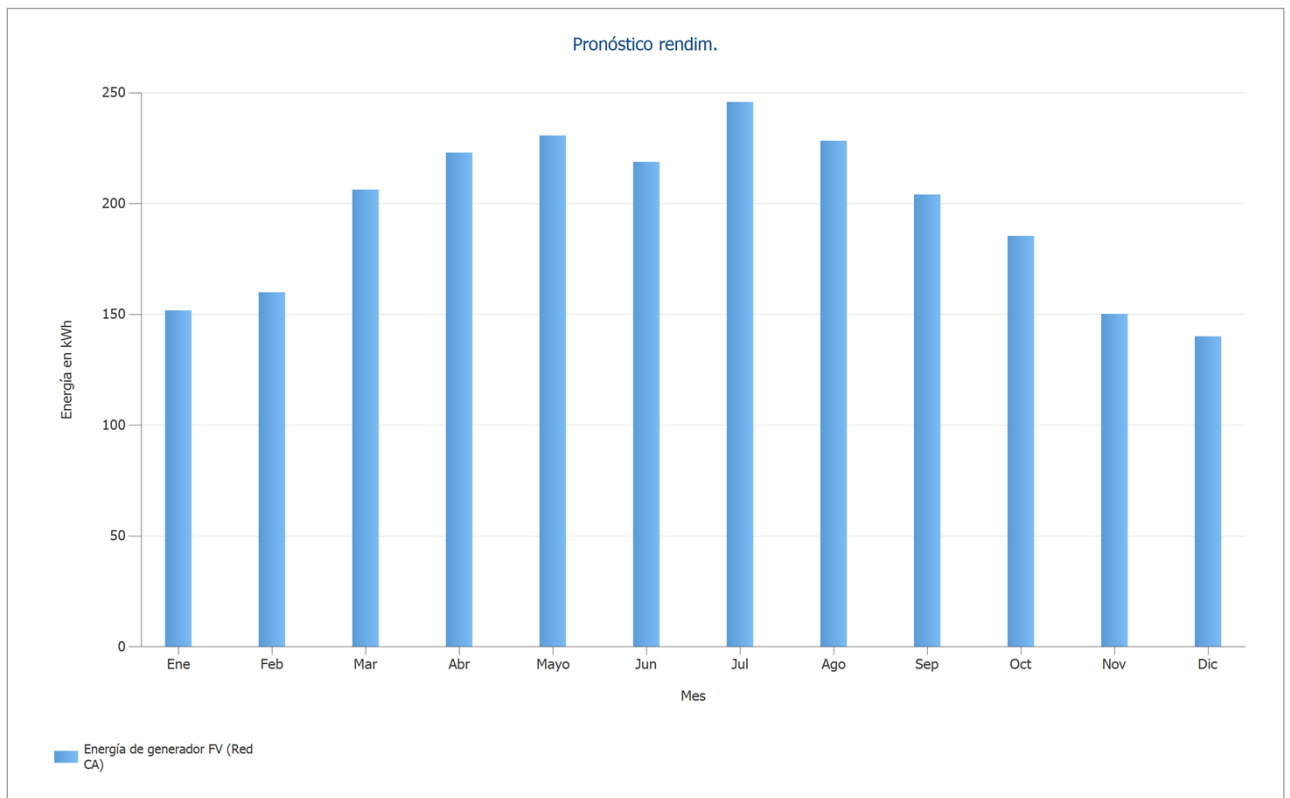


Figura: Pronóstico rendim.

## Resultados por superficie de módulos

### Superficie fotovoltaica 1

Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,84 m <sup>2</sup>
Irradiación global sobre módulo	1729,57 kWh/m <sup>2</sup>
Radiación global en el módulo sin reflexión	1795,04 kWh/m <sup>2</sup>
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,63 %
Energía de generador FV (Red CA)	2343,21 kWh/Año
Rendimiento anual espec.	1411,57 kWh/kWp

## Balance energético de instalación fotovoltaica

### Balance energético de instalación fotovoltaica

<b>Radiación global horizontal</b>	<b>1.617,15 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Desviación del espectro estandar	-16,17 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Reflexión del suelo (albedo)	46,89 kWh/m <sup>2</sup>	2,93 %
Orientación y inclinación de la superficie de módulos	202,69 kWh/m <sup>2</sup>	12,30 %
Sombreado	-55,52 kWh/m <sup>2</sup>	-3,00 %
Reflexión en la superficie del módulo	-65,47 kWh/m <sup>2</sup>	-3,65 %
<b>Irradiación global sobre módulo</b>	<b>1.729,57 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1.729,57 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 7,839 m <sup>2</sup>	
	= 13.557,50 kWh	
<b>Irradiación global fotovoltaica</b>	<b>13.557,50 kWh</b>	
Ensuciamiento	-948,90 kWh	-7,00 %
Conversión STC (eficiencia nominal de módulo 21,18 %)	-9.938,05 kWh	-78,82 %
<b>Energía fotovoltaica nominal</b>	<b>2.670,55 kWh</b>	
Rendimiento con luz débil	41,33 kWh	1,55 %
Desviación de la temperatura nominal del módulo	-189,08 kWh	-6,97 %
Diodos	-12,61 kWh	-0,50 %
Inadecuación (datos del fabricante)	0,00 kWh	0,00 %
Inadecuación (Conexión/sombreado)	0,00 kWh	0,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor</b>	<b>2.510,19 kWh</b>	
Potencia de arranque DC no alcanzada	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por rango de tensión MPP	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por corriente CC máx.	-0,21 kWh	-0,01 %
Regulación por potencia CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	0,00 kWh	0,00 %
Adaptación MPP	-8,98 kWh	-0,36 %
<b>Energía FV (DC)</b>	<b>2.501,00 kWh</b>	
<b>Energía en la entrada del inversor</b>	<b>2.501,00 kWh</b>	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	-1,11 kWh	-0,04 %
Conversión DC/AC	-84,21 kWh	-3,37 %
Consumo Standby (Inversor)	-2,34 kWh	-0,10 %
Pérdida total de cables	-72,47 kWh	-3,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CA) menos consumo en modo de espera</b>	<b>2.340,87 kWh</b>	
<b>Energía de generador FV (Red CA)</b>	<b>2.343,21 kWh</b>	

**SOLARTRADEX**  
Avinguda Ernest Lluch, 32  
08302 Mataró

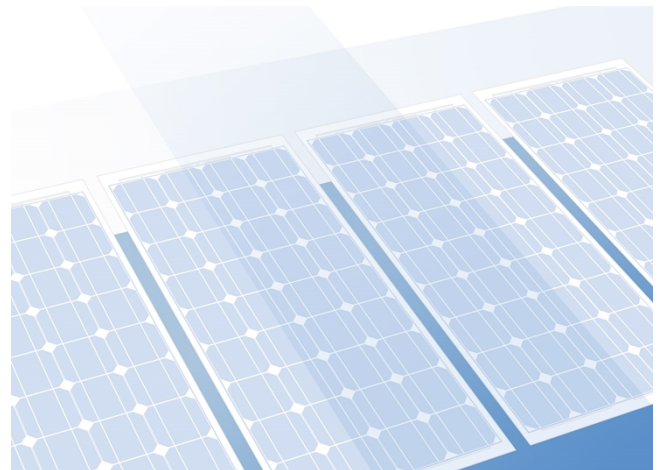
**Persona de contacto:**  
E-mail: [oficina@solartradex.com](mailto:oficina@solartradex.com)

14/06/2023

## Su sistema FV de SOLARTRADEX

Dirección de la instalación

---



# Vista general del proyecto

## Instalación FV

### Sistema FV conectado a la red

Datos climáticos	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>
Número de módulos FV	4
Número de inversores	4

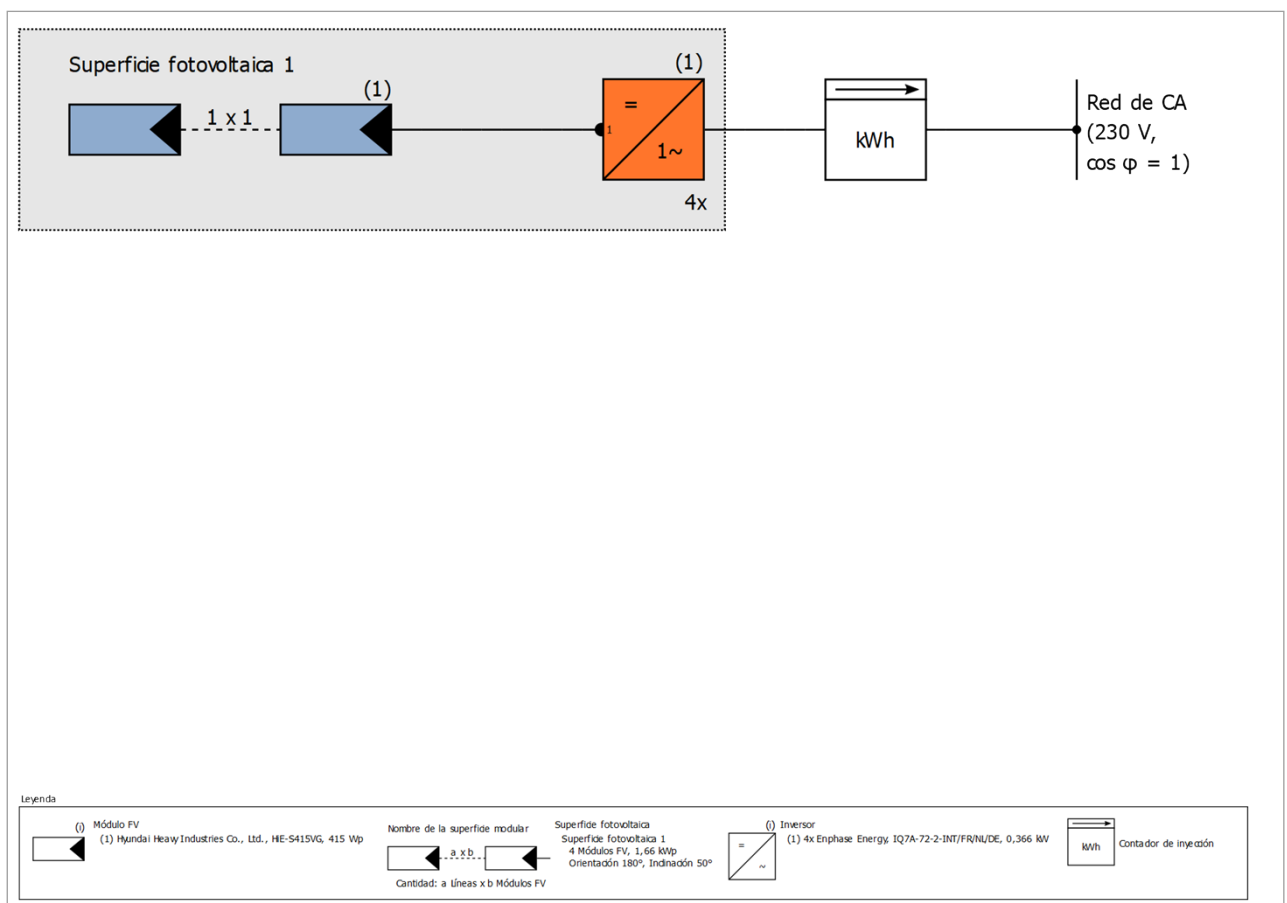


Figura: Diagrama esquemático

## Pronóstico rendim.

### Pronóstico rendim.

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.390,10 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,57 %
Inyección en la red	2.310 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.310 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.085 kg / año

Los resultados han sido calculados mediante un modelo de cálculo matemático de la empresa Valentin Software GmbH (algoritmos PV\*SOL). Los resultados reales de la instalación fotovoltaica pueden mostrar variaciones debido a las variaciones meteorológicas, curvas de eficiencia de los módulos o de inversores así como a otras causas.

# Disposición de la instalación

## Resumen

### Datos del sistema

Tipo de instalación	Sistema FV conectado a la red
---------------------	-------------------------------

### Datos climáticos

Ubicación	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Resolución de los datos	1 h
Modelos de simulación utilizados:	
- Radiación difusa sobre la horizontal	Perez & Ineichen
- Radiación sobre superficie inclinada	Perez

## Superficies de módulos

### 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

#### Generador FV, 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

Nombre	Superficie fotovoltaica 1
Módulos FV	4 x HiE-S415VG (v2)
Fabricante	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.
Inclinación	50 °
Orientación	Sur 180 °
Situación de montaje	Integr. cubierta - sin vent. posterior
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>

## Conexión del inversor

### Conexión 1

Superficie fotovoltaica	Superficie fotovoltaica 1
Inversor 1	
Modelo	IQ7A-72-2-INT/FR/NL/DE (v2)
Fabricante	Enphase Energy
Cantidad	4
Factor de dimensionamiento	113,4 %
Conexión	MPP 1: 1 x 1

## Red de CA

### Red de CA

Número de fases	1
Tensión de red entre fase y neutro	230 V
Factor de desfase (cos phi)	+/- 1

# Resultados de simulación

## Resultados Sistema completo

### Instalación FV

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.390,10 kWh/kWp
Coeficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,57 %
Inyección en la red	2.310 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.310 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.085 kg / año

### Gráfico de flujo de energía

Proyecto: 50ª\_estr



Todos los valores en kWh  
Se pueden producir ligeras desviaciones en los totales debido al redondeo  
created with PV\*SOL

Figura: Flujo de energía

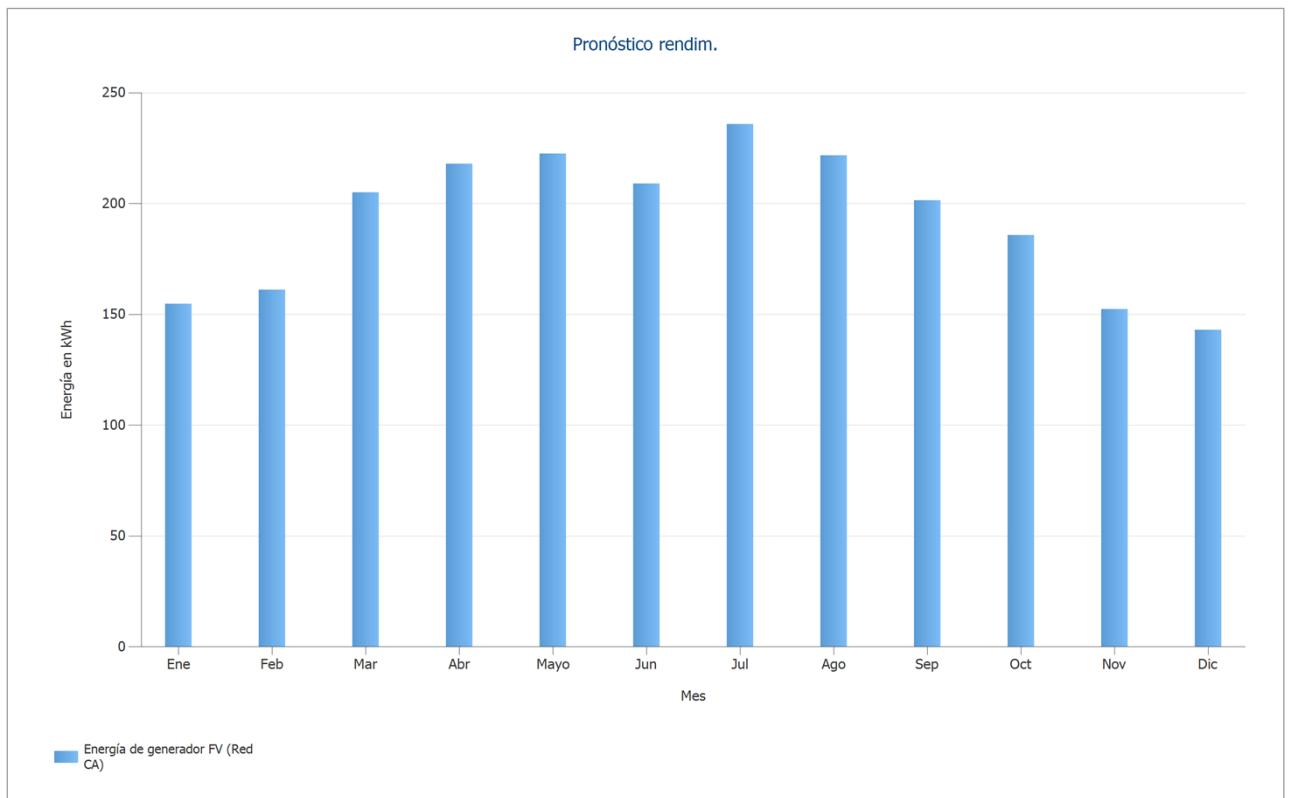


Figura: Pronóstico rendim.

## Resultados por superficie de módulos

### Superficie fotovoltaica 1

Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,84 m <sup>2</sup>
Irradiación global sobre módulo	1702,69 kWh/m <sup>2</sup>
Radiación global en el módulo sin reflexión	1768,96 kWh/m <sup>2</sup>
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,65 %
Energía de generador FV (Red CA)	2309,92 kWh/Año
Rendimiento anual espec.	1391,52 kWh/kWp

# Balance energético de instalación fotovoltaica

## Balance energético de instalación fotovoltaica

<b>Radiación global horizontal</b>	<b>1.617,15 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Desviación del espectro estandar	-16,17 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Reflexión del suelo (albedo)	57,19 kWh/m <sup>2</sup>	3,57 %
Orientación y inclinación de la superficie de módulos	165,50 kWh/m <sup>2</sup>	9,98 %
Sombreado	-54,71 kWh/m <sup>2</sup>	-3,00 %
Reflexión en la superficie del módulo	-66,27 kWh/m <sup>2</sup>	-3,75 %
<b>Irradiación global sobre módulo</b>	<b>1.702,69 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1.702,69 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 7,839 m <sup>2</sup>	
	= 13.346,77 kWh	
<b>Irradiación global fotovoltaica</b>	<b>13.346,77 kWh</b>	
Ensuciamiento	-934,15 kWh	-7,00 %
Conversión STC (eficiencia nominal de módulo 21,18 %)	-9.783,58 kWh	-78,82 %
<b>Energía fotovoltaica nominal</b>	<b>2.629,04 kWh</b>	
Rendimiento con luz débil	41,10 kWh	1,56 %
Desviación de la temperatura nominal del módulo	-182,81 kWh	-6,85 %
Diodos	-12,44 kWh	-0,50 %
Inadecuación (datos del fabricante)	0,00 kWh	0,00 %
Inadecuación (Conexión/sombreado)	0,00 kWh	0,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor</b>	<b>2.474,88 kWh</b>	
Potencia de arranque DC no alcanzada	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por rango de tensión MPP	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por corriente CC máx.	-0,15 kWh	-0,01 %
Regulación por potencia CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	0,00 kWh	0,00 %
Adaptación MPP	-8,89 kWh	-0,36 %
<b>Energía FV (DC)</b>	<b>2.465,84 kWh</b>	
<b>Energía en la entrada del inversor</b>	<b>2.465,84 kWh</b>	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	-1,08 kWh	-0,04 %
Conversión DC/AC	-83,40 kWh	-3,38 %
Consumo Standby (Inversor)	-2,35 kWh	-0,10 %
Pérdida total de cables	-71,44 kWh	-3,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CA) menos consumo en modo de espera</b>	<b>2.307,57 kWh</b>	
<b>Energía de generador FV (Red CA)</b>	<b>2.309,92 kWh</b>	

**SOLARTRADEX**  
Avinguda Ernest Lluch, 32  
08302 Mataró

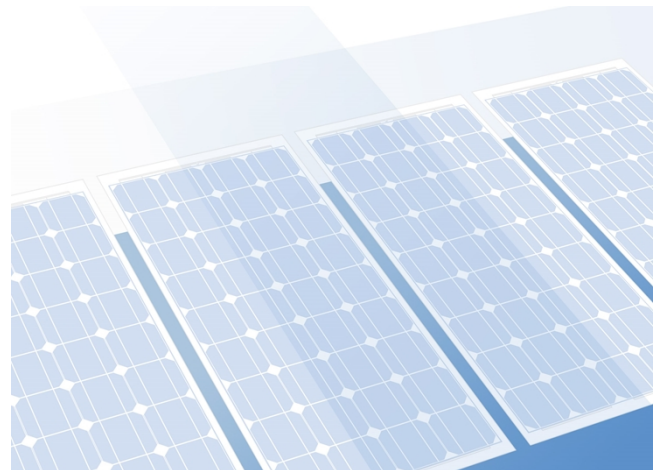
**Persona de contacto:**  
E-mail: [oficina@solartradex.com](mailto:oficina@solartradex.com)

14/06/2023

## Su sistema FV de SOLARTRADEX

Dirección de la instalación

---



# Vista general del proyecto

## Instalación FV

### Sistema FV conectado a la red

Datos climáticos	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>
Número de módulos FV	4
Número de inversores	4

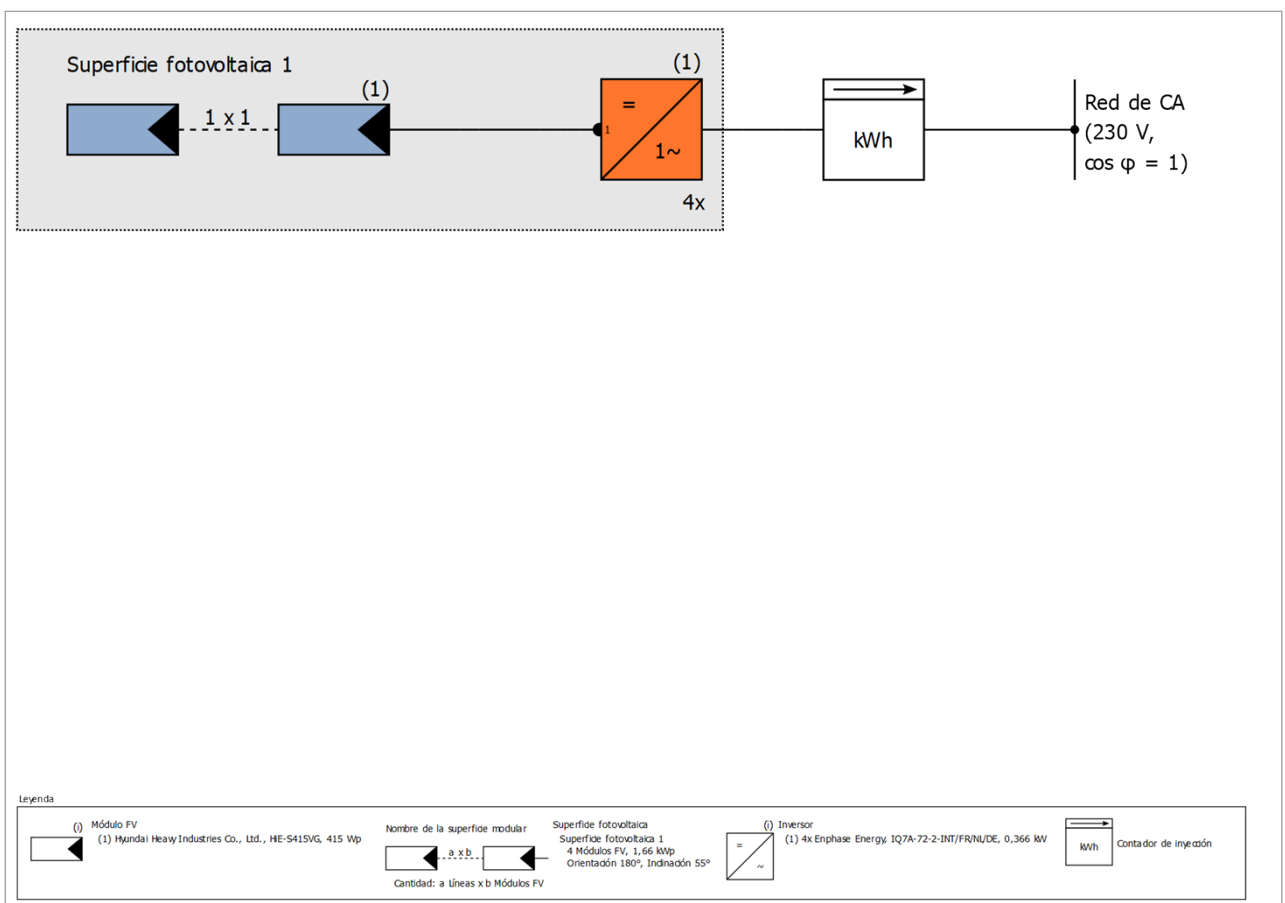


Figura: Diagrama esquemático

## Pronóstico rendim.

### Pronóstico rendim.

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.362,16 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,61 %
Inyección en la red	2.264 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.264 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.063 kg / año

Los resultados han sido calculados mediante un modelo de cálculo matemático de la empresa Valentin Software GmbH (algoritmos PV\*SOL). Los resultados reales de la instalación fotovoltaica pueden mostrar variaciones debido a las variaciones meteorológicas, curvas de eficiencia de los módulos o de inversores así como a otras causas.

# Disposición de la instalación

## Resumen

### Datos del sistema

Tipo de instalación	Sistema FV conectado a la red
---------------------	-------------------------------

### Datos climáticos

Ubicación	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Resolución de los datos	1 h
Modelos de simulación utilizados:	
- Radiación difusa sobre la horizontal	Perez & Ineichen
- Radiación sobre superficie inclinada	Perez

## Superficies de módulos

### 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

#### Generador FV, 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

Nombre	Superficie fotovoltaica 1
Módulos FV	4 x HiE-S415VG (v2)
Fabricante	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.
Inclinación	55 °
Orientación	Sur 180 °
Situación de montaje	Integr. cubierta - sin vent. posterior
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>

## Conexión del inversor

### Conexión 1

Superficie fotovoltaica	Superficie fotovoltaica 1
Inversor 1	
Modelo	IQ7A-72-2-INT/FR/NL/DE (v2)
Fabricante	Enphase Energy
Cantidad	4
Factor de dimensionamiento	113,4 %
Conexión	MPP 1: 1 x 1

## Red de CA

### Red de CA

Número de fases	1
Tensión de red entre fase y neutro	230 V
Factor de desfase (cos phi)	+/- 1

# Resultados de simulación

## Resultados Sistema completo

### Instalación FV

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.362,16 kWh/kWp
Coeficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,61 %
Inyección en la red	2.264 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.264 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.063 kg / año

### Gráfico de flujo de energía

Proyecto: 55ª\_estr



Todos los valores en kWh  
Se pueden producir ligeras desviaciones en los totales debido al redondeo  
created with PV\*SOL

Figura: Flujo de energía

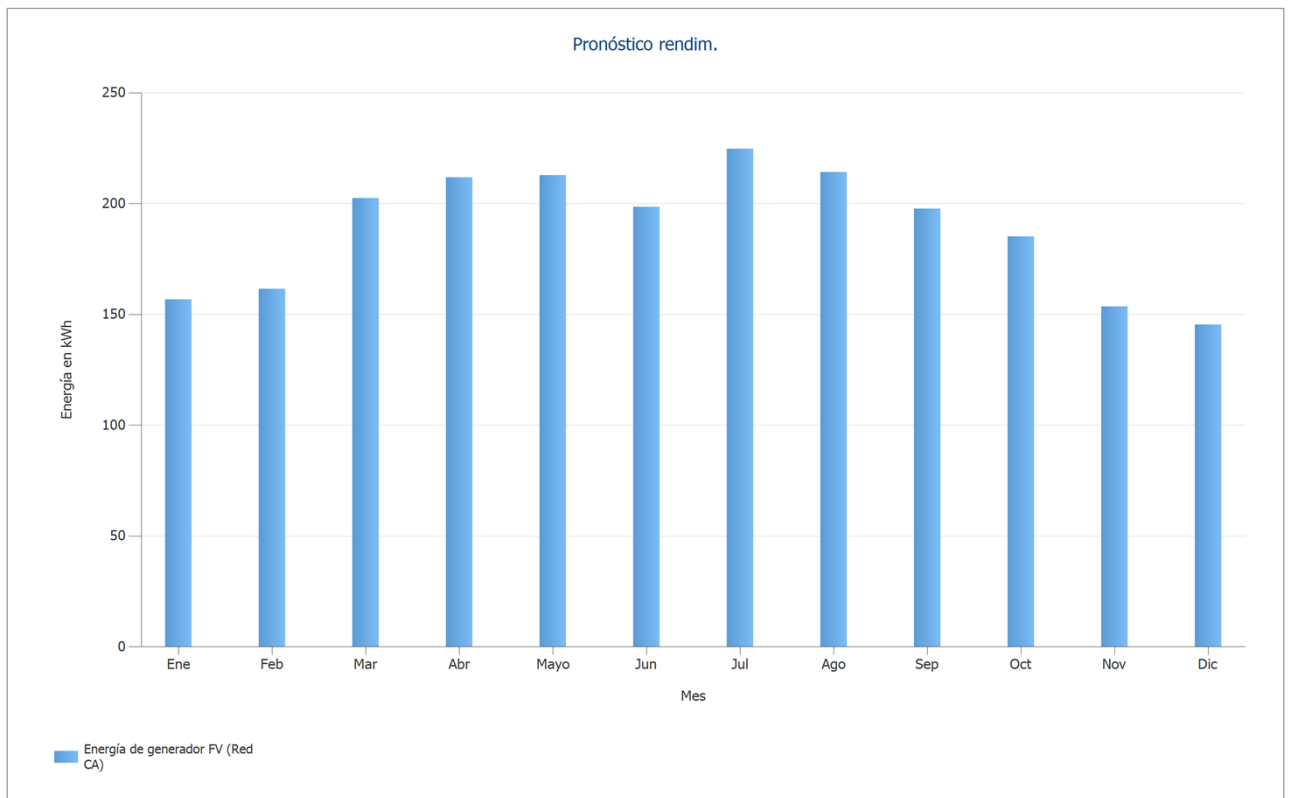


Figura: Pronóstico rendim.

## Resultados por superficie de módulos

### Superficie fotovoltaica 1

Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,84 m <sup>2</sup>
Irradiación global sobre módulo	1665,08 kWh/m <sup>2</sup>
Radiación global en el módulo sin reflexión	1732,48 kWh/m <sup>2</sup>
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,69 %
Energía de generador FV (Red CA)	2263,53 kWh/Año
Rendimiento anual espec.	1363,57 kWh/kWp

## Balance energético de instalación fotovoltaica

### Balance energético de instalación fotovoltaica

<b>Radiación global horizontal</b>	<b>1.617,15 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Desviación del espectro estandar	-16,17 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Reflexión del suelo (albedo)	68,27 kWh/m <sup>2</sup>	4,26 %
Orientación y inclinación de la superficie de módulos	116,81 kWh/m <sup>2</sup>	7,00 %
Sombreado	-53,58 kWh/m <sup>2</sup>	-3,00 %
Reflexión en la superficie del módulo	-67,40 kWh/m <sup>2</sup>	-3,89 %
<b>Irradiación global sobre módulo</b>	<b>1.665,08 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1.665,08 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 7,839 m <sup>2</sup>	
	= 13.051,93 kWh	
<b>Irradiación global fotovoltaica</b>	<b>13.051,93 kWh</b>	
Ensuciamiento	-913,51 kWh	-7,00 %
Conversión STC (eficiencia nominal de módulo 21,18 %)	-9.567,46 kWh	-78,82 %
<b>Energía fotovoltaica nominal</b>	<b>2.570,96 kWh</b>	
Rendimiento con luz débil	40,91 kWh	1,59 %
Desviación de la temperatura nominal del módulo	-174,13 kWh	-6,67 %
Diodos	-12,19 kWh	-0,50 %
Inadecuación (datos del fabricante)	0,00 kWh	0,00 %
Inadecuación (Conexión/sombreado)	0,00 kWh	0,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor</b>	<b>2.425,55 kWh</b>	
Potencia de arranque DC no alcanzada	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por rango de tensión MPP	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por corriente CC máx.	-0,09 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	0,00 kWh	0,00 %
Adaptación MPP	-8,76 kWh	-0,36 %
<b>Energía FV (DC)</b>	<b>2.416,69 kWh</b>	
<b>Energía en la entrada del inversor</b>	<b>2.416,69 kWh</b>	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	-1,05 kWh	-0,04 %
Conversión DC/AC	-82,11 kWh	-3,40 %
Consumo Standby (Inversor)	-2,35 kWh	-0,10 %
Pérdida total de cables	-70,01 kWh	-3,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CA) menos consumo en modo de espera</b>	<b>2.261,18 kWh</b>	
<b>Energía de generador FV (Red CA)</b>	<b>2.263,53 kWh</b>	

**SOLARTRADEX**  
Avinguda Ernest Lluch, 32  
08302 Mataró

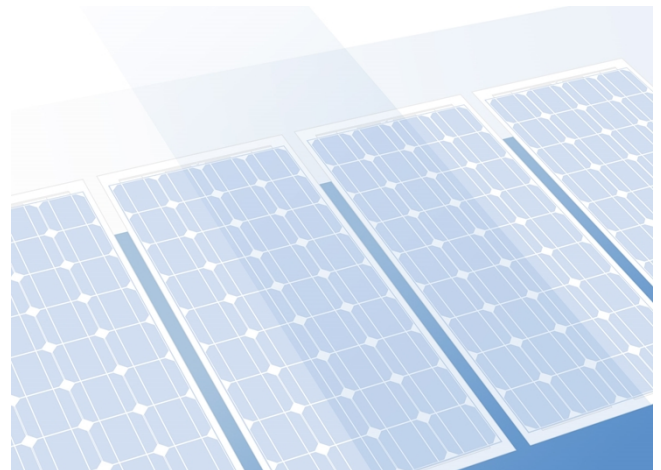
**Persona de contacto:**  
E-mail: [oficina@solartradex.com](mailto:oficina@solartradex.com)

14/06/2023

## Su sistema FV de SOLARTRADEX

Dirección de la instalación

---



# Vista general del proyecto

## Instalación FV

### Sistema FV conectado a la red

Datos climáticos	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>
Número de módulos FV	4
Número de inversores	4

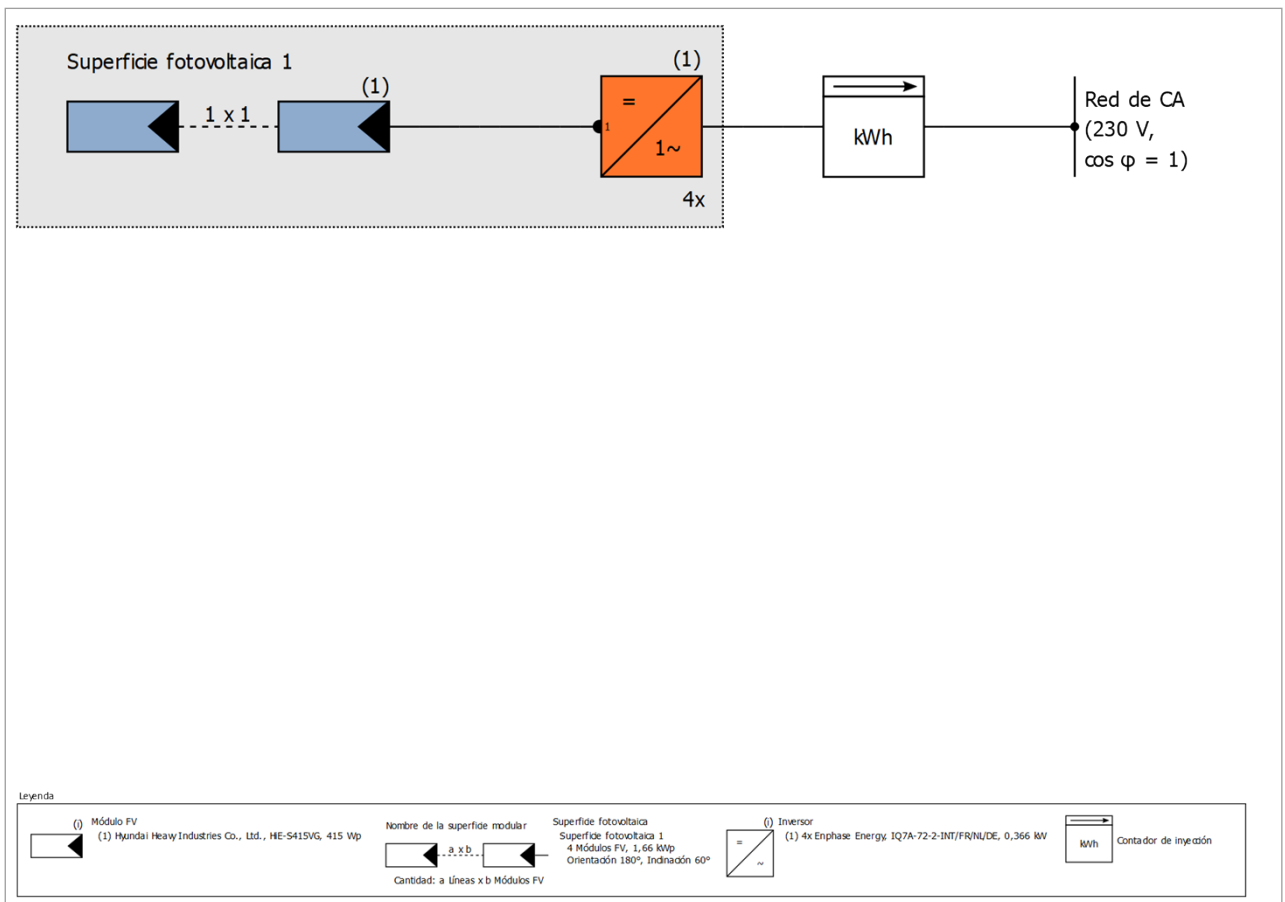


Figura: Diagrama esquemático

## Pronóstico rendim.

### Pronóstico rendim.

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.326,42 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,65 %
Inyección en la red	2.204 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.204 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.035 kg / año

Los resultados han sido calculados mediante un modelo de cálculo matemático de la empresa Valentin Software GmbH (algoritmos PV\*SOL). Los resultados reales de la instalación fotovoltaica pueden mostrar variaciones debido a las variaciones meteorológicas, curvas de eficiencia de los módulos o de inversores así como a otras causas.

# Disposición de la instalación

## Resumen

### Datos del sistema

Tipo de instalación	Sistema FV conectado a la red
---------------------	-------------------------------

### Datos climáticos

Ubicación	Arenys de Mar, ESP (1991 - 2010)
Fuente de los valores	Meteonorm 7.2(i)c3
Resolución de los datos	1 h
Modelos de simulación utilizados:	
- Radiación difusa sobre la horizontal	Perez & Ineichen
- Radiación sobre superficie inclinada	Perez

## Superficies de módulos

### 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

#### Generador FV, 1. Superficie fotovoltaica - Superficie fotovoltaica 1

Nombre	Superficie fotovoltaica 1
Módulos FV	4 x HiE-S415VG (v2)
Fabricante	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.
Inclinación	60 °
Orientación	Sur 180 °
Situación de montaje	Integr. cubierta - sin vent. posterior
Superficie generador FV	7,8 m <sup>2</sup>

## Conexión del inversor

### Conexión 1

Superficie fotovoltaica	Superficie fotovoltaica 1
Inversor 1	
Modelo	IQ7A-72-2-INT/FR/NL/DE (v2)
Fabricante	Enphase Energy
Cantidad	4
Factor de dimensionamiento	113,4 %
Conexión	MPP 1: 1 x 1

## Red de CA

### Red de CA

Número de fases	1
Tensión de red entre fase y neutro	230 V
Factor de desfase (cos phi)	+/- 1

# Resultados de simulación

## Resultados Sistema completo

### Instalación FV

Potencia generador FV	1,66 kWp
Rendimiento anual espec.	1.326,42 kWh/kWp
Coeficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,65 %
Inyección en la red	2.204 kWh/Año
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	2.204 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	2 kWh/Año
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.035 kg / año

### Gráfico de flujo de energía

Proyecto: 60ª\_estr



Todos los valores en kWh  
Se pueden producir ligeras desviaciones en los totales debido al redondeo  
created with PV\*SOL

Figura: Flujo de energía

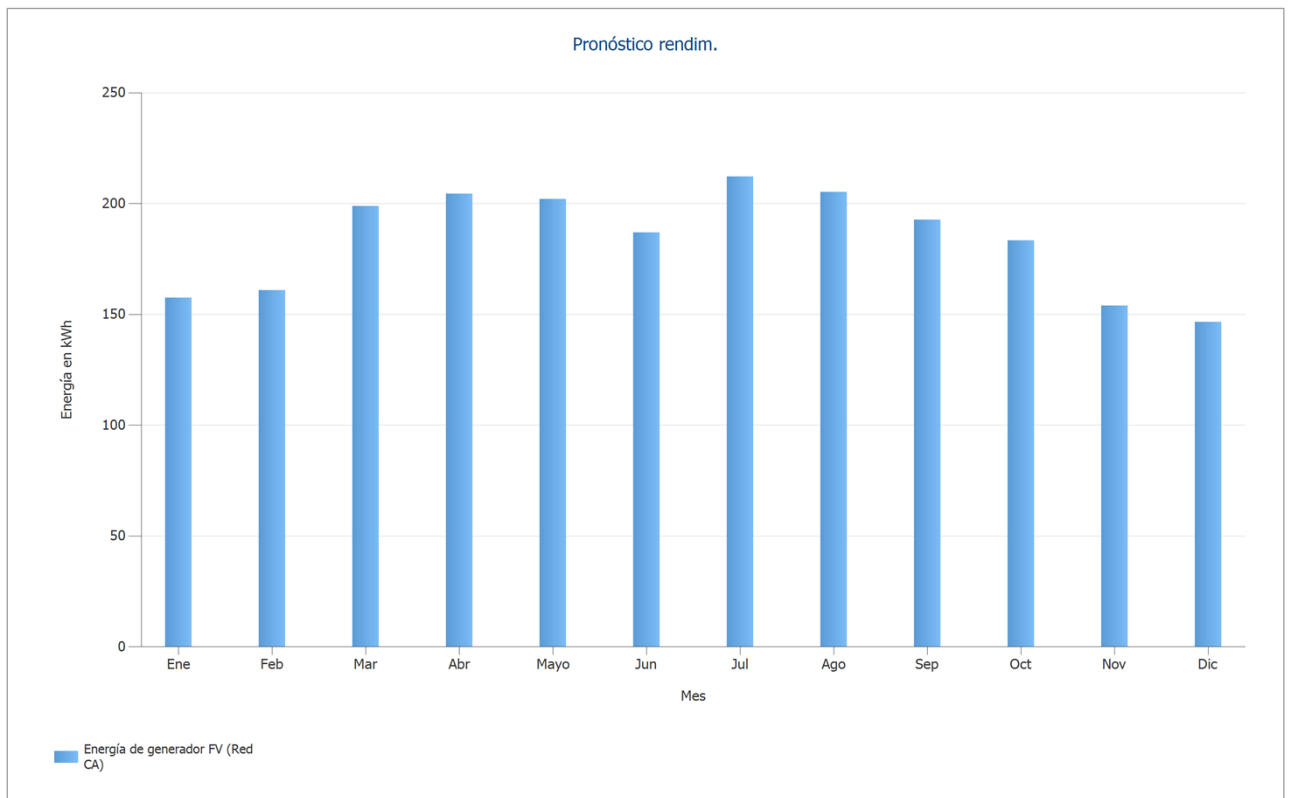


Figura: Pronóstico rendim.

## Resultados por superficie de módulos

### Superficie fotovoltaica 1

Potencia generador FV	1,66 kWp
Superficie generador FV	7,84 m <sup>2</sup>
Irradiación global sobre módulo	1617,08 kWh/m <sup>2</sup>
Radiación global en el módulo sin reflexión	1686,15 kWh/m <sup>2</sup>
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	78,74 %
Energía de generador FV (Red CA)	2204,21 kWh/Año
Rendimiento anual espec.	1327,84 kWh/kWp

## Balance energético de instalación fotovoltaica

### Balance energético de instalación fotovoltaica

<b>Radiación global horizontal</b>	<b>1.617,15 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Desviación del espectro estandar	-16,17 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Reflexión del suelo (albedo)	80,05 kWh/m <sup>2</sup>	5,00 %
Orientación y inclinación de la superficie de módulos	57,27 kWh/m <sup>2</sup>	3,41 %
Sombreado	-52,15 kWh/m <sup>2</sup>	-3,00 %
Reflexión en la superficie del módulo	-69,07 kWh/m <sup>2</sup>	-4,10 %
<b>Irradiación global sobre módulo</b>	<b>1.617,08 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1.617,08 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 7,839 m <sup>2</sup>	
	= 12.675,68 kWh	
<b>Irradiación global fotovoltaica</b>	<b>12.675,68 kWh</b>	
Ensuciamiento	-887,17 kWh	-7,00 %
Conversión STC (eficiencia nominal de módulo 21,18 %)	-9.291,66 kWh	-78,82 %
<b>Energía fotovoltaica nominal</b>	<b>2.496,85 kWh</b>	
Rendimiento con luz débil	40,74 kWh	1,63 %
Desviación de la temperatura nominal del módulo	-163,27 kWh	-6,43 %
Diodos	-11,87 kWh	-0,50 %
Inadecuación (datos del fabricante)	0,00 kWh	0,00 %
Inadecuación (Conexión/sombreado)	0,00 kWh	0,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor</b>	<b>2.362,45 kWh</b>	
Potencia de arranque DC no alcanzada	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por rango de tensión MPP	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por corriente CC máx.	-0,06 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	0,00 kWh	0,00 %
Adaptación MPP	-8,61 kWh	-0,36 %
<b>Energía FV (DC)</b>	<b>2.353,77 kWh</b>	
<b>Energía en la entrada del inversor</b>	<b>2.353,77 kWh</b>	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	-1,00 kWh	-0,04 %
Conversión DC/AC	-80,39 kWh	-3,42 %
Consumo Standby (Inversor)	-2,35 kWh	-0,10 %
Pérdida total de cables	-68,17 kWh	-3,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CA) menos consumo en modo de espera</b>	<b>2.201,86 kWh</b>	
<b>Energía de generador FV (Red CA)</b>	<b>2.204,21 kWh</b>	

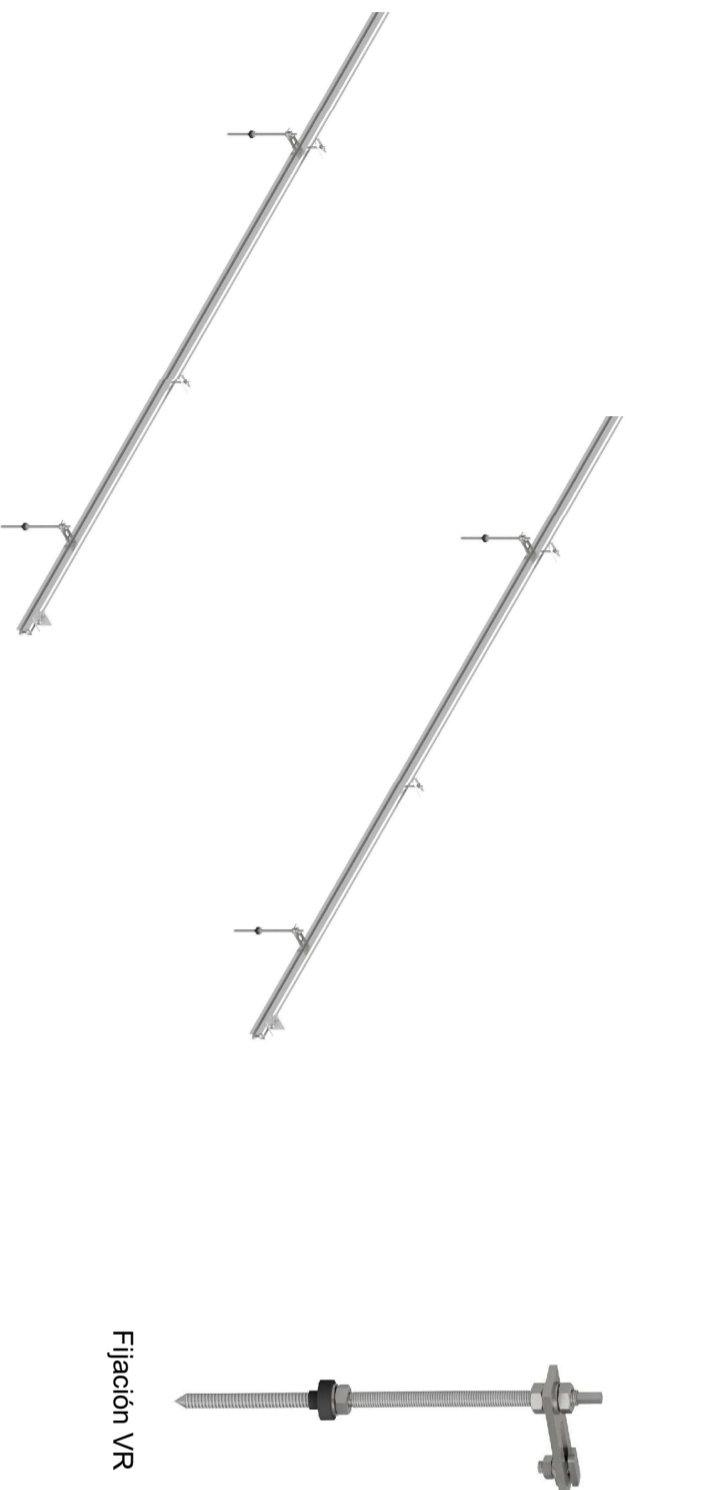


## **Annex II. Fitxes tècniques**

- Perfil estructural coplanar SUNFER.
- Perfil estructural d'alumini 40 x 40 I-Type Slot 8.
- Mòduls fotovoltaics Hyundai HiE-S415VG.
- Inversor Enphase IQ7A
- Rodaments SKF.
- Anells de Seguretat “ Circlips “



## PLAZO DE ENTREGA INMEDIATO



Fijación VR

## Soporte coplanar continuo atornillado para cubierta de teja



Perfiles completamente  
mecanizados, embalados  
y listos para su montaje.

### CARACTERÍSTICAS DEL PRESOR :

- Válido para módulos de 33 hasta 50 mm. de espesor.
- Fácil montaje.



Presor central

Presor lateral



TODO  
PREMONTADO

### Cláusulas:

- (1) El montador de una instalación fotovoltaica debe garantizar antes del montaje que la cubierta soporta las cargas transmitidas, para su correcta instalación.
- (2) Se deberán respetar todas las recomendaciones indicadas en los planos de montaje.
- (3) Se debe comprobar que los puntos de anclaje para los módulos son compatibles con las especificaciones del fabricante.
- (4) Distribuir los módulos para que su colocación sea simétrica a lo largo del soporte y dejando los sobrantes en los extremos.
- (5) Se deberá seguir el plan de mantenimiento que proporciona el fabricante.
- (6) Documentos relacionados:
  - Plano de montaje.
  - Manual de montaje.
  - Reacciones y anclajes.
  - Certificado de garantía.
- (7) Nos reservamos el derecho a realizar modificaciones en el producto en cualquier momento sin aviso previo si desde nuestro punto de vista son necesarias para la mejora de la calidad. Las ilustraciones pueden ser sólo ejemplos y, por tanto, la imagen que aparece puede diferir del producto suministrado.

### Cargas y Características técnicas:

Peso propio paneles Sobrecarga de uso Viento	121 N/m <sup>2</sup> No está prevista ni para mantenimiento España 26 m/s Eurocódigo 1
Periodo retorno Altura máxima Categoría del terreno	10 años España 5 m. III. Areas con recubrimiento regular de vegetación o edificios u obstáculos aislados con separación máxima de 20 veces la altura del obstáculo (por ejemplo, pueblos, terreno suburbano, bosques) Válido para España zona III.

Carga de nieve : 200 N/m<sup>2</sup>

### MATERIALES

Perfilería de aluminio EN AW 6005A T6.  
Tornillería Tornillería acero inoxidable A2-70

### Válido para :

- Todo tipo de cubiertas (excepto chapa sandwich y correas metálicas).
- No recomendado para hormigón pretensado.
- Disponibilidad de tuercas antirrobo.
- Opción de aluminio acabado en crudo y anodizado.

Material 100% reciclable.

### Cómoda instalación.

Garantía: Hasta 25 años\*

\*Ver condiciones especiales de garantía.

# FICHA TÉCNICA

# Indicación técnica para perfiles de aluminio

Tipo I y tipo B

## Tolerancias:

Desviaciones de forma como tolerancia de rectitud y planeidad según DIN EN 12020 parte 2.

## Superficie:

Los perfiles de aluminio son de colores naturales anodizados, lo que les protege contra el rayado y la corrosión de forma permanente. El borde de corte no tiene rebabas gracias a la dura capa periférica de anodizado.

Anodizado: E6EV1

Grosor de capa: 10  $\mu\text{m}$

## Valores mecánicos:

(solo válido en dirección de embutición)

Resistencia a la extensión  $R_m$ : mín. 245 N/mm<sup>2</sup>

Límite de elasticidad  $R_{p0,2}$ : mín. 195 N/mm<sup>2</sup>

A5: 10 % alargamiento de rotura

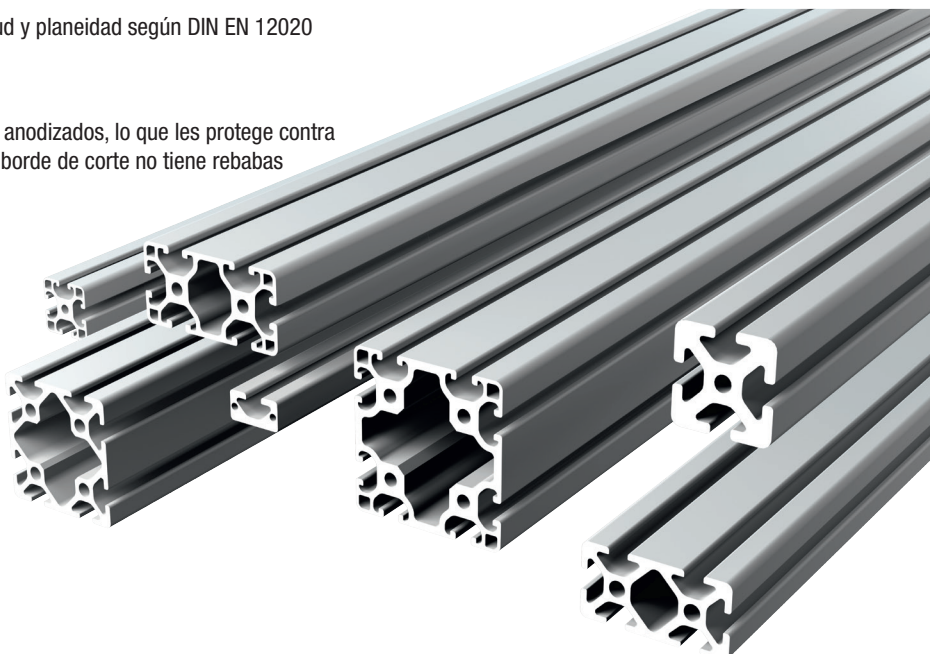
A10: 8 % alargamiento de rotura

Grosor: 2,7 kg/dm<sup>3</sup>

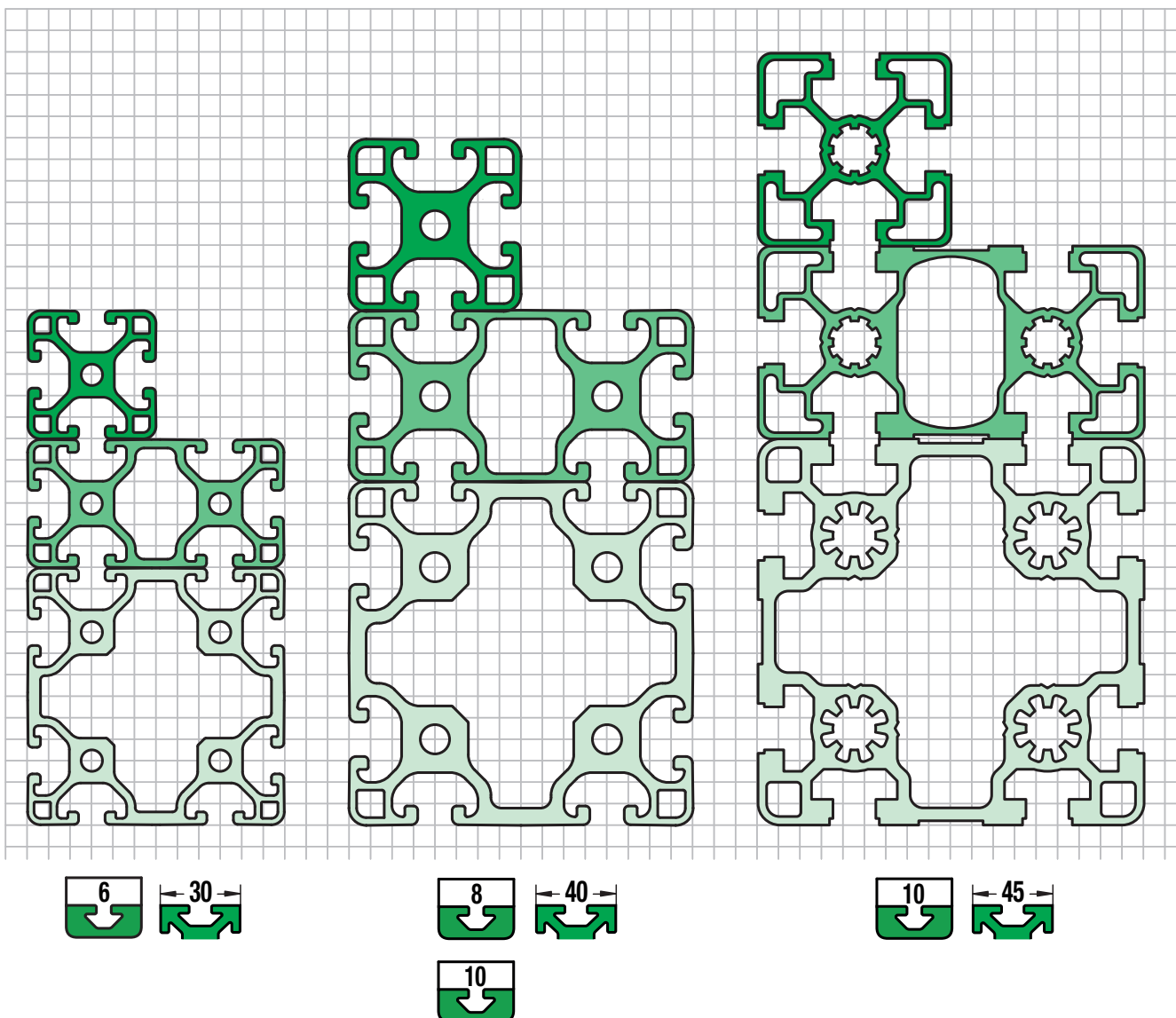
Coefficiente lineal de extensión:  $23,6 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$

Módulo de elasticidad E: aprox. 70.000 N/mm<sup>2</sup>

Dureza: aprox. 75 HB -2,5/187,5



## Tamaños de ranura y dimensiones modulares



# HYUNDAI SOLAR MODULE

**VG**  
SERIES

**PERC Shingled**

HiE-S395VG HiE-S400VG HiE-S405VG  
HiE-S410VG HiE-S415VG



Shingled  
Technology



For Both  
Residential &  
Commercial  
Applications



More Power  
Generation  
In Low Light



**M6 PERC Shingled**

M6 PERC Shingled Technology provides ultra-high efficiency with better performance in low irradiation. Maximizes installation capacity in limited space.



**Anti-LID / PID**

Both LID(Light Induced Degradation) and PID(Potential Induced Degradation) are strictly eliminated to ensure higher actual yield during lifetime.



**Mechanical Strength**

Tempered glass and reinforced frame design withstand rigorous weather conditions such as heavy snow and strong wind.



**Reliable Warranty**

Global brand with powerful financial strength provide reliable 25-year warranty. (Australia and Europe Only)



**Corrosion Resistant**

Various tests under harsh environmental conditions such as ammonia and salt-mist passed.



**UL / VDE Test Labs**

Hyundai's R&D center is an accredited test laboratory of both UL and VDE.

**Hyundai's Warranty Provisions**



**25-Year Product Warranty**

• On materials and workmanship  
**Australia and Europe Only**



**25-Year Performance Warranty**

• Initial year: 98.0%  
• Linear warranty after second year: with 0.55%p annual degradation, 84.8% is guaranteed up to 25 years.

**About Hyundai Energy Solutions**

Established in 1972, Hyundai Heavy Industries Group is one of the most trusted names in the heavy industries sector and is a Fortune 500 company. As a global leader and innovator, Hyundai Heavy Industries is committed to building a future growth engine by developing and investing heavily in the field of renewable energy.

As a core energy business entity of HHI, Hyundai Energy Solutions has strong pride in providing high-quality PV products to more than 3,000 customers worldwide.

**Certification**



## Electrical Characteristics

		Mono-Crystalline Module(HiE-S_VG)				
		395	400	405	410	415
Nominal Output(Pmpp)	W	395	400	405	410	415
Open Circuit Voltage(Voc)	V	46.3	46.4	46.5	46.6	46.7
Short Circuit Current(Isc)	A	10.92	10.97	11.02	11.07	11.12
Voltage at Pmax(Vmpp)	V	38.5	38.6	38.7	38.8	38.9
Currnt at Pmax(Impp)	A	10.26	10.36	10.47	10.57	10.67
Module Efficiency	%	20.2	20.4	20.7	20.9	21.2
Cell Type	-	PERC Mono-Crystalline Silicon Shingled				
Maximum System Voltage	V	1,500				
Temperature Coefficiency of Pmax	%/°C	-0.34				
Temperature Coefficiency of Voc	%/°C	-0.27				
Temperature Coefficiency of Isc	%/°C	0.04				

\*All Date at STC (Standard Test Conditions). Above data may be changed without prior notice.

\*Tolerance of Pmax:0~+5W.

\*Performance deviation of Voc[V], Isc [A], Vm [V], and Im[A]:±3%.

## Mechanical Characteristics

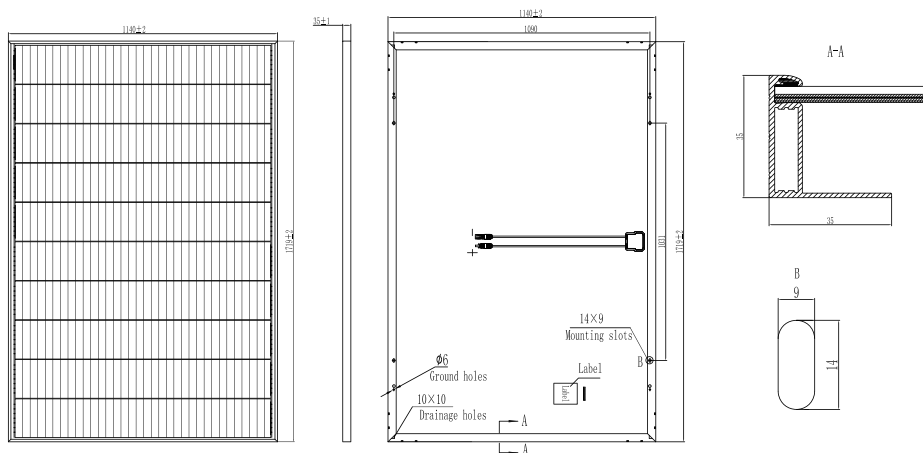
Dimensions	1,719 × 1,140 × 35mm (L × W × H)		
Weight	22kg		
Solar Cells	340 Cells, PERC Mono-crystalines Shingled (166 × 166mm)		
Output Cables	Length 1,500mm, 1 × 4mm <sup>2</sup>	Connector	Stäubli : MC4-Evo2
Junction Box	Rated Current : 20A, IP67, TUV&UL		
Construction	Front Glass: White toughened safety glass, 3.2mm Encapsulation: EVA (Ethylene-Vinyl-Acetate)		
Frame	Anodized aluminum		

## Installation Safety Guide

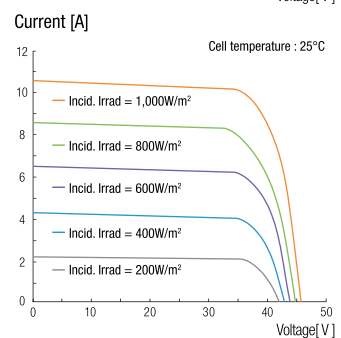
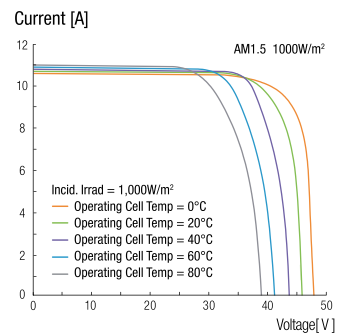
- Only qualified personnel should install or perform maintenance.
- Be aware of dangerous high DC voltage.
- Do not damage or scratch the rear surface of the module.
- Do not handle or install modules when they are wet.

Nominal Operating Cell Temperature	42.3°C ( ±2°C )
Operating Temperature	-40 ~ 85° C
Maximum System Voltage	DC 1,500 / 1,000 (IEC)
Maximum Reverse Current	20A
Maximum Surface Load Capacity	Front 5,400 Pa Rear 2,400 Pa

## Module Diagram (unit : mm)



## I-V Curves



Manufactured in China

**HYUNDAI**  
ENERGY SOLUTIONS



Sales & Marketing  
sales@hyundai-es.co.kr

Printed date: 08/2021

# Microinversor Enphase IQ 7A

Los **microinversores Enphase IQ 7A™**, preparados para la red eléctrica inteligente, simplifican drásticamente el proceso de instalación y logran a la vez la mayor eficiencia del sistema para sistemas con módulos de alta potencia de 60 células / 120 células partidas y 72 células / 144 células partidas.

Como parte del sistema Enphase IQ, el IQ 7A se integra con el Enphase Envoy-S™, la batería Enphase IQ Battery™ y la monitorización y software de análisis Enphase Enlighten™.

Los microinversores de la serie IQ amplían los estándares de fiabilidad establecidos por generaciones anteriores y han sido sometidos a más de un millón de horas de pruebas de encendido, lo que permite a Enphase proporcionar la garantía líder en la industria.



## Alta potencia

- Potencia pico de salida de 366 VA

## Fáciles de instalar

- Ligeros y sencillos
- Instalación más rápida gracias a un cableado de dos conductores mejorado y ligero
- Incorporan funcionalidad de "rapid shutdown" (apagado rápido)

## Rentables y fiables

- Optimizados para todos los módulos de alta potencia de 60 células / 120 células partidas y 72 células / 144 células partidas.
- Eficiencia EU 96,5%
- Acumulan más de un millón de horas de pruebas
- Cubierta con doble aislamiento de clase II y protección IP67

## Preparados para la red eléctrica inteligente

- Cumplen con requisitos complejos de red en lo relativo a la gestión de la tensión y la frecuencia de desconexión
- Actualizaciones a distancia para responder a las fluctuaciones en las restricciones de la red
- Configurables para distintos perfiles de red
- Requieren Envoy y conexión a Internet

GARANTÍA  
DE HASTA

**25**

AÑOS

## Microinversor Enphase IQ 7A

<b>INFORMACIÓN DE ENTRADA (CC)</b>	<b>IQ7A-72-2-INT</b>
Potencia de módulo recomendada (CEM) <sup>1</sup>	295 W – 460 W +
Compatibilidad de módulos, consultar herramienta en línea	60 células / 120 células partidas y 72 células / 144 células partidas
Tensión máx. de CC de entrada	58 V
Rango de tensión de funcionamiento <sup>2</sup>	18 V – 58 V
Tensión mín./máx. de inicio	33 V / 58 V
Corriente máxima de cortocircuito (Isc del panel) <sup>3</sup>	15 A
Clase de protección frente a sobretensiones de CC	II
Corriente de realimentación por entrada de CC	0 A
<b>INFORMACIÓN DE SALIDA (CA)</b>	<b>IQ7A</b>
Potencia máx. de salida	366 VA
Potencia nominal máx. de salida	349 VA
Tensión/Rango de tensión nominal (L-N) <sup>4</sup>	230 V / 219–264 V
Corriente máxima de salida	1,52 A
Frecuencia nominal	50 Hz
Rango de frecuencia	45–55 Hz
Corriente de fallo de cortocircuito de CA en 3 ciclos	5,8 Arms
Número máx. de unidades por circuito de 20A (L-N) <sup>5</sup>	10 (1P+N) 30 (3P+N)
Número máx. de unidades por rama de Cable Q	10 (1P+N) 18 (3P+N)
Clase de protección frente a las sobretensiones	III
Corriente de realimentación por conector de CA	18 mA
Factor de potencia fijo	1,0
Factor de potencia (regulable)	0,8 inductivo a 0,8 capacitivo
<b>RENDIMIENTO</b>	<b>@230 V</b>
Rendimiento EN 50530 (UE)	96.5%
<b>INFORMACIÓN MECÁNICA</b>	
Rango de temperatura ambiente de funcionamiento	-40°C a +60°C
Rango admisible de humedad relativa del aire	4 % a 100 % (condensación)
Altitud máxima	2000 m
Tipo de conector de CC	Adaptador con conector tipo MC4
Dimensiones (L x An x Al)	212 mm x 175 mm x 30,2 mm (sin soporte)
Peso	1,08 kg
Refrigeración	Convección natural, sin ventilador
Nivel de contaminación	PD3
Uso en entornos húmedos	Sí
Envolvente	Carcasa de polímero resistente a la corrosión, con doble aislamiento de clase II.
Índice de protección IP	Exterior- IP67
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
Comunicación con el Envoy-S	PLC (comunicación por línea eléctrica)
Monitorización	Opciones de supervisión Enlighten Manager y MyEnlighten compatibles con Envoy-S de Enphase
Conformidad	AS 4777.2, RCM, IEC/EN 61000-6-3, IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2 PN/EN 50549-1 (NC RfG)

1. Sin limitación de ratio CC/CA. Consultar la calculadora de compatibilidad en línea: [enphase.com/es-es/support-module-compatibility](https://enphase.com/es-es/support-module-compatibility)

2. El rango de tensión de seguimiento del punto de máxima potencia UE es 38 V a 43 V.

3. La corriente nominal máxima de entrada de CC es 10,2 A.

4. El rango de tensión nominal puede ampliarse por encima de estos valores para cumplir con las exigencias del operador de red.

5. Los límites pueden variar, comprobar con la legislación local el número máximo de microinversores admisibles por circuito de 20 A.

Para más información acerca de Enphase, visite <https://enphase.com/es-es>

## W 6000-2Z



## Rodamiento rígido de bolas de acero inoxidable con sellado integral

El rodamiento rígido de una hilera de bolas de acero inoxidable con sellos o placas de protección en ambos lados, proporciona una mayor resistencia a los productos químicos y a la corrosión. Al igual que con los rodamientos rígidos de bolas en general, son especialmente versátiles, tienen baja fricción y están optimizados para un bajo nivel de ruido y vibraciones, lo que permite alcanzar altas velocidades de giro. Soportan cargas radiales y axiales en ambos sentidos, son fáciles de montar y requieren menos mantenimiento que otros tipos de rodamientos. El sellado integral puede prolongar significativamente la vida útil del rodamiento porque mantiene el lubricante en los rodamientos y los contaminantes fuera.

- Mayor resistencia a los productos químicos y a la corrosión
- El sellado integral prolonga la vida útil del rodamiento
- Beneficios típicos de los rodamientos rígidos de una hilera de bolas

## Overview

### Dimensiones

Diámetro interno	10 mm
Diámetro exterior	26 mm
Ancho	8 mm

### Rendimiento

Capacidad de carga dinámica básica	3.97 kN
Capacidad de carga estática básica	1.96 kN
Velocidad de referencia	67 000 r/min
Velocidad límite	32 000 r/min

### Propiedades

Ranuras de llenado	Sin
Cantidad de hileras	1
Elemento de fijación, aro exterior del rodamiento	Ninguna
Tipo de agujero	Cilíndrico
Jaula	Chapa metálica
Disposición ajustada	No
Juego radial interno	CN
Material, rodamiento	Acero inoxidable
Recubrimiento	Sin
Sellado	Placa de protección en ambos lados
Tipo de sellado	Sin contacto

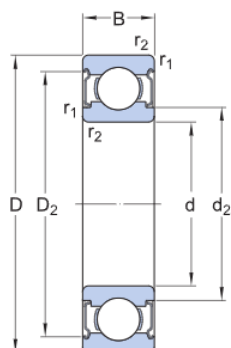
Lubricante

Grasa

Característica de relubricación

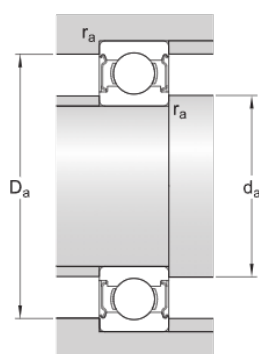
Sin

## Especificación técnica



### Dimensiones

d	10 mm	Diámetro interno
D	26 mm	Diámetro exterior
B	8 mm	Ancho
$d_2$	≈ 13.9 mm	Diámetro del rebaje
$D_2$	≈ 22.38 mm	Diámetro del rebaje
$r_{1,2}$	min. 0.3 mm	Dimensión del chaflán



### Dimensiones de los resaltes

$d_a$ min.	12 mm	Diámetro del resalte del eje
$d_a$ max.	13.5 mm	Diámetro del resalte del eje
$D_a$ max.	24 mm	Diámetro del resalte del soporte
$r_a$ max.	0.3 mm	Radio del eje o acuerdo del soporte

## Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	3.97 kN
Capacidad de carga estática básica	$C_0$	1.96 kN
Carga límite de fatiga	$P_u$	0.083 kN
Velocidad de referencia		67 000 r/min
Velocidad límite		32 000 r/min
Factor de carga mínima	$k_r$	0.03
Factor de cálculo	$f_0$	12.4

## Masa

Masa de rodamiento	0.018 kg
--------------------	----------

## Clase de tolerancia

Tolerancias dimensionales	Normal
Desviación radial	Normal

# Términos y condiciones

Al visitar y utilizar esta página web/aplicación, publicada por AB SKF (publ.) (556007-3495 · Gotemburgo) ("SKF") y de su propiedad, usted acepta cumplir con los siguientes términos y condiciones:

## Limitación de la garantía y de la responsabilidad

Aunque se ha puesto el máximo empeño en asegurar la exactitud de la información incluida en esta página web/aplicación, SKF proporciona dicha información "TAL CUAL", y DENIEGA CUALQUIER GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, INCLUIDAS, ENTRE OTRAS, LAS GARANTÍAS IMPLÍCITAS DE COMERCIABILIDAD Y APTITUD PARA FINES ESPECÍFICOS. Usted reconoce que utilizará esta página web/aplicación bajo su entera responsabilidad, que asume la responsabilidad absoluta de todos los costos asociados al uso de esta página web/aplicación y que SKF no será responsable de ningún daño directo, incidental, consecuente ni indirecto de ningún tipo, derivado de su acceso a la información o los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación o del uso de estos. Todas las garantías y manifestaciones incluidas en esta página web/aplicación acerca de los productos o servicios de SKF que usted adquiera o use estarán sujetas a los términos y condiciones acordados en el contrato del producto o servicio en cuestión. Asimismo, en lo que respecta a las páginas web/aplicaciones no pertenecientes a SKF mencionadas en nuestra página web/aplicación o donde se incluya un hipervínculo, SKF no ofrece garantía alguna respecto de la exactitud o la confiabilidad de la información incluida en dichas páginas web/aplicaciones y no asumirá ninguna responsabilidad sobre el material creado o publicado por terceros incluido en dichas páginas y aplicaciones. Además, SKF tampoco garantiza que esta página web/aplicación ni que esas otras páginas web/aplicaciones vinculadas estén libres de virus u otros elementos perjudiciales.

## Servicios de terceros

Cuando mire contenido de YouTube a través de los sitios web de SKF (es decir, utilizando Servicios API de YouTube), usted acepta los Términos de servicio de YouTube.

## Derechos de autor

Los derechos de autor de esta página web/aplicación y el derecho de autor de la información y los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación pertenecen a SKF o a los otorgantes de su autorización de uso. Quedan reservados todos los derechos. Todo el material autorizado para su uso mencionará al otorgante que haya concedido a SKF el derecho a utilizar el material. La información y los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación no podrán reproducirse, duplicarse, copiarse, transmitirse, distribuirse, almacenarse, modificarse, descargarse ni explotarse de ningún otro modo para uso comercial sin la autorización previa por escrito de SKF. No obstante, sí podrán reproducirse, almacenarse y descargarse para su uso por parte de particulares sin la autorización previa por escrito de SKF. En ningún caso se podrá facilitar esta información o programas informáticos a terceros. Esta página web/aplicación incluye determinadas imágenes que se utilizan bajo licencia de Shutterstock, Inc.

## Marcas comerciales y patentes

Todas las marcas comerciales, nombres de marcas y logotipos de empresas que aparecen en la página web/aplicación son propiedad de SKF o de los otorgantes de su autorización de uso, y no podrán ser utilizados de ningún modo sin la autorización previa por escrito de SKF. Todas las marcas comerciales autorizadas publicadas en esta página web/aplicación mencionan al otorgante que haya concedido a SKF el derecho a utilizar la marca comercial. El acceso a esta página web/aplicación no concede al usuario ningún derecho sobre las patentes propiedad de SKF o autorizadas a SKF.

## Cambios

SKF se reserva el derecho a introducir cambios o ampliaciones de esta página web/aplicación en cualquier momento.

## W 6201-2Z



## Rodamiento rígido de bolas de acero inoxidable con sellado integral

El rodamiento rígido de una hilera de bolas de acero inoxidable con sellos o placas de protección en ambos lados, proporciona una mayor resistencia a los productos químicos y a la corrosión. Al igual que con los rodamientos rígidos de bolas en general, son especialmente versátiles, tienen baja fricción y están optimizados para un bajo nivel de ruido y vibraciones, lo que permite alcanzar altas velocidades de giro. Soportan cargas radiales y axiales en ambos sentidos, son fáciles de montar y requieren menos mantenimiento que otros tipos de rodamientos. El sellado integral puede prolongar significativamente la vida útil del rodamiento porque mantiene el lubricante en los rodamientos y los contaminantes fuera.

- Mayor resistencia a los productos químicos y a la corrosión
- El sellado integral prolonga la vida útil del rodamiento
- Beneficios típicos de los rodamientos rígidos de una hilera de bolas

## Overview

### Dimensiones

Diámetro interno	12 mm
Diámetro exterior	32 mm
Ancho	10 mm

### Rendimiento

Capacidad de carga dinámica básica	5.72 kN
Capacidad de carga estática básica	3 kN
Velocidad de referencia	53 000 r/min
Velocidad límite	28 000 r/min

### Propiedades

Ranuras de llenado	Sin
Cantidad de hileras	1
Elemento de fijación, aro exterior del rodamiento	Ninguna
Tipo de agujero	Cilíndrico
Jaula	Chapa metálica
Disposición ajustada	No
Juego radial interno	CN
Material, rodamiento	Acero inoxidable
Recubrimiento	Sin
Sellado	Placa de protección en ambos lados
Tipo de sellado	Sin contacto

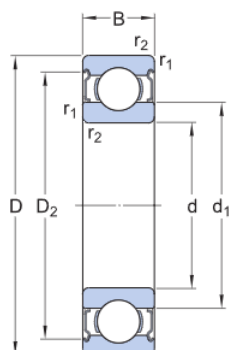
Lubricante

Grasa

Característica de relubricación

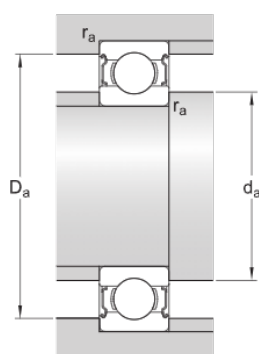
Sin

## Especificación técnica



### Dimensiones

d	12 mm	Diámetro interno
D	32 mm	Diámetro exterior
B	10 mm	Ancho
d <sub>1</sub>	≈ 18.5 mm	Diámetro del resalte
d <sub>2</sub>	≈ 18.5 mm	Diámetro del rebaje
D <sub>2</sub>	≈ 27.95 mm	Diámetro del rebaje
r <sub>1,2</sub>	min. 0.6 mm	Dimensión del chaflán



### Dimensiones de los resaltes

d <sub>a</sub> min.	16 mm	Diámetro del resalte del eje
d <sub>a</sub> max.	18 mm	Diámetro del resalte del eje
D <sub>a</sub> max.	28.5 mm	Diámetro del resalte del soporte
r <sub>a</sub> max.	0.6 mm	Radio del eje o acuerdo del soporte

## Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	5.72 kN
Capacidad de carga estática básica	C <sub>0</sub>	3 kN
Carga límite de fatiga	P <sub>u</sub>	0.127 kN
Velocidad de referencia		53 000 r/min
Velocidad límite		28 000 r/min
Factor de carga mínima	k <sub>r</sub>	0.03
Factor de cálculo	f <sub>0</sub>	12

## Masa

Masa de rodamiento	0.036 kg
--------------------	----------

## Clase de tolerancia

Tolerancias dimensionales	Normal
Desviación radial	Normal

# Términos y condiciones

Al visitar y utilizar esta página web/aplicación, publicada por AB SKF (publ.) (556007-3495 · Gotemburgo) ("SKF") y de su propiedad, usted acepta cumplir con los siguientes términos y condiciones:

## Limitación de la garantía y de la responsabilidad

Aunque se ha puesto el máximo empeño en asegurar la exactitud de la información incluida en esta página web/aplicación, SKF proporciona dicha información "TAL CUAL", y DENIEGA CUALQUIER GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, INCLUIDAS, ENTRE OTRAS, LAS GARANTÍAS IMPLÍCITAS DE COMERCIABILIDAD Y APTITUD PARA FINES ESPECÍFICOS. Usted reconoce que utilizará esta página web/aplicación bajo su entera responsabilidad, que asume la responsabilidad absoluta de todos los costos asociados al uso de esta página web/aplicación y que SKF no será responsable de ningún daño directo, incidental, consecuente ni indirecto de ningún tipo, derivado de su acceso a la información o los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación o del uso de estos. Todas las garantías y manifestaciones incluidas en esta página web/aplicación acerca de los productos o servicios de SKF que usted adquiera o use estarán sujetas a los términos y condiciones acordados en el contrato del producto o servicio en cuestión. Asimismo, en lo que respecta a las páginas web/aplicaciones no pertenecientes a SKF mencionadas en nuestra página web/aplicación o donde se incluya un hipervínculo, SKF no ofrece garantía alguna respecto de la exactitud o la confiabilidad de la información incluida en dichas páginas web/aplicaciones y no asumirá ninguna responsabilidad sobre el material creado o publicado por terceros incluido en dichas páginas y aplicaciones. Además, SKF tampoco garantiza que esta página web/aplicación ni que esas otras páginas web/aplicaciones vinculadas estén libres de virus u otros elementos perjudiciales.

## Servicios de terceros

Cuando mire contenido de YouTube a través de los sitios web de SKF (es decir, utilizando Servicios API de YouTube), usted acepta los Términos de servicio de YouTube.

## Derechos de autor

Los derechos de autor de esta página web/aplicación y el derecho de autor de la información y los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación pertenecen a SKF o a los otorgantes de su autorización de uso. Quedan reservados todos los derechos. Todo el material autorizado para su uso mencionará al otorgante que haya concedido a SKF el derecho a utilizar el material. La información y los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación no podrán reproducirse, duplicarse, copiarse, transmitirse, distribuirse, almacenarse, modificarse, descargarse ni explotarse de ningún otro modo para uso comercial sin la autorización previa por escrito de SKF. No obstante, sí podrán reproducirse, almacenarse y descargarse para su uso por parte de particulares sin la autorización previa por escrito de SKF. En ningún caso se podrá facilitar esta información o programas informáticos a terceros. Esta página web/aplicación incluye determinadas imágenes que se utilizan bajo licencia de Shutterstock, Inc.

## Marcas comerciales y patentes

Todas las marcas comerciales, nombres de marcas y logotipos de empresas que aparecen en la página web/aplicación son propiedad de SKF o de los otorgantes de su autorización de uso, y no podrán ser utilizados de ningún modo sin la autorización previa por escrito de SKF. Todas las marcas comerciales autorizadas publicadas en esta página web/aplicación mencionan al otorgante que haya concedido a SKF el derecho a utilizar la marca comercial. El acceso a esta página web/aplicación no concede al usuario ningún derecho sobre las patentes propiedad de SKF o autorizadas a SKF.

## Cambios

SKF se reserva el derecho a introducir cambios o ampliaciones de esta página web/aplicación en cualquier momento.

## W 6003-2Z



## Rodamiento rígido de bolas de acero inoxidable con sellado integral

El rodamiento rígido de una hilera de bolas de acero inoxidable con sellos o placas de protección en ambos lados, proporciona una mayor resistencia a los productos químicos y a la corrosión. Al igual que con los rodamientos rígidos de bolas en general, son especialmente versátiles, tienen baja fricción y están optimizados para un bajo nivel de ruido y vibraciones, lo que permite alcanzar altas velocidades de giro. Soportan cargas radiales y axiales en ambos sentidos, son fáciles de montar y requieren menos mantenimiento que otros tipos de rodamientos. El sellado integral puede prolongar significativamente la vida útil del rodamiento porque mantiene el lubricante en los rodamientos y los contaminantes fuera.

- Mayor resistencia a los productos químicos y a la corrosión
- El sellado integral prolonga la vida útil del rodamiento
- Beneficios típicos de los rodamientos rígidos de una hilera de bolas

## Overview

### Dimensiones

Diámetro interno	17 mm
Diámetro exterior	35 mm
Ancho	10 mm

### Rendimiento

Capacidad de carga dinámica básica	4.94 kN
Capacidad de carga estática básica	3.15 kN
Velocidad de referencia	45 000 r/min
Velocidad límite	22 000 r/min

### Propiedades

Ranuras de llenado	Sin
Cantidad de hileras	1
Elemento de fijación, aro exterior del rodamiento	Ninguna
Tipo de agujero	Cilíndrico
Jaula	Chapa metálica
Disposición ajustada	No
Juego radial interno	CN
Material, rodamiento	Acero inoxidable
Recubrimiento	Sin
Sellado	Placa de protección en ambos lados
Tipo de sellado	Sin contacto

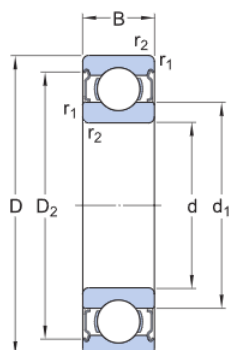
Lubricante

Grasa

Característica de relubricación

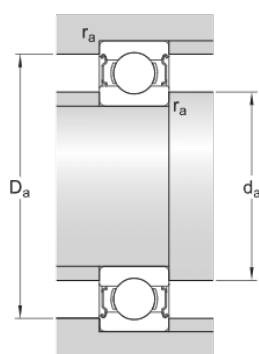
Sin

## Especificación técnica



### Dimensiones

d	17 mm	Diámetro interno
D	35 mm	Diámetro exterior
B	10 mm	Ancho
d <sub>1</sub>	≈ 23.5 mm	Diámetro del resalte
d <sub>2</sub>	≈ 23.5 mm	Diámetro del rebaje
D <sub>2</sub>	≈ 31.85 mm	Diámetro del rebaje
r <sub>1,2</sub>	min. 0.3 mm	Dimensión del chaflán



### Dimensiones de los resaltes

d <sub>a</sub> min.	19 mm	Diámetro del resalte del eje
d <sub>a</sub> max.	23 mm	Diámetro del resalte del eje
D <sub>a</sub> max.	33 mm	Diámetro del resalte del soporte
r <sub>a</sub> max.	0.3 mm	Radio del eje o acuerdo del soporte

## Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	4.94 kN
Capacidad de carga estática básica	C <sub>0</sub>	3.15 kN
Carga límite de fatiga	P <sub>u</sub>	0.137 kN
Velocidad de referencia		45 000 r/min
Velocidad límite		22 000 r/min
Factor de carga mínima	k <sub>r</sub>	0.03
Factor de cálculo	f <sub>0</sub>	14.1

## Masa

Masa de rodamiento	0.038 kg
--------------------	----------

## Clase de tolerancia

Tolerancias dimensionales	Normal
Desviación radial	Normal

# Términos y condiciones

Al visitar y utilizar esta página web/aplicación, publicada por AB SKF (publ.) (556007-3495 · Gotemburgo) ("SKF") y de su propiedad, usted acepta cumplir con los siguientes términos y condiciones:

## Limitación de la garantía y de la responsabilidad

Aunque se ha puesto el máximo empeño en asegurar la exactitud de la información incluida en esta página web/aplicación, SKF proporciona dicha información "TAL CUAL", y DENIEGA CUALQUIER GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, INCLUIDAS, ENTRE OTRAS, LAS GARANTÍAS IMPLÍCITAS DE COMERCIABILIDAD Y APTITUD PARA FINES ESPECÍFICOS. Usted reconoce que utilizará esta página web/aplicación bajo su entera responsabilidad, que asume la responsabilidad absoluta de todos los costos asociados al uso de esta página web/aplicación y que SKF no será responsable de ningún daño directo, incidental, consecuente ni indirecto de ningún tipo, derivado de su acceso a la información o los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación o del uso de estos. Todas las garantías y manifestaciones incluidas en esta página web/aplicación acerca de los productos o servicios de SKF que usted adquiera o use estarán sujetas a los términos y condiciones acordados en el contrato del producto o servicio en cuestión. Asimismo, en lo que respecta a las páginas web/aplicaciones no pertenecientes a SKF mencionadas en nuestra página web/aplicación o donde se incluya un hipervínculo, SKF no ofrece garantía alguna respecto de la exactitud o la confiabilidad de la información incluida en dichas páginas web/aplicaciones y no asumirá ninguna responsabilidad sobre el material creado o publicado por terceros incluido en dichas páginas y aplicaciones. Además, SKF tampoco garantiza que esta página web/aplicación ni que esas otras páginas web/aplicaciones vinculadas estén libres de virus u otros elementos perjudiciales.

## Servicios de terceros

Cuando mire contenido de YouTube a través de los sitios web de SKF (es decir, utilizando Servicios API de YouTube), usted acepta los Términos de servicio de YouTube.

## Derechos de autor

Los derechos de autor de esta página web/aplicación y el derecho de autor de la información y los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación pertenecen a SKF o a los otorgantes de su autorización de uso. Quedan reservados todos los derechos. Todo el material autorizado para su uso mencionará al otorgante que haya concedido a SKF el derecho a utilizar el material. La información y los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación no podrán reproducirse, duplicarse, copiarse, transmitirse, distribuirse, almacenarse, modificarse, descargarse ni explotarse de ningún otro modo para uso comercial sin la autorización previa por escrito de SKF. No obstante, sí podrán reproducirse, almacenarse y descargarse para su uso por parte de particulares sin la autorización previa por escrito de SKF. En ningún caso se podrá facilitar esta información o programas informáticos a terceros. Esta página web/aplicación incluye determinadas imágenes que se utilizan bajo licencia de Shutterstock, Inc.

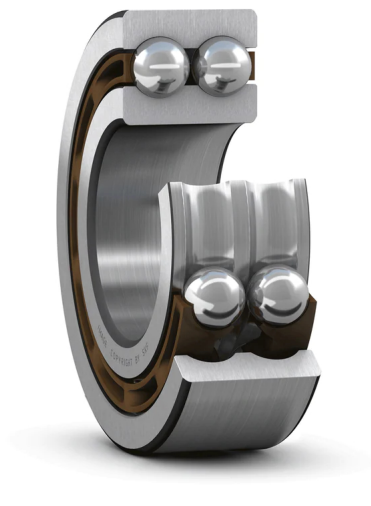
## Marcas comerciales y patentes

Todas las marcas comerciales, nombres de marcas y logotipos de empresas que aparecen en la página web/aplicación son propiedad de SKF o de los otorgantes de su autorización de uso, y no podrán ser utilizados de ningún modo sin la autorización previa por escrito de SKF. Todas las marcas comerciales autorizadas publicadas en esta página web/aplicación mencionan al otorgante que haya concedido a SKF el derecho a utilizar la marca comercial. El acceso a esta página web/aplicación no concede al usuario ningún derecho sobre las patentes propiedad de SKF o autorizadas a SKF.

## Cambios

SKF se reserva el derecho a introducir cambios o ampliaciones de esta página web/aplicación en cualquier momento.

## 4200 ATN9



## Rodamiento rígido de dos hileras de bolas

Los rodamientos rígidos de dos hileras de bolas corresponden, en su diseño y funcionamiento, a un par de rodamientos rígidos de una hilera de bolas. Su funcionamiento es robusto, requieren poco mantenimiento, pueden funcionar a altas velocidades y soportan cargas radiales y axiales en ambos sentidos. Son ligeramente más anchos que los rodamientos de una hilera del mismo diámetro del agujero y exterior, pero tienen una capacidad de carga considerablemente mayor.

- Diseño versátil y robusto
- Capacidad de alta velocidad
- Soportan cargas axiales y radiales altas en ambos sentidos
- Requieren poco mantenimiento

## Overview

## Dimensiones

Diámetro interno	10 mm
Diámetro exterior	30 mm
Ancho	14 mm

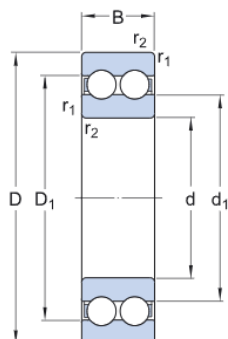
## Rendimiento

Capacidad de carga dinámica básica	9.23 kN
Capacidad de carga estática básica	5.2 kN
Velocidad de referencia	40 000 r/min
Velocidad límite	22 000 r/min

## Propiedades

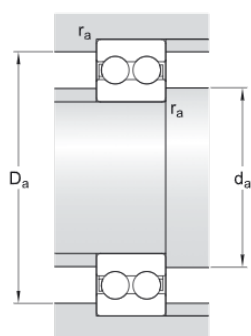
Ranuras de llenado	Sin
Cantidad de hileras	2
Elemento de fijación, aro exterior del rodamiento	Ninguna
Tipo de agujero	Cilíndrico
Jaula	No metálico
Disposición ajustada	No
Juego radial interno	CN
Material, rodamiento	Acero para rodamientos
Recubrimiento	Sin
Sellado	Sin
Lubricante	Ninguna
Característica de relubricación	Sin

## Especificación técnica



### Dimensiones

d	10 mm	Diámetro interno
D	30 mm	Diámetro exterior
B	14 mm	Ancho
d <sub>1</sub>	≈ 16.7 mm	Diámetro del resalte
D <sub>1</sub>	≈ 23.3 mm	Diámetro del resalte
r <sub>1,2</sub>	min. 0.6 mm	Dimensión del chaflán



### Dimensiones de los resaltes

d <sub>a</sub> min.	14.2 mm	Diámetro del resalte del eje
D <sub>a</sub> max.	25.8 mm	Diámetro del resalte del soporte
r <sub>a</sub> max.	0.6 mm	Radio del eje o acuerdo del soporte

## Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	9.23 kN
Capacidad de carga estática básica	C <sub>0</sub>	5.2 kN
Carga límite de fatiga	P <sub>u</sub>	0.224 kN
Velocidad de referencia		40 000 r/min
Velocidad límite		22 000 r/min
Factor de carga mínima	k <sub>r</sub>	0.05
Factor de cálculo	f <sub>0</sub>	12.1

## Masa

Masa de rodamiento	0.049 kg
--------------------	----------

## Clase de tolerancia

Tolerancias dimensionales	Normal
Desviación radial	Normal

# Términos y condiciones

Al visitar y utilizar esta página web/aplicación, publicada por AB SKF (publ.) (556007-3495 · Gotemburgo) ("SKF") y de su propiedad, usted acepta cumplir con los siguientes términos y condiciones:

## Limitación de la garantía y de la responsabilidad

Aunque se ha puesto el máximo empeño en asegurar la exactitud de la información incluida en esta página web/aplicación, SKF proporciona dicha información "TAL CUAL", y DENIEGA CUALQUIER GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, INCLUIDAS, ENTRE OTRAS, LAS GARANTÍAS IMPLÍCITAS DE COMERCIABILIDAD Y APTITUD PARA FINES ESPECÍFICOS. Usted reconoce que utilizará esta página web/aplicación bajo su entera responsabilidad, que asume la responsabilidad absoluta de todos los costos asociados al uso de esta página web/aplicación y que SKF no será responsable de ningún daño directo, incidental, consecuente ni indirecto de ningún tipo, derivado de su acceso a la información o los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación o del uso de estos. Todas las garantías y manifestaciones incluidas en esta página web/aplicación acerca de los productos o servicios de SKF que usted adquiera o use estarán sujetas a los términos y condiciones acordados en el contrato del producto o servicio en cuestión. Asimismo, en lo que respecta a las páginas web/aplicaciones no pertenecientes a SKF mencionadas en nuestra página web/aplicación o donde se incluya un hipervínculo, SKF no ofrece garantía alguna respecto de la exactitud o la confiabilidad de la información incluida en dichas páginas web/aplicaciones y no asumirá ninguna responsabilidad sobre el material creado o publicado por terceros incluido en dichas páginas y aplicaciones. Además, SKF tampoco garantiza que esta página web/aplicación ni que esas otras páginas web/aplicaciones vinculadas estén libres de virus u otros elementos perjudiciales.

## Servicios de terceros

Cuando mire contenido de YouTube a través de los sitios web de SKF (es decir, utilizando Servicios API de YouTube), usted acepta los Términos de servicio de YouTube.

## Derechos de autor

Los derechos de autor de esta página web/aplicación y el derecho de autor de la información y los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación pertenecen a SKF o a los otorgantes de su autorización de uso. Quedan reservados todos los derechos. Todo el material autorizado para su uso mencionará al otorgante que haya concedido a SKF el derecho a utilizar el material. La información y los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación no podrán reproducirse, duplicarse, copiarse, transmitirse, distribuirse, almacenarse, modificarse, descargarse ni explotarse de ningún otro modo para uso comercial sin la autorización previa por escrito de SKF. No obstante, sí podrán reproducirse, almacenarse y descargarse para su uso por parte de particulares sin la autorización previa por escrito de SKF. En ningún caso se podrá facilitar esta información o programas informáticos a terceros. Esta página web/aplicación incluye determinadas imágenes que se utilizan bajo licencia de Shutterstock, Inc.

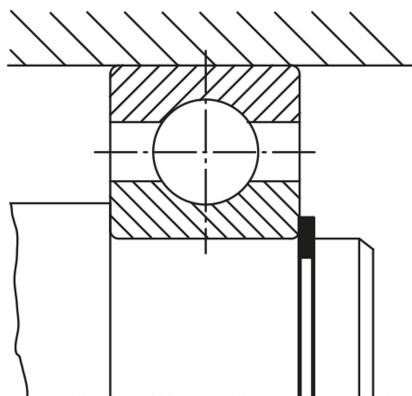
## Marcas comerciales y patentes

Todas las marcas comerciales, nombres de marcas y logotipos de empresas que aparecen en la página web/aplicación son propiedad de SKF o de los otorgantes de su autorización de uso, y no podrán ser utilizados de ningún modo sin la autorización previa por escrito de SKF. Todas las marcas comerciales autorizadas publicadas en esta página web/aplicación mencionan al otorgante que haya concedido a SKF el derecho a utilizar la marca comercial. El acceso a esta página web/aplicación no concede al usuario ningún derecho sobre las patentes propiedad de SKF o autorizadas a SKF.

## Cambios

SKF se reserva el derecho a introducir cambios o ampliaciones de esta página web/aplicación en cualquier momento.

## Descripción del artículo/Imágenes del producto

**Descripción****Material:**

Acero para muelles o acero inoxidable 1.4122.

**Versión:**

Acero para muelles fosfatado.

Acero inoxidable con acabado natural.

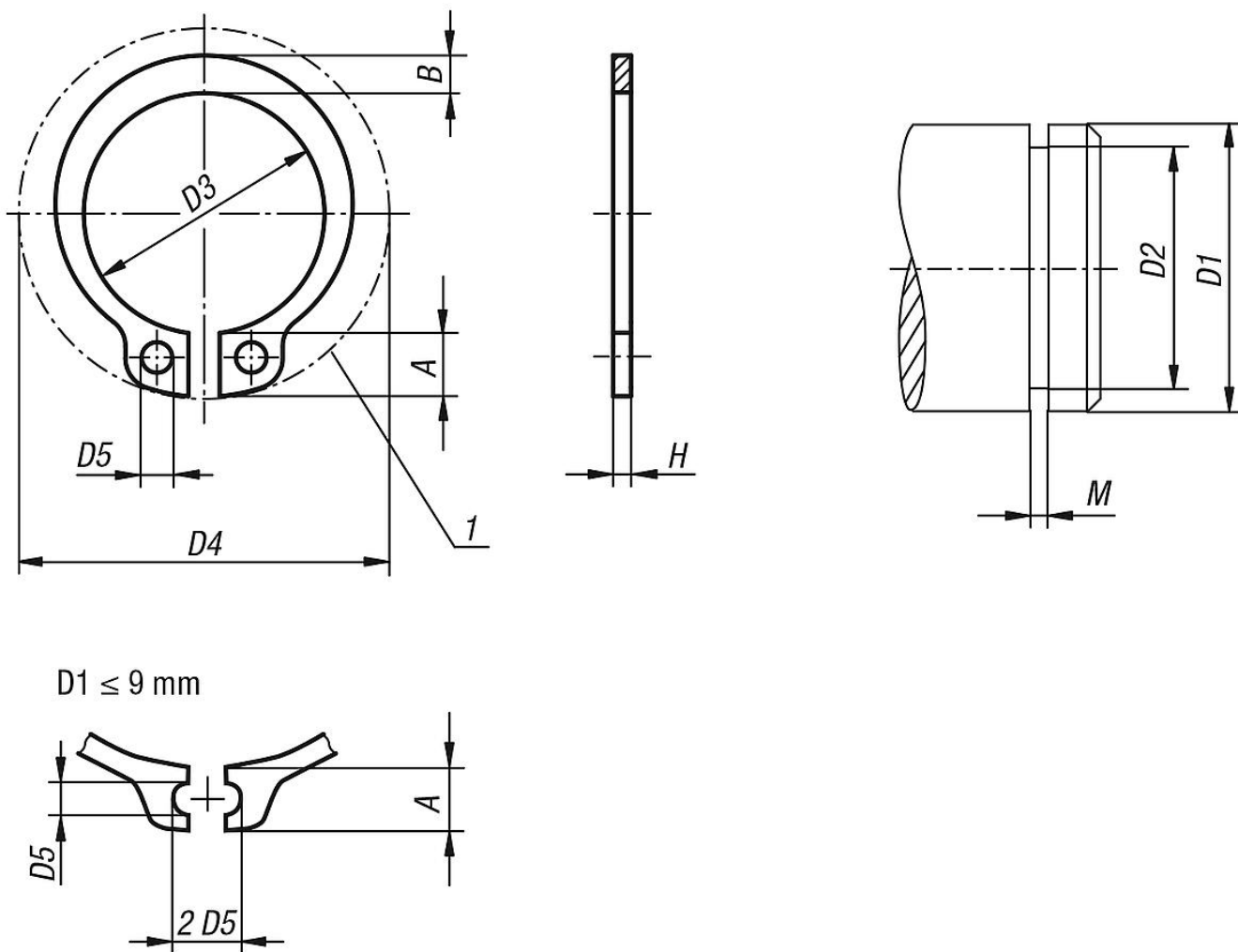
**Indicación:**

Los circlips DIN 471, con posibilidad de montaje axial, son elementos de seguridad para árboles de uso universal. Pueden transmitir grandes fuerzas axiales entre el elemento de la máquina (p. ej. apoyo de cilindros) y la ranura en la que está montado el anillo.

**Indicación sobre el dibujo:**

1) Espacio de instalación

Planos



Nuestros productos

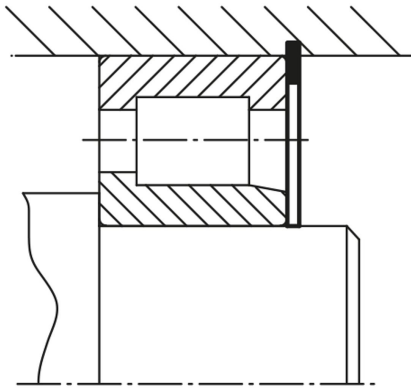
Referencia	Material del cuerpo de base	A	B	D1	D2	D3	D4	D5	H	M
07330-030400	acero	1,9	0,8	3	2,8	2,7	7	1	0,4	0,5
07330-040400	acero	2,2	0,9	4	3,8	3,7	8,6	1	0,4	0,5
07330-050600	acero	2,5	1,1	5	4,8	4,7	10,3	1	0,6	0,7
07330-060700	acero	2,7	1,3	6	5,7	5,6	11,7	1,2	0,7	0,8
07330-070800	acero	3,1	1,4	7	6,7	6,5	13,5	1,2	0,8	0,9
07330-080800	acero	3,2	1,5	8	7,6	7,4	14,7	1,2	0,8	0,9
07330-091000	acero	3,3	1,7	9	8,6	8,4	16	1,2	1	1,1
07330-101000	acero	3,3	1,8	10	9,6	9,3	17	1,5	1	1,1
07330-121000	acero	3,3	1,8	12	11,5	11	19	1,7	1	1,1
07330-141000	acero	3,5	2,1	14	13,4	12,9	21,4	1,7	1	1,1
07330-151000	acero	3,6	2,2	15	14,3	13,8	22,6	1,7	1	1,1
07330-161000	acero	3,7	2,2	16	15,2	14,7	23,8	1,7	1	1,1
07330-171000	acero	3,8	2,3	17	16,2	15,7	25	1,7	1	1,1
07330-181200	acero	3,9	2,4	18	17	16,5	26,2	2	1,2	1,3
07330-191200	acero	3,9	2,5	19	18	17,5	27,2	2	1,2	1,3
07330-201200	acero	4	2,6	20	19	18,5	28,4	2	1,2	1,3
07330-221200	acero	4,2	2,8	22	21	20,5	30,8	2	1,2	1,3
07330-241200	acero	4,4	3	24	22,9	22,2	33,2	2	1,2	1,3
07330-251200	acero	4,4	3	25	23,9	23,2	34,2	2	1,2	1,3
07330-261200	acero	4,5	3,1	26	24,9	24,2	35,5	2	1,2	1,3
07330-281500	acero	4,7	3,2	28	26,6	25,9	37,9	2	1,5	1,6
07330-301500	acero	5	3,5	30	28,6	27,9	40,5	2	1,5	1,6

## Nuestros productos

Referencia	Material del cuerpo de base	A	B	D1	D2	D3	D4	D5	H	M
07330-321500	acero	5,2	3,6	32	30,3	29,6	43	2,5	1,5	1,6
07330-351500	acero	5,6	3,9	35	33	32,2	46,8	2,5	1,5	1,6
07330-381750	acero	5,8	4,2	38	36	35,2	50,2	2,5	1,75	1,85
07330-401750	acero	6	4,4	40	37,5	36,5	52,6	2,5	1,75	1,85
07330-451750	acero	6,7	4,7	45	42,5	41,5	59,1	2,5	1,75	1,85
07330-471750	acero	6,8	4,9	47	44,5	43,5	-	2,5	1,75	1,85
07330-502000	acero	6,9	5,1	50	47	45,8	64,5	2,5	2	2,15
07330-552000	acero	7,2	5,4	55	52	50,8	70,2	2,5	2	2,15
07330-602000	acero	7,4	5,8	60	57	55,8	75,6	2,5	2	2,15
07330-752500	acero	8,4	7	75	72	70,5	92,7	3	2,5	2,65
07330-040401	acero inoxidable	2,2	0,9	4	3,8	3,7	8,6	1	0,4	0,5
07330-050601	acero inoxidable	2,5	1,1	5	4,8	4,7	10,3	1	0,6	0,7
07330-060701	acero inoxidable	2,7	1,3	6	5,7	5,6	11,7	1,2	0,7	0,8
07330-070801	acero inoxidable	3,1	1,4	7	6,7	6,5	13,5	1,2	0,8	0,9
07330-080801	acero inoxidable	3,2	1,5	8	7,6	7,4	14,7	1,2	0,8	0,9
07330-091001	acero inoxidable	3,3	1,7	9	8,6	8,4	16	1,2	1	1,1
07330-101001	acero inoxidable	3,3	1,8	10	9,6	9,3	17	1,5	1	1,1
07330-121001	acero inoxidable	3,3	1,8	12	11,5	11	19	1,7	1	1,1
07330-141001	acero inoxidable	3,5	2,1	14	13,4	12,9	21,4	1,7	1	1,1
07330-151001	acero inoxidable	3,6	2,2	15	14,3	13,8	22,6	1,7	1	1,1
07330-161001	acero inoxidable	3,7	2,2	16	15,2	14,7	23,8	1,7	1	1,1
07330-171001	acero inoxidable	3,8	2,3	17	16,2	15,7	25	1,7	1	1,1
07330-181201	acero inoxidable	3,9	2,4	18	17	16,5	26,2	2	1,2	1,3
07330-191201	acero inoxidable	3,9	2,5	19	18	17,5	27,2	2	1,2	1,3
07330-201201	acero inoxidable	4	2,6	20	19	18,5	28,4	2	1,2	1,3
07330-221201	acero inoxidable	4,2	2,8	22	21	20,5	30,8	2	1,2	1,3
07330-241201	acero inoxidable	4,4	3	24	22,9	22,2	33,2	2	1,2	1,3
07330-251201	acero inoxidable	4,4	3	25	23,9	23,2	34,2	2	1,2	1,3
07330-261201	acero inoxidable	4,5	3,1	26	24,9	24,2	35,5	2	1,2	1,3
07330-281501	acero inoxidable	4,7	3,2	28	26,6	25,9	37,9	2	1,5	1,6
07330-301501	acero inoxidable	5	3,5	30	28,6	27,9	40,5	2	1,5	1,6
07330-321501	acero inoxidable	5,2	3,6	32	30,3	29,6	43	2,5	1,5	1,6
07330-351501	acero inoxidable	5,6	3,9	35	33	32,2	46,8	2,5	1,5	1,6
07330-381751	acero inoxidable	5,8	4,2	38	36	35,2	50,2	2,5	1,75	1,85
07330-401751	acero inoxidable	6	4,4	40	37,5	36,5	52,6	2,5	1,75	1,85
07330-451751	acero inoxidable	6,7	4,7	45	42,5	41,5	59,1	2,5	1,75	1,85
07330-502001	acero inoxidable	6,9	5,1	50	47	45,8	64,5	2,5	2	2,15
07330-552001	acero inoxidable	7,2	5,4	55	52	50,8	70,2	2,5	2	2,15
07330-602001	acero inoxidable	7,4	5,8	60	57	55,8	75,6	2,5	2	2,15
07330-752501	acero inoxidable	8,4	7	75	72	70,5	92,7	3	2,5	2,65

## Indicaciones sobre este artículo

## Descripción del artículo/Imágenes del producto



## Descripción

**Material:**

Acero para muelles o acero inoxidable 1.4122.

**Versión:**

Acero para muelles fosfatado.

Acero inoxidable con acabado natural.

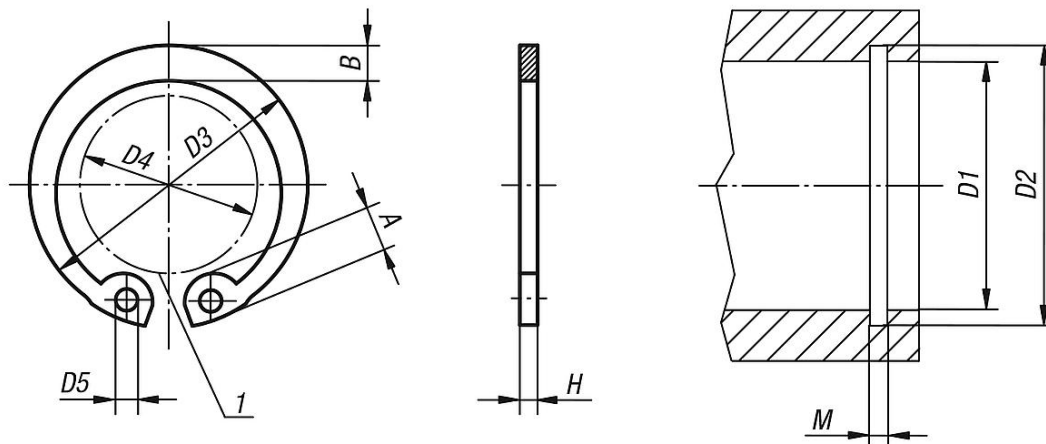
**Indicación:**

Los circlips DIN 472 son elementos de seguridad para perforaciones de uso universal. Pueden transmitir grandes fuerzas axiales entre el elemento de la máquina (p. ej. apoyo de cilindros) y la ranura en la que está montado el anillo.

**Indicación sobre el dibujo:**

1) Espacio de instalación

## Planos



## Nuestros productos

Referencia	Material del cuerpo de base	A	B	D1	D2	D3	D4	D5	H	M
07331-080800	acero	2,4	1,1	8	8,4	8,7	3	1	0,8	0,9
07331-091000	acero	2,5	1,3	9	9,4	9,8	3,7	1	0,8	0,9
07331-101000	acero	3,2	1,4	10	10,4	10,8	3,3	1,2	1	1,1
07331-121000	acero	3,4	1,7	12	12,5	13	4,9	1,5	1	1,1
07331-141000	acero	3,7	1,9	14	14,6	15,1	6,2	1,7	1	1,1
07331-151000	acero	3,7	2	15	15,7	16,2	7,2	1,7	1	1,1
07331-161000	acero	3,8	2	16	16,8	17,3	8	1,7	1	1,1
07331-171000	acero	3,9	2,1	17	17,8	18,3	8,8	1,7	1	1,1
07331-181000	acero	4,1	2,2	18	19	19,5	9,4	2	1	1,1
07331-191000	acero	4,1	2,2	19	20	20,5	10,4	2	1	1,1
07331-201000	acero	4,2	2,3	20	21	21,5	11,2	2	1	1,1
07331-221000	acero	4,2	2,5	22	23	23,5	13,2	2	1	1,1

## Nuestros productos

Referencia	Material del cuerpo de base	A	B	D1	D2	D3	D4	D5	H	M
07331-241200	acero	4,4	2,6	24	25,2	25,9	14,8	2	1,2	1,3
07331-251200	acero	4,5	2,7	25	26,2	26,9	15,5	2	1,2	1,3
07331-261200	acero	4,7	2,8	26	27,2	27,9	16,1	2	1,2	1,3
07331-281200	acero	4,8	2,9	28	29,4	30,1	17,9	2	1,2	1,3
07331-301200	acero	4,8	3	30	31,4	32,1	19,9	2	1,2	1,3
07331-321200	acero	5,4	3,2	32	33,7	34,4	20,6	2,5	1,2	1,3
07331-351500	acero	5,4	3,4	35	37	37,8	23,6	2,5	1,5	1,6
07331-381500	acero	5,5	3,7	38	40	40,8	26,4	2,5	1,5	1,6
07331-401750	acero	5,8	3,9	40	42,5	43,5	27,8	2,5	1,75	1,85
07331-451750	acero	6,2	4,3	45	47,5	48,5	32	2,5	1,75	1,85
07331-471750	acero	6,4	4,4	47	49,5	50,5	33,5	2,5	1,75	1,85
07331-502000	acero	6,5	4,6	50	53	54,2	36,3	2,5	2	2,15
07331-552000	acero	6,8	5	55	58	59,2	40,7	2,5	2	2,15
07331-602000	acero	7,3	5,4	60	63	64,2	44,7	2,5	2	2,15
07331-752500	acero	7,8	6,6	75	78	79,5	58,6	3	2,5	2,65
07331-080801	acero inoxidable	2,4	1,1	8	8,4	8,7	3	1	0,8	0,9
07331-091001	acero inoxidable	2,5	1,3	9	9,4	9,8	3,7	1	0,8	0,9
07331-101001	acero inoxidable	3,2	1,4	10	10,4	10,8	3,3	1,2	1	1,1
07331-121001	acero inoxidable	3,4	1,7	12	12,5	13	4,9	1,5	1	1,1
07331-141001	acero inoxidable	3,7	1,9	14	14,6	15,1	6,2	1,7	1	1,1
07331-151001	acero inoxidable	3,7	2	15	15,7	16,2	7,2	1,7	1	1,1
07331-161001	acero inoxidable	3,8	2	16	16,8	17,3	8	1,7	1	1,1
07331-171001	acero inoxidable	3,9	2,1	17	17,8	18,3	8,8	1,7	1	1,1
07331-191001	acero inoxidable	4,1	2,2	19	20	20,5	10,4	2	1	1,1
07331-201001	acero inoxidable	4,2	2,3	20	21	21,5	11,2	2	1	1,1
07331-221001	acero inoxidable	4,2	2,5	22	23	23,5	13,2	2	1	1,1
07331-241201	acero inoxidable	4,4	2,6	24	25,2	25,9	14,8	2	1,2	1,3
07331-251201	acero inoxidable	4,5	2,7	25	26,2	26,9	15,5	2	1,2	1,3
07331-261201	acero inoxidable	4,7	2,8	26	27,2	27,9	16,1	2	1,2	1,3
07331-281201	acero inoxidable	4,8	2,9	28	29,4	30,1	17,9	2	1,2	1,3
07331-301201	acero inoxidable	4,8	3	30	31,4	32,1	19,9	2	1,2	1,3
07331-321201	acero inoxidable	5,4	3,2	32	33,7	34,4	20,6	2,5	1,2	1,3
07331-351501	acero inoxidable	5,4	3,4	35	37	37,8	23,6	2,5	1,5	1,6
07331-381501	acero inoxidable	5,5	3,7	38	40	40,8	26,4	2,5	1,5	1,6
07331-401751	acero inoxidable	5,8	3,9	40	42,5	43,5	27,8	2,5	1,75	1,85
07331-451751	acero inoxidable	6,2	4,3	45	47,5	48,5	32	2,5	1,75	1,85
07331-502001	acero inoxidable	6,5	4,6	50	53	54,2	36,3	2,5	2	2,15
07331-552001	acero inoxidable	6,8	5	55	58	59,2	40,7	2,5	2	2,15
07331-602001	acero inoxidable	7,3	5,4	60	63	64,2	44,7	2,5	2	2,15
07331-752501	acero inoxidable	7,8	6,6	75	78	79,5	58,6	3	2,5	2,65

## Indicaciones sobre este artículo

Los circlips de norelem se utilizan con frecuencia en la práctica para asegurar el apoyo de cilindros axialmente. Los circlips resisten también grandes fuerzas. El aseguramiento de la posición mediante el anillo también se utiliza con pernos o en perforaciones. Los circlips construidos según DIN 472 están diseñados especialmente para ranuras del eje. Con frecuencia el circlip se monta y desmonta con unas pinzas para circlip. La fuerza se transmite de la parte de la máquina que hace presión hacia la pared de la tuerca correspondiente. Los circlips ahorran costes y tiempo de equipamiento.

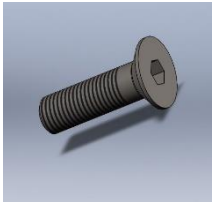




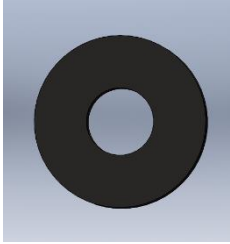
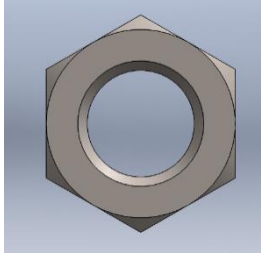


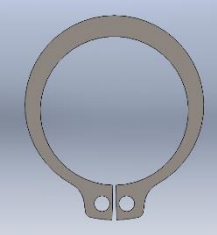
## **Annex III. Taula d'elements normalitzats**

## Elements normalitzats

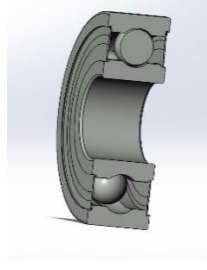
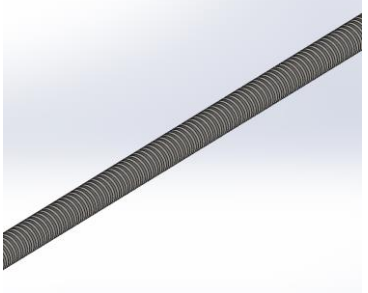
Gran varietat d'elements que formen part de l'estructura son peces normalitzades. Per tant, no és necessari fer un estudi de cada una per separat ja que aquestes peces estan dissenyades i produïdes d'acord amb normes tècniques establertes per organismes o institucions reconegudes a nivell nacional o internacional, com L'Organització Internacional de Normalització (ISO). Per tant, en funció de les dades de càlcul que mostren cada un dels elements, es seleccionen unes peces o altres sempre i quan compleixin amb els requisits funcionals de l'estructura.

### Taula d'elements Normalitzats

Element	Funció	Imatge
Cargol DIN7991 - M4X16	Son elements encarregats d'unir i fixar les peces d'injecció d'alumini amb el Perfil 40x40 I-Typ Slot 8 d'Alumini.	
Cargols DIN7991 - M6X50	Son elements encarregats de fixar i unir les dos peces mecanitzades que subjecten els rodaments dels eixos de rotació de cada perfil estructural que es troba unit als suports fixes al balcó.	
Cargols DIN912 - M5X16	Per evitar l'exposició directe del cargol sense fi a la intempèrie, s'ha dissenyat una tapa de protecció i es fixa mitjançant aquests elements de fixació.	

<p>Volanderes DIN 6903 - A4,7</p>	<p>S'ubiquen entre el cargol DIN912 – M5 X 16 i la tapa protectora del cargol sense fi. D'aquesta manera es reparteixen les càrregues que aplica el cargol de compressió sobre la tapa i s'aconsegueix evitar danys en la superfície.</p>	
<p>Femella hexagonal ISO 4034 - M12</p>	<p>Garanteix la unió entre l'espàrrec o varilla i el suport de la façana.</p>	
<p>Circlip DIN471- 12X1</p>	<p>Anells de seguretat que mantenen fixes els rodaments de cada suport fixat a façana.</p>	
<p>Circlip DIN471- 10X1</p>	<p>S'encarreguen de limitar el moviment longitudinal de l'eix que travessa la caixa reductora per evitar un desalineament entre engranatges.</p>	
<p>Circlip DIN471- 17X1</p>	<p>Fixen els rodaments que es troben entre el cargol sense fi i la peça d'injecció d'alumini doble.</p>	

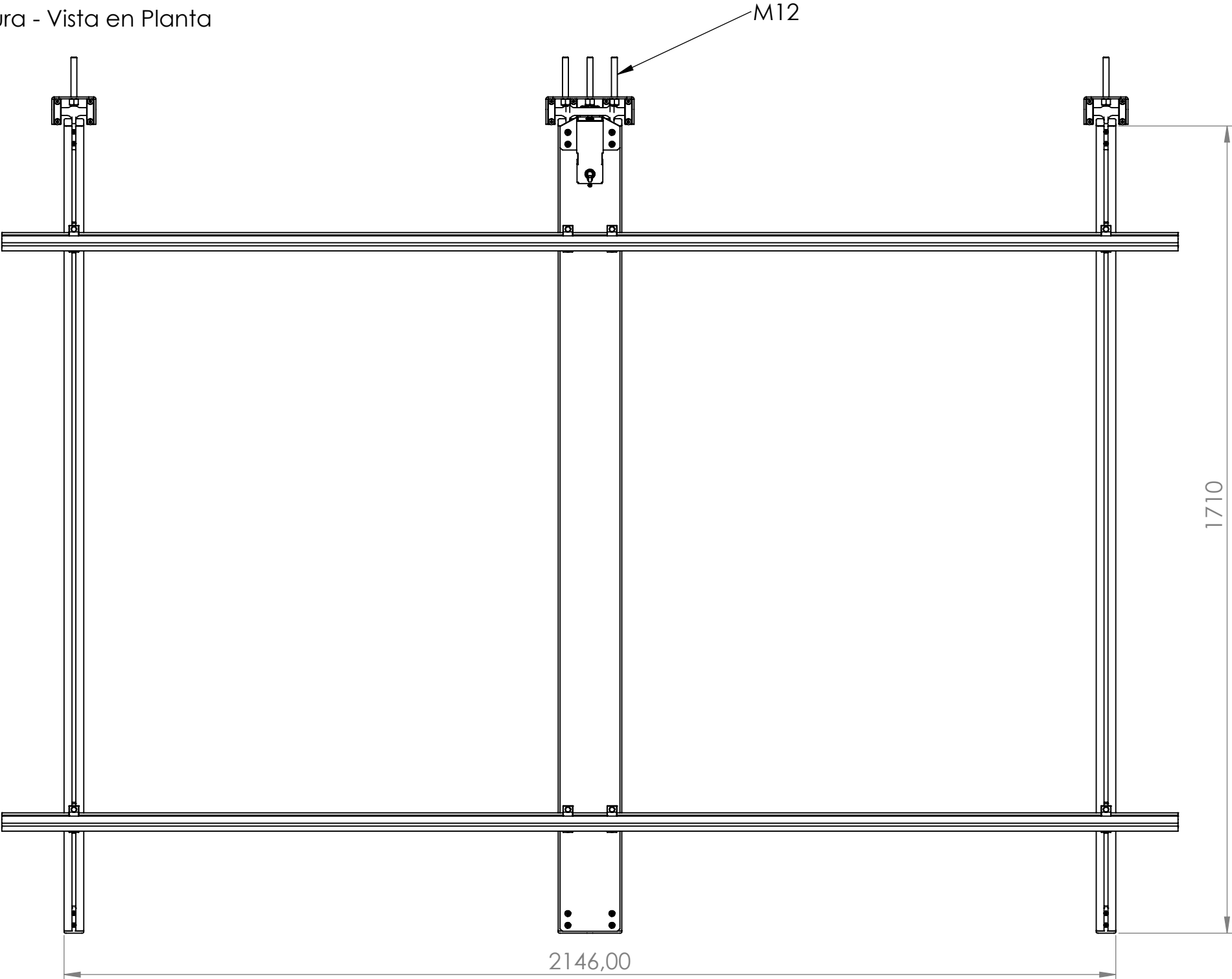
<p>Circlip DIN472- 35X1,5</p>	<p>Ubicats en un dels extrems del cargol sense fi, concretament la part oposada on recolza l'estructura. Impedeixen el moviment dels rodaments que permet el gir del cargol</p>	
<p>Circlip DIN472- 30X1,2</p>	<p>Fixen el moviment del rodament SKF-4200 ATN9, ubicat entre la manovella i l'engranatge cònic.</p>	
<p>Engranatges (normals)</p>	<p>Es troben dins la caixa reductora. De fet, rep aquest nom per els engranatges que es troben en el seu interior (2) amb diferència de diàmetres per reduir la velocitat de gir i augmentar la potència</p>	
<p>Engranatges cònics</p>	<p>S'encarreguen de transmetre el moviment de la manovella a la caixa reductora d'engranatges. Són correlatius però amb els eixos de gir perpendiculars</p>	
<p>Rodament SKF-W-6201-2Z (Vista Secció)</p>	<p>Rodament que possibilita el gir dels diferents eixos que uneixen els perfils 40x40 I-Type slot 8 i el suports de façana.</p>	

<p>Rodament SKF-W-6000-2Z (Vista Secció)</p>	<p>Són els rodaments ubicats a la caixa reductora. Permeten el moviment de gir que uneix l'engranatge recte i cònic.</p>	
<p>Rodament SKF-W-6003-2Z (Vista secció)</p>	<p>Rodaments utilitzats per el gir del cargol sense fi. Zona oposada del recolzament de l'estructura.</p>	
<p>Rodament SKF-4200 ATN9 (Vista Secció) ( dues fileres de boles)</p>	<p>Rodament utilitzat per el gir de l'eix que es troba entre la manovella i el primer engranatge cònic. Donat l'espai limitat entre ambdós elements, no hi ha l'opció d'us de dos rodaments simple d'una filera de boles. S'opta per l'opció d'aquest rodament i s'aconsegueix la fixació de l'eix.</p>	
<p>Cargol sense fi DIN 103 - 20X4</p>	<p>Element que permet mitjançant el conjunt de sistemes mecànics, l'avenç de la peça mecanitzada que conté i com a conseqüència el moviment del perfil estructural que possibilita el moviment de l'estructura.</p>	

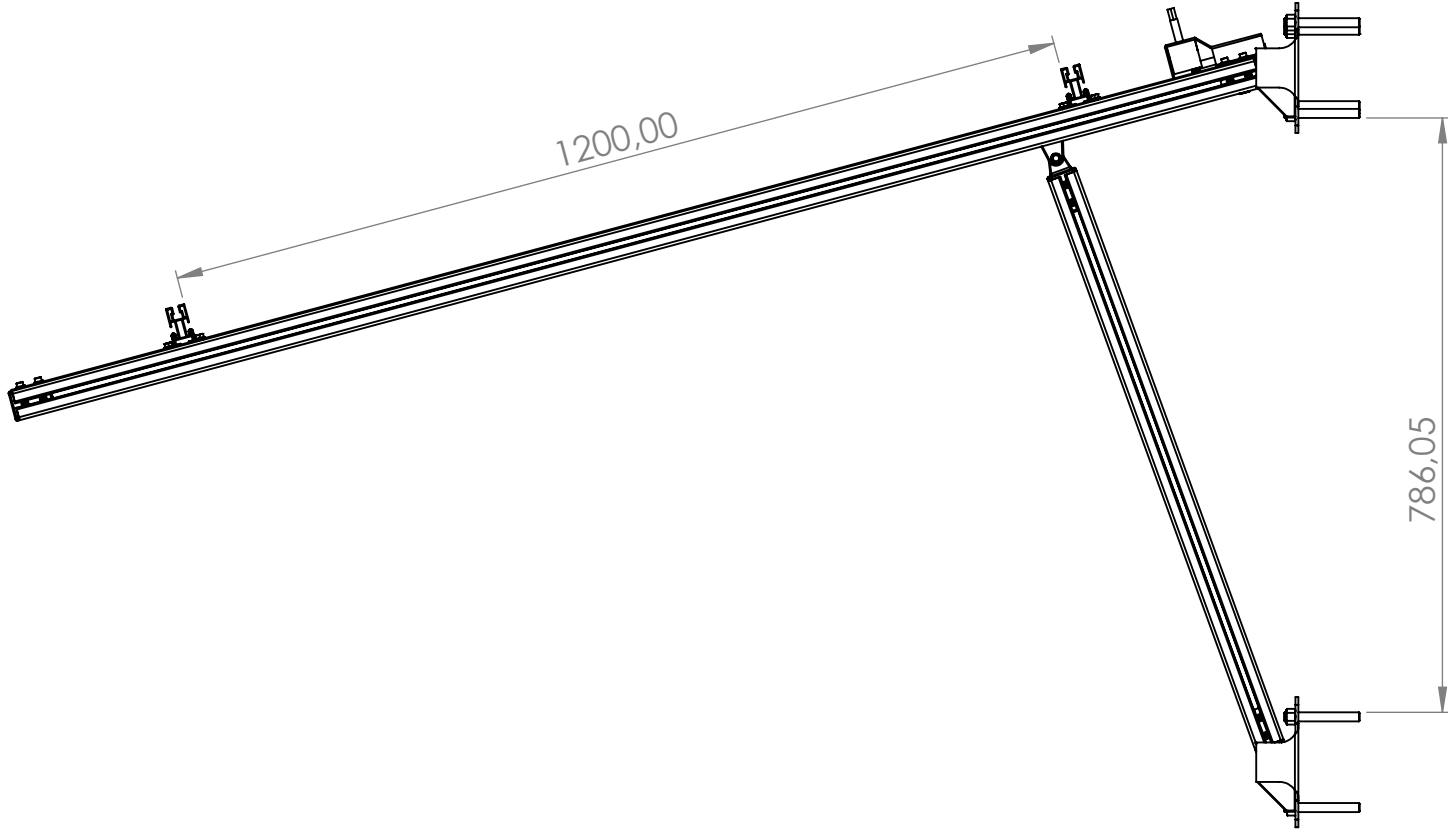


## **Annex IV. Plànols**

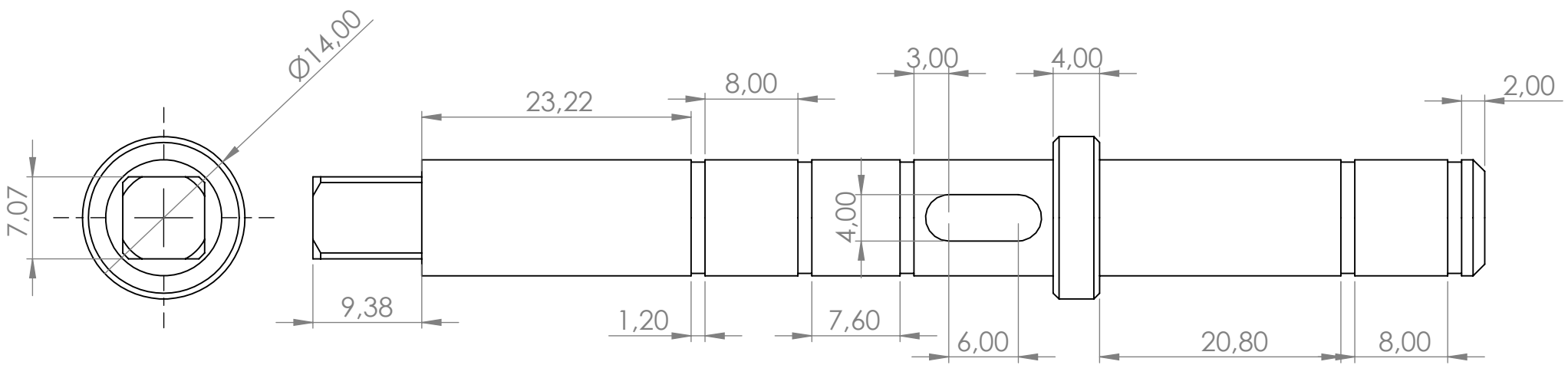
Estructura - Vista en Planta





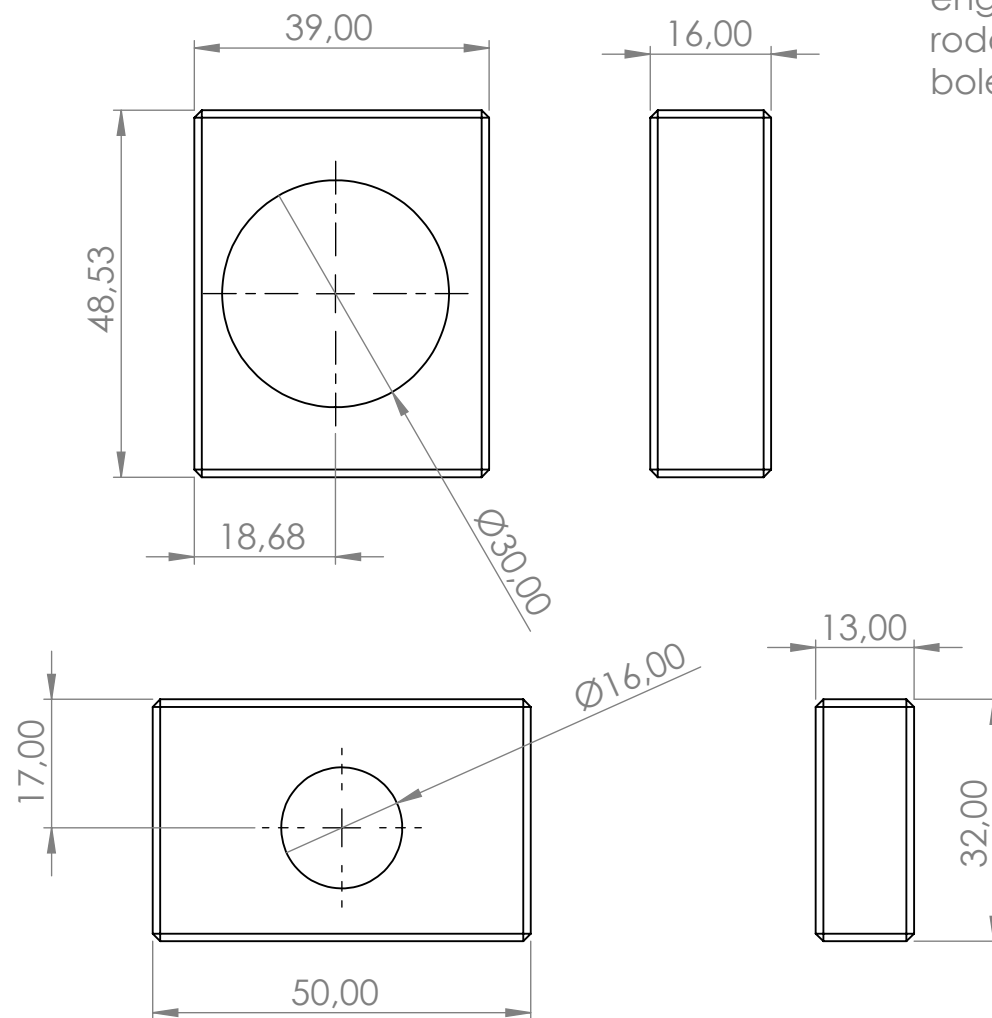
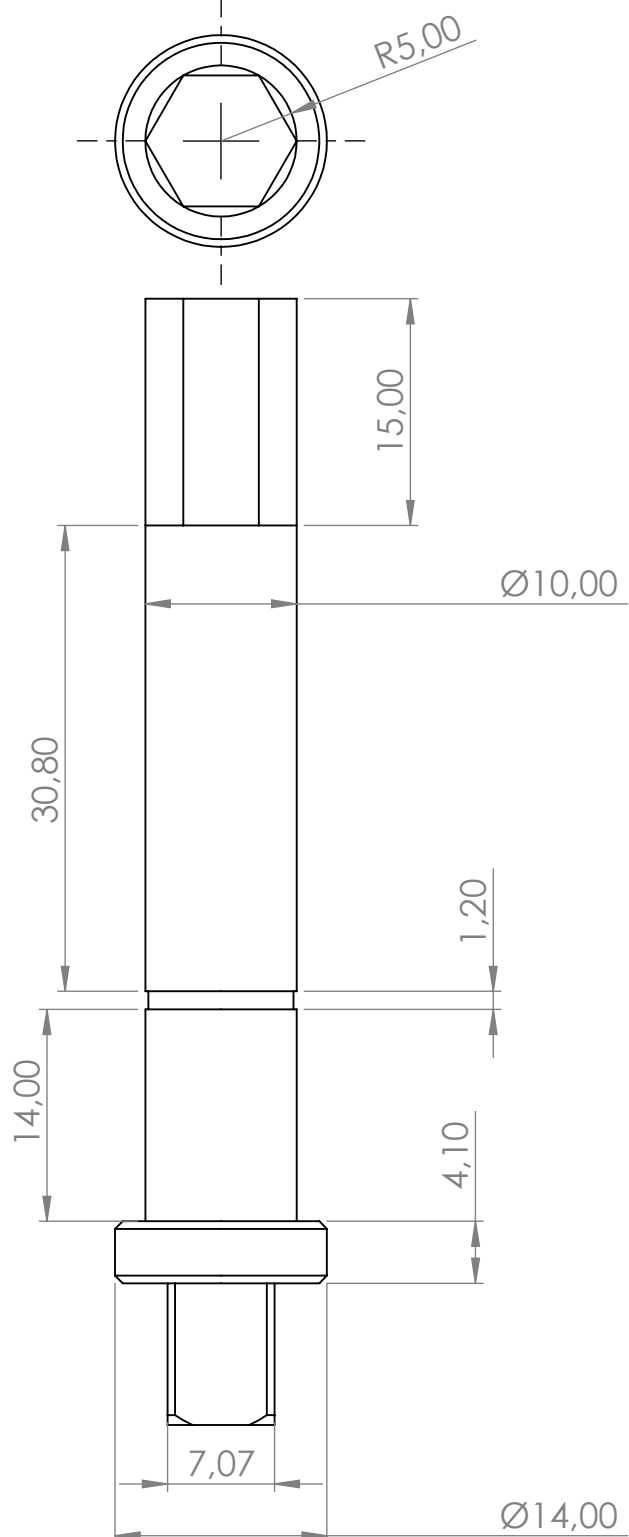
Estructura - Vista Perfil





Eix entre engranatge cònic i engranatge recte de 20 dents



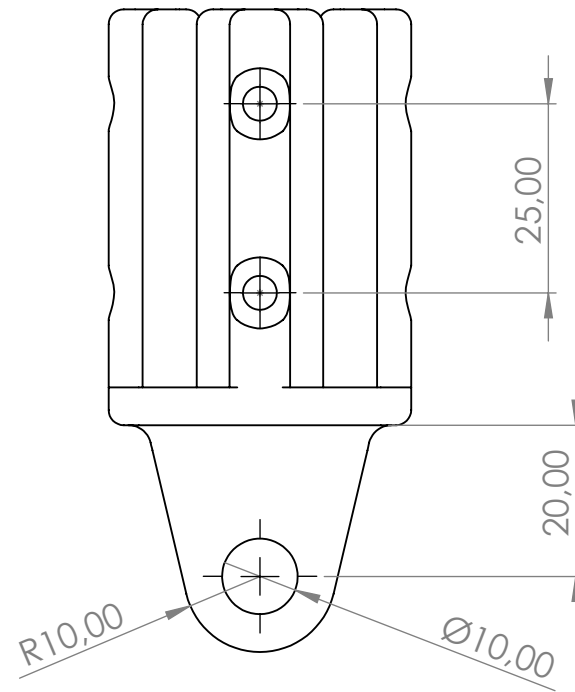
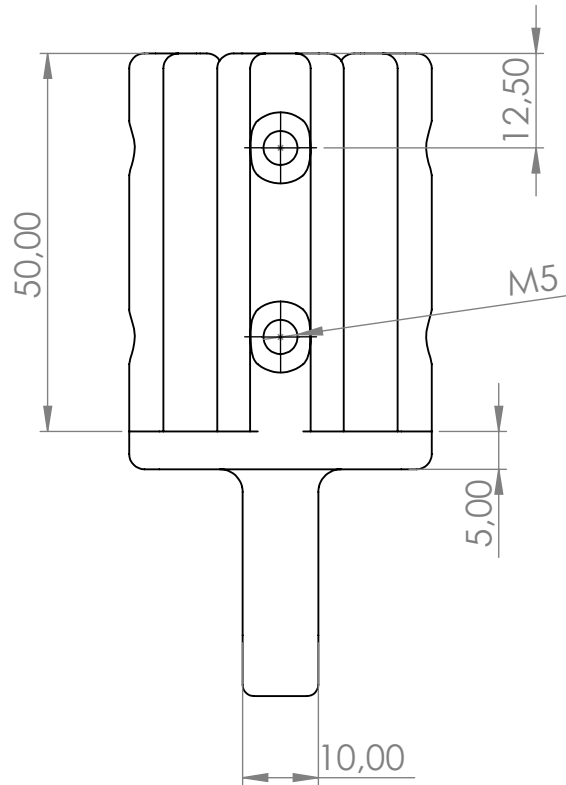
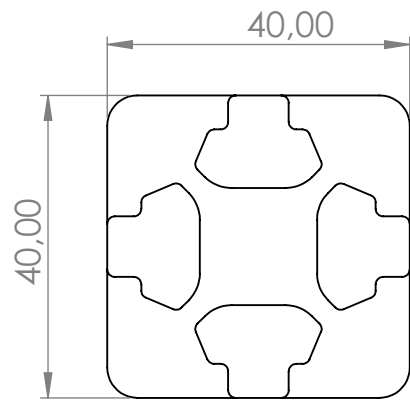
Nom: Joel Parra	Material: Acer Inoxidable	 <b>Tecnocampus</b> Escola Superior Politécnica <small>Centre adscrit a:</small>  <b>UPF</b> Universitat Pompeu Fabra Barcelona
-----------------	---------------------------	--



Eix entre manovella i primer engranatge cònic/suport rodament de dues fileres de boles

Nom: Joel Parra	Material: Acer Inoxidable	 <p>Tecnocampus Escola Superior Politécnica</p> <p><small>Centre adscrit a:</small></p>  <p>UPF Universitat Politécnica de Catalunya</p>
-----------------	---------------------------	--

Element d'unió entre peça  
mecanitzada del cargol sense  
fi i perfil estructural inferior

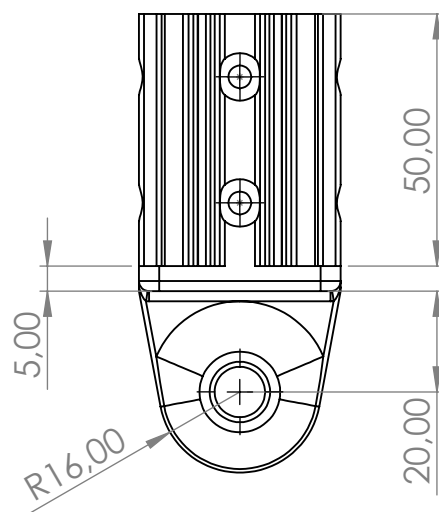
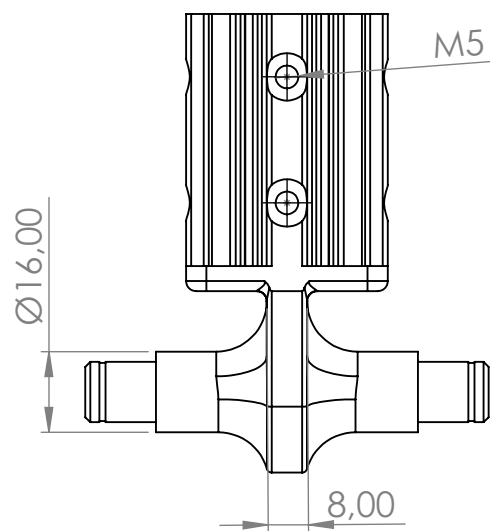
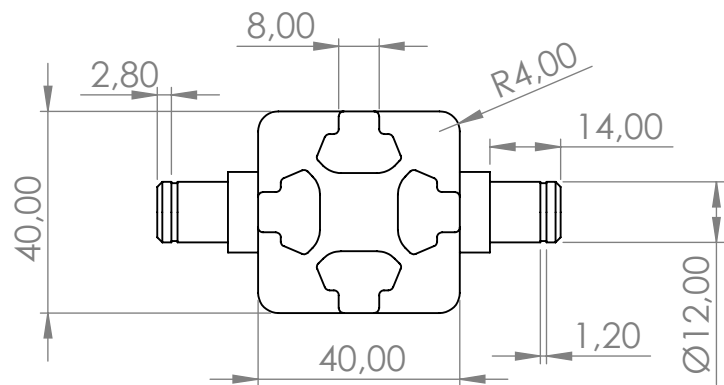




Nom: Joel Parra

Material: Alumini

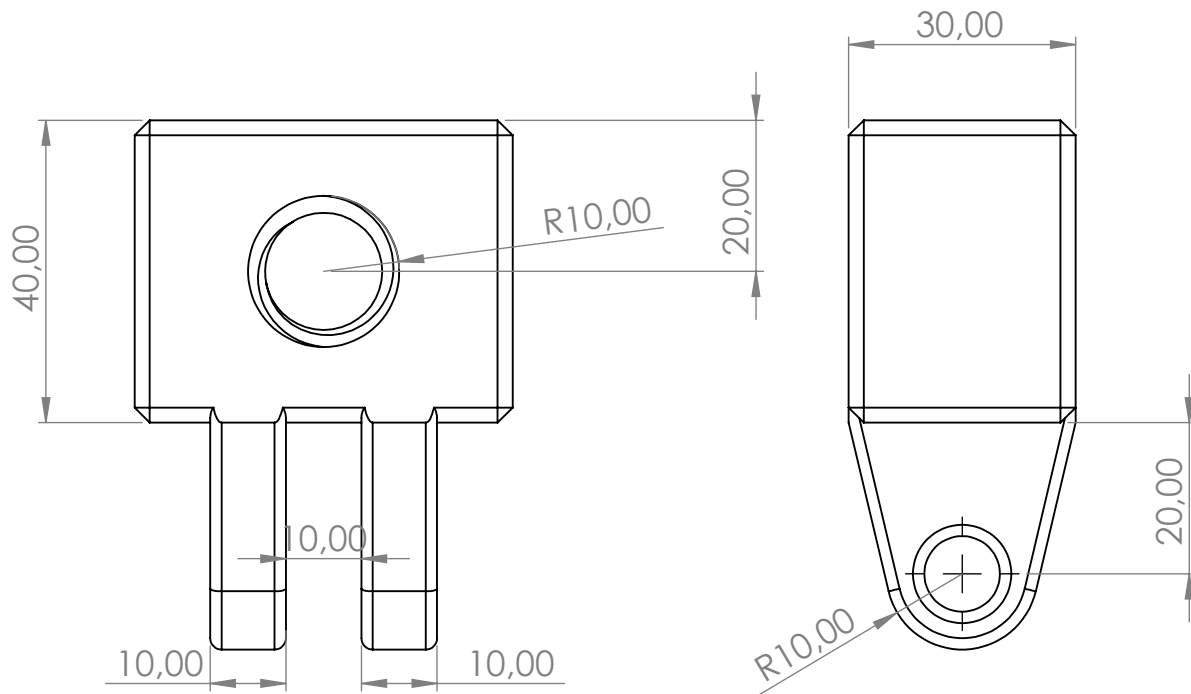
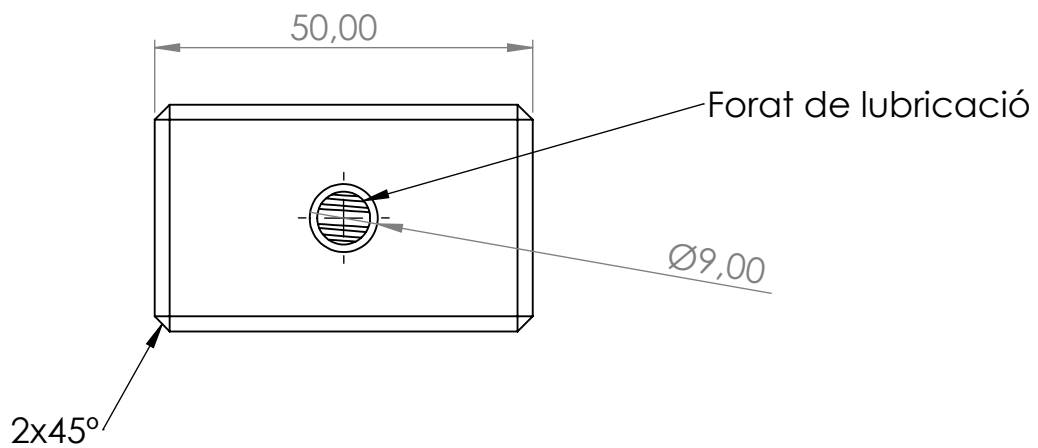








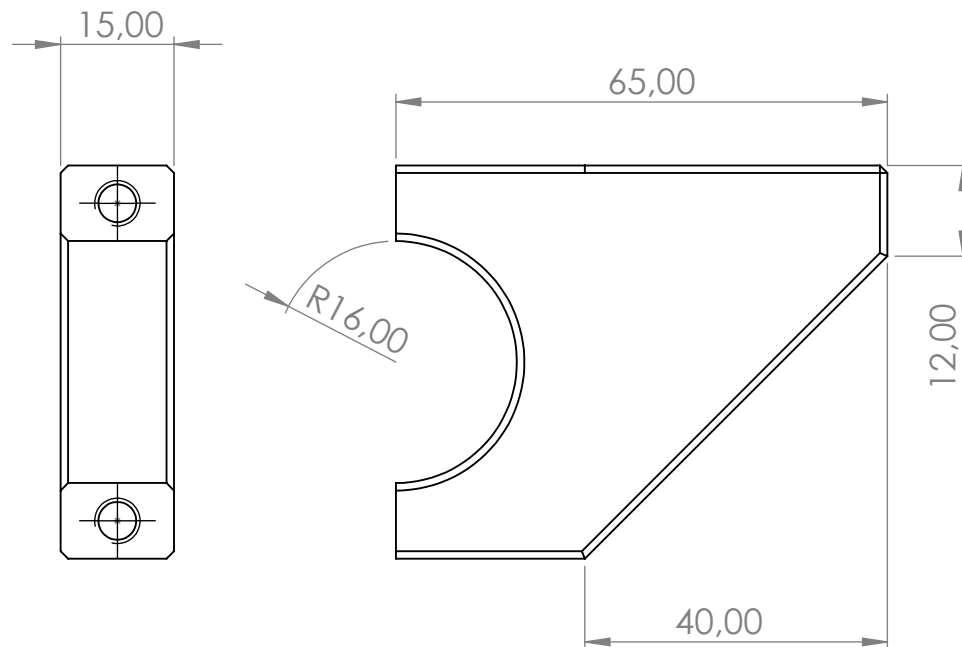
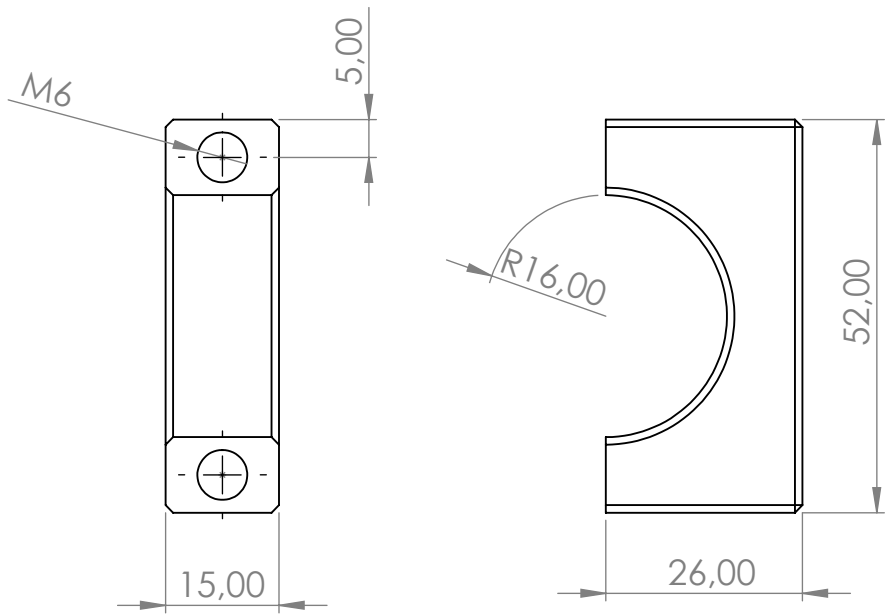
<p>Nom: Joel Parra</p>	<p>Material: Alumini</p>	 <p>Tecnocampus Escola Superior Politécnica</p> <p><small>Centre adscrit a:</small></p>  <p>UPF Universitat Politécnica de Catalunya</p>
------------------------	--------------------------	--

Peça mecanitzada del cargol sense fi



Nom: Joel Parra	Material: Acer Inoxidable	 <b>Tecnocampus</b> Escola Superior Politécnica <small>Centre adscrit a:</small>  <b>UPF</b> Universitat Pompeu Fabra Barcelona
-----------------	---------------------------	--

Peça mecanitzada per a  
rodaments del suport de  
fixació

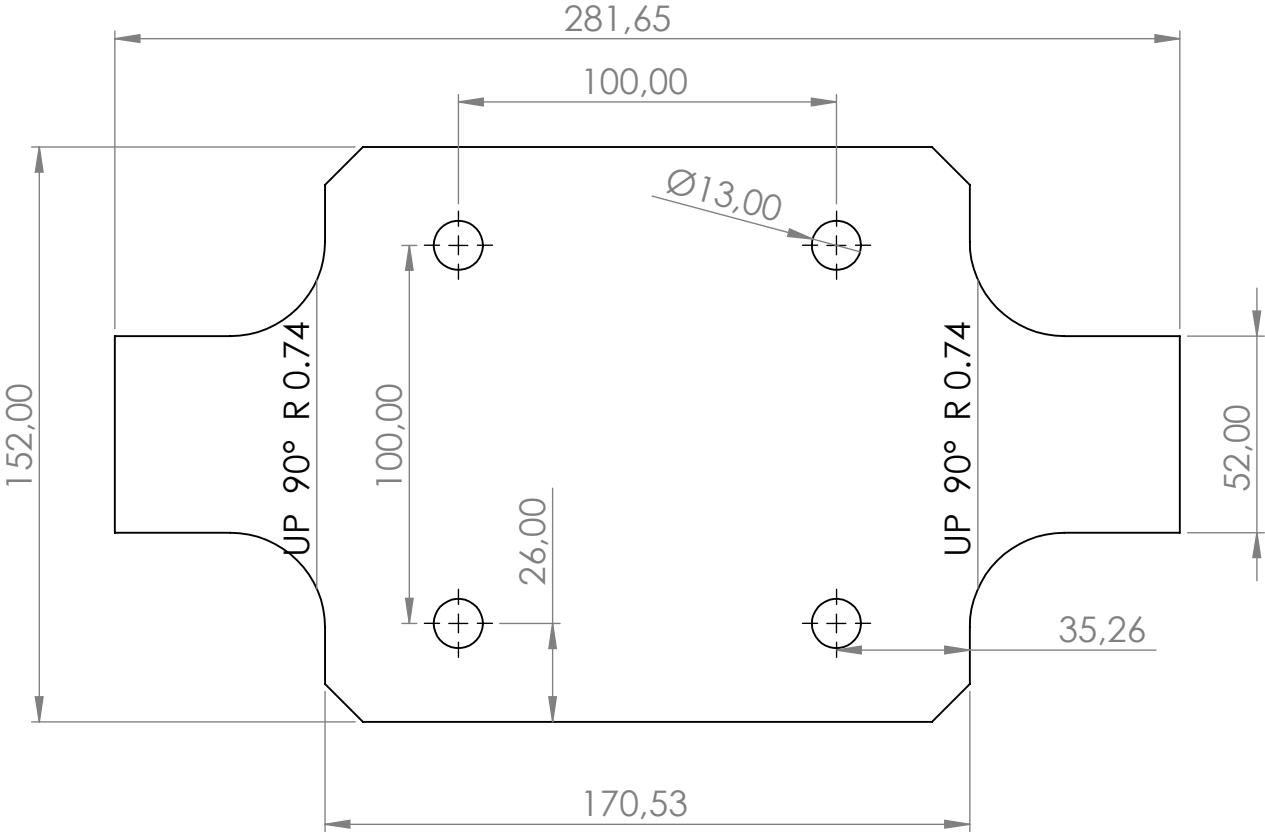
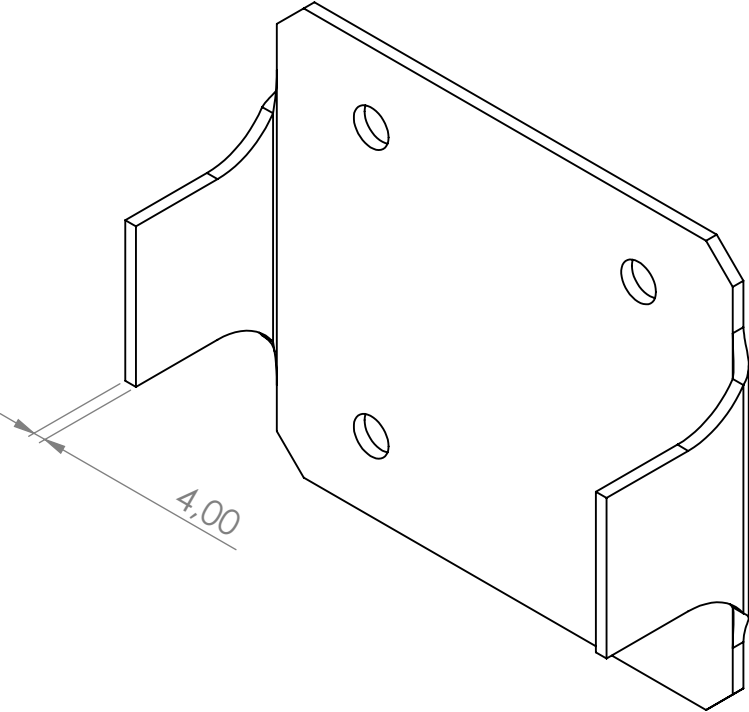




Nom: Joel Parra

Material: Acer Inoxidable

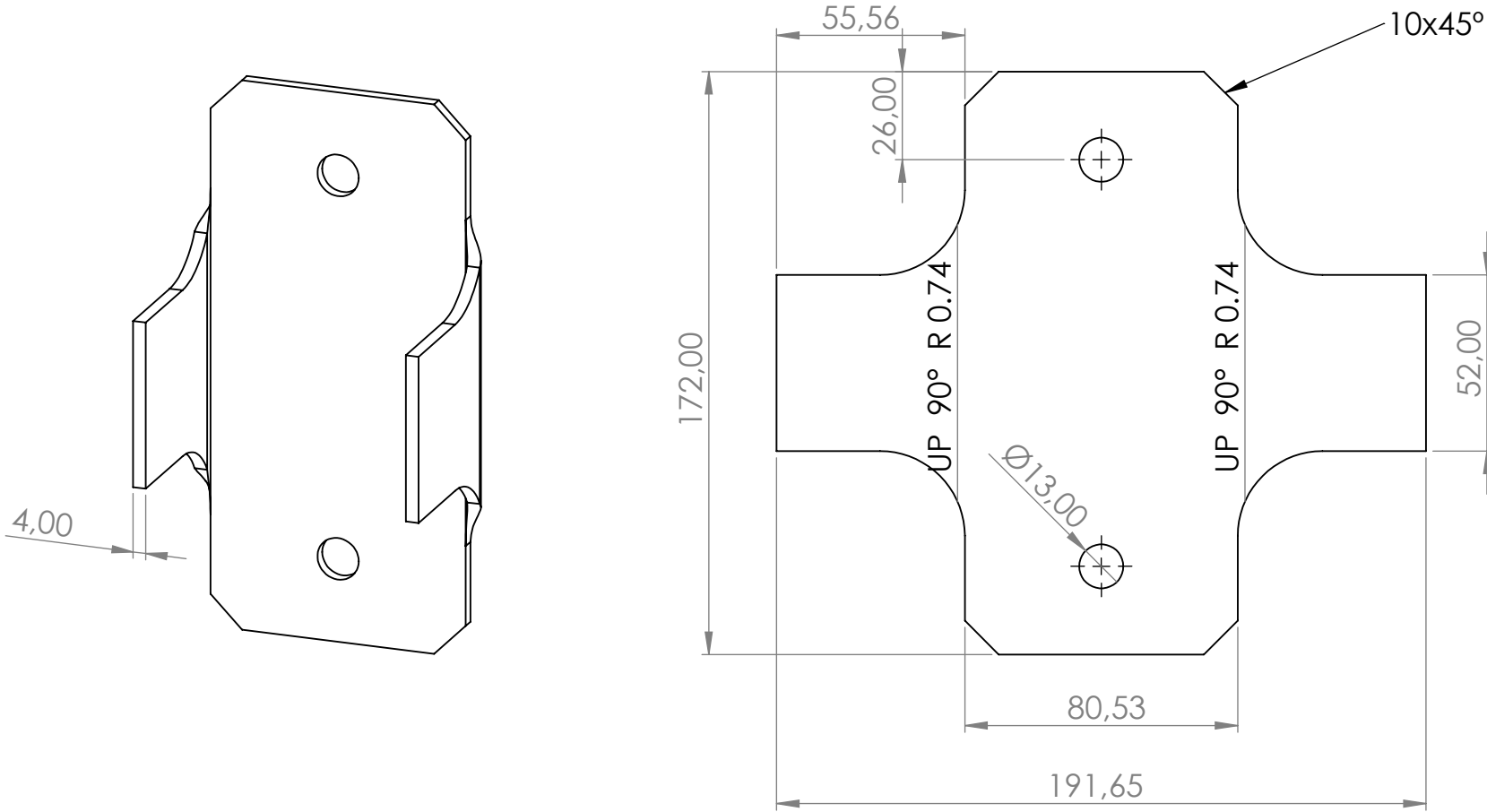




Suport de fixació a façana/balcó zona central



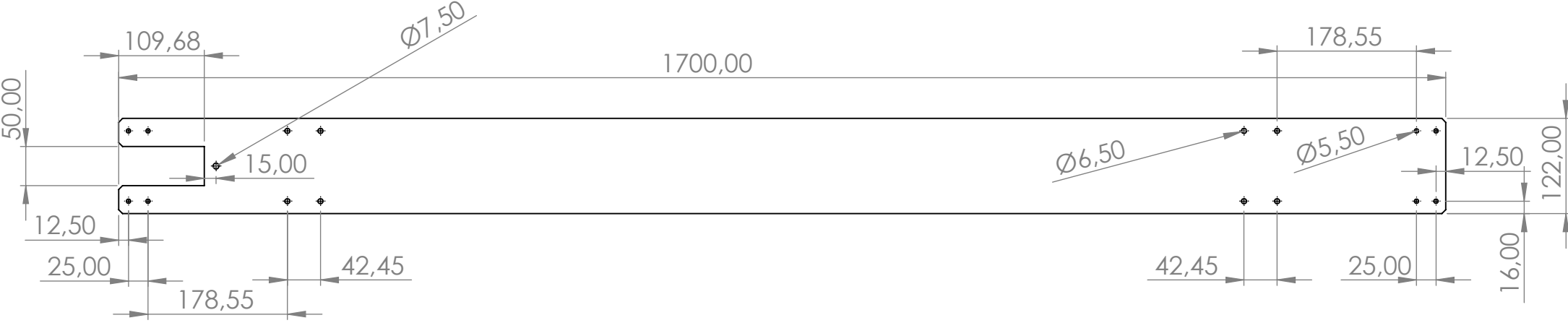
<p>Nom: Joel Parra</p>	<p>Material: Acer Inoxidable</p>	 <p>Tecnocampus Escola Superior Politécnica</p> <p><small>Centre adscrit a:</small></p>  <p>UPF Universitat Pompeu Fabra Barcelona</p>
------------------------	----------------------------------	--

Suport de fixació a façana/balcó





<p>Nom: Joel Parra</p>	<p>Material: Acer Inoxidable</p>	<p> <b>Tecnocampus</b>          Escola Superior          Politècnica</p> <p><small>Centre adscrit a:</small>   <b>UPF</b> Universitat          Pompeu Fabra          Barcelona</p>
------------------------	----------------------------------	--

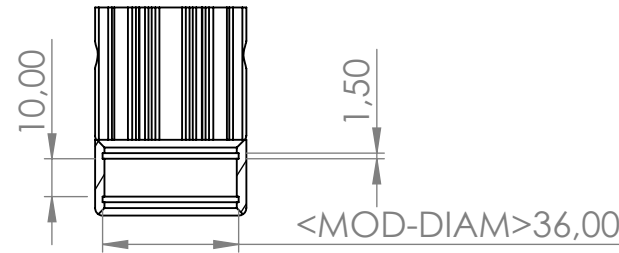
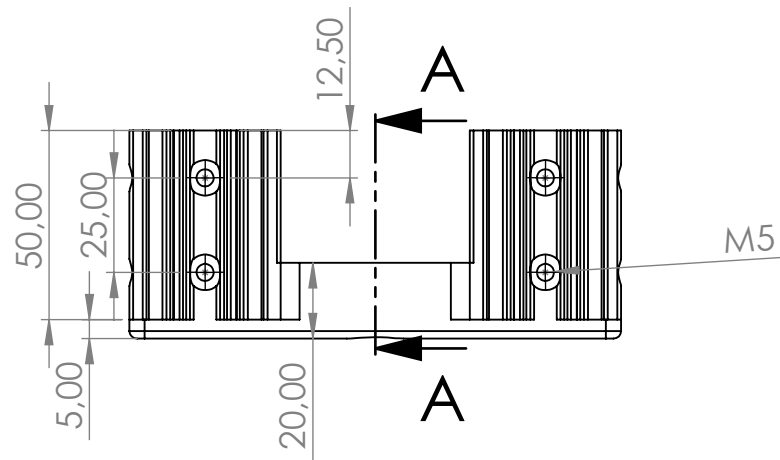
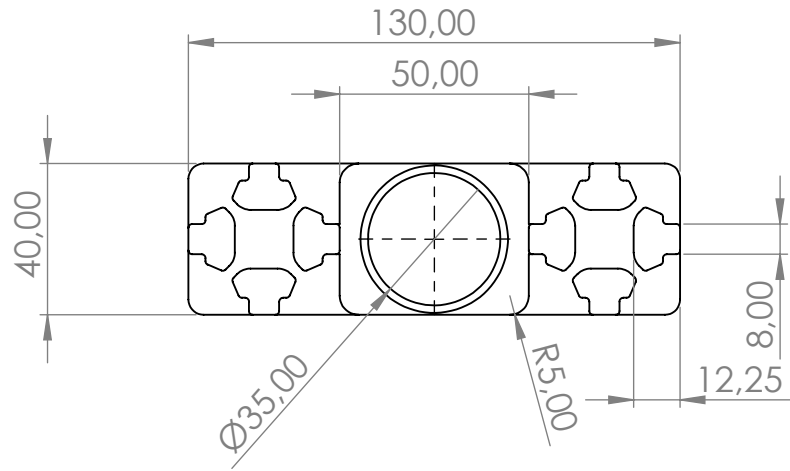
Tapas de protecció cargol sense fi



Xapa 1.5mm Inox 316

<p>Nom: Joel Parra</p>	<p>Material: Acer Inoxidable</p>	 <p>Tecnocampus Escola Superior Politécnica</p> <p><small>Centre adscrit a:</small></p>  <p>Universitat Pompeu Fabra</p>
------------------------	----------------------------------	--

# Tapa d'injecció cargol sense fi

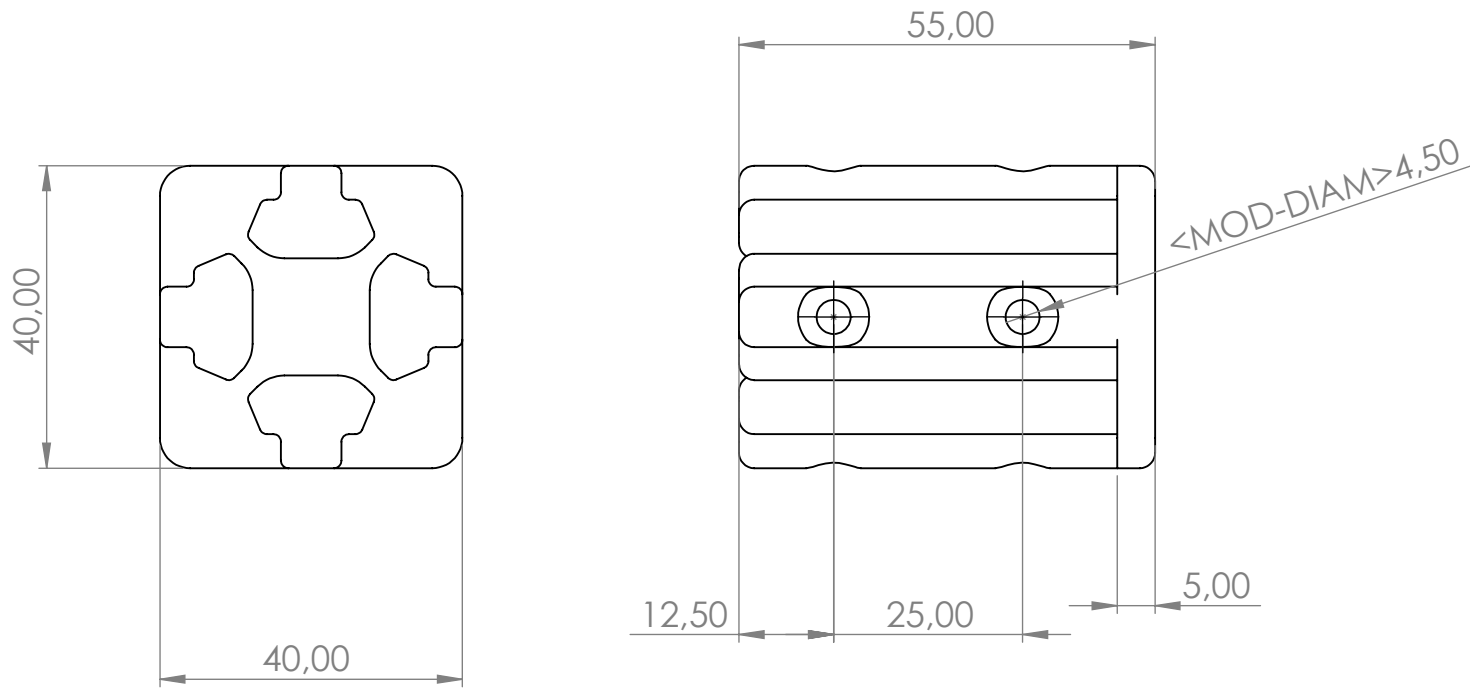


## SECTION A-A

Nom: Joel Parra

Material: Alumini

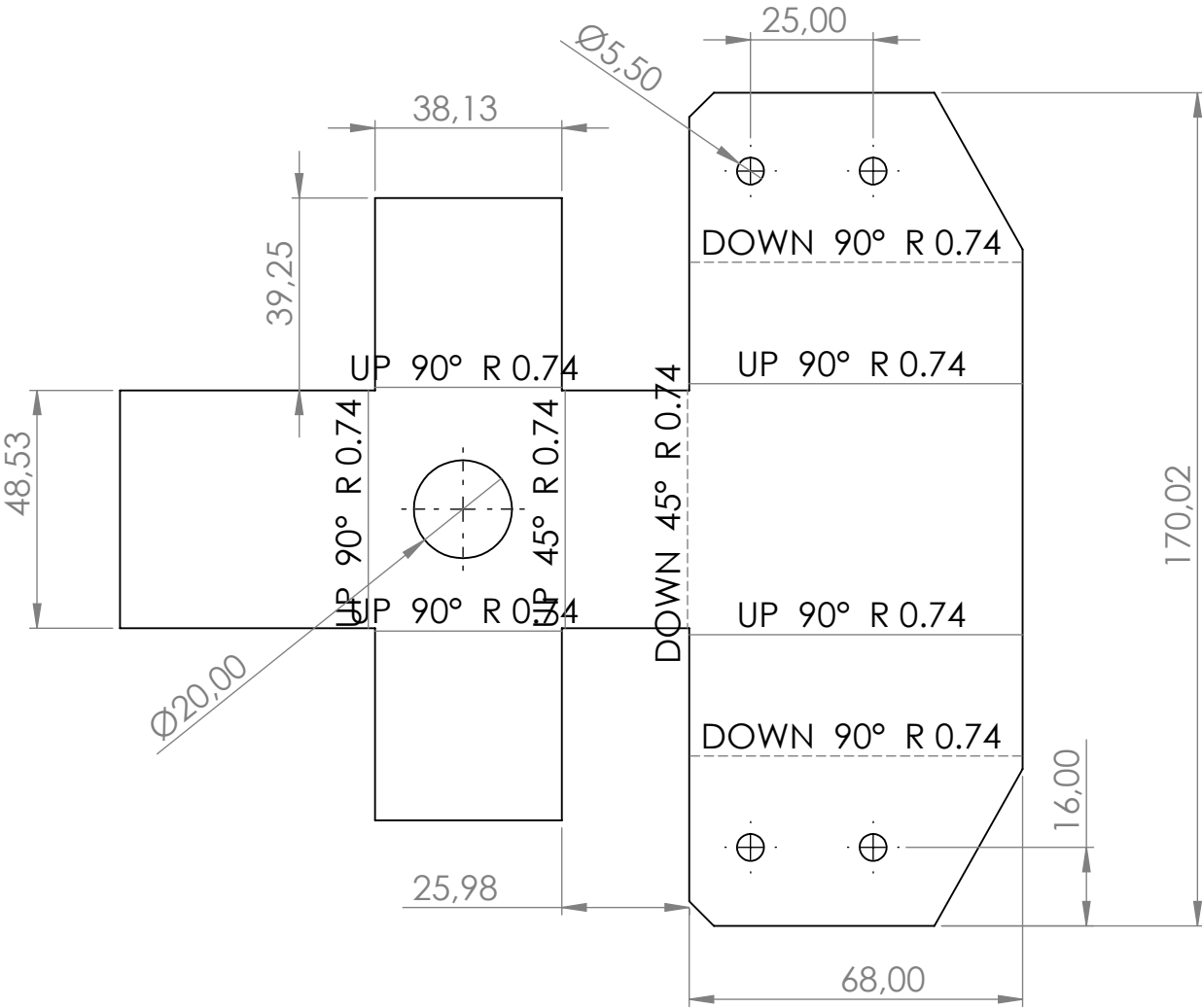
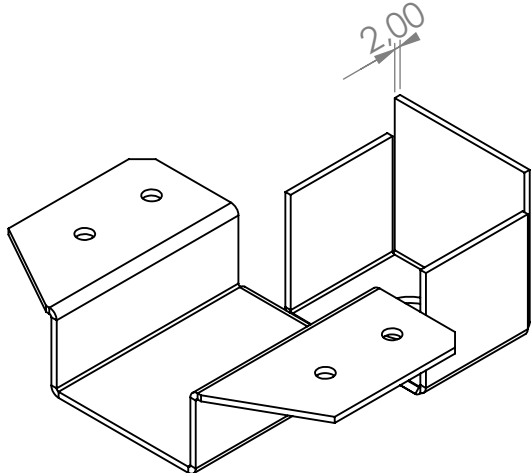






Nom: Joel Parra

Material: Alumini

Tapa protectora de mecanismes



<p>Nom: Joel Parra</p>	<p>Material: Acer Inoxidable</p>	 <p>Tecnocampus Escola Superior Politécnica</p> <p><small>Centre adscrit a:</small></p>  <p>UPF Universitat Pompeu Fabra</p>
------------------------	----------------------------------	--