



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial

Disseny d'una central fotovoltaica de 100 MW amb
connexió a la xarxa de 400 kV en Alarcon (Conca).

Treball Fi de Màster

Màster Universitari en Enginyeria Industrial (Accés des de Grau I.
Mecànica)

AUTOR/A: Cots Mestre, Miquel

Tutor/a: Pons Llinares, Joan

CURS ACADÈMIC: 2021/2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR ENGINYERIA
INDUSTRIAL VALÈNCIA

Curs Acadèmic:

Resum

En el context actual de crisi energètica i climàtica, produïda en gran part per la dependència europea de matèries primeres importades de tercers països en vies de desenvolupament i per conflictes geopolítics que afecten greument el nivell de consum actual, sorgeix la necessitat d'assegurar i promoure una independència energètica. Per a això des de la Unió Europea s'està fomentant la creació de plantes d'energies renovables, que malgrat no ser regulable i dependre de les condicions climàtiques, suposen una energia neta, barata i il·limitada d'acord amb els objectius de transició ecològica i desenvolupament sostenible. El present Treball Final de Màster pretén contribuir a aquest objectiu amb el disseny, projecte i càlcul d'una planta fotovoltaica de 100 MW i 120 MVA en el municipi d'Alarcón (Conca), on precisament està previst el tancament i desmantellament de la pròxima central nuclear de Cofrentes (València).

La metodologia emprada per a això es basa en el plantejament de diverses variants quant a tecnologia i disseny, així com en la valoració econòmica i la comprovació estructural dels elements emprats. En primer lloc, s'han valorat tres opcions amb diferents tipologies de tecnologies, tant en mòduls fotovoltaics com en solucions estructurals, mitjançant la simulació obtinguda amb el programa especialitzat PVSyst. L'anàlisi ha permès seleccionar la variant amb millor rendiment energètic, que posteriorment ha sigut modelada i calculada mitjançant el programa SolidWorks. Així mateix, aquest programa ha permès obtenir les sol·licitacions estructurals provocades pel vent mitjançant un model de Dinàmica de Fluids Computacional (C.F.D) i comprovar la resistència dels components mitjançant una anàlisi o Model d'Elements Finitos (M.E.F). Posteriorment s'ha calculat i dimensionat la subestació elèctrica de 400kV, necessària per a poder injectar l'energia produïda en la xarxa de distribució. Amb l'objectiu de demostrar la viabilitat econòmica d'aquest projecte, s'ha comparat la rendibilitat amb quatre variants de preu de l'energia corresponents a moments anteriors, actuals i posteriors a la crisi energètica.

Tot això ha permès justificar com a elecció més rendible i eficient la variant que combina mòduls fotovoltaics bifacials amb una estructura de seguidor d'un sol eix. Aquesta solució permet obtenir un retorn de la inversió en 7,86 anys, un benefici econòmic de 165.512.901,29€ i un benefici mediambiental amb una reducció de 2.922 *Tn de CO₂ al cap dels 25 anys de vida útil. Els objectius plantejats quant a eficàcia econòmica i mediambiental poden considerar-se aconseguits mitjançant el disseny proposat, ja que durant la seua vida útil injectara un total de 6.300 GWh a la xarxa i podria ampliar-se fàcilment gràcies al disseny sistemàtic basat en mòduls, que fins i tot podrien emprar-se en altres emplaçaments amb ajustos i càlculs relativament mínims.

Resumen

En el contexto actual de crisis energética y climática, producida en gran parte por la dependencia europea de materias primas importadas de terceros países en vías de desarrollo y por conflictos geopolíticos que afectan gravemente al nivel de consumo actual, surge la necesidad de asegurar y promover una independencia energética. Para ello desde la Unión Europea se está fomentando la creación de plantas de energías renovables, que a pesar de no ser regulable y depender de las condiciones climáticas, suponen una energía limpia, barata e ilimitada en consonancia con los objetivos de transición ecológica y desarrollo sostenible. El presente Trabajo Final de Máster pretende contribuir a este objetivo con el diseño, proyecto y cálculo de una planta fotovoltaica de 100 MW i 120 MVA en el municipio de Alarcón (Cuenca), donde precisamente está previsto el cierre y desmantelamiento de la cercana central nuclear de Cofrentes (Valencia).

La metodología empleada para ello se basa en el planteamiento de diversas variantes en cuanto a tecnología y diseño, así como en la valoración económica y la comprobación estructural de los elementos empleados. En primer lugar, se han valorado tres opciones con diferentes tipologías de tecnologías, tanto en módulos fotovoltaicos como en soluciones estructurales, mediante la simulación obtenida con el programa especializado PVSyst. El análisis ha permitido seleccionar la variante con mejor rendimiento energético, que posteriormente ha sido modelada y calculada mediante el programa SolidWorks. Asimismo, este programa ha permitido obtener las solicitaciones estructurales provocadas por el viento mediante un modelo de Dinámica de Fluidos Computacional (C.F.D) y comprobar la resistencia de los componentes mediante un análisis o Modelo de Elementos Finitos (M.E.F). Posteriormente se ha calculado y dimensionado la subestación eléctrica de 400kV, necesaria para poder inyectar la energía producida en la red de distribución. Con el objetivo de demostrar la viabilidad económica de este proyecto, se ha comparado la rentabilidad con cuatro variantes de precio de la energía correspondientes a momentos anteriores, actuales y posteriores a la crisis energética.

Todo esto ha permitido justificar como elección más rentable y eficiente la variante que combina módulos fotovoltaicos bifaciales con una estructura de seguidor de un solo eje. Esta solución permite obtener un retorno de la inversión en 7,86 años, un beneficio económico de 165.512.901,29€ y un beneficio medioambiental con una reducción de 2.922 Tn de CO₂ al cabo de los 25 años de vida útil. Los objetivos planteados en cuanto a eficacia económica y medioambiental pueden considerarse alcanzados mediante el diseño propuesto, ya que durante su vida útil inyectara un total de 6.300 GWh a la red y podría ampliarse fácilmente gracias al diseño sistemático basado en módulos, que incluso podrían emplearse en otros emplazamientos con ajustes y cálculos relativamente mínimos.

Abstract

In the actual context of energetic and climatic crisis, mainly due to the European dependence on primary materials imported from developing countries and geopolitical conflicts that seriously affect the current level of consumption, the need to ensure and promote an energetic independence becomes evident. To accomplish this, the European Union is promoting the creation of renewable energy plants, which despite being unregulated and dependent on climatic conditions, provide clean, economic and unlimited energy in accordance with the objectives of ecological transition and sustainable development. This Master's Final Project aims to contribute to this objective with the design, project and calculation of a 100 MW and 120 MVA photovoltaic plant in the village of Alarcón (Cuenca), where the closure and decommissioning of the nearby Cofrentes (Valencia) nuclear power plant is planned for 2030.

The methodology used is based on the analysis of several variants in terms of technology and design, as well as on the economic assessment and structural verification of the elements used. Firstly, three options with different types of technologies were evaluated, both in terms of photovoltaic modules and structural solutions, using the simulation obtained with the specialised PVSyst programme. The analysis made it possible to select the variant with the best energy performance, which was then modelled and calculated using the SolidWorks programme. This software also made it possible to obtain the structural stresses caused by the wind using a Computational Fluid Dynamics (C.F.D.) model and to check the resistance of the components using a Finite Element Model (FEM) analysis. Afterwards, the 400kV electrical substation was calculated and dimensioned, which is necessary to inject the energy produced into the distribution network. To demonstrate the economic viability of this project, the profitability has been compared with four energy price variants corresponding to previous, current and post energy crisis conditions.

The variant combining bifacial PV modules with a single-axis tracker structure has been proved to be the most cost-effective and efficient choice. This solution allows to obtain a return on investment in 7.86 years, an economic benefit of 165,512,901.29 euros and an environmental benefit with a reduction of 2,922 tons of CO₂ after 25 years of service life. The proposed design achieves the previously stated objectives in terms of economic and environmental efficiency, as it contributes a total of 6,300 GWh to the power system during its lifetime and could be easily extended through its systematic design based on modules, which could even be used at other locations with relatively minimal adjustments and calculations.

DOCUMENTS

I MEMÒRIA

II PRESSUPOST

III PLÀNOLS

IV ANNEXOS



I. MEMÒRIA



1 Justificació	11
1.1 Objectiu i metodologia	11
1.2 Normativa aplicable	12
2 Procés de legalització	12
2.1 Requisits generals a complir	13
2.2 Autorització y proves	16
3 Emplaçament	17
3.1 Dades del emplaçament	19
4 Justificació d'equips	19
4.1 Inversor	19
4.2 Elevador	21
4.3 Subestació elèctrica	23
4.4 Mòduls fotovoltaics	25
4.4.1 LR5-72HPH 555M de la marca Xinesa Longi	25
4.4.2 TSM-665DEG21C20 del fabricant Xines Trina Solar	26
Principals característiques	26
4.5 Estructura fixa	27
4.6 Estructura seguidor	29
5 Casos d'estudi: Tipologia de panell i modalitat d'estructura	31
5.1 Cas A. Mòdul mono facial amb estructura fixa.	31
5.2 Cas B. Mòdul mono facial amb estructura mòbil	33
5.3 Cas C. Mòdul bifacial amb estructura mòbil	35
6 Simulació amb PVSyst	37
6.1 Dades climàtiques	39
6.2 Pèrdues	40
6.2.1 Temperatura	41
6.2.2 L.I.D. Qualitat del mòdul	41
6.2.3 Desajust	42
6.2.4 Brutícia	43
6.2.5 IAM i Envelliment	43
6.2.6 Indisponibilitat	44



6.2.7 Rendiment	44
6.2.8 Auxiliars	44
6.3 Comparatives energètiques	45
7 Càlculs elèctrics	46
7.1. Càlcul de la cadena	46
7.2 Càlcul de l'agrupació de cadenes	46
7.3 Càlcul del tram entre arquetes e inversor	47
7.4. Càlcul del tram elevador fins a la subestació	50
8 Càlculs estructurals	52
8.1 Principals components	52
8.2 Càrregues	57
8.2.1 Càrregues estàtiques	57
8.2.2 Càrregues transitòries	57
8.3 Simulacions	59
8.3.1 Pressió màxima secció transversal	60
8.3.2 Pressió màxima en secció longitudinal	62
8.3.2.1 Variant reforçada	62
8.3.2.2 Variant econòmica just darrere de la variant reforçada	62
8.3.2.3 Variant econòmica de segona fila	62
8.3.3 Taula resum	62
8.3.4 Resistència mecànica	63
8.3.4.1 Resultats	64
8.3.4.1.1 Variant reforçada	64
8.3.4.1.2 Variant econòmica	66
8.3.5 Càrregues de neu	69
8.3.5.1 Simulació de vent	71
8.4 Equips auxiliars i control	74
8.5 Conclusions	74
9 Subestació elèctrica	76
9.1 Objecte i alcans	76
9.2 Ubicació i emplaçament	76



9.3 Normativa	76
9.4 Descripció de la instal·lació	77
9.4.1 Edificis utilitzats	77
9.4.2 Sistema de 400 kV	78
9.4.2.1 Interruptors de 400kV	78
9.4.2.2 Seccionador tripolar de posta a terra	79
9.4.2.3 Seccionador tripolar sense posta a terra	79
9.4.2.4 Transformadors de intensitat	80
9.4.2.5 Transformadors de tensió	81
9.4.2.6 Transformador de tensió de serveis auxiliars	81
9.4.2.7 Descarregadors de sobretensió	81
9.4.2.8 Aïlladors de sustentació	82
9.5 Càlculs justificatius	83
9.5.1 Càlcul de curtcircuit	85
9.5.1.1 Impedàncies equivalents	85
9.5.2 Intensitats nominals	85
9.5.3 Càlcul de conductors	86
9.5.4 Efecte corona	89
9.5.5 Càlcul de terres	89
9.5.6 Proteccions per a descarregues atmosfèriques	94
10 Valoració econòmica	96
10.1 Retribució del primer any	98
10.2 Retorn de inversió	100
11 Conclusió	102
12 Referències	103



Taula 1 Requisits tècnics a complir segons característiques de instal·lació [1]	16
Taula 2 Fitxa de característiques principals del inversor HEMK.....	20
Taula 3 Fitxa completa de característiques del inversor HEMK [2].....	21
Taula 4 Fitxa de característiques principals del elevador	23
Taula 5 Principals característiques elèctriques del mòdul LR5-72HPH 555M.....	25
Taula 6 Condicions d'assaig del mòdul LR5-72HPH 555M	25
Taula 7 Característiques elèctric del mòdul TSM 665DEG21C20	26
Taula 8 Condicions d'assaig del mòdul TSM 665DEG21C20	27
Taula 9 Garantia de rendiment del mòdul TSM 665DEG21C20 [5].....	27
Taula 10 Tensió de les cadenes calculada per el PVSyst per al Cas A i B	31
Taula 11 Resum de les principals característiques del Cas A	32
Taula 12 Tensió de les cadenes calculada per el PVSyst per al Cas B	33
Taula 13 Resum de les principals característiques del Cas B	34
Taula 14 Tensió de les cadenes calculada per el PVSyst per al Cas C.....	35
Taula 15 Resum de les principals característiques del Cas C	36
Taula 16 Generació mensual segons Cas	45
Taula 17 Característiques principals de la cadena	46
Taula 18 Característiques principals de l'agrupació de cadenes.....	46
Taula 19 Seguidors idèntics.....	48
Taula 20 Càlculs elèctrics de cada seguidor	49
Taula 21 Valors mínims segons la normativa d'Iberdrola	50
Taula 22 Resultats de pèrdues de tensió de les línies de M.T.	51
Taula 23 Tipus de pilars.....	52
Taula 24 Característiques dels perfils IPE [9]	53
Taula 25 Perfils emprats per a l'eix	53
Taula 26 Característiques mecàniques del motor.....	55
Taula 27 Resum de pressions obtingudes en cada cas.....	63
Taula 28 Dades del material S355RJ.....	63
Taula 29 Dades del material PVC.....	63
Taula 30 Correcció de tensió màxima respecte al espessor	64
Taula 31 Sobrecarrega de neu en pla horitzontal segons CTE	70



Taula 32 Coeficients de forma segons CTE.....	71
Taula 33 Resultats del anàlisi.....	75
Taula 34 Dades de l'emplaçament	76
Taula 35 Dades generals de l'instal·lació.....	77
Taula 36 Característiques dels interruptors de 400 kV	79
Taula 37 Característiques del seccionador tripolar amb posta a terra	79
Taula 38 Característiques principals del seccionador tripolar	80
Taula 39 Característiques dels mesuradors d'intensitat	81
Taula 40 Característiques dels mesuradors de tensió.....	81
Taula 41 Característiques del transformador de SS.AA.	81
Taula 42 Característiques dels descarregadors de sobretensió.....	82
Taula 43 Característiques dels subjectadors aïllants per a conductor rígid.....	82
Taula 44 Característiques dels subjectadors aïllants per a conductor flexible	82
Taula 45 Normativa sobre la separació de conductors nus de fins a 30 kV	83
Taula 46 Distàncies entre conductors de 30 kV	83
Taula 47 Normativa sobre la separació de conductors nus de fins a 400 kV	84
Taula 48 Distàncies entre conductors de 400 kV	84
Taula 49 Densitat de carrega màxima segons normativa	87
Taula 50 Tensió de contacte per duració de la falta segons normativa.....	91
Taula 51 Tensió de pas i de contacte admissible	92
Taula 52 Resultats del càlcul mitjançant Excel.....	93
Taula 53 Comparativa de resultats de tensió màxima i admissible	94
Taula 54 Preus de la Variant A.....	96
Taula 55 Preus per a la Variant B	96
Taula 56 Preus per a la Variant C.....	97
Taula 57 Beneficis en el Cas A en totes les Variants	99
Taula 58 Beneficis en el Cas B en totes les Variants.....	99
Taula 59 Beneficis en el Cas C en totes les Variants.....	99
Taula 60 Cost de instal·lació segons Cas	100
Taula 61 Benefici als 25 anys, TIR i temps de retorn en el Cas A	101
Taula 62 Benefici als 25 anys, TIR i temps de retorn en el Cas B	101



Taula 63 Benefici als 25 anys, TIR i temps de retorn en el Cas C 101

Figura 1 – Procés de legalització 1 [1]	14
Figura 2 Procés de legalització 2 [1]	14
Figura 3 Procés de legalització 3 [1]	15
Figura 4 Localització del parc fotovoltaic	17
Figura 5 Dades climàtiques del emplaçament	18
Figura 6 Emplaçament de la instal·lació	19
Figura 7 Inversor talla 2 de Power Electronics [2]	20
Figura 8 Esquema de connexió del inversor elevador TWIN SKID COMPACT [3]	22
Figura 9 Esquema de connexió des inversors elevadors amb la subestació elèctrica	22
Figura 10 Seccions de tubs enterrats utilitzades per a la connexió dels inversors elevadors a la subestació	23
Figura 11 Esquema de la subestació elèctrica per a 120 MVA	24
Figura 12 Perfils principals de la subestació elèctrica per a 120 MVA	24
Figura 13 Garantia de rendiment del mòdul LR5-72HPH 555M [4]	26
Figura 14 Estructura fixa [7]	28
Figura 15 Inclinació òptima per al Cas A	28
Figura 16 Mètode de clavat de perfils en el terreny [6]	29
Figura 17 Estructura de seguidor solar d'un sol eix [8]	30
Figura 18 Límits de seguiment solar	30
Figura 19 Càlcul per iteració de la separació entre seguidors	31
Figura 20 Gràfic del dimensionat del parc fotovoltaica per al Cas A i B	32
Figura 21 Distribució aproximada dels seguidors en el terreny del cas A	33
Figura 22 Gràfic del dimensionat del parc fotovoltaica per al Cas B	34
Figura 23 Distribució aproximada dels seguidors en el terreny del cas B	35
Figura 24 Gràfic del dimensionat del parc fotovoltaica per al Cas C	36
Figura 25 Distribució aproximada dels seguidors en el terreny del cas C	37
Figura 26 Esquema de pèrdues de PVSyst	38
Figura 27 Dades tèrmiques	39
Figura 28 Dades de vent	39
Figura 29 Dades de radiació	40
Figura 30 Pèrdues elèctriques en PVSyst	40

Figura 31 Pèrdues tèrmiques en PVSyst _____	41
Figura 32 Degradació LID en PVSyst _____	41
Figura 33 Pèrdues de rendiment per qualitat en PVSyst _____	42
Figura 34 Gràfics de les pèrdues per desajust en PVSyst _____	42
Figura 35 Pèrdues per brutícia en PVSyst _____	43
Figura 36 Pèrdues per envelliment del mòdul de Longi [4] _____	43
Figura 37 Pèrdues per envelliment del mòdul de Trina [5] _____	44
Figura 38 Comparativa de generació segon Cas de instal·lació _____	45
Figura 39 Característiques del tub quadrat [10] _____	54
Figura 40 Esquema de ròtula plàstica [11] _____	54
Figura 41 Imatge del motor [12] _____	55
Figura 42 Característiques dels perfils Omega [13] _____	56
Figura 43 Element reforçant _____	56
Figura 44 Velocitats bàsiques de vent segons el CTE _____	58
Figura 45 Classificació per velocitat se vent segons l'Escala de Beaufort [14] _____	59
Figura 46 Model en 3D de 3 files de seguidors _____	60
Figura 47 Pressió del vent secció 1 _____	60
Figura 48 Pressió del vent secció 2 _____	60
Figura 49 Pressió del vent secció 3 _____	61
Figura 50 Pressió del vent secció 4 _____	61
Figura 51 Pressió del vent secció 5 _____	61
Figura 52 Pressió del vent longitudinal reforçat _____	62
Figura 53 Pressió del vent longitudinal econòmic 1 _____	62
Figura 54 Pressió del vent longitudinal econòmic 2 _____	62
Figura 55 Resultats de tensió per a la versió reforçada 1 _____	64
Figura 56 Resultats de tensió per a la versió reforçada 2 _____	65
Figura 57 Resultats de factor de seguretat per a la versió reforçada _____	65
Figura 58 Resultats de deformacions per a la versió reforçada _____	65
Figura 59 Resultats de deformació unitària per a la versió reforçada _____	66
Figura 60 Detall de resultats de deformació unitària per a la versió reforçada _____	66
Figura 61 Resultats de tensió per a la versió econòmica _____	67

Figura 62 Detall resultats de tensió per a la versió econòmica _____	67
Figura 63 Resultats de factor de seguretat per a la versió econòmica _____	68
Figura 64 Resultats de deformació per a la versió econòmica _____	68
Figura 65 Resultats de deformació unitària per a la versió econòmica _____	68
Figura 66 Detall resultats de deformació unitària per a la versió econòmica _____	69
Figura 67 Zones climàtiques segons CTE _____	70
Figura 68 Resultat de tensió per a la versió econòmica en carrega de neu 1 _____	71
Figura 69 Detall resultat de tensió per a la versió econòmica en carrega de neu 1 _____	72
Figura 70 Resultat de tensió per a la versió econòmica en carrega de neu 2 _____	72
Figura 71 Detall resultat de tensió per a la versió econòmica en carrega de neu 2 _____	73
Figura 72 Resultat de deformacions per a la versió econòmica en carrega de neu _____	73
Figura 73 Resultat de deformacions unitàries per a la versió econòmica en carrega de neu _____	74
Figura 74 Esquema de la mitja tensió del parc fotovoltaica _____	85
Figura 75 Comparativa de preus segons Variants _____	98
Figura 76 Comparativa de ingressos segons Cas i Variant _____	100

1 Justificació

Segons la Unió Europea en el seu marc sobre clima i energia per l'horitzó 2030 els estats membres deuen crear un pla de xoc que seguísca els següents punts:

- Descarbonització.
- Seguretat energètica.
- Eficiència energètica.
- Mercat energètic interna.
- Investigació, innovació i competitivitat.

Els principals objectius marcats per al 2030, indiquen que es deu produir una reducció en un 55% d'emissions de gasos contaminants a l'atmosfera respecte a les dades de 1990. Aquest pareix un objectiu poc ambiciós, però en el 1990 la generació elèctrica mitjançant carbó en Europa suposava una part molt important del mix, també cal tindre en compte la generació de pol·lució en la indústria i la generada per vehicles.

Com aquest és un objectiu molt ambiciós la Unió Europea ja ha reduït les expectatives a les següents:

- Reacció de 40% de les emissions de CO₂ respecte al 1990.
- Almenys un 32% d'electricitat produïda mitjançant energia renovables.
- Augmentar un 32,5% l'eficiència energètica.

Queda més que justificada la motivació per a instal·lar nous parcs fotovoltaics o modernitzar els ja existents, ja que actua sobre els tres objectius principals. Produir energia mitjançant la tecnologia fotovoltaica redueix dràsticament l'alliberació de CO₂ a l'atmosfera, es ser que la fabricació dels components utilitzats crea molta contaminació però aquest al fi de la seua vida útil compensa tota aixà contaminació.

1.1 Objectiu i metodologia

Dissenyar una instal·lació de generació elèctrica a gran escala mitjançant energia fotovoltaica en la zona de Conca.

Per a arribar aquest fi es deu tindre en compte la instal·lació més rendible econòmicament i s'ubicarà en l'emplaçament més indicat i deu comptar amb un sistema modular que primer simplifique els càlculs elèctrics gràcies a la modularitat de les unitats d'inversors. Aquest estaran composts per un inversor-elevador de tensió amb un nombre de panells i d'estructura els quals tindran una gran facilitat per a ser ampliat en un futur o per ser instal·lats en altres localitzacions, ja que sols variaria la longitud del cable d'interconnexió entre l'eixida de l'elevador fins a la xarxa de distribució o a una subestació elèctrica.

L'estructura deurà estar optimitzada per a reduir el màxim el material utilitzat i el corresponent cost econòmic que comporta. Aquest deurà tindre mínim un 1,5 de factor de seguretat, una deformació unitària mínima en la superfície dels mòduls per evitar micro ruptures, deurà resistir vents de fins a 120 km/h. Es a dir es deu garantir que el parc deu tindre una vida útil superior a 25 anys.



En aquest projecte com l'objectiu és una instal·lació de 100 MW que segons Red Eléctrica de España deurà de ser capaç de generar 120 MVA per a la demanda d'energia reactiva.

La subestació elèctrica més pròxima que és la situada en Olmedilla de Alarcon a 5 km del parc fotovoltaic. Com aquesta subestació està completa es deurà projectar una subestació de 400 kV i 120 MVA per a poder donar eixida directament a les línies de distribució ja existents.

1.2 Normativa aplicable

Durant la redacció del present projecte s'ha tingut en compte la següent legislació, les quals podrien ser modificades per una nova actualització d'aquestes sempre que s'aproven per unanimitat entre Promotor, principal contracta, direcció facultativa i coordinador de seguretat i salut.

- Llei 24/2013, del 26 de desembre, del Sector elèctric.
- Reial Decret 244/2019, del 5 de abril.
- Reial Decret 15/2018, del 5 d'octubre.
- Reial Decret 900/2015, del 9 d'octubre.
- Reial Decret 842/2002, del 2 d'agost.
- Reial Decret 1955/2000, del 1 de desembre.
- Reial Decret 1110/2000, del 24 d'agost.
- Reial Decret 337/2014, del 9 de maig.
- Ordre TED/749/2020
- Reial decret 647/2020

Prevenició de risc laboral.

- Ordenança general de seguretat e higiene en el treball. Orde del 9 de març de 1971 del ministeri de treball.(BOE num. 64, 65, 16 i 17/03/1971)
- Llei 31/1995, del 8 de novembre.
- Reial decret 486/1997, del 14 d'abril.
- Reial decret 1627/1997, del 24 d'octubre.
- Reial decret 614/2001, del 8 de juny.
- Reial decret 1215/1997, del 18 de juliol.
- Reial decret 2177/2004, del 12 de novembre.

2 Procés de legalització

El reglament UE 2016/631 regula les condicions mínimes que deuen complir totes les instal·lacions de generació elèctrica en el territori europeu en el cas d'Espanya estan adoptades mitjançant el Reial decret 647/2020.

Aquesta norma distingeix en 4 grups de generadors elèctrics, per tipus de connexió a la xarxa general i de la capacitat de generació:

- Tipus A: Correspon a tindre el punt de connexió inferior a 110kV i la seua capacitat màxima és igual o superior a 0,8 kW e igual o inferior a 100kW.

- Tipus B: Correspon a tindre el punt de connexió inferior a 110kV i la seua capacitat màxima és igual o superior a 100 kW e igual o inferior a 5MW.
- Tipus C: Correspon a tindre el punt de connexió inferior a 110kV i la seua capacitat màxima és igual o superior a 5 kW e igual o inferior a 50MW.
- Tipus D: Correspon a tindre el punt de connexió igual o superior a 110kV o que la seua capacitat màxima es igual o superior a 50MW.

Com l'objectiu a dissenyar una instal·lació de 100MW es deu connectar amb la xarxa en un punt que tinga almenys 110kV en el punt de connexió, s'obté una instal·lació de Tipus D.

Aquest Reglament utilitza les següents nomenclatures:

M.G.E.: (mòduls de generació d'electricitat). Es refereix al total dels components de la instal·lació.

U.G.E.: (Unitat de generació d'electricitat), es tracta de la planta de generació principal. En aquest cas són els inversors.

C.A.M.G.E: (Components addicionals del MGE), Aquells elements actius que formen part del MGE i no són les UGE, però la resposta de les quals pot tindre afecció sobre el compliment dels requisits tècnics del Reglament.

2.1 Requisits generals a complir

Per a la posta en funcionament s'exigeix una sèrie de característiques, comprovacions i normes estrictes en els equips.

Aquests mètodes són els següents:

Proves de conformitat (P): Conforme als articles 41.5 y 42 del Reglament, les proves de conformitat del MGE (Mòdul de generació elèctrica) per cada requisit seran realitzades per una entitat acreditada que elaborarà un informe d'assajos i enviarà el resultat a un certificador autoritzar...

Simulacions de conformitat (S): Conforme als articles 41.5 i 43 del Reglament, les simulacions de conformitat del M.G.E. per a cada requisit seran realitzades per una entitat acreditada, amb el format del certificat de conformitat de l'apartat 6 d'aquesta norma tècnica...

Certificats dels equips (C): Conforme als articles 44 i 57 d'aquest Reglament, l'avaluació de la conformitat de la M.G.E. per a cada requisit es podrà certificar mitjançant els certificats dels equips...

Per a legalitzar una instal·lació d'aquestes característiques és a dir, Tipus D és necessari el següent recorregut en dues etapes:

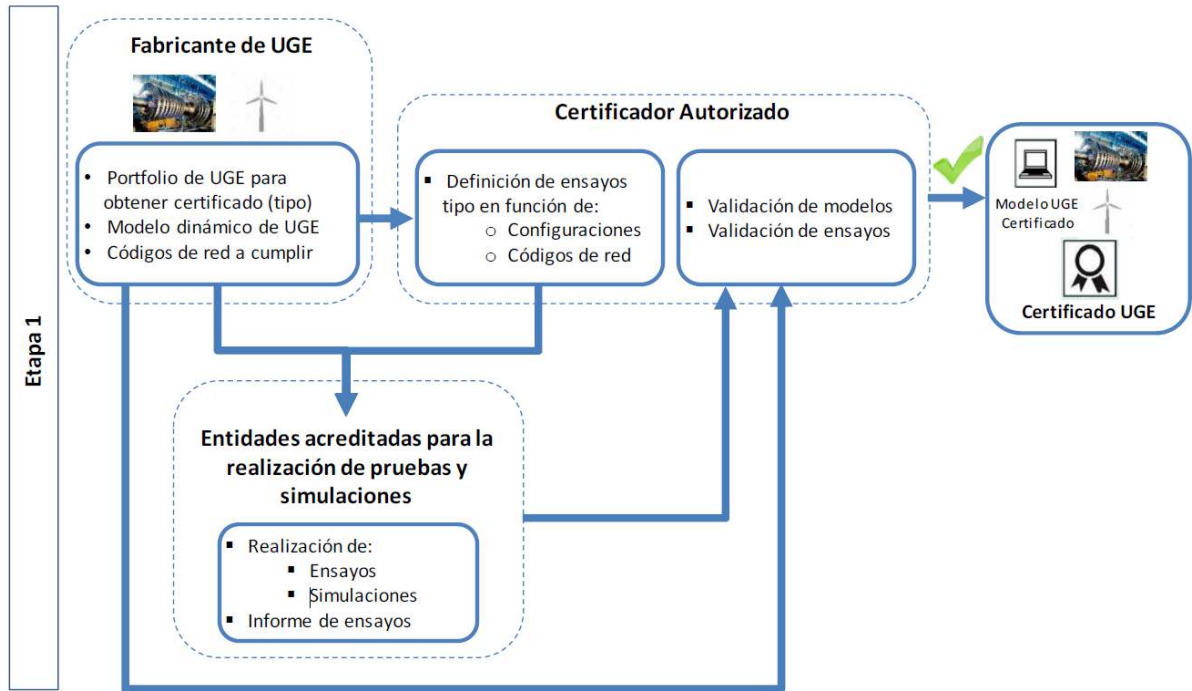


Figura 4. Esquema de obtención del certificado de UGE.

Figura 1 – Procés de legalització 1 [1]

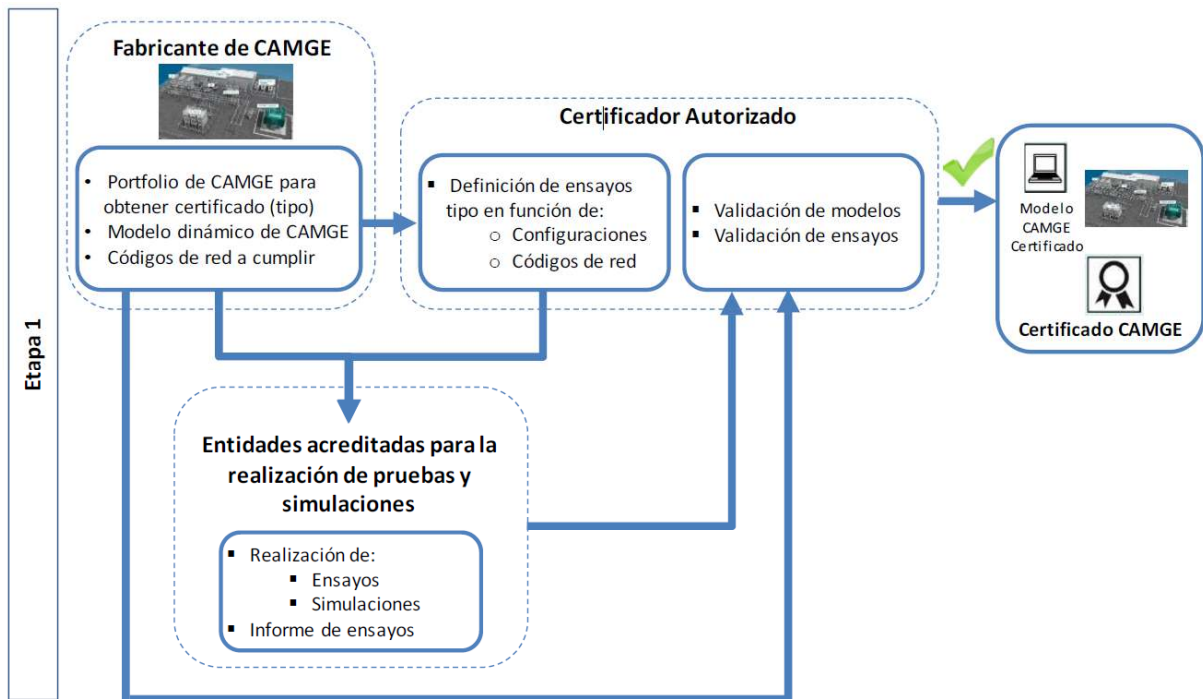


Figura 5. Esquema de obtención del certificado de CAMGE.

Figura 2 Procés de legalització 2 [1]

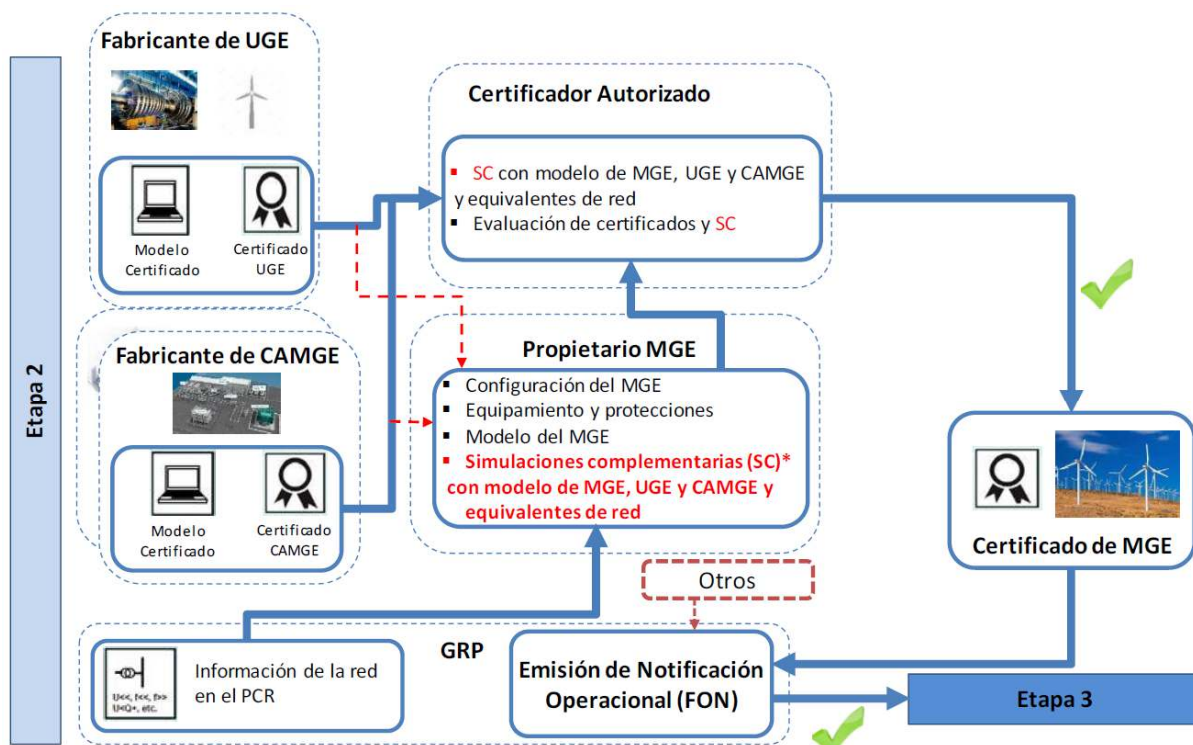


Figura 6. Esquema de obtención del certificado final de MGE a partir de certificados de equipo.

Figura 3 Procés de legalització 3 [1]

Després de superar tots el tràmit es deu negociar amb una comercialitzadora per a poder negociar el preu de venda.

2.2 Autorització y proves

Per a una instal·lació del tipus D es deuen complir tots els articles del reglament. La següent taula resum enumera els requisits tècnics i controls necessaris a més d'indicar com es pot justificar l'acompliment de cadascun:

REQUISITO				FORMA DE EVALUACIÓN	
Artículo [1]	Definición del Requisito	Tipo MGE	Subapartado de la Norma Técnica	MPE	MGES
13.2	Modo regulación potencia-frecuencia limitado-sobrefrecuencia (MRPFL-O)	≥A	5.1	(S y P) o C**	(S y P) o C**
15.2.(a) y (b)	Capacidad de control y el rango de control de la potencia activa en remoto	≥C	5.5	P o C	N/A
15.2.e	Control de potencia-frecuencia	≥C	5.4	P	P
15.2.d	Modo regulación potencia-frecuencia (MRPF)	≥C	5.3	(S y P) o C**	(S y P) o C**
15.2.c	Modo regulación potencia-frecuencia limitado-subfrecuencia (MRPFL-U)	≥C	5.2	(S y P) o C**	(S y P) o C**
21.2	Emulación de inercia durante variaciones de frecuencia muy rápidas*	≥C	5.6	S	N/A
17.3	Recuperación de la potencia activa después de una falta	≥B	5.11	N/A	P (S****) o C**
14.3	Capacidad para soportar huecos de tensión de los generadores síncronos conectados por debajo de 110 kV	≥B	5.11	N/A	P (S****) o C**
16.3	Capacidad para soportar huecos de tensión de los generadores síncronos conectados por encima de 110 kV	D	5.11	N/A	P (S****) o C**
20.3	Recuperación de la potencia activa después de una falta	≥B	5.11	P (S****) o C**	N/A
14.3	Capacidad para soportar huecos de tensión de los MPE conectados por debajo de 110 kV	≥B	5.11	P (S****) o C**	N/A
16.3	Capacidad para soportar huecos de tensión de los MPE conectados por encima de 110 kV	D	5.11	P (S****) o C**	N/A
15.5.a	Arranque autónomo*	≥C	5.12	N/A	P o C
15.5.b	Capacidad de participar en el funcionamiento en isla*	≥C	5.13	S o C	S o C
15.5.c	Capacidad de resincronización rápida	≥C	5.14	N/A	P o C
18.2.b	Capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima	≥B	5.7	N/A	(S y P) o C**
18.2.c	Capacidad de potencia reactiva por debajo de la capacidad máxima	B	5.7	N/A	(S y P) o C**
19.2	Control de amortiguamiento de oscilaciones de potencia	D****	5.9	N/A	S o C
20.2.b y 20.2.c	Inyección rápida de corriente de falta en el punto de conexión en caso de faltas (trifásicas) simétricas	≥B	5.11	P (S****) o C**	N/A
21.3. b	Capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima	≥B	5.7	(S y P) o C**	N/A
21.3.c	Capacidad de potencia reactiva por debajo de la capacidad máxima	≥B	5.7	(S y P) o C**	N/A
21.3.d	Modos de control de la potencia reactiva	≥B	5.8	P o C**	N/A
21.3.f	Control de amortiguamiento de oscilaciones	≥C	5.10	S	N/A

Tabla 1. Evaluación de los requisitos técnicos según está definido en esta Norma Técnica.

Taula 1 Requisits tècnics a complir segons característiques de instal·lació [1]

Llegenda:

- En la columna "Tipo de MGE", el text >A significa que aplica per a tots els MGE, Tipus A,B,C i D.
- En la columna "Forma de Evaluación", S significa simulació de conformitat, P significa prova de conformitat, C significa certificat d'equip i N/A significa no aplica.
- *: Requisit no obligatori conforme al reglament.
- **: Es podran requerir simulacions complementàries per a la seua avaluació, estant indicats en els apartats referents a cada article del reglament.
- ***: En els casos que s'indique P (S***), es realitzarà la prova en UGE, si no es supera se simularà el MGE complet incorporant el CAMGE que permet acomplir el requisit.
- ****: Sols aplica a MGES tipus D de $P_{max} > 50\text{MW}$.

3 Emplaçament

L'emplaçament ha sigut elegit per tindre unes qualitats necessàries per a albergar una instal·lació fotovoltaica, per una banda les característiques naturals com la quasi nul·la inclinació del terreny, l'absència d'arbres, barrancs i rius. D'altra banda les característiques logístiques, és fàcilment accessible per les nombroses carreteres en les immediacions, la gran central de transformació de Ormedilla que actualment té la capacitat completa però s'espera que quan el projecte pugui començarà funcionar la central nuclear de Cofrents deixi de funcionar en 2027 quedi un forat de producció de 1GW en la zona que es deurà ser reposat amb energies renovables en el tram de l'horitzó 2027-2032 que gestiona Xarxa Elèctrica d'Espanya.

Altres característiques a tindre en compte són les climàtiques amb temperatures de temperades-fresques que ajuden a la generació fotovoltaica, en la següent taula es mostren les dades climàtiques i el diagrama d'altura del sol en aquest emplaçament, aquest informe està extret del programa PVSyst.



Figura 4 Localització del parc fotovoltaic



PVsyst V7.2.16

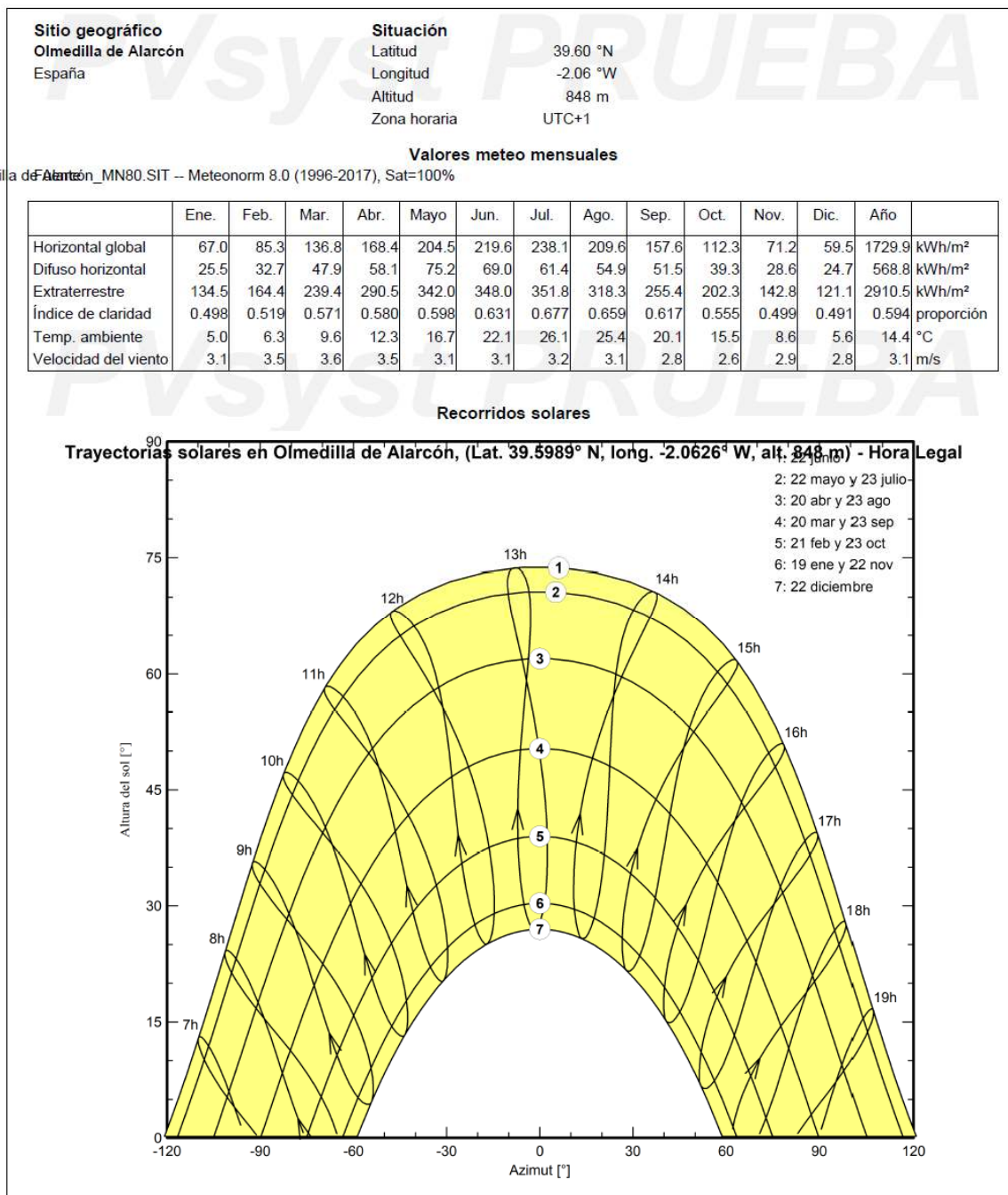


Figura 5 Dades climàtiques del emplaçament

També influeix la quantitat de pol·lució i partícules en suspensió per a reduir les pèrdues de rendiment per perduda de radiació i per a tindre un menor índex de brutícia en els mòduls fotovoltaics.

3.1 Dades del emplaçament

La parcel·la seleccionada correspon als termes municipals de Alarcón i Olmedilla de Alarcón disposant de 6.021.721 m² amb la direcció Polígon 502, Parcel·la 29, Cerro Gordo, amb referència cadastral 16003A50200029.

Coordenades geogràfiques: x= 39.59646475074804, y= -2.062832999109846

Coordenades UTM estàndard: Zona= 30, Hemisferi= N, UTMX= 580465,9, UTMY= 4383389,8

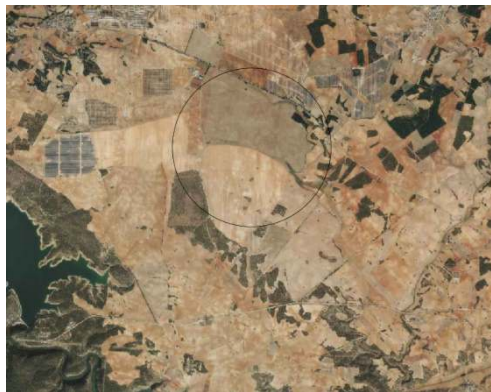


Figura 6 Emplaçament de la instal·lació

4 Justificació d'equips

Per al disseny de la instal·lació s'han barallat 3 propostes diferents buscant la més rendible econòmicament, ja siga utilitzant diferents tipus d'estructura com l'estructura fixa i l'estructura de seguiment amb un eix de llibertat i amb aquests diferents tipus d'opcions com la diferent distancia entre seguidors i les opcions de retrocés per a guanyar rendiment en les primeres i últimes hores de sol.

Aquestes propostes tindran elements compartits com el tipus de inversor, ja que amb aquesta mida de parcs els inversors comuns no perden molta eficiència en les llargues distàncies per pèrdues i per nombre d'unitats a comparació de l'inversor seleccionat.

4.1 Inversor

L'inversor és el principal component de la instal·lació, ja que en el cas de fallar poden deixar sense funcionament la planta completa o en el millor dels casos un part d'instal·lació, per això es requereix un inversor d'un fabricant reconegut com ABB, Schneider o Power Electronics. En qualsevol d'aquest fabricant es requerira la garantia amb una assistència tècnica 24h.

El principal avantatge d'aquest inversor respecte a les altres ofertes dels altres fabricants és que pot ser modular, es pot elegir el nombre d'entrades i de potències, es poden elegir 20, 30 y 40 entrades, a

més entrades més potència com indica la fitxa tècnica. També és capaç d'hibridar la instal·lació, ja que també tenen eixida de corrent continua a la qual se li pot incorporar un sistema de bateries.

L'inversor seleccionat per a tots dels casos és el model HEMK Talla 4 del fabricant Power Electronics, aquest inversor és centralitzat és a dir són capaços de suportar 4590A en les entrades de corrent continua i una tensió en DC de 1.500V sent capaç de generar una potència aparent de 4.390kVA a 40°C.



Figura 7 Inversor talla 2 de Power Electronics [2]

Les principals característiques:

Dada	Valor
Eixida del inversor en corrent alterna	
Potència a 40°C	4.390 kVA
Potència a 50°C	4.075 kVA
Tensió AC	690 V
Factor de potencia regulable	-0,5: 0,5
Entrades del inversor en corrent continua	
Tensió	976 V a 1.500 V
Nombre d'entrades	40
Corrent màxima	4.590 A
Corrent màxima de curtcircuit	6.940 A
Rendiment europeu	98,48 %

Taula 2 Fitxa de característiques principals del inversor HEMK

Com ja s'ha comentat s'utilitza aquest inversor per l'alta potencia que admet qualitat molt important tant en el moment de projecció del parc com en moment de la instal·lació en mà d'obra com en materials. Ja que aquest ja ve preparat és a dir a mida i programat de fàbrica. Llest per a connectar i treballar.

La fitxa tècnica completa és la següent:

HEMK

		TALLA 2	TALLA 3	TALLA 4
REFERENCIA		FS2195K	FS3290K	FS4390K
SALIDA	Potencia de salida AC (kVA/kW) @ 40 °C ^[1]	2195	3290	4390
	Potencia de salida AC (kVA/kW) @ 50 °C ^[1]	2035	3055	4075
	Corriente máxima de salida AC (A) @ 40°C	1837	2756	3674
SALIDA	Tensión de red (V)	690 V ±10%		
	Frecuencia de red (Hz)	50 / 60 Hz		
	Distorsión armónica de corriente (THDI)	< 3% según IEEE 519		
	Factor de potencia (coseno phi) ^[2]	0.5 inductiva ... 0.5 capacitiva ajustable / Inyección de potencia reactiva por la noche		
ENTRADA	Rango de tensión DC ^[3]	976 V – 1500 V		
	Tensión máxima DC	1500 V		
	Número de entradas	Hasta 20	Hasta 30	Hasta 40
	Corriente continua máxima DC (A) ^[4]	2295	3443	4590
	Corriente de cortocircuito máxima DC (A) ^[4]	3470	5205	6940
EFICIENCIA	Número de Freemaq DC/DC ^[4]	Hasta 2 (Bus Plus Basic) o 4 (Bus Plus Advanced)		
	Eficiencia (máx.) (η) (preliminar)	98.84%	98.87%	98.93%
	Euroeta (h) (preliminar)	98.45%	98.48%	98.65%
ENVOLVENTE	Dimensiones [WxDxH] (ft)	9.8 x 6.5 x 7.2		
	Dimensiones [WxDxH] (m)	3.0 x 2.0 x 2.2		
	Peso (lbs)	11465	11795	12125
	Peso (kg)	5200	5350	5500
	Tipo de ventilación	Aire forzado		
CONDICIONES AMBIENTALES	Grado de protección	NEMA 3R / IP55		
	Temperatura ambiente ^[5]	De -25 °C a +60 °C, >50 °C / Reducción de potencia		
	Humedad relativa	De 4% a 100% sin condensación		
	Altitud máx. (sobre el nivel del mar)	2000m / > 2000 m reducción de potencia (Máx. 4000 m)		
INTERFAZ DE CONTROL	Protocolo de comunicación	Modbus TCP		
	Controlador de planta	Opcional		
	Interruptor ON/OFF con llave	Estándar		
PROTECCIONES	Protección contra fallos a tierra	GFDI y vigilante de aislamiento		
	Control de humedad	Calentamiento activo		
	Protección general de AC y desconexión	Disyuntor		
	Protección general de DC y desconexión	Fusibles, interruptores-seccionadores de DC		
CERTIFICACIONES Y ESTÁNDARES	Protección contra sobretensiones	Protección de Tipo 2 para AC y DC (opcionalmente, Tipo 1+ 2)		
	Seguridad	UL 1741 / CSA 22.2 No.107.1-16 / IEC 62109-1 / IEC 62109-2		
	Instalación	NEC 2020 / IEC		
	Conexión a red	IEEE 1547:2018 / UL 1741 SB / IEC 62116:2014		

Taula 3 Fitxa completa de característiques del inversor HEMK [2]

4.2 Elevador

Per a reduir les pèrdues en els trams interiors de la instal·lació s'utilitzarà el sistema Twin Skid Compact, sistema que pot generar fins a 8.780 kVA a 40°C, ja que interconnecta dos inversors HEMK Talla 4 i

elevant la tensió de corrent alterna fins als 34,5kV i aquesta serà la utilitzada per a minimitzar les pèrdues del transport i el cost dels conductors.

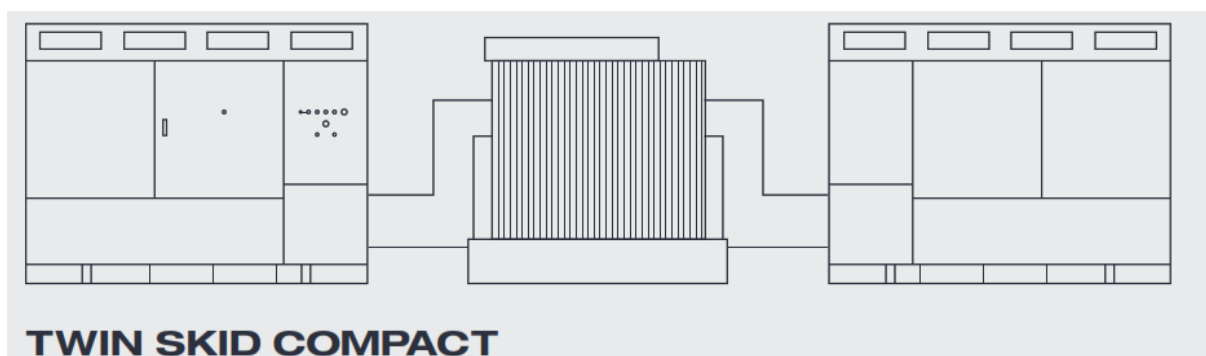


Figura 8 Esquema de connexió del inversor elevador TWIN SKID COMPACT [3]

Aquest element estarà connectat a una subestació que es detalla en aquest diagrama:

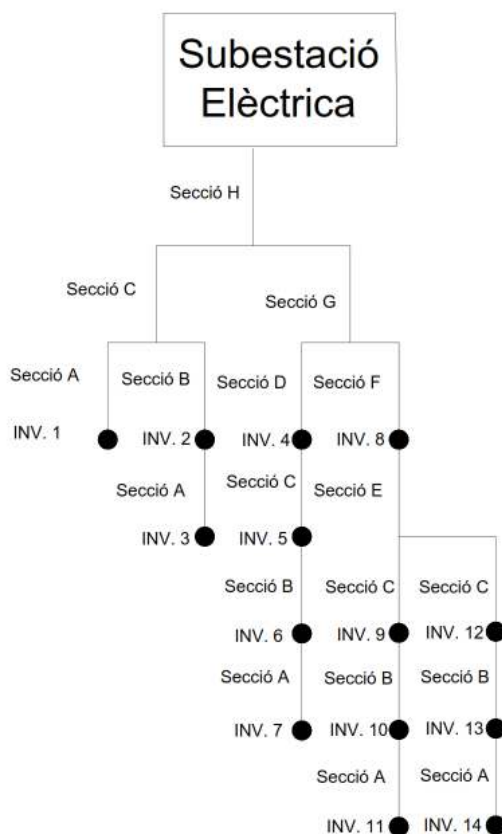


Figura 9 Esquema de connexió dels inversors elevadors amb la subestació elèctrica

En aquest cas hi ha 14 inversors connectats directament a les cel·les de protecció de la subestació les quals serviràn de protecció.

El detall de les seccions seria el següent:

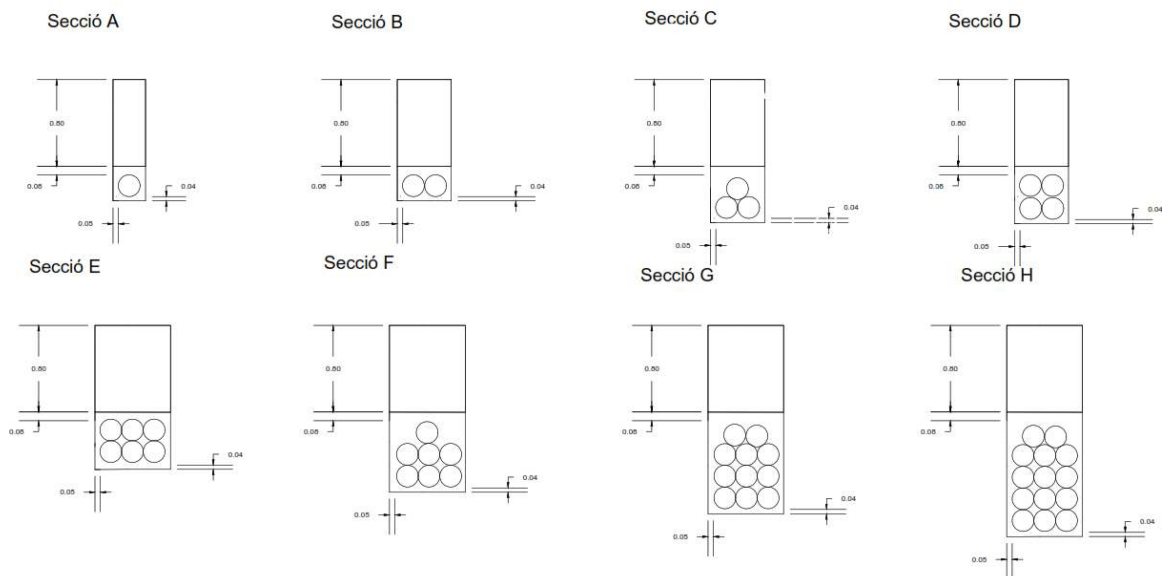


Figura 10 Seccions de tubs enterrats utilitzades per a la connexió dels inversors elevadors a la subestació

Les principals característiques son:

Dada	Valor
Potències	
Potència a 40°C	8.780 kVA
Potència a 50°C	8.150 kVA
Tensions	
Selector de baixa tensió	600 V, 615 V, 630 V, 645 V, 660V, 690V
Selector de mitja-alta tensió	6.6 kV, 11 kV, 13,2 kV, 15 kV, 20 kV, 22 kV, 23 kV, 25 kV, 30 kV, 33 kV, 34,5 kV

Taula 4 Fitxa de característiques principals del elevador

Estaran treballant a una tensió d'entrada de 690V i a una tensió d'eixida de 30 kV.

4.3 Subestació elèctrica

Per a donar eixida a l'energia produïda es deurà projectar una subestació elèctrica capaç d'injectar els 100 MW o 120 MVA que es capaç de produir el parc fotovoltaica en la xarxa de transport de Xarxa Elèctrica d'Espanya que se situa a 4 km d'instal·lació i treballa a una tensió nominal de 400 kV.

La subestació deu comptar amb un transformador de 400/30 kV amb una potència de 120 MVA per a donar elevar la tensió a la requerida per la xarxa i amb un segon transformador de 400/0,4 kV amb una

potència de 100 kVA per a alimentar els serveis auxiliars que demanda el centre de comunicacions i gestió.

Pla de la subestació elèctrica:

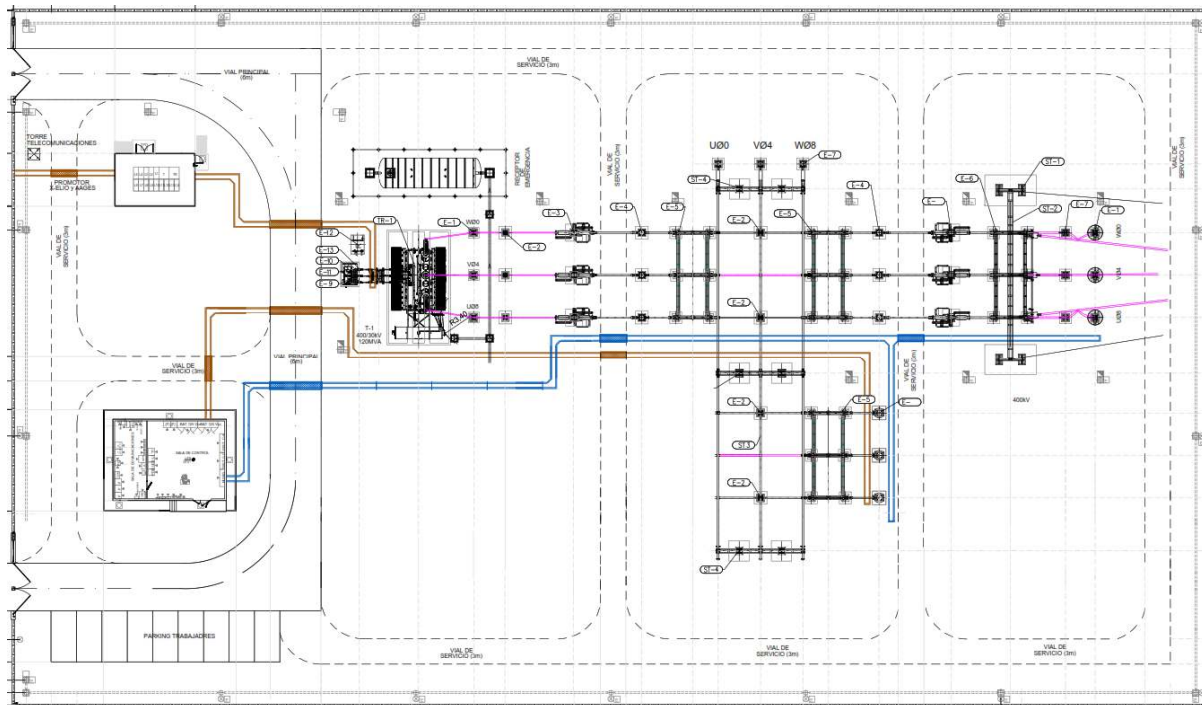


Figura 11 Esquema de la subestació elèctrica per a 120 MVA

I secció:

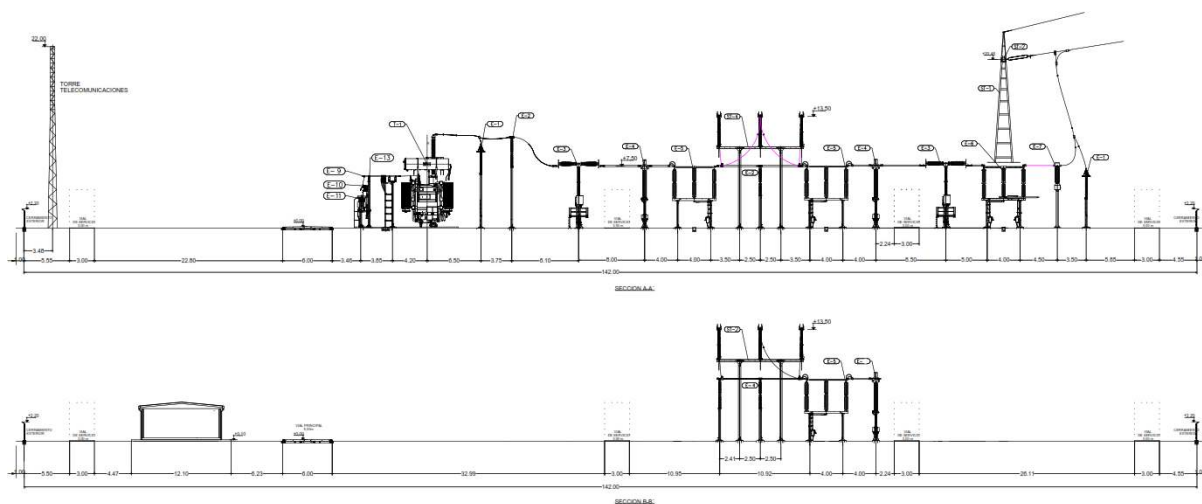


Figura 12 Perfils principals de la subestació elèctrica per a 120 MVA

Aquest està desenvolupat en el seu apartat.

4.4 Mòduls fotovoltaics

Aquest és el principal component del conjunt de les instal·lacions fotovoltaïques, ja que és on es produirà l'energia, en els tres casos estudiats disposen 2 tipus de tecnologies de generació de diferents el primer per al cas A i cas B s'utilitzarà el mòdul mono facial LR5-72HPH 555M del fabricant xines Longi i per al cas C es disposara del mòdul bifacial TSM-665DEG21C.20 del fabricant xines Trina Solar.

En comú deuran tindre els següents certificats així com un rendiment mínim del 21%.

- IEC 61215
- IEC 61730
- UL 61730

Els mòduls seleccionats son:

4.4.1 LR5-72HPH 555M de la marca Xinesa Longi

La selecció es basa en la gran disponibilitat d'aquest panell, ja que és un model pràcticament nou que ha eixit al mercat a finals de 2021, aquest és monocristal·lí de classe PERC amb 6 sèries de cel·les en paral·lel amb 24 cel·les en sèrie per a sortejar millor les pèrdues en el cas que es produeixen micro desperfectes durant la instal·lació.

Les principals característiques elèctriques son:

Característica	Condicions STC	Condicions NOCT
Potència màxima (W)	555	414,8
Tensió en circuit obert (V)	49,95	46,97
Intensitat de curt circuit (A)	14,04	11,35
Tensió a màxima potència (V)	42,10	39,11
Intensitat a màxima potència (A)	13,19	10,61
Eficiència (%)	21,7	21,7

Taula 5 Principals característiques elèctriques del mòdul LR5-72HPH 555M

Les condicions del assajos son els següents:

Assaig	Radiació W/m ²	Temperatura (°C)	Velocitat del vent (m/s)
STC	1000	25	1
NOTC	800	20	1

Taula 6 Condicions d'assaig del mòdul LR5-72HPH 555M

Garantia de rendiment del fabricant:

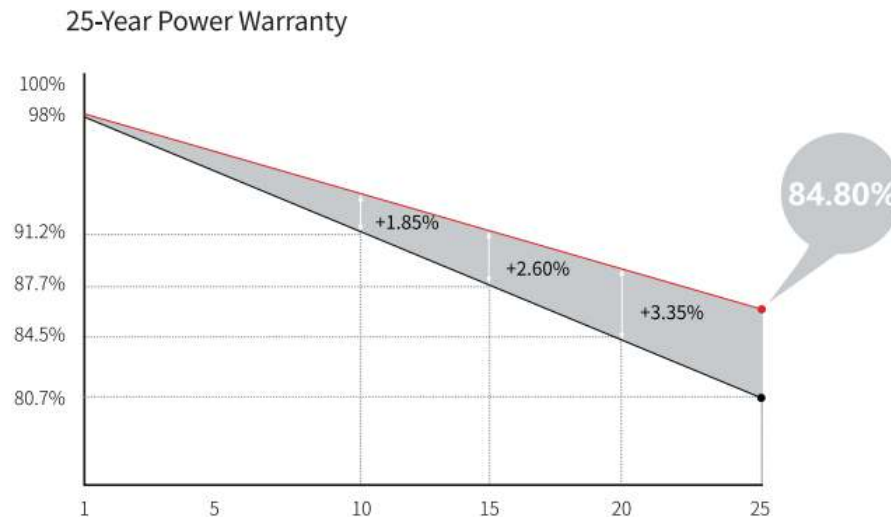


Figura 13 Garantia de rendiment del mòdul LR5-72HPH 555M [4]

4.4.2 TSM-665DEG21C20 del fabricant Xines Trina Solar

La gama Prèmium Vertex, amb una potència de 665Wp en la cara frontal i 712 Wp utilitzant la bifacialitat és a dir un 8% més de rendiment en el mateix espai i estructura.

Principals característiques

Les principals característiques elèctriques son:

Característica	Condicions STC	Condicions bifacials	Condicions NOCT
Potència màxima (W)	665	712	504
Tensió en circuit obert (V)	46,1	46,1	43,4
Intensitat de curt circuit (A)	18,5	19,79	14,91
Tensió a màxima potència (V)	38,3	38,3	35,6
Intensitat a màxima potència (A)	17,39	18,6	14,16
Eficiència (%)	21,4	-	-

Taula 7 Característiques elèctric del mòdul TSM 665DEG21C20

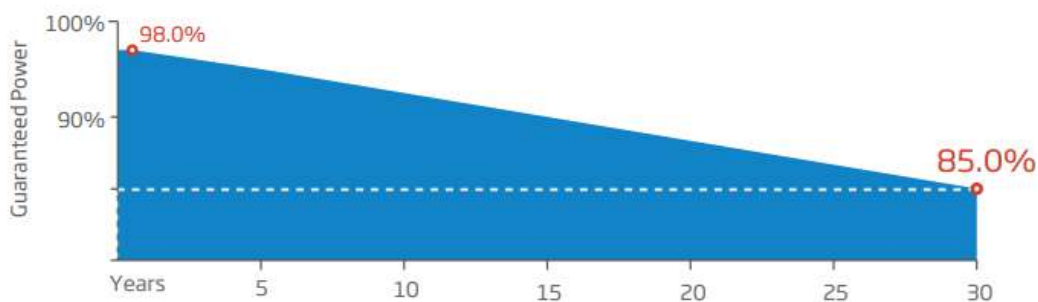
Les condicions del assajos son els següents:

Assaig	Radiació W/m ²	Temperatura (°C)	Velocitat del vent (m/s)	Índex de bifacialitat (%)	Irradiància posterior (%)
STC	1000	25	1	-	-
BF	1000	25	1	70	10
NOTC	800	20	1	-	-

Taula 8 Condicions d'assaig del mòdul TSM 665DEG21C20

Garantia de rendiment del fabricant:

Trina Solar's Vertex Bifacial Dual Glass Performance Warranty



Taula 9 Garantia de rendiment del mòdul TSM 665DEG21C20 [5]

4.5 Estructura fixa

L'estructura fixa és la més utilitzada en instal·lacions de petites dimensions, és a dir, en residencial i indústria. Ja que és molt ràpida d'instal·lar en llocs poc accessibles o amb superfícies petites. També es caracteritzen en utilitzar menys material, ja que tenen millor subjecció al sol amb la contraprestació que es necessiten més pilar augmentant els enclavats.



Figura 14 Estructura fixa [7]

Per a aquesta localització l'angle òptim anual serà el que produïa el màxim en còmput anual, és a dir la instal·lació no està regida per un consum als que es deu amolar la instal·lació.

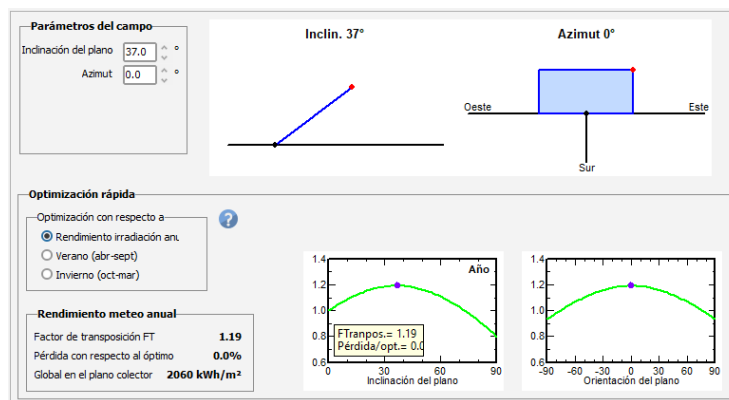


Figura 15 Inclinió òptima per al Cas A

Observant en anàlisi del PVSyst es deurà inclinar 37° sobre l'horitzontal amb un angle azimut de 0° es a dir completament sud.

Com les estructures comercials ofereixen angles predissenyats com 15° , 20° , 25° , 30° , 35° , 40° , 45° ... En aquest cas s'hauria de dissenyar amb el programa SolidWorks, per a la inclinació òptima, ja que no fer-ho suposaria una pèrdua de rendiment i amb el tamany del parc suposaria una gran diferència respecte a utilitzar un model estandarditzat.

4.6 Estructura seguidor

L'estructura el seguidor es compon de diversos suports verticals que poden ser clavats al terreny, aquest deu passar per un estudi de terres per a poder calcular la profunditat a la qual es deuen clavar els perfils en cada zona del parc, com aquestes zones canviaran, ja que el parc és molt extens es podrà utilitzar una mida de perfils per a unes zones i altres més curtes per altres així s'estalvia material.

La tècnica de clavat és molt utilitzada en la construcció de parcs fotovoltaics al llarg del món, ja que és una tècnica senzilla, ràpida i econòmica per a realitzar els muntants que suporten les estructures necessàries.

En la imatge es pot observar una màquina de petites dimensions utilitzada per a clavar els perfils. Dependent de la compactació del terreny serà necessari utilitzar màquines de més potencia.



Figura 16 Mètode de clavat de perfils en el terreny [6]

Una vegada s'instal·len els perfils clavats s'instal·len els caps d'aquests els quals poden tindre un element motor o una ròtula per a permetre el seu gir.



Figura 17 Estructura de seguidor solar d'un sol eix [8]

El motor és de potència reduïda però està connectat a una reductora que li permet exercir el par suficient, ja que es necessita una velocitat lenta i molta precisió per a reduir les pèrdues per desalineació amb l'horitzó òptim.

Aquest estan units amb un eix que uneix tots els caps dels muntants amb les ròtules, l'element motor i els braços que sostenen els mòduls.

Aquest farà rotar tots els mòduls entre 60° i -60° respecte a l'horitzontal, com mostra el següent esquema del PVSyst:

Límites de rotación de phi $-60^\circ/60^\circ$

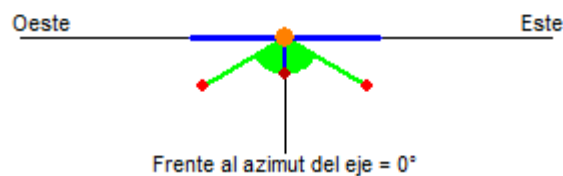


Figura 18 Límits de seguiment solar

Per a calcular la separació entre seguidors s'utilitzara el programa PVSyst. El mètode és crear el model de planta fotovoltaica en el programa i iterar la separació mínima necessària, en cada cas és diferent, ja que te'n compte tant l'altura de l'eix del seguidor com el tamany dels mòduls, ja que aquest és el factor que genera ombra als seguidors veïns.

Aquest calcula l'obra generada el 21 de desembre, ja que és el més desfavorable.

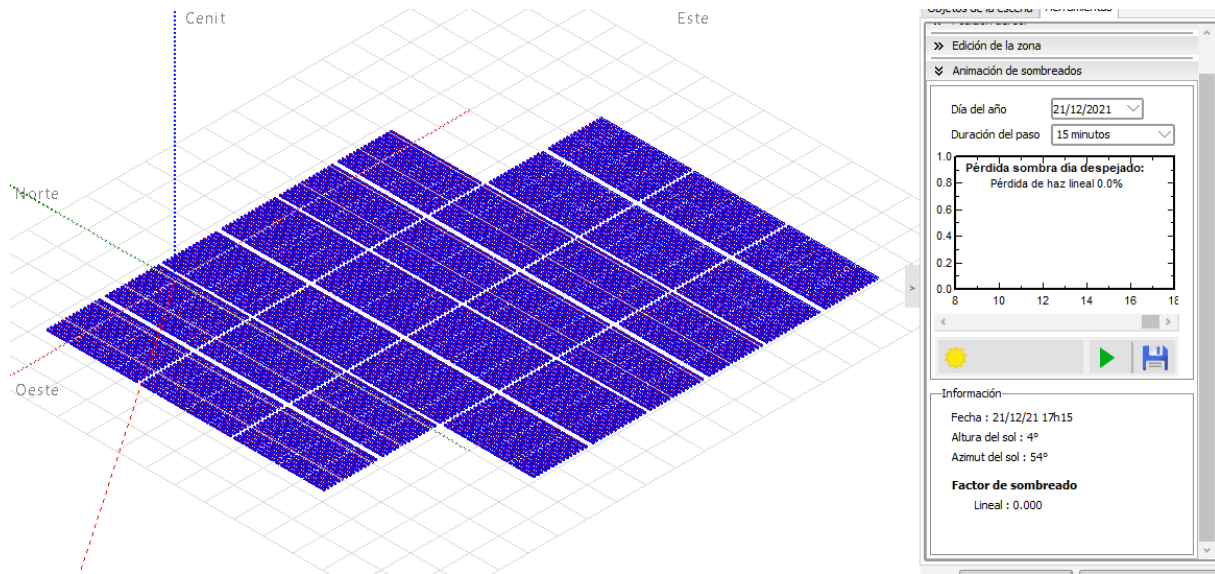


Figura 19 Càlcul per iteració de la separació entre seguidors

5 Casos d'estudi: Tipologia de panell i modalitat d'estructura

En aquest apartat es barregen els equips ja mencionats per a estudiar les possibilitats. Les combinacions podrien arribar fins a les 6 possibilitats, però sols s'estudiaran les més importants de cara a no fer més extens el projecte.

5.1 Cas A. Mòdul mono facial amb estructura fixa.

Els mòduls es disposarien en cadenes en sèrie de 25 unitats, obtenien les següents característiques del PVSystem:

	Valors de tensió en V
Tensió a màxima potència a 60°C	909
Tensió a màxima potència a 20°C	1058
Tensió a -10°C	1317

Taula 10 Tensió de les cadenes calculada per el PVSystem per al Cas A i B

Com se pot observar en ningun cas se superaria la tensió màxima de funcionament del MPPT següent 1.500V, ni la tensió màxima absoluta de 1.550V.

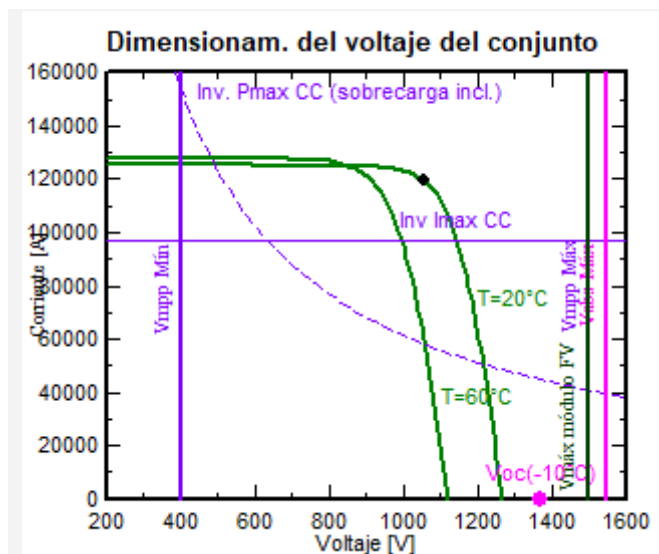


Figura 20 Gràfic del dimensionat del parc fotovoltaica per al Cas A i B

Resum de la instal·lació en el cas A:

Component	Nombre	Potencia	Potencia total
Twin Skid Compact	14	8.780 MVA (40°C)	122,92 MVA
		8.150 MVA (50°C)	114,1 MVA
Mòduls	224.000	555 Wp	124,32 MWp
Intensitat de curtcircuit	125,8 kA	-	-
Terreny utilitzat	1.054.956 m ²	-	-
Perímetre	5.842 m		

Taula 11 Resum de les principals característiques del Cas A

Les taules de mòduls estan compostes per 4 files de 250 columnes, creen taules de 1000 panells, aquestes estan separades entre elles 3m per a evitar ombres.

Els vials horitzontals tenen una separació de 15m i el vial principal vertical te un 20m.

Pla de la distribució en aquest cas:

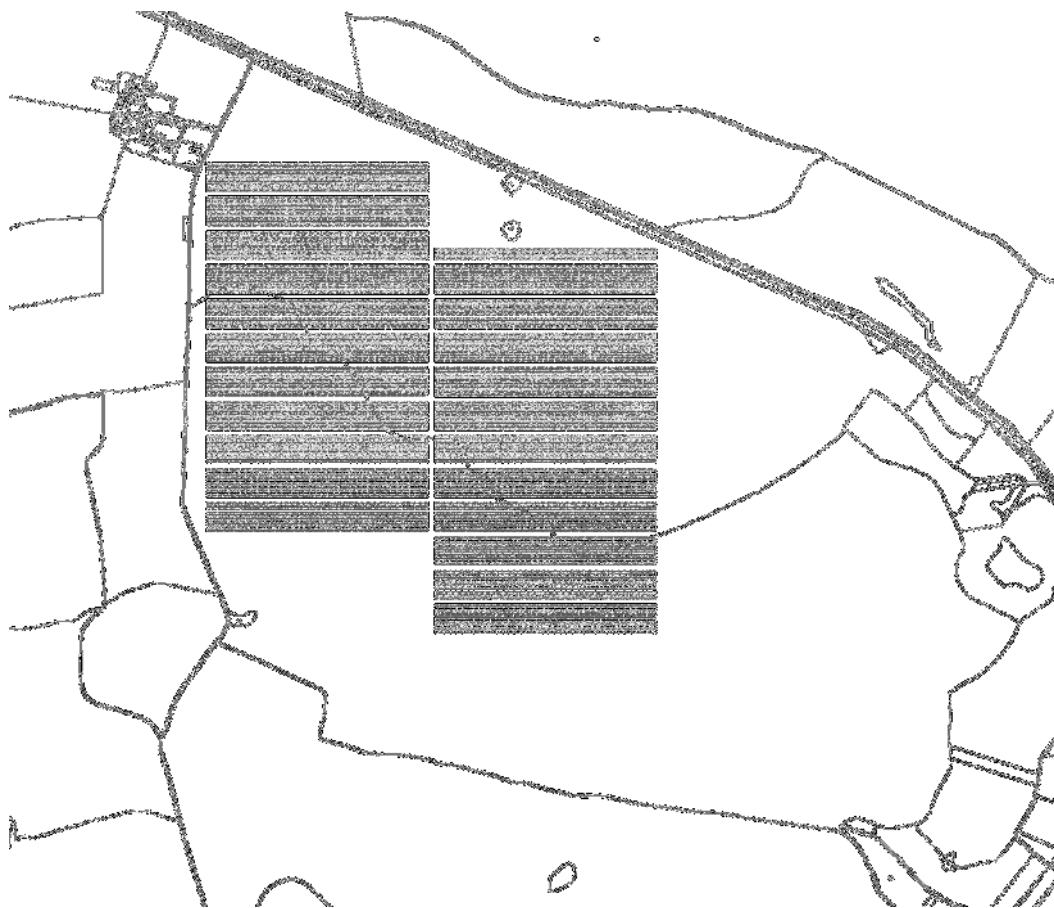


Figura 21 Distribució aproximada dels seguidors en el terreny del cas A

5.2 Cas B. Mòdul mono facial amb estructura mòbil

En quant a l'estructura aquest cas és un "2V" és a dir, tenen dos mòduls en vertical i 50 mòduls en horitzontals.

El sistema anti vibració compta amb 2 amortidors amb electrovàlvula en els muntants extrems per a poder afrontar els vents.

Per alimentar els sistemes motors i de comunicació en el centre del seguidor se situarà un panell de reduïdes dimensions que deurà ser capaç d'alimentar tant el motor com la CPU controlador de cada seguidor el qual comptarà amb una bateria.

	Valors de tensió en V
Tensió a màxima potència a 60°C	909
Tensió a màxima potència a 20°C	1058
Tensió a -10°C	1371

Taula 12 Tensió de les cadenes calculada per el PVSyst per al Cas B

Com es pot observar en ningun cas se superaria la tensió màxima de funcionament del MPPT següent 1.500V, ni la tensió màxima absoluta de 1.550V.

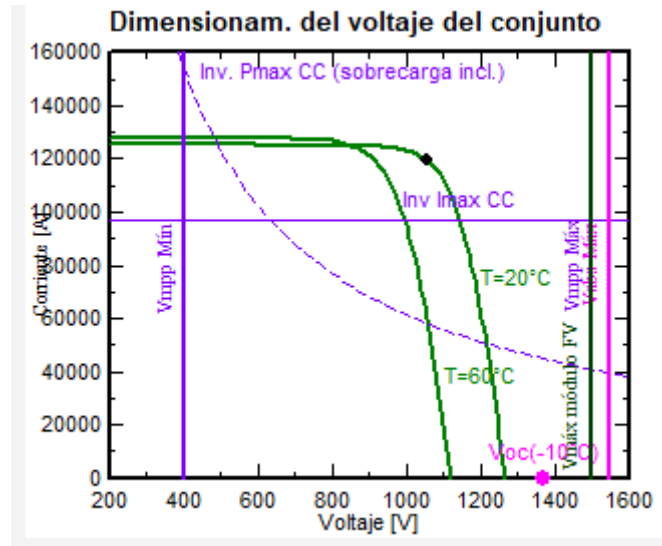


Figura 22 Gràfic del dimensionat del parc fotovoltaica per al Cas B

Amb el programa PVSyst obtenim que la separació òptima on ja no es generen ombres entre els mòduls és de 11m entre eixos dels seguidors.

Cada seguidor albergarà a 4 cadenes de mòduls cada una de 25 mòduls més el mòdul central que alimenta el sistema de seguiment.

Resum de la instal·lació en el cas B:

Component	Nombre	Potencia	Potencia total
Twin Skid Compact	14	8.780 MVA (40°C)	122,92 MVA
		8.150 MVA (50°C)	114,1 MVA
Mòduls	224.000	555 Wp	124,32 MWp
Intensitat de curtcircuit	125,8kA	-	-
Terreny utilitzat	1.603.396 m ²	-	-

Taula 13 Resum de les principals característiques del Cas B

Pla de la distribució en aquest cas:

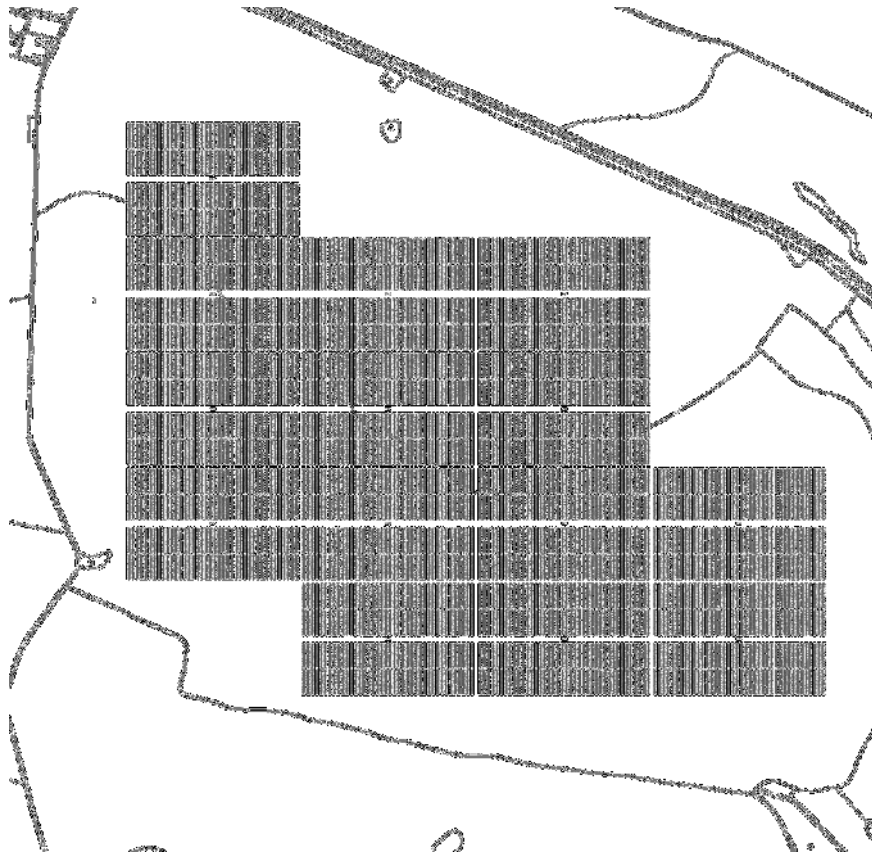


Figura 23 Distribució aproximada dels seguidors en el terreny del cas B

5.3 Cas C. Mòdul bifacial amb estructura mòbil

En aquest cas s'utilitza una estructura idèntica que en el cas B, amb un mòdul amb una tecnologia més avançada com és la bifacial

Els mòduls es disposarien en cadenes en sèrie de 28 unitats, obtenien les següents característiques:

	Valors de tensió en V
Tensió a màxima potència a 60°C	934
Tensió a màxima potència a 20°C	1083
Tensió a -10°C	1413

Taula 14 Tensió de les cadenes calculada per el PVsyst per al Cas C

Com es pot observar en ningun cas se superaria la tensió màxima de funcionament del MPPT següent 1.500V, ni la tensió màxima absoluta de 1.550V.

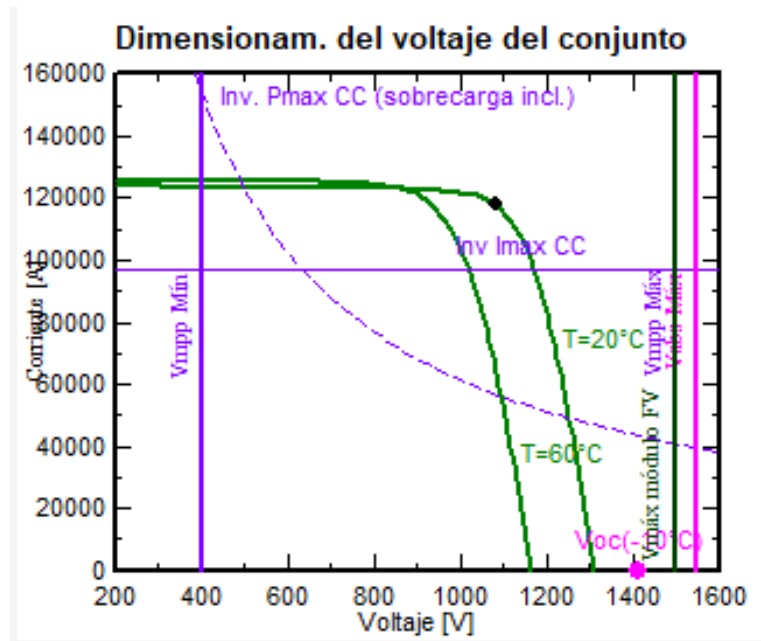


Figura 24 Gràfic del dimensionat del parc fotovoltaica per al Cas C

Com a variació del cas B, en este cas s'utilitzaran seguidors més gran de 4 cadenes de 28 mòduls més el mòdul central d'alimentació del sistema de seguiment.

En aquest cas per a tindre una òptima utilitat de la bifacialitat se separaran els seguidors 12,5m.

Resum de la instal·lació en el cas A:

Component	Nombre	Potencia	Potencia total
Twin Skid Compact	14	8.780 MVA (40°C)	122,92 MVA
		8.150 MVA (50°C)	114,1 MVA
Mòduls	188.160	655 Wp	125,1 MWp
Intensitat de curtcircuit	124,3 kA	-	-
Terreny utilitzat	1.767.938 m ²	-	-
Perímetre	5.582 m		

Taula 15 Resum de les principals característiques del Cas C

Esquema de la instal·lació.



Figura 25 Distribució aproximada dels seguidors en el terreny del cas C

6 Simulació amb PVSyst

El PVSyst és un software creat per a realitzar simulacions avançades d'instal·lacions d'energia fotovoltaica tant per a petit tamany com una instal·lació residencial, com per a una mitjana instal·lació industrial o una gran instal·lació que seria aquest cas amb la simulació del parc fotovoltaica de 120 MVA.

Aquest programa per a realitzar els càlculs necessita principalment:

- La ubicació de la instal·lació.
- Selecció d'equips, inversor i mòduls
- Selecció de cablejat
- Introducció de pèrdues
- Modelatge del instal·lació

Amb aquestes dades s'obté la generació multiplicant la superfície dels mòduls per la radiació per superfície i amb aquest màxima generació se li apliquen els rendiments per a reduir la generació.

S'adjunta un exemple del càlcul:

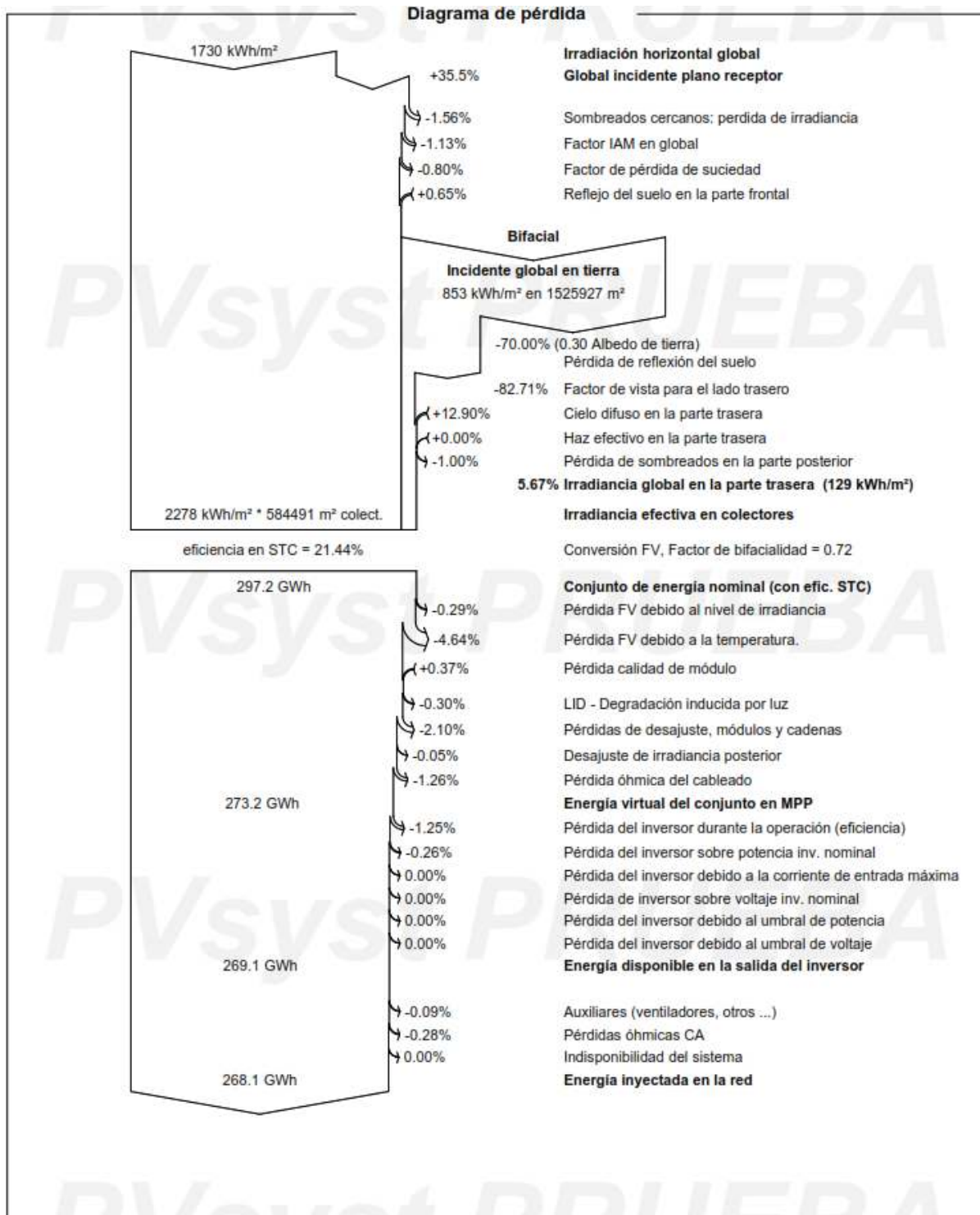


Figura 26 Esquema de pèrdues de PVsyst

Es pot observar com primer calcula la radiació total, en aquest cas sumant l'augment de radiació per la bifacialitat i posteriorment es multiplica per l'àrea de captadors, Finalment se li resten les pèrdues.

6.1 Dades climàtiques

Les dades climàtiques s'hi han obtingut de la base de dades el mateix PVSyst les quals per aquesta ubicació són sintètiques, és a dir, estan creades a partir de dades reals de les proximitats.

Per a la temperatura anual mes a mes s'obté la següent gràfica:

Meteo para Olmedilla de Alarcón - Datos generados sintéticamente a partir de valores mensuales

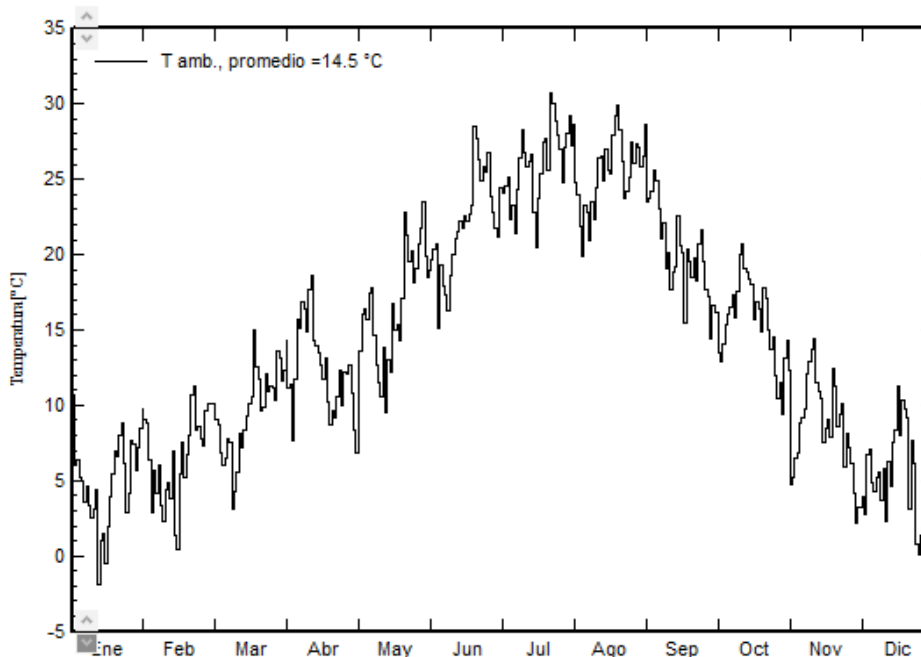


Figura 27 Dades tèrmiques

Per a la velocitat del vent anual mes a mes s'obté la següent gràfica:

Meteo para Olmedilla de Alarcón - Datos generados sintéticamente a partir de valores mensuales

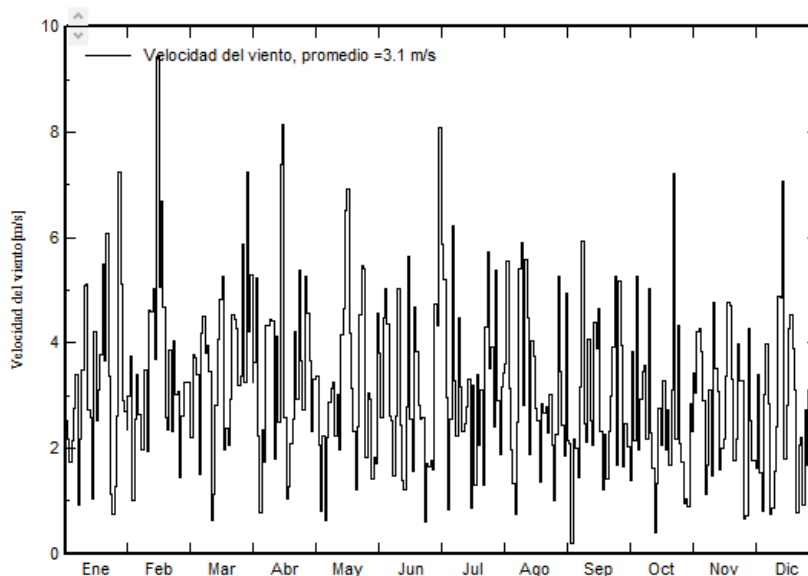


Figura 28 Dades de vent

Per a la radiació anual mes a mes s'obté la següent gràfica:

Meteo para Olmedilla de Alarcón - Datos generados sintéticamente a partir de valores mensuales

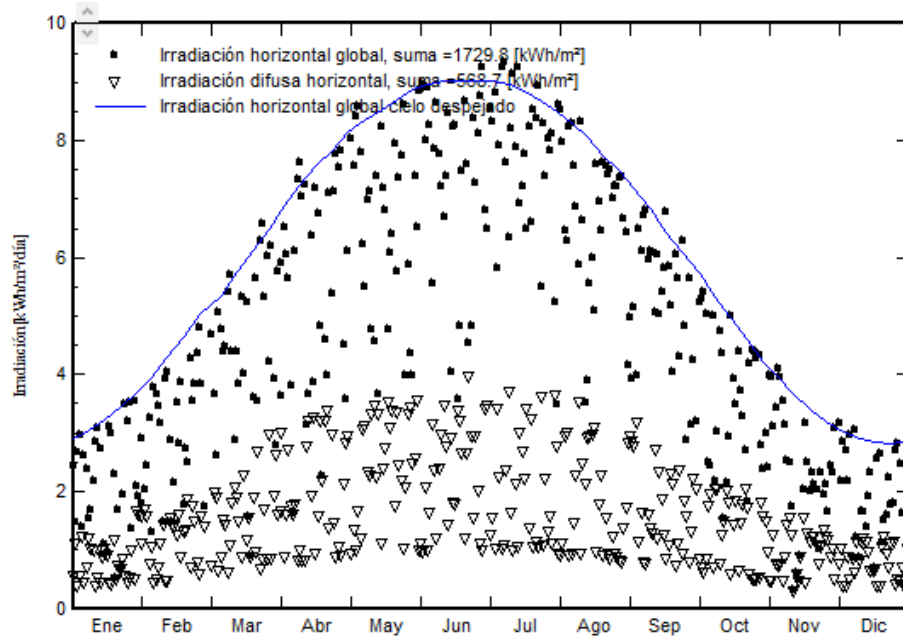


Figura 29 Dades de radiació

6.2 Pèrdues

En aquest apartat es descriuen i justifiquen les pèrdues que es podran assumir en la instal·lació, aquestes estan dividides entre les produïdes en la banda de corrent continua i les produïdes per la part de corrent alterna.

Com a pèrdues amb càlcul general estan les pèrdues per resistivitat o pèrdues òhmiques, en el PVSyst:

Circuito CC: pérdidas óhmicas en el conjunto

Especificado por

Res. de cableado global mΩ Calculada ?

Fracción pérdida en STC % Defecto

Caída de voltaje a través del diodo en serie V Defecto

Pérdidas CA después del inversor

Circuito CA: inversor al punto de inyección (por inversor)

Utiliza pérdida óhmica del circuito CA ?

Longitud del inversor a inyección m Sección cables

Fracción pérdida en STC % ?

STC: P_{ca} = 8823 kW, V_{ca} = 34500 V Tr_i, I = 147.6 A

Caída de voltaje en STC V (0.40%)

Cobre Alu

Figura 30 Pèrdues elèctriques en PVSyst

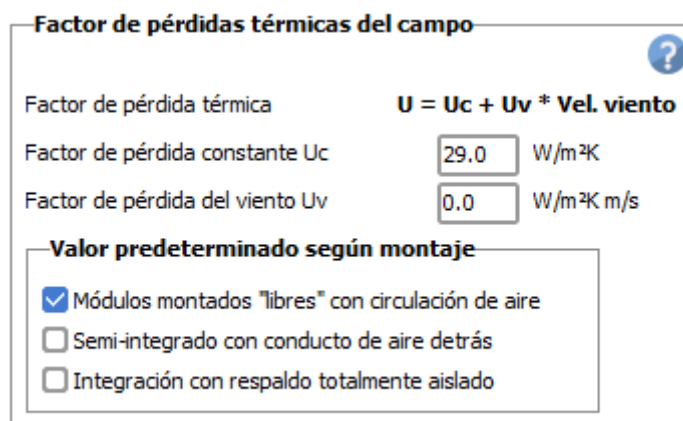
Es poden assumir com a màxim un 1,5% de pèrdues en la part de contínua, aquest serà dimensionat en l'Annex II de càlculs elèctrics del cas elegit.

En la part de corrent alterna s'opta per calcular el més desfavorable, en aquest cas l'inversor-elevador més llunyà disposat a 2.110m de la subestació.

Com es coneixen totes les dades s'obté que és necessari una secció de 90mm² per a aconseguir una caiguda de tensió de 0,4%.

6.2.1 Temperatura

La disposició dels mòduls i és directament proporcional a la seua capacitat de dissipar temperatura rebuda per la mateixa radiació del sol, com major siga aquest, millor rendiment tindrà al treballar a temperatures més fredes i així augmentar la tensió de treball.



Factor de pérdidas térmicas del campo

Factor de pérdida térmica $U = U_c + U_v * \text{Vel. viento}$

Factor de pérdida constante U_c W/m²K

Factor de pérdida del viento U_v W/m²K m/s

Valor predeterminado según montaje

Módulos montados "libres" con circulación de aire

Semi-integrado con conducto de aire detrás

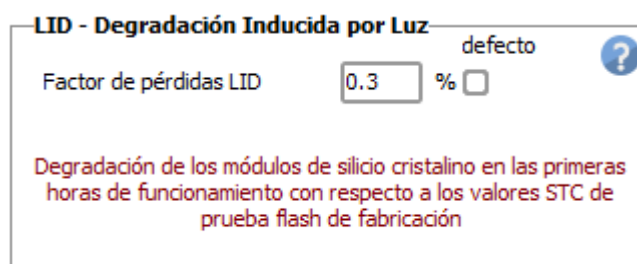
Integración con respaldo totalmente aislado

Figura 31 Pèrdues tèrmiques en PVSystem

En els tres casos estudiats tenim que la part posterior està lliure i no compta amb ninguna paret com el cas de l'estructura coplanar.

6.2.2 L.I.D. Qualitat del mòdul

El valor L.I.D. indica la perduda de rendiment en les primeres hores de funcionament, aquest en general els fabricants no el faciliten però se sap que en els mòduls "Tier 1" com són els dos models utilitzats està al voltant del 0,3%.



LID - Degradación Inducida por Luz

Factor de pérdidas LID % defecto

Degradación de los módulos de silicio cristalino en las primeras horas de funcionamiento con respecto a los valores STC de prueba flash de fabricación

Figura 32 Degradació LID en PVSystem

Respecte a la qualitat en la fitxa tècnica dels fabricants indiquen que la tolerància és d'un 5% positiu és a dir se sol tindre entre un 0% i un 5 % de rendiment extra, en aquest cas podem dir que tindrem un 2,5% més de rendiment.

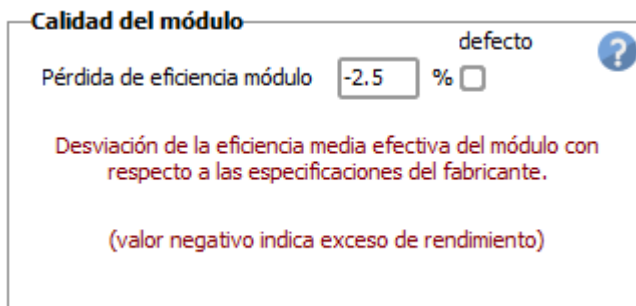


Figura 33 Pèrdues de rendiment per qualitat en PVSystem

6.2.3 Desajust

En aquest apartat s'indiquen les pèrdues que es poden tindre per la diferència de qualitat entre els diferents mòduls que formen una cadena, aquest és petit sobre un 2% en aquesta gama de mòduls.

Per al càlcul s'ha utilitzat la distància entre l'última cadena i l'inversor de 150m i s'obtenen les següents gràfiques de pèrdues:

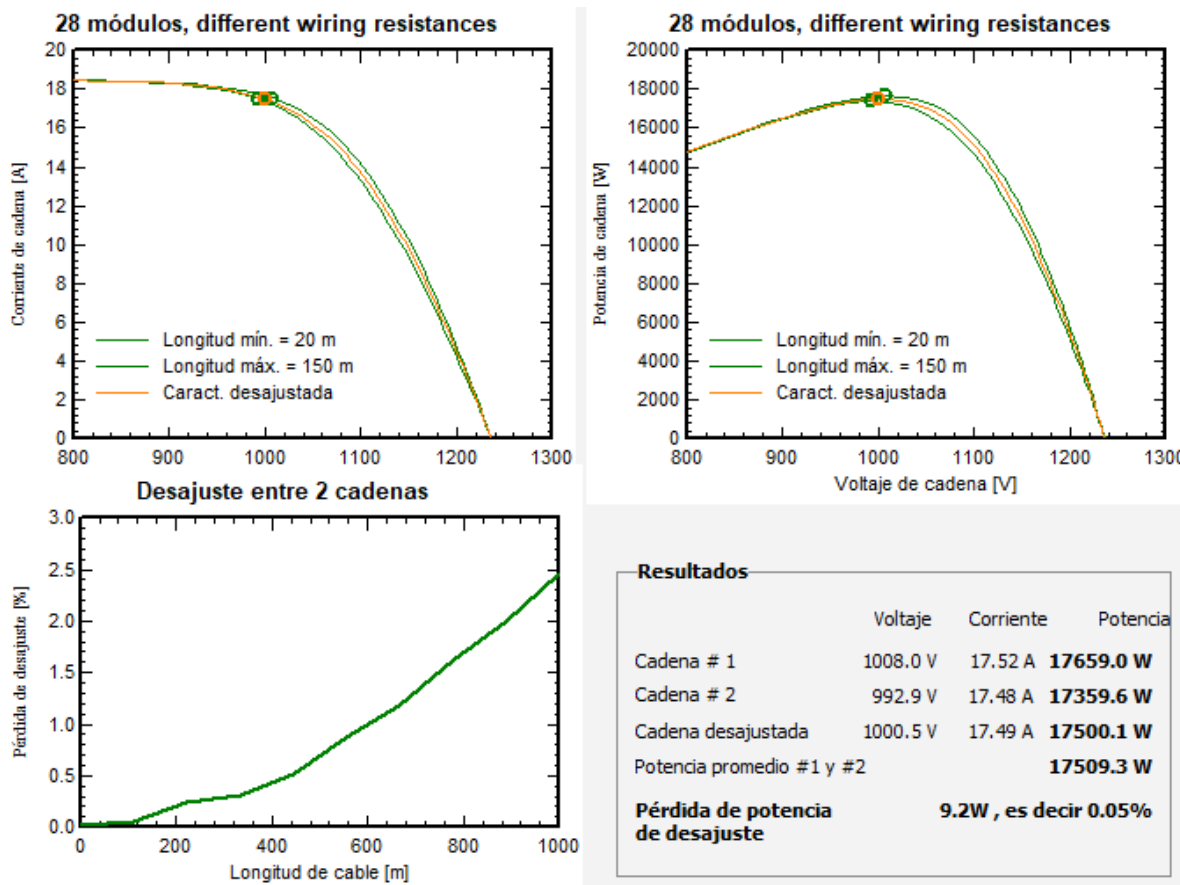


Figura 34 Gràfics de les pèrdues per desajust en PVSystem

S'obté que hi ha un 0,05% de pèrdues per aquest fenomen.

6.2.4 Brutícia

En aquest cas se te'n compte tant la brutícia generada en els mesos més càlids pel fenomen de la calima, és a dir la terra que porta els vents del nord d'Àfrica fins a la província de conca i en hivern la neu.

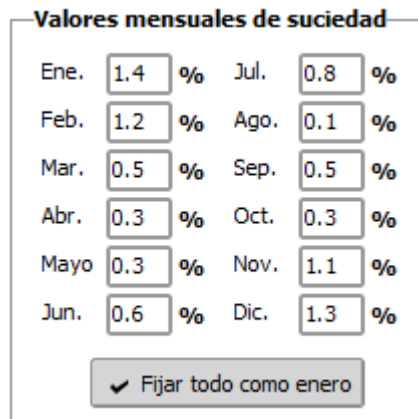


Figura 35 Pèrdues per brutícia en PVSyst

6.2.5 IAM i Envelliment

El IAM reflecteix les pèrdues que es produeixen en les primeres hores de funcionament aquesta dada la donen les fabricants dels mòduls en aquest cas per al model mono facial de Longi és d'aproximadament el 2%.

25-Year Power Warranty

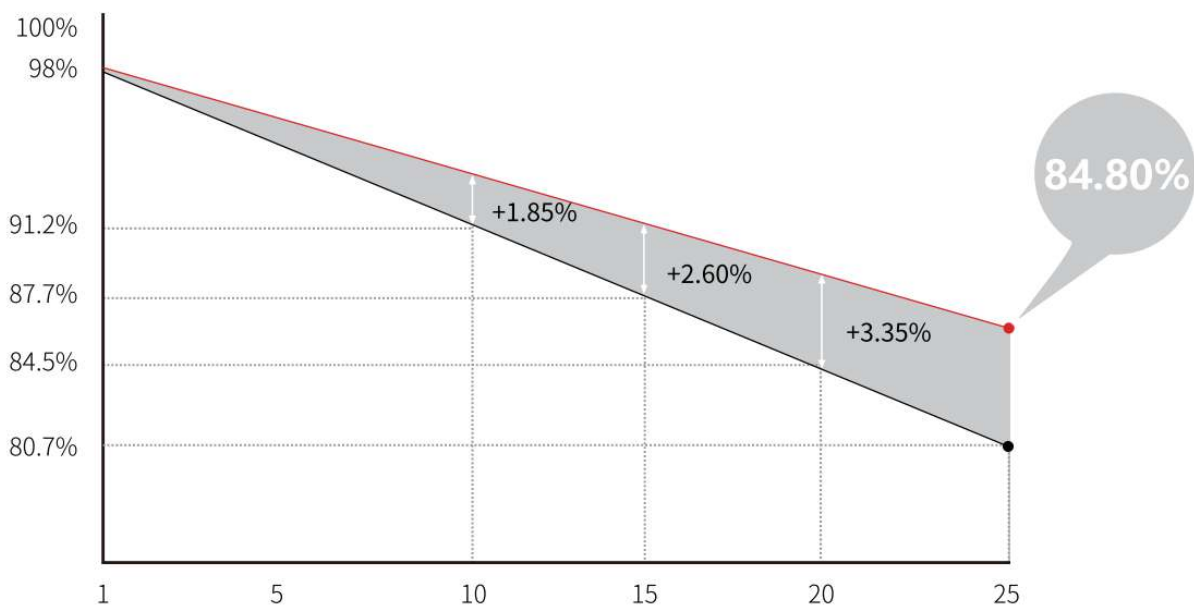


Figura 36 Pèrdues per envelliment del mòdul de Longi [4]

També queden indicades les pèrdues per envelliment del mòdul sent del 15,20% al fi de la garantia als 25 anys.

Per al cas de model bifacial de Trina Solar també són al voltant del 2%:

Trina Solar's Vertex Bifacial Dual Glass Performance Warranty

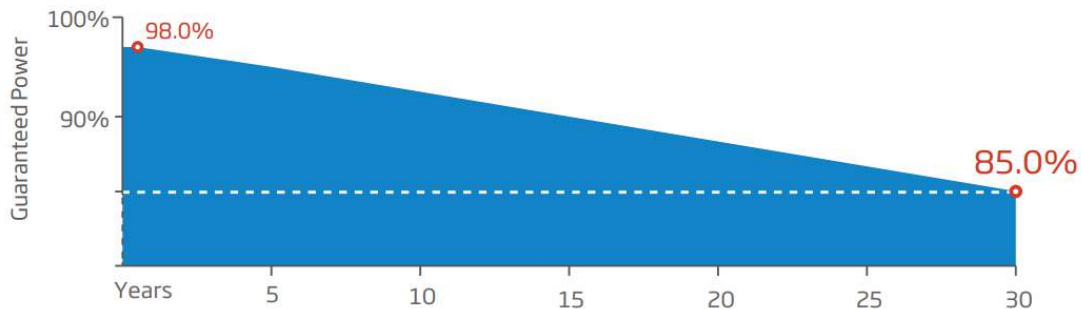


Figura 37 Pèrdues per envelliment del mòdul de Trina [5]

En aquest cas s'observa una millora en l'envelliment tenint una garantia de 30 anys amb sols un 15% de pèrdues.

6.2.6 Indisponibilitat

Fa referència al temps que la planta estarà parada per manteniment o avaries, en aquest cas projectem un dia a l'any, ja que gran part dels manteniments i revisions es poden dur a terme durant les hores sense radiació o en els dies de gran nuvolositat.

Aquest serà un 0,3% del temps total anual i es dividirà en 3 torns de 8 hores.

6.2.7 Rendiment

En aquest apartat es descriu el rendiment dels inversors i elevadors de tensió, per als inversors HEMK FS4390K connectats a l'elevador de 0,69/33 kV contenen un rendiment europeu del 98,65% segons les seues fitxes tècniques.

6.2.8 Auxiliars

Les pèrdues dels equips auxiliars en tots els casos seran baixes, ja siga en l'estructura fixa, ja que no consumeix i en els seguidors perquè sa auto alimenten amb un panell solar situat al centre del seguidor, sols es tindran els consums de la videovigilància, de la il·luminació de la zona de la subestació i la dels escalfadors dels inversors i elevadors per a evitar la congelació dels líquids dielèctrics.

Es pot assumir un consum de 15 kW durant el dia on no s'utilitzen gran part dels equips auxiliars i 40 kW durant les hores nocturnes.

6.3 Comparatives energètiques

Aquest apartat es realitzen les comparatives dels tres casos estudiats en el programa PVSyst.

Ordenant les dades sobre la producció mensual d'energia en els tres casos s'obté aquesta gràfica:

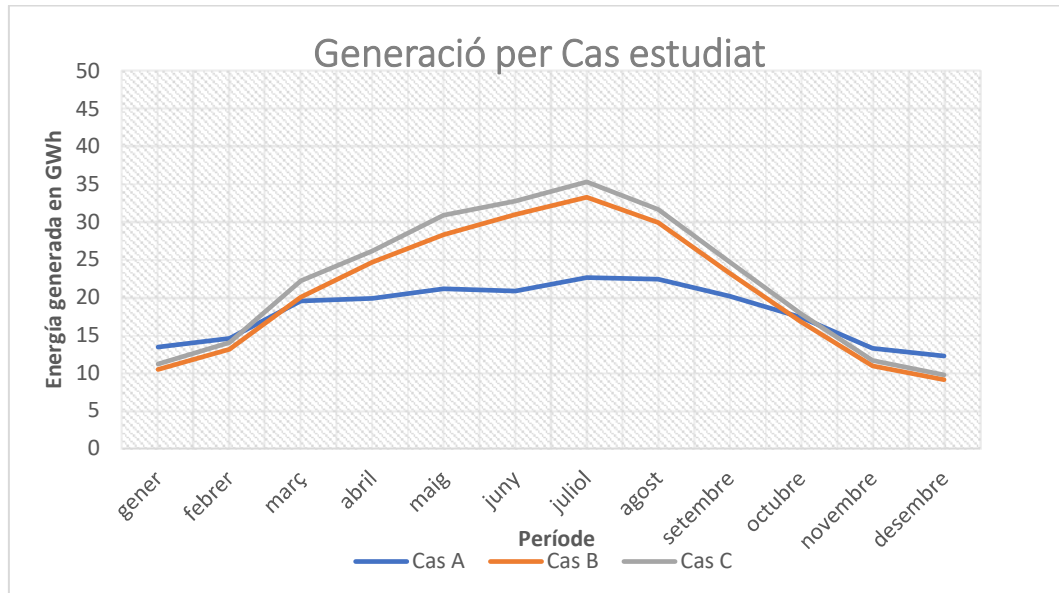


Figura 38 Comparativa de generació segon Cas de instal·lació

A simple vista es pot concloure que el cas C és el més favorable, ja que en gran part dels mesos és superior als demes casos, descomponent les dades s'obté aquesta taula:

Generació energètica en GWh			
	Cas A	Cas B	Cas C
gener	13,41	10,46	11,17
febrer	14,57	13,13	13,99
març	19,53	20,05	22,21
abril	19,88	24,66	26,13
maig	21,13	28,32	30,91
juny	20,86	30,97	32,76
juliol	22,64	33,31	35,34
agost	22,4	29,93	31,67
setembre	20,17	23,23	24,7
octubre	17,36	16,75	17,82
novembre	13,24	10,89	11,65
desembre	12,24	9,11	9,75
any	217,44	250,79	268,09

Taula 16 Generació mensual segons Cas

Es confirma que el Cas C és un 6,45% més efectiu que el cas B i un 18,89% respecte al Cas A.

7 Càlculs elèctrics

7.1. Càlcul de la cadena

Per als càlculs elèctrics del cablejat de corrent continua s'utilitzarà el REBT, es podran distingir dos trams les connexions de cada seguidor i el tram de connexió dels seguidors fins als inversors elevadors, es a dir tot el tram que treballa en corrent continua i a tensió inferior a 1500V.

Primer tram "string" o cadena, aquest serà el circuit primari que uneix els panells, com ja ha explicat cada cadena està formada per 28 panells en sèrie obtenint les següents característiques:

Característica	Quantitat
Intensitat	18,6 A
Tensió	1.072,4 V

Taula 17 Característiques principals de la cadena

De la fitxa de característiques obtenim que la secció que incorporen els mòduls és de $S=4\text{mm}^2$ i la tirada és de 36,5m. El retorn fins al centre seran 36,5m, ja que totes les cadenes eixiran des de la part central del seguidor, la zona del motor i també deuran retornar a el mateix centre.

La secció seleccionada per al conductor de retorn és de $1 \times 16 \text{ mm}^2$ de coure suposem una temperatura de 40°C , ja que estaran a l'aire i coberts del sol, ja que estaran en la part inferior del mòdul, s'obté una resistivitat de $52 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$.

La caiguda de tensió:

$$U = \frac{L_{mòd} \cdot S_{mòd}}{\rho \cdot I} + \frac{L_{ret} \cdot S_{ret}}{\rho \cdot I} = \frac{36,5 \cdot 4}{52 \cdot 18,6} + \frac{36,5 \cdot 16}{52 \cdot 18,6} = 4,078 \text{ V}$$

$$V(\%) = 100 \cdot \frac{4,078}{1.072,4} = 38\%$$

7.2 Càlcul de l'agrupació de cadenes

Per a la connexió entre el centre dels panells fins a les arquetes s'agruparan les 4 cadenes que té cada seguidor obtenien les següents característiques:

Característica	Quantitat
Intensitat	74,4 A
Tensió	1.072,4 V

Taula 18 Característiques principals de l'agrupació de cadenes

La caiguda de tensió:

$$U = \frac{2 \cdot L_{agru} \cdot S_{agru}}{\rho \cdot I} = + \frac{2 \cdot 36,5 \cdot 50}{52 \cdot 74,4} = 2,175 \text{ V}$$

$$V(\%) = 100 \cdot \frac{2,175}{1.072,4} = 0,20\%$$

Sumant els dos trams se obté una perduda de tensió total de 6,253V.

7.3 Càlcul del tram entre arquetes e inversor

Per al tram entre les arquetes fins als inversors obté la següent taula d'equivalències de connexió dels seguidors, aquest segueix la nomenclatura de l'annex de plànols.

Tipus	Nomenclatura
A1=B1=C30=D30	1
A2=B2=C29=D29	2
A3=B3=C28=D28	3
A4=B4=C27=D27	4
A5=B5=C26=D26	5
A6=B6=C25=D25	6
A7=B7=C24=D24	7
A8=B8=C23=D23	8
A9=B9=C22=D22	9
A10=B10=C21=D21	10
A11=B11=C20=D20	11
A12=B12=C19=D19	12
A13=B13C18=D18	13
A14=B14=C ^o 7=D17	14
A15=B15=C16=D16	15
A16=B16=C15=D15	16
A17=B17=C14=D14	17
A18=B18=C13=D13	18
A19=B19=C12=D12	19
A20=B20=C11=D11	20
A21=B21=C10=D10	21
A22=B22=C9=D9	22

A23=B23=C8=D8	23
A24=B24=C7=D7	24
A25=B25=C6=D6	25
A26=B26=C5=D5	26
A27=B27=C4=D4	27
A28=B28=C3=D3	28
A29=B29=C2=D2	29
A30=B30=C1=D1	30

Taula 19 Seguidors idèntics

Com que la disposició dels seguidors és simètrica es pot obtenir aquesta simplificació, aquest patró es repeteix per als 14 inversors elevadors.

Utilitzant la mateixa fórmula però amb una resistivitat de $32 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$ ja que en aquest cas el material és Alumini.

Seguidor	L en m	U en V	I en A	P en VA	ρ Al a 40 °C	Secció comercial	Caiguda de tensió	I adm	Perduda de per trams	Perduda total	
1	528	1072,4	74,4	73360	32	50	24,552	126	6,253	30,805	2,87%
2	504,8	1072,4	74,4	73360	32	50	23,473	126	6,253	29,726	2,77%
3	481,6	1072,4	74,4	73360	32	50	22,394	107	6,253	28,647	2,67%
4	458,4	1072,4	74,4	73360	32	50	21,316	107	6,253	27,569	2,57%
5	435,2	1072,4	74,4	73360	32	50	20,237	107	6,253	26,490	2,47%
6	412	1072,4	74,4	73360	32	50	19,158	107	6,253	25,411	2,37%
7	388,8	1072,4	74,4	73360	32	35	25,827	107	6,253	32,080	2,99%
8	365,6	1072,4	74,4	73360	32	35	24,286	107	6,253	30,539	2,85%
9	342,4	1072,4	74,4	73360	32	35	22,745	89	6,253	28,998	2,70%
10	319,2	1072,4	74,4	73360	32	35	21,204	89	6,253	27,457	2,56%
11	296	1072,4	74,4	73360	32	35	19,663	89	6,253	25,916	2,42%
12	272,8	1072,4	74,4	73360	32	25	25,370	89	6,253	31,623	2,95%
13	249,6	1072,4	74,4	73360	32	25	23,213	89	6,253	29,466	2,75%
14	226,4	1072,4	74,4	73360	32	25	21,055	89	6,253	27,308	2,55%
15	203,2	1072,4	74,4	73360	32	25	18,898	89	6,253	25,151	2,35%
16	213,2	1072,4	74,4	73360	32	25	19,828	90	6,253	26,081	2,43%
17	236,4	1072,4	74,4	73360	32	25	21,985	91	6,253	28,238	2,63%
18	259,6	1072,4	74,4	73360	32	25	24,143	92	6,253	30,396	2,83%
19	282,8	1072,4	74,4	73360	32	35	18,786	93	6,253	25,039	2,33%
20	306	1072,4	74,4	73360	32	35	20,327	94	6,253	26,580	2,48%
21	329,2	1072,4	74,4	73360	32	35	21,868	95	6,253	28,121	2,62%
22	352,4	1072,4	74,4	73360	32	35	23,409	96	6,253	29,662	2,77%
23	375,6	1072,4	74,4	73360	32	35	24,951	97	6,253	31,203	2,91%
24	398,8	1072,4	74,4	73360	32	50	18,544	98	6,253	24,797	2,31%
25	422	1072,4	74,4	73360	32	50	19,623	99	6,253	25,876	2,41%
26	445,2	1072,4	74,4	73360	32	50	20,702	100	6,253	26,955	2,51%
27	468,4	1072,4	74,4	73360	32	50	21,781	101	6,253	28,034	2,61%
28	491,6	1072,4	74,4	73360	32	50	22,859	102	6,253	29,112	2,71%
29	514,8	1072,4	74,4	73360	32	50	23,938	103	6,253	30,191	2,82%
30	538	1072,4	74,4	73360	32	50	25,017	104	6,253	31,270	2,92%

Taula 20 Càlculs elèctrics de cada seguidor

7.4. Càlcul del tram elevador fins a la subestació

L'últim tram de conductors és l'enllaç entre l'eixida de l'inversor elevadors fins a la subestació elèctrica. Aquesta serà una línia de mitja tensió, ja que funciona a 30 kV, s'utilitzarà la següent taula extreta de la normativa:

Tabla 52: intensidad máxima admisible en amperios para cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro de cobre, en instalación enterrada (servicio permanente).

Cables	Sección nominal de los conductores (mm ²)	Intensidad (A)
3 · 50 Al + 16 Cu	50	160
3 · 95 Al + 30 Cu	95	235
3 · 150 Al + 50 Cu	150	305
3 · 240 Al + 80 Cu	240	395

Temperatura máxima del conductor: 90 °C.

Temperatura del terreno: 25 °C.

Profundidad de instalación: 0,70 m.

Resistividad térmica del terreno: 1 k·m/W.

Intensidades máximas admisibles, en amperios, para cables con conductores de aluminio en instalación enterrada (servicio permanente):

Taula 21 Valors mínims segons la normativa d'Iberdrola

En aquest cas seleccionarem la línia de 3x95Al + 30 Cu, ja que l'inferior no compleix per Intensitat.

Fórmula d'intensitat:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{7.870.000}{\sqrt{3} \cdot 30.000} = 168,97A$$

Fórmula caiguda de tensió:

$$U = \frac{L \cdot P}{\rho \cdot S \cdot V}$$

Se obté la següent taula:

	L en m	U en V	S en VA	Conductivitat	I en A	Secció	caiguda u	U%
INV 1	505	30000	8780000	32	168,97	95	48,61	0,162%
INV 2	512	30000	8780000	32	168,97	95	49,29	0,164%
INV 3	826	30000	8780000	32	168,97	95	79,52	0,265%
INV 4	372	30000	8780000	32	168,97	95	35,81	0,119%
INV 5	686	30000	8780000	32	168,97	95	66,04	0,220%
INV 6	1000	30000	8780000	32	168,97	95	96,27	0,32%

INV 7	1314	30000	8780000	32	168,97	95	126,50	0,42%
INV 8	772	30000	8780000	32	168,97	95	74,32	0,24%
INV 9	1086	30000	8780000	32	168,97	95	104,55	0,34%
INV 10	1400	30000	8780000	32	168,97	95	134,78	0,44%
INV 11	1714	30000	8780000	32	168,97	95	165,010	0,55%
INV 12	1482	30000	8780000	32	168,97	95	142,67	0,47%
INV 13	1796	30000	8780000	32	168,97	95	172,90	0,57%
INV 14	2110	30000	8780000	32	168,97	95	203,13	0,67%

Taula 22 Resultats de pèrdues de tensió de les línies de M.T.

Tots els conductors compleixen, en CC totes les caigudes són inferiors a 3% i en MT totes les tensions són inferiors al 1% i compleixen les intensitats màximes.

8 Càlculs estructurals

L'objectiu de l'estructura d'un seguidor solar és mantindre els panells en perpendicular al sol en el cas dels seguidors de dos eixos la major part del temps estan perfectament enfocats, en el cas d'aquest projecte sols són seguidors de l'angle azimut és a dir d'un sol eix N-S.

Per a dur a terme aquest deu ser resistent en tots els casos:

- Accions permanents: Pes propi, pes dels equips que deu suportar.
- Accions variables: Cargues de vent, càrrega d'ús i neu.
- Accions accidentals: Sisme e impacte.

Els càlculs comprovaran els requisits de les càrregues.

Els seguidors d'un sol eix per conveni general segueixen una nomenclatura descriptiva és a dir, 1Hx20 significa que els panells es disposen en Horitzontal en una fila i en 20 columnes obtenint un total de 20 mòduls per seguidor, en el cas de vertical es denomina utilitzant una V.

La designació del seguidor del projecte és 2Vx28+1+2Vx28 és a dir 2 files de mòduls en vertical i 28 columnes afegint un panel de serveis auxiliars en el centre en este cas de dimensions menors seguit d'altres dues files de mòduls en vertical i 28 columnes, quedant 112 mòduls de generació i un de serveis auxiliars per a accionar el seguidor i la seua monitoratge.

Com el CTE-DB-SE-AE no inclou aquesta tipologia d'estructura es farà el càlcul per CFD per a comprovar la seguretat estructural del seguidor.

Per economitzar material es dissenyaran dos tipus de seguidors la variant exterior més robusta i la variant interior més optimitzada per a les càrregues que es deuen suportar en la part interior del camp de seguidors, ja que aquestes disminueixen considerablement.

8.1 Principals components

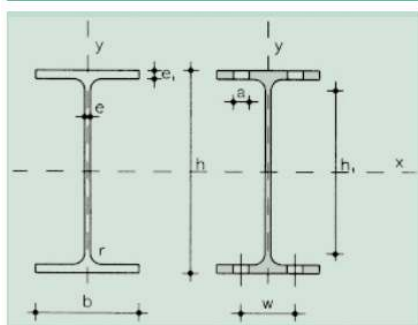
El seguidor és una estructura bàsica porticada composta per postes/pilars de la gama IPE units per un eix que uneix els caps del pilar amb els suports dels mòduls, aquest os estan units en el centre per un mecanisme de rotació mitjançant un motor de 24Vcc connectat a un equip reductor de caragol sense fi i en els demes caps de pilar s'articularen mitjançant ròtules de material plàstic dissenyades especialment per aquest tipus d'estructures.

Pilars:

Variant reforçada:

	Variant reforçada	Variant economitzada
Pilar central	IPE 300	IPE 240
Pilars ròtula	IPE 270	IPE 160

Taula 23 Tipus de pilars



A = Área de la sección	I_t = Módulo de torsión de la sección
S_x = Momento estático de media sección, respecto a X	I_a = Módulo de alabeo de la sección
I_x = Momento de inercia de la sección, respecto a X	u = Perímetro de la sección
$W_x = 2I_x : h$. Módulo resistente de la sección, respecto a X	a = Diámetro del agujero del roblón normal
$i_x = \sqrt{I_x : A}$. Radio de giro de la sección, respecto a X	w = Gramil, distancia entre ejes de agujeros
I_y = Momento de inercia de la sección, respecto a Y	h_1 = Altura de la parte plana del alma
$W_y = 2I_y : b$. Módulo resistente de la sección, respecto a Y	p = Peso por m
$i_y = \sqrt{I_y : A}$. Radio de giro de la sección, respecto a Y	

Perfil	Dimensiones							Términos de sección									Agujeros			Peso		
	h mm	b mm	e mm	e ₁ mm	r ₁ mm	h ₁ mm	u mm	A cm ²	S _x cm ³	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	I _t cm ⁴	I _a cm ⁶	w mm	a mm	e ₂ mm	p kp/m	
IPE 80	80	46	3,8	5,2	5	60	328	7,64	11,6	80,1	20,0	3,24	8,49	3,69	1,05	0,721	118	—	—	3,8	6,00	C
IPE 100	100	55	4,1	5,7	7	75	400	10,30	19,7	171,0	34,2	4,07	15,90	5,79	1,24	1,140	351	—	—	4,1	8,10	C
IPE 120	120	64	4,4	6,3	7	93	475	13,20	30,4	318,0	53,0	4,90	27,70	8,65	1,45	1,770	890	35	—	4,4	10,40	C
IPE 140	140	73	4,7	6,9	7	112	551	16,40	44,2	541,0	77,3	5,74	44,90	12,30	1,65	2,630	1.981	40	11	4,7	12,90	C
IPE 160	160	82	5,0	7,4	9	127	623	20,10	61,9	869,0	109,0	6,58	68,30	16,70	1,84	3,640	3.959	44	13	5,0	15,80	P
IPE 180	180	91	5,3	8,0	9	146	698	23,90	83,2	1.320,0	146,0	7,42	101,00	22,20	2,05	5,060	7.431	48	13	5,3	18,80	P
IPE 200	200	100	5,6	8,5	12	159	788	28,50	110,0	1.940,0	194,0	8,26	142,00	28,50	2,24	6,670	12.990	52	13	5,6	22,40	P
IPE 220	220	110	5,9	9,2	12	178	848	33,40	143	2.770	252	9,11	205	37,3	2,48	9,15	22.670	58	17	5,9	26,20	P
IPE 240	240	120	6,2	9,8	15	190	922	39,10	183	3.890	324	9,97	284	47,3	2,69	12,00	37.390	65	17	6,2	30,70	P
IPE 270	270	135	6,6	10,2	15	220	1.040	45,90	242	5.790	429	11,20	420	62,2	3,02	15,40	70.580	72	21	6,6	36,10	P
IPE 300	300	150	7,1	10,7	15	249	1.160	53,80	314	8.360	557	12,50	604	80,5	3,35	20,10	125.900	80	23	7,1	42,20	P
IPE 330	330	160	7,5	11,5	18	271	1.250	62,60	402	11.770	713	13,70	788	98,5	3,55	26,50	199.100	85	25	7,5	49,10	P
IPE 360	360	170	8,0	12,7	18	299	1.350	72,70	510	16.270	904	15,00	1.040	123,0	3,79	37,30	313.600	90	25	8,0	57,10	P
IPE 400	400	180	8,6	13,5	21	331	1.470	84,50	654	23.130	1.160	16,50	1.320	146,0	3,95	48,30	490.000	95	28	8,6	66,30	P
IPE 450	450	190	9,4	14,6	21	379	1.610	98,80	851	33.740	1.500	18,50	1.680	176,0	4,12	65,90	791.000	100	28	9,4	77,60	P
IPE 500	500	200	10,2	16,0	21	426	1.740	116,00	1.100	48.200	1.930	20,40	2.140	214,0	4,31	91,80	1.249.000	110	28	10,2	90,70	P
IPE 550	550	210	11,1	17,2	24	468	1.880	134,00	1.390	67.120	2.440	22,30	2.670	254,0	4,45	122,00	1.884.000	115	28	11,1	106,00	C
IPE 600	600	220	12,0	19,0	24	514	2.010	155,00	1.760	92.080	3.070	24,30	3.390	308,0	4,66	172,00	2.846.000	120	28	12,0	122,0	C

Taula 24 Característiques dels perfils IPE [9]

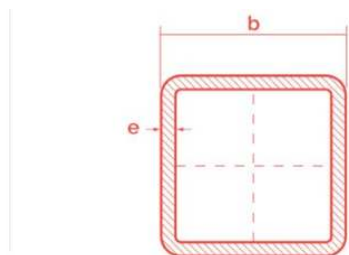
Eix:

Està compost de tub quadrat de 100x100 amb diferents espessors depenent de la posició.

Costat x costat x espessor	Variant reforçada	Variant economitada
Pilar central	100x100x10	100x100x10
Pilar ròtula	100x100x7	100x100x7

Taula 25 Perfils emprats per a l'eix

Per al cas de la variant reforçada també compta en dos perfils IPE 120 com es pot veure en l'annex de plànols.



Calidades S-235, S-275 y S-355; en grados JR, Jo y J2.

Norma EN-10219.

Fabricación en acabado negro y longitud estándar de 6 y 12 metros.

Corten según norma EN-10305 en calidad S-355 J2W desde 40x40 mm hasta 100x100 mm.

Figura 39 Característiques del tub quadrat [10]

Ròtula:

Aquest component està fet expressament per a tubs quadrats de 100x100, ja que és una mida molt utilitzada en la construcció de seguidors solars.



Figura 40 Esquema de ròtula plàstica [11]

En aquest cas per a totes les variants comparteixen la mateixa ròtula.

Accionament:

Compost pel motor de 24V de corrent continua de baix consum, les seues característiques són:

Característiques del parell reductor			
Rated Output Speed	0,025 RPM	Dynamic Axial Rating	60 kN
Rated Output Torque	6300 Nm	Dynamic Radial Rating	45 kN

Tilting Moment	10 kNm	Gear ratio	60 : 1
Holding Torque	45 kNm	Precision	< 0,2°
Static Axial Rating	100 kN	Corrosion Protection	C3
Static Radial Rating	65 kN	Material	42CrMo,50Mn
Característiques del motor			
Rated Output Torque	300 Nm	IP Class	IP 65
Rated Output Speed	1,5 RPM	Rated Corrent	< 6,5 A

Taula 26 Característiques mecàniques del motor

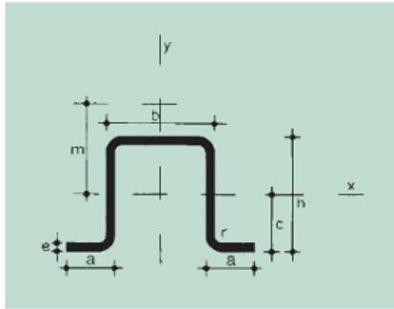


Figura 41 Imatge del motor [12]

En aquest cas per a totes les variants comparteixen el model de motor-reductor.

Suports travessers:

Estan compostos per perfils en Ω de 100x50 i espessor 2,5 mm



u = Perímetre	W_x = Mòdul resistent, respecte a x
c = Posició del eje Y	W_y = Mòdul resistent, respecte a y
m = Distancia al centro de esfuerzos cortantes	i_x = Radio de giro, respecto a x
A = Área de la sección	i_y = Radio de giro, respecto a y
I_x = Momento de inercia de la sección, respecto a x	
I_y = Momento de inercia de la sección, respecto a y	
I_t = Momento de torsión de la sección	
I_a = Módulo de alabeo de la sección	

Perfil	Dimensiones						Términos de sección											Peso	
	h mm	b mm	a mm	e mm	r mm	u mm	c cm	m cm	A cm ²	I_x cm ⁴	I_y cm ⁴	I_t cm ⁴	I_a cm ⁶	W_x cm ³	W_y cm ³	i_x cm	i_y cm		p kp/m
OF 40.2.0	40	40	15	2,0	2,5	272	2,14	3,46	2,72	6,08	9,84	0,0363	10,5	2,84	2,98	1,50	1,90	2,13	P
OF 40.2.5	40	40	15	2,5	2,5	267	2,14	3,42	3,34	7,24	11,70	0,0696	12,0	3,38	3,61	1,47	1,88	2,62	C
OF 40.3.0	40	40	15	3,0	3,0	261	2,14	3,39	3,91	8,17	13,30	0,1170	12,9	3,81	4,17	1,45	1,85	3,07	C
OF 50.2.0	50	50	17	2,0	2,5	340	2,73	4,38	3,40	12,00	18,90	0,0453	33,2	4,40	4,72	1,88	2,36	2,67	P
OF 50.2.5	50	50	17	2,5	2,5	335	2,73	4,34	4,19	14,40	22,80	0,0873	38,8	5,29	5,76	1,86	2,33	3,29	C
OF 50.3.0	50	50	17	3,0	3,0	329	2,73	4,31	4,93	16,50	26,10	0,1480	42,7	6,04	6,70	1,83	2,30	3,87	C
OF 60.2.0	60	40	20	2,0	2,5	372	3,00	5,19	3,72	18,20	15,30	0,0496	43,0	6,08	4,01	2,21	2,03	2,92	P
OF 60.2.5	60	40	20	2,5	2,5	367	3,00	5,15	4,59	22,00	18,30	0,0956	50,6	7,34	4,89	2,19	2,00	3,60	C
OF 60.3.0	60	40	20	3,0	3,0	361	3,00	5,12	5,41	25,30	21,00	0,1620	56,1	8,44	5,68	2,16	1,97	4,25	C
OF 80.2.5	80	50	25	2,5	2,5	487	4,00	6,95	6,09	52,60	38,80	0,1268	198,0	13,10	8,17	2,94	2,52	4,78	P
OF 80.3.0	80	50	25	3,0	3,0	481	4,00	6,92	7,21	61,00	45,00	0,2160	225,0	15,30	9,57	2,91	2,50	5,66	C
OF 100.2.5	100	50	30	2,5	2,5	587	4,83	8,48	7,34	96,90	50,70	0,1529	471,0	18,80	9,66	3,63	2,63	5,76	P
OF 100.3.0	100	50	30	3,0	3,0	581	4,83	8,45	8,71	113,00	59,00	0,2610	539,0	21,90	11,30	3,61	2,60	6,94	C

Figura 42 Característiques dels perfils Omega [13]

En aquest cas per a totes les variants comparteixen perfil en Ω .

Reforç dels suports transversers:

Estan compostos per una platina d'acer de 2x30mm que reforça la unió entre l'eix central i els suports transversers.

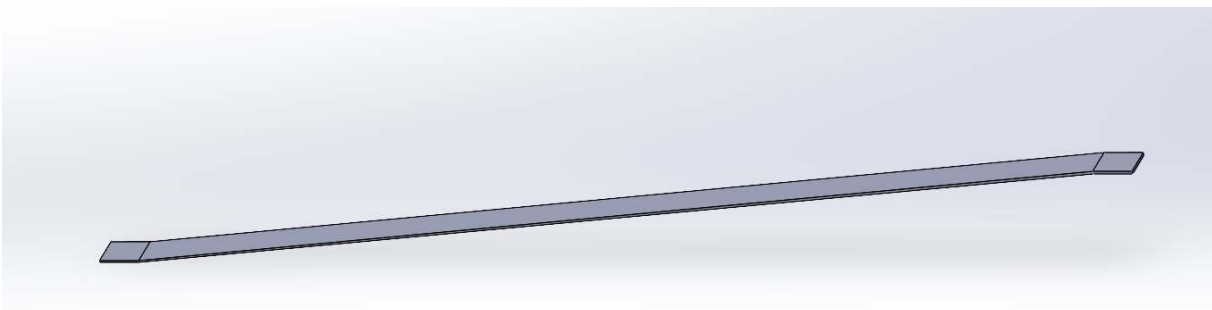


Figura 43 Element reforçant

8.2 Càrregues

8.2.1 Càrregues estàtiques

Les úniques càrregues estàtiques són el mateix pes del seguidor i dels mòduls. En aquest cas el model Trina Vertex TSM655DEG21C.20 té una superfície de 3,106m² i un pes de 38,7kg també el mòdul de generació per als serveis auxiliars de 12kg.

Pes total dels mòduls: $128 \times 38,7\text{kg} + 12\text{kg} = 4.965,6 \text{ kg}$

Pes de la estructura de suport:

- Variant reforçada:
- Variant economitxada:

8.2.2 Càrregues transitòries

No es tenen en compte les carregues per ús, ja que no són transitables de ninguna manera.

Les carregues per vent s'obtenen mitjançant una anàlisi CFD.

Les dades de partida seran el CTE, el Alarcón se situa en la província de Conca la qual pertany a la Zona A com s'indica el gràfic:

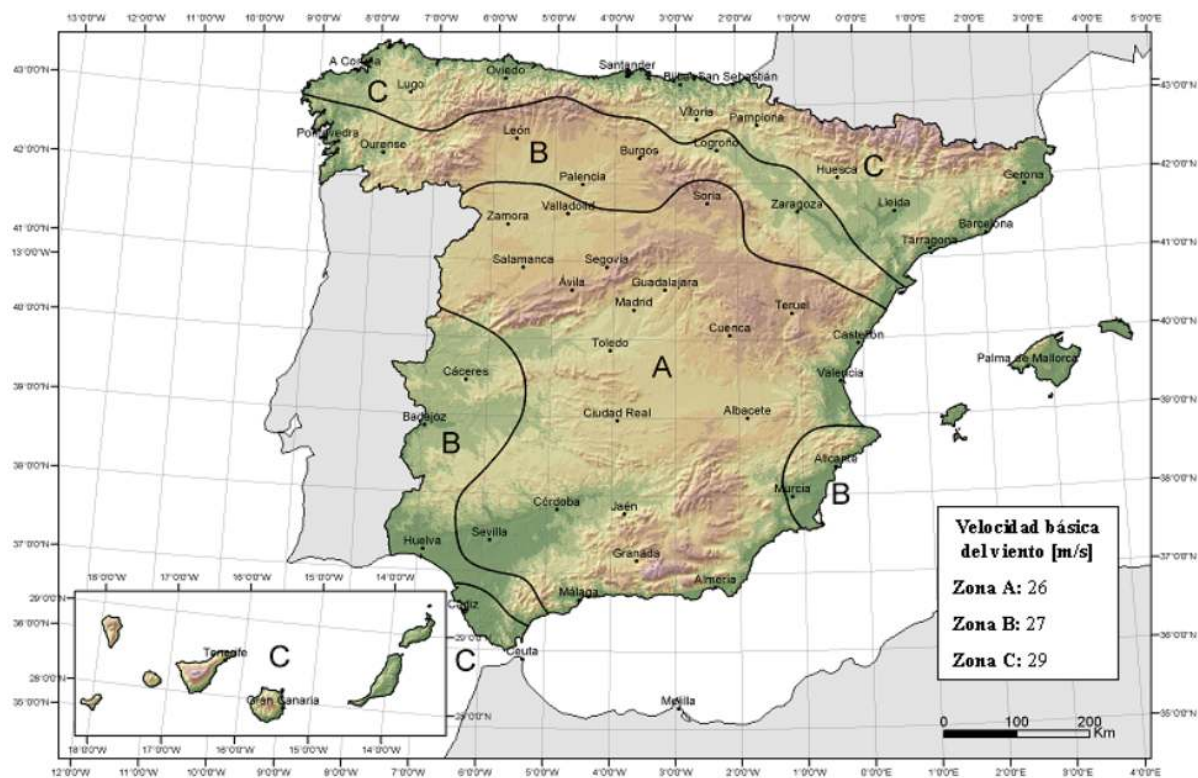


Figura 44 Velocitats bàsiques de vent segons el CTE

Com indica en la Zona A corresponen 26 m/s.

Per a la simulació es majorarà fins als 33,33 m/s que corresponen rafegues de 120 km/h.

Segons l'Escala de Beaufort els vens es classifiquen de la següent manera:

Cifra	Nombre	Velocidad en			Efectos del viento en alta mar
		Nudos	Metros/seg.	>Km/h	
0	Calma	1	0 - 0,2	1	Mar como un espejo
1	Ventolina	1 - 3	0,3 - 1,5	1 - 5	Rizos como escamas de pescado pero sin espuma.
2	Flojito	4 - 6	1,6 - 3,3	6 - 11	Pequeñas olas, crestas de apariencia vítrea, sin romperse
3	Flojo	7 - 10	3,4 - 5,4	12 - 19	Pequeñas olas, crestas rompientes, espuma de aspecto vítreo aislados vellones de espuma
4	Bonancible-moderado	11 - 16	5,5 - 7,9	20 - 28	Pequeñas olas creciendo, cabrilleo numeroso y frecuente de las olas
5	Fresquito	17 - 21	8,0 - 10,7	29 - 38	Olas medianas alargadas, cabrilleo (con salpicaduras)
6	Fresco	22 - 27	10,8 - 13,8	39 - 49	Se forman olas grandes, crestas de espuma blanca (salpicaduras frecuentes)
7	Frescachón	28 - 33	13,9 - 17,1	50 - 61	El mar crece; la espuma blanca que proviene de las olas es arrastrada por el viento
8	Temporal	34 - 40	17,2 - 20,7	62 - 74	Olas de altura media y mas alargadas, del borde superior de sus crestas comienzan a destacarse torbellinos de salpicaduras
9	Temporal fuerte	41 - 47	20,8 - 24,4	75 - 88	Grandes olas, espesas estelas de espuma a lo largo del viento, las crestas de las olas se rompen en rollos, las salpicaduras pueden reducir la visibilidad
10	Temporal duro	48 - 55	24,5 - 28,4	89 - 102	Olas muy grandes con largas crestas en penachos, la espuma se aglomera en grandes bancos y es llevada por el viento en espesas estelas blancas en conjunto la superficie esta blanca, la visibilidad esta reducida
11	Temporal muy duro	56 - 63	28,5 - 32,6 Regresar	103 - 117	Olas de altura excepcional, (pueden perderse de vista tras ellas barcos de tonelaje pequeño y medio), mar cubierta de espuma, la visibilidad esta reducida
12	Temporal huracanado	Más de 64	Más de 32,7	Más de 118	Aire lleno de espuma, salpicaduras, mar cubierto de espuma visibilidad muy reducida

Figura 45 Classificació per velocitat se vent segons l'Escala de Beaufort [14]

Seleccionant 120 km/h ens assegurem la correcta estabilitat estructural dels seguidors.

Per a la simulació se farà servir el mòdul Flow Simulation del programa SolidWorks.

8.3 Simulacions

Model creat:

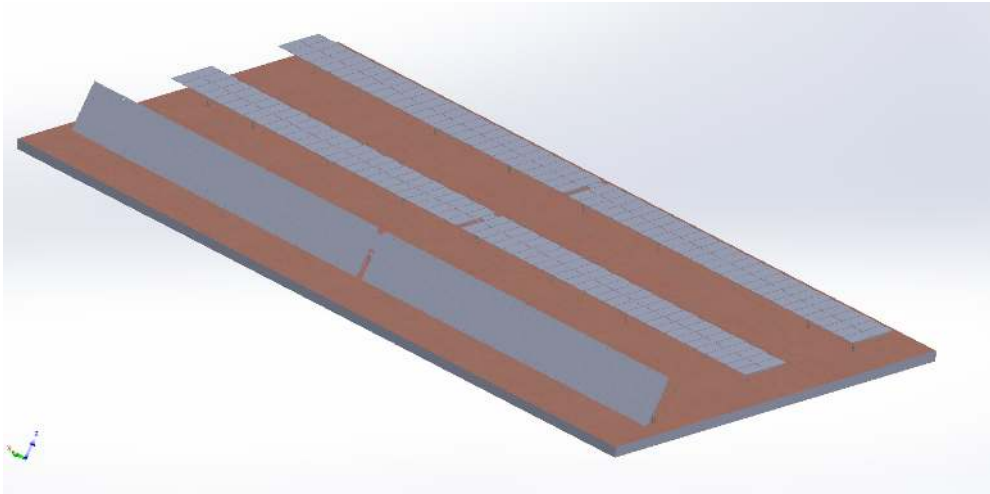


Figura 46 Model en 3D de 3 files de seguidors

8.3.1 Pressió màxima secció transversal

Com el seguidor és completament simètric es mostraran els resultats de 5 seccions cada 20% de la longitud des de l'extrem cap al centre.

Longitud=0m

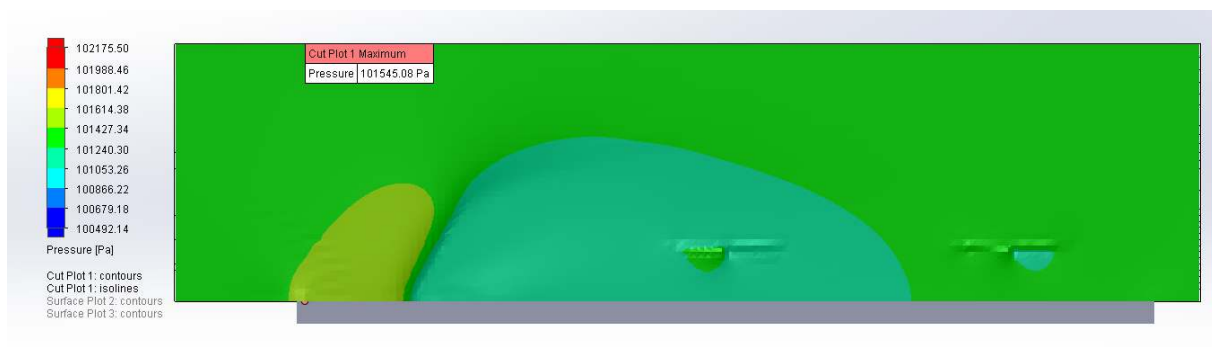


Figura 47 Pressió del vent secció 1

Longitud=10m

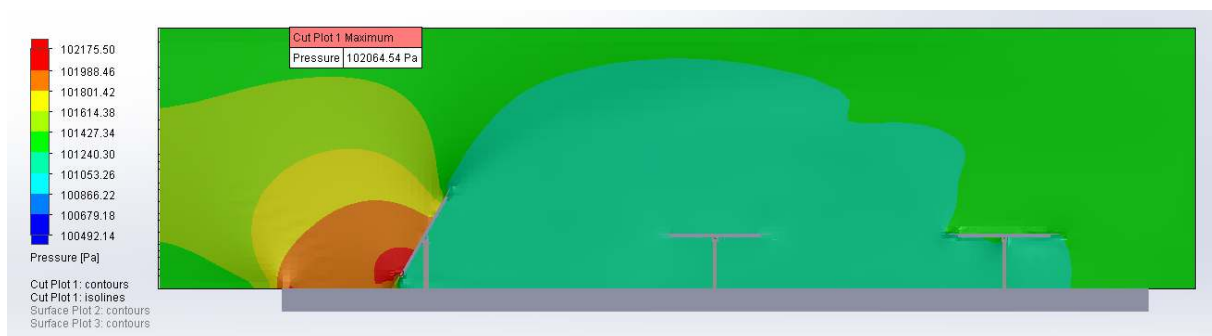


Figura 48 Pressió del vent secció 2

Longitud=20m

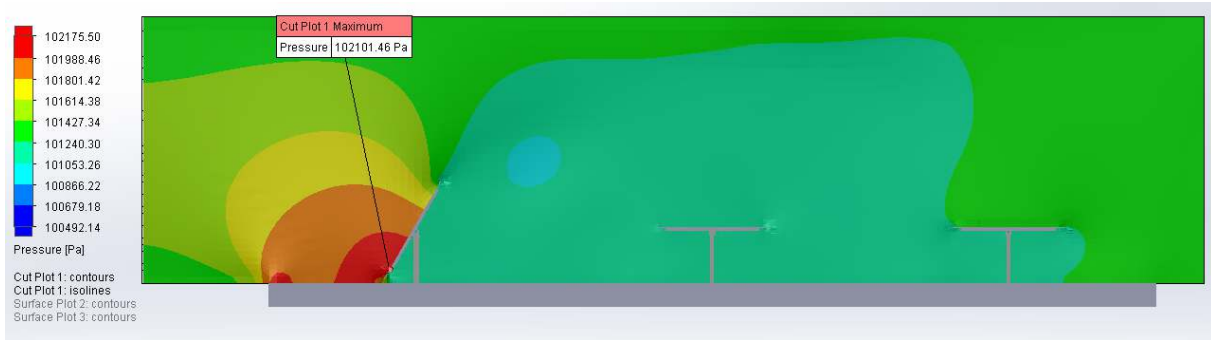


Figura 49 Pressió del vent secció 3

Longitud=30m

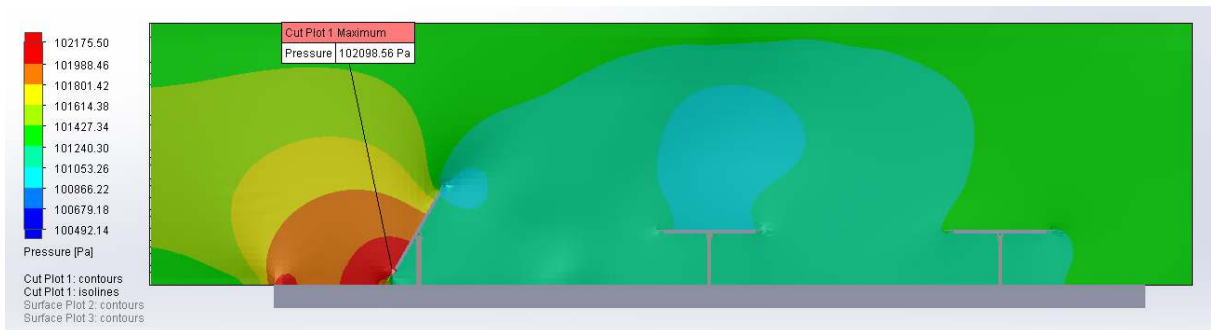


Figura 50 Pressió del vent secció 4

Longitud=40m

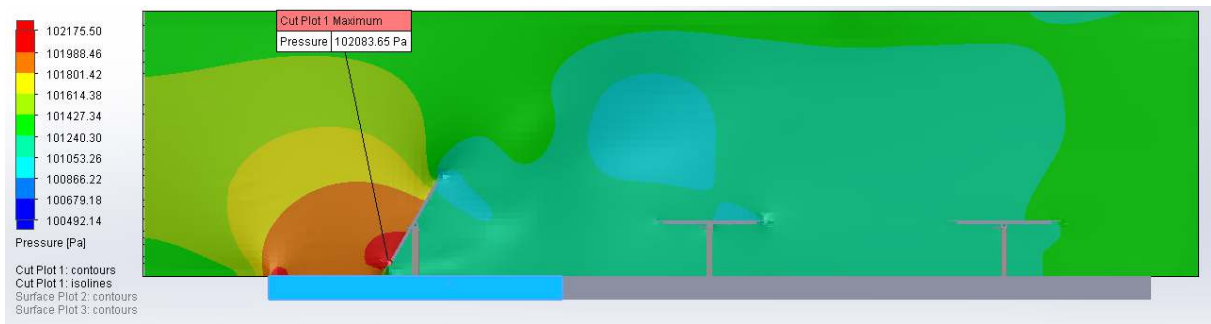


Figura 51 Pressió del vent secció 5

8.3.2 Pressió màxima en secció longitudinal

8.3.2.1 Variant reforçada

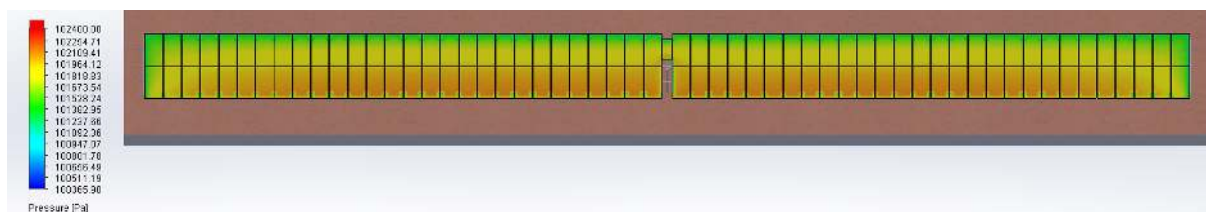


Figura 52 Pressió del vent longitudinal reforçat

S'obté que es deurà aplicar una pressió de 101964,12 Pa en els mòduls inferiors i 101818,83 Pa en els mòduls de la fila superior.

8.3.2.2 Variant econòmica just darrere de la variant reforçada



Figura 53 Pressió del vent longitudinal econòmic 1

En aquest cas s'observa un comportament més irregular, ja que l'estructura reforçada ha trencat la làmina de vent. En els extrems se té una pressió de 101224,93 Pa en la part equidistant respecte al centre s'obté 101139,63 Pa i en la part central 100969,03 Pa.

8.3.2.3 Variant econòmica de segona fila



Figura 54 Pressió del vent longitudinal econòmic 2

En aquest cas s'observa un comportament irregular. En els extrems se té una pressió de 101318,25 Pa i en la part central 101211,16 Pa.

Com les pressions són superiors en el cas de la variant econòmica de segona fila s'utilitzaran aquestes per al càlcul estructural.

8.3.3 Taula resum

Variant reforçada	Inferior		Superior	
	Pa absoluts	Pa relatius	Pa absoluts	MPa relatius
Pressió utilitzada	101964,12	639,12	101818,83	493,83

Variant econòmica	Exterior		Interior	
	Pa absoluts	MPa relatius	Pa absoluts	MPa relatius
Pressió utilitzada	101318,25	-6,75	101211,16	-113,84

Taula 27 Resum de pressions obtingudes en cada cas

Els números negatius indiquen succió sobre les superfícies.

S'ha utilitzat pressió atmosfèrica = 101325 Pa.

8.3.4 Resistència mecànica

Estudi de resistència, utilitzant el mòdul d'elements finits del SolidWorks.

Tots els materials metàl·lics utilitzats corresponen al S355RJ, amb les següents característiques:

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2.100000031e+11	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.28	N/D
Módulo cortante	7.9e+10	N/m ²
Densidad de masa	7800	kg/m ³
Límite de tracción	450000000	N/m ²
Límite de compresión		N/m ²
Límite elástico	275000000	N/m ²
Coefficiente de expansión térmica	1.1e-05	/K
Conductividad térmica	14	W/(m·K)
Calor específico	440	J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Taula 28 Dades del material S355RJ

Les ròtules estan conformades en PVC, amb les següents característiques:

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2410000000	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.3825	N/D
Módulo cortante	866700000	N/m ²
Densidad de masa	1300	kg/m ³
Límite de tracción	40700000	N/m ²
Límite de compresión		N/m ²
Límite elástico		N/m ²
Coefficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica	0.147	W/(m·K)
Calor específico	1355	J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Taula 29 Dades del material PVC

Nota: La biblioteca de materials de SolidWorks treballa en les condicions més desfavorables per això el límit elàstic del material S355JR és 275MPa en conter de 355MPa, se justifica, ja que quan més espessor té el material pitjor treballa seguint la taula següent:

Yield Strength (Mpa) in Nom. Thickness (mm)									
Grade	>3 - <16	>16 - <40	>40 - <63	>63 - <80	>80 - <100	>100 - <150	>150 - <200	>200 - <250	>250 - <400
S235JR	235 min.	225 min.	215 min.	215 min.	215 min.	195 min.	185 min.	175 min.	
S355JR	355 min.	345 min.	335 min.	325 min.	315 min.	295 min.	285 min.	275 min.	

Taula 30 Correcció de tensió màxima respecte al espessor

Com l'espessor màxim que s'utilitza és $e=10\text{mm}$ es calcularà amb límit elàstic= 355MPa.

En aquest cas sols ens afecta en el factor de seguretat, ja que deurà ser calculat en tots els casos.

<https://blogs.solidworks.com/tech/2019/03/solidworks-support-monthly-news-march-2019.html>

8.3.4.1 Resultats

8.3.4.1.1 Variant reforçada

Anàlisis de tensions de Von Mises.

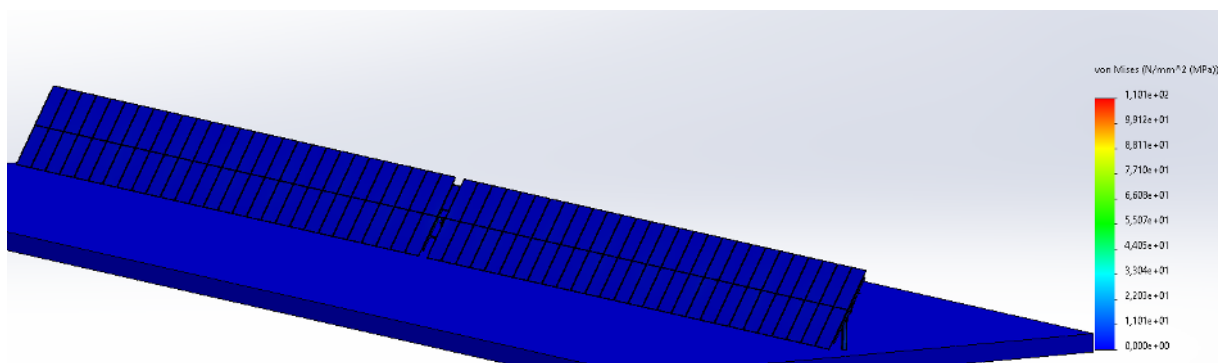


Figura 55 Resultats de tensió per a la versió reforçada 1

Detall dels punts màxims i mínims:

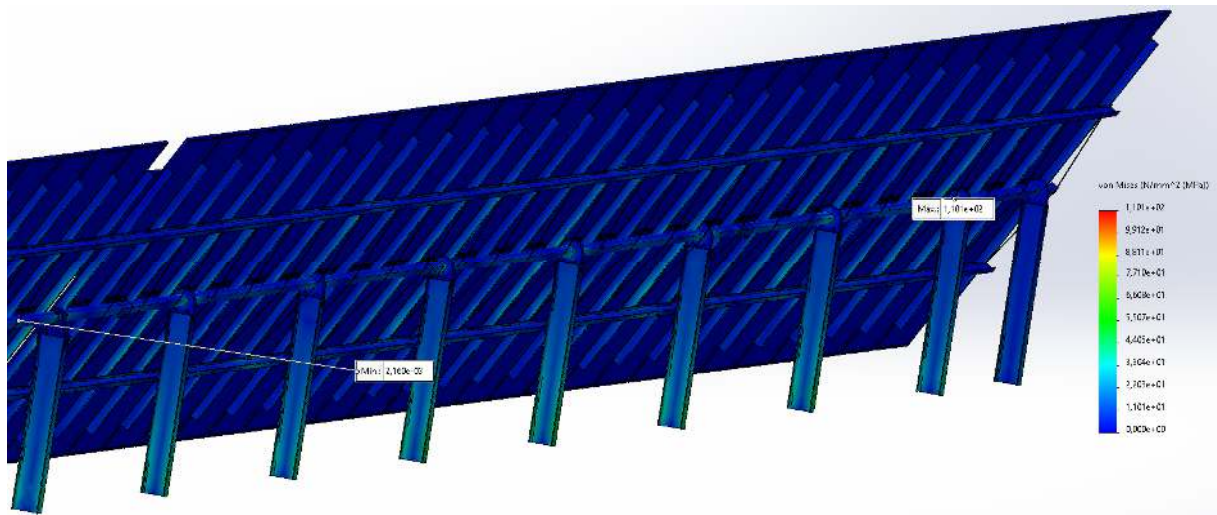


Figura 56 Resultats de tensió per a la versió reforçada 2

Com s'observa en el resultat el màxim son 110,1 MPa .

Comprovació del factor de seguretat:

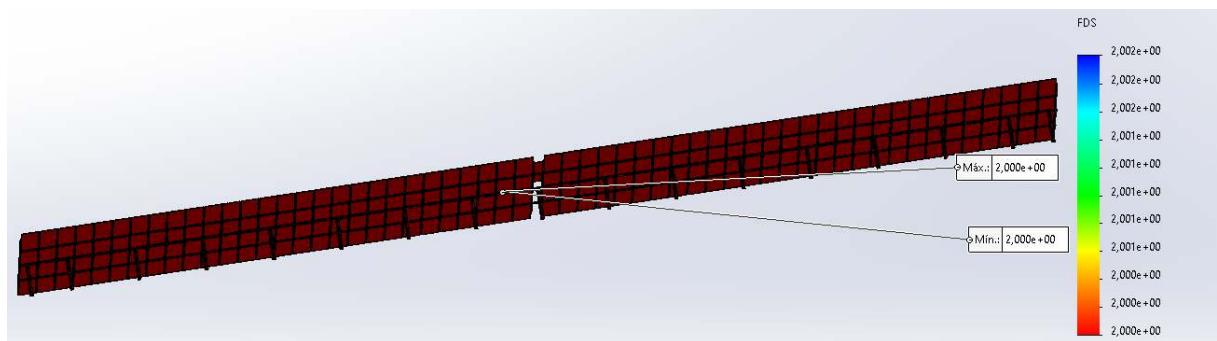


Figura 57 Resultats de factor de seguretat per a la versió reforçada

S'observa que el factor de seguretat es 3,22 i el mínim es 2, se dona per vàlid el model.

Comprovació de deformacions:

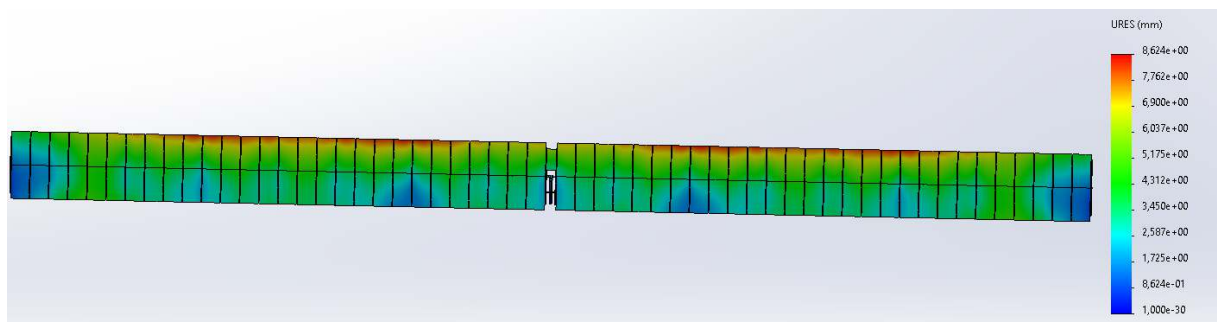


Figura 58 Resultats de deformacions per a la versió reforçada

Deformació màxima de 8,6 mm és un valor molt petit respecte a les mesures totals del seguidor.

Comprovació de les deformacions unitàries, aquest valor és molt rellevant, ja que un valor alt podria indicar que el mateix seguidor trencarà els panells.

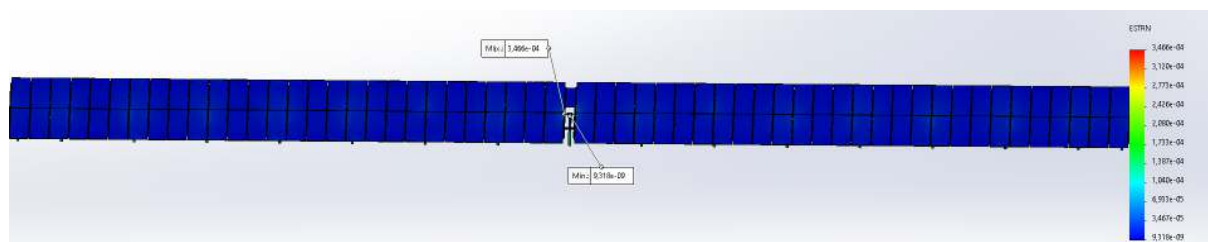


Figura 59 Resultats de deformació unitària per a la versió reforçada

S'observa que les deformacions en els mòduls són mínimes:

Detall de la zona més afectada:

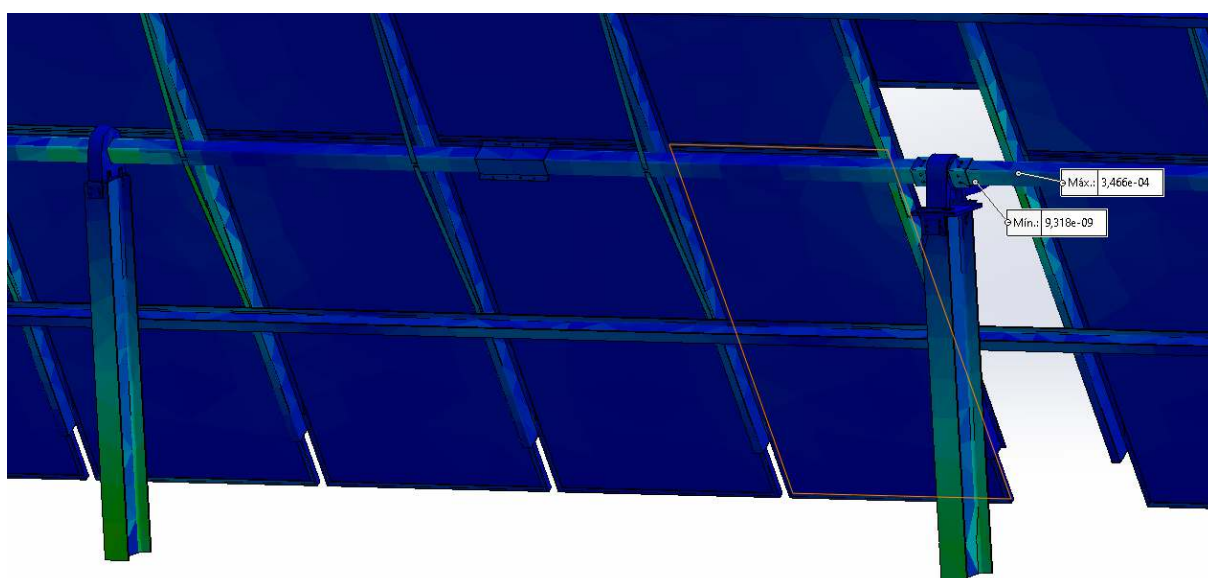


Figura 60 Detall de resultats de deformació unitària per a la versió reforçada

S'observa que el punt més crític és l'inici de l'eix amb un valor molt baix.

Conclusió

Aquest disseny podrà resistir el vent que pot generar un huracà actualment és poc probable que es produeixin aquests fenòmens en la província de Cuenca però és una instal·lació que deu tindre almenys 25 anys de servei.

8.3.4.1.2 Variant econòmica

Anàlisi de tensions de Von Mises.

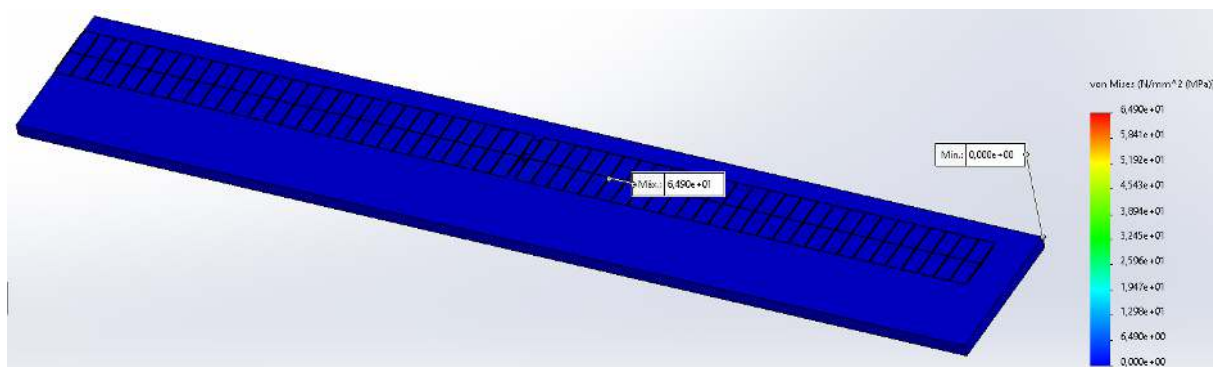


Figura 61 Resultats de tensió per a la versió econòmica

Detall dels punt màxim:

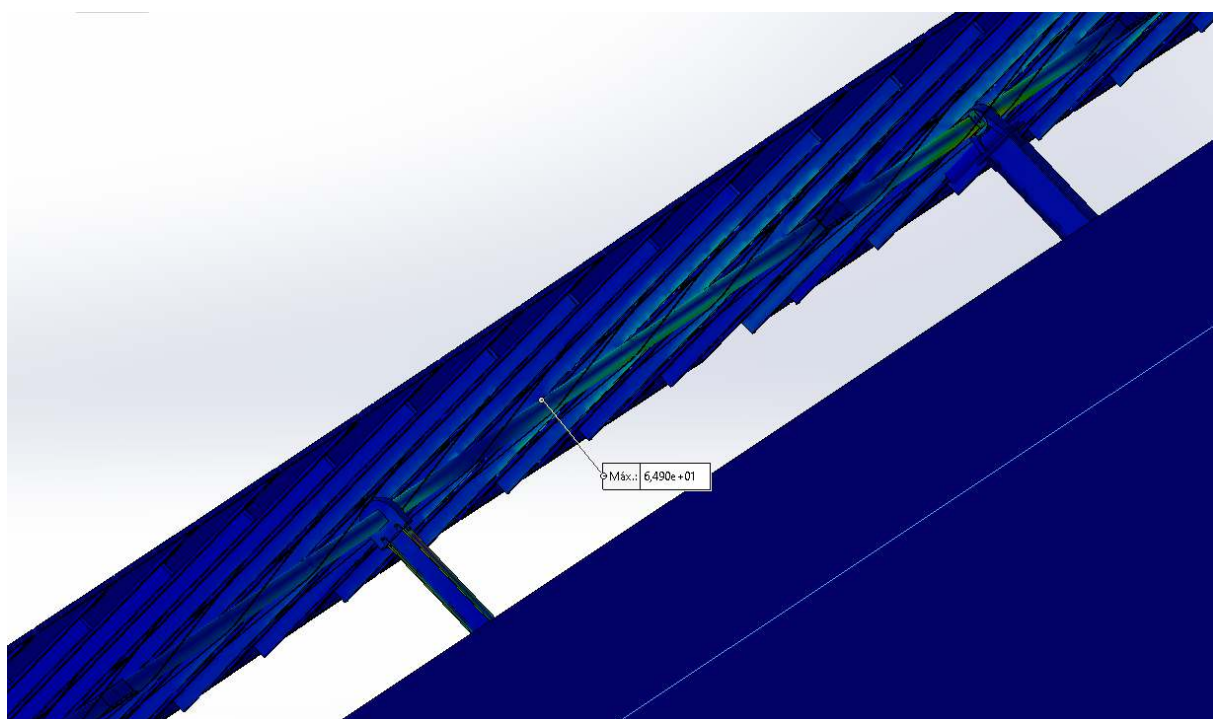


Figura 62 Detall resultats de tensió per a la versió econòmica

Com s'observa en el resultat el màxim son 64,1 MPa .

Comprovació del factor de seguretat:

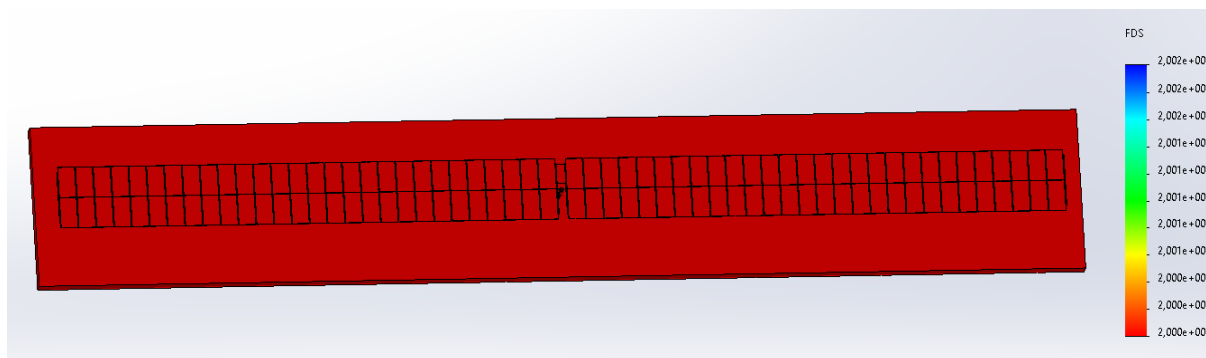


Figura 63 Resultats de factor de seguretat per a la versió econòmica

S'observa que el factor de seguretat es de 5,53 i el mínim es 2, se dona per vàlid el model.

Comprovació de deformacions:

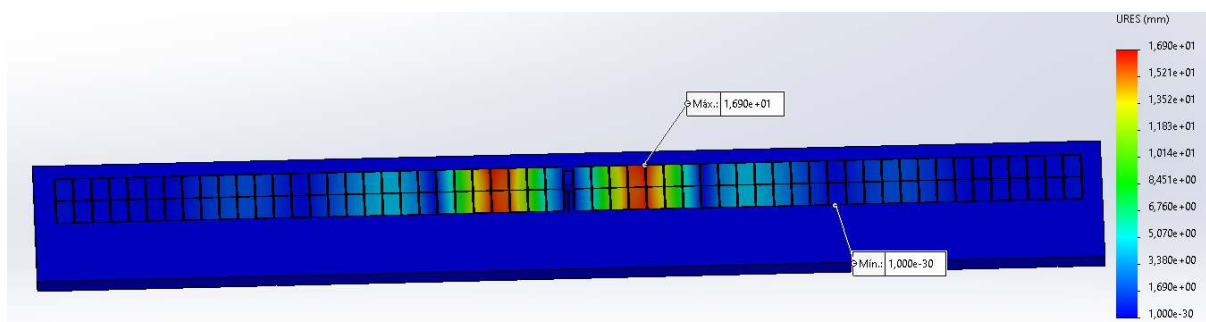


Figura 64 Resultats de deformació per a la versió econòmica

Deformació màxima de 16,9 mm en direcció vertical, és a dir, el vent succiona l'estructura, és un valor molt petit respecte a les mesures totals del seguidor.

Comprovació de les deformacions unitàries, aquest valor és molt rellevant, ja que un valor alt podria indicar que el mateix seguidor trencarà els panells.

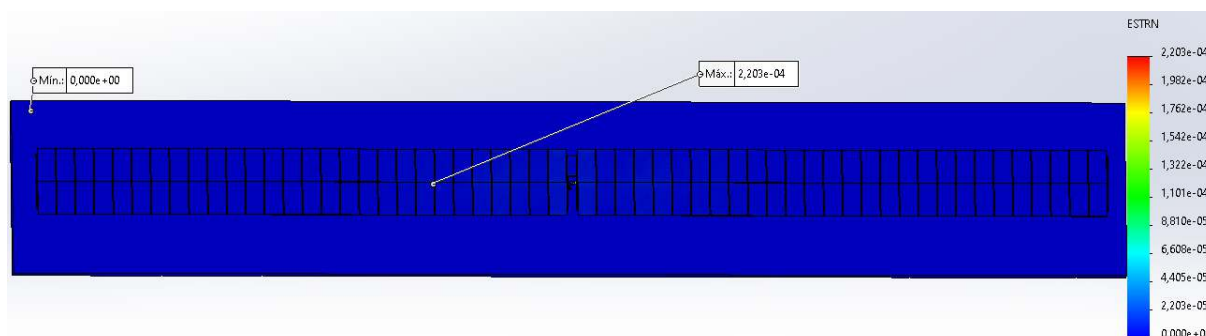


Figura 65 Resultats de deformació unitària per a la versió econòmica

S'observa que els deformacions en els mòduls son mínimes:

Detall de la zona més afectada:

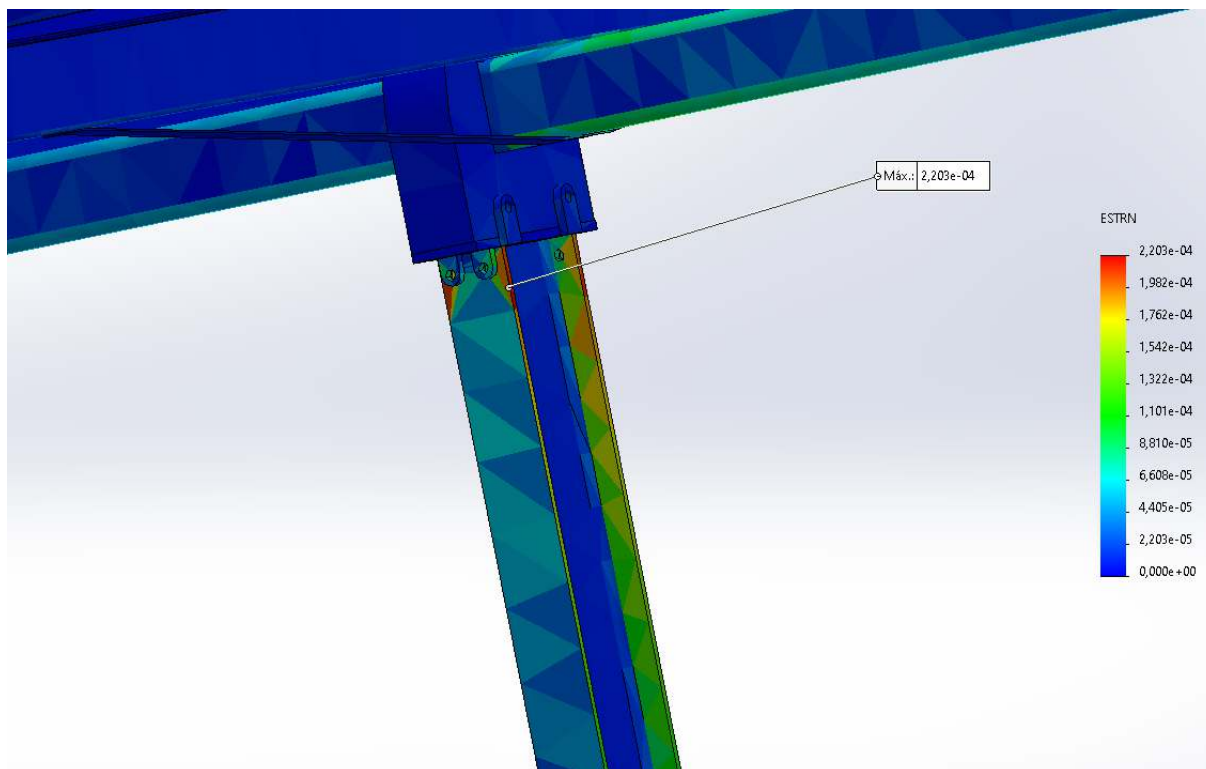


Figura 66 Detall resultats de deformació unitària per a la versió econòmica

S'observa que el punt més crític és la unió entre el cap del pilar i la platina d'unió amb la ròtula.

8.3.4.2 Conclusió

Aquest disseny podrà resistir el vent que pot generar un huracà actualment es poc probable que es produeixen aquests fenòmens en la província de Cuenca però és una instal·lació que deu tindre almenys 25 anys de servici.

8.3.5 Càrregues de neu

Per a obtindre aquesta càrrega s'utilitzarà el CTE DB-SE-AE, en aquest cas de tempestes de neu o vent els seguidors reforçats estaran en posició de defensa a un angle de 60° i els seguidors econòmics estaran en posició horitzontal.

D'acord amb la normativa es calcula mitjançant la càrrega de neu segons la ubicació i l'altitud de la instal·lació (S_k) i el factor de forma de la seua coberta (μ).

Càrrega de neu en un terreny horitzontal.

El municipi de Alarcón pertany a la Zona 5 registrada en el següent mapa corresponent a l'annex E de la norma CTE DB-SE-AE:



Figura 67 Zones climàtiques segons CTE

Amb la seua taula adjunta:

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Taula 31 Sobrecarga de neu en pla horitzontal segons CTE

Alarcón se situa a una altitud de 832 m interpolant les dades s'obté una $S_k=0,732$

Factor de forma:

En el cas del seguidor reforçat la normativa indica que per a un angle igual o superior a 60° el $\mu=0$.

Per al cas del seguidor econòmic com l'angle és 0° està en el rang de $\mu=1$ que s'entre els 0° i els 30°.

S'obtenen les següents càrregues de vent:

	S_k en kW/m ²	μ	Q_n en kN/m ²
Variant reforçada	0,732	0	0
Variant econòmica	0,732	1	0,732

Taula 32 Coeficients de forma segons CTE

8.3.5.1 Simulació de vent

Les càrregues, en aquest cas són gravitatòries, deuran ser càrregues aplicades verticalment a l'estructura.

La simulació dona un esforç màxim de 531 MPa, no compleix a resistència.

Per a no augmentar el cost es calcularà la pressió màxima fins a trobar la tensió màxima que pot resistir en posició horitzontal, en el moment que sobrepassi aquest límit es giraran en posició de 60°.

Càrrega de 0,4kN/m².

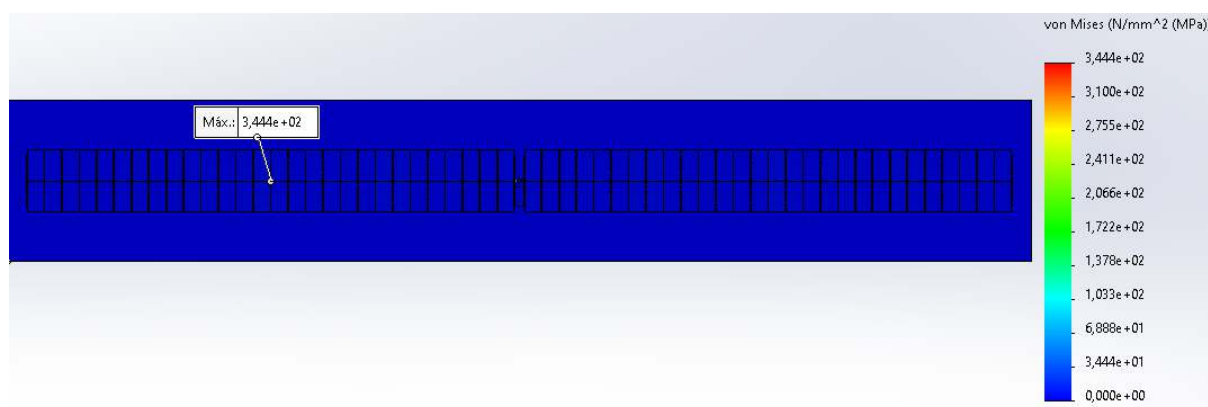


Figura 68 Resultat de tensió per a la versió econòmica en càrrega de neu 1

Detall de punt més crític:

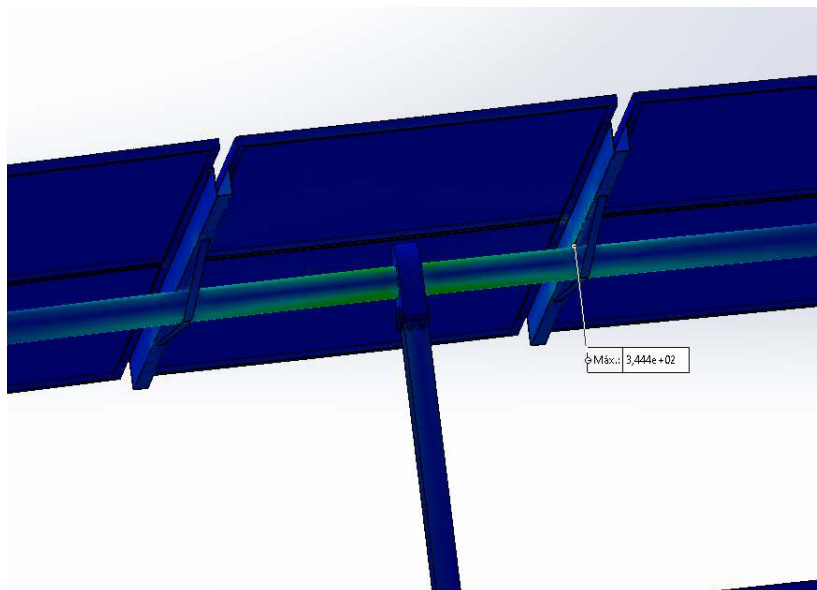


Figura 69 Detall resultat de tensió per a la versió econòmica en carrega de neu 1

S'observa que aquesta càrrega compleix amb un coeficient de seguretat d'1,03. Aquest serà el límit últim en el qual el sensor de neu deuen engegar el mecanisme per a inclinar-se a 60°.

Per a una força de 0,2kN/m² s'obtenen els següents resultats:

Tensions:

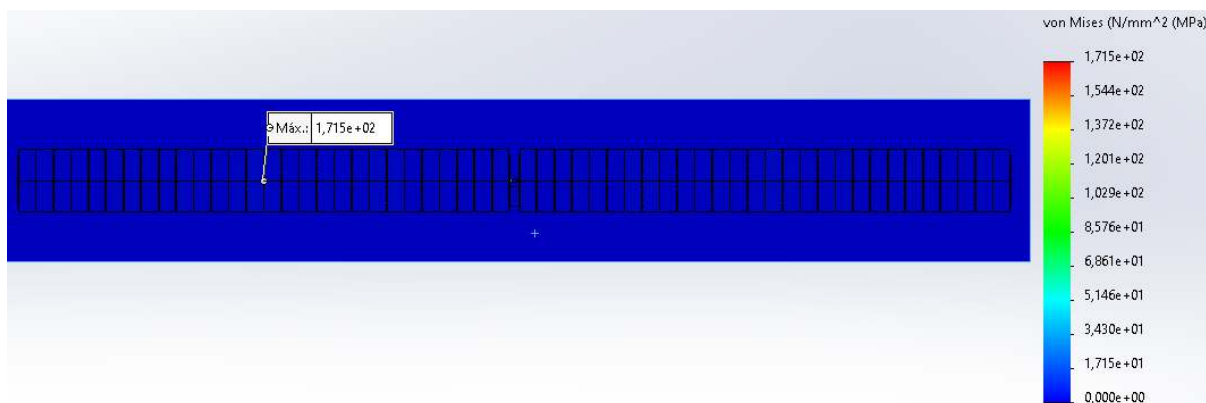


Figura 70 Resultat de tensió per a la versió econòmica en carrega de neu 2

Detall de punt màxim:

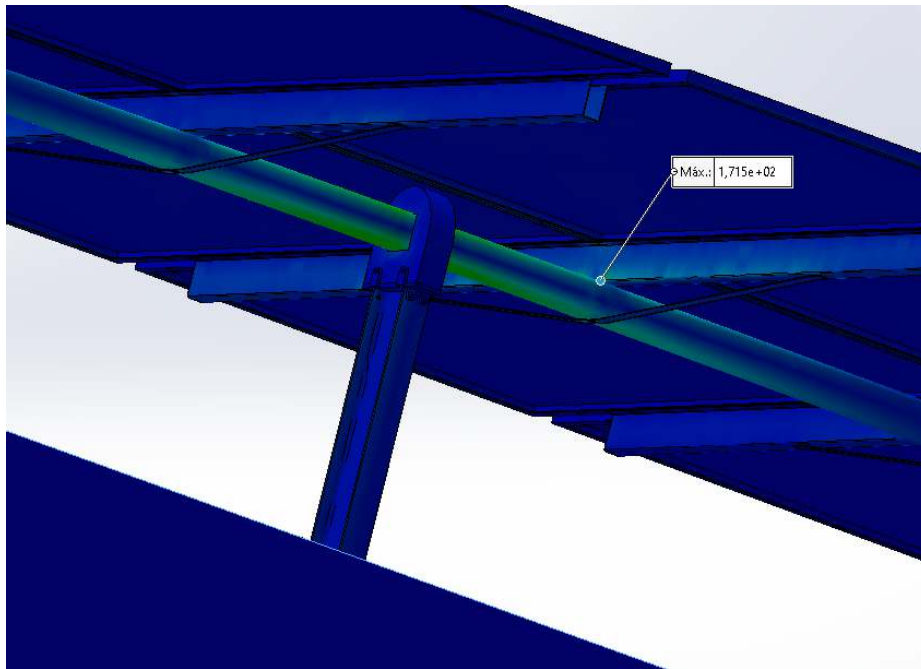


Figura 71 Detall resultat de tensió per a la versió econòmica en carrega de neu 2

S'observa que la màxima tensió és de 171,5 MPa, s'obté un factor de seguretat de 2,07 complint el mínim de 2.

Deformacions:

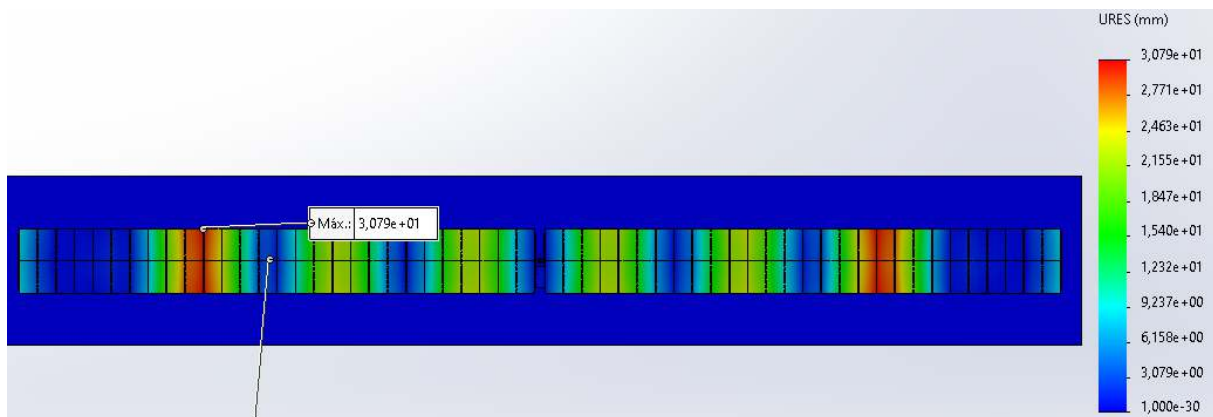


Figura 72 Resultat de deformacions per a la versió econòmica en carrega de neu

La deformació màxima son 30,7mm menyspreable per a les dimensions del seguidor.

Deformació unitària:

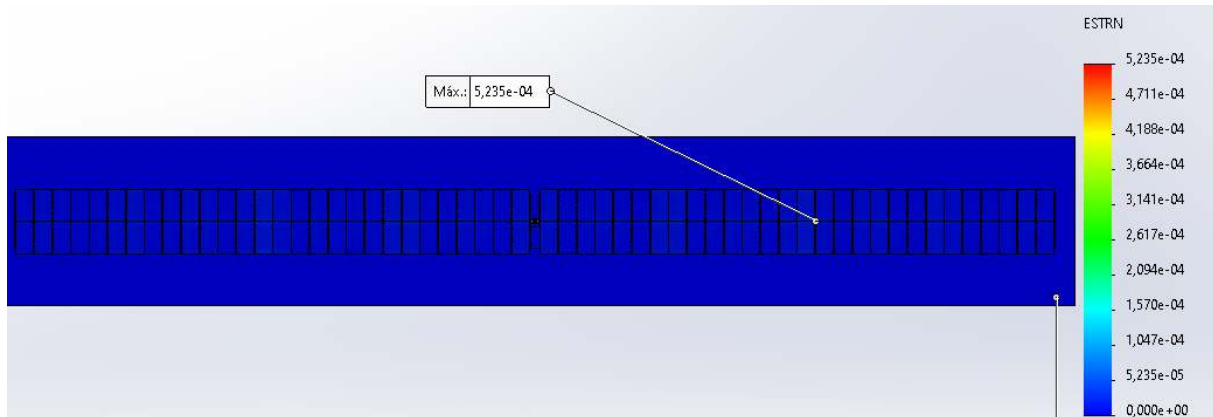


Figura 73 Resultat de deformacions unitàries per a la versió econòmica en carrega de neu

Com es veu en la imatge els mòduls no tenen deformació unitària elevada es dona per vàlid el dimensionat.

Càrregues dinàmiques.

En aquest cas es descarten les càrregues per sisme o per accident, ja que el sisme seria poc efectiu sobre l'estructura dels seguidors i els accidents no tindrien gran impacte en l'estructura ni sobre el personal de manteniment.

Les càrregues dinàmiques provocades pel vent se haurien de comprovar empíricament en un model previ. En aquest model es deurió obtenir la freqüència natural de l'estructura i la resistència, amb aquestes dades es dimensionaria el sistema de amortidor compost per dos cilindres hidràulics situats un en cada extrem del seguidor, unint la base del pilar exterior amb l'eix.

8.4 Equips auxiliars i control

El parc solar té una central d'on es controlaran tots els seguidors i es gestionarà la informació proporcionada pels sensors de vent, neu i aigua, els quals se situaran en tots els costats del parc per a poder tindre previsió del mal temps i poder previndre les turmentes i poder posicionar els seguidors de la forma adequada.

Cada seguidor posseeix una unitat controladora la qual s'alimenta del mòdul auxiliar i compta amb una bateria capaç de suportar el sistema 24/7 de monitoratge del seguidor, un element comunicador sense cables estil Zigbee, també connexions al motor i als amortidors per a donar el senyal perquè activen les electrovàlvules perquè el seguidor pugui rotar.

8.5 Conclusions

S'ha donat una resposta clara a la necessitat del dimensionat de l'estructura dels seguidors solars per al Cas C el qual es comenta en la primera secció d'aquest projecte. Al ser un mercat molt cotitzat s'ha optimitzat la utilització de materials en aquest cas utilitzant dos tipus de seguidors el primers més robustos per als extrems de la instal·lació capaços de resistir la força d'un huracà i el tipus més econòmic per a la resta del parc solar.

Resultats obtinguts.

Carregues de vent			
	Tensió màxima en MPa	Desplaçament màxim en mm	F. Seguretat
Variant reforçada 60º	110,1	8,6	3,22
Variant econòmica 0º	64,1	16,9	5,53
Carregues de neu			
Variant reforçada 60º	-	-	-
Variant econòmica 60º	-	-	-
Variant econòmica 0º 0,7N/m ²	531	68,5	0,668
Variant econòmica 0º 0,4N/m ²	344,4	53,2	1,03
Variant econòmica 0º 0,2N/m ²	171,5	30,8	2,07

Taula 33 Resultats del anàlisi

Com indica la taula de resultats els seguidors compleixen encara que en el cas del seguidor de la variant econòmica deu estar programat perquè en cas de tempesta de neu greu es posicione en angle de 60º per a deixar caure la neu.

9 Subestació elèctrica

El nou parc fotovoltaic encara que treballa en l'antiga mitja tensió de 30 kV es deu enganxar a la xarxa de distribució d'alta tensió propietat de REE d'una tensió nominal de 400kV en les immediacions de la planta ja hi ha una subestació situada en Olmedilla de Alarcón però aquesta no li queda capacitat disponible. Amb aquesta tessitura es deurà projectar i instal·lar una subestació elevadora de 30/400kV amb una potència almenys de 120MVA.

9.1 Objecte i alcans

L'objectiu d'aquest apartat és projectar una subestació capaç d'eleva la tensió de l'energia generada per a ser injectada en la xarxa de distribució.

9.2 Ubicació i emplaçament

La subestació s'ubicarà en el mateix perímetre del parc fotovoltaic, en el terme de Alarcón en Cuenca, Castilla la Mancha en les següents coordenades UTM:

	Zona	Hemisferi	UTMX	UTMY
S. Estació	30	N	580996	4383739,4

Taula 34 Dades de l'emplaçament

Distància fins la costa de 147,2km

Altura de 832 m.s.n.m

9.3 Normativa

Sobre instal·lacions elèctriques:

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrer, por el que s'aprova el Reglament sobre les condicions tècnica y garanties de Seguretat en línies elèctriques d'alta tensió i les seues instruccions tècniques complementàries ITC-LAT 01a 09.
- Reial Decret 1110/2007, de 24 d'agost, por el que s'aprova el Reglament unificat de punts de mesura del sistema elèctric.
- Reial Decret 842/2002, de 2 d'agost, por el que s'aprova el Reglament electrotècnic para baixa tensió y les seues Instruccions tècniques complementàries ITC-BT.
- Reial Decret 337/2014, de 9 de maig, por el que s'aproven el Reglament sobre condicions tècniques y garanties de seguretat en instal·lacions elèctriques d'alta tensió i les seues Instruccions Tècniques Complementaries ITC-RAT 01 a 23.
- Reial Decal 1066/2001, de 28 de setembre, per al que s'aproven el Reglament que estableix condicions de protecció del domini públic radioelèctric, restriccions a les emissions radioelèctrics i mida de protecció sanitària enfront d'emissions radioelèctriques. (excepte els Capítols II, IV, V i l'annex I derogats pel R.D. 123/2017).
- Reial Decret 123/2017, de 24 de febrer, por el que s'aprova el Reglament sobre el ús del domini públic radioelèctric.
- R.D. 1955/2000 d'1 de Desembre, por el que es regulen les activitats de transport, distribució, comercialització, subministrament i procediments d'autorització d'instal·lacions d'energia elèctrica.
- Llei 24/2013 de 26 de Desembre, del Sector Elèctric.
- Normes Particulars de la Companyia Elèctrica de la zona (Iberdrola distribució).

Sobre obra civil i estructures:

- Reial Decret 314/2006 de 17 de març, per el que s'aprova el Codi Tècnic de l'Edificació.
- Reial Decret 1247/2008 de 18 de juliol per el que s'aprova la Instrucció de formigó estructural, EHE-08.

9.4 Descripció de la instal·lació

Transformador de potència 1 de tensions nominals 400/30 kV i potencia nominar 120 MVA per a donar servici a l'extracció d'energia.

Transformador de potència de sistemes auxiliars de tensions nominals de 400/0,4 kV i potència nominal de 100 kVA per a donar servici al control, gestió i telemesura de la instal·lació.

Taula amb les dades de la instal·lació:

Tensió de la normativa	400 kV	30 kV
Tensió nominal en kV	400	30
Tensió mes elevada per al material en kV	420	36
Freqüència nominal en Hz	50	50
Tensió suportada per efectes atmosfèrics en kV	1425	170
Tensió de curta durada a freqüència industrial de 1 min en kV	520	70
Regim de neutre	Rigit a terra	Posta a terra de resistència i reactància
Intensitat de curtcircuit nominal en kA	50	25
Duració del curtcircuit en s	0,5	0,5
Tensió dels servicis auxiliars	125 Vcc i 420/242 Vca	125 Vcc i 420/242 Vca

Taula 35 Dades generals de l'instal·lació

9.4.1 Edificis utilitzats

Es construiran un edifici per albergar els sistemes de control i un altre per a tindre les cel·les de mesura i protecció.

L'edifici de control tindrà 120 m2 on també hi haurà una oficina.

L'edifici de cel·les tindrà 30 m2 on s'albergaran les bateries.

9.4.2 Sistema de 400 kV

Es basarà en un embarrat per a l'eixida de 400 kV al qual es connectarà:

- Una connexió per a la eixida d'alta del transformador principal de 120 MVA a 400/30 kV.
- Una connexió per a la entrada del transformador de serveis auxiliars de 100 kVA a 400/0,4 kV.
- Una connexió per als sistemes de mesura de tensió en les barres.

L'aparellatge que se li deu connectarà entre l'embarrat i la línia es:

- Tres interruptors automàtics unipolars de tall en ambient SF6.
- Tres descarregadors de sobretensió.
- Un seccionador tripolar amb ganivets de posta a terra per a la línia.
- Un seccionador tripolar sense ganivets de posta a terra per a les barres.
- Tres transformadores d'intensitat.
- Tres transformadors de tensió.

L'aparellatge que se li deu connectarà entre l'inversor i l'embarrat:

- Tres interruptors automàtics unipolars de tall en ambient SF6.
- Tres descarregadors de sobretensió.
- Un seccionador tripolar sense ganivets de posta a terra per a les barres.
- Tres transformadores d'intensitat.
- Tres aïlladors de suport per a conductor flexible

L'aparellatge entre l'embarrat i el transformador de 400/0,4kV:

- Un seccionador tripolar sense ganivets de posta a terra.
- Tres transformadores de serveis auxiliars de tensió.

9.4.2.1 Interruptors de 400kV

S'instal·laran a la eixida del transformador, a la eixida de l'embarrat un interruptor unipolar estil autobufat amb SF6 per a treball en intempèrie, s'instal·laran un total de 9 interruptors.

Característiques principals:

Tensió de aïllament	420 kV
Tensió de servei nominal	400 kV
Freqüència	50 Hz
Intensitat nominal	4000A

Intensitat de curtcircuit	50 kA
Tensió d'assaig 1 min 50 Hz	520 kV
Tensió d'assaig tipo puls a 1,2/50 us	1.425 kV
Duració de la corrent de curtcircuit	0,5 s

Taula 36 Característiques dels interruptors de 400 kV

9.4.2.2 Seccionador tripolar de posta a terra

S'instal·larà en el punt pròxim a la xarxa de distribució.

Serà de triple columna de barra doble per a fer el doble desconnectant amb un motor central d'accionament elèctric.

Físicament consta de 3 columnes per fase, els extrems fixes i el centre giratori el qual mourà la barra que connecta els dos extrems fins a una posició de 90º respecte de la inicial assegurant la desconexió.

Característiques principals:

Tensió de aïllament	420 kV
Tensió nominal	400 kV
Nivell de aïllament entre terra i contactes oberts	
Tensió d'assaig tipus maniobra	1.050 kV
Tensió d'assaig tipo pols 1,2/50 us	1.425 kV
Nivell de aïllament sobre la distancia de seccionament	
Tensió d'assaig tipus maniobra	900 kV
Tensió d'assaig tipus pols 1,2/50 us	1.425 kV
Intensitat assignada de servei continu	
Posició de línia i transformador	3.150 A
Intensitat admissible 1s	50 kA
Intensitat admissible de cresta	125 kA

Taula 37 Característiques del seccionador tripolar amb posta a terra

9.4.2.3 Seccionador tripolar sense posta a terra

S'instal·larà en el punt pròxim a la xarxa de distribució.

Serà de triple columna de barra doble per a fer el doble desconnectant amb un motor central d'accionament elèctric.

Físicament consta de 3 columnes per fase, els extrems fixes i el centre giratori el qual mourà la barra que connecta els dos extrems fins a una posició de 90° respecte de la inicial assegurant la desconexió.

Característiques principals:

Tensió de aïllament	420 kV
Tensió nominal	400 kV
Nivell de aïllament entre terra i contactes oberts	
Tensió d'assaig tipus maniobra	1.050 kV
Tensió d'assaig tipo pols 1,2/50 us	1.425 kV
Nivell de aïllament sobre la distancia de seccionament	
Tensió d'assaig tipus maniobra	900 kV
Tensió d'assaig tipus pols 1,2/50 us	1.425 kV
Intensitat assignada de servei continu	
Posicion de línia i transformador	3.150 A
Intensitat admissible 1s	50 kA
Intensitat admissible de cresta	125 kA

Taula 38 Característiques principals del seccionador tripolar

9.4.2.4 Transformadors de intensitat

S'instal·laran entre la l'embarrat i la línia de distribució i uns altres en cada entrada de transformador.

Entre embarrat i línia de distribució:

Tensió de aïllament assignada	420 kV
Tensió nominal	400 kV
Potències i classes de precisió	
Posició de línia	300-600/ 5-5-5-5-5A
Bobinat de mesura facturació	10 VA Cl 0,2 S

Bobinat de mesura / protecció	50 VA Cl 0,5
Bobinat de protecció	75 VA SP20

Taula 39 Característiques dels mesuradors d'intensitat

9.4.2.5 Transformadors de tensió

Aparells capaços de transformar la tensió primària a la secundària que siga llegible per als aparells de mesura.

Freqüència	50 Hz
Tensió de aïllament	420 kV
Tensió nominal	396 kV
Tensió d'assaig tipus de pols	1.425 kV
Relació de transformació	$396/\sqrt{3}:0,11/\sqrt{3}$ kV
Potència i classe de precisió	25 VA, CL 0,2

Taula 40 Característiques dels mesuradors de tensió

9.4.2.6 Transformador de tensió de serveis auxiliars

Aquest estarà dedicat a donar servei als consums monofàsics dels edificis com il·luminació, gestió de dades, cel·les de maniobra...

Tipus de transformador	Trifàsic intempèrie
Tensió primària	400 kV
Tensió secundària	0,42-0,242 kV
Potència nominal	100 kVA
Tipus de connexió	Ynyn0
Tipus de servei	Continu

Taula 41 Característiques del transformador de SS.AA.

9.4.2.7 Descarregadors de sobretensió

S'instal·laran en la entada de la línia de la distribuïdora i a les eixides dels transformadors, són monofàsics.

Tensió assignada	360 kV
------------------	--------

Tensió de servei continu	288 kV
Tensió nominal de descarrega	20 kA
Classe de descarrega	4
Tensió residual de tipus pols	928 kV
Tensió residual de tipus maniobra	730 kV

Taula 42 Característiques dels descarregadors de sobretensió

9.4.2.8 Aïlladors de sustentació

Seran aïlladors de tipus columna amb un nivell d'aïllament de 31 mm/kV i seran de dos tipus, per a cable flexible i per a cable rígid.

Conductor rígid:

Tipus	C16-1550
Carga màxima de flexió	16.000 N
Carga màxima de torsió	6.000 Nm
Longitud de línia de fuga	13.020 mm
Tensió d'assaig a 50Hz	1.050 kV
Tensió d'assaig tipus pols 1,2/50us	1.425 kV

Taula 43 Característiques dels subjectadors aïllants per a conductor rígid

Conductor flexible:

Tipus	C8-1550
Carga màxima de flexió	8.000 N
Carga màxima de torsió	4.000 Nm
Longitud de línia de fuga	13.020 mm
Tensió d'assaig a 50Hz	1.050 kV
Tensió d'assaig tipus pols 1,2/50us	1.425 kV

Taula 44 Característiques dels subjectadors aïllants per a conductor flexible

9.5 Càlculs justificatius

Resum de nivell de tensió i distàncies

Per al nivell de 30 KV

Aquest nivell pertany al nivell d'aïllament nominal del Grup A.

Correspon a aquesta taula de la ITC-RAT 12

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV cresta)		Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)			
		Lista 1	Lista 2	Lista 1		Lista 2	
				Instalación en interior	Instalación en exterior	Instalación en interior	Instalación en exterior
3,6	10	20		60	120		
			40			60	120
7,2	20	40		60	120		
			60			90	120
12	28	60		90	150		
			75			120	150
17,5	38	75		120	160		
			95			160	160
24	50	95		160	160		
			125			220	220
			145			270	270
36	70	145		270	270		
			170			320	320

Taula 45 Normativa sobre la separació de conductors nus de fins a 30 kV

Obtenim els següents resultats:

Tensió mes elevada del material	36 kV
Tensió suportada a freqüència nominal	70 kV
Tensió suportada de tipus pols	170 kV
Distància entre fase i terra	320mm
Distància entre fases	320mm

Taula 46 Distàncies entre conductors de 30 kV

Per al nivell de 400 kV

Aquest nivell pertany al nivell d'aïllament nominal del Grup C.

Correspon a aquesta taula de la ITC-RAT 12

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) kV (eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A IMPULSOS TIPO RAYO 1,2/50 μs kV (valor de cresta)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A Los IMPULSOS TIPO MANIOBRA Fase a tierra 250/2500 μs kV (valor de cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra (mm)		TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO MANIOBRA Entre fases 250/2500 μs kV (valor de cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire entre fases (mm)	
			Conductor/ estructura (mm) (*)	Punta/ estructura (mm) (*)		Conductor/ conductor (paralelos) (mm) (*)	Punta/ conductor (mm) (*)
420	1050	850	1900	2400	1360	2900	3400
	1175		2200				
	1175	950	2200	2900	1425	3100	3600
	1300		2400				
	1300	1050	2600	3400	1575	3600	4200
	1425						

Taula 47 Normativa sobre la separació de conductors nus de fins a 400 kV

Tensió més elevada del material	420 kV
Tensió suportada de tipus maniobra	1.050 kV
Tensió suportada de tipus pols	1425 kV
Distancia entre fase i terra	2600 mm
Distancia entre fases	3600 mm

Taula 48 Distancias entre conductors de 400 kV

Per a les zones accessibles com corredors de servici:

Altura mínima segons la ITC-RAT-15 serà la altura d'aïllament incrementada 2.500mm:

En aquest cas tenim que entre fase i terra deu haver una distància de 2.600mm sumades s'obté 5.100mm de distància mínima vertical en les zones de pas corresponent a la zona de 400 kV.

La altura del pòrtic de 400 kV no deurà ser més baixa que 8.100 mm segons l'apartat 5.2 de la ITC-LAT-7.

Les distàncies entre els equips i l'exterior del recinte segons la ITC-RAT-15 apartat 4.3.1:

Per a 30 kV:

La distància d'aïllament afegint-li 1.500 mm de seguretat.

$$G_{30\text{ kV}} = d + 1500 \quad (d = 320) = 1820 \text{ mm}$$

Per a 400 kV:

La distància d'aïllament afegint-li 1.500 mm de seguretat.

$$G_{400\text{ kV}} = d + 1500 \quad (d = 2.600) = 4.100 \text{ mm}$$

Aquesta serà una reixa de quadrícula màxim 50x50 mm i amb una altura mínima de 2.200 mm.

9.5.1 Càlcul de curtcircuit

Com hi ha 2 nivells de tensió s'utilitza el mètode de per unitat per a obtenir les intensitats de curtcircuit de tota la subestació.

9.5.1.1 Impedàncies equivalents

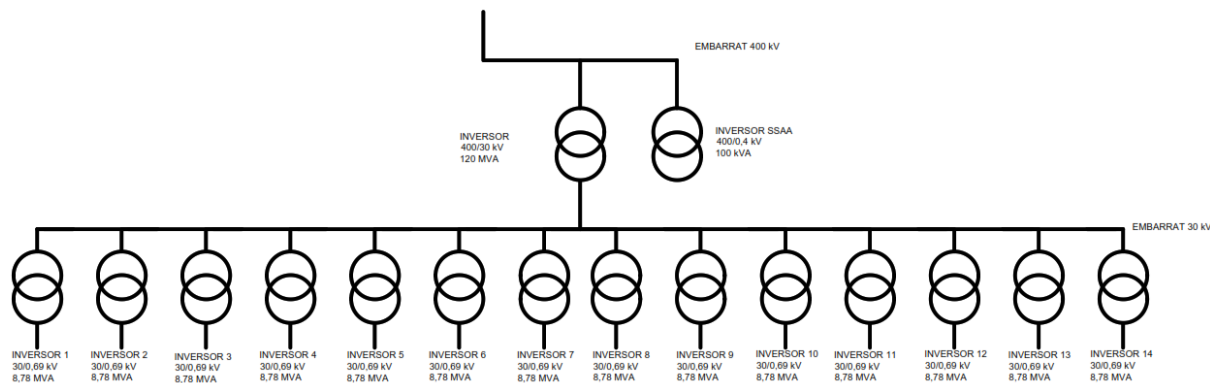


Figura 74 Esquema de la mitja tensió del parc fotovoltaic

Ret de distribució de REE segons dades de la referència per a OLMEDILLA:

La xarxa de distribució té una intensitat de curtcircuit de 26,4 kA i una potència de $S=18.290$ MVA en un percentil de 99 en dades del 2020.

https://www.ree.es/sites/default/files/01_ACTIVIDADES/Documentos/AccesoRed/DF.21_12_Inform_ePcc_PENINSULA_2020_v01.pdf

En barres del Transformador 400/30 kV costat de 30 kV

Impedància de la xarxa en 30 kV:

$$Z_{T400/30 RET} = \frac{U^2}{S} = \frac{30^2}{18.290} = 0,0492\Omega$$

Impedància pròpia del transformador amb $Z_{cc}=12,5\%$

$$Z_{T400/30 Propi} = \frac{u_{cc}(\%)}{100} \cdot \frac{U^2}{S} = \frac{12,5}{100} \cdot \frac{30^2}{120} = 0,9375\Omega$$

Sumant les impedàncies:

$$Z_{T30} = Z_{T400/30 RET} + Z_{T400/30 Propi} = 0,0492 + 0,9375 = 0,9867\Omega$$

Se obté una intensitat de curtcircuit en la part de 30 kV:

$$I_{CC_30kV} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{T30}} = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 0,9867} = 17,55kA$$

9.5.2 Intensitats nominals

Intensitat en el costat 400 kV del transformador de 120 MVA.

$$I_{T400} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_{400}} = 173,21 \text{ A}$$

On:

S= Potencia del transformador en VA (120.000.000)

V_{400} = Tensió del primari del transformador en V (400.000)

I_{T400} = Intensitat en el primari del transformador en A

Intensitat en el costat 30 kV del transformador de 120 MVA.

$$I_{T30} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_{30}} = 2.309,41 \text{ A}$$

On:

S= Potencia del transformador en VA (120.000.000)

V_{30} = Tensió del secundari del transformador en V (30.000)

I_{T30} = Intensitat en el secundari del transformador en A

Intensitat en el costat 30 kV del transformador de 100 kVA per a serveis auxiliars.

$$I_{T400} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_{30}} = 1,924 \text{ A}$$

On:

S= Potencia del transformador en VA (100.000)

V_{30} = Tensió del primari del transformador en V (30.000)

I_{T30} = Intensitat en el secundari del transformador en A

9.5.3 Càlcul de conductors

Sistema de 400 kV

Intensitat admissible:

Deu suportar $I_{T400} = 173,21 \text{ A}$

Comprovació del cable LA-455 CONDOR amb secció metàl·lica de 454,5 mm²

Utilitzant la formula: $I_{max} = n \cdot D \cdot S \cdot k$

D: densitat de càrrega en A/mm²

Tabla 11. Densidad de corriente máxima de los conductores en régimen permanente

Sección nominal mm ²	Densidad de corriente A/mm ²		
	Cobre	Aluminio	Aleación de aluminio
10	8,75		
15	7,60		
25	6,35	6,00	5,60
35	5,75	5,00	4,65
50	5,10	4,55	4,25
70	4,50	4,00	3,70
95	4,05	3,55	3,30
125	3,70	3,20	3,00
160	3,40	2,90	2,70
200	3,20	2,70	2,50
250	2,90	2,50	2,30
300	2,75	2,30	2,15
400	2,50	2,15	2,00
500	2,30	1,95	1,80
600	2,10	1,80	1,70
		1,65	1,55

Taula 49 Densitat de carrega màxima segons normativa

Interpolant se obté 1,75 A/mm²

S = Secció del cable de 454,5 mm² (Al ser DUPLEX realment es el doble)

K = Coeficient dependent del material del cable es 0,95

N = nombre de conductors es 1

S'opté que $I_{max} = 1511,21 A$

Com $I_{max} > I_{T400}$ se conclou que un conductor correcte

Escalfament:

Es comprova la resistència tèrmica del cable baix les condicions de curtcircuit.

Amb la següent formula:

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

Amb:

K = coeficient del material en este cas 93 per l'alumini

S = secció del conductor es 454,5 mm²

t = temps de la pertorbació es 0,5 s

S'obté una intensitat màxima de $I_{cc} = 59,77 kA$ major a la capacitat de desconexió de 50kA en 0,5s del descarregadors d'intensitat.

Sistema de 30 kV

Intensitat admissible:

Deu suportar $I_{T30} = 2.309,41 A$

Comprovació del cable 600m² estil Prysmian Group amb secció metàl·lica de 600 mm² i 1,55 A/mm²

Utilitzant la formula: $I_{max} = n \cdot D \cdot S \cdot C1 \cdot C2 \cdot C3$

D: densitat de càrrega en A/mm² segons les tables del fabricant 1,55

S = Secció del cable de 600 mm²

C1= Coeficient dependent de la temperatura del cable és 0,92 (a 55°C)

C2= Coeficient agrupació en ternes és 0,71 (En contacte entre si sobre estructures o paret)

C3= Coeficient d'exposició directa al sol és 0,9

N= nombre de conductors és 5

S'obté que $I_{max} = 2.733,64 A$

Com $I_{max} > I_{T30}$ es conclou que un conductor correcte.

Intensitat admissible en la barra de connexions:

Escalfament:

Es comprova la resistència tèrmica del cable baix les condicions de curtcircuit.

Amb la següent formula:

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

Amb:

K= coeficient del material en aquest cas 93 per l'alumini

S= secció del conductor és 600 mm²

t= temps de la pertorbació és 0,5 s

Se obté una intensitat màxima de $I_{cc} = 78,91 kA$ major a la capacitat de desconexió de 25kA en 0,5s del descarregadors d'intensitat.

Embarrats:

Els dos embarrats estan fets de tubs de coure de 100mm de diàmetre exterior i 90mm de diàmetre interior amb una secció de 1.492 mm² i una $I_{admissible} = 2.640 A$

Se comprova la resistència tèrmica del cable baix les condicions de curtcircuit.

Amb la següent formula:

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

Amb:

K= coeficient del material en aquest cas 142 per al coure.

S= secció del conductor és 1.492 mm²

t= temps de la pertorbació és 0,5 s

S'obté una intensitat màxima de $I_{cc} = 299,62 \text{ kA}$ major a la capacitat de desconexió de 50kA i 25kA en 0,5s del descarregadors de intensitat.

9.5.4 Efecte corona

Quant la intensitat del camp elèctric supera la rigidesa elèctrica de l'aire es produeix la ionització.

Els factors principals que intervenen són les condicions atmosfèriques i la superfície dels conductors.

Es calcula mitjançant la equació de Peek:

$$U_c = 21,1 \cdot \sqrt{3} \cdot m_c \cdot m_t \cdot \delta \cdot RMG \cdot n \cdot \ln \left(\frac{DMG}{RMG} \right)$$

U_c és tensió crítica composta en kV

δ és el factor de correcció de l'aire

La temperatura mitjana és 12 °C

La pressió baromètrica és h= 68,322 cmHg

$$\delta = \frac{3,921 \cdot 68,322}{273 + 12} = 0,939$$

m_t és el coeficient relatiu al temps (1 per a sec i 0,85 per a pluja) es 0,85

m_c és el coeficient d'irregularitat de superfície del conductor (1 per a llis i 0,93 per a oxidats) és 0,93

n nombre de conductors és 2

RMG radi mig geomètric en cm és 1,386

DMG distància mitja geomètrica en cm és 504

$$U_c = 21,1 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,93 \cdot 0,85 \cdot 0,939 \cdot 1,386 \cdot 2 \cdot \ln \left(\frac{504}{1,386} \right) = 443,37 \text{ k}$$

Es comprova que és major que la tensió nominal de 400 kV, no tindrà pèrdues per corona.

9.5.5 Càlcul de terres

S'utilitzarà una xarxa mallada de conductor nu de 185 mm² per tota la superfície del recinte enreixat de 75 m per 141 m, enterrat a una profunditat de 0,8 m. Segons la ITC-RAT 13 per a poder utilitzar una resistivitat de 200 Ω*m és necessari fer un estudi in situ, en aquest cas s'utilitzarà una resistivitat de 300 Ω*m la qual abans de la fer la instal·lació es deurà comprovar.

Segons el reglament per a elèctrode enterrat:

$$R_g = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} = \frac{\rho}{4} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{S}} + \frac{\rho}{L}$$

ρ = Resistivitat del terreny en $\Omega \cdot m$ és $300 \Omega \cdot m$

S = Superfície en la qual es distribueix l'elèctrode és $10.575 m^2$

L = Longitud de l'elèctrode és $4050 m$

S'obté una $R_g = 1,336 \Omega$

Es pot suposar una $R_{línia} = 4 \Omega$ (Corresponent a la xarxa de distribució de REE)

La resistència equivalent és:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{1,336} + \frac{1}{0,4}$$

S'obté una $R_{eq} = 0,3094 \Omega$

S'obté la tensió de defecte:

$$U_d = R_{eq} \cdot I_d = 0,3094 \cdot 26.400 = 8.169,19 V$$

I una intensitat a posta de terra de:

$$I_{PT} = \frac{U_d}{R_g} = \frac{8.169,19}{1,366} = 5.977,13 A$$

El punt més crític és en l'embarat de 400 kV el qual pot tindre un curtcircuit màxim de 26,4 kA i una potència de $S=18.290 MVA$

Per a obtindre la intensitat màxima que pot dissipar la terra s'utilitza el mètode del Standard 80 IEEE:

$$I_{MAX} = \sqrt{\left(\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t \cdot \alpha_r \cdot \rho_r} \right) \cdot \ln \left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a} \right) \right)} \cdot A_{mm^2}$$

TCAP = factor de capacitat tèrmica per unitat de volum en $J/cm^3/^\circ C$ es 3,42

α_r = Coeficient tèrmic de resistivitat de temperatura de referència en $1/^\circ C$ és 0,00381

ρ_r = Resistivitat del conductor de terra a temperatura de referència en $\mu\Omega \cdot cm$ és 1,78

K_0 = és 242

T_m = Temperatura màxima permissibile del conductor en $^\circ C$ és 1.084

T_a = Temperatura ambient en $^\circ C$ és 40

A_{mm^2} = Secció de conductor és 185

t = Duració de falla en s és 1

S'obté una $I_{MAX} = 51,689 kA$ superior a la màxima intensitat de curtcircuit de 26,4 kA.

Segons la ITC-RAT-13 la densitat d'intensitat no pot es major en coure de 160 A/mm² en aquest cas calculant:

$$I_{max} = \frac{26.400}{185} = 142,7 \frac{A}{mm^2} < 160 \frac{A}{mm^2}$$

Compleix la normativa.

Per a les tensions de pas i de contacte caldrà calcular per a les dues superfícies que disposa la instal·lació en grava o formigó d'uns 15 cm i una resistivitat de 3000 Ω*m i sense grava.

Per a obtindre les tensions admissibles s'utilitzen les següents fórmules:

$$\rho_{sup} = \left(1 - 0,108 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho_s}}{2 \cdot h_s + 0,106} \right) \right) \cdot \rho_s$$

$$V_c = U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{\left(\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \cdot \rho_s \right)}{1000} \right)$$

$$V_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{(2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_s)}{1000} \right)$$

U_{ca} = Tensió de contacte aplicada admissible segons la ITC-RAT-13:

Duración de la corriente de falta, t_f (s)	Tensión de contacto aplicada admissible, U_{ca} (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

Taula 50 Tensió de contacte per duració de la falta segons normativa

Els equips tardaran 0,5 s a eliminar les faltes però per a tindre un càlcul conservador s'utilitzarà $t=1$ s que equival a 107 V

h_s = espessor de la capa superficial en aquest cas 0,15m

R_{a1} = Resistència equivalent del calçat de sola aïllant segons normativa 2000 Ω

	Tensió de pas en V	Tensió de contacte en V
Amb grava	18.605	545
Sense grava	7.276	262

Taula 51 Tensió de pas i de contacte admissible

Càlcul de tensions màximes de pas i contacte

S'utilitzarà el mètode proposat per la ANSI/IEEE Guide for safety in AC substation grounding 1986, en l'aparat que s'utilitzen elèctrodes.

Amb les següents fórmules:

$$E_s = \rho \cdot K_s \cdot K_j \cdot \frac{l}{L}$$

$$E_s = \rho \cdot K_m \cdot K_j \cdot \frac{l}{L}$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot h} + \frac{1}{h + d} + \frac{1}{D} (1 + 0,5^{n-2}) \right]$$

$$K_j = 0,644 + 0,148 \cdot n$$

$$K_m = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\ln \left(\frac{D^2}{16 \cdot h \cdot d} + \frac{(D + 2 \cdot h)^2}{8 \cdot D \cdot d} - \frac{h}{4 \cdot d} \right) + \frac{K_{ij}}{K_h} \cdot \ln \cdot \frac{8}{\pi^{(2 \cdot n - 1)}} \right]$$

$$E_{ij} = \frac{2}{(2 \cdot n)^{\frac{2}{n}}}$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{1}}$$

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d$$

$$n_a = \frac{2 \cdot L_c}{L_p}$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4 \cdot \sqrt{A}}}$$

$$n_c = \left(\frac{L_x \cdot L_y}{A} \right)^{\frac{0,7 \cdot A}{L_x \cdot L_y}}$$

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{(L_x)^2 + (L_y)^2}}$$

E_m = Diferencial de potencial de la malla respecte al centre de la malla

E_s = Tensió de contacte a una distància horitzontal d'un metre

ρ = Resistivitat del terreny en $\Omega \cdot m$ és 300

I = Intensitat de defecte en A és 5.977

L_c = Longitud del cable enterrat en m és 4050

L_p = Longitud del perímetre del cable en m és 432

L_x = Longitud màxima del cable en eix longitudinal en m és 141

L_y = Longitud màxima del cable en eix transversal en m és 75

D_m = Distància màxima entre dos punts de la malla en m és 160

H = Profunditat de la malla en m és 0,6

A = Àrea de la malla en m^2 és 10.575

D = Separació mitjana entre conductors paral·lels en m és 4

d = diàmetre del conductor en m és 0,01535

n = numero efectiu de conductors en paral·lel

Es calculen els coeficients mitjançant Excel per a obtindre E_s i E_m :

N_d	1,002
N_c	1,081
N_b	1,025
N_a	18,750
N	20,812
K_s	0,207
K_{ij}	1,398
K_m	0,140
K_h	1,265
K_j	3,724
E_s	341,336
E_m	230,266

Taula 52 Resultats del càlcul mitjançant Excel

Se comprova que:

$$E_s < V_p \text{ ya que } 341,336 < 7276 \text{ V}$$

$$E_m < V_c \text{ ya que } 230,266 < 262 \text{ V}$$

Comprovació:

	Tensió de pas en V	V_p calculada	Tensió de contacte en V	V_c calculada
Amb grava	18.605	341,34	545	230,27

Sense grava	7.276	341,34	262	230,27
-------------	-------	--------	-----	--------

Taula 53 Comparativa de resultats de tensió màxima i admissible

9.5.6 Proteccions per a descarregues atmosfèriques

El càlcul els parallamps es faran en dos nivells, ja que seran diferents models en cada cas.

Nivell de 400 kV

El sistema treballa a 400 kV amb un màxim d'aïllament de 420 kV com els parallamps són monofàsics s'obté:

$$U_{\text{linea}} = \frac{420}{\sqrt{3}} = 242,49 \text{ kV}$$

Aquest deurà ser suportar un 20% més durant un temps indefinit:

$$U_{\text{MAX}} = \frac{242,49}{0,8} = 303,11 \text{ kV}$$

El parallamps deurà poder treballar amb una tensió continua de 303,11 kV.

En cas de sobretensions temporals o transitoris de línia es calcula el coeficient k_t amb un $t= 2s$ que per a que la línia pugui establir-se:

$$K_t = \frac{1}{\left(\frac{t}{10}\right)^{0,02}} = 1,0327$$

$$U_{\text{MAX}} = \frac{U_{\text{linea}} \cdot 1,4}{K_t} = 328,74 \text{ kV}$$

Es deurà seleccionar un calibre superior a 328,74 kV l'immediatament superior de la gama comercial.

Nivell de 30 kV

El sistema treballa a 400 kV amb un màxim d'aïllament de 420 kV com els parallamps són monofàsics se te que:

$$U_{\text{linea}} = \frac{36}{\sqrt{3}} = 20,78 \text{ kV}$$

Aquest deurà ser suportar un 20% més durant un temps indefinit:

$$U_{\text{MAX}} = \frac{20,78}{0,8} = 25,98 \text{ kV}$$

El parallamps deurà poder treballar amb una tensió continua de 25,98 kV.

En cas de sobretensions temporals o transitoris de línia es calcula el coeficient k_t amb un $t= 2s$ que perquè la línia pugui establir-se:

$$K_t = \frac{1}{\left(\frac{t}{10}\right)^{0,02}} = 1,0327$$

$$U_{MAX} = \frac{U_{línea} \cdot 1,4}{K_t} = 28,17 \text{ kV}$$

Es deurà seleccionar un calibre superior a 28,17 kV l'immediatament superior de la gama comercial.

10 Valoració econòmica

Evolució del preu de la electricitat Per a la variant a) s'utilitzaran les dades presentades per el OMIE en l'informe de preus del 2018 en la Zona Espanyola en el qual es comparen els preus per mesos i anys, són les següents dades:

Any	Preu mig mensual (€/MWh)		Preu mig mensual (€/MWh)
	2018	2017	17-18
Gener	49,98	71,49	60,74
Febrer	54,88	51,74	53,31
Març	40,18	43,19	41,69
Abril	42,67	43,69	43,18
Maig	54,92	47,11	51,02
Juny	58,46	50,22	54,34
Juliol	61,88	48,63	55,26
Agost	64,33	47,46	55,90
Setembre	71,27	49,15	60,21
Octubre	65,08	56,77	60,93
Novembre	61,97	59,19	60,58
Desembre	61,81	57,94	59,88
Any	57,29	52,24	54,77

Taula 54 Preus de la Variant A

On s'obté la mitja de dos anys. Cal indicar que no cal retrocedir a dades més antigues, ja que en Europa no es contempla que l'electricitat reduïa el seu preu respecte al preu pre crisis energètica.

Per a la variant b) segons l'OMIE durant desembre del 2021 van ser el pic de preus en el MIBEL aquest com demostra la següent taula:

Preu mig mensual (€/MWh)	
agost 2021	105,95
setembre 2021	156,14
octubre 2021	200,06
novembre 2021	193,43
desembre 2021	239,16
gener 2022	201,72
febrer 2022	200,22
març 2022	283,3
abril 2022	191,53
maig 2022	187,13
juny 2022	169,63
juliol 2022	142,66
any	189,24

Taula 55 Preus per a la Variant B

Per a obtenir aquesta variant també s'utilitzarà el preu per mes.

Per a la variant c) es preveu que el preu baixi respecte a la crisi energètica actual (variant b)) però no es recuperi a valors pre-crisis quedant-se en l'entorn de 120 €/MWh, per a poder adequar aquest valor als demes s'utilitzaran les demes corbes per a poder modelar aquesta previsió, quedant la següent taula:

Preu mig mensual (€/MWh)	
gener	124,23
febrer	119,61
març	117,41
abril	113,41
maig	111,81
juny	111,83
juliol	113,15
agost	116,61
setembre	124,19
octubre	123,71
novembre	125,41
desembre	128,91
any	119,19

Taula 56 Preus per a la Variant C

Justificació de l'estimació: Aquest valor és una aproximació dels preus del futur, ja que aquest valor és molt volàtil però s'espera que siguin sempre superiors a causa de la constant electrificació i la descarbonització d'Europa.

Per a la variant d) comptem amb els preus a futur d'una coneguda comercialitzadora la qual oferta en el mercat de futurs per a un període de 10 anys a 40€/MWh per a tota l'energia generada.

Comparació de preus entre les 4 variants proposades.

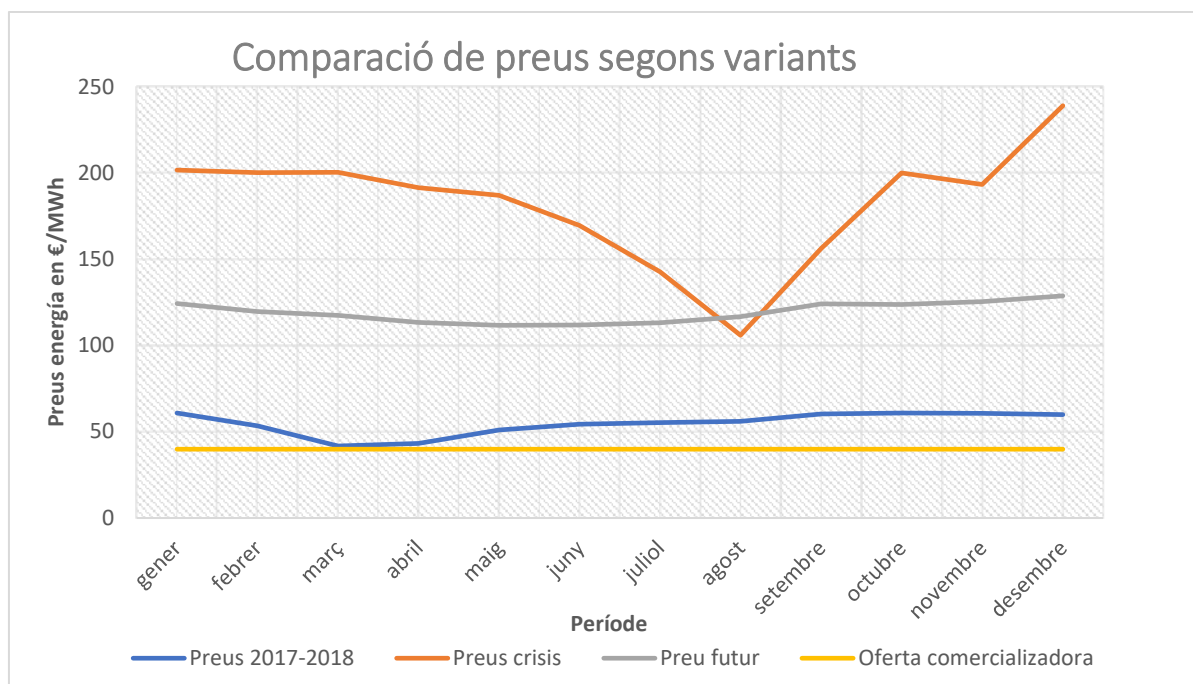


Figura 75 Comparativa de preus segons Variants

Com s'observa en la taula els valors de la variant b) Preus en crisi agost, setembre, octubre, novembre i desembre pertanyen a 2021 i gener, febrer, març, abril, mag, juny i juliol pertanyen a 2022, això explica el canvi brusc de tendència.

10.1 Retribució del primer any

Com el preu de l'electricitat i la quantitat d'energia generada varia mensualment es deu estudiar en cada cas el benefici generat mes a mes en cada cas i en cada variant. Per al càlcul se suposa que tota l'energia generada es vendrà, ja que la fotovoltaica té un cost d'oportunitat molt baix.

Aquest es multiplica energia generada en un període pel preu de l'energia en cada període.

S'adjunten les taules de resultats:

Cas A:

Cas A	Energia (GWh)	Variant a) (€)	Variant b) (€)	Variant c) (€)	Variant d) (€)
gener	13,41	814456,35	2705065,2	1665924,3	536400
febrer	14,57	776726,7	2917205,4	1742717,7	582800
març	19,53	814108,05	3912444,9	2293017,3	781200
abril	19,88	858418,4	3807616,4	2254590,8	795200
maig	21,13	1077946,95	3954056,9	2362545,3	845200
juny	20,86	1133532,4	3538481,8	2332773,8	834400
juliol	22,64	1250973,2	3229822,4	2561716	905600
agost	22,4	1252048	2373280	2612064	896000
setembre	20,17	1214435,7	3149343,8	2504912,3	806800
octubre	17,36	1057658	3473041,6	2147605,6	694400
novembre	13,24	802079,2	2561013,2	1660428,4	529600
desembre	12,24	732870	2927318,4	1577858,4	489600

Sumatori	11785252,95	38548690	25716153,9	8697200
----------	-------------	----------	------------	---------

Taula 57 Beneficis en el Cas A en totes les Variants

Cas B:

Cas B	Energia (GWh)	Variant a) (€)	Variant b) (€)	Variant c) (€)	Variant d) (€)
gener	10,46	635288,1	2109991,2	1299445,8	418400
febrer	13,13	699960,3	2628888,6	1570479,3	525200
març	20,05	835784,25	4016616,5	2354070,5	802000
abril	24,66	1064818,8	4723129,8	2796690,6	986400
maig	28,32	1444744,8	5299521,6	3166459,2	1132800
juny	30,97	1682909,8	5253441,1	3463375,1	1238800
juliol	33,31	1840544,05	4752004,6	3769026,5	1332400
agost	29,93	1672937,35	3171083,5	3490137,3	1197200
setembre	23,23	1398678,3	3627132,2	2884933,7	929200
octubre	16,75	1020493,75	3351005	2072142,5	670000
novembre	10,89	659716,2	2106452,7	1365714,9	435600
desembre	9,11	545461,25	2178747,6	1174370,1	364400
Sumatori		13501336,95	43218014,4	29406845,5	10032400

Taula 58 Beneficis en el Cas B en totes les Variants

Cas C:

Cas C	Energia (GWh)	Variant a) (€)	Variant b) (€)	Variant c) (€)	Variant d) (€)
gener	11,17	678409,95	2253212,4	1387649,1	446800
febrer	13,99	745806,9	2801077,8	1673343,9	559600
març	22,21	925823,85	4449329,3	2607676,1	888400
abril	26,13	1128293,4	5004678,9	2963403,3	1045200
maig	30,91	1576873,65	5784188,3	3456047,1	1236400
juny	32,76	1780178,4	5557078,8	3663550,8	1310400
juliol	35,34	1952711,7	5041604,4	3998721	1413600
agost	31,67	1770194,65	3355436,5	3693038,7	1266800
setembre	24,7	1487187	3856658	3067493	988000
octubre	17,82	1085683,5	3565069,2	2204512,2	712800
novembre	11,65	705757	2253459,5	1461026,5	466000
desembre	9,75	583781,25	2331810	1256872,5	390000
Sumatori		14420701,25	46253603,1	31433334,2	10724000

Taula 59 Beneficis en el Cas C en totes les Variants

Amb aquestes 3 tables se obtenen la gràfica comparativa següent:

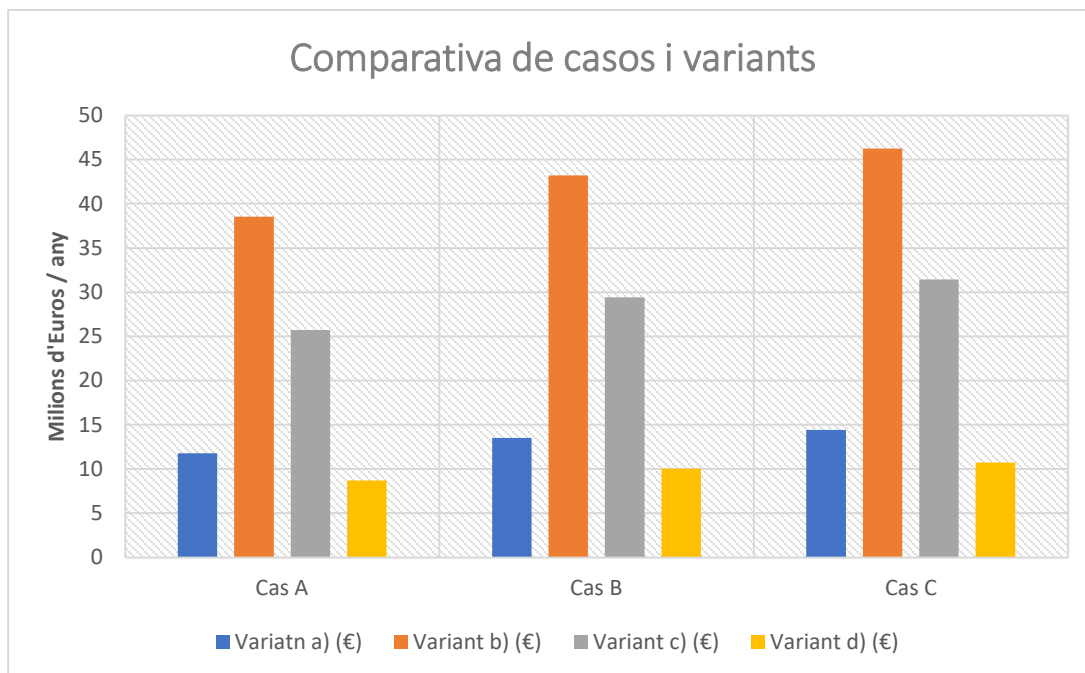


Figura 76 Comparativa de ingressos segons Cas i Variant

Com s'observa hi ha gran diferència entre els casos estudiats i les seues variants econòmiques.

10.2 Retorn de inversió

En aquest apartat es calcularà la variant econòmicament més rendible, per analitzar aquestes dades es preveu una perduda de rendiment energètic del 0,528 % anual en el cas A i Cas B, ja que comparteixen el mateix panell i un 0,520% en el Cas C.

Els costos de mantenició anual són 125.000 € anuals i la vida útil serà de 25 anys.

El projecte serà finançat per un préstec del total del pressupost, aquest serà tornat durant els 25 anys d'instal·lació

Es calcula el TIR i el VAN per a cada Cas i en cada variant econòmica:

Taula de costos:

	<i>Cost</i>	<i>Cost préstec anual</i>
<i>Cas A</i>	83.160.080,89 €	3.365.363,72 €
<i>Cas B</i>	86.787.779,42 €	3.624.237,85 €
<i>Cas C</i>	89.239.219,55 €	3.698.201,89 €

Taula 60 Cost de instal·lació segons Cas

Les taules completes estaran en el Annex I Taules econòmiques, per a fer l'anàlisi s'utilitzarà les taules resum:

Taula del Cas A

	Variant A		Variant B		Variant C		Variant D	
Any	Ingrés	VAN	Ingrés	VAN	Ingrés	VAN	Ingrés	VAN
25	10,38M€	116,29M€	33,95M€	744,68M€	22,64M€	443,38M€	7,65M€	43,78M€
	TIR	6%	TIR	47%	TIR	30%	TIR	-5%
	Retorn	9,09	Retorn	2,09	Retorn	3,31	Retorn	14,94

Taula 61 Benefici als 25 anys, TIR i temps de retorn en el Cas A

Taula del Cas B

	Variant A		Variant B		Variant C		Variant D	
Any	Ingrés	VAN	Ingrés	VAN	Ingrés	VAN	Ingrés	VAN
25	11,97M€	152,84M€	39,15M€	877,613M€	26,12M€	530,10M€	8,83M€	69,22M€
	TIR	9%	TIR	51%	TIR	32%	TIR	-1%
	Retorn	8,95	Retorn	1,93	Retorn	3,03	Retorn	12,67

Taula 62 Benefici als 25 anys, TIR i temps de retorn en el Cas B

Taula del Cas C

	Variant A		Variant B		Variant C		Variant D	
Any	Ingrés	VAN	Ingrés	VAN	Ingrés	VAN	Ingrés	VAN
25	12,82M€	165,51M€	41,94M€	949,33M€	27,98M€	577,49M€	9,46M€	84,35M€
	TIR	9%	TIR	54%	TIR	34%	TIR	1%
	Retorn	7,68	Retorn	1,83	Retorn	2,86	Retorn	11,58

Taula 63 Benefici als 25 anys, TIR i temps de retorn en el Cas C

11 Conclusió

Com es pot veure en les taules en el Cas C és el més rendible com ja tot i ser el més car també s'observa en tots els casos en la variant B hi ha un benefici desorbitat corresponent a la part més dura de la crisi energètica amb un retorn de menys de 2 anys i en el millor cas un benefici de 949.329.282,30€ en 25 anys, aquests preus són insostenibles durant 25 anys per això anem a una variant més conservadora com al C la qual n'aporta un retorn al voltant de 3 anys i per al pitjor escenari seria la variant D vendre tota l'energia a preu fixe durant tota la vida útil en aquest cas tindríem un retorn de 14,94 anys òbviament aquesta oferta no és assumible, ja que el preu per MWh és molt inferior al mercat i molt menys que les previsions.

Per tot açò òbviament se selecciona el Cas C, ja que en el pitjor dels casos s'obté un TIR=1% i un retorn d'11,58 anys, en la variant més conservadora s'obté un TIR de 9% i un retorn de 7,68 anys i un benefici de 165.512.901,29€ per altra banda produirà 6.300 GWh i evitarà l'emissió de 2.922 Tn de CO₂ .

12 Referències

- [1] aeléc “Norma técnica de supervisión de la conformidad de los módulos de generación de electricidad según el Reglamento UE 2016/631”
- [2] Power Electronics “Fitxa tècnica HEMK”
https://power-electronics.com/wp-content/uploads/2022/03/HEMK_solar_ES_ENERO.pdf
- [3] Power Electronics “Fitxa tècnica Twin Skid Compact”
https://power-electronics.com/wp-content/uploads/2022/09/catalogo_solar_es_web.pdf
- [4] Longi Solar “ Fitxa tècnica LR5-72HPH 555M”
https://static.longi.com/L_Gi_LE_T_TMD_059_107_LR_5_72_HPH_535_555_M_35_35_and_15_V14_895e6db05e.pdf
- [5] Trina Solar “ Fitxa tècnica TSM 665DEG21C20”
https://static.trinasolar.com/sites/default/files/Vertex_DEG21C.20_EN_2021_Aus_A_web_1.pdf
- [6] Imatge “ Mètode de clavat”
<https://www.perforacionessolares.es/es/fotos/img/9842341/>
- [7] Imatge propietat d’Industrias Duero
<https://industriasduero.com/catalogo/es/energias-renovables/76-estructura-solar-fija-biposte.html>
- [8] Trina Traker “Vanguard”
<https://www.trinasolar.com/es/product/TrinaTracker>
- [9] “Característiques del perfil IPE”
<https://ingemecanica.com/tutoriales/objetos/perfilesEA95.pdf>
- [10] CDL “ Característiques del tub quadrat 100x100”
<https://www.cdl.es/productos-servicios/tubo-estructural/#1511866687925-ab32b82f-cba2>
- [11] IGUS “ Fitxa tècnica de la ròtula plàstica”
<https://www.igus.es/product/17500?artNr=ESQM-100>
- [12] COIE “ Fitxa tècnica del motor reductor”
<http://m.coresuntracker.com/slewing-drive/solar-tracker-slewing-drive/single-axis-solar-tracker-a.html>
- [13] “Característiques del perfil Omega”
<https://ingemecanica.com/tutoriales/prontuariodeperfiles.html#conforo>

[14] El Tiempo “ Escala anemomètrica de Beaufort”

<https://www.tiempo.com/noticias/ciencia/beaufort-el-marino-que-escalo-el-viento.html>



II. PRESSUPOST



Contenido

1 Preus unitaris.....	3
2 Preus per partides	7
3 Resum del pressupost	13

1 Preus unitaris
1.1. Mòduls fotovoltaics

Codi	Designació	U	P.U.
1.1	Subministrament de mòduls bifacials de 655 Wp	188160	176,85 €

2. Inversors- transformador elevadors

Codi	Designació	U	P.U.
2.1	Inversor HEMK FS4390K amb 4,39 MVA	28	105.000,00 €
2.2	Transformador Twin Skid Compact 30/0,69 kV de 8,78 MVA	14	225.000,00 €
2.3	Controlador compatible con HEMK PPC PRO	1	65.000,00 €

3 Estructura de seguidors

Codi	Designació	U	P.U.
3.1	Estructura del seguidor econòmic	1640	6.655,11 €
3.2	Estructura del seguidor reforçat	40	7.032,84 €
3.3	Motor	1680	575,00 €
3.4	Ròtules	13760	85,00 €
3.5	Enclavat	15440	75,00 €
3.6	Mòdul de control amb bateria	1680	500,00 €

4 Material elèctric

Codi	Designació	U	P.U.
4.1	Cable 10 mm ² Cu 0,6/1 kV	378672	0,95 €
4.2	Cable 16 mm ² Cu 0,6/1 kV	133392	1,10 €
4.3	Cable 25 mm ² Al 06/1 kV	53312	1,25 €
4.4	Cable 35 mm ² Al 06/1 kV	95872	1,53 €
4.5	Cable 50 mm ² Al 06/1 kV	200000	1,95 €
4.6	Cable 50 mm ² Al 18/30 kV	15575	3,51 €
4.7	Cable 95 mm ² Al 18/30 kV	46725	5,98 €
4.8	Cable de terra i sistema de toma a terra de cada inversor	14	21.871,20 €
4.9	Tub 240mm para CC	14560	12,47 €
4.10	Petit material	1	332.760,96 €

5 Mà d'obra

Codi	Designació	h	P. h
5.1	Mà d'obra	300000	23,00 €

6 Obra civil

Codi	Designació	U	P. U
6.1	Moviment de terra	2000000	4,00 €

6.2	Vallat	6283	16,00 €
6.3	Rases	4882	7,81 €

7 Lloguer de terreny

Codi	Designació	U	P.U.
7.1	Lloguer terreny 25 anys	1	1.250.000,00 €

8 Control i seguretat

Codi	Designació	U	P.U.
8.1	Armari, cablejat i connexionat	1	15.500,00 €
8.2	Zona de control d'accés	1	12.000,00 €
8.3	Camara sobre torre de 20m	62	5.450,00 €

9 Subestació elèctrica

9.1. Transformador de potencia

Codi	Designació	U	P.U.
9.1.1	Transformador trifàsic refrigerat per oli de 400/30 kV i 120 MVA	1	3.600.000,00 €

9.2. Aparellatge 400 kV

Codi	Designació	U	P.U.
9.2.1	Interrupctor unipolar SF6, 420 kV, 2kA Ic 50KA	6	25.000,00 €
9.2.2	Auto vàlvula 360 kV y Ic 20 kA classe 4	6	6.500,00 €
9.2.3	Transformador de tensió 420 kV per a mesura i protecció	3	21.750,00 €
9.2.4	Aïlladors de 420 kV	6	6.250,00 €
9.2.5	Transformadors de intensitat de 420 kV per a mesura i protecció	3	18.500,00 €

9.3 Aparellatge 30 kV

Codi	Designació	U	P.U.
9.3.1	Cel·la blindada de 36 kV con embarrat 2500A, SF6, Ic=50 kA trans mida	1	29.500,00 €
9.3.2	Cel·la blindada de 36 kV con embarrat 2500A, SF 6 Ic=50 kA trans. protecció	1	27.500,00 €
9.3.3	Cel·la blindada de 36 kV col·lectora amb embarrat 2500A, SF6 In 180A, Ic=50 kA	14	26.575,00 €
9.3.4	Cel·la blindada de 36 kV col·lectora amb embarrat 2500A, SF6 Ic=50 kA Seccionador	1	26.575,00 €
9.3.5	Transformador de S.S. A.A. de 400/0,42 kV i 100 kVA	1	12.000,00 €
9.3.6	Reactància de posta a terra de 30 kV i 500A	1	23.000,00 €
9.3.7	Auto vàlvula Uc 29 kV i 10 kA classe 4	3	975,00 €
9.3.8	Aïlladors de sustentació de 36 kV	6	400,00 €
9.3.9	Transformador de intensitat per a la reactància de P.A.T. de 500/5A	4	250,00 €

9.3.10	Seccionador monofàsic pera la reactància, 36kV i 630A, I _c 25 kA	3	450,00 €
--------	---	---	----------

9.4 Embarrat i cables

Codi	Designació	U	P.U.
9.4.1	Cable Condor Duplex LA-455 400kV	183	40,00 €
9.4.2	Cable 600mm ² coure 30 kV	450	105,00 €
9.4.3	Tub de coure 100/90 de 1492mm ²	150	70,00 €
9.4.4	Petit material	1	8.900,00 €

9.5 Estructura metàl·lica

Codi	Designació	U	P. U
9.5.1	Suports e estructures metàl·liques	25	3.100,00 €

9.6 Xarxa de terra

Codi	Designació	U	P. U
6.1	Cables, unions soldades i piques	1	85.000,00 €

9.7 Serveis auxiliars

Codi	Designació	U	P.U.
9.7.1	Armari CA	3	14.500,00 €
9.7.2	Armari CC	2	5.000,00 €
9.7.3	Carregadors de bateries i bateries de 125 Vcc	2	5.410,00 €
9.7.4	Carregadors de bateries i bateries de 48 Vcc	1	7.250,00 €
9.7.5	Grup electrogen 420 V, 100 kVA	1	7.000,00 €

9.8 Control, protecció i mesura

Codi	Designació	U	P.U.
9.8.1	Armari, cablejat i connexionat	1	25.500,00 €
9.8.2	Sistema de mesura redundant	1	12.000,00 €
9.8.3	Torre de comunicacions	1	24.000,00 €

9.9 Diversos

Codi	Designació	U	P.U.
9.9.1	Parallamps estil punta Franklin amb radi 50m de acció	2	8.150,00 €
9.9.2	Parallamps estil punta Franklin amb radi 50m de acció sobre pedestal autoportant de 20m	2	1.300,00 €
9.9.3	Vallat perimetral amb 2 portes de 14m	1	8.000,00 €
9.9.4	Tele dispar de companyia	1	10.000,00 €

9.10 Obra civil

Codi	Designació	U	P. U
9.10.1	Dos edificis, cel·les i protecció i control	1	280.000,00 €

9.11 Mà d'obra

Codi	Designació	U	P. U
9.11.1	Muntatge	1	25.000,00 €

9.12 Test de les instal·lacions

Codi	Designació	U	P. U
9.12.1	Proves i posta en servei	1	10.000,00 €

9.13 Seguretat i salut

Codi	Designació	U	P. U
13.1	Pressupost per a seguretat i salut	1	5.000,00 €

9.14 Gestió de residus

Codi	Designació	U	P. U
9.14.1	Pressupost per a gestionar els residus	1	3.000,00 €

9.15 Desmantellament

Codi	Designació	U	P. U
15.1	Pressupost per a desmantellar la subestació elèctrica	1	20.000,00 €

11 Gestió de residus

Codi	Designació	U	P. U
11.1	Gestió de residus	1	150.000,00 €

12 Test de les instal·lacions

Codi	Designació	U	P. U
12.1	Proves i posta en servei	1	45.000,00 €

13 Desmantellament

Codi	Designació	U	P. U
13.1	Pressupost per al desmantellat del parc	1	1.200.000,00 €

2 Preus per partides

1. Mòduls fotovoltaics

Codi	Designació	U	P.U.	Total
1.1	Subministrament de mòduls bifacials de 655 Wp	188160	176,85 €	33.276.096,00 €
Total partida 1			33.276.096,00 €	

2. Inversors- transformador elevadors

Codi	Designació	U	P.U.	Total
2.1	Inversor HEMK FS4390K amb 4,39 MVA	28	105.000,00 €	2.940.000,00 €
2.2	Transformador Twin Skid Compact 30/0,69 kV de 8,78 MVA	14	225.000,00 €	3.150.000,00 €
2.3	Controlador compatible con HEMK PPC PRO	1	65.000,00 €	65.000,00 €
Total partida 2			6.155.000,00 €	

3 Estructura de seguidors

Codi	Designació	U	P.U.	Total
3.1	Estructura del seguidor econòmic	1640	6.655,11 €	10.914.380,40 €
3.2	Estructura del seguidor reforçat	40	7.032,84 €	281.313,60 €
3.3	Motor	1680	575,00 €	966.000,00 €
3.4	Ròtules	13760	85,00 €	1.169.600,00 €
3.5	Enclavat	15440	75,00 €	1.158.000,00 €
3.6	Mòdul de control amb bateria	1680	500,00 €	840.000,00 €
Total partida 3			15.329.294,00 €	

4 Material elèctric

Codi	Designació	U	P.U.	Total
4.1	Cable 10 mm2 Cu 0,6/1 kV	378672	0,95 €	359.738,40 €
4.2	Cable 16 mm2 Cu 0,6/1 kV	133392	1,10 €	146.731,20 €
4.3	Cable 25 mm2 Al 06/1 kV	53312	1,25 €	66.640,00 €
4.4	Cable 35 mm2 Al 06/1 kV	95872	1,53 €	146.684,16 €
4.5	Cable 50 mm2 Al 06/1 kV	200000	1,95 €	307.944,00 €
4.6	Cable 50 mm2 Al 18/30 kV	15575	3,51 €	54.668,25 €
4.7	Cable 95 mm2 Al 18/30 kV	46725	5,98 €	279.415,50 €
4.8	Cable de tierra i sistema de toma a terra de cada inversor	14	21.871,20 €	306.196,80 €

4.9	Tub 240mm para CC	14560	12,47 €	181.563,20 €
4.10	Petit material	1	332.760,96 €	332.760,96 €

Total partida 4**2.182.342,47 €****5 Mà d'obra**

Codi	Designació	h	P. h	Total
5.1	Mà d'obra	338688	23,00 €	7.789.824,00 €

Total partida 5**7.789.824,00 €****6 Obra civil**

Codi	Designació	U	P. U	Total
6.1	Moviment de terra	1811774,6	4,00 €	7.247.098,40 €
6.2	Vallat	6283	16,00 €	100.520,00 €
6.3	Rases	4882	7,81 €	38.128,42 €

Total partida 6**7.385.746,82 €****7 Lloguer de terreny**

Codi	Designació	U	P.U.	Total
7.1	Lloguer terreny 25 anys	1	1.250.000,00 €	1.250.000,00 €

Total partida 7**1.250.000,00 €****8 Control i seguretat**

Codi	Designació	U	P.U.	Total
8.1	Armari, cablejat i connexionat	1	15.500,00 €	15.500,00 €
8.2	Zona de control d'accés	1	12.000,00 €	12.000,00 €
8.3	Camara sobre torre de 20m	62	5.450,00 €	337.900,00 €

Total partida 8**365.400,00 €****9 Subestació elèctrica****9.1. Transformador de potencia**

Codi	Designació	U	P.U.	Total
9.1.1	Transformador trifàsic refrigerat per oli de 400/30 kV i 120 MVA	1	€ 3.600.000,00	3.600.000,00 €

Total partida 9.1 3.600.000,00 €

9.2. Aparellatge 400 kV

Codi	Designació	U	P.U.	Total
9.2.1	Interruptor unipolar SF6, 420 kV, 2kA Ic 50KA	6	25.000,00 €	150.000,00 €
9.2.2	Auto vàlvula 360 kV y Ic 20 kA classe 4	6	6.500,00 €	39.000,00 €
9.2.3	Transformador de tensió 420 kV per a mesura i protecció	3	21.750,00 €	65.250,00 €
9.2.4	Aïlladors de 420 kV	6	6.250,00 €	37.500,00 €
9.2.5	Transformadors de intensitat de 420 kV per a mesura i protecció	3	18.500,00 €	55.500,00 €

Total partida 9.2 347.250,00 €

9.3 Aparellatge 30 kV

Codi	Designació	U	P.U.	Total
9.3.1	Cel·la blindada de 36 kV con embarrat 2500A, SF6, Ic=50 kA trans mida	1	29.500,00 €	29.500,00 €
9.3.2	Cel·la blindada de 36 kV con embarrat 2500A, SF 6 Ic=50 kA trans. protecció	1	27.500,00 €	27.500,00 €
9.3.3	Cel·la blindada de 36 kV col·lectora amb embarrat 2500A, SF6 In 180A, Ic=50 kA	14	26.575,00 €	372.050,00 €
9.3.4	Cel·la blindada de 36 kV col·lectora amb embarrat 2500A, SF6 Ic=50 kA Seccionador	1	26.575,00 €	26.575,00 €
9.3.5	Transformador de S.S. A.A. de 400/0,42 kV i 100 kVA	1	12.000,00 €	12.000,00 €
9.3.6	Reactància de posta a terra de 30 kV i 500A	1	23.000,00 €	23.000,00 €
9.3.7	Auto vàlvula Uc 29 kV i 10 kA classe 4	3	975,00 €	2.925,00 €
9.3.8	Aïlladors de sustentació de 36 kV	6	400,00 €	2.400,00 €
9.3.9	Transformador de intensitat per a la reactància de P.A.T. de 500/5A	4	250,00 €	1.000,00 €
9.3.10	Seccionador monofàsic pera la reactància, 36kV i 630A, Ic 25 kA	3	450,00 €	1.350,00 €

Total partida 9.3 498.300,00 €

9.4 Embarrat i cables

Codi	Designació	U	P.U.	Total
------	------------	---	------	-------

9.4.1	Cable Condor Duplex LA-455 400kV	183	40,00 €	7.320,00 €
9.4.2	Cable 600mm ² coure 30 kV	450	105,00 €	47.250,00 €
9.4.3	Tub de coure 100/90 de 1492mm ²	150	70,00 €	10.500,00 €
9.4.4	Petit material	1	8.900,00 €	8.900,00 €

Total partida 9.4**73.970,00 €****9.5 Estructura metàl·lica**

Codi	Designació	U	P. U	Total
9.5.1	Suports i estructures metàl·liques	25	3.100,00 €	77.500,00 €

Total partida 9.5**77.500,00 €****9.6 Xarxa de terra**

Codi	Designació	U	P. U	Total
6.1	Cables, unions soldades i piques	1	85.000,00 €	85.000,00 €

Total partida 6**85.000,00 €****9.7 Serveis auxiliars**

Codi	Designació	U	P.U.	Total
9.7.1	Armari CA	3	14.500,00 €	43.500,00 €
9.7.2	Armari CC	2	5.000,00 €	10.000,00 €
9.7.3	Carregadors de bateries i bateries de 125 Vcc	2	5.410,00 €	10.820,00 €
9.7.4	Carregadors de bateries i bateries de 48 Vcc	1	7.250,00 €	7.250,00 €
9.7.5	Grup electrogen 420 V, 100 kVA	1	7.000,00 €	7.000,00 €

Total partida 9.7**78.570,00 €****9.8 Control, protecció i mesura**

Codi	Designació	U	P.U.	Total
9.8.1	Armari, cablejat i connexionat	1	25.500,00 €	25.500,00 €
9.8.2	Sistema de mesura redundant	1	12.000,00 €	12.000,00 €
9.8.3	Torre de comunicacions	1	24.000,00 €	24.000,00 €

Total partida 9.8
61.500,00 €
9.9 Diversos

Codi	Designació	U	P.U.	Total
9.9.1	Parallamps estil punta Franklin amb radi 50m de acció	2	8.150,00 €	16.300,00 €
9.9.2	Parallamps estil punta Franklin amb radi 50m de acció sobre pedestal autoportant de 20m	2	1.300,00 €	2.600,00 €
9.9.3	Vallat perimetral amb 2 portes de 14m	1	8.000,00 €	8.000,00 €
9.9.4	Tele dispar de companyia	1	10.000,00 €	10.000,00 €

Total partida 9.9
36.900,00 €
9.10 Obra civil

Codi	Designació	U	P. U	Total
9.10.1	Dos edificis, cel·les, protecció i control	1	280.000,00 €	280.000,00 €

Total partida 9.10
280.000,00 €
9.11 Mà d'obra

Codi	Designació	U	P. U	Total
9.11.1	Muntatge	1041,66	24 €	25.000,00 €

Total partida 9.11
25.000,00 €
9.12 Test de les instal·lacions

Codi	Designació	U	P. U	Total
9.12.1	Proves i posta en servei	1	10.000,00 €	10.000,00 €

Total partida 9.12
10.000,00 €
9.13 Seguretat i salut

Codi	Designació	U	P. U	Total
13.1	Pressupost per a seguretat i salut	1	5.000,00 €	5.000,00 €



Total partida 13

5.000,00 €

9.14 Gestió de residus

Codi	Designació	Tn	P. Tn	Total
9.14.1	Pressupost per a gestionar els residus	1	3.000,00 €	3.000,00 €

Total partida 9.14

3.000,00 €

9.15 Desmantellament

Codi	Designació	U	P. U	Total
15.1	Pressupost per a desmantellar la subestació elèctrica	1	20.000,00 €	20.000,00 €

Total partida 9.15

20.000,00 €

Total partida 9

5.201.990,00 €

11 Gestió de residus

Codi	Designació	U	P. U	Total
11.1	Gestió de residus	1	150.000,00 €	150.000,00 €

Total partida 11

150.000,00 €

12 Test de les instal·lacions

Codi	Designació	U	P. U	Total
12.1	Proves i posta en servei	1	45.000,00 €	45.000,00 €

Total partida 12

45.000,00 €

13 Desmantellament

Codi	Designació	U	P. U	Total
13.1	Pressupost per al desmantellat del parc	1	1.200.000,00 €	1.200.000,00 €

Total partida 13

1.200.000,00 €

3 Resum del pressupost

1. Mòduls fotovoltaics	33.276.096,00 €
2. Inversors- transformador elevadors	6.155.000,00 €
3 Estructura de seguidors	15.329.294,00 €
4 Material elèctric	2.182.342,47 €
5 Mà d'obra	7.789.824,00 €
6 Obra civil	7.385.746,82 €
7 Lloguer de terreny	1.250.000,00 €
8 Control i seguretat	365.400,00 €
9 Subestació elèctrica	5.201.990,00 €
10 Seguretat i salut	65.000,00 €
11 Gestió de residus	150.000,00 €
12 Test de les instal·lacions	45.000,00 €
13 Desmantellament	1.200.000,00 €
TOTAL PRESSUPOST D'EXECUCIÓ MATERIAL	80.395.693,29 €

Despeses comuns. 5% 4.019.784,66€

Benefici industrial. 6% 4.823.741,60€

Pressupost 89.239.219,55€

I.V.A. 21% 18.740.236,11€

Pressupost total 107.979.455,66€

Pressupost total amb impostos és cent set milions nou sents setanta-nou mil quatre-cents cinquanta-cinc euros amb seixanta sis cèntims (107.979.455,66€).

III. Plànols

Índex de plànols:

1 Parc fotovoltaica

1.1 Localització

1.2 General

1.3 Detall línia de M.T.

1.4 Vials i equips

1.5 Unitat modular

1.6 Esquema unifilar

2 Estructura

2.1 Assemblatge reforçat

2.2 Assemblatge econòmic

2.3 Tub 100 x 100 x 10

2.4 Tub 100x 100 x 7

2.5 Entroncament tubs 100 x 100

2.6 Suport omega

2.7 Placa pilar i ròtula

2.8 Placa pilar i motor

2.9 IPE 300

2.10 IPE 270

2.11 IPE 240

2.12 IPE 160

2.13 IPE 120

3 Subestació elèctrica

3.1 Localització i emplaçament

3.2 SE Superior

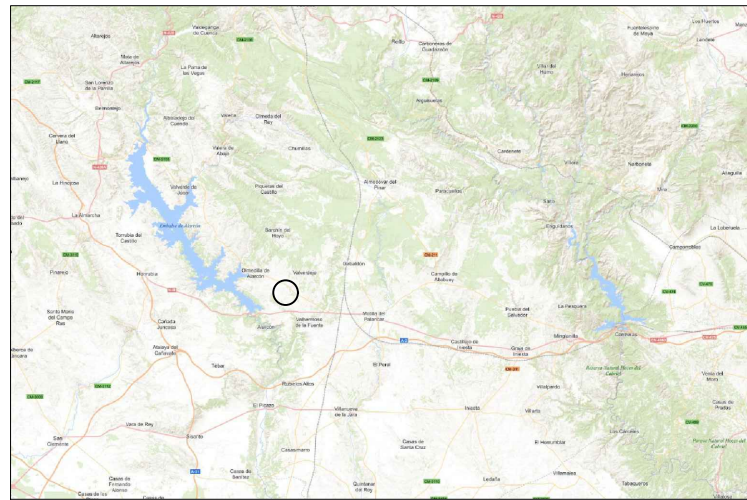
3.3 SE Seccions

3.4 Terres

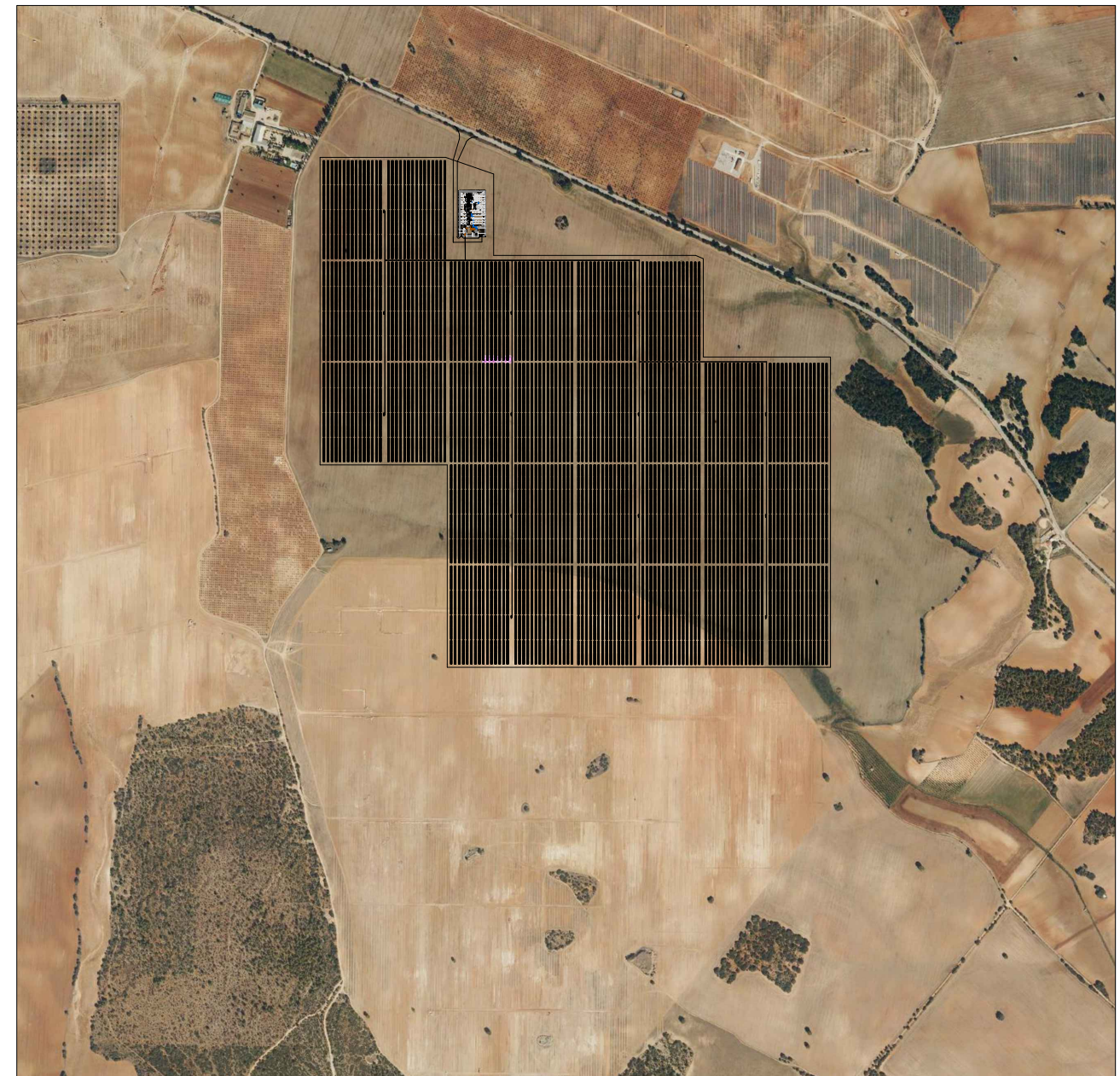
3.5 Edificis

3.6 Esquema simplificat de cel·les

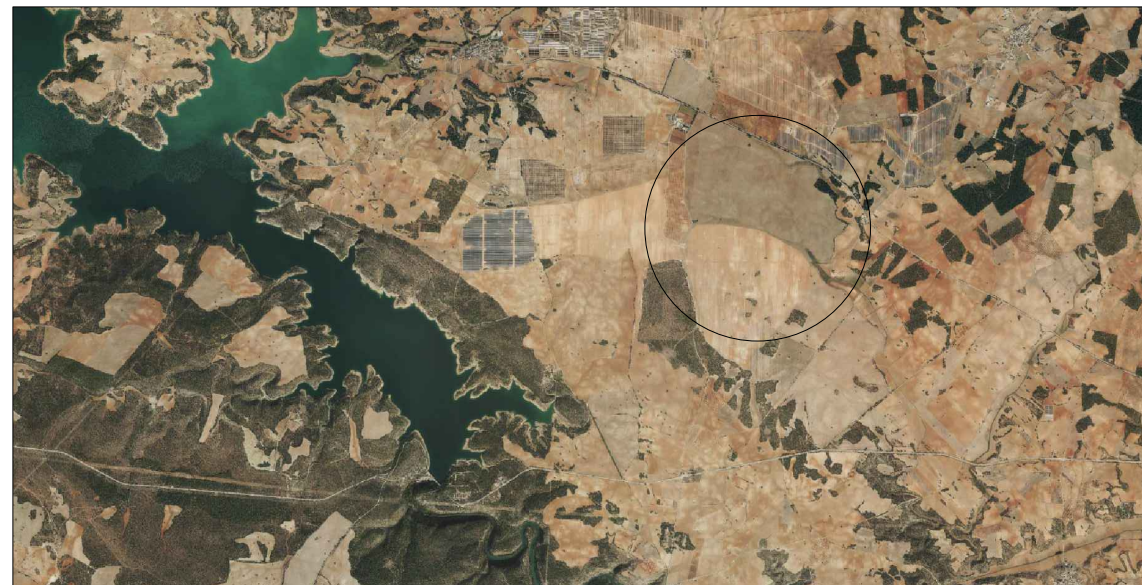
Situació
Escala 1:400.000

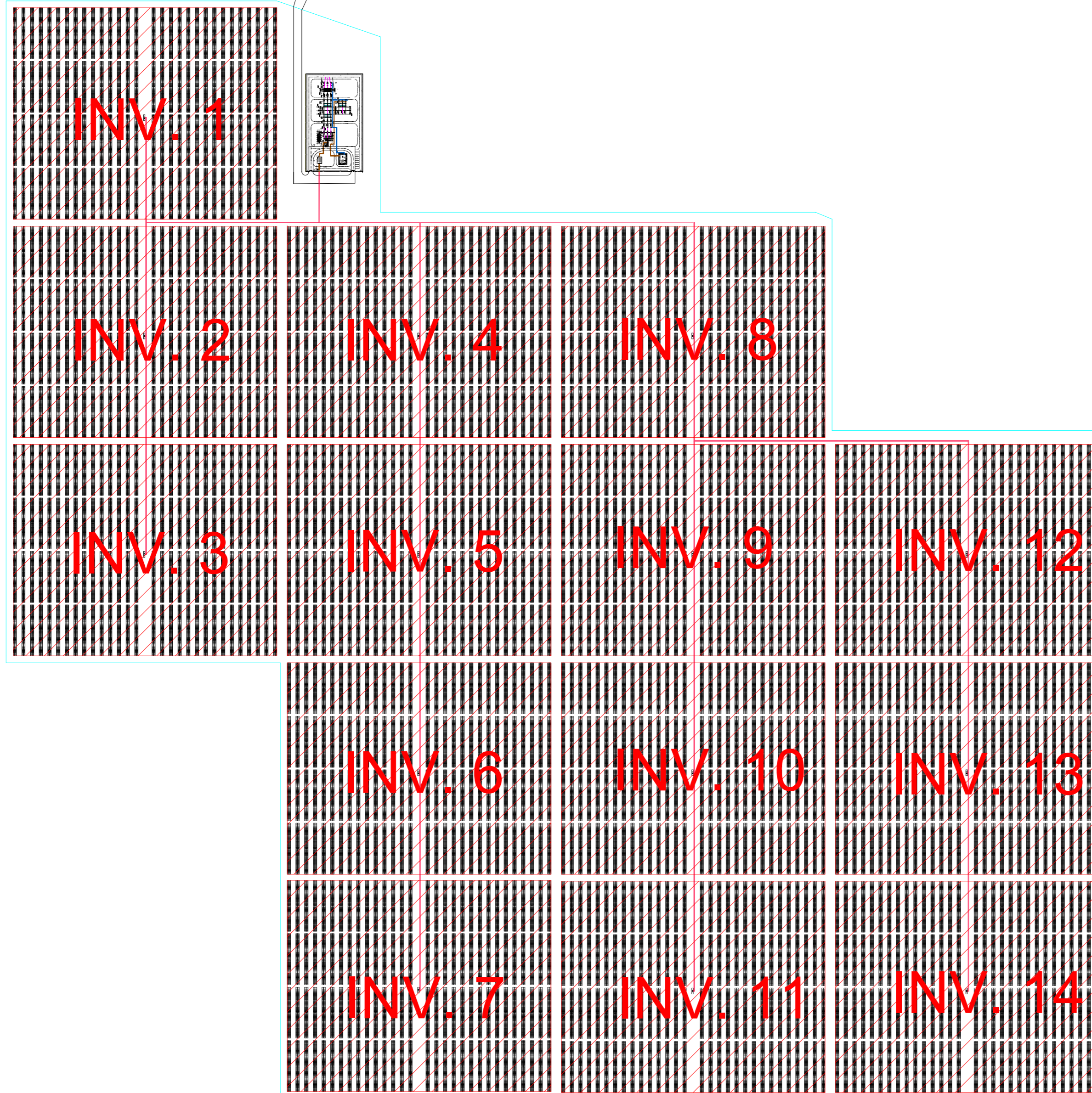


Detall
Escala 1:20.000



Emplaçament
Escala 1:100.000





Inversor	Potencia	Nº Panels	Distancia fins S.E.	Nº Seguidors ECO	Nº Seguidors REF
1	8,78 MVA	13.440	505 m	112	8
2	8,78 MVA	13.440	512 m	116	4
3	8,78 MVA	13.440	826 m	116	4
4	8,78 MVA	13.440	372 m	120	0
5	8,78 MVA	13.440	686 m	120	0
6	8,78 MVA	13.440	1000 m	116	4
7	8,78 MVA	13.440	1314 m	116	4
8	8,78 MVA	13.440	772 m	116	4
9	8,78 MVA	13.440	1086 m	120	0
10	8,78 MVA	13.440	1400 m	120	0
11	8,78 MVA	13.440	1714 m	120	0
12	8,78 MVA	13.440	1482 m	116	4
13	8,78 MVA	13.440	1796 m	116	4
14	8,78 MVA	13.440	2110 m	116	4

TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGENYERIA INDUSTRIAL

Projecte: **DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100 MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 KV EN ALARCÓN (CONCA)**

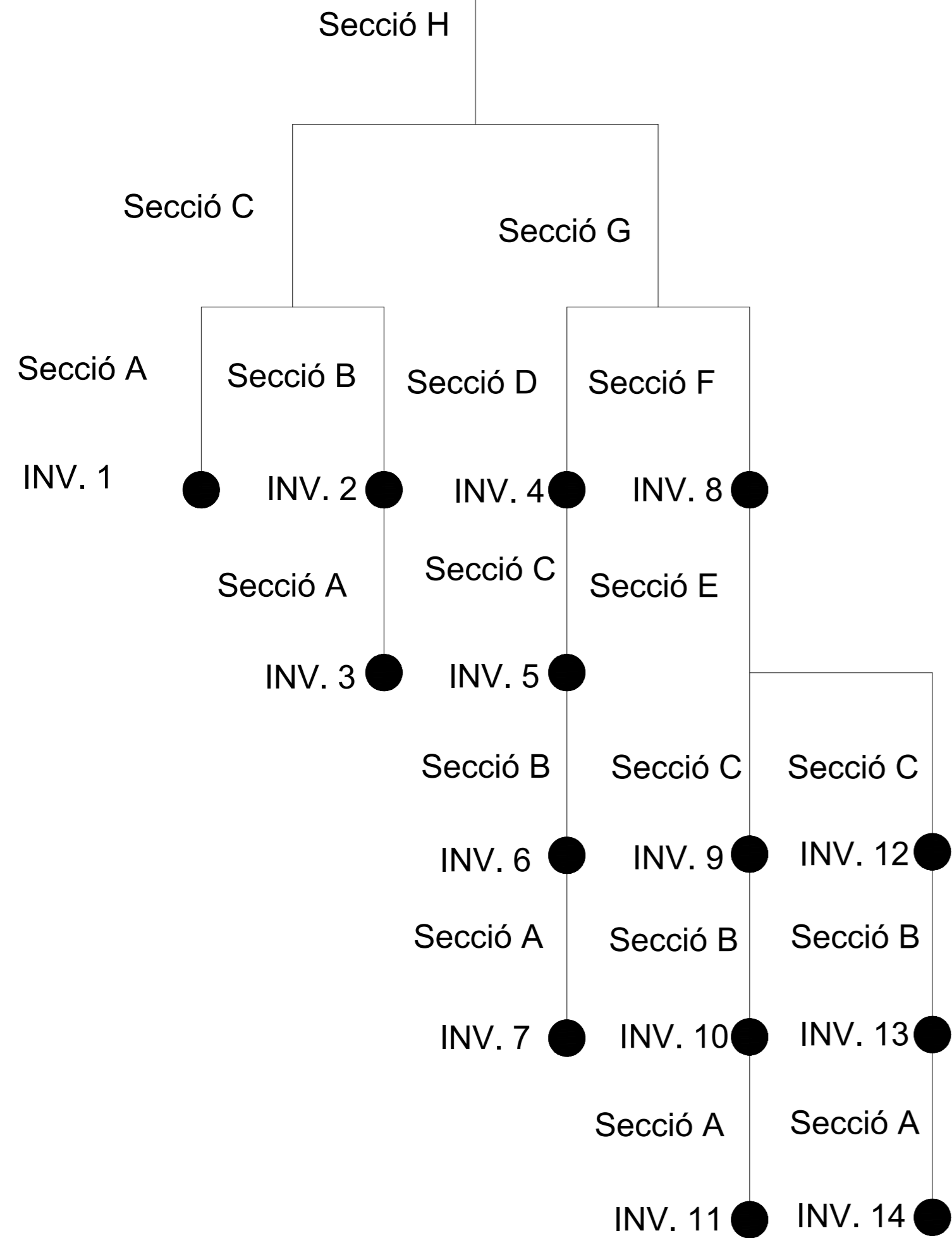
Data: **Setembre 2022** Escala: **1/5.000**

Pla: **General** Nº Pla:

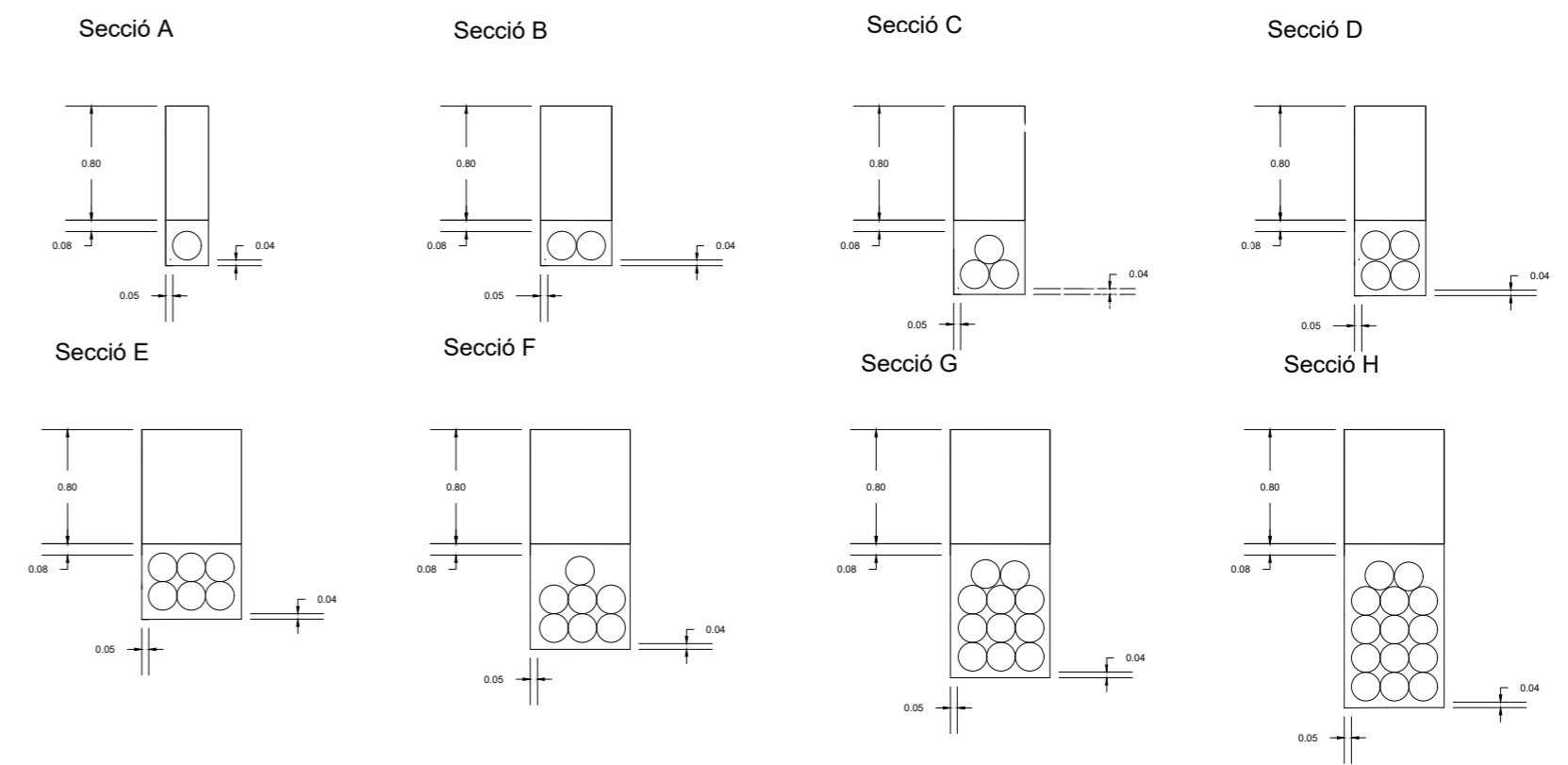
Miquel Cots Mestre
Autor projecte

1.2

Subestació Elèctrica

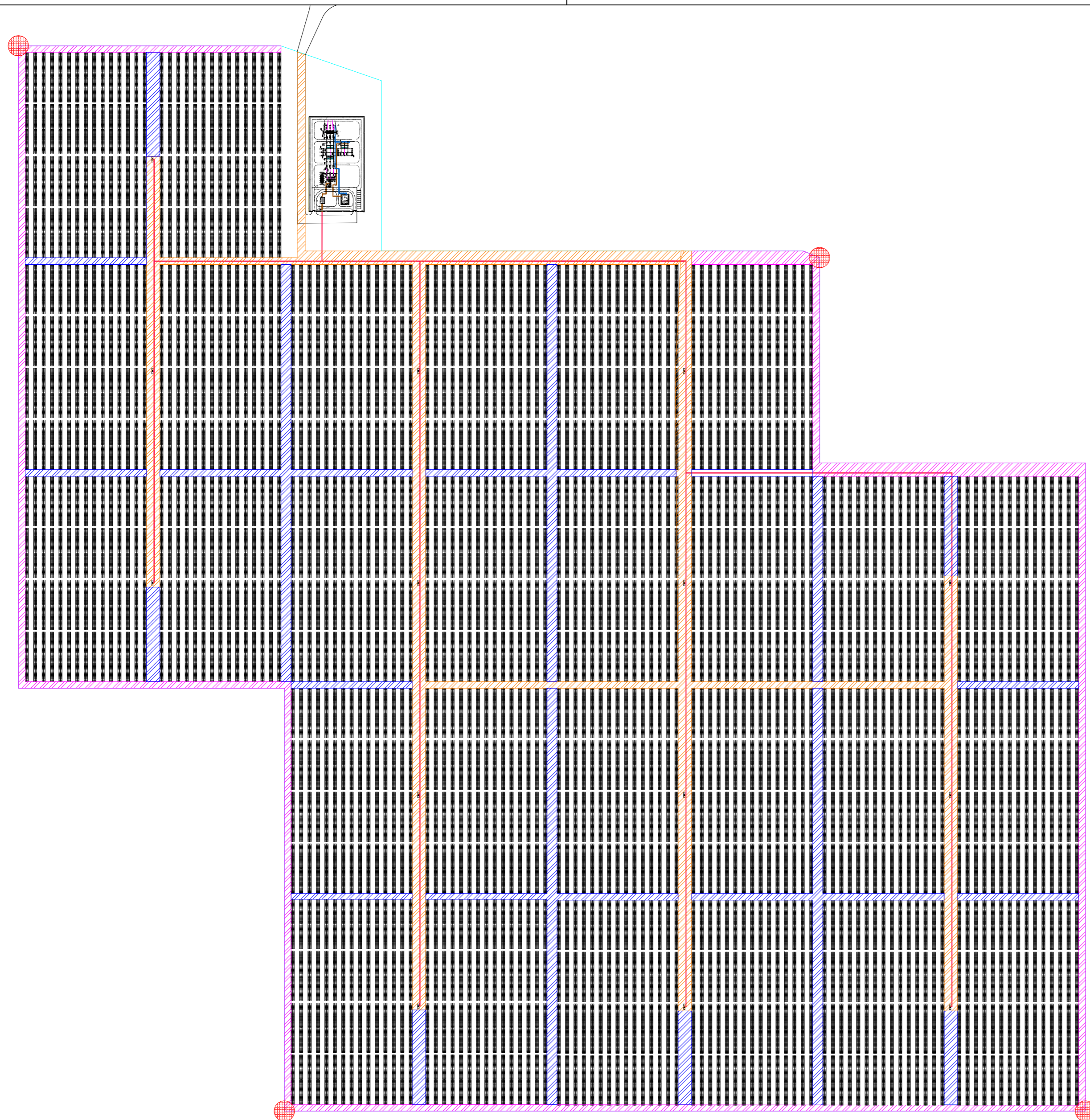


Secció	Nº circuits
A	1
B	2
C	3
D	4
E	6
F	7
G	11
H	14



Els primers 80 cm de profunditat estaran compostos de terra de la mateixa perforació, als 10 cm primers es deurà posar panells senyalitzadors segons normativa.
 Per a la zona dels tubs s'utilitzarà sorra fina per a evitar el trencament dels tubs.
 Tots els tubs seran de D ext= 200mm

TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGINYERIA INDUSTRIAL 		Projecte: DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100 MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 KV EN ALARCÓN (CONCA)
Data: Setembre 2022	Escala: 1/5.000	
Pla: Detall línia de M.T.		Nº Pla: 1.3
Miquel Cots Mestre <small>Autor projecte</small>		



Vial principal	
Vial secundari	
Vial perifèric	
Estació meteo.	

TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGENYERIA INDUSTRIAL

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Projecte: DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100 MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 KV EN ALARCÓN (CONCA)

Data: Setembre 2022

Escala: 1/5.000

Pla: Vials i equips

Nº Pla:

Miquel Cots Mestre
Autor projecte

1.4



La nomenclatura per a nomenar els seguidors i cadenes serà la suma de número d'inversor seguit de la fila i la columna.

Com és completament simètrica es pot calcular la part de corrent continua de la totalitat del parc fotovoltaica, calculant la fila és a dir des d'A1 a A30.

Aquest pla ajuda a comprendre l'Annex de càlculs.

TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGENYERIA INDUSTRIAL



Projecte: **DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100 MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 KV EN ALARCÓN (CONCA)**

Data: **Setembre 2022**

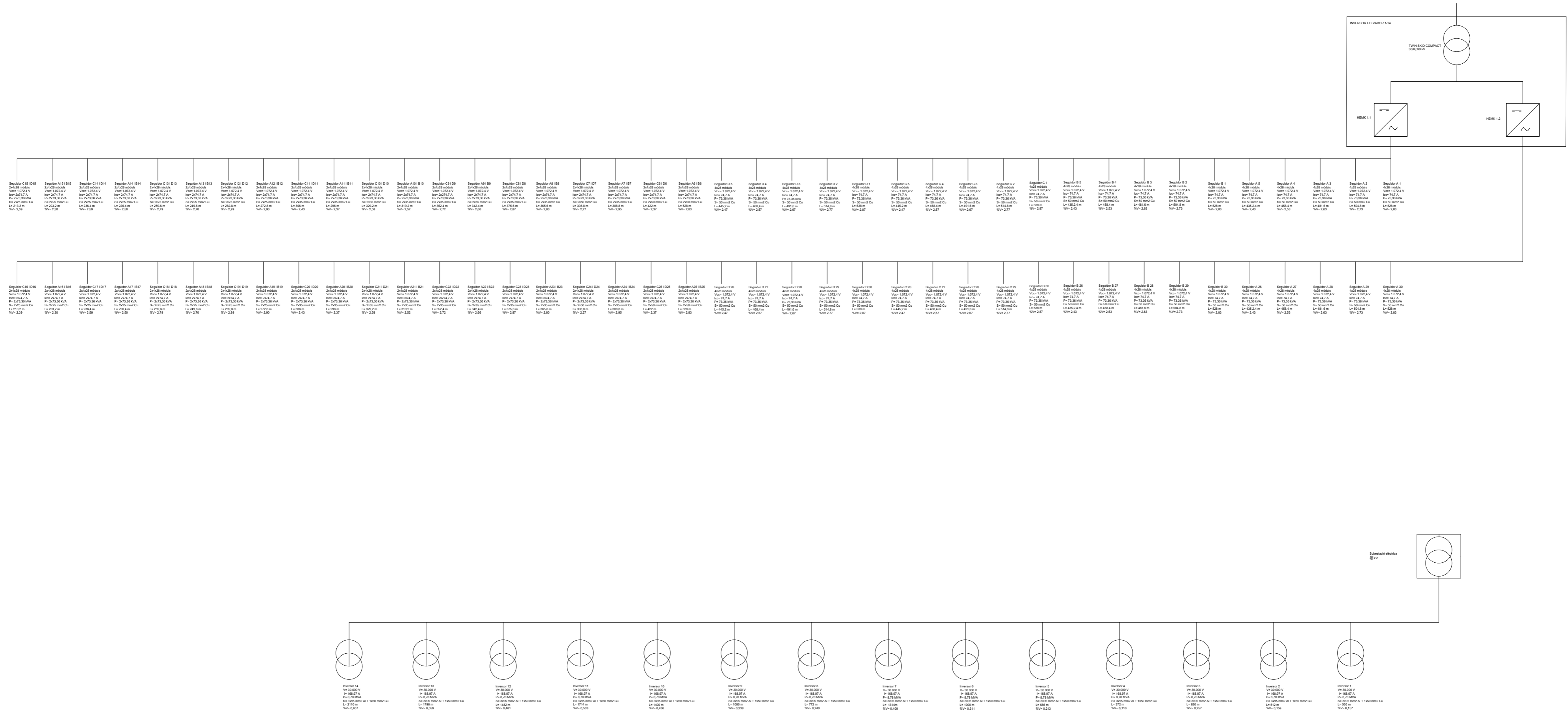
Escala: **1/1.000**

Pla: **Unitat modular**

Nº Pla:

Miquel Cots Mestre
Autor projecte



1.5



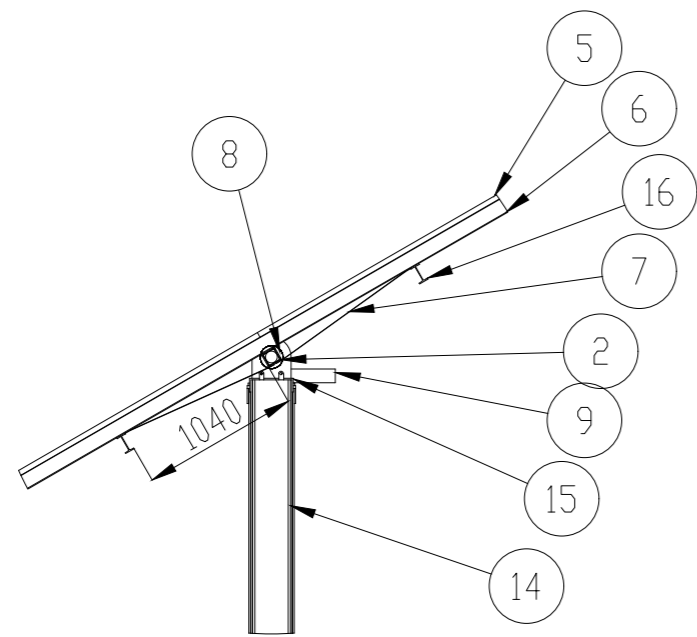
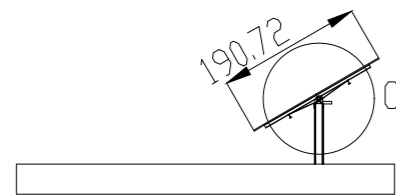
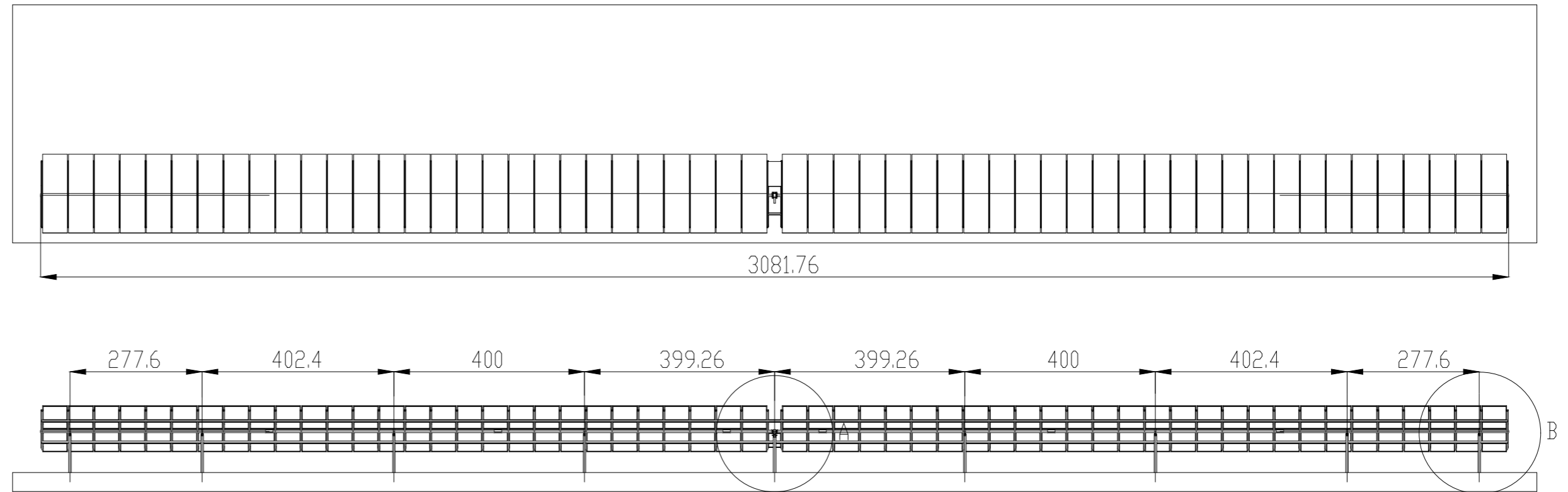
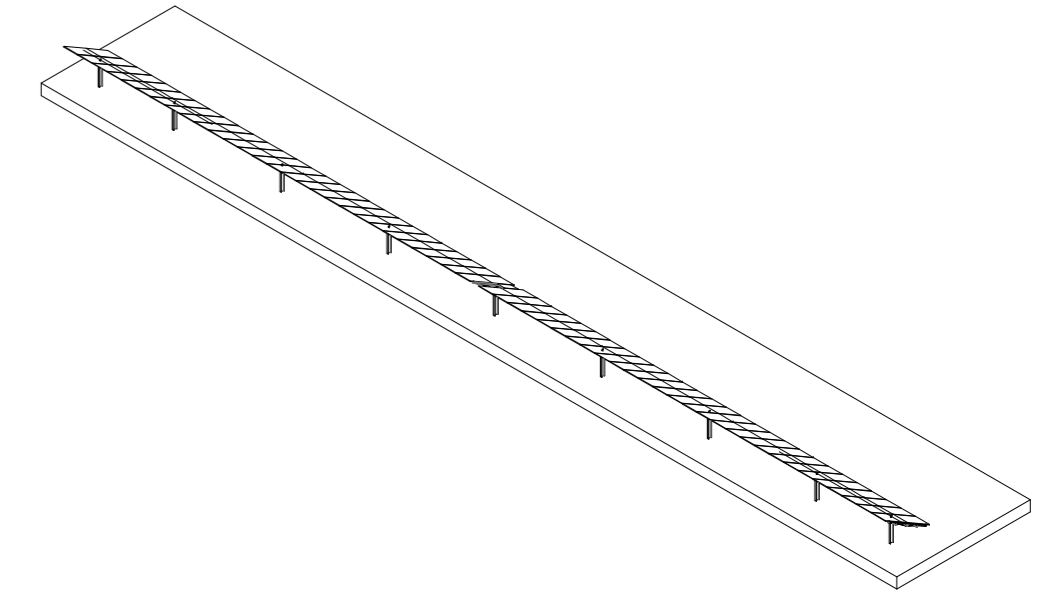
La nomenclatura per a nomenar els seguidors i cadenes serà la suma de número d'inversor seguit de la fila i la columna.

Com és completament simètrica es pot calcular la part de corrent continua de la totalitat del parc fotovoltaic, calculant la fila és a dir des d'A1 a A30.

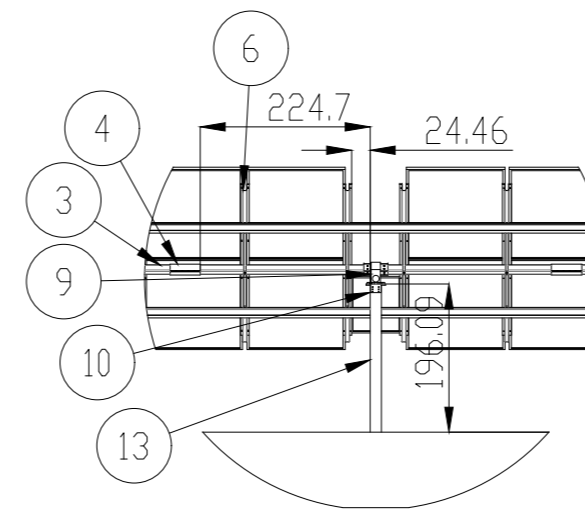
Aquest pla ajuda a comprendre l'Annex de càlculs.

<p>TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGENYERIA INDUSTRIAL</p> <p>   </p>		<p>Projecte:</p> <p>DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100 MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 KV EN ALARCÓN (CONCA)</p>
<p>Data:</p> <p>Setembre 2022</p>	<p>Escala:</p> <p>S/E</p>	
<p>Pla:</p> <p>Esquema unifilar</p>	<p>Nº Pla:</p> <p>1.6</p>	
<p>Miquel Cots Mestre Autor projecte</p>		

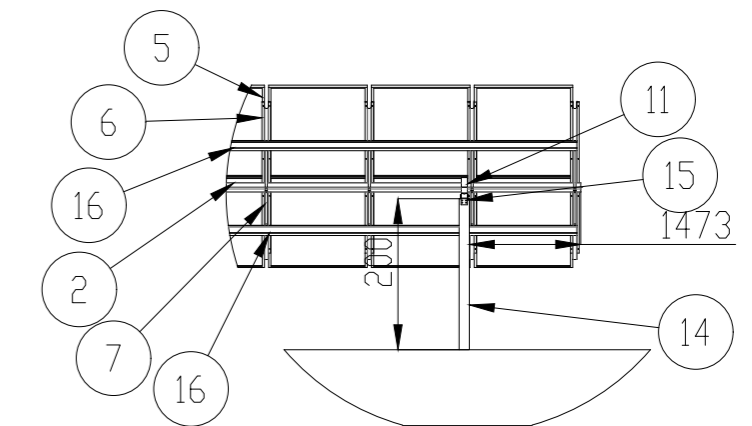
Nº	Nom	Material	Quantitat
1	Superfície	-	1
2	Tub 100x100 x10	S355JR	2
3	Tub 100x100x7	S355JR	6
4	Entroncament tub 100x100	S355JR	12
5	Mòdul Trina Solar 655 Wp	-	112
6	Omega 100x50	S355JR	58
7	Suport Omega	S355JR	116
8	Ròtules	PVC	8
9	Motor	-	1
10	Placa pilar i motor	S355JR	1
11	Seguidor complet	-	1
12	Mòdul auxiliar	-	1
13	IPE 300	S355JR	1
14	IPE 270	S355JR	8
15	Placa pilar i ròtula	S355JR	8
16	IPE 120	S355JR	2



DETALL C
ESCALA 1:50



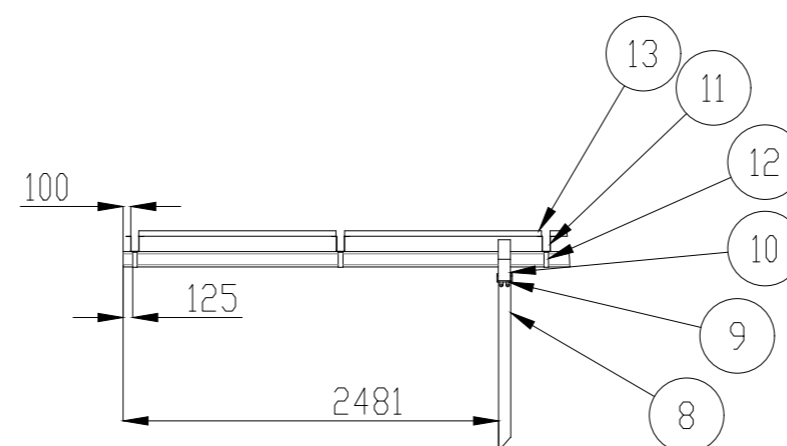
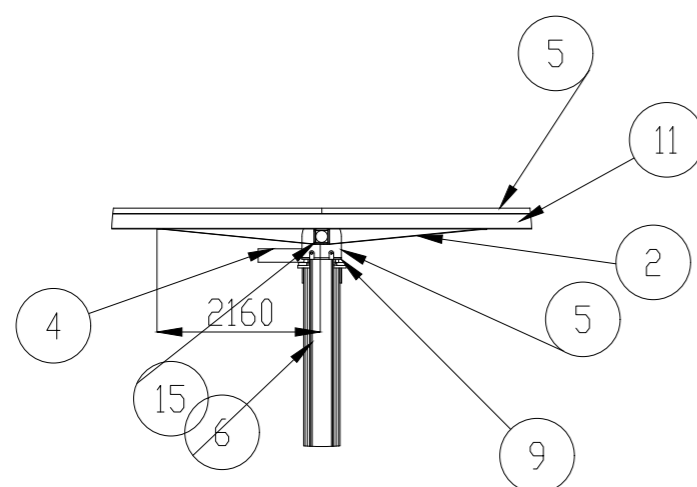
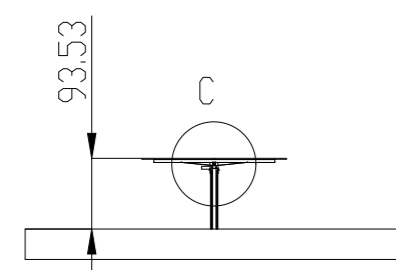
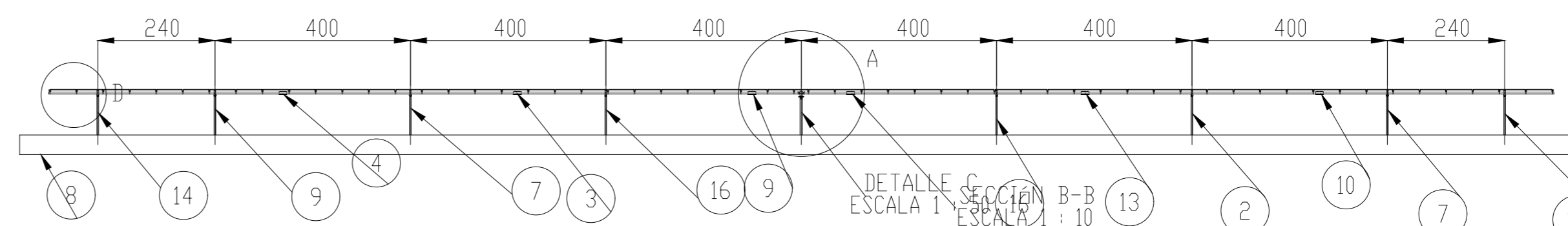
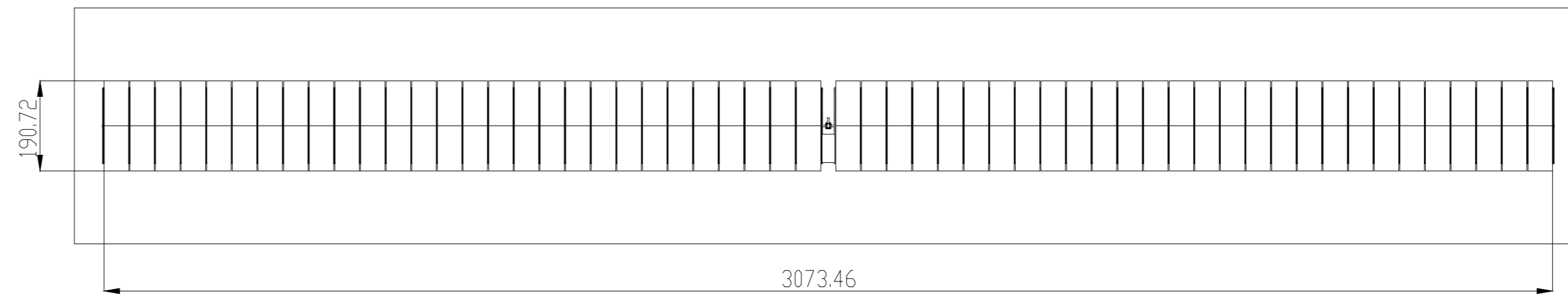
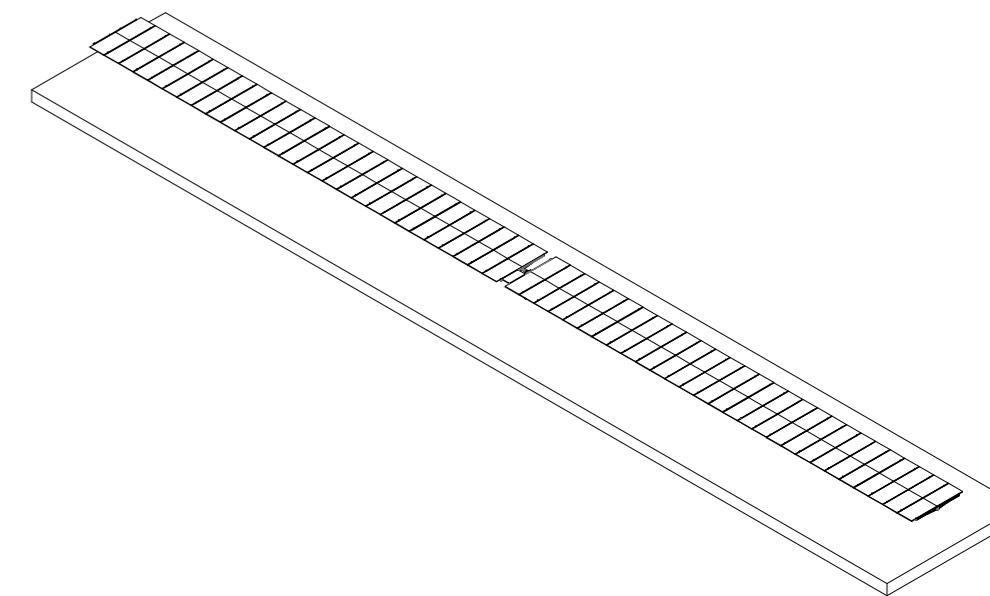
SECCIÓ B-B
ESCALA 1:10



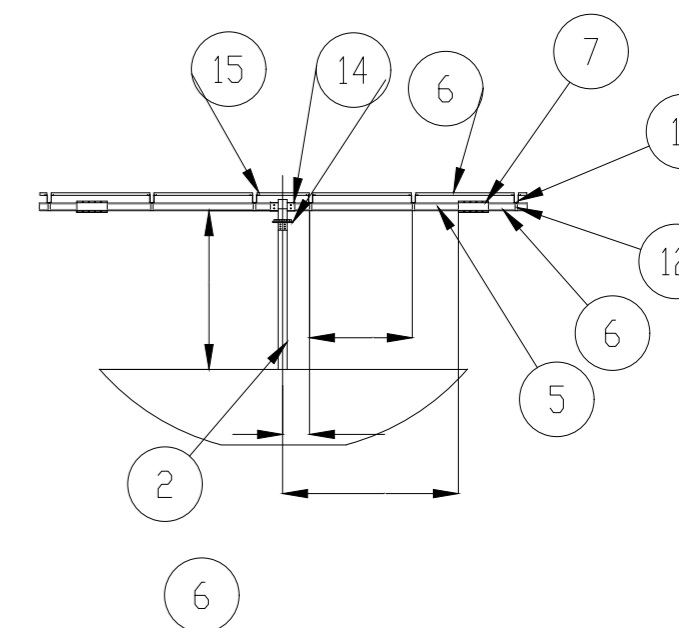
DETALL B
ESCALA 1:100

TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGENYERIA INDUSTRIAL 		Projecte: DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100 MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 KV EN ALARCÓN (CONCA)
Data: Setembre 2022	Escala: 1/1.000	
Pla: Assemblatge reforçat.	Nº Pla: 2.1	
Miquel Cots Mestre Autor projecte		

Nº	Nom	Material	Quantitat
1	Superfície	-	1
2	IPE 240	S355JR	1
3	Placa pilar i motor	S355JR	1
4	Motor	-	1
5	Tub 100x100x10	S355JR	2
6	Tub 100x100x7	S355JR	6
7	Entroncament tubs 100x100	S355JR	12
8	IPE 160	S355JR	8
9	Placa pilars i ròtula	S355JR	8
10	Seguidor complet	S355JR	1
11	Omega 100x50	S355JR	58
12	Suport Omega	S355JR	116
13	Mòdul Trina Solar 655	-	112
14	Mòdul auxiliar	-	1

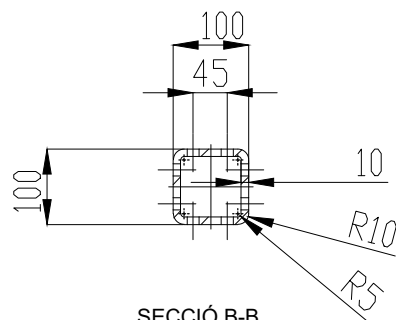
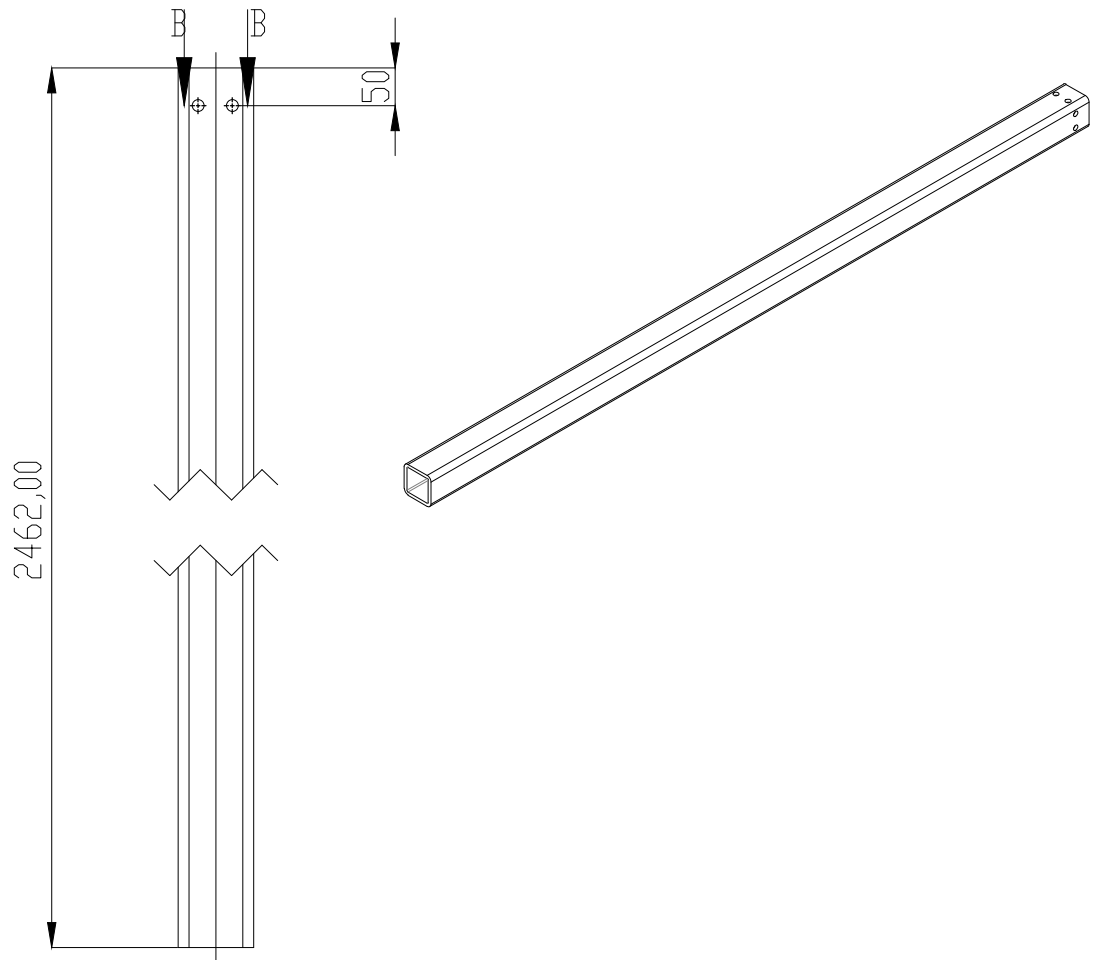


DETALL D
ESCALA 1:50



DETALL B
ESCALA 1:100

TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGENYERIA INDUSTRIAL 		Projecte: DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100 MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 KV EN ALARCÓN (CONCA)
Data: Setembre 2022	Escala: 1/1.000	
Pla: Assemblatge econòmic	Nº Pla: 2.2	
Miquel Cots Mestre Autor projecte		



SECCIÓ B-B
ESCALA 1:10

TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGENYERIA INDUSTRIAL



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Projecte:

DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100 MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 KV EN ALARCÓN (CONCA)

Data:

Setembre 2022

Escala:

1/20

Pla:

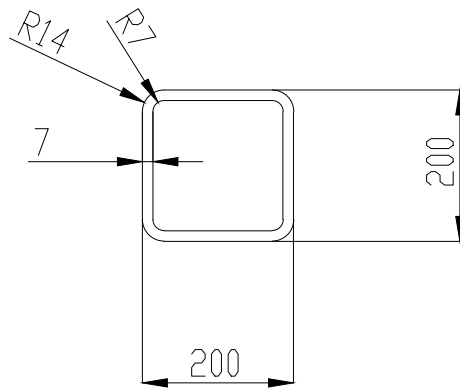
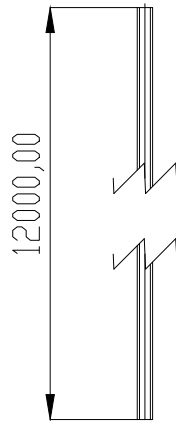
Estructura.

Tub 100x100x10

Nº Pla:

Miquel Cots Mestre
Autor proyecto

2.3



TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGENYERIA INDUSTRIAL



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Projecte:

DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100 MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 KV EN ALARCÓN (CONCA)

Data:

Setembre 2022

Escala:

1/100

Pla:

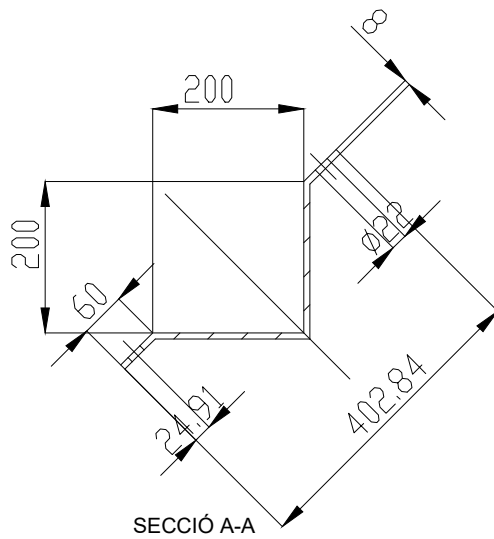
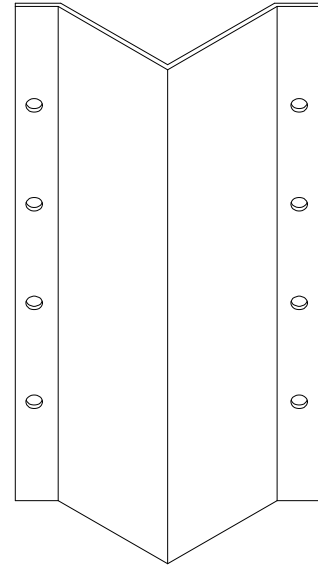
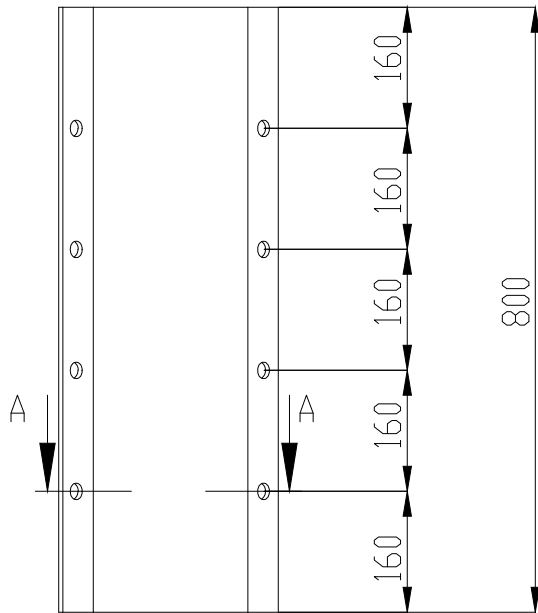
Estructura.

Tub 100x100x7.

Nº Pla:

Miquel Cots Mestre
Autor proyecto

2.4



TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGENYERIA INDUSTRIAL



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Miquel Cots Mestre
Autor proyecto

Projecte:

DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100 MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 KV EN ALARCÓN (CONCA)

Data:

Setembre 2022

Escala:

1/5

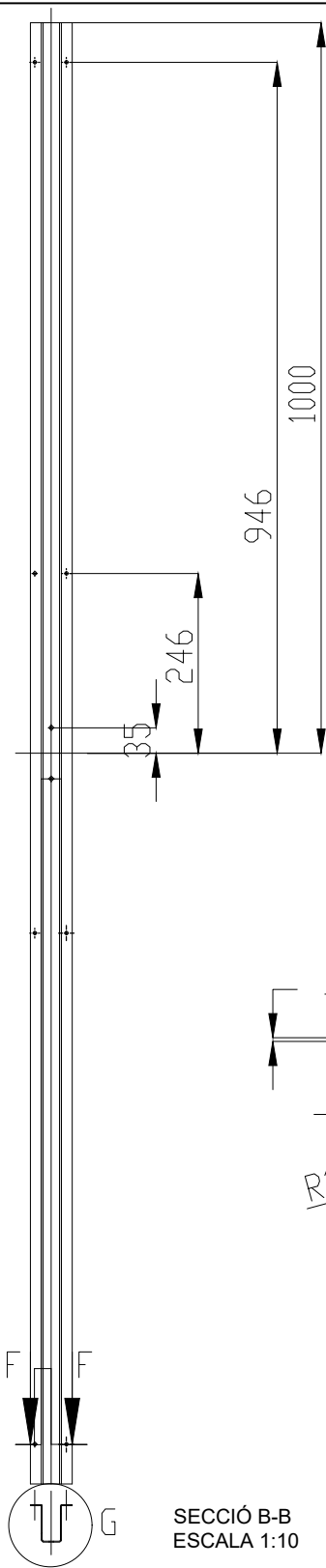
Pla:

Estructura.

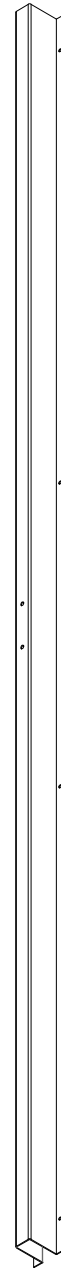
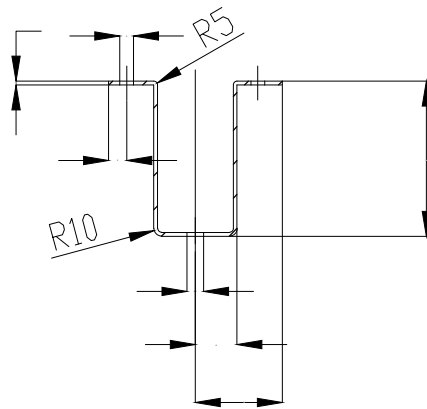
Entroncament tubs 100x100.

Nº Pla:

2.5



SECCIÓ B-B
ESCALA 1:10



TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGENYERIA INDUSTRIAL



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Projecte:

DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100 MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 KV EN ALARCÓN (CONCA)

Data:

Setembre 2022

Escala:

1/50

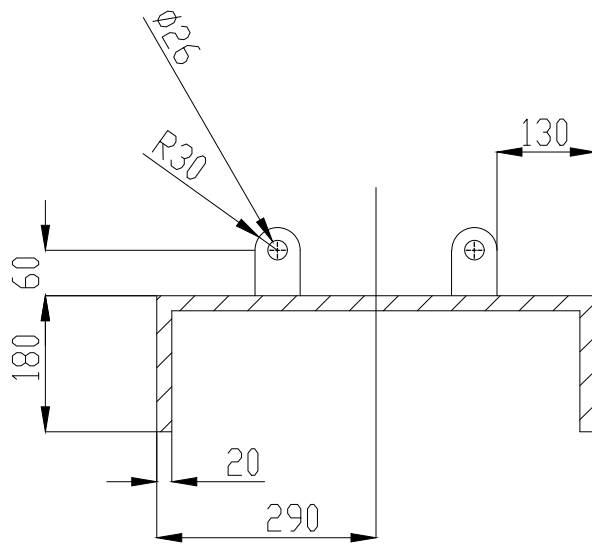
Pla:

Estructura.
Suport omega.

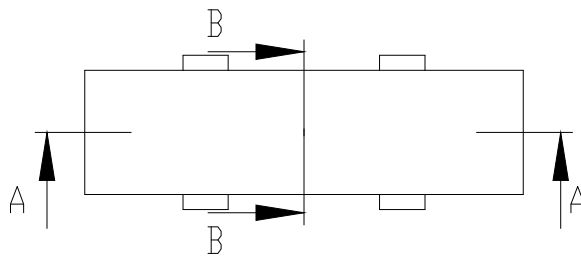
Nº Pla:

Miquel Cots Mestre
Autor proyecto

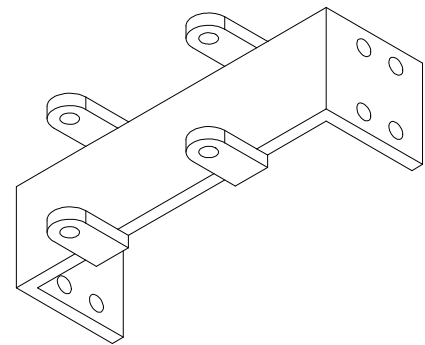
2.6



SECCIÓ A-A



SECCIÓ B-B



TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGENYERIA INDUSTRIAL



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Projecte:

DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100 MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 KV EN ALARCÓN (CONCA)

Data:

Setembre 2022

Escala:

1/5

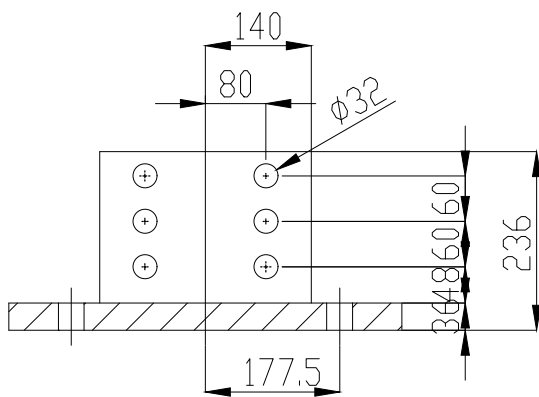
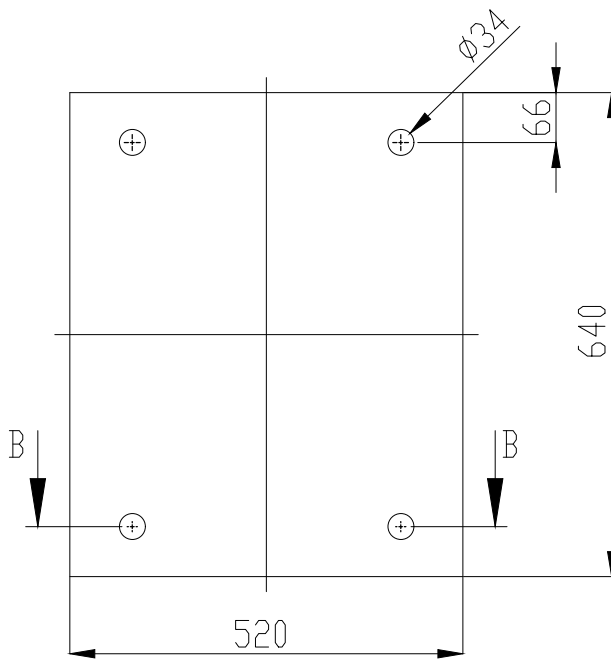
Pla:

Nº Pla:

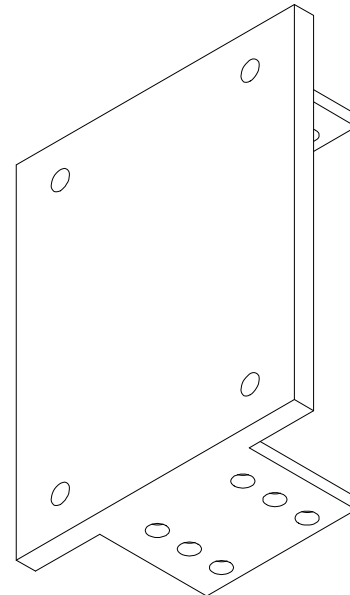
Estructura.
Placa pilar i ròtula.

Miquel Cots Mestre
Autor proyecto

2.7



SECCIÓ B-B
ESCALA 1:10



TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGENYERIA
INDUSTRIAL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Projecte:

DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100
MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 KV EN
ALARCÓN (CONCA)

Data:

Setembre 2022

Escala:

1/10

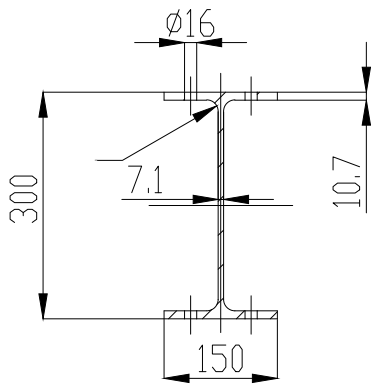
Pla:

Nº Pla:

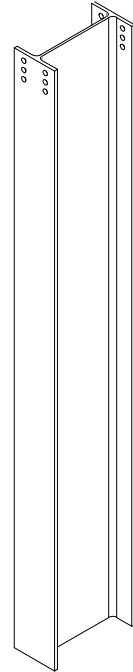
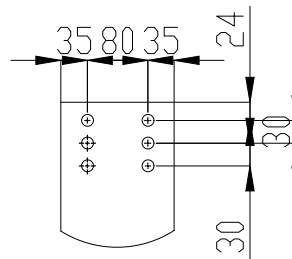
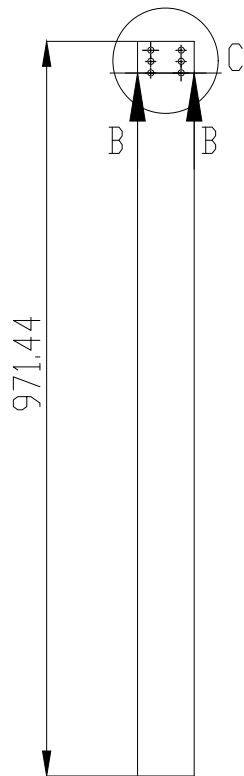
Estructura.
Placa pilar i motor.

Miquel Cots Mestre
Autor proyecto

2.8



SECCIÓ B-B
ESCALA 1:10



TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGENYERIA INDUSTRIAL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Projecte:

DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100 MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 KV EN ALARCÓN (CONCA)

Data:

Setembre 2022

Escala:

1/20

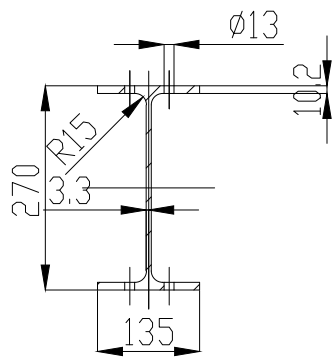
Pla:

Estructura.
IPE 300.

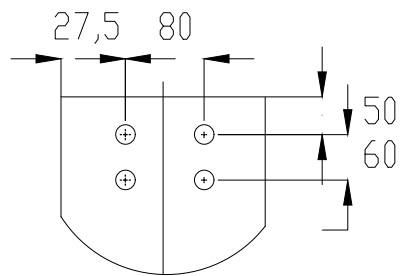
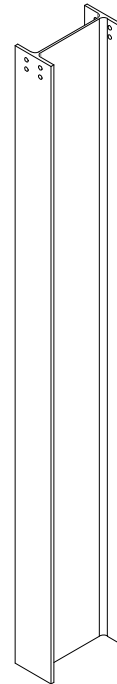
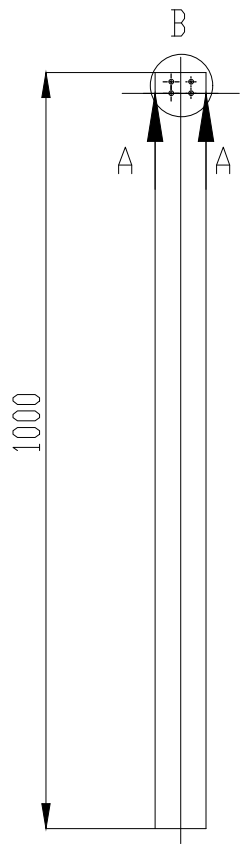
Nº Pla:

Miquel Cots Mestre
Autor proyecto

2.9



SECCIÓ B-B
ESCALA 1:10



TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGENYERIA INDUSTRIAL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Miquel Cots Mestre
Autor proyecto

Projecte:

DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100 MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 KV EN ALARCÓN (CONCA)

Data:

Setembre 2022

Escala:

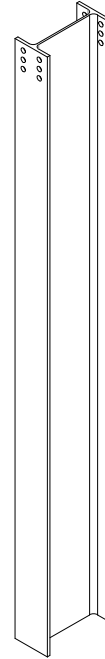
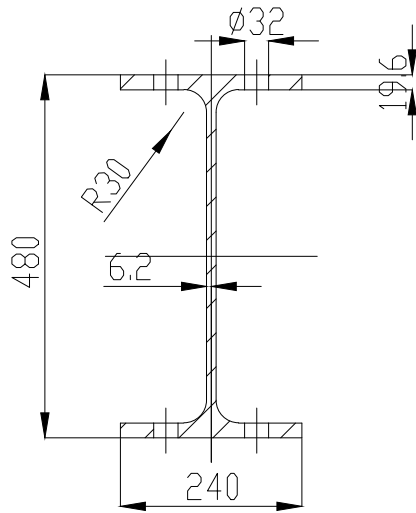
1/20

Pla:

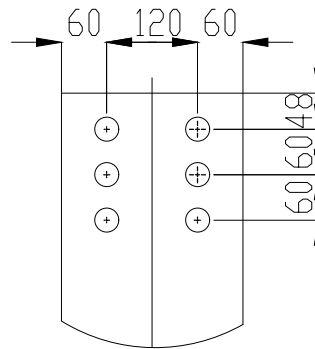
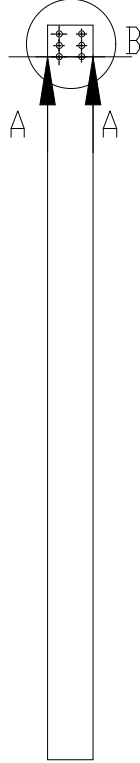
Estructura.
IPE 270.

Nº Pla:

2.10



SECCIÓ B-B
ESCALA 1:10



TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGENYERIA
INDUSTRIAL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Projecte:

DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100
MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 KV EN
ALARCÓN (CONCA)

Data:

Setembre 2022

Escala:

1/20

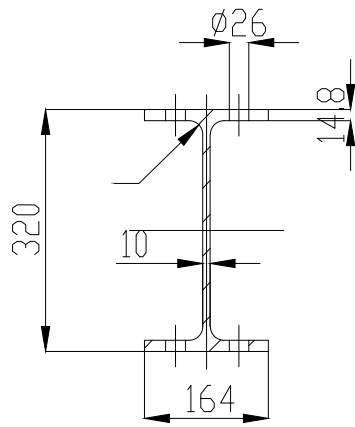
Pla:

Estructura.
IPE 240.

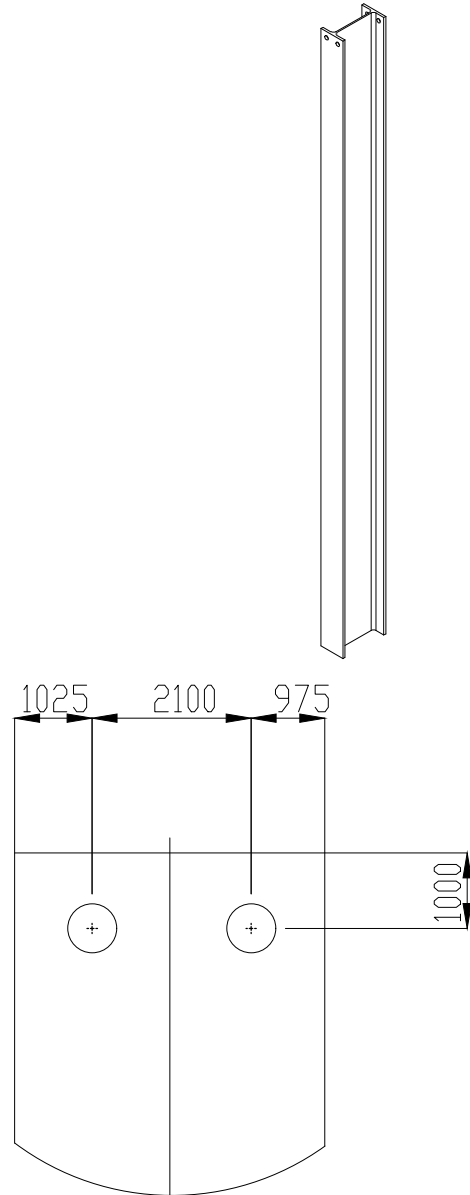
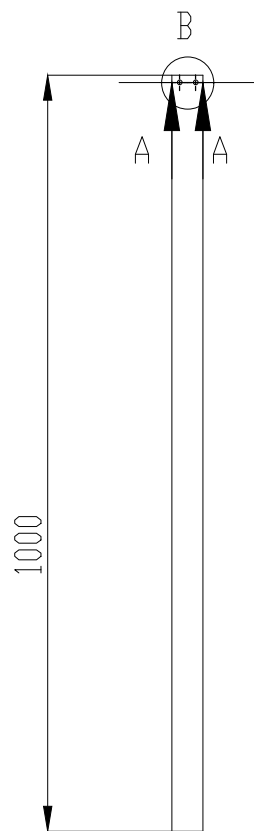
Nº Pla:

Miquel Cots Mestre
Autor projecto

2.11



SECCIÓ B-B
ESCALA 1:10



TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGENYERIA
INDUSTRIAL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Projecte:

DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100
MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 KV EN
ALARCÓN (CONCA)

Data:

Setembre 2022

Escala:

1/20

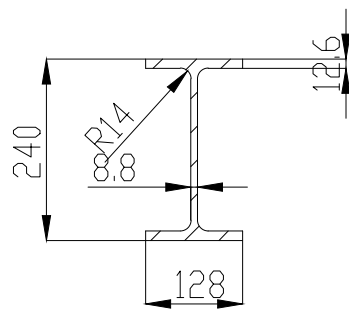
Pla:

Estructura.
IPE 160.

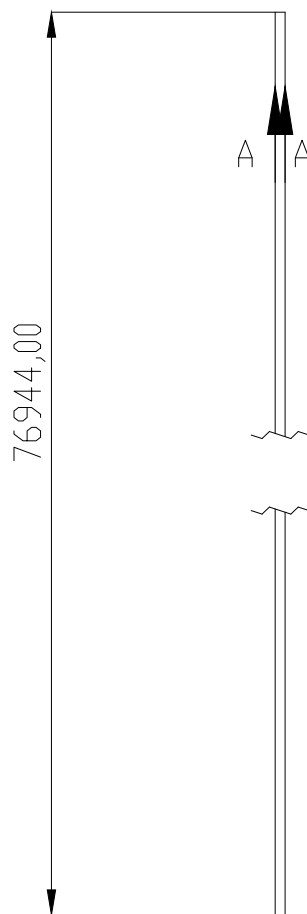
Nº Pla:

Miquel Cots Mestre
Autor proyecto

2.12



SECCIÓ B-B
ESCALA 1:10



TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGENYERIA
INDUSTRIAL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Projecte:

DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100
MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 KV EN
ALARCÓN (CONCA)

Data:

Setembre 2022

Escala:

1/50

Pla:

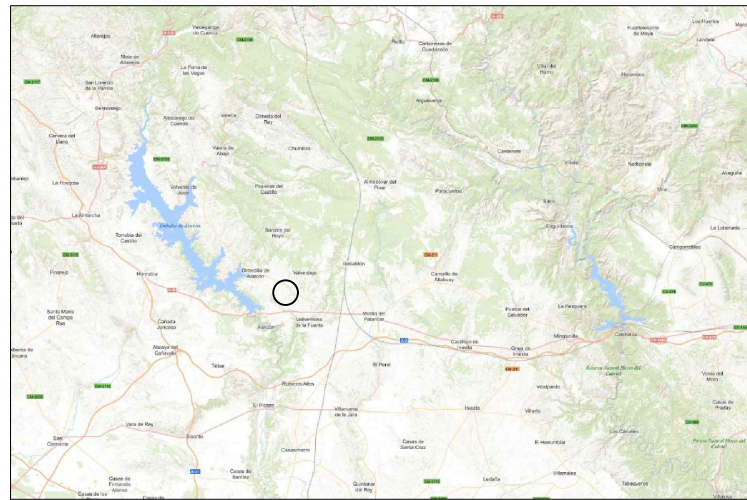
Estructura.
IPE120.

Nº Pla:

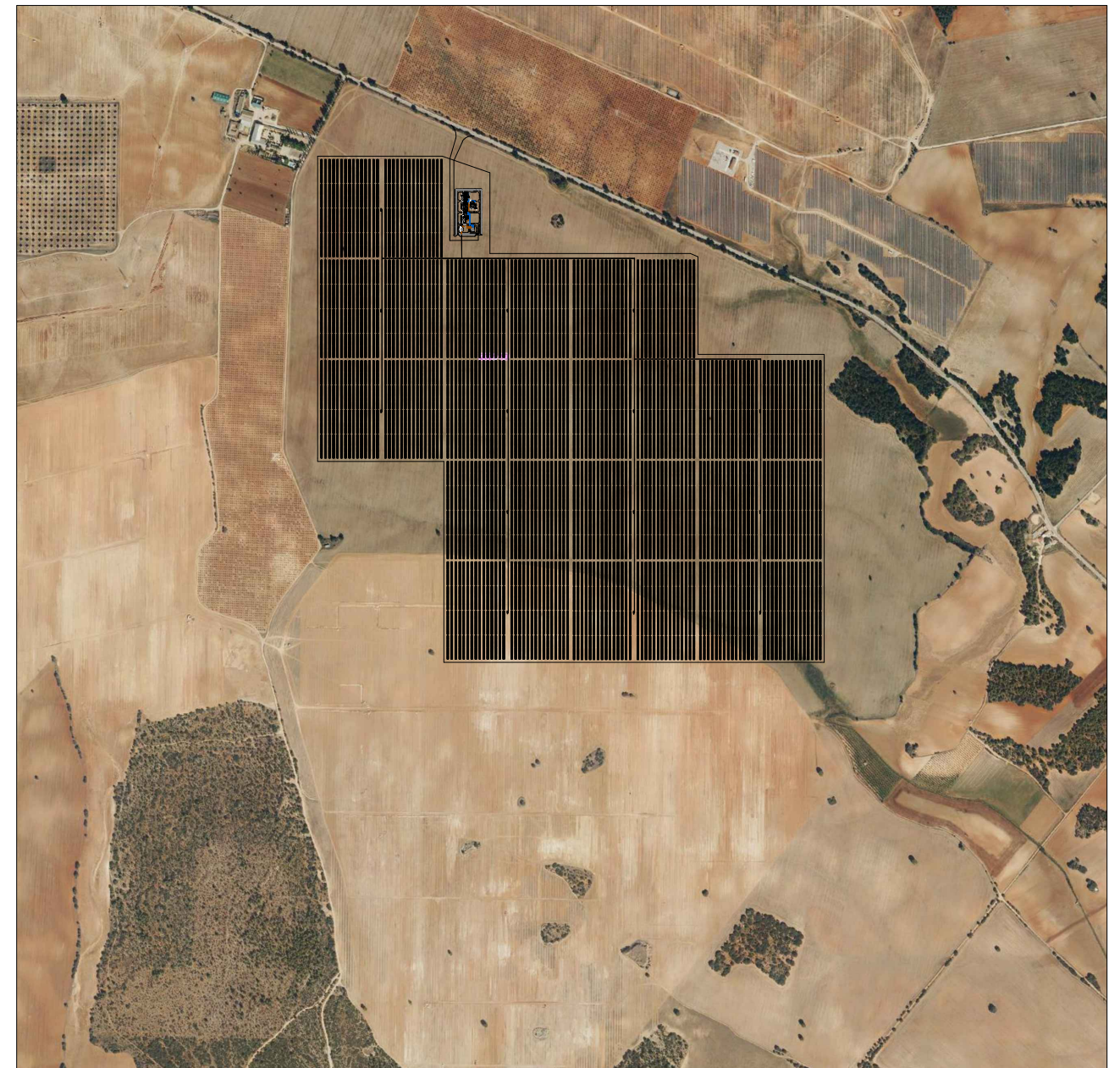
Miquel Cots Mestre
Autor proyecto

2.13

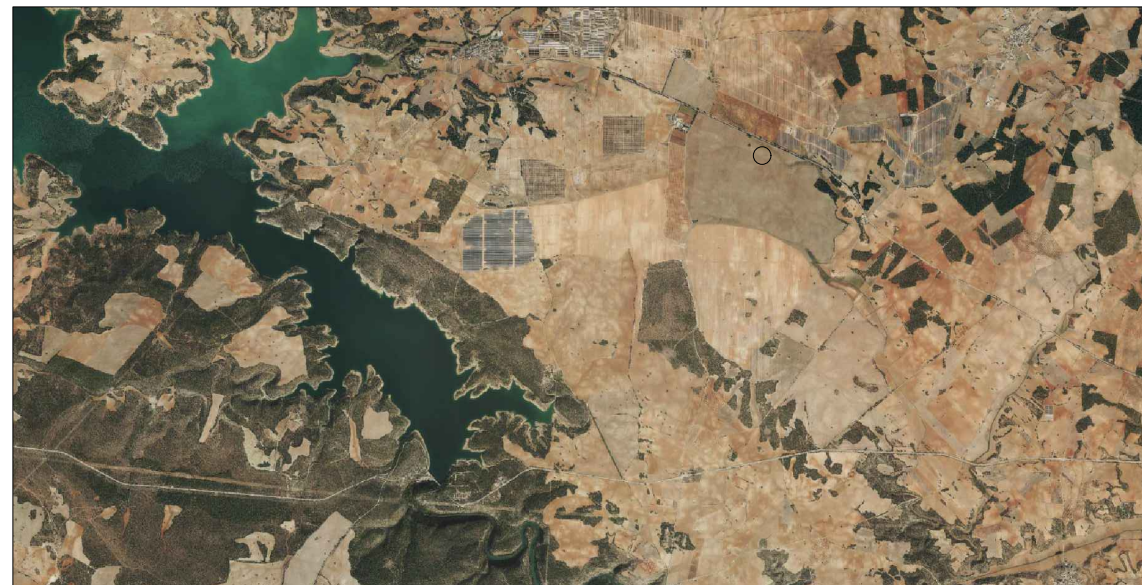
Situació
Escala 1:400.000

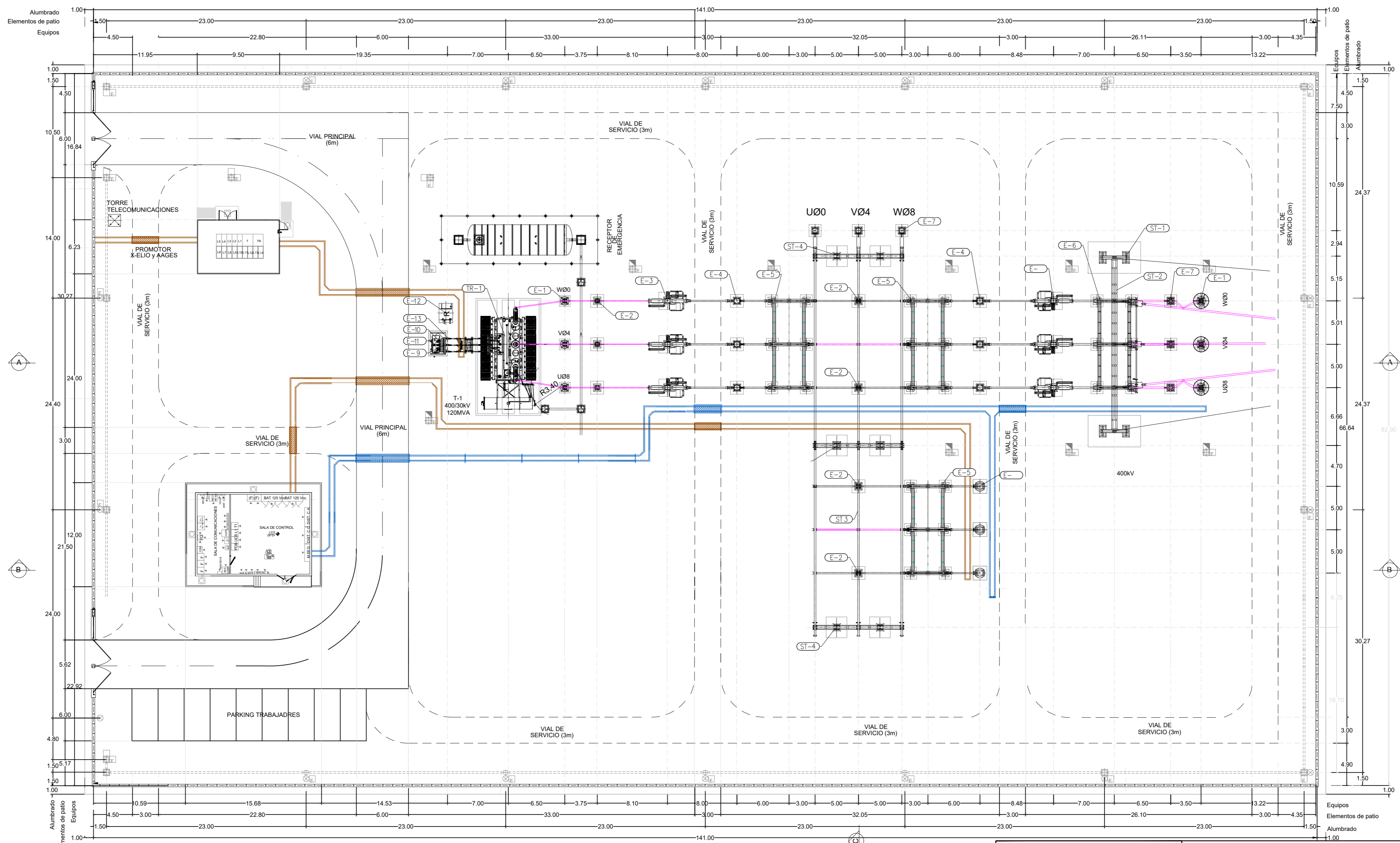


Detall
Escala 1:20.000



Emplaçament
Escala 1:100.000





POS.	DENOMINACION	UNIDADES
TR-1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 1	1
E-1	AUTOVÁLVULAS 400kV	12
E-2	AISLADOR SOPORTE 400kV	9
E-3	INTERRUPTOR 400kV	12
E-4	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD 400kV	12
E-5	SECCIONADOR SIN P.A.T. 400kV	5

E-6	SECCIONADOR CON P.A.T. 400kV	1
E-7	TRANSFORMADOR DE TENSION 400kV	6
E-8	TRANSFORMADOR DE TENSION SSA 400kV	3
E-9	AUTOVÁLVULAS 30kV	3
E-10	SECCIONADOR 30kV	1
E-11	REACTANCIA 30kV	1
E-12	RESISTENCIA 30kV	1
E-13	AISLADOR SOPORTE 30kV	3

POS.	DENOMINACION	UNIDADES
ST-1	PILAR ESTRUCTURA PORTICO 400kV	2
ST-2	VIGA ESTRUCTURA PORTICO 400kV	1
ST-3	EMBARRADO 400kV	1
ST-4	ESTRUCTURA SOPORTE EMBARRADO 400kV	3

LEYENDA:

- CANALIZACIONES DE CONTROL
- CANALIZACIONES DE POTENCIA
- CONDUCTOR FLEXIBLE
- CONDUCTOR RÍGIDO

NOTAS:

- 1.- COTAS Y ELEVACIONES EN METROS.
- 2.- LA COTA RELATIVA ±0,00 (VIALES Y BANCADA TRANSFORMADOR).
- 3.- LA COTA RELATIVA -0,05 (ACABADO GRAVA).
- 4.- LA COTA RELATIVA -0,20 (N.T.E., NIVEL TERRENO EXPLANADO).

TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGINYERIA INDUSTRIAL

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Miquel Cots Mestre
Autor projecte

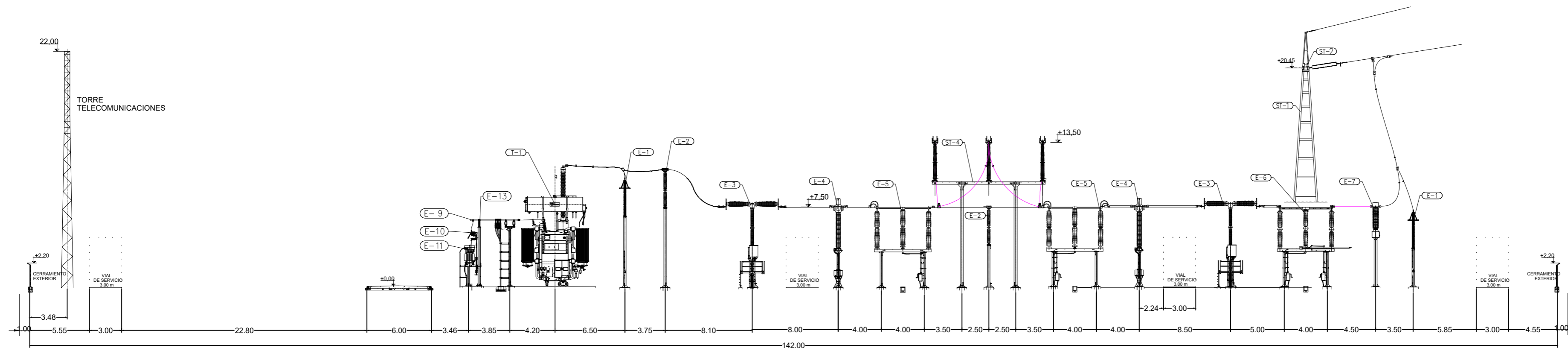
Projecte: **DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100 MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 kV EN ALARCÓN (CONCA)**

Data: **Setembre 2022**

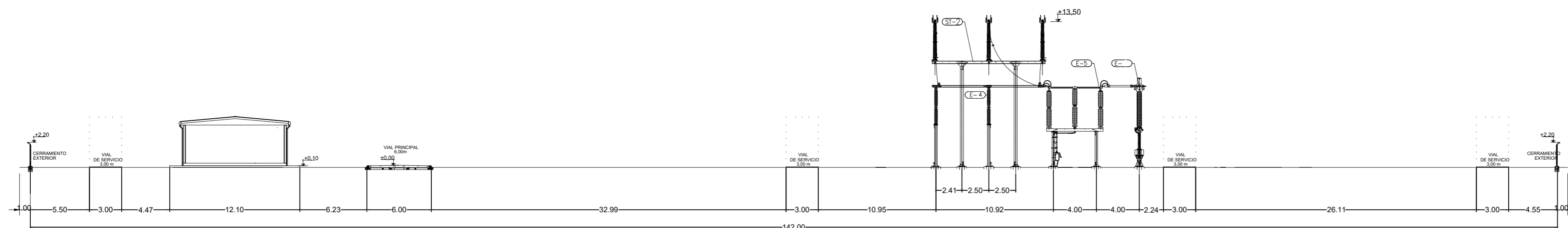
Escala: **1/300**

Pla: **S.E. superior.**

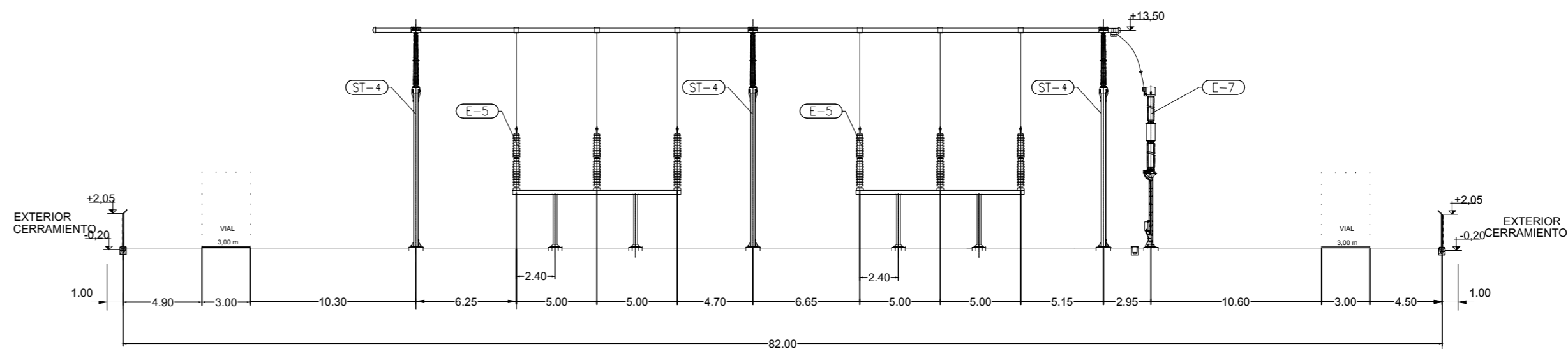
Nº Pla: **3.2**



SECCION A-A:



SECCION B-B:



SECCION C-C:

LISTADO DE EQUIPOS

POS.	DENOMINACION	UNIDADES
TR-1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 1	1
E-1	AUTOVÁLVULAS 400kV	12
E-2	AISLADOR SOPORTE 400kV	9
E-3	INTERRUPTOR 400kV	12
E-4	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD 400kV	12
E-5	SECCIONADOR SIN P.A.T. 400kV	5
E-6	SECCIONADOR CON P.A.T. 400kV	1
E-7	TRANSFORMADOR DE TENSION 400kV	6
E-8	TRANSFORMADOR DE TENSION SSAA 400kV	3
E-9	AUTOVÁLVULAS 30kV	3
E-10	SECCIONADOR 30kV	1
E-11	REACTANCIA 30kV	1
E-12	RESISTENCIA 30kV	1
E-13	AISLADOR SOPORTE 30kV	3

LISTADO DE ESTRUCTURAS

POS.	DENOMINACION	UNIDADES
ST-1	PILAR ESTRUCTURA PORTICO 400kV	2
ST-2	VIGA ESTRUCTURA PORTICO 400kV	1
ST-3	EMBARRADO 400kV	1
ST-4	ESTRUCTURA SOPORTE EMBARRADO 400kV	3

- NOTAS:**
 1.- COTAS Y ELEVACIONES EN METROS.
 2.- LA COTA RELATIVA ±0.00 (VIALES Y BANCADA TRANSFORMADOR).
 3.- LA COTA RELATIVA -0.05 (ACABADO GRAVA).
 4.- LA COTA RELATIVA -0.20 (N.T.E., NIVEL TERRENO EXPLANADO).

TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGENYERIA INDUSTRIAL



Projecte:
DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100 MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 kV EN ALARCÓN (CONCA)

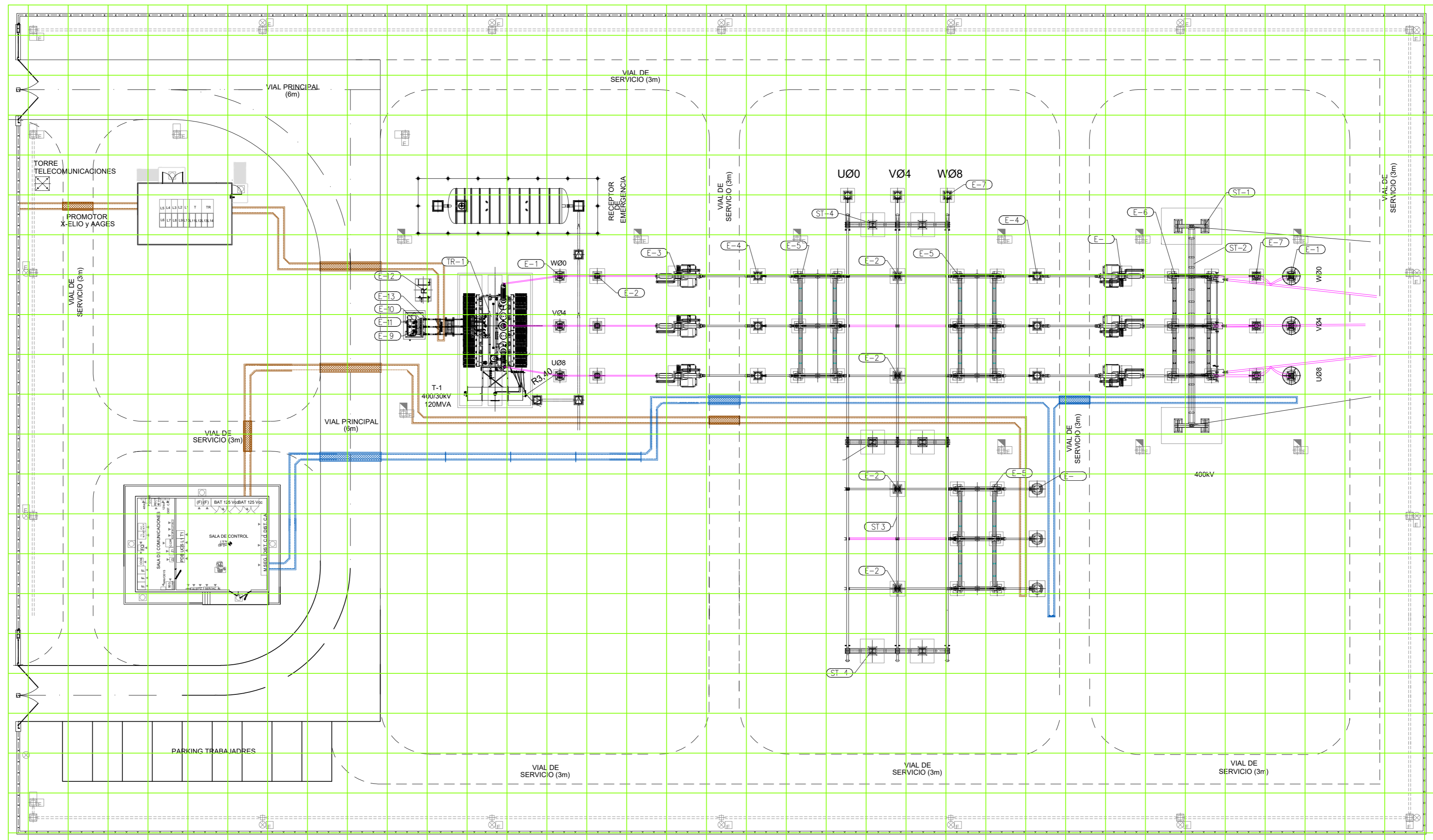
Data:
Setembre 2022

Escala:
1/300

Pla:
S.E.Seccions

Nº Pla:

Miquel Cots Mestre
 Autor projecte



LISTADO DE EQUIPOS

POS.	DENOMINACION	UNIDADES
TR-1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 1	1
E-1	AUTOVÁLVULAS 400kV	12
E-2	AISLADOR SOPORTE 400kV	9
E-3	INTERRUPTOR 400kV	12
E-4	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD 400kV	12
E-5	SECCIONADOR SIN P.A.T. 400kV	5
E-6	SECCIONADOR CON P.A.T. 400kV	1
E-7	TRANSFORMADOR DE TENSION 400kV	6
E-8	TRANSFORMADOR DE TENSION SSAA 400kV	3
E-9	AUTOVÁLVULAS 30kV	3
E-10	SECCIONADOR 30kV	1
E-11	REACTANCIA 30kV	1
E-12	RESISTENCIA 30kV	1
E-13	AISLADOR SOPORTE 30kV	3

LISTADO DE ESTRUCTURAS

POS.	DENOMINACION	UNIDADES
ST-1	PILAR ESTRUCTURA PORTICO 400kV	2
ST-2	VIGA ESTRUCTURA PORTICO 400kV	1
ST-3	EMBARRADO 400kV	1
ST-4	ESTRUCTURA SOPORTE EMBARRADO 400kV	3

LEYENDA:

- CANALIZACIONES DE CONTROL
- CANALIZACIONES DE POTENCIA
- CONDUCTOR FLEXIBLE
- CONDUCTOR RIGIDO

NOTAS:

- 1.- COTAS Y ELEVACIONES EN METROS.
- 2.- LA COTA RELATIVA ±0,00 (VIALES Y BANCADA TRANSFORMADOR).
- 3.- LA COTA RELATIVA -0,05 (ACABADO GRAVA).
- 4.- LA COTA RELATIVA -0,20 (N.T.E., NIVEL TERRENO EXPLANADO).

TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGINYERIA INDUSTRIAL



Projecte: **DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100 MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 kV EN ALARCÓN (CONCA)**

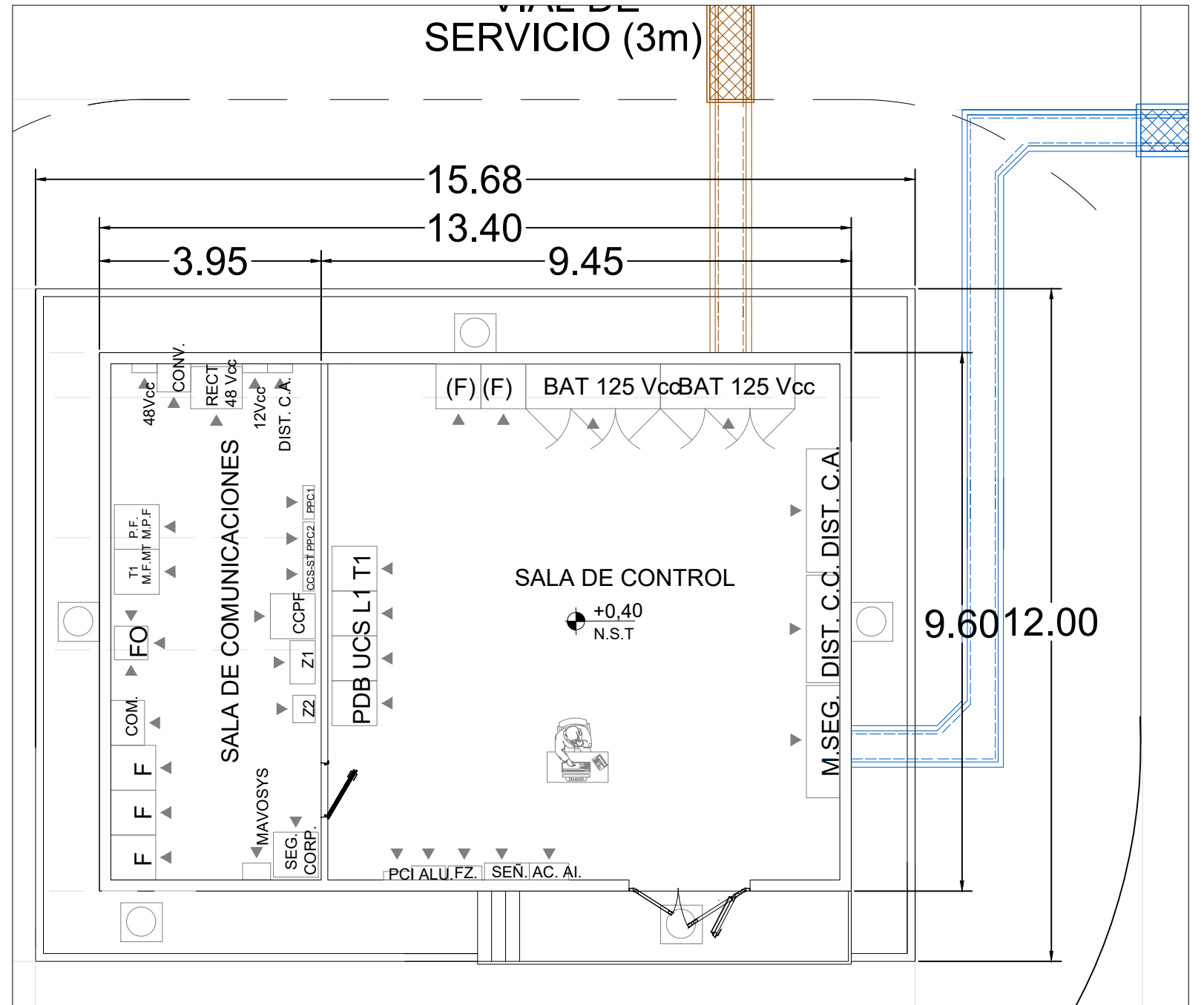
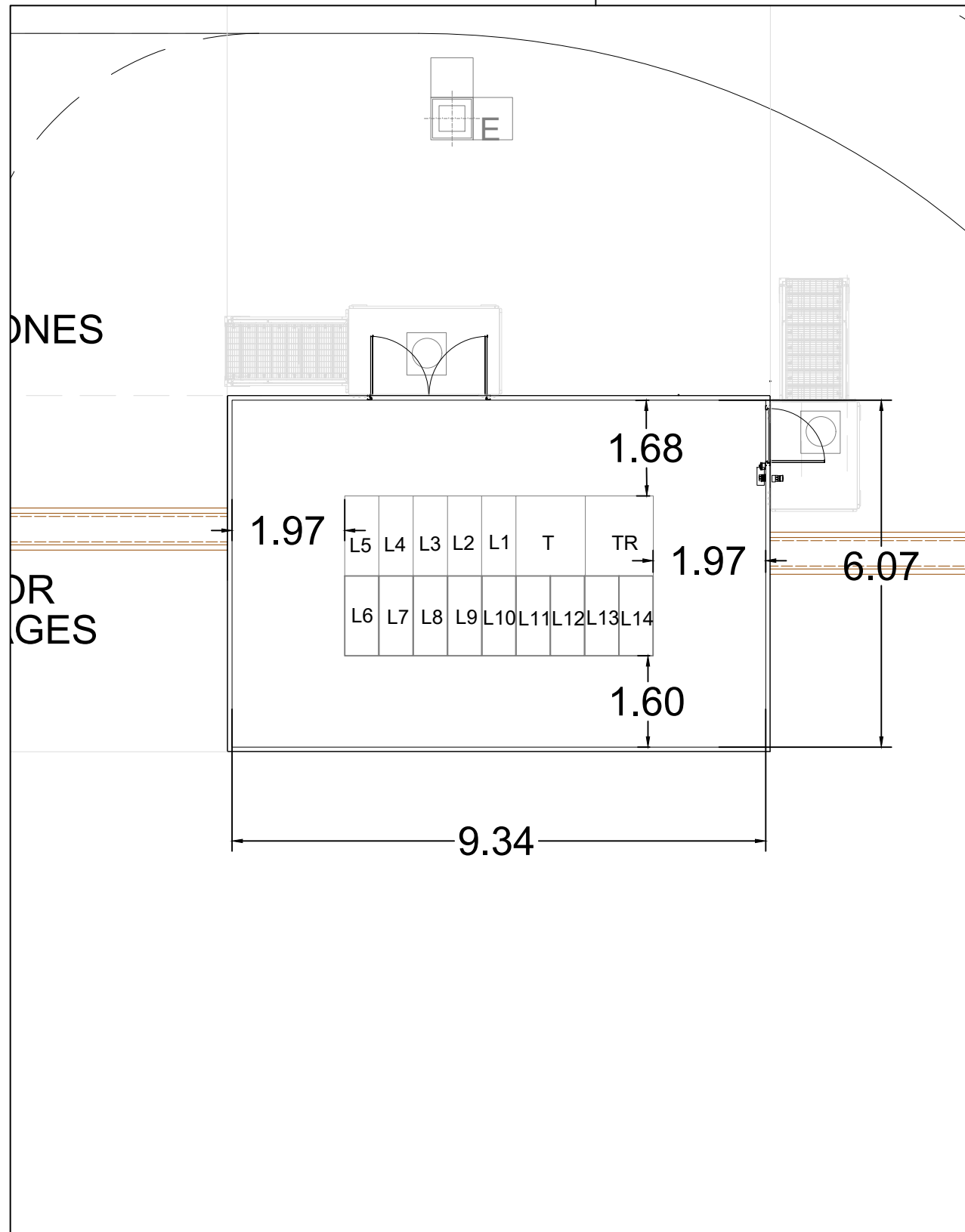
Data: **Setembre 2022**

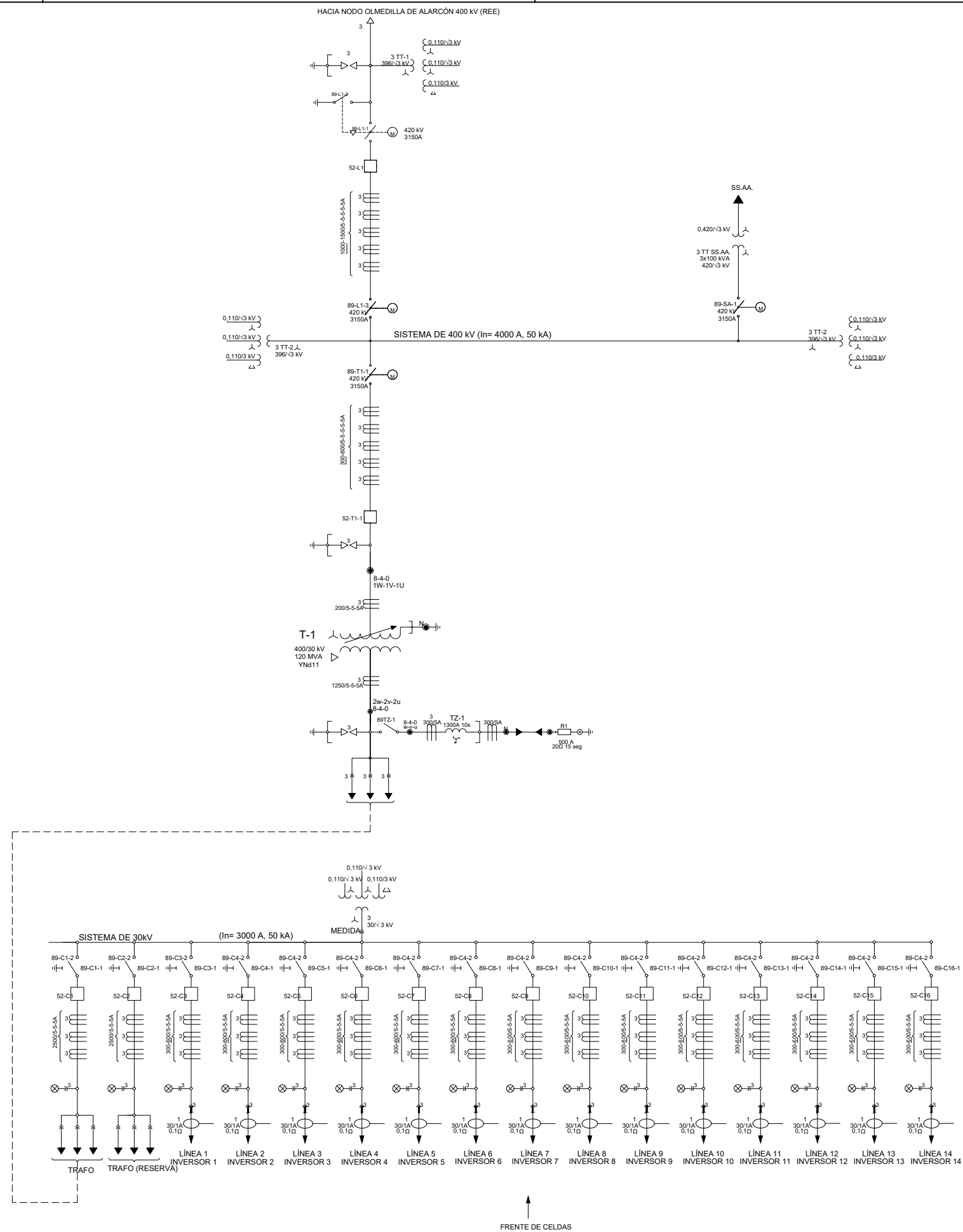
Escala: **1/300**

Pla: **S.E. sistema de terres.**

Nº Pla:

Miquel Cots Mestre
Autor projecte





TREBALL FINAL DE MASTER EN ENGENYERIA INDUSTRIAL

Projecte: **DISSENY D'UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 100 MW AMB CONNEXIÓ A LA XARXA DE 400 kV EN ALARCÓN (CONCA)**

Pla: **S.E. esquema simplificat de cel·les**

Autor: **Miquel Cots Mestre**

Data: **Setembre 2022**

Escala: **S/E**

Nº Pla:

3.6



IV. Annexos

S'adjunten els resultats de les tres simulacions obtingudes amb el PVSyst.

Cas A. Mòdul mono facial amb estructura fixa.

Cas B. Mòdul mono facial amb estructura mòbil.

Cas C. Mòdul bifacial amb estructura mòbil.

PVsyst - Informe de simulación

Sistema conectado a la red

Proyecto: TFM Miquel Cots Mestre

Variante: Cas APIà nol fixe

Sin escena 3D definida, sin sombras

Potencia del sistema: 124.3 MWp

Olmedilla de Alarcón - España

Autor(a)



PVsyst V7.2.16

VC2, Fecha de simulación:
12/08/22 22:51
con v7.2.16

Resumen del proyecto

Sitio geográfico

Olmedilla de Alarcón
España

Situación

Latitud 39.60 °N
Longitud -2.06 °W
Altitud 848 m
Zona horaria UTC+1

Configuración del proyecto

Albedo 0.20

Datos meteo

Olmedilla de Alarcón
Meteonorm 8.0 (1996-2017), Sat=100% - Sintético

Resumen del sistema

Sistema conectado a la red

Sin escena 3D definida, sin sombras

Orientación campo FV

Plano fijo
Inclinación/Azimut 37 / 0 °

Sombreados cercanos

Sin sombreados

Necesidades del usuario

Carga ilimitada (red)

Información del sistema

Conjunto FV

Núm. de módulos 224000 unidades
Pnom total 124.3 MWp

Inversores

Núm. de unidades 14 unidades
Pnom total 114.1 MWca
Proporción Pnom 1.090

Resumen de resultados

Energía producida 217 GWh/año Producción específica 1749 kWh/kWp/año Proporción rend. PR 87.37 %

Tabla de contenido

Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del conjunto FV, Pérdidas del sistema.	3
Resultados principales	4
Diagrama de pérdida	5
Gráficos especiales	6



PVsyst V7.2.16

VC2, Fecha de simulación:
12/08/22 22:51
con v7.2.16

Parámetros generales

Sistema conectado a la red		Sin escena 3D definida, sin sombras	
Orientación campo FV			
Orientación		Configuración de cobertizos	Modelos usados
Plano fijo		Sin escena 3D definida	Transposición Perez
Inclinación/Azimut	37 / 0 °		Difuso Perez, Meteororm
			Circunsolar separado
Horizonte		Sombreados cercanos	Necesidades del usuario
Horizonte libre		Sin sombreados	Carga ilimitada (red)

Características del conjunto FV

Módulo FV		Inversor	
Fabricante	Generic	Fabricante	Generic
Modelo	LR5-72 HPH 555 M	Modelo	TWIN SKID COMPACT 8780kVA T34.5kV
(Base de datos PVsyst original)		(Definición de parámetros personalizados)	
Unidad Nom. Potencia	555 Wp	Unidad Nom. Potencia	8150 kWca
Número de módulos FV	224000 unidades	Número de inversores	14 unidades
Nominal (STC)	124.3 MWp	Potencia total	114100 kWca
Módulos	8960 Cadenas x 25 En series	Voltaje de funcionamiento	400-1500 V
En cond. de funcionam. (50°C)		Proporción Pnom (CC:CA)	1.09
Pmpp	113.9 MWp		
U mpp	946 V		
I mpp	120438 A		
Potencia FV total		Potencia total del inversor	
Nominal (STC)	124320 kWp	Potencia total	114100 kWca
Total	224000 módulos	Número de inversores	14 unidades
Área del módulo	572555 m²	Proporción Pnom	1.09
Área celular	532482 m²		

Pérdidas del conjunto

Factor de pérdida térmica		Pérdidas de cableado CC		Pérdida de calidad módulo				
Temperatura módulo según irradiancia		Res. conjunto global	0.13 mΩ	Frac. de pérdida	-0.3 %			
Uc (const)	20.0 W/m²K	Frac. de pérdida	1.5 % en STC					
Uv (viento)	0.0 W/m²K/m/s							
Pérdidas de desajuste de módulo		Pérdidas de desajuste de cadenas						
Frac. de pérdida	2.0 % en MPP	Frac. de pérdida	0.1 %					
Factor de pérdida IAM								
Efecto de incidencia (IAM): Perfil definido por el usuario								
0°	25°	45°	60°	65°	70°	75°	80°	90°
1.000	1.000	0.995	0.962	0.936	0.903	0.851	0.754	0.000



PVsyst V7.2.16

VC2, Fecha de simulación:
12/08/22 22:51
con v7.2.16

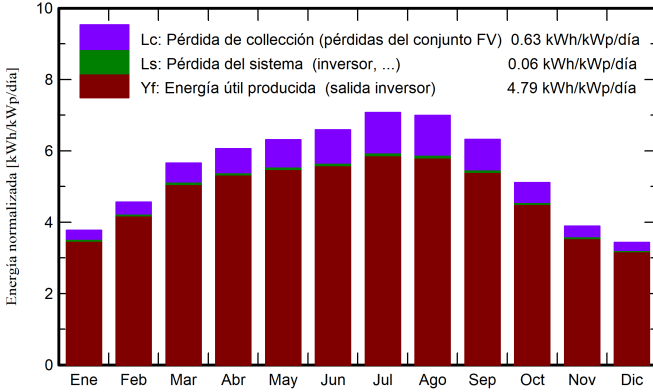
Resultados principales

Producción del sistema

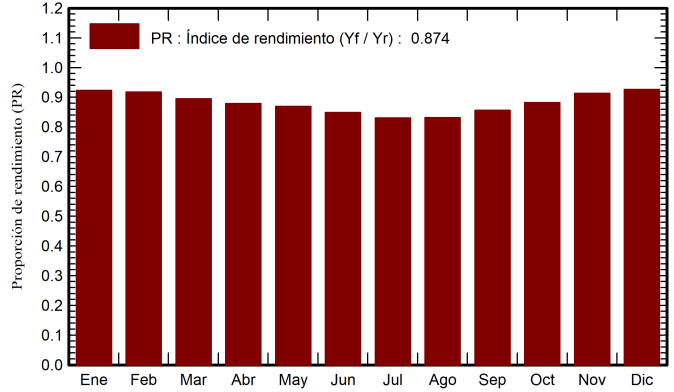
Energía producida 217 GWh/año

Producción específica 1749 kWh/kWp/año
Proporción de rendimiento (PR) 87.37 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray GWh	E_Grid GWh	PR proporción
Enero	67.0	25.45	5.03	116.8	115.6	13.59	13.41	0.924
Febrero	85.3	32.72	6.33	127.8	126.3	14.76	14.57	0.917
Marzo	136.8	47.87	9.63	175.4	172.6	19.78	19.53	0.896
Abril	168.4	58.15	12.33	181.9	178.2	20.13	19.88	0.879
Mayo	204.5	75.17	16.71	195.5	191.0	21.41	21.13	0.869
Junio	219.6	69.02	22.08	197.6	192.8	21.13	20.86	0.849
Julio	238.1	61.41	26.07	219.3	214.3	22.94	22.64	0.830
Agosto	209.6	54.89	25.40	216.7	212.2	22.69	22.40	0.831
Septiembre	157.6	51.48	20.07	189.5	185.9	20.43	20.17	0.856
Octubre	112.3	39.32	15.46	158.3	156.2	17.58	17.36	0.882
Noviembre	71.2	28.59	8.64	116.6	115.2	13.42	13.24	0.914
Diciembre	59.5	24.66	5.63	106.3	105.2	12.40	12.24	0.926
Año	1729.8	568.71	14.50	2001.8	1965.4	220.27	217.44	0.874

Leyendas

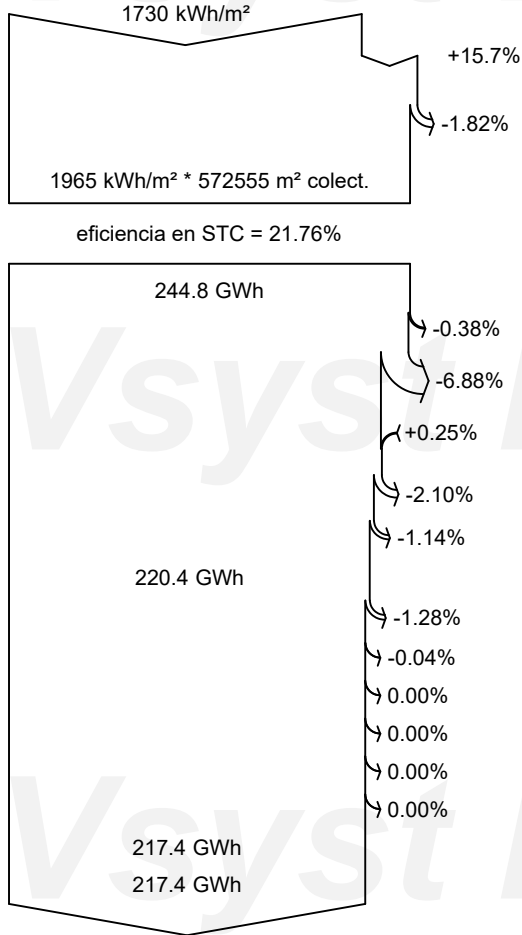
- GlobHor Irradiación horizontal global
- DiffHor Irradiación difusa horizontal
- T_Amb Temperatura ambiente
- GlobInc Global incidente plano receptor
- GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
- EArray Energía efectiva a la salida del conjunto
- E_Grid Energía inyectada en la red
- PR Proporción de rendimiento



PVsyst V7.2.16

VC2, Fecha de simulación:
12/08/22 22:51
con v7.2.16

Diagrama de pérdida



Irradiación horizontal global

Global incidente plano receptor

Factor IAM en global

Irradiancia efectiva en colectores

Conversión FV

Conjunto de energía nominal (con efic. STC)

Pérdida FV debido al nivel de irradiancia

Pérdida FV debido a la temperatura.

Pérdida calidad de módulo

Pérdidas de desajuste, módulos y cadenas

Pérdida óhmica del cableado

Energía virtual del conjunto en MPP

Pérdida del inversor durante la operación (eficiencia)

Pérdida del inversor sobre potencia inv. nominal

Pérdida del inversor debido a la corriente de entrada máxima

Pérdida de inversor sobre voltaje inv. nominal

Pérdida del inversor debido al umbral de potencia

Pérdida del inversor debido al umbral de voltaje

Energía disponible en la salida del inversor

Energía inyectada en la red

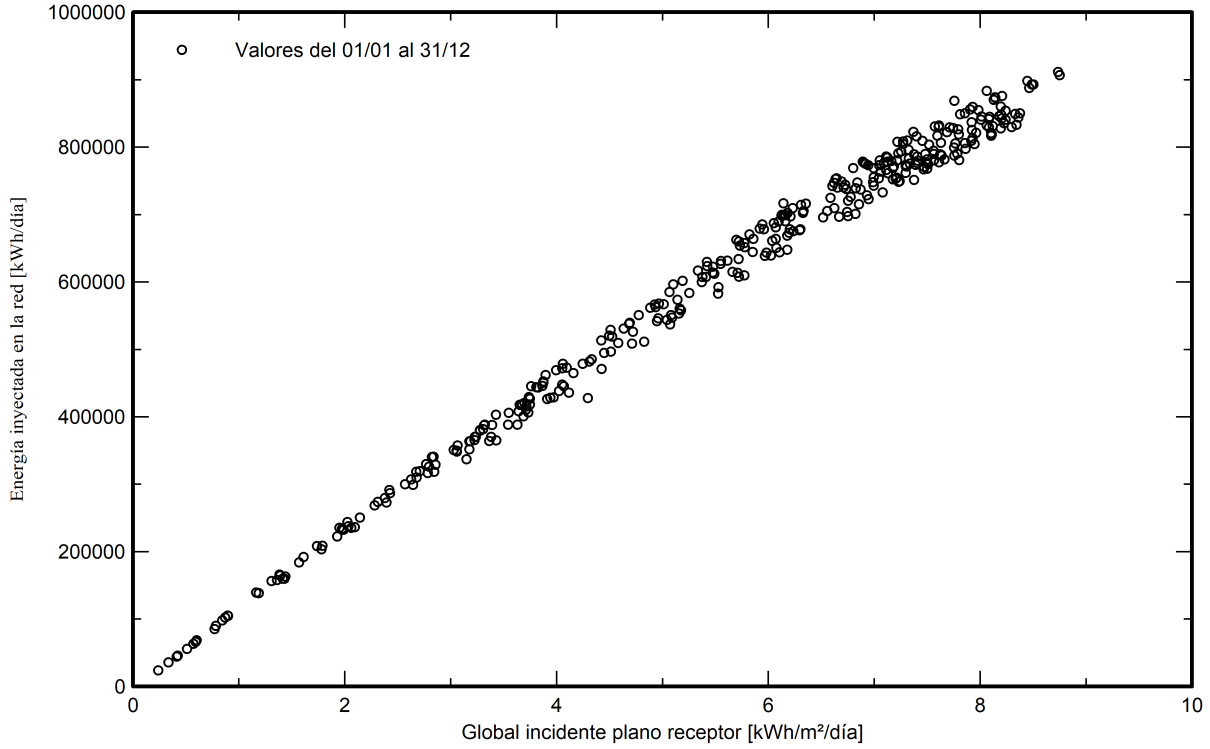


PVsyst V7.2.16

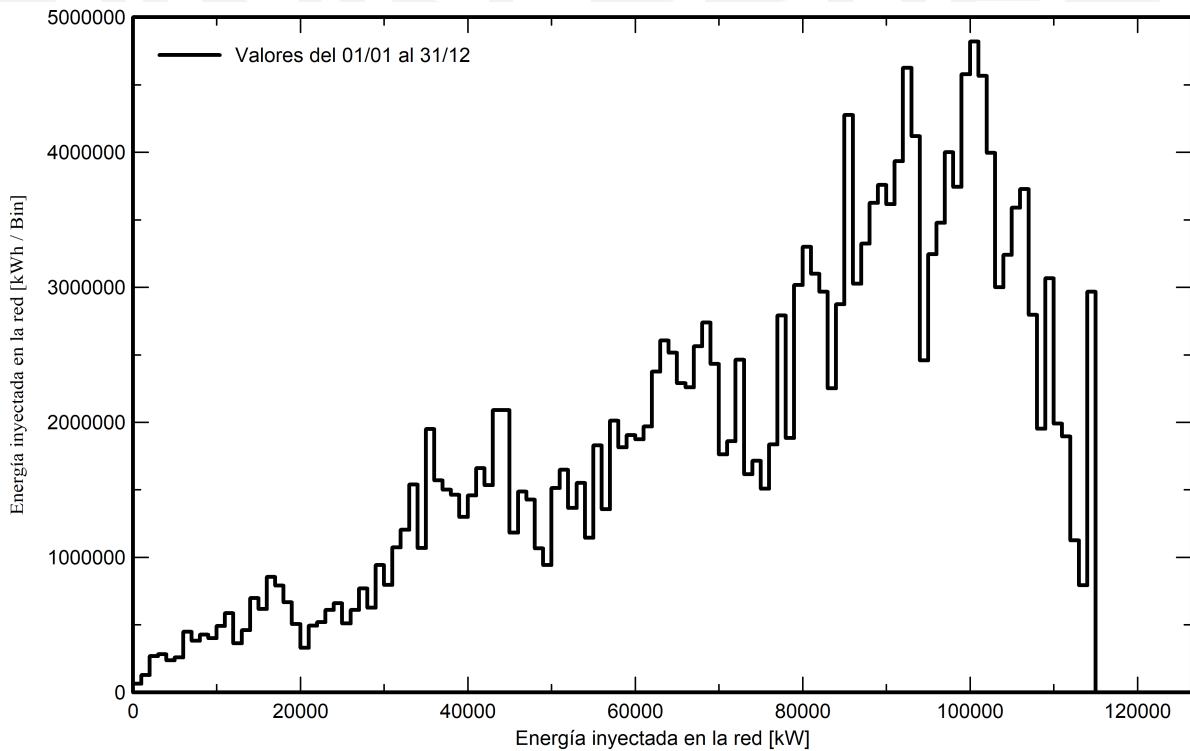
VC2, Fecha de simulación:
12/08/22 22:51
con v7.2.16

Gráficos especiales

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema



PVsyst - Informe de simulación

Sistema conectado a la red

Proyecto: TFM Miquel Cots Mestre

Variante: Cas B Seguidor un eix N-S

Sistema de rastreo, con retroceso

Potencia del sistema: 124.3 MWp

Olmedilla de Alarcón - Spain



PVsyst V7.2.16

VC1, Fecha de simulación:
12/08/22 22:52
con v7.2.16

Resumen del proyecto

Sitio geográfico

Olmedilla de Alarcón
España

Situación

Latitud 39.60 °N
Longitud -2.06 °W
Altitud 848 m
Zona horaria UTC+1

Configuración del proyecto

Albedo 0.20

Datos meteo

Olmedilla de Alarcón
Meteonorm 8.0 (1996-2017), Sat=100% - Sintético

Resumen del sistema

Sistema conectado a la red

Orientación campo FV

Orientación
Plano de rastreo, eje horizontal N-S
Azimut del eje 0 °

Sistema de rastreo, con retroceso

Algoritmo de rastreo

Optimización de irradiancia
Retroceso activado

Sombreados cercanos

Sombreados lineales

Información del sistema

Conjunto FV

Núm. de módulos 224000 unidades
Pnom total 124.3 MWp

Inversores

Núm. de unidades 14 unidades
Pnom total 114.1 MWca
Proporción Pnom 1.090

Necesidades del usuario

Carga ilimitada (red)

Resumen de resultados

Energía producida 251 GWh/año Producción específica 2017 kWh/kWp/año Proporción rend. PR 86.93 %

Tabla de contenido

Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del conjunto FV, Pérdidas del sistema.	3
Definición del sombreado cercano - Diagrama de iso-sombreados	5
Resultados principales	6
Diagrama de pérdida	7
Gráficos especiales	8



PVsyst V7.2.16

VC1, Fecha de simulación:
12/08/22 22:52
con v7.2.16

Parámetros generales

Sistema conectado a la red		Sistema de rastreo, con retroceso	
Orientación campo FV		Algoritmo de rastreo	Conjunto de retroceso
Orientación		Optimización de irradiancia	Núm. de rastreadores 2240 unidades
Plano de rastreo, eje horizontal N-S		Retroceso activado	Tamaños
Azimut del eje	0 °		Espaciado de rastreador 11.0 m
			Ancho de colector 4.53 m
			Proporc. cob. suelo (GCR) 41.2 %
			Phi mín/máx. +/- 60.0 °
			Estrategia de retroceso
			Límites de phi +/- 65.5 °
			Paso de retroceso 11.0 m
			Ancho de retroceso 4.53 m
Modelos usados			
Transposición	Perez		
Difuso	Perez, Meteonorm		
Circunsolar	separado		
Horizonte		Sombreados cercanos	Necesidades del usuario
Horizonte libre		Sombreados lineales	Carga ilimitada (red)

Características del conjunto FV

Módulo FV		Inversor	
Fabricante	Generic	Fabricante	Generic
Modelo	LR5-72 HPH 555 M	Modelo	TWIN SKID COMPACT 8780kVA T34.5kV
(Base de datos PVsyst original)		(Definición de parámetros personalizados)	
Unidad Nom. Potencia	555 Wp	Unidad Nom. Potencia	8150 kWca
Número de módulos FV	224000 unidades	Número de inversores	14 unidades
Nominal (STC)	124.3 MWp	Potencia total	114100 kWca
Módulos	8960 Cadenas x 25 En series	Voltaje de funcionamiento	400-1500 V
En cond. de funcionam. (50°C)		Proporción Pnom (CC:CA)	1.09
Pmpp	113.9 MWp		
U mpp	946 V		
I mpp	120438 A		
Potencia FV total		Potencia total del inversor	
Nominal (STC)	124320 kWp	Potencia total	114100 kWca
Total	224000 módulos	Número de inversores	14 unidades
Área del módulo	572555 m²	Proporción Pnom	1.09
Área celular	532482 m²		

Pérdidas del conjunto

Pérdidas de suciedad del conjunto		Factor de pérdida térmica		Pérdidas de cableado CC	
Frac. de pérdida	0.8 %	Temperatura módulo según irradiancia		Res. conjunto global	0.13 mΩ
		Uc (const)	29.0 W/m²K	Frac. de pérdida	1.5 % en STC
		Uv (viento)	0.0 W/m²K/m/s		
Pérdida diodos serie		LID - Degradación Inducida por Luz		Pérdida de calidad módulo	
Caída de voltaje	0.7 V	Frac. de pérdida	0.3 %	Frac. de pérdida	-0.3 %
Frac. de pérdida	0.1 % en STC				
Pérdidas de desajuste de módulo		Pérdidas de desajuste de cadenas			
Frac. de pérdida	2.0 % en MPP	Frac. de pérdida	0.1 %		



PVsyst V7.2.16

VC1, Fecha de simulación:
12/08/22 22:52
con v7.2.16

Pérdidas del conjunto

Factor de pérdida IAM

Efecto de incidencia (IAM): Perfil definido por el usuario

0°	25°	45°	60°	65°	70°	75°	80°	90°
1.000	1.000	0.995	0.962	0.936	0.903	0.851	0.754	0.000

Pérdidas del sistema.

Indisponibilidad del sistema

Frac. de tiempo 0.3 %
1.0 días,
3 períodos

Pérdidas auxiliares

constante (ventiladores) 15.0 kW
0.0 kW del umbral de potencia
Consumo aux. nocturno 40.0 kW

Pérdidas de cableado CA

Línea de salida del inv. hasta el punto de inyección

Voltaje inversor 34500 Vca tri
Frac. de pérdida 0.40 % en STC

Inversor: TWIN SKID COMPACT 8780kVA T34.5kV

Sección cables (14 Inv.) Cobre 14 x 3 x 50 mm²
Longitud media de los cables 1450 m



PVsyst V7.2.16

VC1, Fecha de simulación:
12/08/22 22:52
con v7.2.16

Parámetro de sombreados cercanos

Perspectiva del campo FV y la escena de sombreado circundante

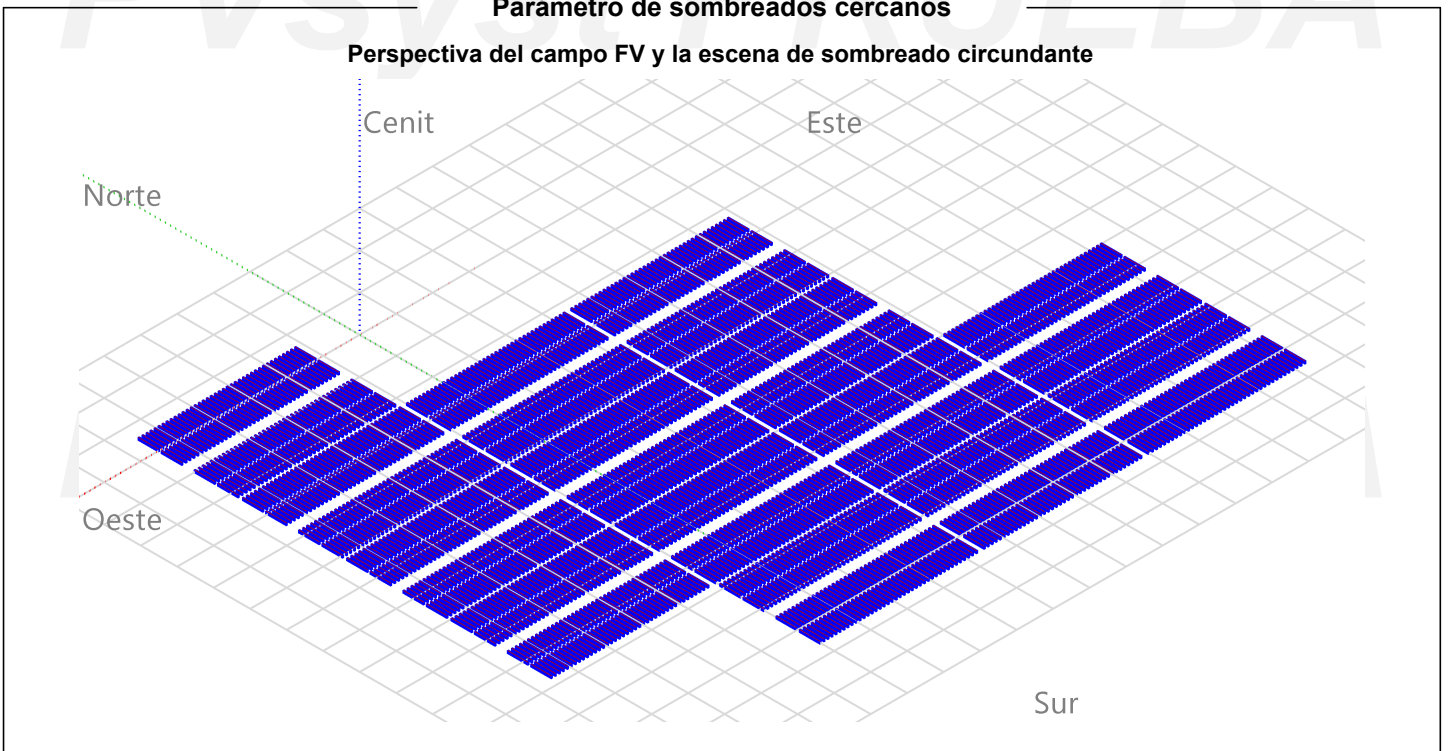
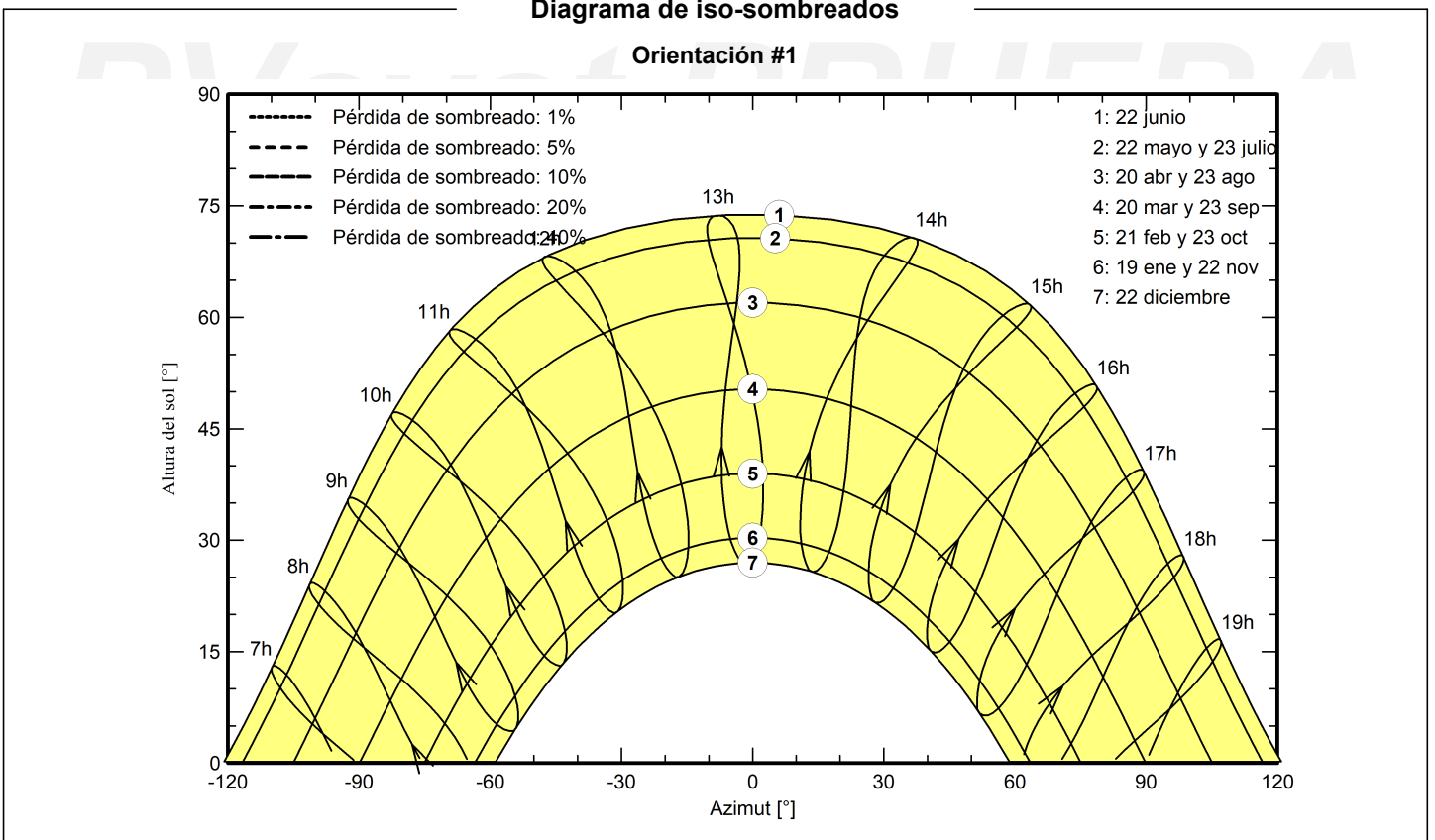


Diagrama de iso-sombreados

Orientación #1





PVsyst V7.2.16

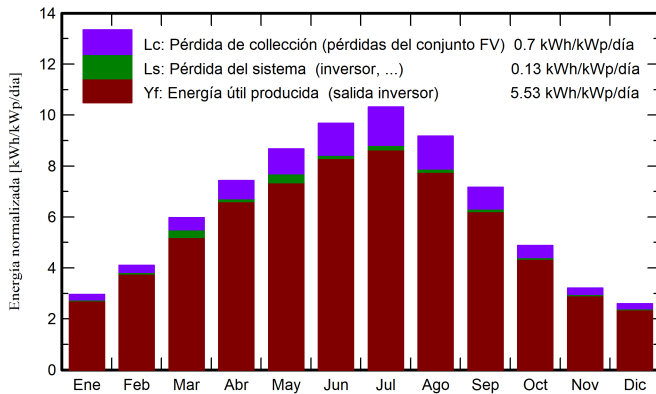
VC1, Fecha de simulación:
12/08/22 22:52
con v7.2.16

Resultados principales

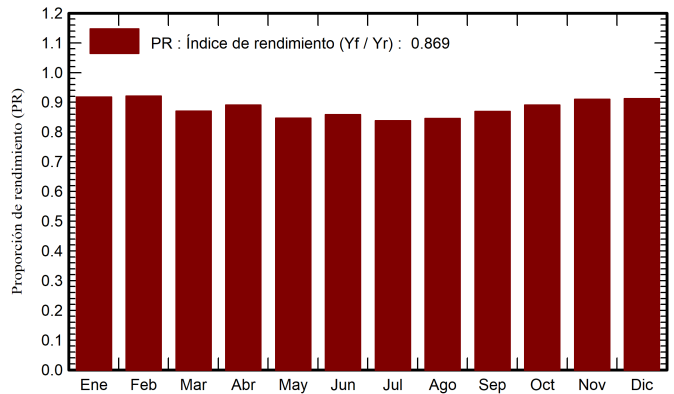
Producción del sistema

Energía producida **251 GWh/año** Producción específica **2017 kWh/kWp/año**
 Proporción de rendimiento (PR) **86.93 %**

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray GWh	E_Grid GWh	PR proporción
Enero	67.0	25.45	5.03	91.7	87.1	10.64	10.46	0.918
Febrero	85.3	32.72	6.33	114.7	110.2	13.34	13.13	0.921
Marzo	136.8	47.87	9.63	185.2	179.0	21.21	20.05	0.871
Abril	168.4	58.15	12.33	222.7	215.9	25.06	24.66	0.891
Mayo	204.5	75.17	16.71	268.9	260.5	29.72	28.32	0.847
Junio	219.6	69.02	22.08	290.4	281.8	31.46	30.97	0.858
Julio	238.1	61.41	26.07	319.7	310.7	34.00	33.31	0.838
Agosto	209.6	54.89	25.40	284.5	276.4	30.41	29.93	0.846
Septiembre	157.6	51.48	20.07	214.9	207.9	23.59	23.23	0.870
Octubre	112.3	39.32	15.46	151.3	145.7	17.02	16.75	0.891
Noviembre	71.2	28.59	8.64	96.2	91.7	11.08	10.89	0.910
Diciembre	59.5	24.65	5.63	80.3	75.8	9.27	9.11	0.912
Año	1729.8	568.71	14.50	2320.6	2242.7	256.82	250.79	0.869

Leyendas

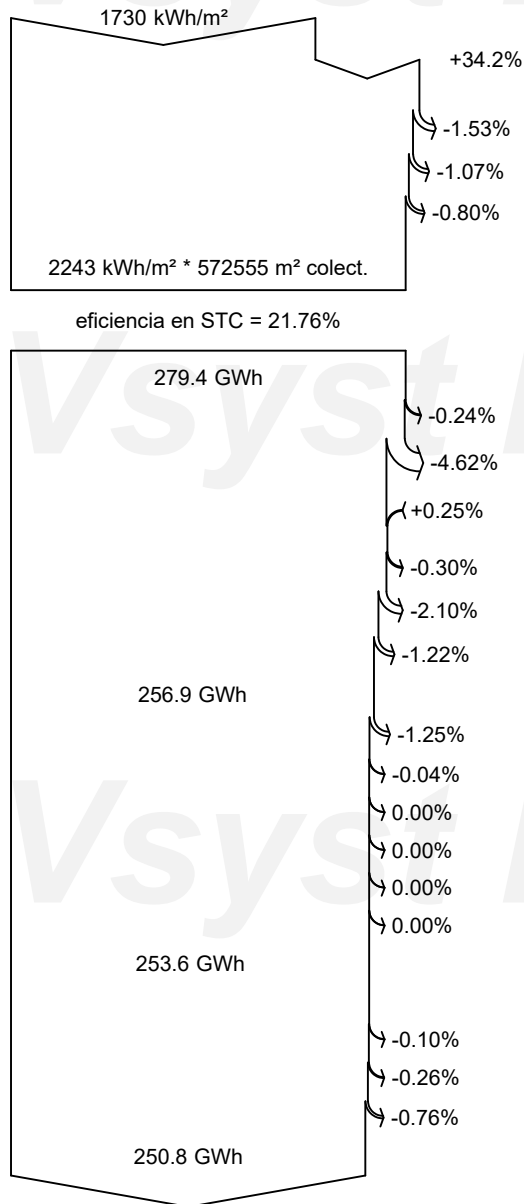
- GlobHor Irradiación horizontal global
- DiffHor Irradiación difusa horizontal
- T_Amb Temperatura ambiente
- GlobInc Global incidente plano receptor
- GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
- EArray Energía efectiva a la salida del conjunto
- E_Grid Energía inyectada en la red
- PR Proporción de rendimiento



PVsyst V7.2.16

VC1, Fecha de simulación:
12/08/22 22:52
con v7.2.16

Diagrama de pérdida



Irradiación horizontal global

Global incidente plano receptor

Sombreados cercanos: pérdida de irradiancia

Factor IAM en global

Factor de pérdida de suciedad

Irradiancia efectiva en colectores

Conversión FV

Conjunto de energía nominal (con efic. STC)

Pérdida FV debido al nivel de irradiancia

Pérdida FV debido a la temperatura.

Pérdida calidad de módulo

LID - Degradación inducida por luz

Pérdidas de desajuste, módulos y cadenas

Pérdida óhmica del cableado

Energía virtual del conjunto en MPP

Pérdida del inversor durante la operación (eficiencia)

Pérdida del inversor sobre potencia inv. nominal

Pérdida del inversor debido a la corriente de entrada máxima

Pérdida de inversor sobre voltaje inv. nominal

Pérdida del inversor debido al umbral de potencia

Pérdida del inversor debido al umbral de voltaje

Energía disponible en la salida del inversor

Auxiliares (ventiladores, otros ...)

Pérdidas óhmicas CA

Indisponibilidad del sistema

Energía inyectada en la red

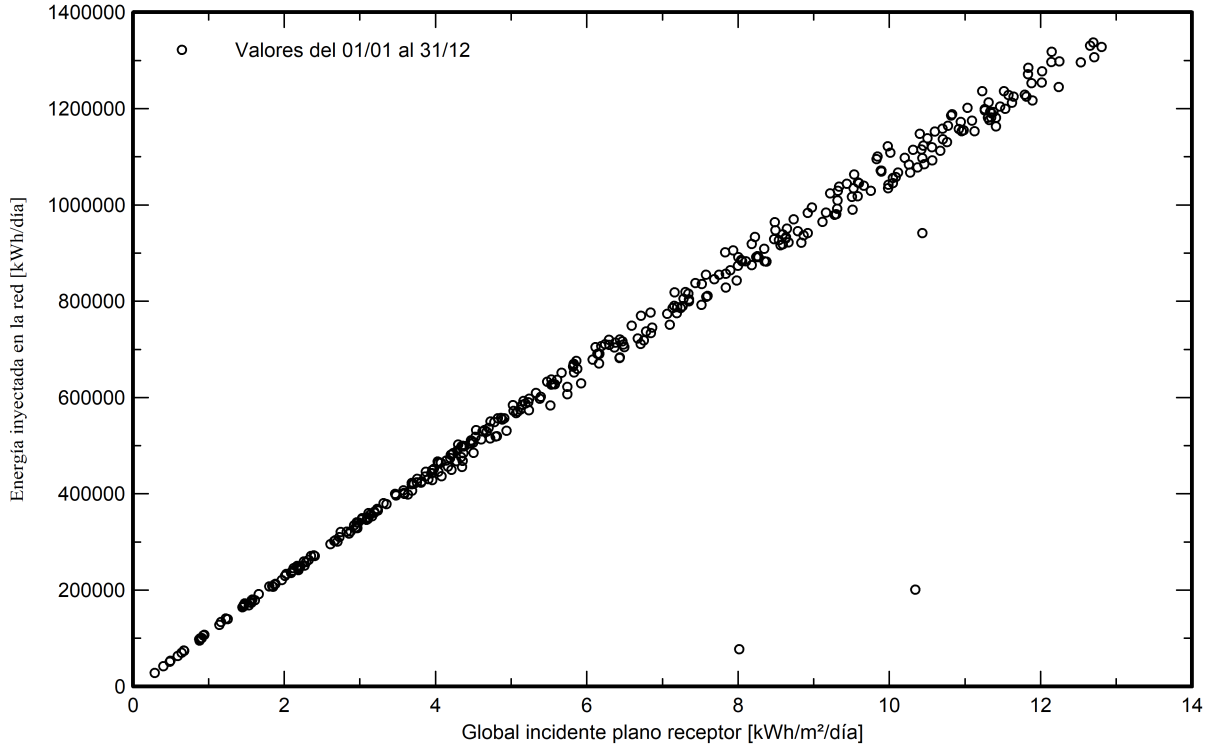


PVsyst V7.2.16

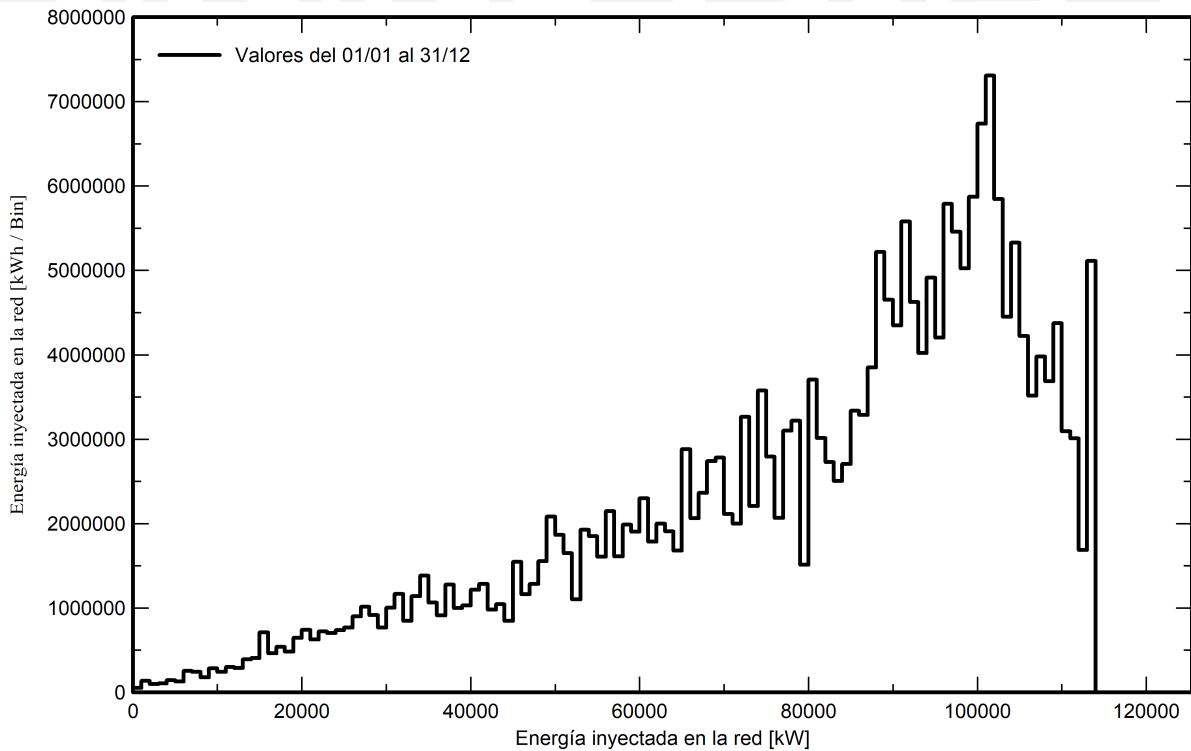
VC1, Fecha de simulación:
12/08/22 22:52
con v7.2.16

Gráficos especiales

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema



PVsyst - Informe de simulación

Sistema conectado a la red

Proyecto: TFM Miquel Cots Mestre

Variante: Cas C Seguidor un exi N-S bifacial

Sistema de rastreo, con retroceso

Potencia del sistema: 125.1 MWp

Olmedilla de Alarcón - Spain



PVsyst V7.2.16

VCO, Fecha de simulación:
12/08/22 22:55
con v7.2.16

Resumen del proyecto

Sitio geográfico

Olmedilla de Alarcón
España

Situación

Latitud 39.60 °N
Longitud -2.06 °W
Altitud 848 m
Zona horaria UTC+1

Configuración del proyecto

Albedo 0.20

Datos meteo

Olmedilla de Alarcón
Meteonorm 8.0 (1996-2017), Sat=100% - Sintético

Resumen del sistema

Sistema conectado a la red

Orientación campo FV

Orientación
Plano de rastreo, eje horizontal N-S
Azimut del eje 0 °

Sistema de rastreo, con retroceso

Algoritmo de rastreo

Optimización de irradiancia
Retroceso activado

Sombreados cercanos

Sombreados lineales

Información del sistema

Conjunto FV

Núm. de módulos 188160 unidades
Pnom total 125.1 MWp

Inversores

Núm. de unidades 14 unidades
Pnom total 114.1 MWca
Proporción Pnom 1.097

Necesidades del usuario

Carga ilimitada (red)

Resumen de resultados

Energía producida 268 GWh/año Producción específica 2143 kWh/kWp/año Proporción rend. PR 91.42 %

Tabla de contenido

Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del conjunto FV, Pérdidas del sistema.	3
Definición del sombreado cercano - Diagrama de iso-sombreados	5
Resultados principales	6
Diagrama de pérdida	7
Gráficos especiales	8



PVsyst V7.2.16

VCO, Fecha de simulación:
12/08/22 22:55
con v7.2.16

Parámetros generales

Sistema conectado a la red

Orientación campo FV

Orientación

Plano de rastreo, eje horizontal N-S
Azimut del eje 0 °

Sistema de rastreo, con retroceso

Algoritmo de rastreo

Optimización de irradiancia
Retroceso activado

Conjunto de retroceso

Núm. de rastreadores 1680 unidades

Tamaños

Espaciado de rastreador 12.5 m
Ancho de colector 4.79 m
Proporc. cob. suelo (GCR) 38.3 %
Phi mín/máx. +/- 60.0 °

Estrategia de retroceso

Límites de phi +/- 67.4 °
Paso de retroceso 12.5 m
Ancho de retroceso 4.79 m

Modelos usados

Transposición Perez
Difuso Perez, Meteonorm
Circunsolar separado

Horizonte

Horizonte libre

Sombreados cercanos

Sombreados lineales

Necesidades del usuario

Carga ilimitada (red)

Sistema bifacial

Modelo Cálculo 2D
rastreadores ilimitados

Geometría del modelo bifacial

Espaciado de rastreador 12.50 m
Ancho de rastreador 4.79 m
GCR 38.3 %
Altura del eje sobre el suelo 2.10 m

Definiciones del modelo bifacial

Albedo de tierra 0.30
Factor de bifacialidad 72 %
Fact. sombreado trasero 1.0 %
Fact. desajuste trasero 1.0 %
Fracción transparente de cobertizo 0.0 %

Características del conjunto FV

Módulo FV

Fabricante Generic
Modelo TSM-DEG21C-20-665Wp
(Base de datos PVsyst original)

Unidad Nom. Potencia 665 Wp
Número de módulos FV 188160 unidades
Nominal (STC) 125.1 MWp
Módulos 6720 Cadenas x 28 En series

En cond. de funcionam. (50°C)

Pmpp 114.7 MWp
U mpp 973 V
I mpp 117867 A

Potencia FV total

Nominal (STC) 125126 kWp
Total 188160 módulos
Área del módulo 584491 m²

Inversor

Fabricante Generic
Modelo TWIN SKID COMPACT 8780kVA T34.5kV
(Definición de parámetros personalizados)

Unidad Nom. Potencia 8150 kWca
Número de inversores 14 unidades
Potencia total 114100 kWca
Voltaje de funcionamiento 400-1500 V
Proporción Pnom (CC:CA) 1.10

Potencia total del inversor

Potencia total 114100 kWca
Número de inversores 14 unidades
Proporción Pnom 1.10



PVsyst V7.2.16

VCO, Fecha de simulación:
12/08/22 22:55
con v7.2.16

Pérdidas del conjunto

Pérdidas de suciedad del conjunto

Frac. de pérdida 0.8 %

Factor de pérdida térmica

Temperatura módulo según irradiancia
Uc (const) 29.0 W/m²K
Uv (viento) 0.0 W/m²K/m/s

Pérdidas de cableado CC

Res. conjunto global 0.14 mΩ
Frac. de pérdida 1.5 % en STC

Pérdida diodos serie

Caída de voltaje 0.7 V
Frac. de pérdida 0.1 % en STC

LID - Degradación Inducida por Luz

Frac. de pérdida 0.3 %

Pérdida de calidad módulo

Frac. de pérdida -0.4 %

Pérdidas de desajuste de módulo

Frac. de pérdida 2.0 % en MPP

Pérdidas de desajuste de cadenas

Frac. de pérdida 0.1 %

Factor de pérdida IAM

Efecto de incidencia (IAM): Fresnel, revestimiento AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

Pérdidas del sistema.

Indisponibilidad del sistema

Frac. de tiempo 0.3 %
1.0 días,
3 períodos

Pérdidas auxiliares

constante (ventiladores) 15.0 kW
0.0 kW del umbral de potencia
Consumo aux. nocturno 40.0 kW

Pérdidas de cableado CA

Línea de salida del inv. hasta el punto de inyección

Voltaje inversor 34500 Vca tri
Frac. de pérdida 0.40 % en STC

Inversor: TWIN SKID COMPACT 8780kVA T34.5kV

Sección cables (14 Inv.) Cobre 14 x 3 x 50 mm²
Longitud media de los cables 1450 m



PVsyst V7.2.16

VC0, Fecha de simulación:
12/08/22 22:55
con v7.2.16

Parámetro de sombreados cercanos

Perspectiva del campo FV y la escena de sombreado circundante

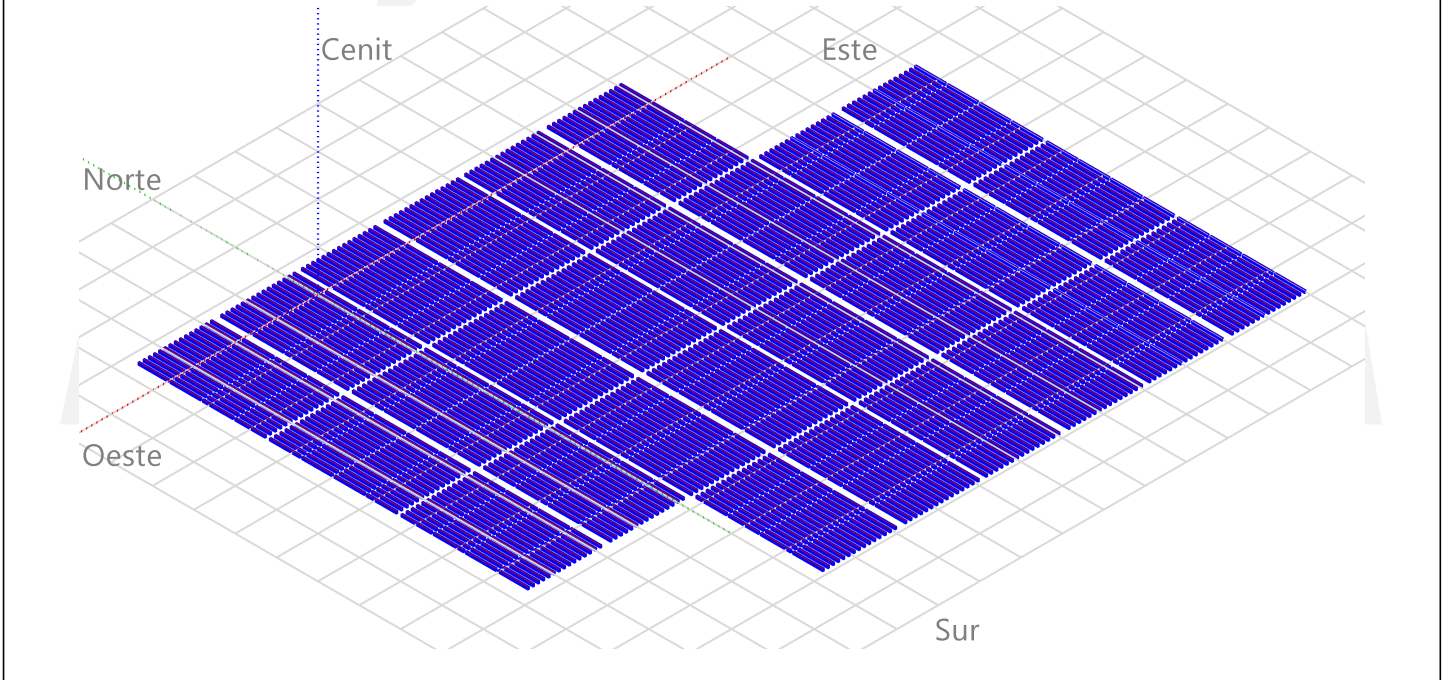
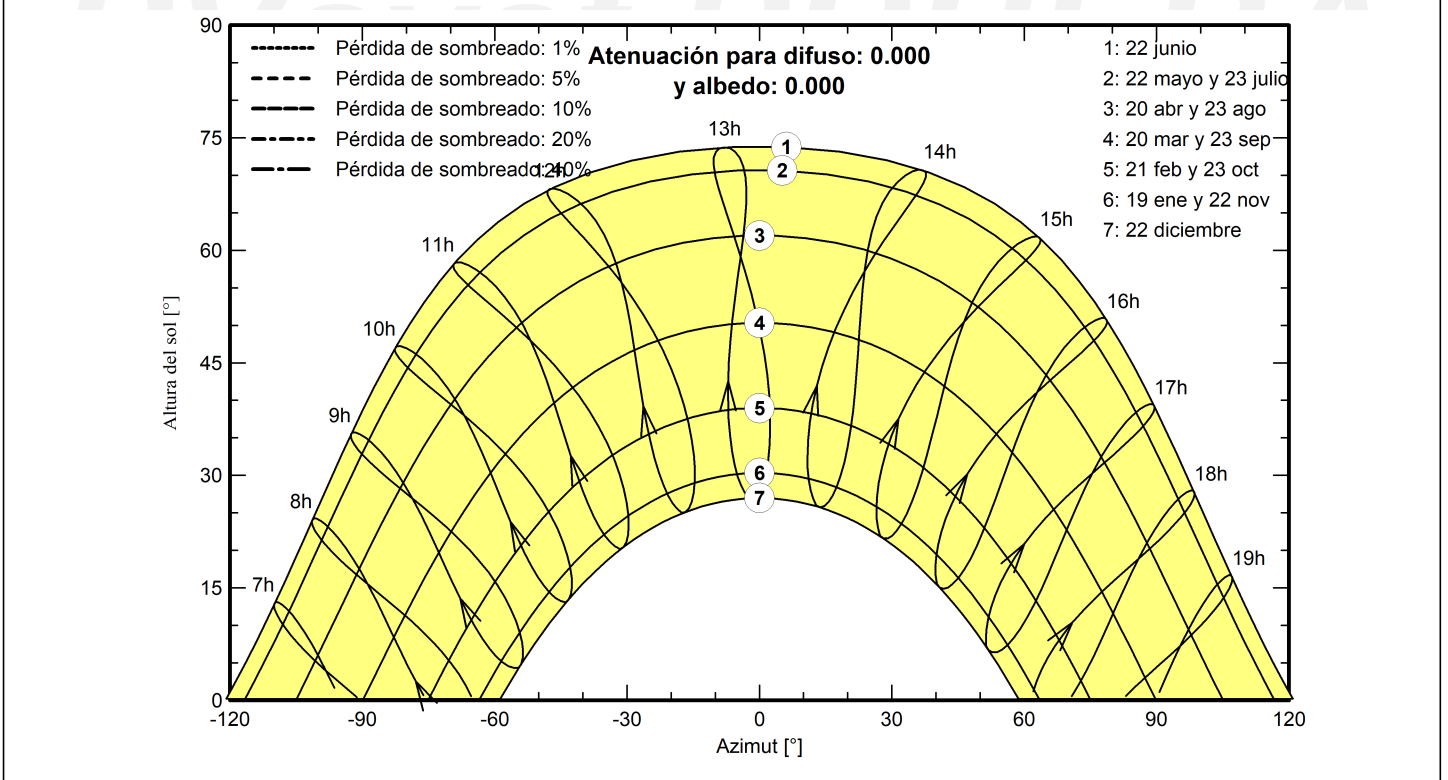


Diagrama de iso-sombreados

Orientación #1





PVsyst V7.2.16

VCO, Fecha de simulación: 12/08/22 22:55 con v7.2.16

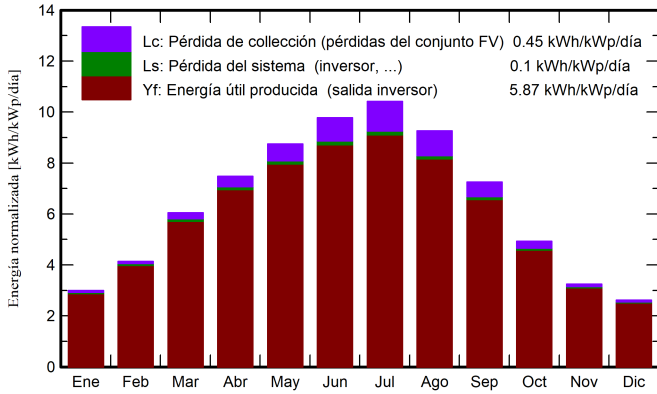
Resultados principales

Producción del sistema

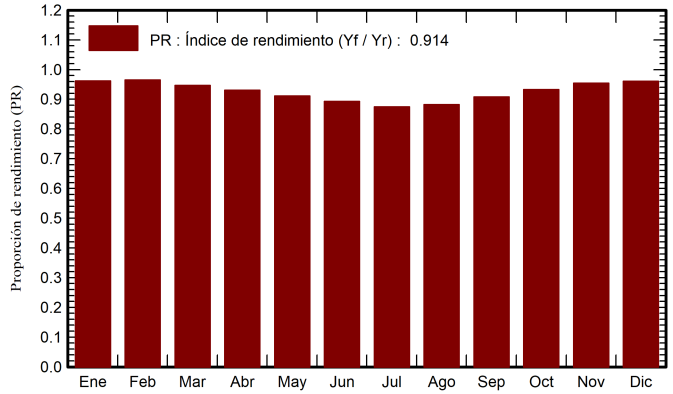
Energía producida 268 GWh/año

Producción específica 2143 kWh/kWp/año
Proporción de rendimiento (PR) 91.42 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



Balances y resultados principales

Table with 9 columns: Month, GlobHor, DiffHor, T_Amb, GlobInc, GlobEff, EArray, E_Grid, PR. It provides monthly and annual energy balance and performance data.

Leyendas

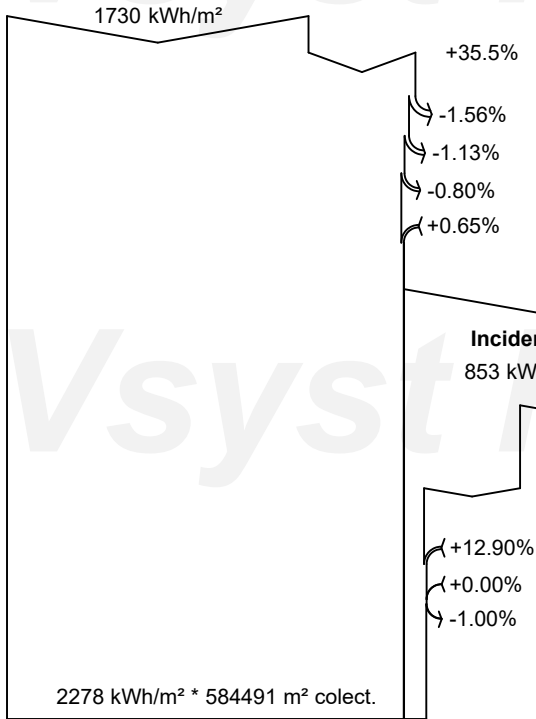
- List of abbreviations and their meanings: GlobHor (Irradiación horizontal global), DiffHor (Irradiación difusa horizontal), T_Amb (Temperatura ambiente), GlobInc (Global incidente plano receptor), GlobEff (Global efectivo, corr. para IAM y sombreados), EArray (Energía efectiva a la salida del conjunto), E_Grid (Energía inyectada en la red), PR (Proporción de rendimiento).



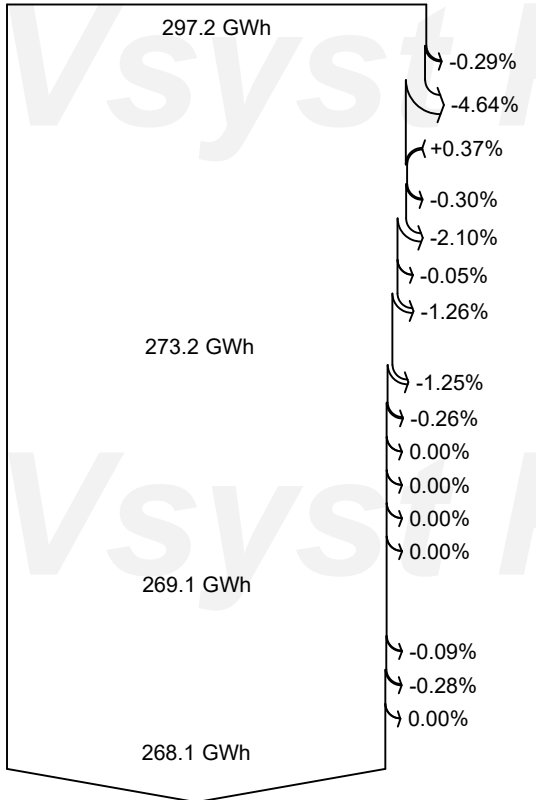
PVsyst V7.2.16

VC0, Fecha de simulación:
12/08/22 22:55
con v7.2.16

Diagrama de pérdida



eficiencia en STC = 21.44%



Irradiación horizontal global
Global incidente plano receptor

- Sombreados cercanos: pérdida de irradiancia
- Factor IAM en global
- Factor de pérdida de suciedad
- Reflejo del suelo en la parte frontal

Bifacial

Incidente global en tierra
853 kWh/m² en 1525927 m²

- 70.00% (0.30 Albedo de tierra)
Pérdida de reflexión del suelo
- 82.71% Factor de vista para el lado trasero
- +12.90% Cielo difuso en la parte trasera
- +0.00% Haz efectivo en la parte trasera
- 1.00% Pérdida de sombreados en la parte posterior

5.67% Irradiancia global en la parte trasera (129 kWh/m²)

Irradiancia efectiva en colectores

Conversión FV, Factor de bifacialidad = 0.72

Conjunto de energía nominal (con efic. STC)

- Pérdida FV debido al nivel de irradiancia
- Pérdida FV debido a la temperatura.

Pérdida calidad de módulo

LID - Degradación inducida por luz

Pérdidas de desajuste, módulos y cadenas

Desajuste de irradiancia posterior

Pérdida óhmica del cableado

Energía virtual del conjunto en MPP

- Pérdida del inversor durante la operación (eficiencia)
- Pérdida del inversor sobre potencia inv. nominal
- Pérdida del inversor debido a la corriente de entrada máxima
- Pérdida de inversor sobre voltaje inv. nominal
- Pérdida del inversor debido al umbral de potencia
- Pérdida del inversor debido al umbral de voltaje

Energía disponible en la salida del inversor

Auxiliares (ventiladores, otros ...)

Pérdidas óhmicas CA

Indisponibilidad del sistema

Energía inyectada en la red

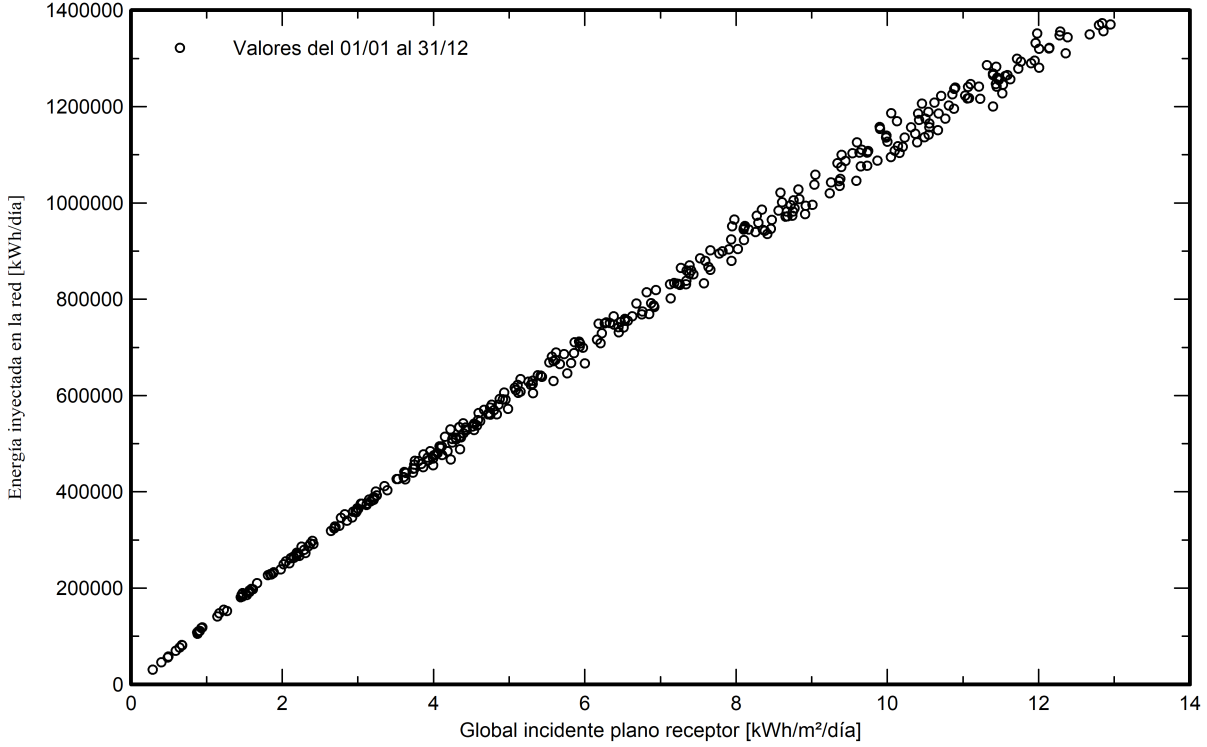


PVsyst V7.2.16

VC0, Fecha de simulación:
12/08/22 22:55
con v7.2.16

Gráficos especiales

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema

