

Miquel Mata Mas

**DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA AL PAVELLÓ
MUNICIPAL DE CAMBRILS**

TREBALL DE FI DE GRAU

dirigit per Francisco González Molina

Grau d'Enginyeria Elèctrica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

Setembre, 2021

Índex General

Índex General	2
Índex de Figures	10
Índex de Taules.....	12
Full d'identificació	14
1. Títol del projecte.....	14
2. Ubicació.....	14
3. Titular	14
4. Autor del projecte	14
5. Director del projecte	14
Memòria Descriptiva	15
1. Introducció	18
2. Objecte	18
3. Abast del projecte	19
4. Antecedents.....	19
5. Legalitzacions	20
6. Requisits.....	21
7. Eines utilitzades	22
7.1. Bibliografia.....	22
7.2. Programes.....	23
8. Premisses de disseny.....	24
8.1. Promotor.....	24
8.2. Redactor	24
8.3. Situació i emplaçament	24
8.4. Descripció de la instal·lació	27
9. Anàlisi de solucions	29
10. Les instal·lacions solars fotovoltaïques	30
10.1. L'energia	30
10.1.1. Les energies renovables.....	31
10.1.2. Elecció de l'energia	32
10.2. Energia solar fotovoltaica.....	33
10.2.1. Introducció a l'energia solar	33

10.2.2. L'efecte fotovoltaic.....	33
10.2.3. La radiació solar	34
10.2.4. Avantatges i inconvenients	35
10.2.5. Autoconsum fotovoltaic a Catalunya	36
10.2.6. Característiques solars de l'emplaçament.....	37
11. Instal·lació solar fotovoltaica.....	39
11.1. Tipus d'instal·lacions	39
11.1.1. Instal·lació connectada a la xarxa elèctrica	39
11.1.2. Instal·lació aïllada de la xarxa elèctrica	42
11.1.3. Instal·lació escollida	43
11.2. Plaques fotovoltaïques.....	43
11.2.1. Tipus de plaques fotovoltaïques	43
11.2.2. Comparació i anàlisi	45
11.2.3. Elecció final de la placa fotovoltaica.....	48
11.3. Inversors solars.....	49
11.3.1. Tipus d'inversors solars.....	50
11.3.2. Comparació i anàlisi	51
11.3.3. Elecció final de l'inversor	53
11.4. Suports de la instal·lació	54
11.4.1. Tipus de suports.....	54
11.4.2. Comparació i anàlisi	54
11.4.3. Elecció final dels suports	58
12. Resultats finals	59
Memòria de Càlcul	61
1. Previsió de càrregues	63
2. Dimensions de l'emplaçament	64
2.1. Superfície total	64
2.2. Superfície útil	65
3. Components de la instal·lació fotovoltaica.....	67
3.1. Mòduls fotovoltaïcs.....	67
3.1.1. Orientació i inclinació	67
3.1.2. Distribució dels mòduls	71
3.1.2.1. Distribució final obtinguda.....	75

3.1.3. Potència màxima generada	77
3.2. Inversor.....	78
3.2.1. Emplaçament	78
3.2.2. Resum dades	78
3.2.3. Màxims strings en sèrie	79
3.2.4. Condicions a complir.....	80
3.3. Suports dels mòduls	81
3.4. Cablejat.....	81
3.4.1. Longitud	82
3.4.2. Tipus de cable	84
3.4.3. Càlcul de la secció	84
3.4.3.1. Secció per caiguda de tensió.....	85
3.4.3.2. Secció per intensitat màxima admissible.....	90
3.4.4. Proteccions	95
3.4.4.1. Proteccions contra sobreintensitats.....	95
3.4.4.2. Proteccions contra sobretensions.....	97
3.4.4.3. Proteccions contra contactes.....	98
3.4.5. Posta a Terra (PaT).....	100
4. Potència prevista	101
4.1. Pèrdues possibles.....	101
4.2. Energia generada	108
4.3. Balanç econòmic	110
Plànols	112
1. Situació.....	114
2. Emplaçament	115
3. Planta del pavelló	116
4. Instal·lació fotovoltaica	117
5. Connexionat plaques	118
6. Esquema unifilar de la instal·lació	119
Plec de Condicions	120
Plec de condicions general.....	124
1. Condicions generals	124
2. Reglaments i normes	124

3. Materials.....	124
4. Execució d'obra.....	124
4.1. Inici.....	124
4.2. Termini d'execució	125
4.3. Llibre d'ordres.....	125
5. Interpretació i desenvolupament del projecte.....	125
6. Obres Complementàries	126
7. Modificacions.....	126
8. Obra defectuosa.....	126
9. Mitjans auxiliars.....	126
10. Conservació d'obres	126
11. Recepció de les obres	127
11.1. Recepció provisional	127
11.2. Termini de garantia.....	127
11.3. Recepció definitiva.....	127
12. Contractació de l'empresa	127
12.1. Manera de contractació.....	127
12.2. Presentació.....	127
12.3. Selecció.....	127
13. Fiança	128
Condicions tècniques	128
1. Objecte	128
2. Generalitats.....	128
3. Definicions	129
3.1. Radiació solar.	129
3.2. Instal·lació	129
3.3. Mòduls.....	130
3.4. Integració arquitectònica	130
4. Disseny.....	131
4.1. Disseny del generador fotovoltaic	131
4.1.1. Generalitats.....	131
4.1.2. Orientació, inclinació i ombres.....	131
4.1.3. Integració arquitectònica	131

5. Components i materials	132
5.1. Generalitats	132
5.2. Sistemes generadors fotovoltaics	133
5.3. Estructura suport	133
5.4. Inversors	134
5.5. Cablejat	135
5.6. Connexió a xarxa	136
5.7. Mesures	136
5.8. Proteccions	136
5.9. Posta a terra de les instal·lacions fotovoltaiques	136
5.10. Harmònics i comptabilitat electromagnètica	137
6. Recepció i proves	137
7. Comandament i protecció, posta a terra	138
7.1. Aparells de comandament i maniobra	138
7.2. Aparells de protecció	138
7.2.1. Protecció contra sobreintensitats	138
7.2.2. Aplicació	138
7.2.3. Protecció contra sobrecàrregues	138
7.2.4. Protecció contra curtcircuits	139
7.2.5. Situació i composició	139
7.2.6. Normativa aplicable	139
7.2.7. Característiques principals dels dispositius de protecció	140
7.2.8. Protecció contra sobretensions d'origen atmosfèric	141
7.2.9. Protecció contra contactes directes i indirectes	141
7.3. Xarxa equipotencial	142
7.4. Instal·lació de posada a terra	142
7.4.1. Naturalesa i seccions mínimes	142
7.4.2. Estesa dels conductors	143
7.4.3. Connexions dels conductors dels circuits de terra amb les parts metàl·liques i masses i amb els elèctrodes	143
7.4.4. Prohibició d'interrompre els circuits de terra	143
8. Requeriments tècnics del contracte de manteniment	143
8.1. Generalitats	143

8.2. Programa de manteniment	144
8.3. Garanties	145
8.3.1. Àmbit general de la garantia.....	145
8.3.2. Terminis.....	145
8.3.3. Condicions econòmiques	145
8.3.4. Anul·lació de la garantia	145
8.3.5. Lloc i temps de la prestació	146
9. Condicions de contractació	146
9.1. Elecció de components	146
9.2. Prescripcions generals de la instal·lació.....	146
10. Execució del projecte	146
10.1. Terminis d'execució.....	146
10.2. Comprovació del circuit	146
10.3. Prova final d'entrega	147
Condicions econòmiques	147
1. Abonament de l'obra	147
2. Preus	147
3. Revisió de preus	147
4. Penalitzacions.....	148
5. Contracte	148
6. Responsabilitats.....	148
7. Rescissió de contracte	148
8. Liquidació en cas de rescissió del contracte.....	149
Condicions facultatives.....	149
1. Normes a seguir.....	149
2. Personal	149
3. Reconeixement i assajos previs.....	150
4. Assajos	150
5. Instrumentació.....	151
Estat d'Amidaments	152
1. Instal·lació fotovoltaica	154
2. Connexions	155
3. Proteccions i caixes.....	156

4. Altres.....	156
Pressupost	157
1. Justificació del pressupost	159
2. Pressupost final	167
3. Resum del pressupost.....	170
Annex I – Estudi de Seguretat i Salut.....	171
1. Prevenció de riscos laborals.....	174
1.1. Introducció	174
1.2. Drets i obligacions.....	174
1.2.1. Dret a la protecció en front dels riscos	174
1.2.2. Principis de l'acció preventiva	174
1.2.3. Avaluació dels riscos	175
1.2.4. Equips de treball i medis de protecció.....	176
1.2.5. Informació i consulta dels treballadors.....	176
1.2.6. Formació de treballadors	176
1.2.7. Mesures d'emergència	176
1.2.8. Risc greu i imminent	176
1.2.9. Vigilància i salut.....	177
1.2.10. Obligacions dels treballadors en matèria de prevenció de riscos	177
1.3. Serveis de prevenció.....	177
1.3.1. Protecció i prevenció de riscos professionals	177
1.3.2. Serveis de prevenció.....	178
2. Disposicions mínimes de seguretat i salut als llocs de treball	178
2.1. Introducció	178
2.2. Obligacions de l'empresari.....	178
2.2.1. Condicions constructives.....	178
2.2.2. Senyalització.....	179
2.2.3. Serveis higiènics i locals de descans	179
2.2.4. Material i locals de primers auxilis.....	180
3. Disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut a la feina	180
3.1. Introducció	180
3.2. Obligacions de l'empresari.....	180

4. Disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització per part dels treballadors dels equips de treball.....	181
4.1. Introducció	181
4.2. Obligacions de l'empresari.....	181
5. Disposicions mínimes de seguretat i salut a les obres de construcció	182
5.1. Introducció	182
5.2. Estudi bàsic de seguretat i salut.....	182
5.2.1. Mesures preventives generals	182
5.2.2. Mesures preventives elèctriques	183
5.2.3. Disposicions específiques de seguretat i salut durant l'execució de les obres	183
8.6. Disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització per part dels treballadors dels equips de protecció individual.....	184
6.1. Obligacions de l'empresari.....	184
6.1.1. Protectors de cap.....	184
6.1.2. Protectors de mans i braços	184
6.1.3. Protectors de cames i peus.....	184
6.1.4. Protectors de cos	184
6.1.5. Vestimenta antiestàtica pels treballadors de planta	185
Annex II – Documentació tècnica	186

Índex de Figures

Figura 1. Instal·lació existent de col·lectors solars	20
Figura 2. Situació del Camp de Tarragona	24
Figura 3. Situació de l'emplaçament a Cambrils	25
Figura 4. Emplaçament de la instal·lació	25
Figura 5. Imatge de l'emplaçament de la instal·lació.....	26
Figura 6. Imatge de l'emplaçament de la instal·lació	26
Figura 7. Producció bruta d'energia elèctrica per formes d'energia a Catalunya	30
Figura 8. Irradiació solar global horitzontal, mitjana anual de valors diaris.....	34
Figura 9. Evolució de l'autoconsum FV a Catalunya	36
Figura 10. Evolució del nombre d'instal·lacions d'autoconsum FV per trimestres	36
Figura 11. Evolució de la potència mitjana de les instal·lacions d'autoconsum FV	37
Figura 12. Trajectòries solars mensuals a Cambrils.....	37
Figura 13. Instal·lació fotovoltaica d'autoconsum amb compensació econòmica.	40
Figura 14. Instal·lació d'autoconsum amb acumulació dels excedents en bateries	41
Figura 15. Instal·lació fotovoltaica d'autoconsum sense excedents	41
Figura 16. Instal·lació fotovoltaica aïllada.....	42
Figura 17. Panells solars fotovoltaics monocristal·lí, policristal·lí i amorf	44
Figura 18. Tecnologia PERC.....	46
Figura 19. Esquema del cablejat interior d'una placa solar amb tecnologia HC	46
Figura 20. Placa Solar JINKO Cheetah 400Wp	47
Figura 21. Panel JA Solar 380W	47
Figura 22. Panell Solar 380W ERA	48
Figura 23. Placa Solar JINKO Cheetah 400 Wp i especificacions de la fitxa tècnica	49
Figura 24. Esquema elèctric de les plaques fotovoltaïques	49
Figura 25. Inversor Huawei SUN2000-20KTL-M0 20kW Trifásico.....	51
Figura 26. Inversor Red FRONIUS Symo 17,5-3-M 20kW	52
Figura 27. Inversor Red FRONIUS ECO 25 kW	52
Figura 28. Inversor Red FRONIUS ECO 25 kW i especificacions de la fitxa tècnica	53
Figura 29. Esquema elèctric de l'inversor	53
Figura 30. Corrosió galvànica	55
Figura 31. Vista de la planta del pavelló	64

Figura 32. Elements que componen el sostre	65
Figura 33. Superfície útil per a instal·lar les plaques	66
Figura 34. Recorregut del Sol durant el dia en una instal·lació a l'hemisferi nord	67
Figura 35. Representació de l'angle d'Azimut	68
Figura 36. Diferents alçades del Sol durant l'any	68
Figura 37. Representació de la distància a respectar	71
Figura 38. Distribució plaques	75
Figura 39. Valors d'irradiància solar de la zona	104
Figura 40. Inclinacions màximes i mínimes	106

Índex de Taules

Taula 1. Potència consumida en kWh pel pavelló (2020)	28
Taula 2. Irradiació solar mensual a Cambrils	38
Taula 3. Característiques del model.....	47
Taula 4. Característiques del model.....	47
Taula 5. Característiques del model.....	48
Taula 6. Característiques del model.....	51
Taula 7. Característiques del model.....	52
Taula 8. Característiques del model.....	52
Taula 9. Comparació dels diferents tipus de suports	57
Taula 10. Consum energètic i energia generada per la instal·lació	59
Taula 11. Balanç econòmic final	60
Taula 12. Previsió de càrregues de l'edifici	63
Taula 13. Distàncies a respectar	75
Taula 14. Llista de cables	82
Taula 15. Longitud final dels cables.....	83
Taula 16. Dades dels cables.....	85
Taula 17. Seccions mínimes dels cables.....	87
Taula 18. Seccions segons la ITC-BT-19	88
Taula 19. Seccions normalitzades dels cables (Tram 1).....	88
Taula 20. Seccions normalitzades dels cables (Tram 2).....	89
Taula 21. Seccions normalitzades dels cables (Tram 3).....	90
Taula 22. Diàmetres exteriors dels cables	91
Taula 23. Diàmetre exterior dels tubs segons la secció del cablejat.....	92
Taula 24. Intensitats màximes admissibles.....	93
Taula 25. Factors de correcció per temperatura.....	93
Taula 26. Factors de correcció de la instal·lació	94
Taula 27. Seccions del cablejat segons intensitat màxima admissible	95
Taula 28. Intensitats nominals normalitzades.....	96
Taula 29. Proteccions escollides per la instal·lació	97
Taula 30. Dades generals de l'inversor escollit.....	97
Taula 31. Relació entre les seccions dels conductors de protecció i els de fase.....	100

Taula 32. Pèrdues per conductors de la instal·lació	103
Taula 33. Dades ambientals de l'emplaçament	104
Taula 34. Pèrdues màximes de la instal·lació.....	105
Taula 35. Performance Ratio mensual (PVsyst).....	107
Taula 36. Energia generada cada dia i cada mes per la instal·lació	108
Taula 37. Consum elèctric del pavelló l'any 2020	109
Taula 38. Balanç energètic durant cada mes	109
Taula 39. Producció d'energia cada mes respecte al consum l'any 2020	111
Taula 40. Estalvi econòmic cada mes de l'any 2020 amb la instal·lació	111

Full d'identificació

1. Títol del projecte

Títol: Disseny d'una instal·lació fotovoltaica al pavelló municipal de Cambrils.

2. Ubicació

Emplaçament: Pavelló Municipal de Cambrils. Plaça de l'Ajuntament, 1, 43850 Cambrils, Tarragona.

Situació: 41°04'18.2"N (latitud) 1°03'24.2"E (longitud).

3. Titular

Titular: Universitat Rovira i Virgili de Tarragona

Direcció: Campus Sescelades, Av. Països Catalans, 26. 43007, Sant Pere i Sant Pau, Tarragona.

Telèfon de contacte: 977 558 545

4. Autor del projecte

Nom: Miquel Mata Mas

DNI: 39932089H

Direcció: C/ Major, 12. 43850, Cambrils, Tarragona

Contacte: +34 671 998 435

Correu electrònic: miquelmata.cvb@gmail.com

5. Director del projecte

Sr. Francisco Gonzalez Molina



Tarragona, Setembre de 2021

Miquel Mata Mas

Memòria Descriptiva

DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA AL PAVELLÓ MUNICIPAL DE CAMBRILS

TREBALL DE FI DE GRAU

Grau d'Enginyeria Elèctrica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

Setembre, 2021

Índex Memòria Descriptiva

1.	Introducció	18
2.	Objecte	18
3.	Abast del projecte.....	19
4.	Antecedents	19
5.	Legalitzacions.....	20
6.	Requisits	21
7.	Eines utilitzades.....	22
7.1.	Bibliografia.....	22
7.2.	Programes	23
8.	Premisses de disseny	24
8.1.	Promotor	24
8.2.	Redactor.....	24
8.3.	Situació i emplaçament.....	24
8.4.	Descripció de la instal·lació	27
9.	Anàlisi de solucions	29
10.	Les instal·lacions solars fotovoltaïques.....	30
10.1.	L'energia.....	30
10.1.1.	Les energies renovables	31
10.1.2.	Elecció de l'energia	32
10.2.	Energia solar fotovoltaica.....	33
10.2.1.	Introducció a l'energia solar	33
10.2.2.	L'efecte fotovoltaic	33
10.2.3.	La radiació solar.....	34
10.2.4.	Avantatges i inconvenients	35
10.2.5.	Autoconsum fotovoltaic a Catalunya.....	36
10.2.6.	Característiques solars de l'emplaçament.....	37
11.	Instal·lació solar fotovoltaica	39
11.1.	Tipus d'instal·lacions	39
11.1.1.	Instal·lació connectada a la xarxa elèctrica	39
11.1.2.	Instal·lació aïllada de la xarxa elèctrica.....	42
11.1.3.	Instal·lació escollida	43

11.2.	Plaques fotovoltaiques	43
11.2.1.	Tipus de plaques fotovoltaiques.....	43
11.2.2.	Comparació i anàlisi	45
11.2.3.	Elecció final de la placa fotovoltaica	48
11.3.	Inversors solars	49
11.3.1.	Tipus d'inversors solars	50
11.3.2.	Comparació i anàlisi	51
11.3.3.	Elecció final de l'inversor.....	53
11.4.	Suports de la instal·lació	54
11.4.1.	Tipus de suports	54
11.4.2.	Comparació i anàlisi	54
11.4.3.	Elecció final dels suports	58
12.	Resultats finals.....	59

1. Introducció

El present projecte consisteix en una instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa al pavelló municipal de Cambrils., ubicat a les coordenades $41^{\circ}04'18.2''N$ $1^{\circ}03'24.2''E$.

Durant el procés de realització del projecte, l'estudiant realitzarà un estudi sobre les energies renovables, centrant-se en l'energia solar fotovoltaica i escollint, mitjançant un determinat anàlisi, el tipus d'instal·lació més adequat per a l'emplaçament escollit, així com els components que la formaran.

Es realitzarà un estudi de càlcul i disseny de la instal·lació a realitzar, des de la superfície captadora fins a la connexió a la xarxa elèctrica de baixa tensió, així com la realització del pressupost final que permetrà realitzar una valoració econòmica final.

2. Objecte

Amb el present projecte realitzat per l'estudiant es pretén dissenyar i realitzar un estudi de viabilitat, tant tècnica com econòmica, d'una instal·lació fotovoltaica al pavelló municipal de Cambrils, amb l'objectiu de generar la màxima energia elèctrica.

Per poder-ho dur a terme, s'haurà d'analitzar les diferents opcions que existeixen d'energia solar fotovoltaica, realitzar una comparativa i escollir la millor opció, tenint en compte el consum energètic i la superfície de l'emplaçament, cercant l'eficiència més gran.

La instal·lació estarà connectada a la xarxa, de manera que en els moments que no hi hagi producció degut a la manca de radiació solar, o bé si el consum és superior a la generació d'energia elèctrica produïda per la instal·lació fotovoltaica, l'edifici pugui seguir consumint energia elèctrica a partir de la xarxa.

Es tracta d'un edifici amb constant consum durant tot el dia i durant tot l'any, fet que fa que el consum sempre serà elevat, excepte a les nits, essent llavors la part del dia que el pavelló roman tancat i el consum és mínim. Degut això, el present projecte no disposarà de bateries, ja que seria un cost extra de poc de profit.

Si es realitza una instal·lació de plaques fotovoltaïques, ajudarà a reduir aquest consum elevat durant tot el dia. A més a més estarà beneficiada de la zona en la que es troba l'emplaçament, amb orientació sud, pocs obstacles que impedeixin una bona radiació solar i nombrosos dies assolellats.

3. Abast del projecte

L'abast del projecte no és altre que treure el màxim rendiment a la instal·lació fotovoltaica, realitzant l'òptim dimensionat del sostre de l'emplaçament i col·locant les plaques per treure la màxima eficiència per l'autoconsum:

- Disposarem del cablejat necessari per abastir la nova instal·lació realitzant els pertinents càlculs per obtenir la secció mínima necessària,
- Calcularem el número de plaques a instal·lar amb els seus respectius suports per la seva connexió, així com el seu tipus, model i potència.
- Cal realitzar el dimensionat i trobar l'inversor adequat per la instal·lació.
- Dimensionar el cablejat elèctric per la interconnexió entre la instal·lació fotovoltaica i la xarxa de baixa tensió.
- Com que és una instal·lació per l'autoconsum, s'haurà de realitzar un estudi anual de la potència generada per les plaques i la consumida i, s'obtinguessin excedents, valorar si es vol compensació econòmica.

4. Antecedents

El pavelló municipal de Cambrils té un consum elevat d'energia elèctrica anual, només cal que ens fixem en la seva superfície i en l'ús que té. El consum és tant elevat perquè té diferents zones, com són, entre altres:

- Piscina: És la zona que més consumeix de tot el pavelló, ja que a part de la piscina s'hi troben les saunes i vestidors, cosa que fa que durant tot el dia s'hagi de tenir il·luminat el recinte, climatitzat i en constant funcionament.
- Pista de patinatge i Poliesportiu: Aquestes dues zones també tenen un consum elevat, inferior al de la piscina, però considerable ja que s'ha de tenir la zona amb bona il·luminació i també climatitzada, ja que està formada per una pista de patinatge, una altra pista poliesportiva, nombrosos vestuaris, oficines i un gimnàs.

Sent un edifici amb tanta superfície al sostre i amb tant consum energètic anual, ha de tenir una instal·lació de plaques fotovoltaïques per tal de reduir les despeses econòmiques.

Actualment, hi ha una instal·lació de col·lectors solars al sostre d'un dels edificis del pavelló. La seva funció és la producció d'aigua calenta sanitària amb aquests captadors d'energia solar per el consum als vestidors de la piscina i de la pista esportiva.

Tal i com s'ha comentat abans, el sostre de l'edifici on aniran situades les plaques té una gran superfície, poques estructures al voltant que impedeixin una bona irradiació solar i una molt bona orientació, tant de l'edifici com de la zona en la que es troba. El sostre està format per xapa metàl·lica amb un recobriment de poliuretà que fa d'aïllament, factor que s'ha de tenir en compte a l'hora de realitzar la instal·lació.



Figura 1. Instal·lació existent de col·lectors solars

5. Legalitzacions

Per a la realització i redacció del present projecte, s'han hagut de tenir en compte els decrets, ordres i normes que els corresponents ministeris que regulen la construcció i la instal·lació d'obres dicten per al seu compliment:

- *Normativa UNE.*
- *Pla nacional i Ordenança General de Seguretat i Higiene en el Treball.*
- *Norma UNE 157001-2014 per a la correcta redacció d'un projecte tècnic.*
- *Ordenances i normativa corresponent a l'Ajuntament de Cambrils.*
- *Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (REBT) i Instruccions tècniques complementàries (ITC).*
- *Plec de Condicions Tècniques (PTC) d'instal·lacions d'Energia Solar Fotovoltaica Connectades a la xarxa de l'IDAE.*
- *Reial decret llei 15/2018, de 5 d'octubre, de mesures urgents per a la transició energètica i la protecció dels consumidors.*
- *Reial Decret 244/2019, de 5 d'abril, pel qual es regulen les condicions administratives, tècniques i econòmiques de l'autoconsum d'energia elèctrica.*
- *Llei 24/2013, de 26 de desembre, del Sector Elèctric.*
- *Reial Decret 842/2002, de 2 d'agost, pel qual s'aprova el Reglament electrotècnic per a baixa tensió.*

- *Reial Decret 1955/2000, d'1 de desembre, pel qual es regulen les activitats de transport, distribució, comercialització, subministrament i procediments d'autorització d'instal·lacions d'energia elèctrica.*
- *Reial Decret 413/2014, de 6 de juny, pel qual es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia renovables, cogeneració i residus.*
- *Reial Decret 614/2001, sobre disposicions mínimes per a la protecció de la salut i seguretat dels treballadors davant el risc elèctric.*
- *Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals.*
- *Reial Decret 485/1997, de 14 d'abril, sobre disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball.*
- *Reial Decret 486/1997, de 14 d'abril, pel qual s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut en els llocs de treball.*

6. Requisits

La instal·lació fotovoltaica del present projecte ha de complir una sèrie de requisits per a que sigui viable la seva construcció.

El primer i un dels més importants és la viabilitat, tant econòmica tècnica. Cal analitzar amb detall les condicions on es realitzarà la instal·lació i si, degut a la orientació, espaiat i consum de l'edifici, seria viable la realització del projecte.

Un altre aspecte a tenir en compte és l'accessibilitat de l'espai, ja que en cas de que es realitzés la instal·lació, haurien de complir-se una sèrie de requisits per a que es pogués dur a terme.

Per acabar, en el moment de la instal·lació, s'ha de respectar les condicions i la normativa vigent, així com escollir un bon material, ja que sinó suposaria grans problemes pel que fa a l'erosió i el desgast.

7. Eines utilitzades

7.1. Bibliografia

- Agencia Estatal *Prevención de riesgos laborales*. Obtingut de <https://www.boe.es/legislacion/codigos/codigo.php?id=37&modo=1¬a=0&tab=2>
- Acciona. *Energia solar fotovoltaica*. Obtingut de https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/?_adin=11551547647
- Autosolar. *Estructura Paneles Solares*. Obtingut de <https://autosolar.es/estructura-paneles-solares>
- Autosolar. *Inversores*. Obtingut de <https://autosolar.es/inversores>
- Autosolar. *Paneles Solares*. Obtingut de <https://autosolar.es/paneles-solares>
- CYPE Ingenieros, S.A. *Generador de Precios España*. Obtingut de <http://www.generadordeprecios.info/#gsc.tab=0>
- Institut Català d'Energia (Abril de 2021). *Autoconsum fotovoltaic a catalunya*. Obtingut de http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/08_guies_informes_estudis/informes_i_estudis/arxius/20210506_InformeAutoconsumFV_Abril_DEF_Acc.pdf
- Institut Català d'Energia *Balanç energètic de catalunya 2018-2019 i balanç elèctric 2020*. Obtingut de http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/16_dades_obertes/arxius/Grafics-i-dades-web.pdf
- Institut Català d'Energia *Distribució territorial del nombre d'instal·lacions i potència d'autoconsum fotovoltaic a Catalunya*. Obtingut de <http://icaen.gencat.cat/ca/energia/autoconsum/Observatori-de-lautoconsum-a-catalunya/mapes/>
- Canal Empresa - Gencat.cat (s.f.). *Producció d'energia*. Obtingut de https://canalempresa.gencat.cat/ca/03_sectors_d_activitat/03_energia/Produccio-energia/
- Endef. *Instalaciones Solares Fovovoltaicas*. Obtenido de <https://endef.com/tipos-de-instalaciones-solares-fovovoltaicas-como-encontrar-la-ideal-para-mi/>
- Riquelme, R. (27 de Marzo de 2017). *El Economista - Consumo de energía*. Obtingut de <https://www.economista.com.mx/empresas/8-datos-sobre-produccion-y-consumo-de-energia-mundial-20170327-0126.html>
- Serrano, R. *Tritec-Intervento - Tipos de paneles fotovoltaicos*. Obtingut de <https://tritec-intervento.cl/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/>
- Solar, E. *L'energia solar*. Obtingut de <https://ca.solar-energia.net/>

- Soles, M. *Solarmat - Soportes para placas solares*. Obtingut de <https://www.solarmat.es/blog/soportes-para-placas-solares-el-patito-feo-de-las-instalaciones/>
- Soria, A. *Censolars - Legislación Fotovoltaica*. Obtingut de <https://www.censolar.org/legislacion-fotovoltaica-2021/>
- Tecnolosab. (05 de Juliol de 2019). *TECNOLOGIA PERC y HALF CELL en PANELES SOLARES*. Obtenido de <https://tecnosolab.com/noticias/tecnologia-perc-y-half-cell-en-paneles-solares/>
- Valderrama, H. *Tema 4: Energia Solar Fotovoltaica*.

7.2. Programes

Google Maps: És un servei de cartografia en línia gratuït de *Google* que disposa d'una interfície d'usuari amb zoom. Ofereix mapes i imatges reals provinents de satèl·lits i avions, que es poden consultar des de la web de *Google Maps*. Aquest programa s'ha utilitzat per a la visió i reconeixement de l'emplaçament.

Google Earth: És un programa d'informació relacionat amb l'anterior, que presenta un globus virtual terraquí, amb diferents nivells i continguts de mapes geogràfics, i disposa d'una interfície d'usuari amb zoom. Aquest programa s'ha utilitzat per a la visió i reconeixement de l'emplaçament.

Excel: És un programa de full de càlcul desenvolupat per *Microsoft*. Compta amb càlcul, eines gràfiques, taules dinàmiques i un llenguatge de programació macro anomenat *Visual Basic* per a aplicacions. Aquest programa s'ha utilitzat per a la realització de les taules i càlculs necessaris del present projecte.

Word: És el nom amb què es coneix el processador de textos comercialitzat per la companyia *Microsoft*. Aquest programa s'ha utilitzat per a la redacció de la memòria del projecte.

AutoCad: *AutoCAD* és conegut i utilitzat mundialment degut als serveis amplis que ofereix en el sector de l'edició, sobretot en les enginyeries i arquitectures. Permet desenvolupar el dibuix digital de plànols d'edificis i fins i tot crear imatges en 3 dimensions. Aquest programa s'ha utilitzat per a la realització dels corresponents plànols.

PVsyst: És una eina que serveix per a desenvolupar instal·lacions fotovoltaïques, permet l'estudi, la simulació i l'anàlisi de dades completa dels sistemes fotovoltaïcs. Permet dimensionar les instal·lacions tenint en compte la radiació solar. Aquest programa s'ha utilitzat per a simular la instal·lació del present projecte, tal i com es pot observar en l'apartat dels *Annexes*.

Generador de Precios: Creat per *CYPE Enginyers*, es tracta d'una completa eina informàtica que permet als arquitectes i responsables dels projectes obtenir preus amb les previsions de costos ajustades al màxim a la realitat. Aquest programa s'ha utilitzat per a la realització del pressupost.

8. Premisses de disseny

8.1. Promotor

El present projecte es tracta d'un Treball de Fi de Grau, per tant, el seu promotor és la mateixa escola, en concret, *l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria (ETSE)* que pertany a la *Universitat Rovira i Virgili (URV)*.

Es troba a l'Avinguda Països Catalans, 26, 43007, Tarragona.

El tutor del present projecte és el Dr. Francisco González Molina.

8.2. Redactor

El present projecte es titula "Disseny d'una instal·lació fotovoltaica al pavelló municipal de Cambrils", essent el seu autor, l'estudiant de darrer curs del Grau d'Enginyeria Elèctrica, Miquel Mata Mas.

8.3. Situació i emplaçament

La ubicació escollida per a realitzar la instal·lació fotovoltaica es pot observar en detall als plànols 1, 2, i 3, corresponents a la situació geogràfica del Camp de Tarragona, de Cambrils i de l'emplaçament utilitzat, respectivament.

Aquest emplaçament serà el pavelló municipal de Cambrils, $41^{\circ}04'18.2''N$ $1^{\circ}03'24.2''E$, que disposa d'un espaiat atractiu per a la instal·lació fotovoltaica.

A continuació podem observar, gràcies a l'eina *Google Maps*, on es troba l'emplaçament.



Figura 2. Situació del Camp de Tarragona

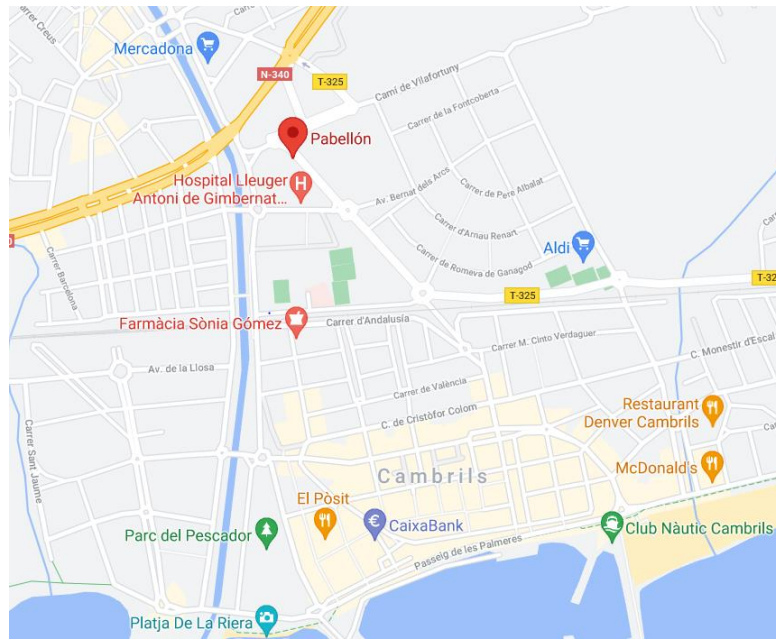


Figura 3. Situació de l'emplaçament a Cambrils

Com ja s'ha comentat prèviament, les *Figures 2 i 3* són una representació de la zona per a fer-se una idea. Per a veure en detall la ubicació d'on es realitzarà la instal·lació del present projecte cal dirigir-se als corresponents plànols.

Tot seguit, a la *Figura 4*, es representa marcada en vermell la zona del pavelló destinada a la instal·lació.

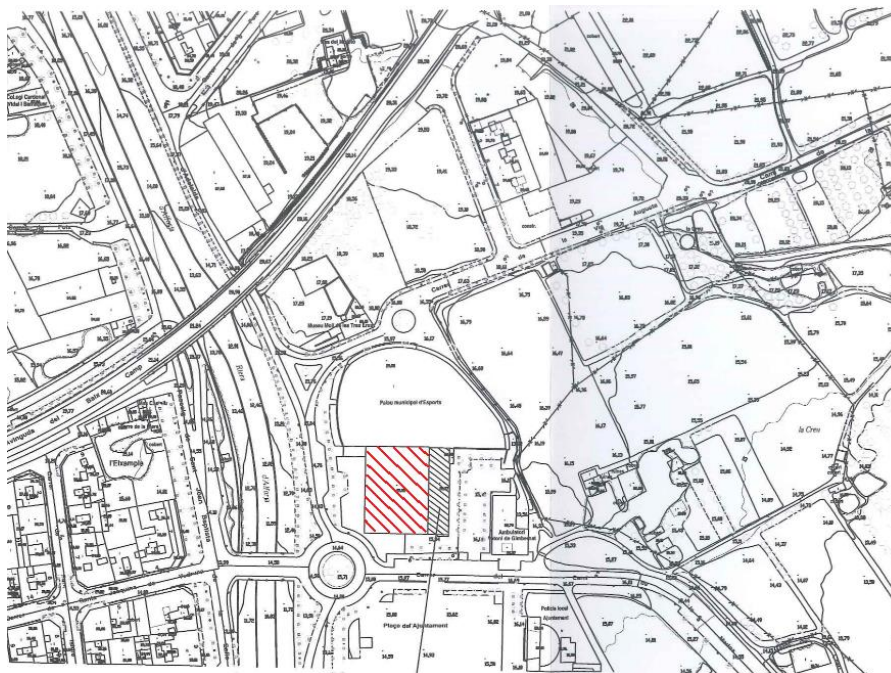


Figura 4. Emplaçament de la instal·lació

Per a conèixer millor les condicions de l'emplaçament, s'hi va accedir físicament per a recollir-ne la informació necessària:



Figura 5. Imatge de l'emplaçament de la instal·lació



Figura 6. Imatge de l'emplaçament de la instal·lació

8.4. Descripció de la instal·lació

Un cop s'ha vist la ubicació escollida per dur a terme el present projecte, cal realitzar una breu descripció per poder conèixer i posar-se en context per entendre de manera correcta el projecte.

La instal·lació fotovoltaica es compon de les següents parts:

- Mòduls fotovoltaics, prèviament seleccionats i calculats segons les condicions en les que es troba l'emplaçament.
- Inversor solar, també seleccionat prèviament.
- Cablejat, amb les seves corresponents proteccions.
- Suports, encarregats del posicionat adequat dels mòduls fotovoltaics.
- Canalitzacions, per les quals anirà el cablejat.

L'estudi realitzat dels components de la instal·lació es pot trobar a la *Memòria de Càlcul*.

Cal afegir que la potència utilitzada pel present projecte fa referència a la ja instal·lada, cosa que fa que no s'hagin de realitzar modificacions al quadre general ni realitzar cap mena de canvi pel que fa al cablejat que va del quadre general al punt de connexió.

Pel que fa l'edifici, consta de tres parts principals, tal i com es pot observar a la *Figura 4*.

La zona 1, que fa referència a la part del pavelló pintada en blanc a la *Figura 4*, és la que té majors dimensions, i consta de diferents espais:

- Gimnàs.
- Pista de patinatge.
- Vestuaris pista de patinatge.
- Piscina.
- Sauna 1.
- Sauna 2.
- Vestuaris piscina.
- Zona de classes monitoritzades.

La zona 2, que fa referència a la part ratllada de negre a la *Figura 3*, és la que trobem instal·lats al sostre els col·lectors solars i és la que té menors dimensions, compostant-se per:

- Oficines.
- Vestuaris pista poliesportiva.

I finalment, la zona 3, que fa referència a la part ratllada de vermell, sent aquest l'emplaçament escollit per a la instal·lació fotovoltaica del present projecte, consta de les següents parts:

- Habitacions de material.
- Pista poliesportiva.

Gràcies a les dades proporcionades per l'enginyer de l'Ajuntament de Cambrils, s'ha pogut observar el consum elèctric del pavelló durant cada mes de l'any. Amb aquestes dades, es podrà realitzar un balanç de la potència consumida i de la generada per la instal·lació i realitzar una valoració, tant tècnica com econòmica, de la viabilitat del projecte.

Les dades recollides a la *Taula 1* corresponen al consum elèctric de l'any 2020.

TAULA DE POTÈNCIES CONSUMIDES EN kWh (ANY 2020)		
	ZONA 1	ZONES 2 i 3
GENER	39.211,00	5.733,00
FEBRER	36.464,00	6.148,00
MARÇ	23.640,00	5.366,00
ABRIL	15.300,00	1.921,00
MAIG	5.993,00	1.901,00
JUNY	18.304,00	2.810,00
JULIOL	24.377,00	4.926,00
AGOST	24.524,00	4.402,00
SETEMBRE	26.645,00	4.246,00
OCTUBRE	30.485,00	5.195,00
NOVEMBRE	18.438,00	2.964,00
DESEMBRE	28.791,00	3.998,00
TOTAL	292.172,00	49.610,00

Taula 1. Potència consumida en kWh pel pavelló (2020)

Es poden extreure una sèrie de conclusions gràcies a l'anterior taula. És evident que la zona 1, composta per la piscina, gimnàs, pista de patinatge, entre altres, consumeix molta més energia que les zones 2 i 3 juntes.

Encara que les diferències de consum són evidents, es pot apreciar una similitud pel que fa el consum per cada mes, sent els mesos d'hivern i els mesos d'estiu els que més consum es realitza.

Cal afegir que aquestes dades són les que corresponen al consum energètic durant l'any 2020, un any afectat per la crisi sanitària de la COVID-19. Aquest factor es pot observar durant els mesos que hi va haver el confinament, és a dir, Abril, Maig i Juny, on el consum elèctric va ser menor de l'habitual.

9. Anàlisi de solucions

L'emplaçament ideal per a realitzar la instal·lació hagués estat, a priori, la zona 1, ja que disposa d'una superfície molt superior a la zona escollida.

El problema que es va trobar és que es tracta d'una superfície que no és uniforme, és ondulada, i davant a les possibles dificultats a l'hora de la construcció, es va optar per la zona 3, essent aquesta molt més fàcil per treballar-hi i per accedir-hi.

Un cop es va escollir la zona del sostre per a realitzar-hi el present projecte, es va accedir-hi físicament per a estudiar les condicions del terreny. Es va observar que s'haurien de tenir en compte una sèrie de factors per a la correcta distribució dels mòduls.

Encara que es va poder veure que hi havia superfície per a realitzar una gran instal·lació, es va haver de reduir el nombre de mòduls fotovoltaics a instal·lar degut a una sèrie d'obstacles que podien provocar ombrejat i, per tant, impedir la òptima radiació solar que necessiten els mòduls per al seu màxim rendiment.

Per a més detall dels obstacles, veure la *Memòria de Càlcul*.

Durant la realització del present projecte, s'han anat trobant una sèrie de factors a tenir en compte i, en alguns casos, han sorgit problemes que s'han hagut de solucionar per a poder continuar amb la instal·lació.

El sostre està format per xapa metàl·lica amb un recobriment de poliuretà que fa d'aïllament, bàsicament contra goteres, ja que al cobrir un pavelló amb activitats poliesportives, s'ha de prevenir aquest factor. És per això que s'ha de tenir en compte aquest factor a l'hora de la construcció del projecte, ja que un cop instal·lats els suports dels panells fotovoltaics s'haurà de recobrir de nou el sostre per a evitar possibles goteres.

D'altra banda, l'elecció de panells fotovoltaics com a generació d'energia no ha estat per casualitat, s'ha hagut de realitzar una comparativa de les diferents energies renovables que es pot disposar actualment i valorar quina és la més adient per al present projecte.

10. Les instal·lacions solars fotovoltaiques

10.1. L'energia

La vida dels éssers humans a la Terra està condicionada per la forma en què utilitzem l'energia. El carbó que fan servir bona part de les plantes termoelèctriques a tot el món i les immenses quantitats de petroli que utilitzen moltes indústries són maneres de disposar de l'energia necessària per accedir a les comoditats que gaudim avui en dia: transport ràpid i eficient, un bany d'aigua calenta, llum artificial, conservació dels aliments, entre moltes altres. Ara bé, al mateix temps, la producció i el consum d'energia són els principals responsables del canvi de temperatura al planeta, que ha ocasionat el desglaç dels pols i l'augment del nivell de la mar; així com l'increment de la contaminació en moltes ciutats.

Per tal de fer-nos una idea de la situació en la que ens trobem, la *Figura 7* ens mostra la situació actual de producció d'energia elèctrica a Catalunya, concretament l'any 2020, que va ser de 45.315,2 GWh, cobrint-se el 19,8% d'aquesta producció amb energies renovables, bàsicament amb hidroelèctrica i eòlica. Més de la meitat de la producció elèctrica (54,9%) va provenir de l'energia nuclear.

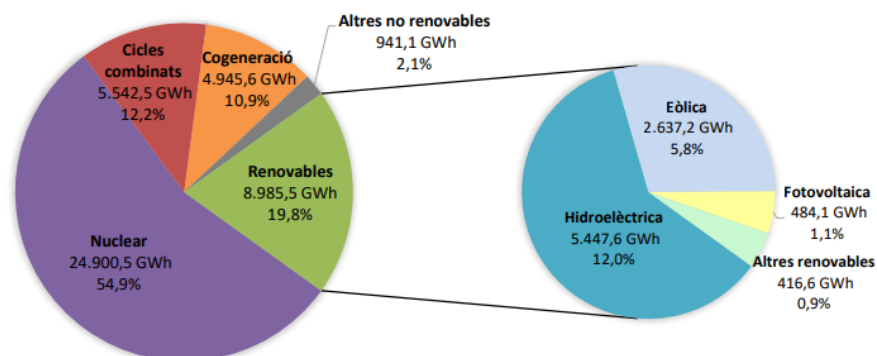


Figura 7. Producció bruta d'energia elèctrica per formes d'energia a Catalunya (any 2020)

És per això que la humanitat ha de buscar solucions alternatives per a la generació de l'energia. L'esgotament progressiu dels recursos energètics fòssils i l'impacte ambiental que provoquen ens obliguen a fer un canvi vers un nou model basat en un desenvolupament més sostenible i a establir, entre d'altres, l'aprofitament dels recursos energètics renovables.

Les solucions alternatives per a la generació d'energia haurien de tenir com a principal característiques:

- Garantia de subministrament il·limitat amb una qualitat estable.
- Mínim impacte en el medi ambient de tot el seu cicle productiu.
- Cost econòmic total competitiu amb la resta de medis disponibles en cada moment.

10.1.1. Les energies renovables

Cada dia es parla més de les energies renovables, i com l'ús d'aquestes són la clau del futur del nostre planeta per combatre el canvi climàtic.

Sol, vent i aigua són les tres paraules que se't venen al cap quan es parla de les energies renovables, però el terme és molt més ampli i engloba molt més. Són l'alternativa més sostenible, neta i inesgotable que existeix per substituir les fonts no renovables com el petroli i el carbó.

Les energies renovables són aquelles fonts d'energia basades en la utilització de recursos naturals com el sol, el vent, l'aigua o la biomassa vegetal o animal. Es caracteritzen per no utilitzar combustibles fòssils, sinó recursos naturals capaços de renovar-se il·limitadament.

Un dels seus punts forts és que tenen un impacte ambiental molt escàs, ja que, a més a més de no emprar recursos finits, no generen contaminants. També, se'ls coneix com a energies alternatives o energies verdes.

Les energies renovables tenen una sèrie de característiques que les afavoreixen:

- Ajuden a potenciar l'autoconsum
- Són energies beneficioses per al medi ambient
- Són recursos naturals gratuïts i inesgotables
- Les energies renovables poden arribar a llocs aïllats
- L'ús de les energies renovables és un plus per aconseguir la independència energètica

Però també hem de saber que no tot és camí de roses, cal destacar que tenen impactes negatius tot i que no són comparables als de les energies convencionals:

- Impacte visual elevat: si volem obtenir grans quantitats d'energia és necessari crear plantes solars de grans extensions. Això pot suposar un impacte visual negatiu.
- Recursos geogràfics desiguals: bàsicament això vol dir que no totes les zones geogràfiques disposen dels mateixos recursos naturals. Per això hem de seguir treballant en el desenvolupament de les energies renovables, perquè aquestes arribin a qualsevol lloc.
- Dificultat en el seu emmagatzematge.
- Variables i no previsible: això és degut a que no sempre hi ha radiació solar que es pugui aprofitar, no tots els dies ni totes les hores en disposarem; no sempre disposarem de vent amb la suficient força per generar energia elèctrica, entre altres.

Per tal de familiaritzar-se i conèixer bé les energies renovables, cal comentar-ne els tipus que podem trobar i que es fan servir a l'actualitat:

- **Energia solar:** És aquella que obtenim del sol i es pot obtenir, o bé a través de plaques solars, absorbint la radiació solar i transformant-la en electricitat, o bé a través de l'energia solar termoelèctrica, utilitzant la radiació solar per escalfar un fluid, que generi vapor i així accionar una turbina per generar electricitat.
- **Energia eòlica:** La generació d'electricitat s'aconsegueix a través de la força del vent amb els anomenats aerogeneradors, que transformen l'energia produïda quan el vent fa girar les seves aspes (energia mecànica) en energia elèctrica.
- **Energia hidroelèctrica:** Utilitza la força de l'aigua en el seu curs per generar l'energia elèctrica i es produeix, normalment, en preses.

- **Biomassa:** És una de les formes més econòmiques i ecològiques de generar energia elèctrica en una central tèrmica que consisteix en la combustió de residus orgànics d'origen animal i vegetal per produir energia elèctrica.
- **Energia mareomotriu:** És la producció d'energia elèctrica mitjançant la força del mar.
- **Energia geotèrmica:** Aquella energia que aprofita les altes temperatures de jaciments sota la superfície terrestre per la generació d'energia a través de la calor.

10.1.2. Elecció de l'energia

Anteriorment s'ha realitzat un breu estudi dels diferents tipus d'energies renovables que existeixen però cal fixar-se en les característiques de l'emplaçament on es vol realitzar la instal·lació per decantar-se per una o per una altra.

És per això que s'ha realitzat una breu comparativa entre algunes energies renovables que podrien utilitzar-se per a la generació d'energia elèctrica, per a determinar quina seria la més adient per al present projecte:

Energia solar

Actualment, el pavelló municipal de Cambrils disposa d'una instal·lació de col·lectors solars que tenen com a objectiu proporcionar aigua calenta a la instal·lació, tal i com s'ha esmentat anteriorment. És per això que es busca una alternativa que pugui complementar aquesta instal·lació, com poden ser plaques solars.

L'energia solar fotovoltaica és una opció molt atractiva per a la instal·lació del present projecte. Els nivells d'irradiació solar del territori són bons, però no idonis per a aconseguir un rendiment màxim dels panells solars que es poden trobar al mercat actualment. Això no treu que sigui l'opció preferida i escollida per a dur a terme el projecte, essent una tecnologia amb constant desenvolupament i major impacte en el mercat que la resta.

Energia eòlica

Aquesta tecnologia ofereix grans resultats com a element generador, però es necessita una superfície gran, ja que les dimensions del generador ho requereixen, ja que el rotor ja té uns 6 metres de diàmetre, mentre que la torre precisa d'uns 15 metres d'alçada. Aquest factor ja fa que no sigui viable, però si es segueix analitzant, un altre inconvenient és el soroll que pot provocar, factor que influeix ja que la zona de l'emplaçament és molt concorreguda i es troba al centre de Cambrils. Finalment la velocitat del vent necessària per a aquest tipus d'instal·lacions no pot ser satisfeta per les condicions de l'emplaçament, ja que es troba amb una mitja molt baixa

Energia biomassa

Aquesta energia és utilitzada en llocs on es té a l'abast fonts d'energia primària com biomassa vegetal o cultius energètics. Existeixen empreses que subministren aquests recursos, i l'energia ofereix grans possibilitats degut a que s'obté electricitat i calor, però l'escassetat de tecnologia desenvolupada per a la combinació d'energia tèrmica i elèctrica, sent una tecnologia amb fins especialment tèrmics, fa que no es contempli com una opció.

10.2. Energia solar fotovoltaica

10.2.1. Introducció a l'energia solar

Tots hem sentit a parlar de l'energia fotovoltaica, de les plaques solars o de l'autoconsum en general, però, realment s'ha de saber de què es tracta l'energia solar i de com funciona.

L'energia solar es una de les millors opcions d'energies renovables, obtinguda a partir de la radiació electromagnètica del Sol, font natural i inesgotable d'energia. El seu únic impacte ambiental és el que es produeix en el procés de fabricació de les plaques solars..

Aquesta energia s'obté del Sol a través de dos sistemes diferents:

- **Fotovoltaic:** Es basa en la transformació directa de l'energia lumínica que prové del Sol en energia elèctrica a través de determinats dispositius. Normalment es fa a través d'una làmina metàl·lica de material semiconductor anomenada cel·la o cèl·lula fotovoltaica.
- **Tèrmic:** A part de llum, el Sol també proporciona radiació que, en aquest cas, s'aprofita en forma de calor per a escalfar un fluid que acostuma a ser aigua o aire. Aquest fluid s'usa per a cuinar, per la producció d'aigua calenta d'ús domèstic o per la producció d'energia mecànica i, a partir d'aquesta, d'energia elèctrica.

10.2.2. L'efecte fotovoltaic

Com bé s'ha comentat a l'apartat anterior, l'efecte fotovoltaic consisteix en convertir energia lumínica, és a dir, llum, en energia elèctrica, entre dues peces de material diferent que estan en contacte i exposades a la llum, anomenades cèl·lules fotovoltaiques.

Les cèl·lules fotovoltaiques són uns dispositius semiconductors elaborats per silici pur amb addició d'impureses de certs elements químics, generant electricitat en corrent continu gràcies a utilitzar com a font la radiació solar.

L'efecte fotovoltaic s'inicia en el moment en què un fotó, que és una partícula de llum radiant, impacta amb un electró de valència, és a dir, de l'última òrbita, d'un àtom de silici, rebent l'energia amb la qual viatjava el fotó. Si l'energia que adquireix l'electró supera la força d'atracció del nucli, sortirà de la seva òrbita, quedant lliure de l'àtom i podent viatjar a través del material.

Quan passa aquest fenomen, podem dir que el silici s'ha fet conductor, però sempre amb la condició que la força d'impacte d'un fotó sigui, com a mínim, d'1,2 eV.

La tecnologia fotovoltaica aconsegueix que part d'aquests electrons surtin a l'exterior del material semiconductor generant així un corrent elèctric capaç de circular per un circuit extern.

La cèl·lula solar només és capaç de generar una tensió d'unes dècimes de volt (+/- 0,5 V) i una potència màxima baixa. Per tant, cal connectar en sèrie diverses cèl·lules, que es comporten com petits generadors de corrent, sobre panells fotovoltaics o mòduls solars.

Les plaques solars fotovoltaiques es poden unir entre elles de dues formes:

- **Connexió en paral·lel:** Es realitza amb la unió, per una part, dels pols positius i, de l'altra, dels negatius de les plaques fotovoltaiques. La unió en paral·lel entre els panells solars proporciona una tensió entre 12 i 18 V.
- **Connexió en sèrie:** Es connecta el pol positiu de la primera placa fotovoltaica amb negatiu de la segona i successivament. La unió en sèrie proporciona una tensió igual a la suma de la de cada mòdul, depenent del nombre de plaques interconnectades.

10.2.3. La radiació solar

Per a que els mòduls fotovoltaics funcionin correctament, hem de tenir en compte variables externes com la radiació solar i la temperatura. És per això que necessitem saber la radiació solar de la zona en la qual es realitzarà la instal·lació i la demanda diària d'energia de la mateixa. Per obtenir la radiació solar de la nostra zona, haurem de fer servir la informació proporcionada per l'Atles de radiació de Catalunya, on es pot trobar la radiació global i difusa rebuda en diferents localitats del territori català.

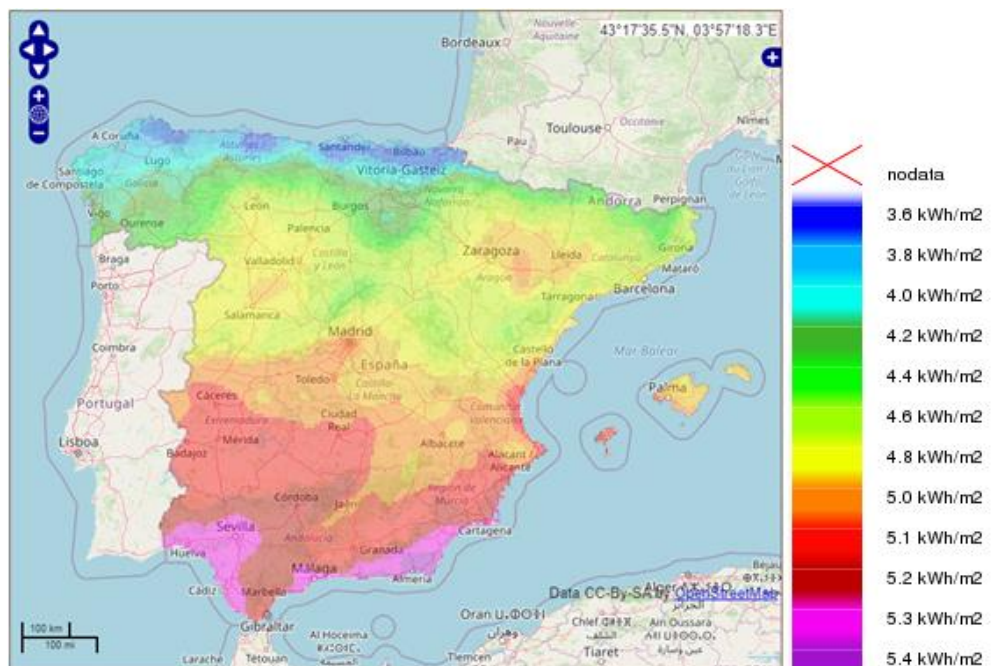


Figura 8. Irradiació solar global horitzontal, mitjana anual de valors diaris

10.2.4. Avantatges i inconvenients

Els avantatges de l'energia solar fotovoltaica són els següents:

- Al procedir d'una font d'energia renovable, els seus recursos són il·limitats, produint una energia neta respectuosa amb el medi ambient. Un 90% dels materials utilitzats per fabricar un panell fotovoltaic es poden reciclar.
- Té un cost menor, tant d'operació com de manteniment. És cert que la seva instal·lació pot tenir un cost elevat, però la inversió realitzada es pot amortitzar en pocs anys, gaudint posteriorment d'energia totalment gratuïta i neta. També cal afegir que amb el pas del temps, les tecnologies milloren i els avanços en les energies renovables fa que cada cop el preu d'instal·lació d'energia solar fotovoltaica sigui menor.
- Pel que fa al manteniment, és ben senzill, tant sols cal en fer una neteja de la superfície per garantir una bona absorció de l'energia solar i comprovar que les connexions elèctriques i el cablejat es trobin en perfecte estat.
- Els panells fotovoltaics són fàcils d'instal·lar, tenen un funcionament silenciós i tenen una llarga vida útil, superior als 20 anys.
- La fabricació de plaques fotovoltaïques és sostenible, ja que s'elaboren amb silici, sent aquest el segon material més abundant al nostre planeta. Això implica que la seva obtenció sigui senzilla i tingui un baix cost.
- Amb l'aprovació del Real Decret 244/2019, del 5 d'abril, pel que es regulen les condicions administratives, tècniques i econòmiques de l'autoconsum d'energia elèctrica, els excedents d'energia elèctrica que genera la instal·lació durant les hores de màxima producció, es compensaran en la nostra factura d'electricitat contra l'energia que es consumeix en les hores en les que la instal·lació no funcioni.
- Són sistemes modulars, afavorint la seva flexibilitat tant per diferents aplicacions com per la seva instal·lació.

Tot i que l'energia solar fotovoltaica té un nombre considerat d'avantatges, per poder-la introduir al nostre dia a dia com a una solució alternativa per la generació d'energia elèctrica, cal tenir en compte els seus inconvenients:

- Encara que cada cop l'avanç de les tecnologies permet que el preu d'instal·lació de panells solars sigui menor, encara molt elevat i requereix una gran inversió inicial.
- L'energia solar és variable, això fa que els panells solars rebran més o menys energia en funció de la seva orientació i del clima de la zona en la que es troben. Per a que treballin a màxima eficiència, cal que faci un clima assolellat sense núvols, fet que provocarà que les plaques rebin tota la radiació solar. Si ens trobem en dies ennuvolats, la producció energètica baixarà notablement, encara que poden generar fins un 25% de la seva capacitat.
- Si es vol produir energia solar a gran escala, cal grans extensions de terreny, cosa que fa que no sigui possible al terrat de qualsevol casa.
- Existeixen encara limitacions per l'emmagatzematge de l'energia generada. Això és degut a que no sempre les hores en les que s'obté energia són les mateixes en què es consumeix, fet que fa que es necessiti emmagatzemar aquesta energia a partir de bateries, però l'eficiència d'aquestes encara és molt baixa.

10.2.5. Autoconsum fotovoltaic a Catalunya

Des de l'any 2017 fins a l'actualitat, el sector de l'autoconsum fotovoltaic a Catalunya ha crescut de manera molt significativa, especialment a partir de l'any 2019, a conseqüència de l'aprovació d'un marc normatiu més favorable a aquesta tecnologia que el que hi havia anteriorment.

Fins a 31 de març de l'any 2021, a Catalunya hi havia 10.528 instal·lacions d'autoconsum fotovoltaic en servei, distribuïdes en tot el territori, amb una potència total instal·lada de 100,30 MW.

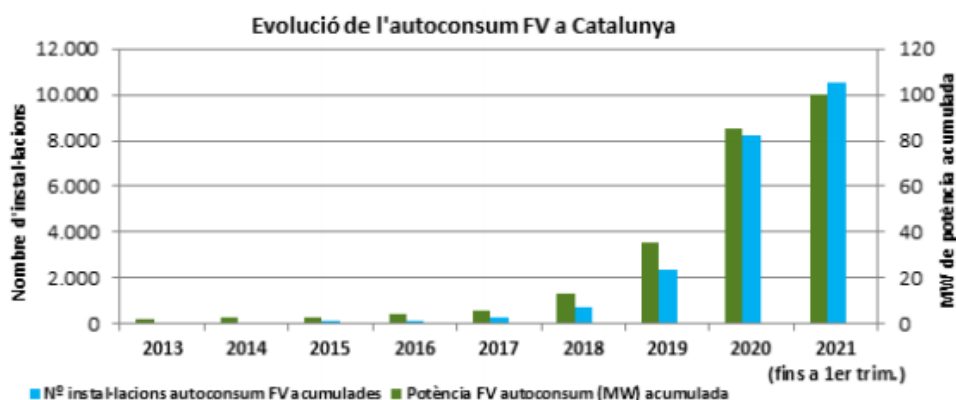


Figura 9. Evolució de l'autoconsum FV a Catalunya

Cada trimestre es posen en marxa més instal·lacions que en el trimestre anterior. Aquest fet és molt significatiu a partir del primer trimestre de 2019, amb un increment trimestral mitjà del 44,7% fins al primer trimestre de 2021. En els tres primers mesos de l'any 2021 s'han registrat 2.304 noves instal·lacions d'autoconsum fotovoltaic, amb una potència total de 15,20 MW.

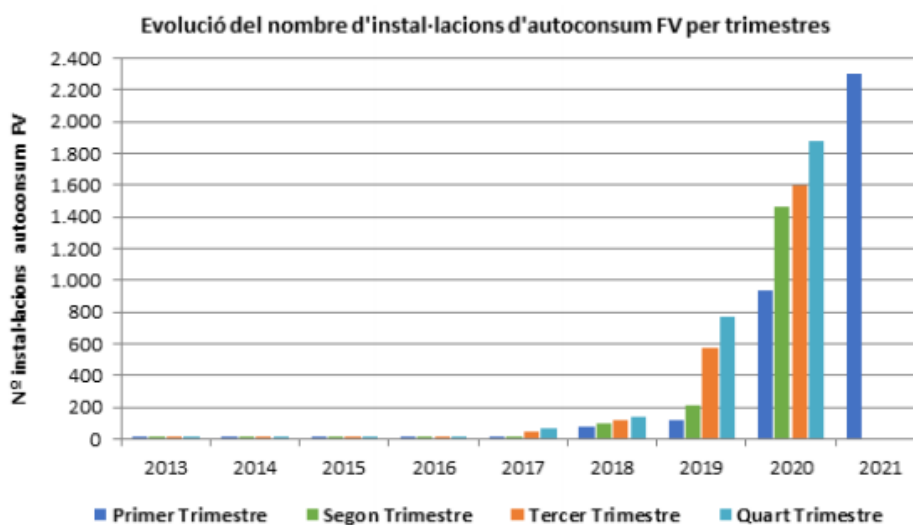


Figura 10. Evolució del nombre d'instal·lacions d'autoconsum FV per trimestres

La tendència observada indica que cada cop es posen en marxa instal·lacions d'autoconsum fotovoltaic més petites, és a dir, amb un major pes de l'autoconsum domèstic. El següent gràfic, que presenta la potència mitjana instal·lada per a cada trimestre, mostra aquesta tendència.

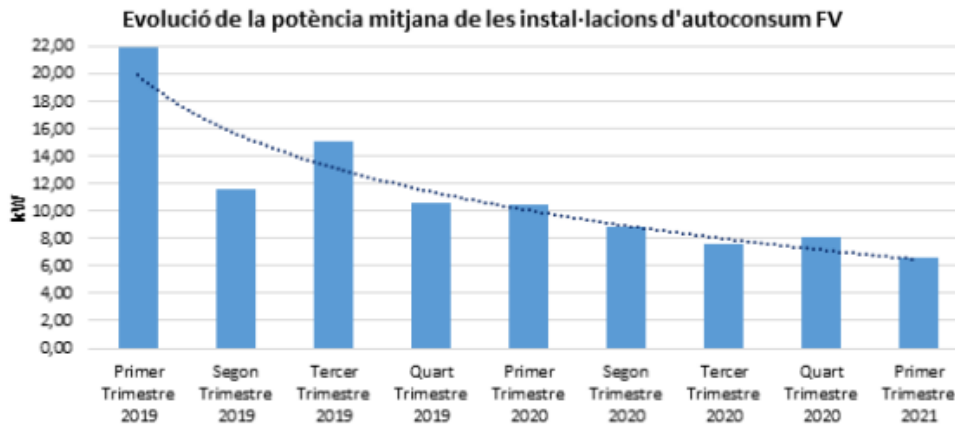


Figura 11. Evolució de la potència mitjana de les instal·lacions d'autoconsum FV

10.2.6. Característiques solars de l'emplaçament

Per a realitzar la instal·lació correctament, cal conèixer les característiques de l'emplaçament que es té en aquest cas. Cal recordar que la instal·lació es troba a Cambrils, una petita ciutat del camp de Tarragona, concretament a la zona de la costa, amb un clima suau i humit. A més a més, és una zona amb moltes hores de sol i bona temperatura, fent que sigui una molt bona opció l'elecció de realitzar una instal·lació solar.

Per a saber millor les dades de radiació solar que tindrà anualment l'emplaçament de la instal·lació del present projecte, s'ha utilitzat l'eina PVsyst.

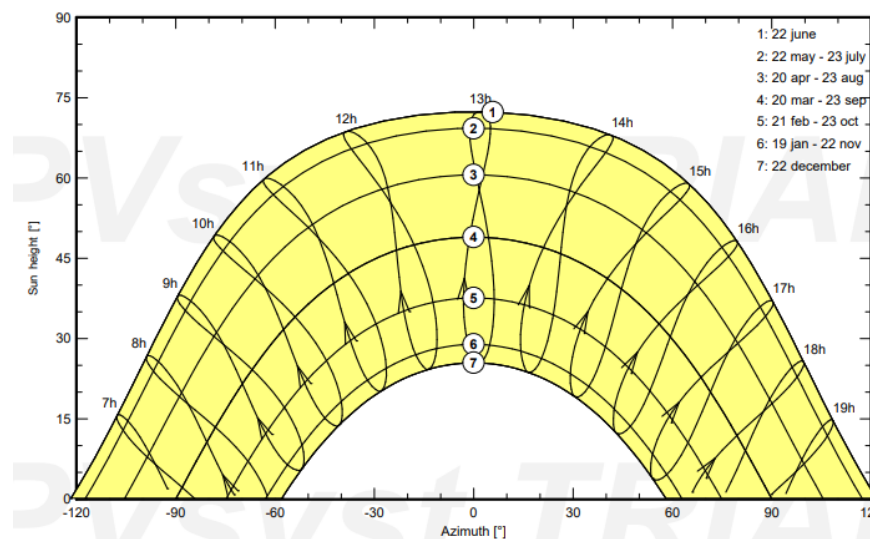


Figura 12. Trajectòries solars mensuals a Cambrils

A la *Figura 12* podem observar les trajectòries solars de cada mes a l'emplaçament escollit. Està clar que el dia amb més alçada solar és el solstici d'estiu i el dia amb menys alçada és el solstici d'hivern.

Així doncs, amb un angle ideal d'Azimut de 0°, la nostra instal·lació tindrà les següents dades de radiació solar per hora, segons el mes en què es trobi:

MES DE L'ANY	RADIACIÓ SOLAR (kWh/m ²)
GENER	126,8
FEBRER	157,9
MARÇ	233,6
ABRIL	287,2
MAIG	340,9
JUNY	348,2
JULIOL	351,5
AGOST	316
SETEMBRE	250,8
OCTUBRE	195,7
NOVEMBRE	135,4
DESEMBRE	113,3
TOTAL ANY	2857,3

Taula 2. Irradiació solar mensual a Cambrils

Així doncs, es pot apreciar a la *Taula 2* com el mes amb més radiació solar, és a dir, el mes de l'any en què el Sol proporciona més energia, permetent extreure el màxim rendiment a la instal·lació fotovoltaica, és el mes de Juliol, amb un total de 351,5 kWh/m².

D'altra banda, el més amb menys radiació solar i, per tant, el mes en què la instal·lació produirà menys energia elèctrica, és el mes de Desembre, amb un total de 113,3 kWh/m².

11. Instal·lació solar fotovoltaica

Per tal de poder realitzar correctament la instal·lació fotovoltaica desitjada, s'han de estudiar i analitzar prèviament les parts que la formen:

- Plaques fotovoltaiques
- Inversors
- Suports

De cada component, s'haurà de realitzar un estudi per a determinar el tipus més adient de cada element per la instal·lació del present projecte, realitzant una comparativa entre els diferents models que es poden trobar al mercat.

Abans però, cal saber els tipus d'instal·lacions solars fotovoltaiques que podem trobar per tal d'escollir el que sigui més adient per a nosaltres.

11.1. Tipus d'instal·lacions

Les instal·lacions fotovoltaiques ens permeten aprofitar l'energia generada per la radiació solar per convertir-la en energia elèctrica i així poder utilitzar-la. Els mòduls fotovoltaics són els encarregats de realitzar aquesta conversió de radiació solar en energia elèctrica contínua, que més endavant serà transformada en alterna mitjançant l'inversor.

Entre les instal·lacions solars fotovoltaiques però, podem trobar diferents tipus que s'han d'estudiar per a poder determinar quin serà el més adient d'acord a la situació i als interessos del projecte a realitzar:

- Instal·lació aïllada de la xarxa elèctrica
- Instal·lació connectada a la xarxa elèctrica (autoconsum)
 - Autoconsum amb compensació
 - Autoconsum amb acumulació de bateries
 - Autoconsum sense excedents

Per poder decidir coherentment, s'ha de tenir en compte una sèrie de factors, com per exemple:

- Necessitats reals en matèria d'energia elèctrica.
- Localització de l'edifici.
- Objectius a complir.
- Pressupost.

11.1.1. Instal·lació connectada a la xarxa elèctrica

Aquest tipus d'instal·lacions es caracteritzen, com el seu propi nom indica, per romandre connectades a la xarxa elèctrica, tractant-se d'un model de generació distribuïda. Prioritzen l'autoconsum utilitzant l'energia de la instal·lació solar mentre puguin comptar amb ella i, quan no és així, aconsegueixen l'energia de la xarxa elèctrica. El que diferencia un tipus o

un altre d'instal·lació és la gestió dels excedents, és a dir, el que farem amb l'energia generada i no consumida de la nostra instal·lació.

Instal·lació d'autoconsum amb compensació

Aquest tipus d'instal·lació es caracteritza per utilitzar els seus excedents per rendibilitzar econòmicament aquella energia sobrant que, per exemple es genera en els moments en què no ens trobem en el lloc de la instal·lació, i per tant no fem ús d'ella. Aquesta energia s'injecta a la xarxa elèctrica i a canvi es rep una compensació.

A Espanya a partir d'abril de al 2019 queda regulat l'autoconsum amb compensació econòmica a través del 2019 RD 244/2019. Aquesta regulació decreta un sistema de compensació en forma d'estalvi; estableix que per a les instal·lacions menors de 100kW, el sobrant d'electricitat generada i abocada a la xarxa generi una compensació que, en aquest cas, serà reflectida en la factura elèctrica, amb saldo negatiu en el terme variable o el que és el mateix, aquell que reflecteix el nostre consum. Es tracta doncs, d'un descompte a la factura de la llum, que no hem de confondre amb la venda directa d'excedents.

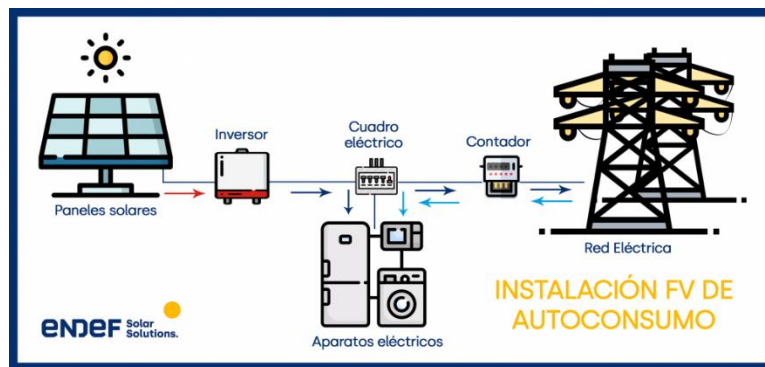


Figura 13. Instal·lació fotovoltaica d'autoconsum. A Espanya amb compensació econòmica.

Instal·lació d'autoconsum amb acumulació bateries

Aquesta opció d'autoconsum consisteix a injectar l'excedent d'energia a la bateria que acompanya la instal·lació, el que permet consumir les hores en què no hi ha radiació solar. No obstant això, romanem connectats a la xarxa elèctrica de tal manera que quan se'ns acaba l'energia que tenim acumulada a la bateria podem seguir consumint la qual s'extreu de la xarxa.

Aquestes instal·lacions tenen alguns avantatges, com assegurar-se el consum de tota l'energia que generem evitant pèrdues, tant de la nostra pròpia energia, com de la recollida de la xarxa elèctrica en el seu transport. No obstant això, en cas de plantejar-nos aquest tipus d'instal·lació, haurem de tenir en compte la inversió inicial, ja que aquesta suposarà un diferència considerable enfront de les instal·lacions d'autoconsum acollides a compensació. El fet d'afegir les bateries a sistema suposa un increment important en el preu dels materials, a més que no podem deixar de tenir en compte el temps de vida d'aquests productes; per la qual cosa haurem d'estudiar les previsions d'amortització molt detingudament per assegurar-nos que val la pena econòmicament.

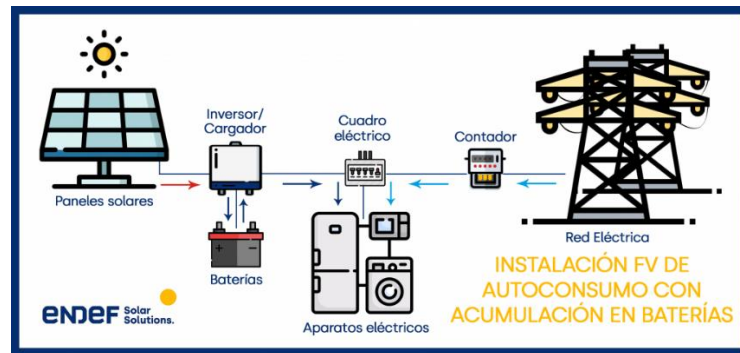


Figura 14. Instal·lació d'autoconsum amb acumulació dels excedents en bateries

Instal·lació d'autoconsum sense excedents

La característica principal d'aquest model d'instal·lacions és que no fa cap tipus d'injecció a la xarxa elèctrica, però pren energia d'ella quan la necessita. Es tracta d'instal·lacions molt semblants a la anteriors, amb la diferència que a la instal·lació li afegirem un mecanisme invertit que es comunicarà directament amb l'inversor perquè no es produeixi més energia de la consumida i evitarà que aquesta passi a la xarxa.

Al rebutjar els nostres excedents, perdem l'oportunitat d'aprofitar-los, ni per a que altres els facin servir, ni per treure algun tipus de compensació o rendibilitat per aquesta energia que s'ha generat. Aquest tipus d'instal·lacions són necessàries quan la legislació vigent no permet injectar energia a la xarxa elèctrica.

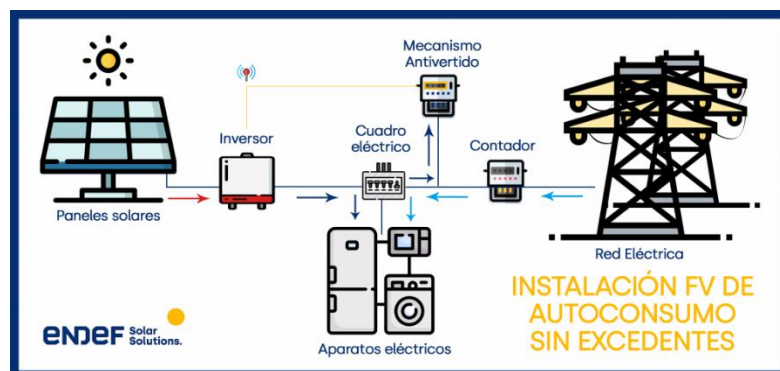


Figura 15. Instal·lació fotovoltaica d'autoconsum sense excedents

11.1.2. Instal·lació aïllada de la xarxa elèctrica

Al contrari que totes les anteriors, aquest tipus d'instal·lacions no es troben connectades a la xarxa elèctrica. L'energia elèctrica generada per la instal·lació es consumeix en el mateix punt en què es troba la instal·lació evitant la dependència de la xarxa.

Els elements necessaris en les instal·lacions solars d'aquest tipus inclouen un inversor carregador i un grup electrogen que permetran l'emmagatzematge d'energia per a ser utilitzada en els moments en què no hi hagi radiació solar. El disseny del projecte de la instal·lació es calcularà perquè l'energia generada i la capacitat d'emmagatzematge permetin passar alguns dies sense rebre aquesta radiació. Això afecta directament la mida de la instal·lació, suposant major nombre de panells fotovoltaics en comparació amb les instal·lacions d'autoconsum, a més de la inversió en bateries.

Les instal·lacions aïllades són l'opció ideal per a aquells habitatges o negocis (com granges) que es troben aïllades de la xarxa, en aquest cas resulta l'opció més econòmica i sostenible. No obstant això, avui dia, si tenim l'oportunitat de l'autoconsum, no resulta una opció competitiva si la nostra preocupació és la rendibilitat de la instal·lació. En aquest cas l'objectiu a complir és la pròpia generació d'energia en un lloc on no hi ha la possibilitat de fer-ho, d'una manera neta i responsable.

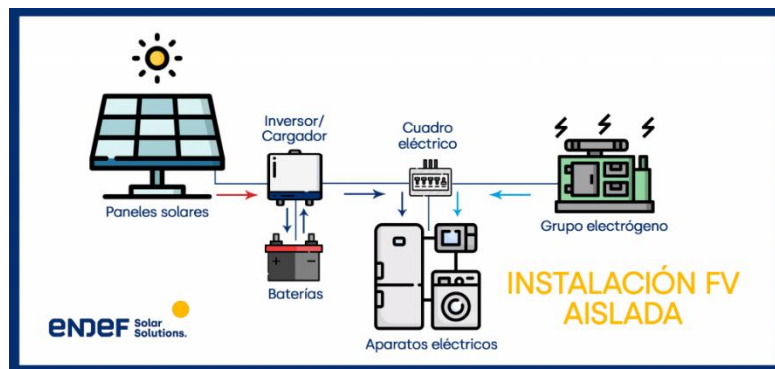


Figura 16. Instal·lació fotovoltaica aïllada

11.1.3. Instal·lació escollida

Després de comparar i analitzar els diferents tipus d'instal·lacions fotovoltaïques que es poden trobar actualment, s'ha de decidir quin serà el més adient per al present projecte.

La primera decisió a prendre és si la instal·lació estarà o no connectada a la xarxa. Evidentment, el pavelló de Cambrils està connectat a xarxa i no té sentit que realitzem una instal·lació aïllada. Dins de les instal·lacions fotovoltaïques connectades a xarxa, s'han pogut observar diferents opcions però, degudes a les característiques del present projecte, la opció escollida ha estat la instal·lació d'autoconsum amb compensació.

S'ha escollit aquest tipus d'instal·lació perquè, en cas que en dies puntuals, ja siguin festius o diumenges, l'energia generada per la instal·lació pugui enviar-se a la xarxa elèctrica i obtenir una compensació econòmica. Cal recordar que el pavelló consumeix més energia elèctrica que la que genera la instal·lació, però cal tenir en compte aquest factor durant aquests dies puntuals.

Les altres dues opcions s'han descartat. La opció sense excedents no és convenient pels interessos econòmics i la instal·lació de bateries no és necessària perquè, com s'ha dit anteriorment, el consum sempre és més elevat que la generació d'energia elèctrica, per tant, no s'arribaria a emmagatzemar energia sobrant, a part que el cost d'instal·lació seria considerablement més elevat.

11.2. Plaques fotovoltaïques

Els panells solars fotovoltaïcs estan formats per un conjunt de cèl·lules fotovoltaïques que produeixen electricitat a partir de la llum que incideix sobre ells, és a dir, l'energia solar.

11.2.1. Tipus de plaques fotovoltaïques

Actualment podem distingir tres tipus de plaques fotovoltaïques:

- **Panell monocristal·lí:** Aquest tipus de panells solars fotovoltaïcs té unes característiques tècniques excepcionals per a climes habitualment ennuvolats i amb temperatures no molt altes. És per això que aquests panells solars tenen una sensibilitat que aconseguix màxima radiació solar a baixes temperatures.

El material utilitzat per crear aquest tipus de panells solars és el silici monocristal·lí. Així doncs, generat en bloc és tallat en fines làmines que després constituïran la cèl·lula fotovoltaïca del panell. La diferència existent en la fabricació enfront dels policristal·lins és que les cèl·lules monocristal·lines s'originen refredant lentament. No obstant els podem diferenciar perquè els monocristal·lins tenen els cantells arrodonits.

El seu rendiment de laboratori és proper al 24%, i el seu rendiment comercial oscil·la entre el 17 i el 20%. Aquest és un factor important quan no disposem de molta superfície per instal·lar panells, ja que així podem aconseguir major potència amb el mateix espai. La seva vida útil també sol ser més gran que la dels panells policristal·lins i generalment es comporten millor amb radiació difusa. Aquests factors fan que el seu preu sigui lleugerament superior als policristal·lins.

- **Panell policristal·lí:** Aquest tipus de panells solars subministra la tensió perfecta per a instal·lacions de baix consum. El seu major avantatge respecte a les cel·les monocristal·lines és que parteix d'un procés de producció de menor cost, que tira a la baixa el preu final d'aquests sistemes.
Les cèl·lules fotovoltaïques dels panells solars policristal·lins són més assequibles. D'altra banda, compten amb alguns desavantatges. La menor tolerància a la calor d'aquestes cel·les fa que comptin amb una eficiència inferior a l'alternativa monocristal·lina.
En concret, s'estima que en els panells que inclouen aquestes cel·les la ràtio d'eficiència és d'un màxim del 16%, fonamentalment per la menor quantitat de silici que incorporen. L'efecte negatiu que les altes temperatures provoquen sobre aquestes cèl·lules, que fa que siguin encara menys atractives que les monocristal·lines per a usuaris que resideixin en àrees càlides, així com la seva menor eficiència respecte a l'espai, figuren també com desavantatges d'aquests sistemes.
- **Panell amorf:** Aquests panells es van crear bàsicament per reduir costos de producció i sortir de la possible escassetat de silici, fent que es comencés a investigar en cel·les d'altres materials. Per tant, un dels seus principals avantatges, és que tot i necessitar més espai per generar la mateixa energia que els panells policristal·lins o monocristal·lins, el seu preu és molt menor i molt atractiu. A més, tenen un bon comportament a temperatures altes, i el seu aspecte estètic és molt atractiu, el que fa que s'usin constantment en aplicacions per a arquitectura.
Són panells més barats, però en contra seu, el rendiment decau més de pressa amb el pas dels anys en comparació amb els panells cristal·lins. Cal tenir en compte també que, al tenir dimensions més grans, els costos en estructures i en cable elèctric seran majors.
Depenent del tipus, un mòdul de capa fina presenta una eficiència del 7-13%. A causa de que tenen un gran potencial per a ús domèstic, són cada vegada més demandats.

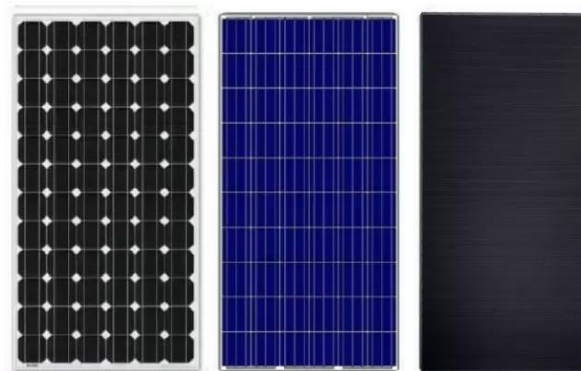


Figura 17. Panells solars fotovoltaics monocristal·lí, policristal·lí i amorf (en aquest ordre)

11.2.2. Comparació i anàlisi

Per a escollir correctament el panell fotovoltaic que s'adapti millor a les condicions del present projecte, cal tenir en compte una sèrie de paràmetres que ens faran decantar per un model concret en comptes d'un altre.

El primer que s'ha de tenir en compte és el tipus de panell fotovoltaic segons la seva fabricació. Com s'ha definit anteriorment, per a instal·lacions més grans, s'utilitzen els policristal·lins, o bé els monocristal·lins. Actualment, amb l'avanç de la tecnologia fotovoltaica, la instal·lació de panells policristal·lins cada cop és menys comú, en part, degut al seu baix rendiment en comparació als panells monocristal·lins, els quals són els més habituals en les actuals instal·lacions.

Un cop tenim el tipus de panell fotovoltaic a instal·lar, cal escollir el model tenint en compte els seus paràmetres tècnics:

- Rendiment.
- Tensió de treball i nombre de cel·les.
- Potència de sortida.
- Tolerància.
- Característiques elèctriques nominals
- Coeficient de temperatura

També ens hem de fixar en les innovacions que ens podem trobar a mesura que avancen les tecnologies. Actualment existeix la tecnologia *PERC* i la *Half-Cell (HC)*.

La tecnologia *PERC* ha suposat un gran desenvolupament dins del sector fotovoltaic, gràcies a l'augment de rendiment dels mòduls fotovoltaics, tant monocristal·lins com policristal·lins. És la innovació en plaques solars per la que més aposten actualment distribuïdors i fabricants com *Q-cells* o *Jinko*.

PERC (Passivated Emitter Rear Cell) consisteix a col·locar una capa reflectant (*Dielectric Layer*) per aprofitar al màxim la radiació. És el procés que afegeix una capa addicional a la part posterior del panell solar. Aquesta capa permet reflectir de nou cap a la cèl·lula part dels fotons que travessen la cèl·lula, augmentant així l'eficiència total del panell.

Per tant, en els panells solars fabricats amb aquesta tecnologia, les cèl·lules disposen d'una capa posterior que ajuda a captar més irradiació solar i una làmina que fa que la llum solar sobrant reboti dins de la cèl·lula i es pugui recuperar, a diferència de les plaques solars fotovoltaïques tradicionals que no aprofiten aquest sobrant. Això permet augmentar l'eficiència de captació de les cèl·lules solars en comparació a plaques solars fotovoltaïques amb la mateixa distribució, reduint el cost final de les plaques.

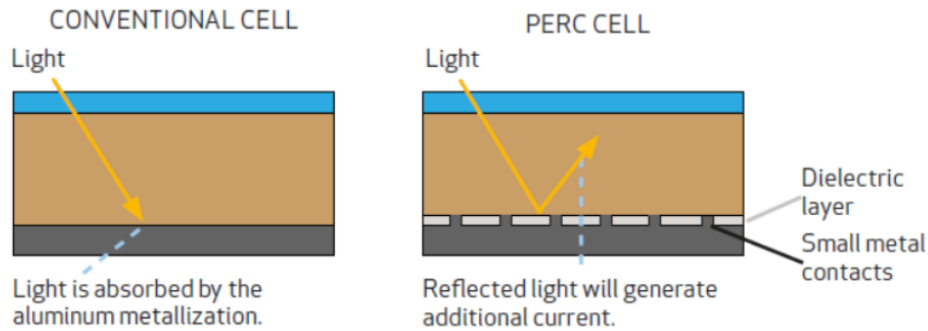


Figura 18. Tecnologia PERC

D'altra banda, la tecnologia *Half-Cell*, consisteix en l'ús de cèl·lules solars tallades per la meitat, situant la caixa de connexions al centre del panell solar. Així, a diferència dels mòduls solars convencionals, el panell solar queda tallat en 2 meitats, amb el 50% de capacitat a cadascuna.

Les plaques solars "*Half-Cell*" o plaques compostes per meitats de cèl·lules solars, també permeten ampliar les opcions de les instal·lacions fotovoltaïques. Divideixen el flux del corrent en dues parts unides en sèrie. Això redueix la resistència interna de les plaques, obtenint menors pèrdues de corrent al ser transportada per les pistes conductores, i assegura una producció contínua quan la placa està parcialment ombrejada ja que els ombrejats parcials d'una meitat de el panell solar no afectaran el total de el panell.

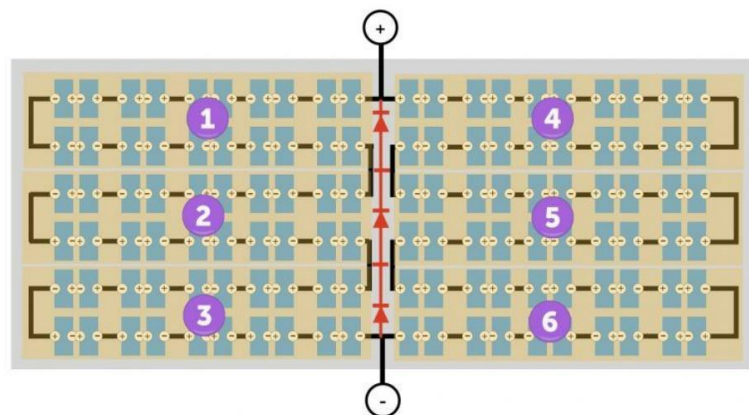
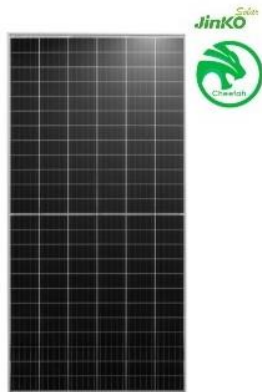


Figura 19. Esquema del cablejat interior d'una placa solar amb tecnologia HC

Totes aquestes característiques són necessàries per a escollir el model de panell fotovoltaic òptim, però cal saber on buscar.

Per a la cerca del model de panell fotovoltaic observarem els proveïdors *Autosolar* i *Tecnosol*. En aquest últim, podem trobar-hi components idonis per a una instal·lació de grans dimensions com pot ser la del present projecte, i treballa amb les grans empreses del sector com són, entre d'altres, *Jinko*, *Fronius* i *Huawei*.



Pmax (Wp)	400
Vmp (V)	41,7
Imp (A)	9,6
Voc (V)	49,8
Isc (A)	10,36
Rendiment (%)	19,88
Tecnologia	Mono PERC
Nº cel·les	144 (72x2)
Tipus	Monocristal·lí
Dimensions (mm)	2008x1002x40
Pes (kg)	22,5
Preu (€)	159

Figura 20. Placa Solar JINKO Cheetah 400Wp

Taula 3. Característiques del model



Figura 21. Panel JA Solar 380W

Pmax (Wp)	400
Vmp (V)	31,01
Imp (A)	12,9
Voc (V)	37,07
Isc (A)	13,79
Rendiment (%)	20,5
Tecnologia	Mono PERC
Nº cel·les	144 (72x2)
Tipus	Monocristal·lí
Dimensions (mm)	1722x1134x30
Pes (kg)	21,5
Preu (€)	181,5

Taula 4. Característiques del model



Pmax (Wp)	380
Vmp (V)	34,8
Imp (A)	10,92
Voc (V)	41,3
Isc (A)	11,69
Rendiment (%)	20,85
Tecnologia	Mono PERC
Nº cel·les	144 (72x2)
Tipus	Monocristal·lí
Dimensions (mm)	1755x1038x35
Pes (kg)	20
Preu (€)	145,6

Figura 22. Panell Solar 380W ERA

Taula 5. Característiques del model

Els dos últims models ens els ofereix el proveïdor *Autosolar* i el primer model ens l'ofereix el proveïdor *Tecnosol*. Tots serien aptes per a la instal·lació del present projecte, però s'han de comparar les dades que faran que s'esculli un en comptes d'un altre.

11.2.3. Elecció final de la placa fotovoltaica

Finalment, la placa fotovoltaica escollida ha estat la *Placa Solar JINKO Cheetah 400Wp* (72 cel·les).

Presenta una eficiència molt elevada, un rendiment excel·lent, fins i tot en condicions de baixa lluminositat, i llarga durabilitat, sent també ideal per a aplicacions solars en sostres com el nostre. Utilitza la tecnologia *HC (Half Cell)* i cèl·lules *PERC (Passivated Emitter Rear Contact)*.

El model que ens ofereix el fabricant *ERA* també és molt atractiu, tenint una diferència de preu de 13,4€ respecte el model escollit i amb petites variacions a favor, així com el rendiment, pes i dimensions. Aquestes variacions són ben petites, com també ho podria ser la potència que ens ofereix, la qual el model del fabricant *Jinko* ens ofereix 20 W més respecte el model del fabricant *ERA*.

Si la instal·lació del present projecte fos de petites dimensions, és a dir, que es composés de poques plaques fotovoltaïques, el model escollit hagués estat el del fabricant *ERA*, ja que les seves prestacions són molt semblants però lleugerament superiors al del fabricant *Jinko* amb tant sols la diferència de potència esmentada anteriorment.

Compleix amb tots els estàndards de qualitat, disposa de tots els certificats i ofereix una garantia de producte de 10 anys i 25 anys de garantia de potència lineal.



ESPECIFICACIONES										
Tipo de módulo	JKM380M-72H-V		JKM385M-72H-V		JKM390M-72H-V		JKM395M-72H-V		JKM400M-72H-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Alimentación máxima (Pmax)	380Wp	286Wp	385Wp	290Wp	390Wp	294Wp	395Wp	298Wp	400Wp	302Wp
Voltaje de alimentación máximo (Vmp)	40.5V	38.6V	40.8V	38.8V	41.1V	39.1V	41.4V	39.3V	41.7V	39.6V
Voltaje de alimentación máximo (Imp)	9.39A	7.42A	9.44A	7.48A	9.49A	7.54A	9.55A	7.60A	9.60A	7.66A
Voltaje con circuito abierto (Voc)	48.9V	47.5V	49.1V	47.7V	49.3V	48.0V	49.5V	48.2V	49.8V	48.5V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9.75A	7.88A	9.92A	7.95A	10.12A	8.02A	10.23A	8.09A	10.36A	8.16A
STC de eficiencia del módulo (%)	18.89%		19.14%		19.38%		19.63%		19.88%	
Temperatura de funcionamiento (°C)	-40°C~+85°C									
Voltaje máximo del sistema	1500VDC (IEC)									
Clasificación de fusibles serie máxima	20A									
Tolerancia de alimentación	0~+3%									
Coefficientes de temperatura de Pmax	-0.36%/°C									
Coefficientes de temperatura de Voc	-0.28%/°C									
Coefficientes de temperatura de Isc	0.048%/°C									
Temperatura nominal de funcionamiento de la celda (NOCT)	45±2°C									

Figura 23. Placa Solar JINKO Cheetah 400 Wp i especificacions de la fitxa tècnica

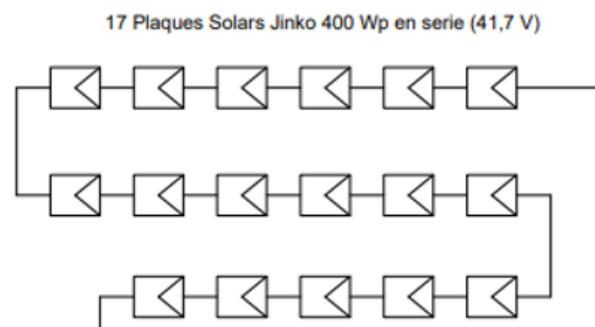


Figura 24. Esquema elèctric de les plaques fotovoltaïques

11.3. Inversors solars

L'inversor solar és un convertidor de corrent que s'encarrega de transformar l'energia produïda pels mòduls fotovoltaics en energia útil per al consum diari. Una altra característica que tenen els inversors solars és que optimitzen la producció fotovoltaica de la instal·lació, permetent obtenir el màxim rendiment de cada un dels panells solars del sistema d'autoconsum fotovoltaic.

Com ja s'ha comentat, els panells solars transformen l'energia solar en corrent continu, sent aquí on entra en joc el paper de l'inversor fotovoltaic, ja que el corrent continu no és vàlid per al consum elèctric. És per això que el convertidor de corrent el transforma en altern, habilitant-ne així el seu ús.

Els inversors solars han de complir una sèrie de característiques:

- **Potència màxima de transformació:** Quantitat d'energia màxima que l'inversor solar pot transformar, essent essencial elegir un model d'inversor adequat per a la nostra instal·lació fotovoltaica.

- **Sistemes de protecció:** Han de ser capaços d'aturar la protecció en cas de curtcircuit, caiguda de la xarxa o falla de component.
- **Optimització:** Ha d'optimitzar la producció solar independentment de les ombres o tipus de panells instal·lats.
- **Registre de dades:** La recopilació de dades de producció ens permetrà verificar el correcte funcionament de la nostra instal·lació, permetent-nos la possibilitat d'arreglar qualsevol problema en cas que hi fos.

11.3.1. Tipus d'inversors solars

Existeixen diferents tipus d'inversors solars en funció de si la instal·lació fotovoltaica està connectada a la xarxa elèctrica o, pel contrari, es tracta d'una instal·lació fotovoltaica aïllada.

Per a poder escollir el model que es necessita, s'ha de tenir en compte una sèrie de factors:

- Potència instal·lada
- Ubicació dels panells solars
- Similitud entre panells
- Pressupost
- Possibilitat d'ampliació de la instal·lació

Actualment podem distingir diferents tipus d'inversors solars segons el tipus d'instal·lació fotovoltaica:

- **Instal·lació connectada a la xarxa:** Són inversors que extreuen l'energia de camp fotovoltaic sempre que la producció fotovoltaica sigui suficient per abastir els consums; en cas contrari, durant les hores nocturnes o un dia amb baixa radiació, les càrregues que no poguessin ser alimentades amb els panells solars les alimentaria directament la xarxa elèctrica.
 - **Microinversors:** Equips més petits pensats per instal·lacions amb pocs panells solars on cada un portarà el seu inversor propi. Llavors, arribarà un punt que no serà rentable si la instal·lació està composta per nombrosos panells.
- **Instal·lació amb bateries o aïllades**
 - **Inversors d'ona pura:** Són inversors que generen una energia elèctrica sempre sinusoidal o sinodal pura, de la mateixa qualitat que genera la xarxa elèctrica convencional.
 - **Inversors d'ona modificada:** És més econòmic però es poden trobar interferències amb alguns electrodomèstics. S'ha de prestar especial atenció en què es va a connectar ja que en qualsevol equip que disposi de transformador o en motors no universals podria ocasionar una avaria.
 - **Inversor-carregador:** Són inversors que, a més de convertir el corrent continu en corrent altern, tenen la funció addicional de regular la càrrega de les bateries, és a dir, el regulador de càrrega necessari per controlar la càrrega de les bateries el porta incorporat el mateix inversor.
- **Inversor híbrid:** Destaquen perquè poden treballar tant amb bateries com sense elles. Poden funcionar tant en instal·lacions connectades a la xarxa com en instal·lacions aïllades.

Els inversors solars inclouen, a més a més, un o dos reguladors MPPT, que és un tipus de controlador de càrrega que permet obtenir la màxima potència dels panells solars, fent-los treballar sempre en el punt de màxima potència.

11.3.2. Comparació i anàlisi

Per a poder escollir correctament el model d'inversor solar adequat per a la instal·lació del present projecte, s'han de tenir en compte una sèrie de factors determinants.

La nostra instal·lació, tal i com s'ha comentat anteriorment, es compon per 136 plaques solars *JINKO Cheetah 400Wp*, obtenint una potència de 54,4 kW. A partir d'aquí, s'han de comparar els diferents fabricants per a trobar la millor opció per a la instal·lació del present projecte. Cal respondre als dubtes que sorgeixen com el nombre d'inversors a instal·lar i la potència de cada un, el nombre de plaques per *string* que es podran connectar en sèrie i el nombre d'entrades i sortides que pot tenir el model d'inversor solar.

A continuació es poden observar alguns models que s'han tingut en compte per a l'elecció de l'inversor solar:



Figura 25. Inversor Huawei SUN2000-20KTL-M0 20kW Trifásico

Vmp (V)	850
Imp (A)	33,5
MPPT	2
Nº entrades	2
P (kW)	20
Preu (€)	2722,21

Taula 6. Característiques del model



Figura 26. Inversor Red FRONIUS Symo 17,5-3-M 20kW

Vmp (V)	800
Imp (A)	51
MPPT	2
Nº entrades	3
P (kW)	17,5
Preu (€)	3047,14

Taula 7. Característiques del model



Figura 27. Inversor Red FRONIUS ECO 25 kW

Vmp (V)	850
Imp (A)	44,2
MPPT	1
Nº entrades	6
P (kW)	25
Preu (€)	3268,79

Taula 8. Característiques del model

11.3.3. Elecció final de l'inversor

Finalment, l'inversor escollit ha estat l'*Inversor Red FRONIUS ECO 25 kW*, proporcionat pel proveïdor *Autosolar*.

És un inversor que ens permet interconnectar amb la xarxa elèctrica sense necessitat de bateries, és per això que aquest tipus d'instal·lacions són econòmiques i molt rendibles a llarg termini, donat el seu baix cost provinent d'una instal·lació senzilla i amb pocs aparells electrònics que encareixin el sistema.

S'instal·laran un total de 2 inversors, amb 1 MPPT i 6 entrades cadascun, permetent així obtenir unes prestacions de primer nivell a un cost realment baix pel que fa les característiques i funcions. S'ha escollit aquest model envers els altres dos ja que al realitzar la simulació mitjançant el programa *PVsys*, s'han trobat amb l'inconvenient de que la potència estava sobredimensionada segons les plaques que es volien instal·lar en el present projecte.



DATOS TÉCNICOS FRONIUS ECO		
DATOS DE ENTRADA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Máxima corriente de entrada ($I_{in, máx}$)	44,2 A	47,7 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV		71,6 A
Mínima tensión de entrada ($U_{in, mín}$)		580 V
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{in, arranque}$)		650 V
Tensión de entrada nominal ($U_{in, n}$)		580 V
Máxima tensión de entrada ($U_{in, máx}$)		1.000 V
Rango de tensión MPPT ($U_{mppt, mín}$ - $U_{mppt, máx}$)		580 - 850 V
Número de seguidores MPPT		1
Número de entradas CC		6
Máx. salida del generador FV ($P_{dc, máx}$)		37,8 kW p_{dc}
DATOS DE SALIDA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Potencia nominal CA ($P_{ac, n}$)	25.000 W	27.000 W
Máxima potencia de salida	24.000 VA	27.000 VA
Máxima corriente de salida ($I_{ac, máx}$)	36,1 A	39,0 A
Adaptamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 380 V / 230 V o 3-NPE 400 V / 230 V (+20 % / -30 %)	
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)	
Coefficiente de distorsión en línea	< 2,0 %	
Factor de potencia ($\cos \phi_{ac, n}$)	0 - 1 ind. / cap.	
DATOS GENERALES	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)		725 x 510 x 225 mm
Peso		35,7 kg
Tipo de protección		IP 65
Clase de protección		1
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾		1 + 2 / 3
Consumo inactivo		< 1 W
Concepto de inversor		Sin transformador
Refrigeración		Refrigeración de aire regulada
Instalación		Instalación interior y exterior
Manejo de temperatura ambiente		-25 - +40 °C
Humedad de aire admisible		0 a 100 %
Máxima altitud		2.000 m
Tecnología de conexión CC		Conexión de 6x CC+ y 6x CC- bornes roscaos 2,5 mm ² - 16 mm ²
Tecnología de conexión principal		Conexión de 3 bornes CA bornes roscaos 2,5 - 16 mm ²
Certificados y cumplimiento de normas	DIN VDE 0126-1-1/1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06.190, C/5/3, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0.16, CEI 0.21	

Figura 28. Inversor Red FRONIUS ECO 25 kW i especificacions de la fitxa tècnica

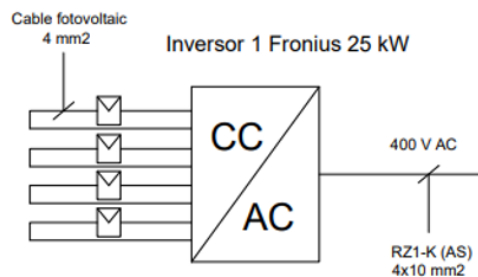


Figura 29. Esquema elèctric de l'inversor

11.4. Suports de la instal·lació

Els suports solars, o estructura dels panells solars, són les peces que defineixen l'orientació que tindran les diferents plaques solars depenent del tipus d'instal·lació que es realitzi, així com de la potència, del nombre de panells i del lloc en el qual s'instal·lin. Aquests suports proporcionen una subjecció ferma dels panells solars i l'orientació que necessiten per aprofitar al màxim la radicació solar i l'efecte fotovoltaic que es genera en ells.

11.4.1. Tipus de suports

Els sistemes d'energia solar poden ser instal·lats de diverses maneres, i depenent d'elles s'elegiran els suports correctes:

Suports fixes

Són ideals quan es busca que els mòduls fotovoltaics quedin en una posició plana. Es poden modificar perquè quedin fixats a terra, a la paret o fins i tot integrats a la façana de l'habitatge. En comparació amb els suports mòbils, el seu cost és menor, així com el seu manteniment i no consumeixen energia.

Suports mòbils

La seva concepció és força diferent, gràcies a un o dos eixos mòbils aconseguen augmentar la captació solar dels mòduls fotovoltaics realitzant un seguiment del Sol. Òbviament aquesta mobilitat requereix d'un consum elèctric i la seva major complexitat mecànica també comporta més operacions de manteniment. Augmenten la producció entre un 15-40%, depenent de la latitud de la ubicació de la instal·lació, de l'època de l'any i del propi mecanisme de seguiment. En el nostre àmbit, és molt estrany veure estructures mòbils de més d'un eix, ja que encareixen notablement la instal·lació i el seu manteniment.

Dins de cada tipus de suport, es poden trobar diferents tipus segons l'emplaçament, depenent si es situaran al terra o al sostre, i si aquest serà de teules o metàl·lic.

Independentment del tipus d'estructura que escollim, aquesta ha de proporcionar als mòduls fotovoltaics l'orientació correcta, la inclinació precisa, durabilitat en el temps i seguretat.

11.4.2. Comparació i anàlisi

Per a poder escollir correctament el tipus de suport per a la instal·lació, s'han de considerar una sèrie d'aspectes determinants:

Materials utilitzats per la fabricació

- **Alumini:** Té l'avantatge que és un material molt lleuger i resistent a la majoria de formes de corrosió. La capa natural d'òxid que s'hi produeix, coneguda com alúmina, forma una barrera efectiva que protegeix el material. D'altra banda posseeix excel·lents qualitats físiques i químiques que el doten d'una molt elevada durabilitat i de gran estabilitat davant condicions que poden sotmetre els materials a diferents tipus de degradació com els canvis de temperatura, la humitat, la radiació, etc. En resum, i gràcies a les qualitats esmentades, posseeix una vida útil molt considerable i el seu manteniment és mínim.

- **Acer galvanitzat i acer inoxidable:** Les estructures que fan servir aquest material es dissenyen amb perfils d'acer de gran qualitat galvanitzat en calent (segons norma *UNE-EN-1461*), amb un revestiment de zinc que assegura la protecció eficaç i eficient contra les inclemències de la climatologia i assegura una major durabilitat i un menor manteniment. L'acer galvanitzat és més barat que l'alumini, encara que presenta alguns problemes. Per exemple, si el perforem un cop galvanitzat perdrà la seva protecció, per la qual cosa s'ha de filar prim en la fase d'enginyeria. Si invertim una mica més, podem obtenir estructures d'acer inoxidable i evitar aquesta problemàtica.
- **Formigó:** Es tracta de productes prefabricats de formigó especialment dissenyats per actuar com a suport en aquest camp. Ideal per a cobertes i superfícies planes, simplifiquen el muntatge i abarateixen els costos. Amb aquests elements s'elimina la fixació de el mateix suport o el seu ancoratge, el que també evita possibles problemes d'afectar la impermeabilització de la coberta en el procés de fixació.

Corrosió galvànica

Quan fem servir elements metàl·lics hem de tenir en compte algunes consideracions per mitigar aquest efecte electroquímic que, tot i que sembla una mica complex d'assumir, en síntesi produeix corrosió quan diferents materials metàl·lics estan en contacte.

Aquest problema pot revestir especial rellevància en regions marítimes on hi ha clorurs en suspensió, ja que l'aigua salada és un gran electròlit.

Hi ha diferents maneres de prevenir aquest fenomen, tot seguit alguns exemples:

- No fer ús d'unions conductores elèctricament, mitjançant plàstic, per exemple.
- Utilitzar materials que, tot i ser diferents, no presentin diferència de potencial. Com més pròxims entre si estiguin els potencials de dos metalls, menor serà aquesta i menor també el corrent galvànic. Utilitzar el mateix metall en tots els elements de l'estructura i cargols seria la forma més precisa d'evitar aquest tipus de corrosió.
- Evitar que s'estableixi electròlit algun en la connexió entre materials, per exemple revestint-ne un d'ells.

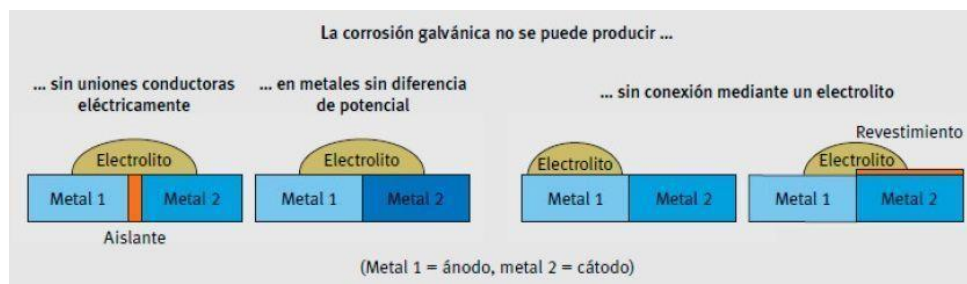


Figura 30. Corrosió galvànica



Geometria de les estructures segons la coberta






Un altre aspecte a tenir en compte és la tipologia de la coberta on s'hi realitzi la instal·lació fotovoltaica en cas que aquesta sigui la seva ubicació. No poden situar-se de la mateixa manera panells fotovoltaics en una coberta plana que en una inclinada.

- **Estructures individuals:** Solen dirigir-se a terrasses o terrats plans que no necessiten col·locar mòduls en posició horitzontal i quan la quantitat de panells a col·locar no és molt elevada.
- **Estructures de triangle inclinat:** Destinades al mateix tipus de cobertes que en el cas anterior, els mòduls es col·loquen horitzontalment i són molt més econòmics en cas d'haver d'instal·lar una quantitat més gran de mòduls.
- **Estructures coplanars:** ideals per a cobertes inclinades, s'adapta a la teulada mantenint la seva inclinació i són senzilles i pràctiques d'instal·lar, reduint l'impacte visual un cop instal·lades.

Després d'observar els aspectes determinants que condicionen l'elecció del tipus de suport per a la instal·lació del present projecte, cal escollir el més adient. Dins dels tipus de suports, recordem que existeixen fixes i mòbils, es poden trobar diferents tipus.

Gràcies al proveïdor *Solarmat*, podem realitzar una comparativa dels models que ofereix amb les seves característiques.

Imatge	Tipus	Material	Descripció
	Mòbil	Acer inoxidable	Suports per plaques solars amb seguidor solar. Mòbils d'un eix.
	Fixa	Acer inoxidable	Estructura fixa en altura. Proporciona una gran protecció contra els robatoris.

	<p>Fixa</p>	<p>Acer inoxidable i alumini</p>	<p>Suports per a plaques solars fixes al terra.</p>
	<p>Fixa</p>	<p>Acer inoxidable i alumini</p>	<p>Estructures solars fixes per a cobertes inclinades, és a dir, coplanars.</p>
	<p>Fixa</p>	<p>Acer inoxidable i alumini</p>	<p>Estructures solars fixes per a cobertes planes.</p>
	<p>Fixa</p>	<p>Alumini</p>	<p>Estructures solars per a fixar a la paret.</p>
	<p>Fixa</p>	<p>Formigó</p>	<p>Suports per a plaques solars fixes de formigó.</p>

Taula 9. Comparació dels diferents tipus de suports

11.4.3. Elecció final dels suports

Un cop s'han analitzat els diversos factors que s'han de tenir en compte a l'hora d'escollir els suports més adients per a la instal·lació del present projecte, s'ha decidit que el suport serà fixa, ja que la inversió seria molt més elevada si els suports fossin mòbils i la ubicació de l'edifici és òptima per a que sigui fixa, ja que aprofita la radiació solar perfectament sense impediments.

També s'ha tingut en compte que, al tenir una coberta amb una petita inclinació, es poden utilitzar unes estructures coplanars, per tal que s'adaptin a la teulada del pavelló, o bé les estructures inclinades per a cobertes planes, ja que la inclinació no és molt elevada i la construcció és apta degut a les condicions de la superfície.

Així doncs, el suport escollit ha estat de tipus pla, per a obtenir la inclinació prèviament calculada. Ja que el proveïdor *Autosolar* ens proporciona estructures per a posar les plaques de forma horitzontal de 1, 2 o 3 plaques, s'ha decidit escollir el més adient per a la nostra instal·lació.

Com s'ha vist anteriorment, la instal·lació es compon per un total de 136 plaques, distribuïdes en 26 files de 5 plaques i 2 files de 3 plaques.

Per tant, s'hauran d'adquirir un total de 28 kits de suports per a 3 plaques i 26 kits de suports per a 2 plaques, permetent la unió dels kits en cada fila si fos necessari.

12. Resultats finals

Per concloure la memòria tècnica, es vol realitzar un breu resum dels components escollits, així com una valoració final dels resultats a obtenir.

Tal i com s'ha vist anteriorment, la instal·lació constarà de:

- 136 plaques fotovoltaïques de 400 Wp. El model escollit ha estat la *Placa Solar JINKO Cheetah 400 Wp*.
- 2 inversors solars de 25 kW. El model escollit ha estat l'*Inversor Red FRONIUS ECO 25 kW*.
- 28 kits de suports per a 3 plaques i 36 kits de suports per a 2 plaques. El model escollit ha estat una estructura per a cobertes planes, col·locada de manera inclinada per a disposar les plaques de manera horitzontal.

Després dels pertinents càlculs, s'ha pogut obtenir la potència generada per la instal·lació durant cada mes, tal i com recull la *Taula 10*:

Finalment, es pot obtenir un balanç final de potències i realitzar una valoració per determinar la viabilitat del projecte, i si compleix els objectius fixats al principi.

	E. consumida (kWh)	Eg diària (kWh)	Eg mensual (kWh)
GENER	44.944,00	106,67	3306,69
FEBRER	42.612,00	162,96	4562,82
MARÇ	29.006,00	223,11	6916,43
ABRIL	17.221,00	272,84	8185,11
MAIG	7.894,00	306,98	9516,36
JUNY	21.114,00	348,53	10455,90
JULIOL	29.303,00	348,96	10817,78
AGOST	28.926,00	311,69	9662,36
SETEMBRE	30.891,00	245,30	7358,98
OCTUBRE	35.680,00	156,00	4836,09
NOVEMBRE	21.402,00	107,35	3220,59
DESEMBRE	32.789,00	67,10	2080,21
TOTAL	341.782,00	-	80.919,32

Taula 10. Consum energètic i energia generada per la instal·lació

	BALANÇ (kWh)	ESTALVI (€)	
	DIFERÈNCIA	COST TOTAL	DIFERÈNCIA
GENER	41.637,31	4.692,52	372,66
FEBRER	38.049,18	4.288,14	514,23
MARÇ	22.089,57	2.489,49	779,48
ABRIL	9.035,89	1.018,34	922,46
MAIG	-1.622,36	+81,12	970,77
JUNY	10.658,10	1.201,17	1.178,38
JULIOL	18.485,22	2.083,28	1.219,16
AGOST	19.263,64	2.171,01	1.088,95
SETEMBRE	23.532,02	2.652,06	829,36
OCTUBRE	30.843,91	3.476,11	545,03
NOVEMBRE	18.181,41	2.049,04	362,96
DESEMBRE	30.708,79	3.460,88	234,44
TOTAL	260.862,68	29.500,94	9.017,89

Taula 11. Balanç econòmic final

El present projecte ha complert totes les expectatives i objectius fixats al principi de la seva realització. El que es pretenia amb la instal·lació fotovoltaica era aportar el màxim d'energia elèctrica al pavelló municipal de Cambrils per tal de reduir al màxim el consum elèctric de l'edifici.

Tal i com es pot observar a la *Taula 10*, l'aportació anual de la instal·lació serà de 80.919,32 kWh, sent sempre un valor estimat, ja que pot variar de factors com averies i climatologia. Amb aquesta aportació d'energia, el pavelló de Cambrils reduirà en 9.017,89€ els costos anuals pel consum elèctric, un factor molt important pels interessos públics de l'Ajuntament de Cambrils.

La inversió total serà de 77953,08 €, la qual amb els valors estimats es pretén recuperar-la en un total de 9 anys i, a partir de llavors, convertir-se tota l'energia produïda en beneficis i tenint com a única despesa el corresponent manteniment de la instal·lació.

Cal afegir que aquest ha estat un anàlisi mitjançant els consums obtinguts al llarg de l'any 2020, any que hi va haver una crisi sanitària i va afectar al funcionament del pavelló durant un cert període de temps, tal i com s'ha explicat al principi del present projecte.

Memòria de Càlcul

DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA AL PAVELLÓ MUNICIPAL DE CAMBRILS

TREBALL DE FI DE GRAU

Grau d'Enginyeria Elèctrica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

Setembre, 2021

Índex Memòria de Càlcul

1. Previsió de càrregues	63
2. Dimensions de l'emplaçament.....	64
2.1. Superfície total	64
2.2. Superfície útil.....	65
3. Components de la instal·lació fotovoltaica	67
3.1. Mòduls fotovoltaics	67
3.1.1. Orientació i inclinació	67
3.1.2. Distribució dels mòduls.....	71
3.1.2.1. Distribució final obtinguda.....	75
3.1.3. Potència màxima generada.....	77
3.2. Inversor	78
3.2.1. Emplaçament.....	78
3.2.2. Resum dades.....	78
3.2.3. Màxims strings en sèrie.....	79
3.2.4. Condicions a complir	80
3.3. Suports dels mòduls	81
3.4. Cablejat	81
3.4.1. Longitud	82
3.4.2. Tipus de cable.....	84
3.4.3. Càlcul de la secció.....	84
3.4.3.1. Secció per caiguda de tensió.....	85
3.4.3.2. Secció per intensitat màxima admissible.....	90
3.4.4. Proteccions	95
3.4.4.1. Proteccions contra sobreintensitats.....	95
3.4.4.2. Proteccions contra sobretensions.....	97
3.4.4.3. Proteccions contra contactes.....	98
3.4.5. Posta a Terra (PaT).....	100
4. Potència prevista.....	101
4.1. Pèrdues possibles	101
4.2. Energia generada.....	108
4.3. Balanç econòmic	110

1. Previsió de càrregues

El primer que s'ha de tenir en compte a l'hora de realitzar una instal·lació elèctrica de baixa tensió és la previsió de càrregues o potències de l'edifici on es realitzarà aquesta instal·lació. Aquest pas és indispensable per a poder calcular les seccions dels conductors i els valors nominals dels components utilitzats.

Aquest càlcul cal que es realitzi de forma que compleixi amb tota la normativa específica del *Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (REBT)*.

Quan es comença a calcular la previsió de càrregues d'un edifici, el primer factor determinant és si la instal·lació serà monofàsica o trifàsica. Segons la *ITC-BT-10* del *REBT*, les empreses distribuïdores estaran obligades, sempre que ho sol·liciti el client, a efectuar el subministrament de forma que permeti el funcionament de qualsevol receptor monofàsic de potència menor o igual a 5.750 W a 230 V, fins a un subministrament de potència màxima de 14.490 W a 230 V. Per a potències superiors de 14.490 W, haurem de sol·licitar un subministrament trifàsic, ja que la majoria d'empreses no subministren més potència en monofàsic per a no tenir un desequilibri molt gran entre les fases.

Per a poder realitzar correctament la nostra previsió de càrregues, cal determinar de quin tipus es tracta la nostra instal·lació. Si ens fixem en la *ITC-BT-10* del *REBT*, podem veure que es considerarà un mínim de 100 W per metre quadrat de superfície i per planta, amb un coeficient de simultaneïtat 1.

Gràcies a la informació proporcionada per l'enginyer de l'Ajuntament de Cambrils, s'ha pogut saber el consum elèctric que té el pavelló durant l'any 2020, tal i com es pot observar a la *Taula 12*:

TAULA DE POTÈNCIES CONSUMIDES EN kWh (ANY 2020)		
	ZONA 1	ZONES 2 i 3
GENER	39.211,00	5.733,00
FEBRER	36.464,00	6.148,00
MARÇ	23.640,00	5.366,00
ABRIL	15.300,00	1.921,00
MAIG	5.993,00	1.901,00
JUNY	18.304,00	2.810,00
JULIOL	24.377,00	4.926,00
AGOST	24.524,00	4.402,00
SETEMBRE	26.645,00	4.246,00
OCTUBRE	30.485,00	5.195,00
NOVEMBRE	18.438,00	2.964,00
DESEMBRE	28.791,00	3.998,00
TOTAL	292.172,00	49.610,00

Taula 12. Previsió de càrregues de l'edifici

2. Dimensions de l'emplaçament

El present projecte té com a principal objectiu generar la màxima potència possible per tal de contrarestar el consum del pavelló però, com ja sabem, les instal·lacions fotovoltaïques no són fàcils de gestionar. S'ha de tenir en compte una sèrie de factors, a l'hora de dissenyar l'emplaçament dels mòduls, per a poder obtenir la màxima eficiència. Cal recordar que l'energia solar fotovoltaica és irregular ja que depèn de la radiació solar, havent-hi situacions de manca de generació, degut a dies ennuvolats, la part nocturna del dia, ombres que tapen els mòduls per falla en el disseny, pèrdues, etc.

La nostra instal·lació es realitza en un edifici de constant consum, obert al públic 16 hores diàries, pràcticament tots els dies de l'any. És per això que no es farà ús de bateries per emmagatzemar la potència que sobri en el cas que el consum sigui menor a la producció, ja que no sortiria rentable. El pavelló de Cambrils consumeix molta energia elèctrica i es necessitaria una instal·lació fotovoltaica molt gran per a poder cobrir el consum i, per tant, es disposarà de la connexió a la xarxa elèctrica per abastir-lo.

2.1. Superfície total

Per a poder realitzar el dimensionat correcte de la nostra instal·lació, primer necessitem saber de quanta superfície disposem. Tal i com es pot observar a la *Figura 29*, el sostre del pavelló consta de tres parts:

- **Coberta 1:** Pertany a la pista d'hoquei, gimnàs i piscina. El sostre és ondulat, cosa que fa que sigui més complicat de realitzar-hi la instal·lació.
- **Coberta 2:** Pertany a la zona de vestidors i oficines. És la zona on hi ha actualment la instal·lació de col·lectors solars.
- **Coberta 3:** Pertany a la pista dels altres esports. És la zona on es realitzarà la instal·lació del present projecte. Es divideix en 2 parts iguals oposades, separades per una filera d'una mena de petites xemeneies, amb una petita inclinació del 6% ja que, segons el *Codi Tècnic de l'Edificació (CTE)*, les cobertes inclinades han de tenir una pendent mínima del 5%.

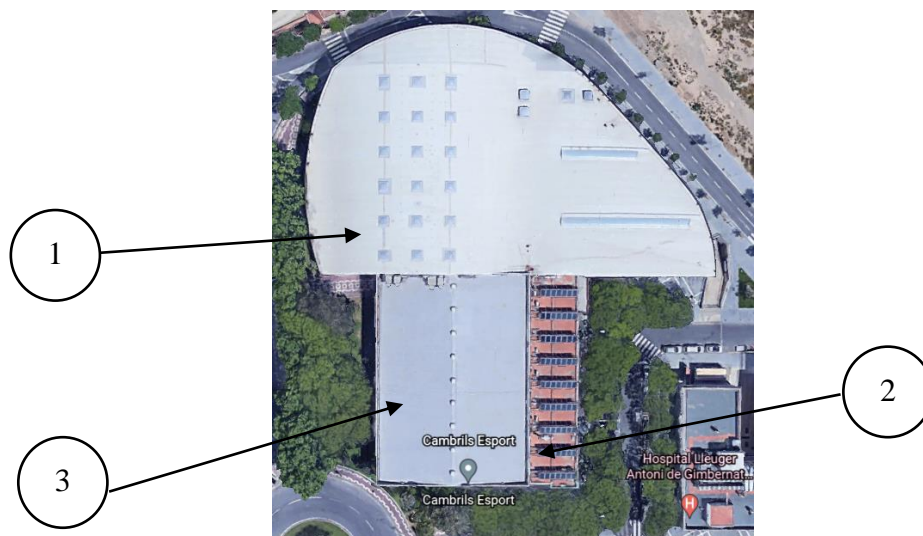


Figura 31. Vista de la planta del pavelló

Un cop vista la zona d'emplaçament de la instal·lació fotovoltaica, procedim a calcular les dimensions d'aquesta:

$$\text{Superfície Sostre} = \text{Longitud} \cdot \text{Amplada} \quad (1)$$

$$\text{Amplada} = \left(\frac{16,58}{\cos(6)} \cdot 2 \right) m \quad (2)$$

$$\text{Amplada} = 33,325 m \quad (3)$$

$$\text{Superfície Sostre} = (45,9 \cdot 33,325) m \quad (4)$$

$$\text{Superfície Sostre} = 1529,635 m^2 \quad (5)$$

2.2. Superfície útil

Tal i com s'ha calculat, la superfície total del sostre és de 1.529,63 m², però no tota aquesta superfície serà disponible per a la nostra instal·lació.

A la *Figura 30*, es pot observar com hi ha una sèrie d'elements que ja ocupen part del sostre i que s'han de tenir en compte:

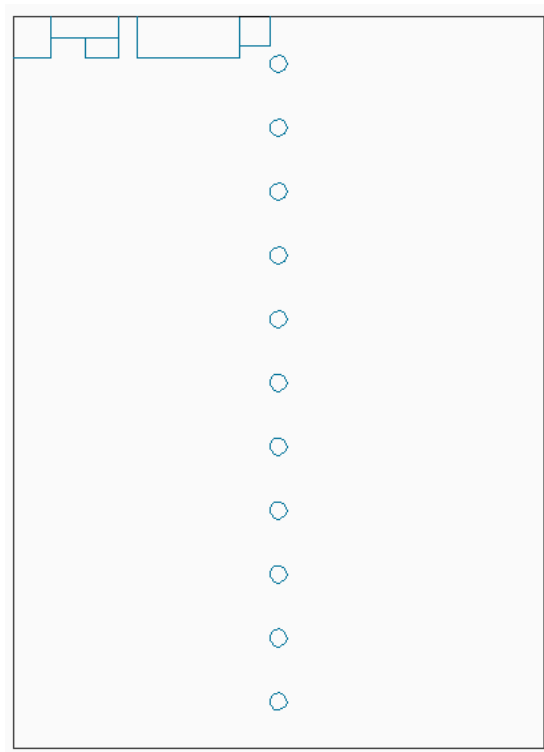


Figura 32. Elements que componen el sostre

$$\text{Superfície Ocupada} = (\text{Extractors}) + (\text{Fila fanalets}) + (\text{Escales}) \quad (6)$$

$$\text{Extractors} = (2 \cdot 15,91) \text{ m} \quad (7)$$

$$\text{Extractors} = 31,82 \text{ m}^2 \quad (8)$$

$$\text{Fila fanalets} = (1 \cdot 45,9) \text{ m} \quad (9)$$

$$\text{Fila fanalets} = 45,9 \text{ m}^2 \quad (10)$$

$$\text{Escales} = (1,5 \cdot 4) \text{ m} \quad (11)$$

$$\text{Escales} = 6 \text{ m}^2 \quad (12)$$

$$\text{Superfície Ocupada} = [(31,82) + (45,9) + (6)] \text{ m}^2 \quad (13)$$

$$\text{Superfície Ocupada} = 83,72 \text{ m}^2 \quad (14)$$

Un cop obtinguda la superfície que ocupen els elements ja instal·lats al sostre on es realitzarà la instal·lació fotovoltaica, la superfície útil serà:

$$\text{Superfície útil} = \text{Superfície sostre} - \text{Superfície ocupada} \quad (15)$$

$$\text{Superfície útil} = [(1529,635) - (82,72)] \text{ m}^2 \quad (16)$$

$$\text{Superfície útil} = 1445,92 \text{ m}^2 \quad (17)$$

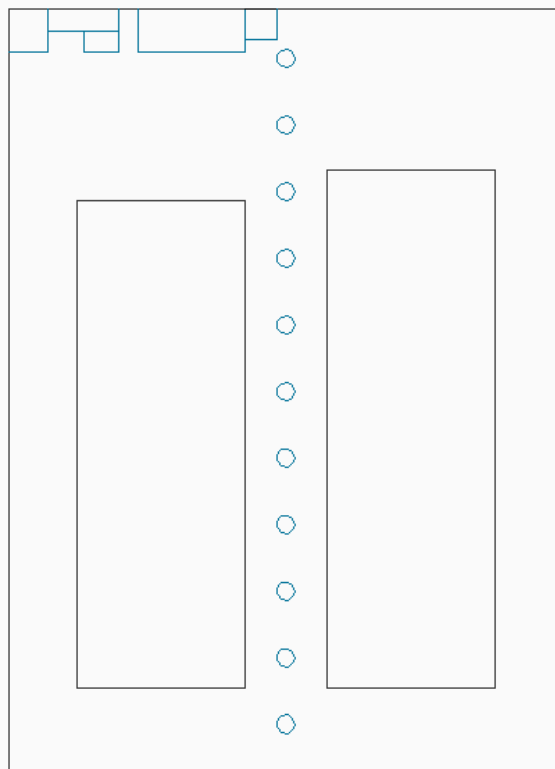


Figura 33. Superfície útil per a instal·lar les plaques

3. Components de la instal·lació fotovoltaica

Després de calcular les dimensions disponibles per a la instal·lació, el següent pas és el càlcul dels seus components per a poder obtenir la màxima eficiència possible.

3.1. Mòduls fotovoltaics

Tal i com s'ha vist en la memòria descriptiva del present projecte, el mòdul fotovoltaic escollit ha estat la *Placa Solar JINKO Cheetah 400Wp*. Per a poder extreure-li la màxima eficiència, s'ha de tenir en compte la orientació i la inclinació que s'escollirà, així com realitzar una correcta distribució dels mòduls fotovoltaics.

3.1.1. Orientació i inclinació

Uns dels aspectes que fan que la instal·lació fotovoltaica obtingui major eficiència són els de l'orientació i la inclinació. És evident que no aprofita igual la radiació solar una instal·lació amb orientació nord i una altra amb orientació sud, així com tampoc és el mateix un mòdul amb una inclinació determinada o una altra, ja que els rajos del sol no incideixen de la mateixa manera.

Al trobar-nos a l'hemisferi nord de la Terra, la millor opció a adoptar pel que fa l'orientació, és cap al sud, tal i com es pot observar a la *Figura 32*.

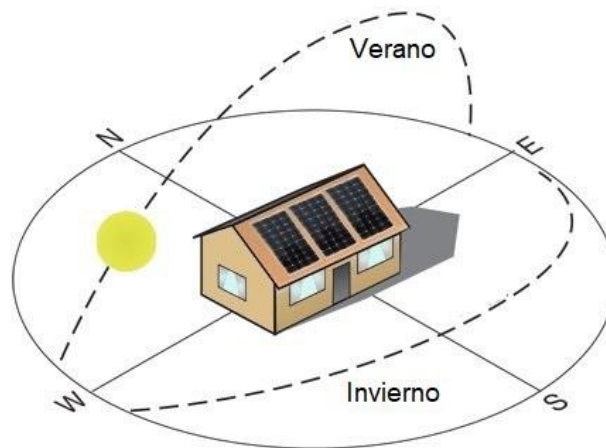


Figura 34. Recorregut del Sol durant el dia en una instal·lació a l'hemisferi nord

Per a determinar la correcta orientació dels mòduls, s'ha tingut en compte l'angle d'Azimut, que és l'angle sobre l'horitzó que formen un punt cardinal, en aquest cas adoptarem el sud, i la projecció vertical del Sol. És per això, que si adoptem un angle d'Azimut, respecte el sud, de 0° , obtindrem la màxima eficiència; mentre que com més gran sigui aquest angle, major serà la reducció de generació d'energia.

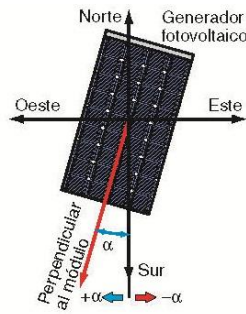


Figura 35. Representació de l'angle d'Azimut

Després de conèixer la orientació que tindran els mòduls fotovoltaics, encara falta un factor determinant per la seva correcta posició. La inclinació és l'angle entre la superfície sobre la qual s'instal·len els mòduls i el propi mòdul, i té com a objectiu aconseguir la màxima perpendicularitat dels rajos del sol sobre els mòduls per aconseguir una major eficiència. La inclinació òptima varia amb la inclinació de la Terra de l'època de l'any en la que es trobi i de la latitud de la zona.

Per a realitzar-ne el càlcul, hem de tenir en compte que la latitud del pavelló de Cambrils és de $41,07^\circ$ i que el moment del dia que més producció d'energia hi haurà serà al migdia, quan el Sol sigui més alt. Depenent de l'època de l'any, el Sol tindrà més o menys altura, fent que els rajos siguin més o menys perpendiculars.

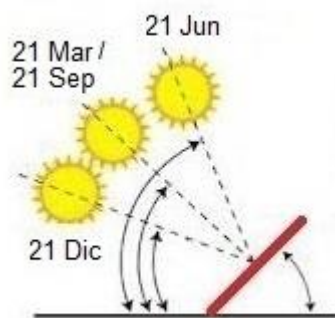


Figura 36. Diferents alçades del Sol durant l'any

SOLSTICI D'HIVERN – 21 DE DESEMBRE

Si es vol calcular l'angle d'inclinació β òptim que han de tenir els mòduls fotovoltaics a l'hivern, sent aquesta l'altura mínima del Sol al migdia, es realitzarà de la següent manera:

$$\beta = (90 - \alpha) \quad (18)$$

$$\alpha = 90 - (l + \theta) \quad (19)$$

On:

- β : Angle d'inclinació dels mòduls fotovoltaics.
- α : Angle del Sol envers la horitzontal.
- l : Latitud de la zona.
- θ : Angle d'inclinació de la Terra.

$$\alpha = [90 - (41,07 + 23)]^\circ \quad (20)$$

$$\alpha = 25,93^\circ \quad (21)$$

$$\beta = (90 - 25,93)^\circ \quad (22)$$

$$\beta = 64,07^\circ \quad (23)$$

Aquest resultat significa que el punt de culminació del Sol el trobarem al migdia amb un angle de $25,93^\circ$ i, per tant, si volem treure el màxim rendiment de la instal·lació durant el solstici d'hivern, els panells fotovoltaics al pavelló de Cambrils han de estar orientats al sud amb una inclinació de $64,07^\circ$.

SOLSTICI D'ESTIU – 21 DE JUNY

Si es vol calcular l'angle d'inclinació β òptim que han de tenir els mòduls fotovoltaics a l'estiu, sent aquesta l'altura màxima del Sol al migdia, es realitzarà de la següent manera:

$$\beta = (90 - \alpha) \quad (24)$$

$$\alpha = 90 - (l - \theta) \quad (25)$$

On:

- β : Angle d'inclinació dels mòduls fotovoltaics.
- α : Angle del Sol envers la horitzontal.
- l : Latitud de la zona.

- θ : Angle d'inclinació de la Terra.

$$\alpha = [90 - (41,07 - 23)]^\circ \quad (26)$$

$$\alpha = 71,93^\circ \quad (27)$$

$$\beta = (90 - 71,93)^\circ \quad (28)$$

$$\beta = 18,07^\circ \quad (29)$$

Aquest resultat significa que el punt de culminació del Sol el trobarem al migdia amb un angle de $71,93^\circ$ i, per tant, si volem treure el màxim rendiment de la instal·lació durant el solstici d'estiu, els panells fotovoltaics al pavelló de Cambrils han de estar orientats al sud amb una inclinació de $18,07^\circ$.

Observant els resultats, el més normal és que si el consum és constant durant tot l'any, la inclinació escollida serà la mitja entre els dos punts extrems:

$$\beta = \left(\frac{64,07 + 18,07}{2} \right)^\circ \quad (30)$$

$$\beta = 41,07^\circ \quad (31)$$

Però aquest seria un valor general, no òptim. Per a escollir la inclinació òptima de les plaques, s'ha de saber l'època de l'any que més energia es consumirà. Podem distingir-ne diferents casos:

- **Consum d'energia exclusiu a l'hivern:**

$$\beta = \left(\frac{64,07 + 41,07}{2} \right)^\circ \quad (32)$$

$$\beta = 52,57^\circ \quad (33)$$

La inclinació òptima serà entre $52,57^\circ$ i $64,07^\circ$.

- **Consum d'energia exclusiu a l'estiu:**

$$\beta = \left(\frac{41,07 + 18,07}{2} \right)^\circ \quad (34)$$

$$\beta = 29,57^\circ \quad (35)$$

La inclinació òptima serà entre $18,07^\circ$ i $29,57^\circ$.

- **Consum d'energia superior a l'hivern:** La inclinació òptima serà entre $41,07^\circ$ i $64,07^\circ$.
- **Consum d'energia superior a l'estiu:** La inclinació òptima serà entre $18,07^\circ$ i $41,07^\circ$.

Un cop analitzats els diferents resultats, es sap que la nostra instal·lació té un consum elevat durant tot l'any però lleugerament superior a l'estiu, ja que es tracta d'un pavelló municipal en una zona climàtica on els hiverns són suaus i els estius són calorosos i molt humits, fet que fa que durant bona part de l'any es consumeixi molta energia per part de aparells de climatització i també l'horari d'estiu és més llarg; per tant, per aquestes raons entre altres, podem determinar que el pavelló de Cambrils és un edifici amb un consum superior a l'estiu obtenint, finalment, una inclinació òptima entre $18,07^\circ$ i $41,07^\circ$.

Finalment, l'angle escollit per a la inclinació dels mòduls fotovoltaics serà d'uns 25° .

3.1.2. Distribució dels mòduls

El mòdul fotovoltaic escollit té unes mides determinades, fent que dins la superfície útil es puguin instal·lar un número determinat de mòduls. Però aquesta quantitat no és real, ja que s'han de tenir en compte un factor molt important que fa que els mòduls no puguin generar la màxima potència possible, estem parlant de les ombres.

Per poder resoldre aquest factor, s'haurà de respectar una distància entre el mòdul fotovoltaic i l'element que pot provocar ombra sobre ell, així com entre mòduls, tal i com es pot veure a la *Figura 35*:

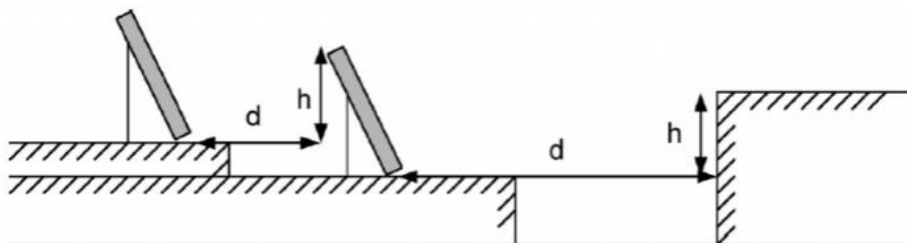


Figura 37. Representació de la distància a respectar

Per a calcular aquesta distància, utilitzarem la següent expressió:

$$d \geq k \cdot h \quad (36)$$

$$k = \left(\frac{1}{\tan(61 - l)} \right) \quad (37)$$

On:

- **d**: Distància a respectar.
- **k**: Coeficient.
- **l**: Latitud de la zona.
- **h**: Altura màxima de l'obstacle.

$$k = \left(\frac{1}{\tan(61 - 41,07)} \right) \quad (38)$$

$$k = 2,758 \quad (39)$$

$$d \geq 2,758 \cdot h \quad (40)$$

Un cop s'ha obtingut aquest valor, ja es pot procedir a calcular les distàncies entre els diferents obstacles que es trobin i puguin fer ombra i els mòduls, i també la distància que s'ha de respectar entre mòduls:

- **Distància entre mòduls**

Si escollim un angle d'inclinació de 25 °:

$$d \geq 2,758 \cdot h \quad (41)$$

$$h = \text{Alçada Mòdul} \cdot \sin(\beta) \quad (42)$$

$$h = [1,002 \cdot \sin(25)] m \quad (43)$$

$$h = 0,424 m \quad (44)$$

$$d \geq (2,758 \cdot 0,424) m \quad (45)$$

$$d \geq 1,17 m \quad (46)$$

Amb una inclinació de 25° , la distància mínima que hi ha d'haver entre cada fila de mòduls fotovoltaics ha de ser de 1,17 m.

- ***Distància dels extractors (Paret A)***

$$d \geq 2,758 \cdot h \quad (47)$$

$$h = 3,5 \text{ m} \quad (48)$$

$$d \geq (2,758 \cdot 3,5) \text{ m} \quad (49)$$

$$d \geq 9,65 \text{ m} \quad (50)$$

La distància mínima que hi ha d'haver entre la fila de mòduls fotovoltaics i els extractors situats a la paret A, ha de ser de 9,65 m.

- ***Distància de la fila de fanelets***

$$d \geq 2,758 \cdot h \quad (51)$$

$$h = 0,7 \text{ m} \quad (52)$$

$$d \geq (2,758 \cdot 0,7) \text{ m} \quad (53)$$

$$d \geq 1,93 \text{ m} \quad (54)$$

La distància mínima que hi ha d'haver entre la fila de mòduls fotovoltaics i la fila de fanelets, ha de ser de 1,93 m.

- ***Distància de les escales (Paret A)***

$$d \geq 2,758 \cdot h \quad (55)$$

$$h = 3,5 \text{ m} \quad (56)$$

$$d \geq (2,758 \cdot 3,5) \text{ m} \quad (57)$$

$$d \geq 9,65 \text{ m} \quad (58)$$

La distància mínima que hi ha d'haver entre la fila de mòduls fotovoltaics i les escales situades a la paret A, ha de ser de 9,65 m.

- **Distància de les parets B i C**

$$d \geq 2,758 \cdot h$$

$$h = 1,5 \text{ m}$$

$$d \geq (2,758 \cdot 1,5) \text{ m}$$

$$d \geq 4,14 \text{ m}$$

La distància mínima que hi ha d'haver entre la fila de mòduls fotovoltaics i les parets B i C, ha de ser de 4,14 m.

- **Distància de la paret D**

$$d \geq 2,758 \cdot h \quad (59)$$

$$h = 1,5 \text{ m} \quad (60)$$

$$d \geq (2,758 \cdot 1,5) \text{ m} \quad (61)$$

$$d \geq 4,14 \text{ m} \quad (62)$$

La distància mínima que hi ha d'haver entre la fila de mòduls fotovoltaics i la paret D, ha de ser de 4,14 m.

Cal afegir que les parets A i D són peculiars. La paret A forma un arc on la part que conté els extractors és més alta que la part que conté les escales. La paret D és una paret uniforme però degut a que el sostre té una pendent de 6° , hi ha diferència d'alçada entre el centre del sostre i els extrems, essent la part amb més alçada de paret de 1,5 m.

És per això que s'han realitzat els càlculs en el pitjor dels casos, considerant tot el tram de paret A de 3,5 m i tot el tram de paret D d'1,5 m.

3.1.2.1. Distribució final obtinguda

Un cop s'han obtingut les distàncies a respectar per a la correcta instal·lació dels mòduls fotovoltaics, la distribució dels mòduls fotovoltaics queda de la següent manera:

OBSTACLE	DISTÀNCIA A CONSIDERAR (m)
PARET B	4,14
PARET C	4,14
PARET D	4,14
FILA DE MÒDULS	1,17
FILA DE FANALETS	1,93
EXTRACTORS	9,65
ESCALES	9,65

Taula 13. Distàncies a respectar

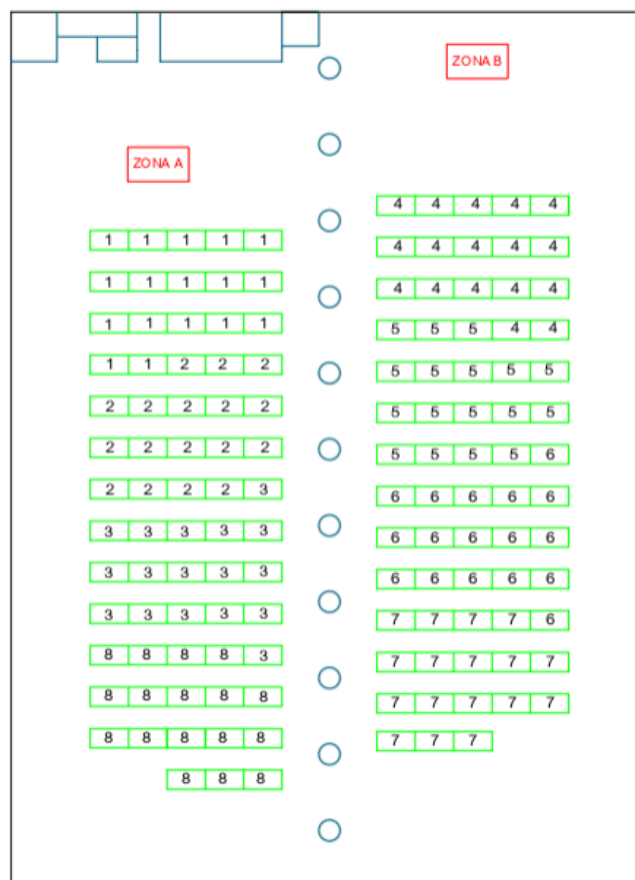


Figura 38. Distribució plaques

Observant la *Figura 36* feta a partir de les dades obtingudes recollides a la *Taula 13*, els mòduls fotovoltaics es col·locaran sobre una superfície total de:

$$\text{Superfície final mòduls} = \text{Superfície A} + \text{Superfície B} \quad (63)$$

$$\text{Superfície A} = \text{Longitud A} \cdot \text{Amplada} \quad (64)$$

$$\text{Superfície B} = \text{Longitud B} \cdot \text{Amplada} \quad (65)$$

$$\text{Longitud A} = (45,9 - 4,14 - 9,65 - 2) \text{ m} \quad (66)$$

$$\text{Longitud A} = 30,11 \text{ m} \quad (67)$$

$$\text{Longitud B} = (45,9 - 4,14 - 9,65) \text{ m} \quad (68)$$

$$\text{Longitud B} = 32,11 \text{ m} \quad (69)$$

$$\text{Amplada} = [(16,6625 - 4,14 - 1,93 - 0,5) \cdot 2] \text{ m} \quad (70)$$

$$\text{Amplada} = 10,09 \cdot 2 = 20,18 \text{ m} \quad (71)$$

$$\text{Superfície final mòduls} = (30,11 \cdot 10,09) + (32,11 \cdot 10,09) \text{ m}^2 \quad (72)$$

$$\text{Superfície final mòduls} = 627,80 \text{ m}^2 \quad (73)$$

Sabent que les dimensions dels mòduls escollits són 2008 mm x 1002 mm, s'obtenen els resultats següents:

$$N^{\circ} \text{ màxim de mòduls fotovoltaics per fila} = \frac{10,09}{2,008} \quad (74)$$

$$N^{\circ} \text{ màxim de mòduls fotovoltaics per fila} = 5,02 \quad (75)$$

Amb aquest resultat, es pot determinar que el número màxim de mòduls que es podrà col·locar per cada fila serà de 5 mòduls.

$$N^{\circ} \text{ Màxim de files de mòduls fotovoltaics} = \frac{\text{Longitud} + D \text{ entre files}}{\text{Alçada mòdul} + D \text{ entre files}} \quad (76)$$

$$N^{\circ} \text{ Màxim de files de mòduls fotovoltaics (Zona A)} = \frac{30,11 + 1,17}{1,002 + 1,17} \quad (77)$$

$$N^{\circ} \text{ Màxim de files de mòduls fotovoltaics (Zona A)} = 14,4 \quad (78)$$

$$N^{\circ} \text{ Màxim de files de mòduls fotovoltaics (Zona B)} = \frac{32,11 + 1,17}{1,002 + 1,17} \quad (79)$$

$$N^{\circ} \text{ Màxim de files de mòduls fotovoltaics (Zona B)} = 15,32 \quad (80)$$

Finalment, el número màxim de files de mòduls fotovoltaics que es podrà instal·lar a la zona A, serà de 14 files; d'altra banda, el número màxim de files que es podrà instal·lar a la zona B, serà de 15 files.

Per saber el nombre màxim de mòduls fotovoltaics que es podran instal·lar sobre la superfície útil que es disposarà, s'obté de la següent manera:

$$N^{\circ} \text{ Màxim de mòduls fotovoltaics} = (N^{\circ} \text{ Max files}(A) + N^{\circ} \text{ Max files}(B)) \cdot N^{\circ} \text{Max mòduls per fila} \quad (81)$$

$$N^{\circ} \text{ Màxim de mòduls fotovoltaics} = (14 + 15) \cdot 5 \quad (82)$$

$$N^{\circ} \text{ Màxim de mòduls fotovoltaics} = 145 \quad (83)$$

El número màxim de mòduls fotovoltaic que es podrà instal·lar serà de 145, quantitat que pot variar depenent de les condicions dels elements escollits per a la instal·lació, com per exemple l'inversor solar.

3.1.3. Potència màxima generada

Ara que ja se sap la distribució final dels mòduls fotovoltaics sobre el sostre, respectant les distàncies corresponents per evitar pèrdues per l'ombra d'elements que puguin influir en la seva eficiència, es pot obtenir la potència màxima que podrà generar la instal·lació:

$$\text{Potència Màxima} = N^{\circ} \text{ Màx Mòduls} \cdot \text{Potència Mòdul} \quad (84)$$

$$\text{Potència Màxima} = (145 \cdot 400) \text{ W} \quad (85)$$

$$\text{Potència Màxima} = 58 \text{ kW} \quad (86)$$

Aquesta és la potència màxima que pot generar la instal·lació fotovoltaica en l'hipotètic cas que s'aprofités tot l'espai disponible i es col·loquessin el nombre màxim de plaques fotovoltaiques però, tal i com s'ha comentat prèviament, no és suficient per cobrir en la seva totalitat el consum del pavelló.

3.2. Inversor

Per a escollir l'inversor s'han de tenir en compte diferents factors que poden alterar la seva compatibilitat amb el mòdul fotovoltaic instal·lat. Per a posar-se en situació, es procedirà a fer un petit repàs de les característiques elèctriques dels mòduls fotovoltaics i de l'inversor escollit. Seguidament, es procedirà a verificar les condicions que ha de complir l'inversor davant la instal·lació fotovoltaica desitjada.

3.2.1. Emplaçament

Els inversors solars aniran a un armari situat a la coberta 2, la que pertany a la zona d'oficines i vestidors, sent contigu amb la coberta on hi anirà la instal·lació fotovoltaica.

3.2.2. Resum dades

Tal i com s'ha comentat prèviament, l'inversor i el mòdul fotovoltaic escollits tenen les següents característiques elèctriques que s'han de tenir en compte:

Placa Solar JINKO Cheetah 400 Wp

- *Potència màxima P_{max} : 400 Wp*
- *Tensió d'alimentació màxima V_{mp} : 41,7 V*
- *Corrent d'alimentació màxim I_{mp} : 9,6 A*
- *Tensió en circuit obert V_{oc} : 49,8 V*
- *Corrent de curtcircuit: 10,36 A*
- *Màxima tensió del sistema: 1500 V*
- *Eficiència del mòdul: 19,88 %*
- *Temperatura de funcionament: -40°C a $+85^{\circ}\text{C}$*
- *Temperatura nominal de funcionament: 45°C*

Inversor Red FRONIUS ECO 25 kW

Entrada

- *Màxima corrent d'entrada: 44,2 A*
- *Màxima corrent de curtcircuit per sèrie FV: 71,6 A*
- *Màxima tensió del sistema: 1000 V*
- *Rang de tensió MPP: 580 – 850 V*
- *Número de seguidors MPP: 1*
- *Número d'entrades CC: 6*

Sortida

- *Potència nominal: 25 kW*
- *Màxima corrent de sortida: 36,1 A*

3.2.3. Màxims strings en sèrie

Gràcies a les característiques elèctriques recollides a l'apartat anterior, es poden calcular les condicions que s'han de complir per tal de verificar que l'inversor escollit és adequat per la instal·lació fotovoltaica desitjada, i també es pot calcular el nombre màxim de mòduls fotovoltaics en sèrie que es podran connectar per *string*.

$$N \leq \frac{V_{mpp} \text{ inversor}}{V_{mpp} \text{ mòdul}} \quad (87)$$

$$N \leq \frac{850}{41,7} \quad (88)$$

$$N \leq 20,38 \quad (89)$$

Per tant, cada *string* podrà estar format com a màxim per 20 mòduls fotovoltaics en sèrie, segons els valors de tensió de l'inversor i mòdul escollits.

Tal i com s'ha vist a les característiques elèctriques de l'inversor, aquest té un total de 6 entrades, cosa que fa que permeti la connexió de 6 *strings*. Cada *string* ha de tenir el mateix valor de tensió que la resta que es connectin al mateix inversor, ja que sinó podria provocar-hi alteracions. S'ha vist que es disposa d'un nombre màxim de mòduls fotovoltaics de 145 però, tal i com s'ha comentat prèviament, aquesta quantitat podria variar i, en aquest cas, s'ha de reduir.

Ja que cada inversor pot d'estar format per un màxim 6 *strings* d'un nombre igual de mòduls per cada un, la instal·lació s'ha de modificar, de manera que els mòduls queden repartits de la següent manera:

- Inversor 1: 68 mòduls – 17 mòduls/*string*, 4 *strings*.
- Inversor 2: 68 mòduls - 17 mòduls/*string*, 4 *strings*.

Com es pot observar, la instal·lació disposarà d'un total de 136 mòduls, repartits en 8 cadenes que es dividiran entre els 2 inversors disponibles. Cada inversor tindrà 2 entrades lliures per si es decidís ampliar la instal·lació.

Finalment, la instal·lació fotovoltaica tindrà les següents modificacions:

$$N^{\circ} \text{ final de mòduls fotovoltaics} = 136 \quad (90)$$

$$\text{Potència Final} = (136 \cdot 400) \text{ W} \quad (91)$$

$$\text{Potència Final} = 54,4 \text{ kW} \quad (92)$$

3.2.4. Condicions a complir

Després de veure les característiques elèctriques que tenen els mòduls i l'inversor, es procedirà a calcular les condicions que ha de complir la instal·lació d'acord amb els dispositius escollits.

V_{oc} string < V_{max} inversor

$$V_{max}inversor = 1000 V \quad (93)$$

$$V_{oc}string = N^{\circ} \text{ mòduls per string} \cdot V_{oc}mòdul \quad (94)$$

$$V_{oc}string = 17 \cdot 49,8 \quad (95)$$

$$V_{oc}string = 844,6 V \quad (96)$$

Compleix la condició, ja que $844,6 V < 1000 V$.

V_{oc} string < V_{max} mòdul

$$V_{oc}string = 17 \cdot 49,8 \quad (97)$$

$$V_{oc}string = 844,6 V \quad (98)$$

Compleix la condició, ja que $44,6 V < 1500 V$.

V_{mpp} string < V_{mpp} inversor

$$\text{Rang } V_{mpp}inversor = 580 - 850 V \quad (99)$$

$$V_{mpp}string = N^{\circ} \text{ mòduls per string} \cdot V_{mpp}mòdul \quad (100)$$

$$V_{mpp}string = 17 \cdot 41,7 \quad (101)$$

$$V_{mpp}string = 708,9 V \quad (102)$$

Compleix la condició, ja que $580 V < 708,9 V < 850 V$

$I_{max\ inversor} > N_{max\ cadenes} \cdot I_{mpp\ mòdul}$

$$I_{max\ inversor} = 36,1\ A \quad (103)$$

$$N_{max\ cadenes} = \frac{P_{max\ inversor}}{N \cdot P_{mòdul}} \quad (104)$$

$$N_{max\ cadenes} = \frac{25000}{17 \cdot 400} \quad (105)$$

$$N_{max\ cadenes} = 3,67 \quad (106)$$

Amb aquest resultat es pot dir que si utilitzem mòduls de 400 W, si s'instal·lessin cadenes formades per 17 mòduls en sèrie, es podrien formar un total de 3 *strings* amb aquestes característiques.

$$I_{mpp\ mòdul} = 9,6\ A \quad (107)$$

$$I_{max\ inversor} > 3 \cdot 9,6 \quad (108)$$

$$I_{max\ inversor} > 28,8\ A \quad (109)$$

Compleix la condició, ja que $28,8\ A < 36,1\ A$

3.3. Suports dels mòduls

Es necessitarà un total de 28 kits de suports en horitzontal per a 3 panells i 26 kits de suports per a 2 panells. Aquests suports aniran muntats sobre el sostre escollit, sent una superfície de xapa metàl·lica amb una pendent del 6%.

Tal i com s'ha vist anteriorment, els suports escollits són estructures inclinades per a poder obtenir la inclinació de les plaques adient, i ens els proporciona el proveïdor *Autosolar*. Aquests, hauran de tenir unes dimensions, d'acord amb la superfície de la instal·lació.

La instal·lació dels suports haurà de seguir les especificacions estipulades al *PCT* del *IDAE*.

3.4. Cablejat

Després de calcular tot el necessari per obtenir els dispositius escollits per poder realitzar el present projecte, el següent pas és determinar els paràmetres que definiran el cablejat a utilitzar per a les corresponents connexions de la instal·lació.

3.4.1. Longitud

Segons el *PCT* del *IDAE*, el cable haurà de tenir la longitud necessària per a no generar esforços en els diversos elements ni possibilitat de que el personal que transiti per la instal·lació es pugui enganxar.

La instal·lació desitjada, es dividirà en diferents trams, ja que es disposa de 3 inversor i cada un té 3 entrades i sortides.

CABLE	DESCRIPCIÓ	TRAM	L (m)
Cable string 1 Inversor 1	Cable que connectarà 17 mòduls de 400W en sèrie	Inversor 1 - Inversor 1	52,8
Cable string 2 Inversor 1	Cable que connectarà 17 mòduls de 400W en sèrie	Inversor 1 - Inversor 1	63,8
Cable string 3 Inversor 1	Cable que connectarà 17 mòduls de 400W en sèrie	Inversor 1 - Inversor 1	74,8
Cable string 8 Inversor 1	Cable que connectarà 17 mòduls de 400W en sèrie	Inversor 1 - Inversor 1	85,8
Cable string 4 Inversor 2	Cable que connectarà 17 mòduls de 400W en sèrie	Inversor 2 - Inversor 2	41,8
Cable string 5 Inversor 2	Cable que connectarà 17 mòduls de 400W en sèrie	Inversor 2 - Inversor 2	52,8
Cable string 6 Inversor 2	Cable que connectarà 17 mòduls de 400W en sèrie	Inversor 2 - Inversor 2	63,8
Cable string 7 Inversor 2	Cable que connectarà 17 mòduls de 400W en sèrie	Inversor 2 - Inversor 2	74,8
Cable inversor caixa derivació	Cable que connectarà l'inversor 1 amb la caixa de derivació	Inversor 1 - Caixa de derivació	2,1
Cable inversor caixa derivació	Cable que connectarà l'inversor 2 amb la caixa de derivació	Inversor 2 - Caixa de derivació 1	2,1
Cable caixa derivació quadre general	Cable que connectarà la caixa de derivació amb el quadre general	Caixa de derivació 1 – Quadre elèctric pavelló	33

Taula 14. Llista de cables

El càlcul dels cables s'ha realitzat per mitjà de la mesura d'aquests a través del plànol on es representa la instal·lació fotovoltaica amb el corresponent cablejat, i posteriorment realitzant els següents càlculs per a fer una estimació:

CABLE	TIPUS	L (m)	H (m)	error (%)	L.final (m)
Cable string 1 Inversor 1	FOTOVOLTAIC	40	8	10	52,8
Cable string 2 Inversor 1	FOTOVOLTAIC	50	8	10	63,8
Cable string 3 Inversor 1	FOTOVOLTAIC	60	8	10	74,8
Cable string 8 Inversor 1	FOTOVOLTAIC	70	8	10	85,8
Cable string 4 Inversor 2	FOTOVOLTAIC	30	8	10	41,8
Cable string 5 Inversor 2	FOTOVOLTAIC	40	8	10	52,8
Cable string 6 Inversor 2	FOTOVOLTAIC	50	8	10	63,8
Cable string 7 Inversor 2	FOTOVOLTAIC	60	8	10	74,8
Cable inversor 1 caixa derivació	RZ1-K (AS)	1,8	0	10	1,98
Cable inversor 2 caixa derivació	RZ1-K (AS)	1,8	0	10	1,98
Cable c.derivació quadre general	RZ1-K (AS)	20	10	10	33

Taula 15. Longitud final dels cables

Sumant totes les longituds, finalment necessitarem una longitud de cable total de:

- 510,4 m de cable fotovoltaic.
- 37 m de cable RZ1-K (AS).

3.4.2. Tipus de cable

Segons el *PCT* del *IDAE*, els conductors dels cables hauran de ser de coure. També, tot el cablejat de contínua haurà de ser de doble aïllament i adequat pel seu ús en intempèrie, aire lliure o enterrat, d'acord amb la norma *UNE 21123*.

S'utilitzaran 2 tipus de cablejat:

- **Cablejat fotovoltaic:** Encarregat de la interconnexió dels mòduls fotovoltaics amb l'inversor. Estan compostos per un conductor de coure electrolític estanyat per assegurar la correcta conductivitat, disposant de doble aïllament per millorar la seva resistència a la intempèrie, la incidència directa dels raigs ultraviolats i temperatures extremes ambientals. També, són compostos lliure d'halògens, material auto-extingible per evitar flama amb baixa emissió de gasos nocius en cas d'incendi. A més hem de tenir en compte que, a diferència dels cables tradicionals de corrent altern, aquests cables són unipolars, no es fabriquen agrupats en mànega. Millora el rendiment general de la instal·lació a causa de la seva menor degradació amb el pas el temps. A més, disposem d'una major vida útil, gràcies a les propietats esmentades anteriorment.
- **Cablejat RZ1-K:** Conductor de coure electrolític amb aïllament polietilè reticulat (XLPE). Encarregat de la interconnexió dels inversors amb la corresponent caixa de derivació, així com de la caixa de derivació amb el quadre general.

3.4.3. Càlcul de la secció

Per a realitzar un càlcul adequat de la secció dels diferents cables que formen la instal·lació del present projecte, cal determinar-la tant per caiguda de tensió, com per intensitat màxima admissible i escollint la secció major entre els dos càlculs.

Posteriorment, un cop coneguda la secció dels cables, es procedirà a seleccionar les proteccions que millor s'ajustin a les característiques dels cable.

El primer pas serà recollir els principals paràmetres dels cables que es poden trobar per a poder calcular les seves respectives seccions:

CABLE	TRAM	MAT.	AÏLLAMENT	TIPUS	CIRCUIT	TENSIÓ (V)	L (m)
Cable string 1 Inversor 1	Inversor 1 - Inversor 1	Cu	XLPE	PV	1F	41,7	52,8
Cable string 2 Inversor 1	Inversor 1 - Inversor 1	Cu	XLPE	PV	1F	41,7	63,8
Cable string 3 Inversor 1	Inversor 1 - Inversor 1	Cu	XLPE	PV	1F	41,7	74,8
Cable string 8 Inversor 1	Inversor 1 - Inversor 1	Cu	XLPE	PV	1F	41,7	85,8
Cable string 4 Inversor 2	Inversor 2 - Inversor 2	Cu	XLPE	PV	1F	41,7	41,8
Cable string 5 Inversor 2	Inversor 2 - Inversor 2	Cu	XLPE	PV	1F	41,7	52,8

Cable string 6 Inversor 2	Inversor 2 - Inversor 2	Cu	XLPE	PV	1F	41,7	63,8
Cable string 7 Inversor 2	Inversor 2 - Inversor 2	Cu	XLPE	PV	1F	41,7	74,8
Cable inversor caixa derivació	Inversor 1 - Caixa de derivació 1	Cu	XLPE	RZ1-K (AS)	3F+N+T	400	2
Cable inversor caixa derivació	Inversor 1 - Caixa de derivació 1	Cu	XLPE	RZ1-K (AS)	3F+N+T	400	2
Cable c.derivació quadre general	Inversor 2 - Caixa de derivació 1	Cu	XLPE	RZ1-K (AS)	3F+N+T	400	33

Taula 16. Dades dels cables

3.4.3.1. Secció per caiguda de tensió

Segons el *PCT* del *IDAE*, els cables hauran de tenir una secció adequada per a evitar caigudes de tensió i escalfaments. Concretament, per a qualsevol condició de treball, els conductors hauran de tenir la secció suficient per a que la caiguda de tensió sigui inferior de l'1,5%.

També, segons la *ITC-BT-40*, els cables de connexió hauran d'estar dimensionats per a una intensitat no inferior al 125% de la màxima intensitat del generador, i la caiguda de tensió entre el generador i el punt d'interconnexió a la Xarxa de Distribució Pública o a la instal·lació interior, no serà superior al 1,5%, per a la intensitat nominal, encara que es recomana que aquest valor no superi el 0,5%.

Per a realitzar el càlcul de la secció, s'hauran d'utilitzar les següents expressions:

Cablejat que interconnecta l'inversor amb el punt de connexió:

$$S = \sqrt{3} \cdot \frac{L \cdot I \cdot \cos(\varphi)}{\Delta V \cdot C} \quad (110)$$

Aquesta expressió és la corresponent pel corrent altern, ja que ha estat convertit mitjançant l'inversor.

Cablejat que interconnecta les plaques amb l'inversor:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\Delta V \cdot n \cdot C} \quad (111)$$

Aquesta expressió és la corresponent pel corrent continu.

On:

- **S:** Secció del conductor (mm).
- **L:** Longitud del conductor (m)
- **I:** Intensitat màxima admissible del contactor.
- **cos(ϕ):** Factor de potència. S'estimarà un valor de 0,8.
- **ΔV :** Caiguda de tensió. Com que no podem superar el 1,5%, agafarem aquest valor com a caiguda de tensió màxima en la part CC, i agafarem una caiguda de tensió de 1,5% també a la de AC, repartint 0,25% al tram 2 i 1,25% al tram 3.
- **C:** Conductivitat del material del conductor, en aquest cas és coure (Cu), llavors $C=56$ ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$).
- **n:** Número de plaques en sèrie.

Conductor que interconnecta inversor i mòduls fotovoltaics

Per a poder calcular la secció d'acord amb l'expressió vista anteriorment, falta realitzar el càlcul de la intensitat màxima admissible pel cablejat en aquell tram. Es tracta del tram entre els mòduls i l'inversor, per tant, l'expressió utilitzada serà la següent:

$$I = \frac{P_{max}}{V_{mpp}} \quad (112)$$

On:

- **I:** Intensitat màxima admissible pel cablejat en aquell tram (A).
- **P_{max}:** Potència màxima de la placa (W).
- **V_{mpp}:** Tensió de la placa en el punt de màxima potència (V).

D'acord amb les dades esmentades anteriorment del model de placa fotovoltaica, el resultat serà:

$$I = \frac{400}{41,7} \quad (113)$$

$$I = 9,59 \text{ A} \quad (114)$$

Finalment, ja es pot calcular la secció del cablejat que interconnecta l'inversor amb els mòduls fotovoltaics, segons les diferents longituds i el número de plaques en sèrie que tingui:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot (1,25 \cdot 9,59)}{1,5\% \cdot 41,7 \cdot n \cdot 54} \text{ (mm}^2\text{)} \quad (115)$$

CABLE	L (m)	n	S.mínima (mm2)
Cable string 1 Inversor 1	52,8	17	2,20
Cable string 2 Inversor 1	63,8	17	2,66
Cable string 3 Inversor 1	74,8	17	3,12
Cable string 8 Inversor 1	85,8	17	3,58
Cable string 4 Inversor 2	41,8	17	1,75
Cable string 5 Inversor 2	52,8	17	2,20
Cable string 6 Inversor 2	63,8	17	2,66
Cable string 7 Inversor 2	74,8	17	3,12

Taula 17. Seccions mínimes dels cables

Aquestes seccions però, no són les definitives, cal normalitzar-les segons la taula que ens proporciona la *ITC-BT-19*:

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

Método de instalación*	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
	3x PVC	2x PVC	3x XLPE	2x XLPE	3x XLPE	2x XLPE	3x XLPE	2x XLPE	3x XLPE	2x XLPE	3x XLPE	2x XLPE	
A1													
A2	3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE								
B1				3x PVC	2x PVC		3x XLPE		2x XLPE				
B2			3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE						
C					3x PVC	2x PVC	3x XLPE		2x XLPE				
E						3x PVC	2x PVC	3x XLPE	2x XLPE		2x XLPE		
F							3x PVC	2x PVC	3x XLPE	2x XLPE		2x XLPE	
Sección mm ² COBRE	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	--	
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	--	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	--	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	--	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	--	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	--	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35	--	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50	--	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70	--	--	--	149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95	--	--	--	180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120	--	--	--	208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150	--	--	--	236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185	--	--	--	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	--	--	--	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
300	--	--	--	361	401	430	461	500	538	563	638	678	
400	--	--	--	431	480	515	552	609	645	674	770	812	
500	--	--	--	493	551	592	633	687	741	774	889	931	
630	--	--	--	565	632	681	728	790	853	890	1028	1071	

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

Taula 18. Seccions segons la ITC-BT-19

Per tant, seguint la taula de seccions normalitzades, les seccions mínimes finals del cablejat que interconnecta els mòduls fotovoltaics amb cada inversor queda de la següent manera, tenint en compte que en algunes el seu valor més pròxim és massa just i s'ha escollit el següent per prevenció:

CABLE	S (mm2)
Cable string 1 Inversor 1	4
Cable string 2 Inversor 1	4
Cable string 3 Inversor 1	4
Cable string 8 Inversor 1	4
Cable string 4 Inversor 2	4
Cable string 5 Inversor 2	4
Cable string 6 Inversor 2	4
Cable string 7 Inversor 2	4

Taula 19. Seccions normalitzades dels cables (Tram 1)

Conductors que interconnecten els inversors amb la caixa de derivació:

Es seguirà el mateix procediment emprat anteriorment, amb la diferència que es té corren altern i l'expressió per calcular la secció canvia:

$$S = \sqrt{3} \cdot \frac{L \cdot I \cdot \cos(\varphi)}{\Delta V \cdot C} \quad (116)$$

En aquest cas, la intensitat utilitzada serà la màxima de sortida de l'inversor:

$$I = 36,1 \text{ A} \quad (117)$$

Aquí però, la secció serà la mateixa pels dos conductors que tenim, ja que es tenen dos inversors i una longitud de cable iguals. Cal recordar que la caixa de derivació s'ubicarà al costat dels inversors, tenint una longitud mínima.

$$S = \sqrt{3} \cdot \frac{2 \cdot (1,25 \cdot 36,1) \cdot 0,8}{0,25\% \cdot 400 \cdot 54} \text{ (mm}^2\text{)} \quad (118)$$

$$S = 4,63 \text{ mm}^2 \quad (119)$$

CABLE	S (mm2)
Cable 1 caixa derivació	6
Cable 2 caixa derivació	6

Taula 20. Seccions normalitzades dels cables (Tram 2)

Conductor que interconnecta la caixa de derivació amb el quadre general:

Es seguirà el mateix procediment emprat anteriorment, amb la diferència que es té corren altern i l'expressió per calcular la secció canvia:

$$S = \sqrt{3} \cdot \frac{L \cdot I \cdot \cos(\varphi)}{\Delta V \cdot C} \quad (120)$$

En aquest cas, la intensitat utilitzada serà la màxima de sortida de l'inversor:

$$I = 36,1 A \quad (121)$$

$$S = \sqrt{3} \cdot \frac{33 \cdot (1,25 \cdot 36,1) \cdot 0,8}{1,25\% \cdot 400 \cdot 54} \quad (mm^2) \quad (122)$$

$$S = 15,28 mm^2 \quad (123)$$

CABLE	S (mm2)
Cable caixa derivació quadre general	16

Taula 21. Seccions normalitzades dels cables (Tram 3)

3.4.3.2. Secció per intensitat màxima admissible

Un cop obtingudes les seccions mínimes necessàries del cablejat de la instal·lació, caldrà realitzar la comprovació per intensitat màxima admissible per si es necessita una secció major a la calculada per caiguda de tensió.

Per a realitzar aquesta comprovació, s'hauran de tenir en compte una sèrie de factors:

- Mètode d'instal·lació:
- Secció per c.d.t. (calculada prèviament)
- Intensitat nominal (calculada prèviament)
- Factors de correcció

Pel que fa el primer punt, el mètode d'instal·lació, fa referència al vist a la *Taula 18* que es troba al *ITC-BT-19*. Per a la instal·lació del present projecte, el mètodes emprats seran els que corresponen a les lletres *E* i *F*.

El mètode *E* és per a cables multipolars a l'aire lliure, emprat pels cables de la instal·lació que interconnecten l'inversor amb el punt de connexió. El mètode *F* és pels cables unipolars en contacte a l'aire lliure, emprat pels cables de la instal·lació que interconnecten els mòduls fotovoltaics amb l'inversor.

L'altre punt a tenir en compte és el dels factors de correcció. Per a determinar correctament aquest paràmetre, s'ha de realitzar de la següent manera:

$$k_{total} = k_1 * k_2 * k_3 \quad (124)$$

On:

K₁: Factor de correcció per temperatura.

K₂: Factor de correcció per agrupament de cables.

K₃: Factor de correcció per estar exposat al sol.

La temperatura ambient que s'ha agafat de referència és de 40°C. Cal aclarir que sempre s'agafaran els valors que puguin presentar el pitjor dels casos per tal no tenir problemes futurs a la instal·lació.

La instal·lació fotovoltaica consta de 3 trams de cablejat:

- **Tram 1:** Cablejat que interconnecta els mòduls fotovoltaics amb cada inversor.
- **Tram 2:** Cablejat que interconnecta cada inversor amb la caixa de derivació.
- **Tram 3:** Cablejat que interconnecta la caixa de derivació amb el quadre general.

Per a oferir una adequada protecció i una corresponent canalització, s'utilitzaran tubs de material PVC, per a portar els conductors pel camí desitjat. Aquesta instal·lació de canalització només serà necessària pel Tram 1, ja que el Tram 2 es compon de dos cables molt curts i el Tram 3 utilitzarà la canalització ja existent que utilitzen els col·lectors solars per a anar al quadre general.

Tal i com es pot observar al plànol de la instal·lació, el nombre màxim de conductors que s'agruparan serà de 8, però s'ha decidit que es faran ús de tubs que permetin un número total de conductors de 2, per tal d'agrupar cada *string*.

Per a determinar el diàmetre dels cables, s'ha seguit la següent taula, que si s'agafa la secció major dels cables que es puguin trobar a la instal·lació, en aquest cas serà 4 mm², s'obté un diàmetre de 6,5 mm.

ESPECIFICACION DE PRODUCTO

EPB251029

Características dimensionales nominales

Composición	Diám. aprox. cond. ⁽³⁾ (mm)	Peso aprox. (kg/km)	Intensidad max. ⁽¹⁾⁽²⁾ de acuerdo con el método de instalación		
			Un cable al aire (A)	Un cable sobre superficie (A)	Cables adyacentes a superficies (A)
1x1,5	5,3	40	30	29	24
1x2,5	5,8	50	41	39	33
1x4	6,5	70	55	52	44
1x6	7,3	90	70	67	57
1x10	8,5	140	98	93	79
1x16	9,8	200	132	125	107
1x25	10,9	290	176	167	142
1x35	12,5	390	218	207	176
1x50	14,3	540	276	262	221
1x70	16,4	730	347	330	278
1x95	17,7	930	416	395	333
1x120	20,4	1200	488	464	390
1x150	22,3	1470	566	538	453
1x185	24,9	1800	644	612	515
1x240	27,9	2340	775	736	620

(1) Intensidad máxima admisible: T. ambiente = 60°C, T. máx. del conductor = 120°C

(2) El período de uso esperado en el máxima temperatura del conductor de 120 ° C y a un máxima temperatura ambiente de 90 ° C es limitada a 20000 h.

(3) Diámetro externo mínimo ≥ 0,9 x Diámetro nominal; Diámetro externo máximo ≤ 1,1 x Diámetro nominal.

Taula 22. Diàmetres exteriors dels cables

Un cop sabut el diàmetre que pot ocupar com a màxim un cable a la instal·lació, cal determinar la dimensió dels tubs que s'utilitzaran per a canalitzar els corresponents conductors. Tal i com s'ha comentat anteriorment, es disposarà d'un total de 2 cables màxim per tub, obtenint finalment un diàmetre exterior dels tubs, tal i com mostra la *Taula 23*:








Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

Taula 23. Diàmetre exterior dels tubs segons la secció del cablejat

Finalment, ja que es té una secció de cablejat de 4 mm² i un total de 2 conductors per tub, s'ha obtingut un diàmetre exterior de la canalització de 16 mm. Tal i com es pot observar al plànol de la instal·lació, s'ha dissenyat en el pitjor cas, és a dir, amb unes dimensions superiors a les necessàries de metres de tub, ja que hi haurà trams que no caldran, però això es determinarà en el moment de la instal·lació.

Per a saber les intensitats màximes admissibles que podran suportar cada cable segons la seva secció, s'ha observat la *Taula 24* que dictamina la *Norma UNE 20460-5-523* per a intensitats màximes admissibles per el mètode d'instal·lació del present projecte, el qual es tracta del mètode E (part AC), cables multipolars a l'aire lliure, i per mètode F (part CC), cables unipolars a l'aire lliure, també amb un aïllament XLPE, els conductors són de coure i la temperatura del conductor és de 90° (C = 54Ω·mm²/m).

Tabla 52 – C11
Intensidades admisibles, en amperios, para los métodos de instalación E, F y G de la tabla 52 – B1
Aislamiento XLPE/EPR, conductores de cobre
Temperatura del conductor: 90 °C
Temperatura ambiente de referencia: 30 °C

Sección nominal de los conductores mm ²	Métodos de instalación de la tabla 52 – B1						
	Cables multiconductores			Cables unipolares			
	Dos conductores cargados	Tres conductores cargados	Dos conductores cargados en contacto	Tres conductores cargados en triángulo	Tres conductores cargados en plano		
					En contacto	Separados	
						Horizontales	Verticales
							
	Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Método G	Método G
1	2	3	4	5	6	7	8
1,5	26	23	–	–	–	–	–
2,5	36	32	–	–	–	–	–
4	49	42	–	–	–	–	–
6	63	54	–	–	–	–	–
10	86	75	–	–	–	–	–
16	115	100	–	–	–	–	–
25	149	127	161	135	141	182	161
35	185	158	200	169	176	226	201
50	225	192	242	207	216	275	246
70	289	246	310	268	279	353	318
95	352	298	377	328	342	430	389
120	410	346	437	383	400	500	454
150	473	399	504	444	464	577	527
185	542	456	575	510	533	661	605
240	641	538	679	607	634	781	719
300	741	621	783	703	736	902	833
400	–	–	940	823	868	1 085	1 008
500	–	–	1 083	946	998	1 253	1 169
630	–	–	1 254	1 088	1 151	1 454	1 362

NOTA – Las secciones se suponen circulares hasta los 16 mm² inclusive. Para secciones superiores, los valores indicados se refieren a almas sectoriales y pueden ser aplicados de forma segura a las almas circulares.

Taula 24. Intensitats màximes admissibles

Gràcies a la taula anterior, es pot realitzar una verificació de si la intensitat màxima admissible per cablejat és major a la intensitat nominal que es té, sempre considerant els factors de correcció comentats anteriorment, i que s'obtenen segons les taules que s'observen a continuació segons la a IEC 60364-5-52.

Factor de correcció per temperatura

Ambient temperature °C	Insulation			
	PVC	XLPE and EPR	Mineral *	
			PVC covered or bare and exposed to touch 70 °C	Bare not exposed to touch 105 °C
10	1,22	1,15	1,26	1,14
15	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,06	1,04	1,07	1,04
35	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,87	0,91	0,85	0,92
45	0,79	0,87	0,87	0,88
50	0,71	0,82	0,67	0,84
55	0,61	0,76	0,57	0,80
60	0,50	0,71	0,45	0,75
65	–	0,65	–	0,70
70	–	0,58	–	0,65
75	–	0,50	–	0,60
80	–	0,41	–	0,54
85	–	–	–	0,47
90	–	–	–	0,40
95	–	–	–	0,32

* For higher ambient temperatures, consult manufacturer.

Taula 25. Factors de correcció per temperatura

Els altres factors de temperatura serien el factor per agrupació de cables, però només es té en compte a partir de més de 3 cables per tub, per tant el factor de correcció aquí serà 1, i finalment el factor de correcció per cable exposat al sol serà de 0,9 si ho està i de 1 si no, recollint-se les dades a la *Taula 26*:

CABLE	k temperatura		k exposat al sol		k total
	temp. (°C)	k	si/no	k	
Cable string 1 Inversor 1	40	1	SI	0,9	0,9
Cable string 2 Inversor 1	40	1	SI	0,9	0,9
Cable string 3 Inversor 1	40	1	SI	0,9	0,9
Cable string 8 Inversor 1	40	1	SI	0,9	0,9
Cable string 4 Inversor 2	40	1	SI	0,9	0,9
Cable string 5 Inversor 2	40	1	SI	0,9	0,9
Cable string 6 Inversor 2	40	1	SI	0,9	0,9
Cable string 7 Inversor 2	40	1	SI	0,9	0,9
Cable inversor caixa derivació	40	1	NO	1	1
Cable inversor caixa derivació	40	1	NO	1	1
Cable caixa derivació quadre general	40	1	NO	1	1

Taula 26. Factors de correcció de la instal·lació

Finalment, amb els valors obtinguts anteriorment, es poden determinar els valors de les seccions dels cables per intensitat màxima admissible.

Per poder obtenir-ho, s'haurà de complir la següent condició:

$$I_{nominal} < I_{max.adm.} \cdot k_{total} \quad (125)$$

Observant la *Taula 24*, es pot determinar que els cables PV corresponents a la part CC, tindran la mateixa secció que ja s'havia determinat per c.d.t., però els cables de la part AC tindran les seccions recollides a la *Taula 27*:

SECCIÓ C.D.T. (mm ²)	SECCIÓ I _{max} (mm ²)	MÈTODE	I _{max} (A)		I nominal (A)
6	6	E	54	>	36,1
6	6	E	54	>	36,1
16	16	E	100	>	72,2

Taula 27. Seccions del cablejat segons intensitat màxima admissible

Tal i com es pot observar, les condicions es compleixen, obtenint finalment els valors de les seccions del cablejat de la instal·lació del present projecte. Cal afegir que la intensitat que passa pel cable que va des de la caixa de derivació fins el quadre general és la suma dels corrents de sortida dels inversors que passen pel cablejat del tram 2.

Per seguretat però, tot i complir-se les condicions, s'han escollit les seccions superiors immediates dels cables que formen la part AC, ja que es considera d'alta seguretat, sent finalment les seccions de 10 mm² (4x10 mm² ja que són 3 conductors i el neutre), per al cable que va des de l'inversor a la caixa de derivació, i 25 mm² (4x25 mm²) per al cable que va des de la caixa de derivació fins al quadre general.

3.4.4. Proteccions

Després de realitzar el càlcul de les seccions del cablejat de la instal·lació, el que es necessita és garantir la seguretat i el correcte funcionament de la instal·lació desitjada. És per aquest motiu que cal instal·lar una sèrie de proteccions, classificades segons el tipus:

- Proteccions contra sobreintensitats.
- Proteccions contra sobretensions.
- Proteccions contra contactes directes i contactes indirectes.

3.4.4.1. Proteccions contra sobreintensitats

Tot circuit estarà protegit contra els efectes de les sobreintensitats que puguin presentar-se en el mateix, pel qual la interrupció d'aquest circuit es realitzarà en un temps convenient o estarà dimensionat per les sobreintensitats previsibles.

Existeixen diferents causes que provoquen sobreintensitats:

- Sobrecàrregues degudes als aparells d'utilització o defectes d'aïllament de gran impedància.
- Curtcircuits.

- Descàrregues elèctriques atmosfèriques.

Per a calcular la intensitat que tindrà cada equip de protecció, cal que es trobi dins del rang entre la intensitat nominal i la intensitat màxima admissible calculada prèviament.

$$I_{nominal} < I_{proteccio} < I_{max.adm.}$$

Un cop s'obté aquest valor, s'ha d'observar a la taula d'intensitats nominals normalitzades per a determinar el calibratge de l'interruptor que s'utilitzarà:

2	4	6	10	16	20	25	35
40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	425	500	630	800	1000

Taula 28. Intensitats nominals normalitzades

El primer tram, que connecta els *strings* amb l'inversor, ja estaria resolt, ja que el propi inversor disposa de la seva pròpia protecció a través de fusibles. Cal determinar però el calibratge dels interruptors que es necessiten per als trams restants:

Tram 2 – Cablejat inversor a caixa de derivació

En aquest cas tenim que la intensitat nominal és de 36,1 A i que la intensitat màxima admissible és de 75 A, ja que finalment s'ha escollit una secció de cable de 10 mm².

Per tant dins del rang entre 36,1 i 75 A, trobem els possibles valors de protecció de 40,50 i 63 A. Finalment escollirem el valor de 50 A, ja que el valor de 40 A seria massa just i el de 63 A estaria sobredimensionat.

Per a protegir correctament la instal·lació, es farà ús d'un altre interruptor de protecció a la mateixa caixa de derivació. Ja que la intensitat sortint de la caixa de derivació serà la suma de les intensitats provinents dels inversors, s'utilitzarà un interruptor de protecció de 100 A.

Tram 3 – Cablejat caixa de derivació a quadre general

En aquest tram, s'utilitzarà un interruptor magneto-tèrmic de 100 A situat al propi quadre general del pavelló, ja que la intensitat nominal que li arriba serà la provinent de la caixa de derivació, és a dir, 72,2 A.

Finalment, a la *Taula 29* es recullen les proteccions pertinents escollides per a la instal·lació del present projecte.

CABLE	TIPUS DE PROTECCIÓ	I protecció (A)
Cable inversor caixa derivació	Interruptor	50
Cable inversor caixa derivació	Interruptor	50
Cable c.derivació quadre general	Interruptor	100

Taula 29. Proteccions escollides per la instal·lació

3.4.4.2. Proteccions contra sobretensions

Les sobretensions permanents són augments de tensió superior al 10% de la tensió nominal i durada indeterminada. L'alimentació d'equips amb una tensió superior a aquella per a la qual han estat dissenyats pot generar:

- Sobreescalfament dels equips.
- Reducció de la vida útil.
- Incendis.
- Destrucció dels equips.
- Interrupció del servei.

Els aparells de la instal·lació que tenen més probabilitat a patir les diferents causes comentades anteriorment que produeixen les sobretensions, són els inversors.

En aquest cas però, el propi inversor ja disposa de les seves pròpies proteccions contra les sobretensions, tal i com es pot observar a la seva fitxa tècnica.

DATOS GENERALES	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	725 x 510 x 225 mm	
Peso	35,7 kg	
Tipo de protección	IP 66	
Clase de protección	1	
Categoría de sobretensión (CC/ CA) ¹⁾	1 + 2 / 3	
Consumo nocturno	< 1 W	
Concepto de inversor	Sin transformador	
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada	
Instalación	Instalación interior y exterior	
Margen de temperatura ambiente	-25 - +60 °C	
Humedad de aire admisible	0 a 100 %	
Máxima altitud	2.000 m	
Tecnología de conexión CC	Conexión de 6x CC+ y 6x CC- bornes roscados 2,5 mm ² - 16 mm ²	
Tecnología de conexión principal	Conexión de 5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²	
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G59/3, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21	

Taula 30. Dades generals de l'inversor escollit

3.4.4.3. Proteccions contra contactes

La protecció contra els contactes directes i indirectes es realitza mitjançant la utilització de molt baixa tensió *MBTS*, que ha de complir les següents condicions:

- Tensió nominal en el camp d'acord a la norma *UNE 20,481* i la *ITC-BT-36*.
- Font d'alimentació de seguretat per a *MBTS* d'acord amb l'indicat a la norma *UNE 20.460-4-41*.
- Els circuits d'instal·lacions de *MBTS*, compliran amb el que s'indica a la Norma *UNE 20.460-4-41* i a la *ITC-BT-36*.

Protecció contra contactes directes

Aquesta protecció consisteix en prendre les mesures destinades a protegir les persones contra els perills que poden derivar-se d'un contacte amb les parts actives dels materials elèctrics.

Les mesures a utilitzar venen exposades i definides a la Norma *UNE 20.460-4-41*, que són habitualment:

- **Protecció per aïllament de les parts actives:** Les parts actives hauran d'estar recobertes d'un aïllament que només pugui ser eliminat en cas de destruir-lo, per a evitar el contacte amb elements conductors.
- **Protecció per mitjà de barreres:** Consisteix en situar les parts actives darrere de barreres que tinguin, com a mínim, el grau de protecció *IP XXB* segons la *UNE 20.324*. Les barreres han de fixar-se de manera segura i han de ser robustes tenint una durabilitat suficient per a mantenir els graus de protecció exigits, amb una separació suficient de les parts actives en condicions normals de servei.
- **Protecció per mitjà d'obstacles:** Els obstacles estan destinats a impedir els contactes fortuïts amb les parts actives, però no els contactes voluntaris per una temptativa deliberada a salvar l'obstacle. Els obstacles han d'impedir acostaments físics no intencionats a les parts actives i contactes no intencionats amb les parts actives en el cas d'intervencions en equips sota tensió durant el servei.
- **Protecció per posta a terra fora d'abast per llunyania:** Està destinada solament a impedir els contactes fortuïts amb les parts actives, limitant-se a la pràctica als locals de servei elèctric només accessibles al personal autoritzat. Aquestes zones no han de trobar-se dins el volum d'accessibilitat, que és l'espai en el que permeten i circulen normalment persones, estant limitat per un obstacle.
- **Protecció complementària per dispositius de corrent diferencial residual:** Està destinada a complementar les altres mesures de protecció contra contactes directes. La utilització de dispositius de corrent diferencial-residual, la qual té com a valor de corrent diferencial assignat de funcionament 30 mA o inferior, reconeixent-se com mesura de protecció complementària en cas de falla d'una altra mesura de protecció.

3.4.4.4. Protecció contra contactes indirectes

La protecció total contra els contactes indirectes es pot fer mitjançant l'aïllament de les parts actives, deixant sense possibilitat de remoure l'aïllament mateix o mitjançant cobertes i barreres que assegurin un grau adequat de protecció.

Aquesta protecció s'aconsegueix mitjançant l'aplicació d'algunes de les mesures següents:

- **Protecció per tall automàtic de l'alimentació:** El tall automàtic de l'alimentació després de l'aparició d'una fallada està destinat a impedir que una tensió de contacte de valor suficient, es mantingui durant un temps tal que pot donar com a resultat un risc. Hi ha d'haver una adequada coordinació entre l'esquema de connexions a terra de la instal·lació utilitzat d'entre els descrits a la *ITC-BT-08* i les característiques dels dispositius de protecció. La tensió límit convencional és igual a 50 V, valor eficaç en corrent altern, en condicions normals.
- **Protecció per l'ús d'equips de la classe II:** Es tracta de l'ús d'aïllament doble o reforçat, de classe II, per evitar que estiguin en tensió en cas d'averia.
- **Protecció als locals o emplaçaments no conductors:** Aquesta mesura de protecció està destinada a impedir en cas de fallada de l'aïllament principal de les parts actives, el contacte simultani amb parts que poden ser posades a tensions diferents. Les masses han d'estar disposades de manera que, en condicions normals, les persones no facin contacte simultani: bé amb dues masses o bé amb una massa i qualsevol element conductor, si aquests elements poden trobar-se a tensions diferents en cas d'una fallada de l'aïllament principal de les parts actives. Les parets i sòls aïllants han de presentar una resistència no inferior a 50 k Ω , si la tensió nominal de la instal·lació no és superior a 500 V; i 100 k Ω , si la tensió nominal de la instal·lació és superior a 500 V i sempre amb les masses separades amb més de 2 metres entre elles.
- **Protecció mitjançant connexions equipotencials locals no connectades a terra:** Els conductors equipotencials han de connectar totes les masses i tots els elements conductors que siguin simultàniament accessibles. La connexió equipotencial local així realitzada no ha d'estar connectada a terra, ni directament ni a través de masses o d'elements conductors. S'han d'adoptar disposicions per assegurar l'accés de persones a l'emplaçament considerat sense que aquestes puguin ser sotmeses a una diferència de potencial perillosa.
- **Protecció per separació elèctrica:** Aquest sistema de protecció consisteix a separar els circuits d'utilització de la font d'energia per mitjà de transformadors o font d'alimentació, mantenint aïllats de terra tots els conductors del circuit d'utilització fins i tot el neutre.

3.4.5. Posta a Terra (PaT)

La posta a terra d'instal·lacions amb panells solars és un dels aspectes que provoca més controvèrsia a causa, generalment, a l'absència d'una reglamentació tècnica específica per a aquest tipus de projectes. La posada a terra comprèn tant la posada a terra dels equips terra de protecció com la posada a terra d'un conductor actiu terra de sistema.

Segons el *Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió* en el seu instrucció *IT BT-40* ens diu que quan la instal·lació receptora estigui acoblada a una Xarxa de Distribució Pública que tingui el neutre posat a terra, l'esquema de posada a terra serà el TT i es connectaran les masses de la instal·lació i receptors a una terra independent de la del neutre de la Xarxa de Distribució pública. Com que aquesta instal·lació disposa de dispositius de protecció contra sobreintensitats, el conductor de protecció haurà d'anar a la mateixa canalització que els conductors actius.

Per a realitzar correctament la posta a Terra de la instal·lació del present projecte, el caldrà determinar la secció dels conductors de protecció que s'hauran d'emprar. Aquests conductors serveixen per a unir elèctricament les masses de la instal·lació a certs elements per a assegurar la protecció contra els contactes indirectes.

Al circuit de connexió a terra, els conductors de protecció uniran les masses al conductor de terra, així com es poden trobar altres casos on s'uneix al neutre de la xarxa o a un relé de protecció. La secció dels conductors es determinarà segons la *Taula 31*, proporcionada per la *ITC-BT-18*:

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm ²)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm ²)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Taula 31. Relació entre les seccions dels conductors de protecció i els de fase

4. Potència prevista

L'objectiu d'aquesta part és realitzar un càlcul aproximat de la potència que generarà la instal·lació fotovoltaica del present projecte.

Per a poder realitzar-ho correctament, s'ha de estudiar les possibles pèrdues que pot tenir el sistema, les quals tindran una repercussió a la instal·lació, i saber la potència que generaran els mòduls fotovoltaics.

4.1. Pèrdues possibles

Les pèrdues són sempre un maldecap per a tota instal·lació, afectant-la en la seva producció. En aquest projecte, s'han tingut en compte les diferents pèrdues que pot tenir la instal·lació fotovoltaica dissenyada:

- Pèrdues en els conductors
- Pèrdues per temperatura
- Pèrdues per pols
- Pèrdues per ombrejat
- Pèrdues per orientació i inclinació

Pèrdues en els conductors

Per a obtenir els valors de les seccions mínimes a utilitzar per al cablejat de la instal·lació, s'ha considerat una caiguda de tensió de l'1,5%, però si es vol realitzar el càlcul exacte de la caiguda de tensió en cada tram, és a dir, determinar les pèrdues de potencial que es troben a la instal·lació, cal realitzar el següent:

Tal i com s'ha comentat abans, la secció mínima d'un conductor es calcularà depenent si es tracta d'un sistema de corrent continu o altern.

- ***Tram 1 – Cablejat que interconnecta les plaques amb l'inversor***

En aquest tram s'ha considerat una secció de 4 mm², però existeixen diferents longituds per a cada *string*, tal i com s'ha vist anteriorment, i es considerarà la següent expressió ja que es treballa amb corrent continu:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot I}{S \cdot C} \quad (126)$$

On:

- **I** = 9,6 A
- **S** = 4 mm²
- **C** = 56 Ω·mm²/m

Tram 2 – Cablejat que interconnecta els inversors amb la caixa de derivació

En aquest tram s'ha considerat una secció de 10 mm², amb una longitud insignificant, tal i com s'ha vist anteriorment, i es considerarà la següent expressió ja que es treballa amb corrent altern:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot \frac{L \cdot I \cdot \cos(\varphi)}{S \cdot C} \quad (127)$$

On:

- **I** = 36,1 A
- **S** = 10 mm²
- **C** = 56 Ω·mm²/m
- **cos(φ)** = 0,8

Tram 3 – Cablejat que interconnecta la caixa de derivació amb el quadre general

En aquest tram s'ha considerat una secció de 25 mm², amb una longitud de cablejat de 33 metres, tal i com s'ha vist anteriorment, i es considerarà la mateixa expressió anterior ja que es treballa amb corrent altern:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot \frac{L \cdot I \cdot \cos(\varphi)}{S \cdot C} \quad (128)$$

On:

- **I** = 71,2 A
- **S** = 25 mm²
- **C** = 56 Ω·mm²/m
- **cos(φ)** = 0,8

Un cop s'hagi calculat la caiguda de tensió, el valor que es necessita és la pèrdua de potencial, per tant s'obindrà el tant per cent perdut respecte la tensió inicial.

Finalment, els valors obtinguts de les pèrdues de potencial degut als conductors es recullen a través de la *Taula 32*, que la tenim a continuació:

CABLE	V (V)	ΔV	Perdues (%)
Cable string 1 Inversor 1	41,7	0,28	0,66
Cable string 2 Inversor 1	41,7	0,33	0,80
Cable string 3 Inversor 1	41,7	0,39	0,94
Cable string 8 Inversor 1	41,7	0,45	1,07
Cable string 4 Inversor 2	41,7	0,22	0,52
Cable string 5 Inversor 2	41,7	0,28	0,66
Cable string 6 Inversor 2	41,7	0,33	0,80
Cable string 7 Inversor 2	41,7	0,39	0,94
Cable inversor caixa derivació	400	0,19	0,05
Cable inversor caixa derivació	400	0,19	0,05
Cable c.derivació quadre general	400	1,22	0,31

Taula 32. Pèrdues per conductors de la instal·lació

Pèrdues per la temperatura

Aquest tipus de pèrdues es presenten quan existeix una diferència de temperatura entre la temperatura dels mòduls en condicions estàndard de 25°C i la temperatura ambient d'aquell instant.

Segons la fitxa tècnica de la placa fotovoltaica escollida, la temperatura nominal de funcionament de la cel·la és de 45°C, però per a calcular la temperatura que tindrà la cel·la caldrà seguir la següent expressió:

$$T_{cel} = T_{amb} + \frac{(T_{ONC} - 20) \cdot E}{800} \quad (129)$$

On:

- **T_{cel}** = Temperatura de la cel·la en aquelles condicions.
- **T_{amb}** = Temperatura de l'ambient.
- **T_{onc}** = Temperatura de Operació Nominal de la Cel·la (45°C en aquest cas).
- **E** = Irradiància obtinguda en W/m².

Tal i com es pot observar als valors de la *Taula 33*, proporcionats pel programa PVsyst amb el seu software incorporat *Meteonorm*, es realitza un recull de la mitjana de temperatures de cada mes a l'emplaçament escollit; i gràcies al *PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System)*, s'han obtingut els valors màxims de la irradiació solar incident a la instal·lació, per tal de calcular les pèrdues en el pitjor dels casos.

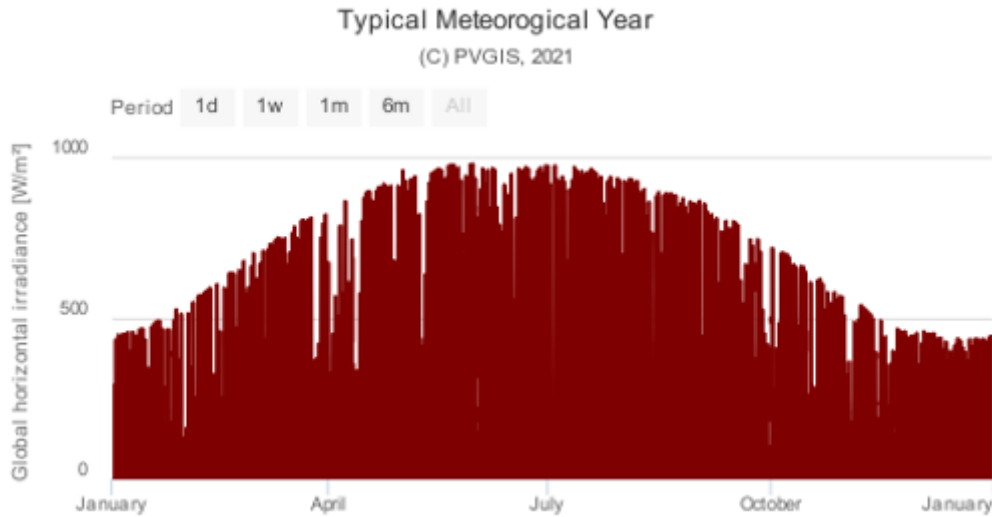


Figura 39. Valors d'irradiància solar de la zona

	T.amb (°C)	I (kWh/m2)	Dies del mes	I (kWh/m2·dia)	E (W/m2)	T.cel (°C)
GENER	9,3	66,7	31	2,15	451	23,39
FEBRER	10,1	92,7	28	3,31	608	29,10
MARÇ	13,2	144,2	31	4,65	741	36,36
ABRIL	15,4	172,4	30	5,75	850	41,96
MAIG	19,3	204,6	31	6,60	912	47,80
JUNY	23,4	228,0	30	7,60	927	52,37
JULIOL	26,3	239,0	31	7,71	954	56,11
AGOST	26,3	213,0	31	6,87	910	54,74
SETEMBRE	22,7	159,9	30	5,33	787	47,29
OCTUBRE	19,0	102,3	31	3,30	689	40,53
NOVEMBRE	13,1	66,0	30	2,20	539	29,94
DESEMBRE	9,8	42,2	31	1,36	433	23,33

Taula 33. Dades ambientals de l'emplaçament

A l'anterior taula es pot observar com les temperatures assolides per les cel·les estan dins del seu rang de funcionament sense excedir dels 85°C que figuren a la fitxa tècnica. La temperatura màxima que assolirà serà de 56,1 °C al mes de Juliol.

Per a realitzar el càlcul de les pèrdues, s'ha tingut en compte aquest valor ja que serà el pitjor cas que es trobarà la instal·lació del present projecte.

Per a calcular-ho, cal tenir en compte també el coeficient de temperatura del mòdul, que es pot trobar a la fitxa tècnica, i que en aquest cas és de -0,36% de potència per cada increment de grau de temperatura.

Ja que les condicions estàndards del model escollit són d'una temperatura de 25°C, es realitzaran els càlculs d'acord amb la *Taula 33*, obtenint la diferència de temperatura tal i com s'ha esmentat a la introducció de l'apartat, i multiplicant-la pel coeficient de temperatura del mòdul per obtenir, finalment, el tant per cent de pèrdues de potència que tindrà la instal·lació en el pitjor dels casos:

$$Pèrdues_{temp.} = Coef_{temp.} \cdot (T_{cel} - 25) \quad (130)$$

$$Pèrdues_{temp.} = 0,36 \cdot (56,1 - 25) \quad (131)$$

$$Pèrdues_{temp.} = 11,2\% \quad (132)$$

Per tant, les màximes pèrdues per temperatura que pot arribar a tenir la instal·lació seran de 11,2% registrades al mes de Juliol.

Pèrdues per pols

Aquest tipus de pèrdues existeixen degut qualsevol mena de brutícia que pugui aparèixer en els mòduls a causa de diferents motius. Cal dir que aquestes pèrdues poden arribar al 8% en cas d'una brutícia molt elevada segons el *PCT* de l'*IDAE*.

Pèrdues per orientació, inclinació i ombrejat

L'orientació i inclinació del sistema fotovoltaic i les possibles ombres sobre el mateix seran tals que les pèrdues siguin inferiors als límits de la taula següent segons el *PCT*:

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Taula 34. Pèrdues màximes de la instal·lació

Les pèrdues es calcularan en funció de:

- **Angle d'inclinació:** Definit com l'angle que forma la superfície dels mòduls amb el pla horitzontal.
- **Angle d'azimut:** Definit com l'angle entre la projecció sobre el pla horitzontal de la normal, en aquesta instal·lació, serà de 0° ja que està orientada al Sud.

Per calcular si les pèrdues per orientació i inclinació del sistema estan dins dels límits permesos per a una instal·lació fotovoltaica a la instal·lació solar projectada i tenint en compte que està orientat al sud (azimut = $+0^\circ$), amb una inclinació de 25° respecte a l'horitzontal i, per a Cambrils, la latitud és de $41^\circ 07'$, caldrà realitzar el següent:

Determinarem els límits en la inclinació per al cas de latitud 41° . Els punts d'intersecció del límit de pèrdues del 5% (regió 95% - 100% de la *Figura 38*), màxim per al cas general, amb la recta d'azimut 0° , ens proporcionen els valors següents:

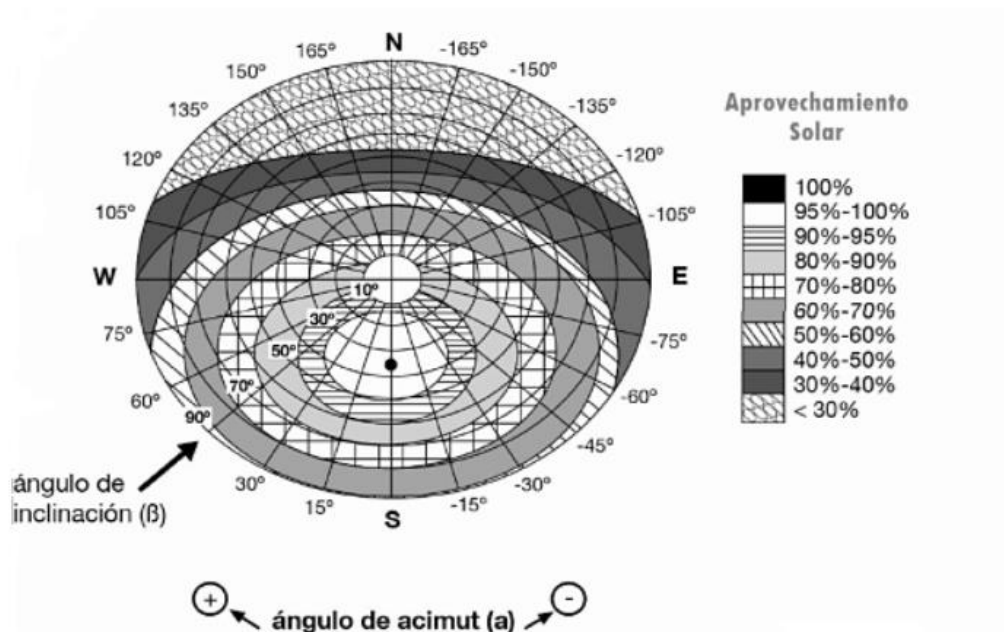


Figura 40. Inclinacions màximes i mínimes

$$\text{Inclinació màxima} = 41,07^\circ - (41,07^\circ - \text{latitud}) \quad (133)$$

$$\text{Inclinació mínima} = 41,07^\circ - (41,07^\circ - \text{latitud}) \quad (134)$$

Si ens fixem en el diagrama anterior, es pot veure que treballant a la regió d'entre 95% i 100%, i un angle d'azimut de 0°, s'obté que:

Inclinació màxima = 60°

Inclinació mínima = 8°, sent 5° el seu valor mínim.

Per tant, com s'ha pogut veure, el panell està inclinat 25° i treballarà a la regió de 95%-100%, agafant unes pèrdues del 5% per inclinació i ombrejat.

Aquestes pèrdues es recullen al *Performance Ratio (PR)*. Es tracta del rendiment energètic de la instal·lació, tenint en compte l'eficiència i les pèrdues analitzades anteriorment. Aquest és un paràmetre necessari per al càlcul d'energia generada de la instal·lació, i que varia cada mes segons les possibles pèrdues.

Per a calcular-ho, s'ha de seguir el següent:

$$PR = [1 - (\text{Suma de les pèrdues})] * \eta \text{ inversor} \quad (135)$$

Finalment, gràcies al programa *PVsyst*, s'ha pogut obtenir una simulació de les pèrdues trobades a l'emplaçament on es troba la instal·lació fotovoltaica del present projecte.

	PR
GENER	0,912
FEBRER	0,905
MARÇ	0,882
ABRIL	0,873
MAIG	0,855
JUNY	0,843
JULIOL	0,832
AGOST	0,834
SETEMBRE	0,846
OCTUBRE	0,869
NOVEMBRE	0,897
DESEMBRE	0,907
MITJANA	0,864

Taula 35. Performance Ratio mensual (PVsyst)

4.2. Energia generada

Després de realitzar tots els càlculs necessaris a tenir en compte per a la instal·lació fotovoltaica del present projecte, cal determinar la potència total que aportarà al pavelló i quines repercussions econòmiques tindrà.

Per a conèixer els valors de potència generada cada més per la instal·lació del present projecte, s'utilitzaran els valors anteriorment obtinguts, complint-se la següent expressió:

$$Eg = \frac{I \cdot Pmp \cdot PR}{I_o} \quad (136)$$

On:

- **Eg:** Energia generada per la instal·lació en un mes.
- **I:** Irradiació solar mitja durant un mes.
- **Pmp:** Potència màxima o potència de pic de la instal·lació. En aquest cas es té una instal·lació de 136 plaques de 400 Wp, és a dir, 54,4 kWp.
- **PR:** Performance Ratio o rendiment energètic que té en compte les pèrdues de la instal·lació. En aquest cas s'agafaran els valors de la *Taula 35*.
- **Io:** Irradiació solar en condicions estàndard. Equival a 1 kW/m².

Finalment, amb els valors obtinguts anteriorment i aplicant l'anterior expressió, es podrà obtenir la generació mensual i diària que tindrà la instal·lació del present projecte.

	I (kWh/m2)	PR	Eg diària (kWh)	Eg mensual (kWh)
GENER	2,15	0,91	106,67	3306,69
FEBRER	3,31	0,91	162,96	4562,82
MARÇ	4,65	0,88	223,11	6916,43
ABRIL	5,75	0,87	272,84	8185,11
MAIG	6,60	0,86	306,98	9516,36
JUNY	7,60	0,84	348,53	10455,90
JULIOL	7,71	0,83	348,96	10817,78
AGOST	6,87	0,83	311,69	9662,36
SETEMBRE	5,33	0,85	245,30	7358,98
OCTUBRE	3,30	0,87	156,00	4836,09
NOVEMBRE	2,20	0,90	107,35	3220,59
DESEMBRE	1,36	0,91	67,10	2080,21

Taula 36. Energia generada cada dia i cada mes per la instal·lació

Un cop s'ha obtingut l'energia generada per la instal·lació del present projecte, cal realitzar una comparativa amb l'energia que consumeix el pavelló de Cambrils.

Tal i com s'ha comentat anteriorment, el pavelló municipal de Cambrils té un consum elevat durant tot l'any, però aquest consum es divideix en tres zones:

	ENERGIA MENSUAL CONSUMIDA (kWh)		
	ZONA 1	ZONES 2 i 3	TOTAL
GENER	39.211,00	5.733,00	44.944,00
FEBRER	36.464,00	6.148,00	42.612,00
MARÇ	23.640,00	5.366,00	29.006,00
ABRIL	15.300,00	1.921,00	17.221,00
MAIG	5.993,00	1.901,00	7.894,00
JUNY	18.304,00	2.810,00	21.114,00
JULIOL	24.377,00	4.926,00	29.303,00
AGOST	24.524,00	4.402,00	28.926,00
SETEMBRE	26.645,00	4.246,00	30.891,00
OCTUBRE	30.485,00	5.195,00	35.680,00
NOVEMBRE	18.438,00	2.964,00	21.402,00
DESEMBRE	28.791,00	3.998,00	32.789,00
TOTAL	292.172,00	49.610,00	341.782,00

Taula 37. Consum elèctric del pavelló l'any 2020

ENERGIA MENSUAL CONSUMIDA (kWh)	ENERGIA MENSUAL PRODUÏDA (kWh)	BALANÇ (kWh)
TOTAL	INSTAL·LACIÓ FV	DIFERÈNCIA
44.944,00	3306,69	41.637,31
42.612,00	4562,82	38.049,18
29.006,00	6916,43	22.089,57
17.221,00	8185,11	9.035,89
7.894,00	9516,36	-1.622,36
21.114,00	10455,9	10.658,10
29.303,00	10817,78	18.485,22
28.926,00	9662,36	19.263,64
30.891,00	7358,98	23.532,02
35.680,00	4836,09	30.843,91
21.402,00	3220,59	18.181,41
32.789,00	2.080,21	30.708,79
341.782,00	80.919,32	260.862,68

Taula 38. Balanç energètic durant cada mes

Tal i com es pot observar a les anteriors taules, el consum del pavelló serà majoritàriament superior sempre a l'energia generada per la instal·lació, sempre parlant del global del consum elèctric de tot el pavelló.

L'únic mes de l'any on es pot apreciar que la instal·lació fotovoltaica generarà més energia que el consum que tindrà el pavelló, serà el mes de Maig, amb un excedent considerable que s'injectaria a la xarxa elèctrica obtenint una compensació econòmica. La resta de mesos, el consum elèctric del pavelló és clarament superior, però si ens fixem al consum elèctric de les zones 2 i 3, corresponents a la part d'oficines i del poliesportiu, excepte els mesos de Gener, Febrer i Desembre, la resta de l'any la instal·lació fotovoltaica cobreix el consum.

4.3. Balanç econòmic

Per a determinar la viabilitat del projecte, econòmicament parlant, i conèixer el que realment es podrà estalviar el pavelló de Cambrils al final de cada mes, cal realitzar un anàlisi del balanç d'energia comentat anteriorment i la repercussió econòmica que tindrà a la factura elèctrica.

La instal·lació del present projecte és inferior a 100 kWp, per tant, es podrà disposar d'un descompte addicional a la factura elèctrica sense la necessitat de venda. Tal i com s'ha comentat anteriorment, el consum energètic del pavelló serà sempre superior a l'energia generada per la instal·lació excepte el mes de Juliol.

Els excedents de producció són un concepte previ al balanç net. És a dir, és una compensació oferta al propietari d'una instal·lació fotovoltaica per abocar a la xarxa elèctrica l'excedent d'energia que li sobra.

Segons la companyia comercialitzadora, els excedents ens els paguen a una quantitat per kWh i ens ho resten de l'import a pagar en la factura. La mitjana de compensació de l'excedent és de 5 cèntims per kWh.

Per tant, al mes de Juliol, s'obindrà una compensació a la factura elèctrica de:

$$\text{Compensació Juliol} = \text{Energia sobrant} \cdot \text{Preu kWh} \quad (137)$$

$$\text{Compensació Juliol} = 1.622,36 \cdot 0,05\text{€} \quad (138)$$

$$\text{Compensació Juliol} = 81,12\text{€} \quad (139)$$

Però la resta de mesos no obtindrem cap compensació econòmica, simplement obtindrem una reducció de la factura elèctrica. Gràcies a les dades proporcionades per l'enginyer de l'Ajuntament de Cambrils, s'han pogut conèixer les despeses mensuals del pavelló de Cambrils durant l'any 2020 degut a la energia elèctrica consumida i, gràcies als valors obtinguts de generació elèctrica de la instal·lació del present projecte, s'ha pogut realitzar una comparació de les despeses que es pagaven anteriorment i les que es pagaran amb la instal·lació fotovoltaica. El preu del kWh a Espanya durant aquest any 2021 ha estat de 0,1127€/kWh de mitjana, per tant, seguint aquest criteri, les despeses calculades serien les següents:

ENERGIA MENSUAL CONSUMIDA (kWh)	COST TOTAL MENSUAL (€)	ENERGIA MENSUAL PRODUIDA (kWh)
TOTAL	TOTAL	INSTAL·LACIÓ FV
44.944,00	5.065,19	3.306,69
42.612,00	4.802,37	4.562,82
29.006,00	3.268,98	6.916,43
17.221,00	1.940,81	8.185,11
7.894,00	889,65	9.516,36
21.114,00	2.379,55	10.455,90
29.303,00	3.302,45	10.817,78
28.926,00	3.259,96	9.662,36
30.891,00	3.481,42	7.358,98
35.680,00	4.021,14	4.836,09
21.402,00	2.412,01	3.220,59
32.789,00	3.695,32	2.080,21
341.782,00	38.518,83	80.919,32

Taula 39. Producció d'energia cada mes respecte al consum l'any 2020

BALANÇ (kWh)	ESTALVI (€)	
DIFERÈNCIA	COST TOTAL	DIFERÈNCIA
41.637,31	4.692,52	372,66
38.049,18	4.288,14	514,23
22.089,57	2.489,49	779,48
9.035,89	1.018,34	922,46
-1.622,36	+81,12	970,77
10.658,10	1.201,17	1.178,38
18.485,22	2.083,28	1.219,16
19.263,64	2.171,01	1.088,95
23.532,02	2.652,06	829,36
30.843,91	3.476,11	545,03
18.181,41	2.049,04	362,96
30.708,79	3.460,88	234,44
260.862,68	29.500,94	9.017,89

Taula 40. Estalvi econòmic cada mes de l'any 2020 amb la instal·lació

Plànols

DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA AL PAVELLÓ MUNICIPAL DE CAMBRILS

TREBALL DE FI DE GRAU

Grau d'Enginyeria Elèctrica



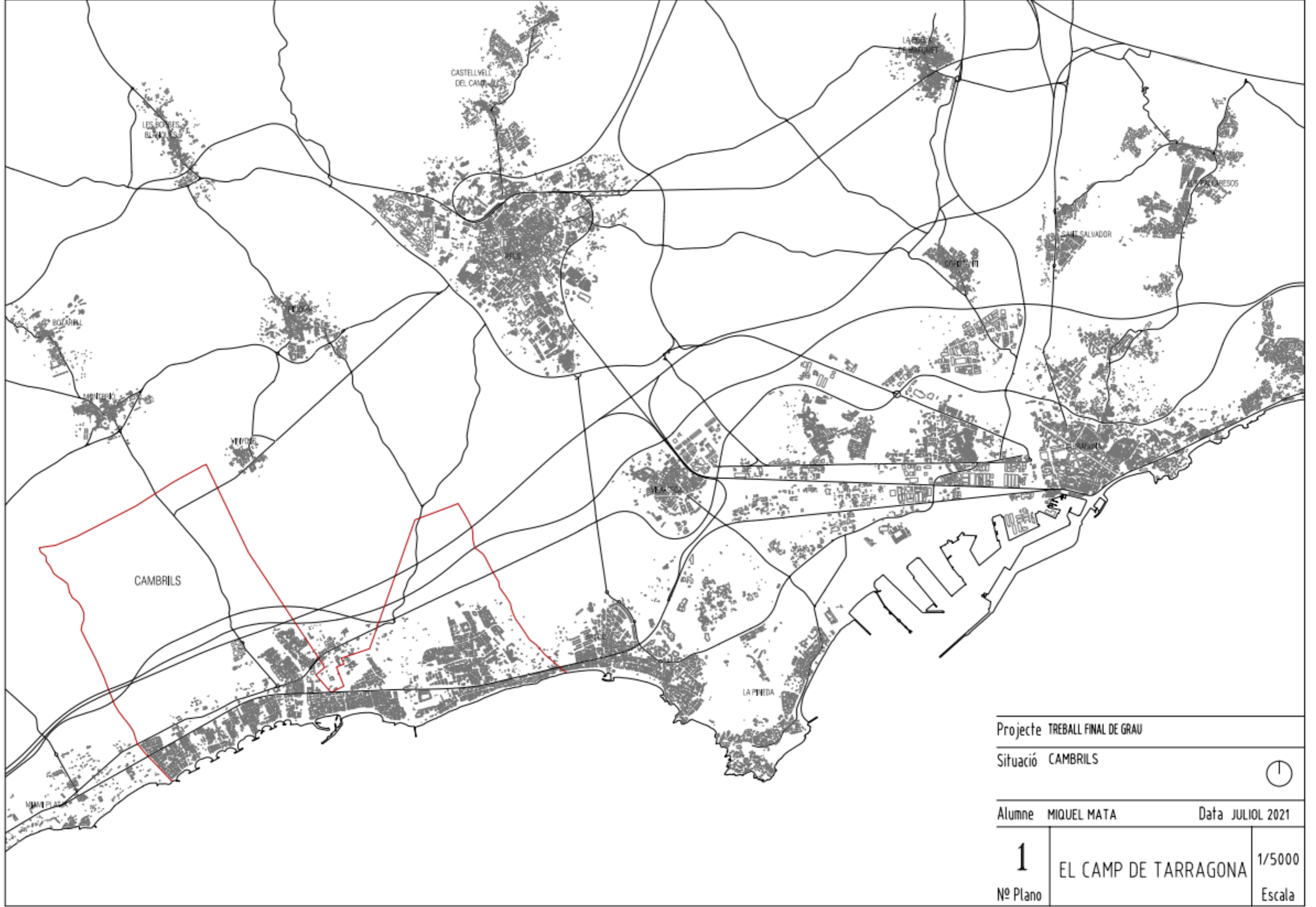
UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

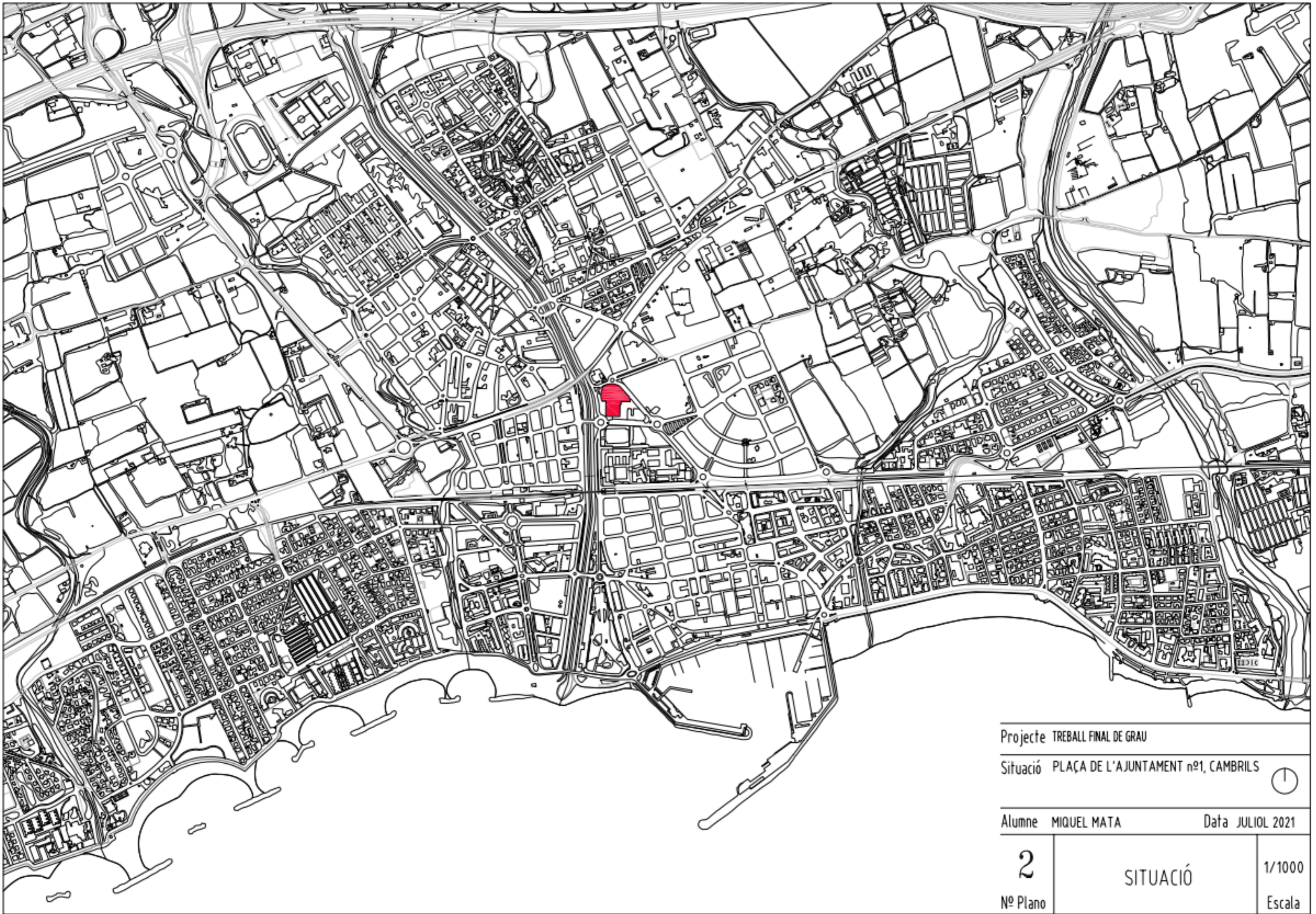
Setembre, 2021


Índex Plànols

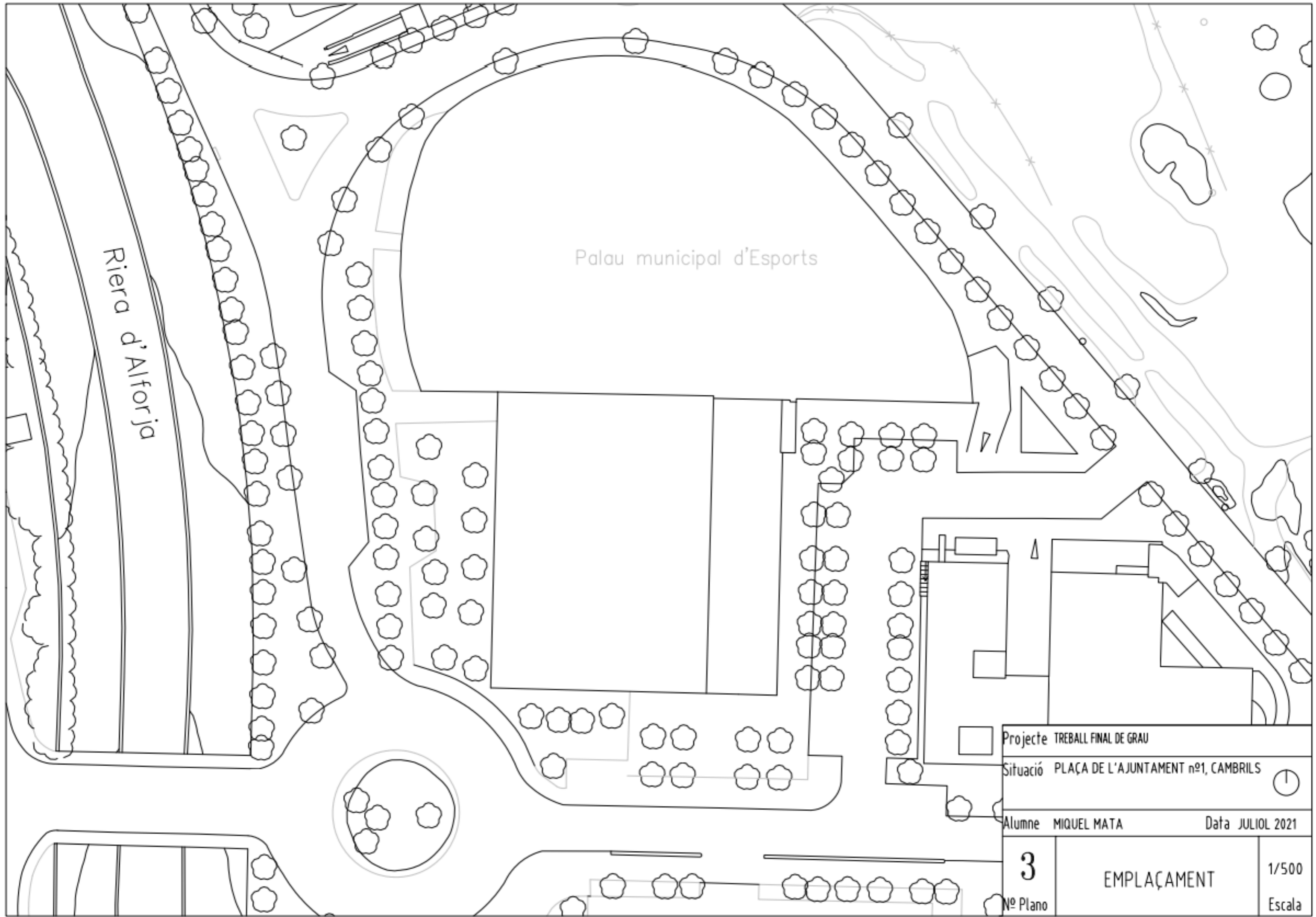
1. Situació.....	114
2. Emplaçament.....	115
3. Planta del pavelló	116
4. Instal·lació fotovoltaica.....	117
5. Connexionat plaques	118
6. Esquema unifilar de la instal·lació	119



Projecte TREBALL FINAL DE GRAU		
Situació CAMBRILS		🕒
Alumne MIQUEL MATA		Data JULIOL 2021
1	EL CAMP DE TARRAGONA	1/5000
Nº Plano		Escala



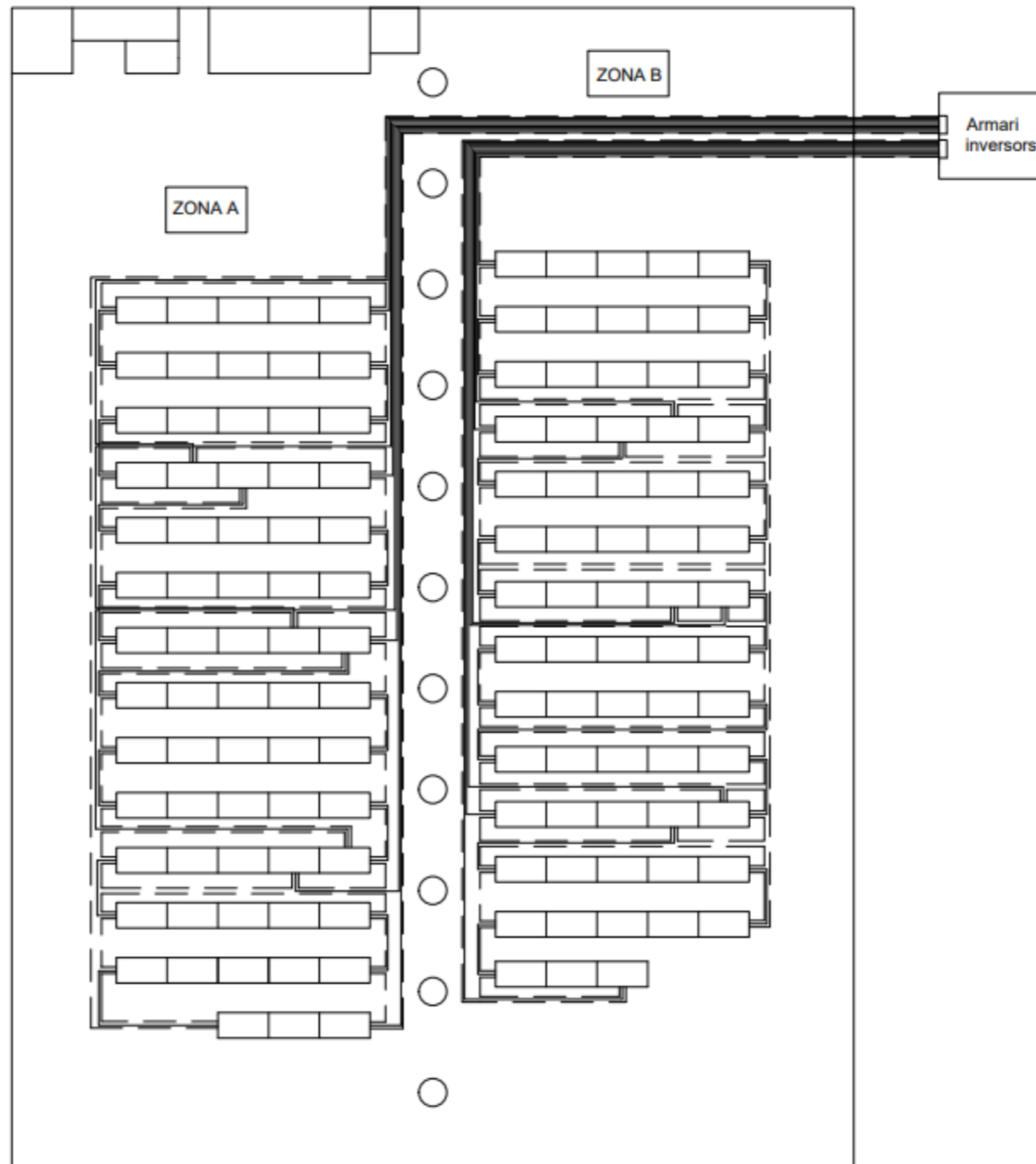
Projecte TREBALL FINAL DE GRAU		
Situació PLAÇA DE L'AJUNTAMENT nº1, CAMBRILS 		
Alumne MIQUEL MATA		Data JULIOL 2021
2	SITUACIÓ	1/1000
Nº Plano		Escala



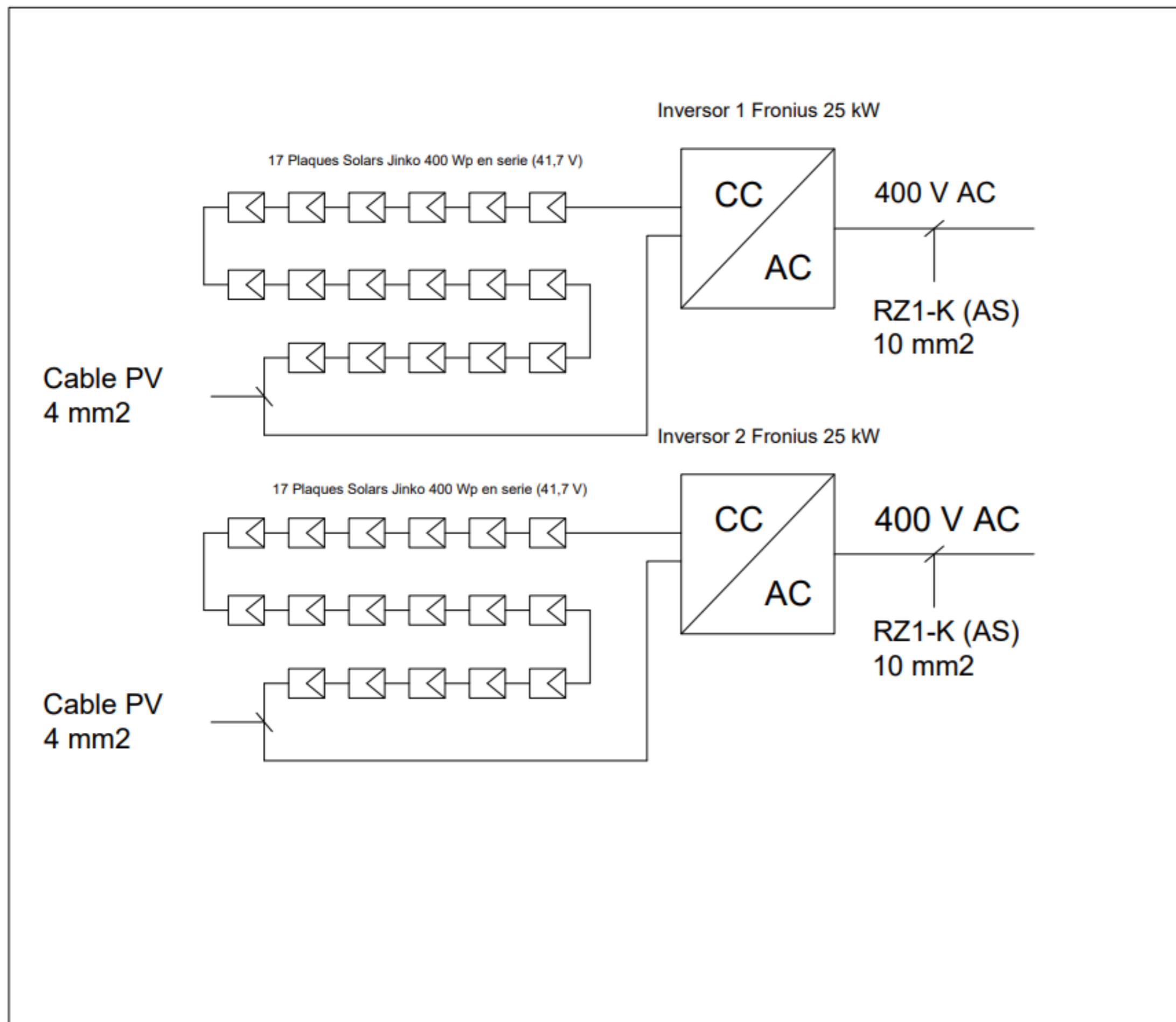
Palau municipal d'Esports


Riera d'Alforja

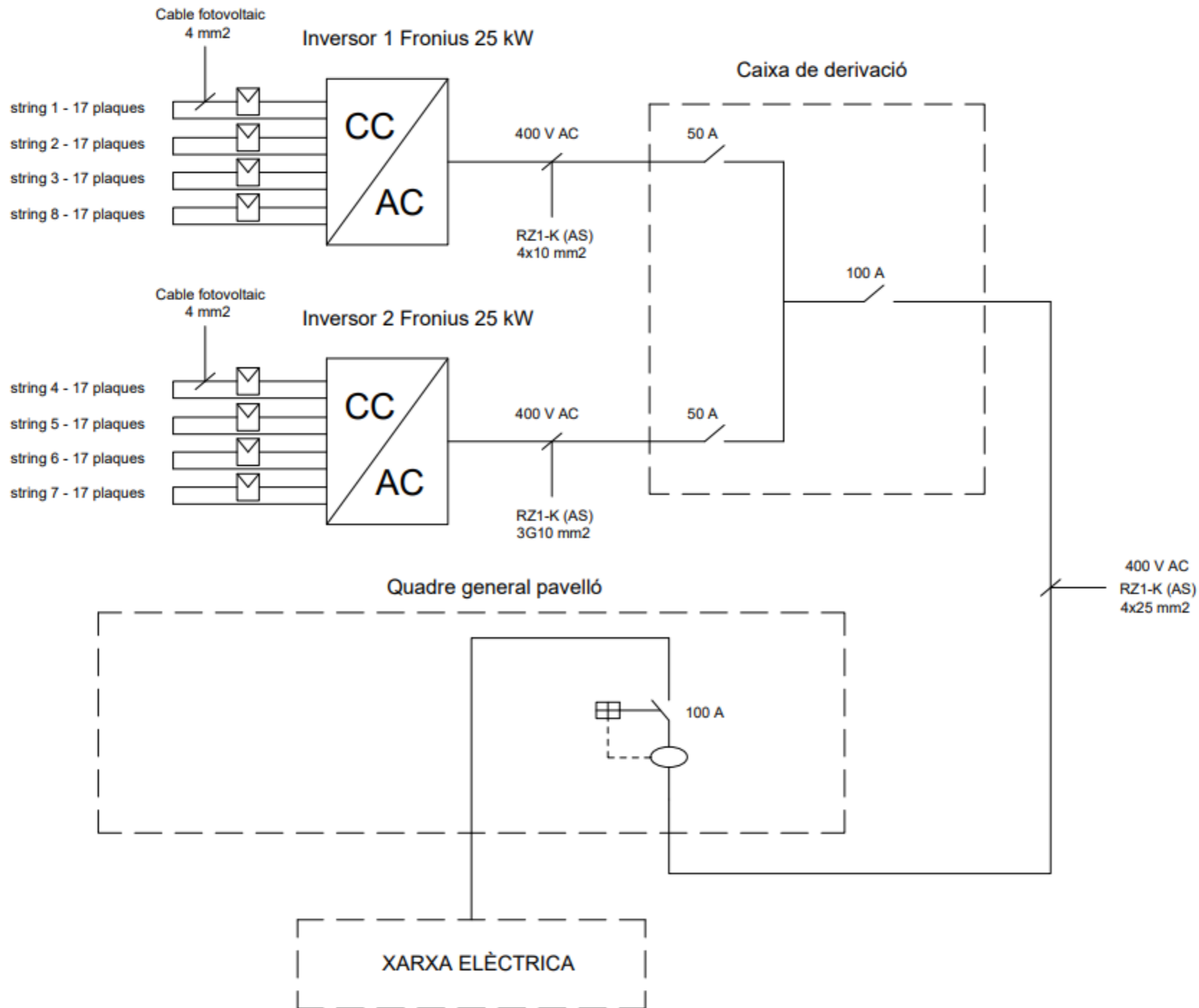
Projecte TREBALL FINAL DE GRAU		
Situació PLAÇA DE L'AJUNTAMENT nº1, CAMBRILS		
Alumne MIQUEL MATA		Data JULIOL 2021
3 Nº Plano	EMPLAÇAMENT	1/500
		Escala



Projecte TREBALL FINAL DE GRAU DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA AL PAVELLÓ MUNICIPAL DE CAMBRILS		
Situació PLAÇA DE L'AJUNTAMENT nº1, CAMBRILS		⌚
Alumne MIQUEL MATA		Data JULIOL 2021
4	INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA	1/200
Nº Plano		Escala



Projecte	TREBALL FINAL DE GRAU DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA AL PAVELLÓ MUNICIPAL DE CAMBRILS	
Situació	PLAÇA DE L'AJUNTAMENT nº1, CAMBRILS	
Alumne	MIQUEL MATA	Data JULIOL 2021
Nº Plano	5 CONNEXIONAT PLAQUES - INVERSOR	- Escala



Projecte TREBALL FINAL DE GRAU DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA AL PAVELLÓ MUNICIPAL DE CAMBRILS		
Situació PLAÇA DE L'AJUNTAMENT nº1, CAMBRILS		⌚
Alumne MIQUEL MATA	Data JULIOL 2021	
6	ESQUEMA UNIFILAR INSTAL·LACIÓ	-
Nº Plano		Escala

Plec de Condicions

DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA AL PAVELLÓ MUNICIPAL DE CAMBRILS

TREBALL DE FI DE GRAU

Grau d'Enginyeria Elèctrica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

Setembre, 2021

Índex Plec de Condicions

Plec de condicions general	124
1. Condicions generals	124
2. Reglaments i normes	124
3. Materials	124
4. Execució d'obra	124
4.1. Inici	124
4.2. Termini d'execució	125
4.3. Llibre d'ordres	125
5. Interpretació i desenvolupament del projecte	125
6. Obres Complementàries	126
7. Modificacions	126
8. Obra defectuosa	126
9. Mitjans auxiliars	126
10. Conservació d'obres	126
11. Recepció de les obres	127
11.1. Recepció provisional	127
11.2. Termini de garantia	127
11.3. Recepció definitiva	127
12. Contractació de l'empresa	127
5.1.12.1. Manera de contractació	127
12.2. Presentació	127
12.3. Selecció	127
13. Fiança	128
Condicions tècniques	128
1. Objecte	128
2. Generalitats	128
3. Definicions	129
3.1. Radiació solar	129
3.2. Instal·lació	129
3.4. Integració arquitectònica	130
4. Disseny	131

4.1. Disseny del generador fotovoltaic.....	131
3. Integració arquitectònica.....	131
5. Components i materials.....	132
5.1. Generalitats.....	132
5.2. Sistemes generadors fotovoltaics.....	133
5.3. Estructura suport.....	133
5.4. Inversors.....	134
5.5. Cablejat.....	135
5.6. Connexió a xarxa.....	136
5.7. Mesures.....	136
5.8. Proteccions.....	136
5.9. Posta a terra de les instal·lacions fotovoltaiques.....	136
5.10. Harmònics i comptabilitat electromagnètica.....	137
6. Recepció i proves.....	137
7. Comandament i protecció, posta a terra.....	138
7.1. Aparells de comandament i maniobra.....	138
7.2. Aparells de protecció.....	138
7.3. Xarxa equipotencial.....	142
7.4. Instal·lació de posada a terra.....	142
8. Requeriments tècnics del contracte de manteniment.....	143
8.1. Generalitats.....	143
8.2. Programa de manteniment.....	144
8.3. Garanties.....	145
9. Condicions de contractació.....	146
9.1. Elecció de components.....	146
9.2. Prescripcions generals de la instal·lació.....	146
10. Execució del projecte.....	146
10.1. Termini d'execució.....	146
10.2. Comprovació del circuit.....	146
10.3. Prova final d'entrega.....	147
Condicions econòmiques.....	147
1. Abonament de l'obra.....	147
2. Preus.....	147

3. Revisió de preus	147
4. Penalitzacions	148
5. Contracte	148
6. Responsabilitats	148
7. Rescissió de contracte	148
8. Liquidació en cas de rescissió del contracte	149
Condicions facultatives	149
1. Normes a seguir	149
2. Personal.....	149
3. Reconeixement i assajos previs	150
4. Assajos	150
5. Instrumentació	151

Plec de condicions general

1. Condicions generals

El present Plec de Condicions té per objecte definir al contractista l'abast del treball i l'execució qualitativa del mateix.

L'abast del treball del contractista inclou disseny i preparació de tots els plànols, diagrames, especificacions, llista de material i requisits per a l'adquisició e instal·lació del treball.

2. Reglaments i normes

Totes les unitats d'obra s'executaran complint les prescripcions indicades en els Reglaments de Seguretat i Normes Tècniques d'obligat compliment per a aquest tipus d'instal·lacions, tant d'àmbit nacional, autonòmic com municipal, així com, totes les altres que s'estableixen en la Memòria del mateix.

S'adaptaran a mes, a les presents condicions particulars que completaran les indicades pels reglaments i normes citades.

3. Materials

Tots els materials emprats seran de primera qualitat. Compliran les especificacions i tindran les característiques indicades al projecte i en les normes tècniques generals, i en les de la companyia Distribuidora d'Energia, establertes per als tipus de materials utilitzats en la electrificació que ens ocupa.

Tota especificació o característica de materials que figuri en un sol dels document del Projecte, encara sense figurar en els altres es igualment obligatòria.

En cas d'existir contradicció u omissió en els documents del projecte, el Contractista obtindrà l'obligació de posar-lo en manifest al tècnic Director de l'obra, qui decidirà sobre el particular. En cap cas podrà suplir la falta directament, sense l'autorització expressa.

Un cop adjudicada l'obra definitivament i abans de començar-la, el contractista presentarà al Tècnic Director els catàlegs, cartes de mostra, certificats de garantia o d'homologació dels materials que s'utilitzin. No podran utilitzar-se materials que no hagin sigut acceptats pel Tècnic Director

4. Execució d'obra

4.1. Inici

El contractista començarà l'obra durant el termini que figuri el contracte establert amb la Propietat, o en el seu defecte als quinze dies de l'adjudicació definitiva o de la firma del contracte.

El Contractista està obligat a notificar per escrit o personalment en forma directa al Tècnic Director la data de començament dels treballs.

4.2. Termini d'execució

L'obra s'executarà en el termini que s'estipuli en el contracte subscrit amb la Propietat o en defecte d'això en el qual figuri en les condicions d'aquest plec.

Quan el Contractista, d'acord, amb algun dels extrems continguts en el present Plec de Condicions, o bé en el contracte establert amb la Propietat, sol·liciti una inspecció per poder realitzar algun treball anterior que estigui condicionat per la mateixa, vindrà obligat a tenir preparada per a aquesta inspecció, una quantitat d'obra que correspongui a un ritme normal de treball.

Quan el ritme de treball establert pel Contractista, no sigui el normal, o bé a petició d'una de les parts, es podrà convenir una programació d'inspeccions obligatòries d'acord amb el pla d'obra.

4.3. Llibre d'ordres

El Contractista disposarà en l'obra d'un Llibre d'Ordres en el qual s'escriuran les que el Tècnic Director estimi donar-li a través de l'encarregat o persona responsable, sense perjudici de les quals li doni per ofici quan ho cregui necessari i que tindrà l'obligació de signar l'assabentat.

5. Interpretació i desenvolupament del projecte

La interpretació tècnica dels documents del Projecte, correspon al Tècnic Director. El Contractista està obligat a sotmetre a aquest qualsevol dubte, aclariment o contradicció que sorgeixi durant l'execució de l'obra per causa del Projecte, o circumstàncies alienes, sempre amb la suficient antelació en funció de la importància de l'assumpte.

El contractista es fa responsable de qualsevol error de l'execució motivat per l'omissió d'aquesta obligació i conseqüentment haurà de refer a la seva costa els treballs que corresponguin a la correcta interpretació del Projecte.

El Contractista està obligat a realitzar tot quant sigui necessari per a la bona execució de l'obra, encara quan no es trobi explícitament expressat en el plec de condicions o en els documents del projecte.

El contractista notificarà per escrit o personalment en forma directa al Tècnic Director i amb suficient antelació les dates en què quedaran preparades per a inspecció, cadascuna de les parts d'obra per les quals s'ha indicat la necessitat o conveniència de la mateixa o per a aquelles que, total o parcialment hagin de posteriorment quedar ocultes.

De les unitats d'obra que han de quedar ocultes, es prenguessin abans d'això, les dades precises per al seu mesurament, a l'efecte de liquidació i que siguin subscrits pel Tècnic Director de trobar-los correctes.

De no complir-se aquest requisit, la liquidació es realitzarà sobre la base de les dades o criteris de mesurament aportats per aquest.

6. Obres Complementàries

El contractista té l'obligació de realitzar totes les obres complementàries que siguin indispensables per executar qualsevol de les unitats d'obra especificades en qualsevol dels documents del Projecte, encara que en el, no figurin explícitament esmentades aquestes obres complementàries. Tot això sense variació de l'import contractat.

7. Modificacions

El contractista està obligat a realitzar les obres que se li encarreguin resultants de modificacions del projecte, tant en augment com a disminució o simplement variació, sempre que l'import de les mateixes no alteri en més o menys d'un 25% del valor contractat.

La valoració de les mateixes es farà d'acord als valors establerts al pressupost lliurat pel Contractista i que ha estat pres com a base del contracte.

El Tècnic Director d'obra està facultat per introduir les modificacions d'acord amb el seu criteri, en qualsevol unitat d'obra, durant la construcció, sempre que compleixin les condicions tècniques referides en el projecte i de manera que això no variï l'import total de l'obra.

8. Obra defectuosa

Quan el Contractista trobi qualsevol unitat d'obra que no s'ajusti a l'especificat en el projecte o en aquest Plec de Condicions, el Tècnic Director podrà acceptar-ho o rebutjar-ho; en el primer cas, aquest fixarà el preu que crea just conformement a les diferències que hi hagués, estant obligat el Contractista a acceptar aquesta valoració, en l'altre cas, es reconstruirà a costa del Contractista la part mal executada sense que això sigui motiu de reclamació econòmica o d'ampliació del termini d'execució.

9. Mitjans auxiliars

Seràn de compte del Contractista tots els mitjans i màquines auxiliars que siguin precisos per a l'execució de l'obra. En l'ús dels mateixos estarà obligat a fer complir tots els Reglaments de Seguretat en el treball vigents i a utilitzar els mitjans de protecció als seus operaris.

10. Conservació d'obres

És obligació del Contractista la conservació en perfecte estat de les unitats d'obra realitzades fins avui de la recepció definitiva per la Propietat, i corren al seu càrrec les despeses derivades d'això.

11. Recepció de les obres

11.1. Recepció provisional

Una vegada acabades les obres, tindrà lloc la recepció provisional i per a això es practicarà en elles un detingut reconeixement pel Tècnic Director i la Propietat en presència del Contractista, estenent acta i començant a córrer des d'aquest dia el termini de garantia si es troben en estat de ser admesa.

De no ser admesa es farà constar en l'acta i es donaran instruccions al Contractista per esmenar els defectes observats, fixant-se un termini per a això, expirant el qual es procedirà a un nou reconeixement a fi de procedir a la recepció provisional.

11.2. Termini de garantia

El termini de garantia serà com a mínim d'un any, explicat des de la data de la recepció provisional, o ben el que s'estableixi en el contracte també explicat des de la mateixa data.

Durant aquest període queda a càrrec del Contractista la conservació de les obres i arranament dels desperfectes causats per seient de les mateixes o per mala construcció.

11.3. Recepció definitiva

Es realitzarà després de transcorregut el termini de garantia d'igual forma que la provisional. A partir d'aquesta data cessarà l'obligació del Contractista de conservar i reparar al seu càrrec les obres si bé subsistiran les responsabilitats que pogués tenir per defectes ocults i deficiències de causa dubtosa.

12. Contractació de l'empresa

12.1. Manera de contractació

El conjunt de les instal·lacions les realitzarà l'empresa escollida per concurs o subhasta.

12.2. Presentació

Les empreses seleccionades per a aquest concurs hauran de presentar els seus projectes en sobre lacrat.

12.3. Selecció

L'empresa escollida serà anunciada la setmana següent a la conclusió del termini de lliurament. Aquesta empresa serà escollida de mutu acord entre el propietari i el director de l'obra, sense possible reclamació per part de les altres empreses concursants.

13. Fiança

Al contracte s'establirà la fiança que el contractista haurà de disposar en garantia del compliment del mateix, o, convindrà una retenció sobre els pagaments realitzats a compte d'obra executada.

De no estipular la fiança en el contracte s'entén que s'adopta com a garantia una retenció del 5% sobre els pagaments a compte citats. En el cas que el Contractista es negués a fer pel seu compte els treballs per ultimar l'obra en les condicions contractades, o a atendre la garantia, la Propietat podrà ordenar executar-les a un tercer, abonant el seu import amb càrrec a la retenció o fiança, sense perjudici de les accions legals al fet que tingui dret la Propietat si l'import de la fiança no bastés.

La fiança retinguda s'abonarà al Contractista en un termini no superior a trenta dies una vegada signada l'acta de recepció definitiva de l'obra.

Condicions tècniques

1. Objecte

1.1. Fixar les condicions tècniques mínimes que han de complir les instal·lacions solars fotovoltaïques connectades a xarxa, que per les seves característiques estiguin compreses en l'apartat segon d'aquest plec. Pretén servir de guia per a instal·ladors i fabricants d'equips, definint les especificacions mínimes que ha de complir una instal·lació per a assegurar la seva qualitat, en benefici de l'usuari i del propi desenvolupament d'aquesta tecnologia.

1.2. Es valorarà la qualitat final de la instal·lació en quant al seu rendiment, producció i integració.

1.3. L'àmbit d'aplicació d'aquest Plec de condicions tècniques (en el què segueix, PCT) s'estén a tots els sistemes mecànics, elèctrics i electrònics que formen part de les instal·lacions.

1.4. En determinats supòsits pels projectes es podran adoptar, per la pròpia naturalesa del mateix o del desenvolupament tecnològic, solucions diferents a les exigides en aquest PCT, sempre que quedi suficientment justificada la seva necessitat i que no impliquin una disminució de les exigències mínimes de qualitat especificades en el mateix.

1.5. Aquest PCT es troba associat a les línies d'ajudes per a la Promoció d'instal·lacions d'energia solar fotovoltaica en l'àmbit de Pla de Foment d'Energies Renovables. Determinats apartats fan referència a la seva inclusió en la memòria a presentar amb la sol·licitud de l'ajuda o en la memòria de disseny o projecte a presentar prèviament a la verificació tècnica.

2. Generalitats

2.1. Aquest plec és d'aplicació en la seva integritat a totes les instal·lacions solars fotovoltaïques destinades a la producció d'electricitat per a ser venuda en la seva totalitat a la xarxa de distribució. Queden excloses expressament les instal·lacions aïllades de la xarxa.

2.2. Podran optar a aquesta convocatòria altres aplicacions especials, sempre i quan s'assegurin uns requisits de qualitat, seguretat i durabilitat equivalents. Tant en la memòria

de sol·licitud com en la memòria de disseny o projecte s'inclouran les característiques d'aquestes aplicacions.

2.3. En tot cas, és d'aplicació tota la normativa que afecti a instal·lacions solars fotovoltaïques.

3. Definicions

3.1. Radiació solar.

3.1.1. Radiació solar: és l'energia procedent del sol en forma d'ones electromagnètiques

3.1.2. Irradiància: la densitat de potència incident en una superfície o l'energia incident en una superfície per unitat de temps. Es mesura en kW/m².

3.1.3. Irradiació: l'energia incident en una superfície per unitat de superfície i al llarg d'un cert període de temps. Es mesura en kW/m².

3.2. Instal·lació

3.2.1. Instal·lacions fotovoltaïques: aquelles que disposen de mòduls fotovoltaïcs per a la conversió directa de la radiació solar en energia elèctrica, sense cap pas intermedi.

3.2.2. Instal·lacions fotovoltaïques interconnectades: aquelles que normalment treballen en paral·lel amb l'empresa distribuïdora.

3.2.3. Línia i punt de connexió i mesura: la línia de connexió és la línia elèctrica mitjançant la qual es connecten les instal·lacions fotovoltaïques amb un punt de xarxa de l'empresa distribuïdora o amb la comesa, denominat punt de connexió i mesura.

3.2.4. Interruptor automàtic de la interconnexió: dispositiu de tall automàtic sobre el qual actuen les proteccions d'interconnexió.

3.2.5. Interruptor general: dispositiu de seguretat i maniobra que permet separar la instal·lació fotovoltaïca de la xarxa de l'empresa distribuïdora.

3.2.6. Generador fotovoltaïc: associació en paral·lel de branques fotovoltaïques.

3.2.7. Branca fotovoltaïca: subconjunt de mòduls interconnectats en sèrie o en associacions sèrie-paral·lel, amb voltatge igual a la tensió nominal del generador.

3.2.8. Inversor: convertidor de tensió i corrent continua en tensió i corrent alterna.

3.2.9. Potència nominal del generador: és la suma de les potències màximes dels mòduls fotovoltaïcs.

3.2.10. Potència de la instal·lació o potència nominal: és la suma de la potència nominal dels inversors (l'especificada pel fabricant) que intervenen en les tres fases de la instal·lació en condicions nominals de funcionament.

3.3. Mòduls

3.3.1. Cèl·lula solar o fotovoltaica: dispositiu que transforma la radiació solar en energia elèctrica.

3.3.2. Cèl·lula de tecnologia equivalent (CTE): és una cèl·lula solar encapsulada de forma independent, la tecnologia de fabricació i encapsulat de la qual és idèntica a la dels mòduls fotovoltaics que forma la instal·lació.

3.3.3. Mòdul o panell fotovoltaic: és un conjunt de cèl·lules solars directament interconnectades i encapsulades com un únic bloc, entre materials que les protegeixen dels efectes de la intempèrie.

3.3.4. Condicions Estàndard de Mesura (CEM): són unes determinades condicions d'irradiància i temperatura de cèl·lula solar, utilitzades universalment per a caracteritzar cèl·lules, mòduls i generadors solars i definides de la següent manera:

Irradiància solar = 1000 W/m²

Distribució espectral = AM 1,5 G

Temperatura de la cèl·lula = 25 °C

3.3.5. Potència pic: potència màxima del panell fotovoltaic en CEM

3.3.6. Temperatura d'operació nominal de la cèl·lula (TONC): temperatura a que arriben les cèl·lules solars quan es sotmet el mòdul a una irradiància de 800 W/m² amb distribució espectral AM 1,5 G, la temperatura ambient és de 20°C i la velocitat del vent de 1m/s-

3.4. Integració arquitectònica

3.4.1. Integració arquitectònica de mòduls fotovoltaics: quan els mòduls fotovoltaics compleixen una doble funció, energètica i arquitectònica (revestiment, tancament o ombrejat) i, a més, substitueixen a elements constructius convencionals.

3.4.2. Revestiment: quan els mòduls fotovoltaics constitueixen part de l'evolvent d'una construcció arquitectònica.

3.4.3. Tancament: quan els mòduls constitueixen la teulada o la façana de la construcció arquitectònica, havent de garantir la deguda estanquitat i aïllament tèrmic.

3.4.4. Elements d'ombrejat: quan els mòduls fotovoltaics protegeixen a la construcció arquitectònica de la sobrecarrega tèrmica causada pels rajos solars, proporcionant ombres en les teulades o en la façana del mateix.

3.4.5. La col·locació de mòduls fotovoltaics paral·leles a l'evolvent de l'edifici sense la doble funcionalitat definida 3.4.1. es denominarà superposició i no es considerarà integració arquitectònica. No s'acceptaran, dins del concepte de superposició, mòduls horitzontals.

4. Disseny

4.1. Disseny del generador fotovoltaic

4.1.1. Generalitats

4.1.1.1. El mòdul fotovoltaic seleccionat complirà les especificacions del apartat 5.2.

4.1.1.2. Tots els mòduls que integren la instal·lació seran del mateix model, o en el cas de models diferents, el disseny ha de garantir totalment la compatibilitat entre ells i l'absència negatius en la instal·lació la citada causa.

4.1.1.3. En aquells casos excepcionals en que s'utilitzin mòduls no qualificats haurà de justificar-se degudament i aportar documentació sobre les proves i assajos als que s'hagin sotmès. En qualsevol cas, qualsevol producte que no compleixi alguna de les especificacions anteriors haurà de comptar amb aprovació expressa. En tots els casos han de complir-se les normes vigents d'obligat compliment.

4.1.2. Orientació, inclinació i ombres

4.1.2.1. L'orientació i inclinació del generador fotovoltaic i les possibles ombres sobre el mateix seran tals que les pèrdues siguin inferiors als límits de la taula I. Es consideraran tres casos: general, superposició de mòduls i integració arquitectònica segons es defineix en l'apartat 3.4. En tots els casos s'han de complir tres condicions: pèrdues per orientació i inclinació, pèrdues per ombrejat i pèrdues totals inferiors als límits estipulats respecte als valors òptims.

4.1.2.2. Quan, per raons justificades, i en casos especials en els que no es puguin instal·lar d'acord amb l'apartat 4.1.2.1., s'avaluarà la reducció en les prestacions energètiques de la instal·lació, incloent-se en la memòria de sol·licitud.

4.1.2.3. En tots els casos hauran d'avaluar-se les pèrdues per orientació i inclinació del generador i ombres i incloure el seu càlcul detallat en la memòria de càlcul.

4.1.2.4. Quan existeixin diverses files de mòduls, el càlcul de la distància mínima entre elles es realitzarà d'acord amb la memòria de càlcul i les pèrdues per ombrejat entre files de mòduls hauran d'incloure's en les pèrdues per ombres del mateix.

4.1.3. Integració arquitectònica

4.3.1. En el cas de pretendre realitzar una instal·lació integrada des del punt de vista arquitectònic segons l'estipulat en el punt 3.4., la memòria de sol·licitud i la memòria de disseny o projecte especificaran les condicions de la construcció i de la instal·lació, i la descripció i justificació de les solucions elegides.

4.3.2. Les condicions de la construcció es refereixen a l'estudi de característiques urbanístiques, implicacions en el disseny, actuacions sobre la construcció, necessitat de realitzar obres de reforma o ampliació, verificacions estructurals, etc. que, des del punt de vista del professional competent en l'edificació, requeririen la seva intervenció.

4.3.3. Les condicions de la instal·lació es refereixen a l'impacte visual, la modificació de les condicions de funcionament de l'edifici, la necessitat d'habilitar nous espais o ampliar el volum construït, efectes sobre l'estructura,...

4.3.4. En qualsevol cas, l'IDAE podrà requerir un informe d'integració arquitectònica amb les mesures correctores a adoptar. La propietat de l'edifici, per si o per delegació, informará i certificarà sobre el compliment de les condicions requerides.

4.3.5. Quan sigui necessari a criteri de l'IDAE, a la memòria de disseny o projecte adjuntarà l'informe d'integració arquitectònica on s'especifiquin les característiques urbanístiques i arquitectòniques del mateix, els condicionants considerats per a la incorporació de la instal·lació i les mesures correctores incloses en el projecte de la instal·lació.

5. Components i materials

5.1. Generalitats

5.1.1. Com a principi general s'ha d'assegurar, com a mínim, un grau d'aïllament elèctric de tipus bàsic classe I en el que afecta tant a equips (mòduls i inversors) com a materials (conductors, caixes i armaris de connexió, exceptuant el cablejat de continua que serà de doble aïllament).

5.1.2. La instal·lació incorporarà tots els elements i característiques necessàries per a garantir en tot moment la qualitat del subministrament elèctric.

5.1.3. El funcionament de les instal·lacions fotovoltaïques no haurà de provocar en la xarxa averies, disminucions de les condicions de seguretat ni alteracions superiors a les admeses per la normativa que resulti aplicable.

5.1.4. Així mateix, el funcionament d'aquestes instal·lacions no podrà donar origen a condicions perilloses de treball per al personal de manteniment i explotació de la xarxa de distribució.

5.1.5. Els materials situats en intempèrie es protegiran contra els agents ambientals, en particular contra l'efecte de la radiació solar i humitat.

5.1.6. S'inclouran tots els elements necessaris de seguretat i proteccions pròpies de les persones i de la instal·lació fotovoltaica, assegurant la protecció davant a contactes directes i indirectes, curtcircuits, sobrecàrregues, així com altres elements i proteccions que resultin de l'aplicació de la legislació vigent.

5.1.7. En la memòria de disseny o projecte es ressaltaran els canvis que s'hagin pogut produir-se i el motiu dels mateixos respecte a la memòria de la sol·licitud. A més, s'inclouran les especificacions tècniques proporcionades pel fabricant de tots els components.

5.1.8. Per motius de seguretat i operació dels equips, els indicadors, etiquetes,... dels mateixos estaran en alguna de les llengües espanyoles oficials.

5.2. Sistemes generadors fotovoltaics

5.2.1. Tots els mòduls hauran de satisfer les especificacions UNE-EN-61215 per a mòduls de silici cristal·lí o UNE-EN-61646 per a mòduls fotovoltaics capa prima, així com estar qualificats per algun laboratori reconegut, que s'haurà d'acreditar mitjançant la presentació del certificat oficial corresponent. Aquest requisit, no s'aplica en els casos excepcionals de l'apartat 4.1.1.3.

5.2.2. El mòdul fotovoltaic portarà de forma clarament visible i indeleble el model i nom o logotip del fabricant, així com una identificació individual o número de sèrie on es pugui veure la traçabilitat fins la data de fabricació.

5.2.3. S'utilitzaran mòduls que s'ajustin a les característiques tècniques descrites a continuació. En cas de variacions respecte aquestes característiques, amb caràcter excepcional, haurà de presentar-se en la memòria de sol·licitud justificació de la seva utilització.

5.2.3.1. Els mòduls hauran de portar díodes de derivació per a evitar les possibles averies de les cèl·lules i els seus circuits per ombrejats parcials i tindran un grau de protecció IP65.

5.2.3.2. Els marcs laterals, si existeixen, seran d'alumini o acer inoxidable.

5.2.3.3. Per tal que un mòdul resulti acceptable, la seva potència màxima i corrent de curtcircuit reals referides a condicions estàndard, hauran d'estar compreses en el marge del $\pm 5\%$ dels corresponents valors nominals de catàleg.

5.2.3.4. Serà rebutjat qualsevol mòdul que presenti defectes de fabricació, com ruptures o taques en qualsevol dels seus elements així com falta d'alineació en les cèl·lules o bombolles en l'encapsulat .

5.2.4. Es valorarà positivament una alta eficiència de les cèl·lules

5.2.5. L'estructura del generador es connectarà a terra.

5.2.6. Per motius de seguretat i per a facilitar el manteniment i reparació del generador, s'instal·laran els elements necessaris (fusibles, interruptors,...) per a la desconexió, de forma independent i en ambdós terminals, de cada una de els branques de la resta del generador.

5.3. Estructura suport

5.3.1. Les estructures suport hauran de complir les especificacions tècniques d'aquest apartat. En cas contrari, s'haurà d'incloure en la memòria de disseny o projecte un apartat justificatiu dels punts objecte d'incompliment i la seva acceptació haurà de comptar amb aprovació expressa. En tots els casos s'haurà de donar compliment a les normes aplicables.

5.3.2. L'estructura suport de mòduls ha de resistir, amb els mòduls instal·lats, les sobrecàrregues de vent i neu, d'acords amb l'indicat en el CTE.

5.3.3. El disseny i la construcció de l'estructura i el sistema de fixació de mòduls, permetrà les necessàries dilatacions tèrmiques, sense transmetre càrregues que puguin afectar a la integritat dels mòduls, seguint les indicacions del fabricant.

5.3.4. Els punts de subjecció pel mòdul fotovoltaic seran suficients en número, tenint en compte l'àrea de suport i posició relativa, de forma que no es produeixin flexions en els mòduls superiors a les permeses pel fabricant i els mètodes homologats pel model de mòdul.

5.3.5. El disseny de l'estructura es realitzarà per a l'orientació i l'angle d'inclinació especificat per al generador fotovoltaic i tenint en compte la facilitat de muntatge i desmuntatge, i la possible necessitat de substitucions d'elements.

5.3.6. L'estructura es protegirà superficialment contra l'acció dels agents ambientals. La realització de trepanats en l'estructura es realitzarà abans de procedir, en el seu cas, al galvanitzat o protecció de l'estructura.

5.3.7. Els cargols han de ser d'acer inoxidable, complint la norma MV-106. En el cas de ser l'estructura galvanitzada s'admetran cargols galvanitzats, exceptuant la subjecció dels mòduls a la mateixa que seran d'acer inoxidable.

5.3.8. Els topalls de subjecció de mòduls i la pròpia estructura no farà ombra sobre els mòduls.

5.3.9. En el cas d'instal·lacions integrades a coberta que facin alhora de coberta de l'edifici, el disseny de l'estructura i l'estanquitat entre mòduls s'ajustarà a les exigències de les Normes Bàsiques de l'Edificació i a les tècniques usuals en la construcció de cobertes.

5.3.10. Es disposaran les estructures suport necessàries per a muntar els mòduls tant sobre superfície plana (terrassa) com a integrats sobre la teulada complint l'especificat en el punt 4.1.2. sobre ombres. S'inclouran tots els accessoris i bancades o ancoratges.

5.3.11. L'estructura suport serà calculada segons CTE per a suportar càrregues extremes degudes a factors climatològics adversos tals com vent, neu, etc.

5.3.12. Si està construïda amb perfils d'acer laminat conformat en fred complirà la norma MV- 102 per a garantir totes les característiques mecàniques i de composició química.

5.3.13. Si és del tipus galvanitzada en calent complirà les norma UNE EN ISO 1461, amb un espessor mínim de 80 micres per a eliminar les necessitats de manteniment i prologar la seva vida útil.

5.4. Inversors

5.4.1. Serà del tipus connexió a la xarxa elèctrica amb una potència d'entrada variable per a que sigui capaç d'extreure en tot moment la màxima potència que el generador fotovoltaic pugui proporcionar al llarg de cada dia.

5.4.2. Els característiques bàsiques dels inversors seran les següents:

- Principi de funcionament: font de corrent
- Auto-commutat
- Seguiment automàtic del punt de màxima potència del generador
- No funcionarà en illa o mode aïllat.

5.4.3. Els inversors compliran amb les directives comunitàries de seguretat elèctrica i compatibilitat electromagnètica (ambdues seran certificades pel fabricant) incorporant proteccions davant de:

- Curtcircuits en alterna
- Tensió de xarxa fora de rang
- Freqüència de xarxa fora de rang
- Sobretensions mitjançant varistors o similars
- Pertorbacions presents en la xarxa com petits talls, polsos, defectes de cicle, absència i retorn de la xarxa, etc.

5.4.4. Cada inversor disposarà de les senyalitzacions necessàries per a la seva correcta operació i incorporarà els controls automàtics imprescindibles que assegurin la seva adequada supervisió

5.4.5. Cada inversor incorporarà, al menys, els controls manuals següents:

- Encesa i apagat general de l'inversor
- Connexió i desconexió de l'inversor a la interfície AC.

5.4.6. Les característiques elèctriques dels inversors seran les següents:

5.4.6.1. L'inversor seguirà entregant potència a la xarxa de forma continuada en condicions d'irradiància solar d'un 10% superiors a les CEM. A més suportarà pics d'un 30% superior a les CEM durant períodes de fins 10 segons.

5.4.6.2. Els valors d'eficiència al 25 i 100% de potència de sortida nominal hauran de ser superiors al 85 i 88% respectivament (valors mesurats incloent el transformador de sortida, si hi fos) per a inversors de potència inferior a 5 kW i del 90 al 92% per a inversors majors de 5kW.

5.4.6.3. L'autoconsum dels equips (pèrdues en buit) en "stand-by" o "mode nocturn" haurà de ser inferior a un 2% de la potència de sortida nominal.

5.4.6.4. El factor de potència de la potència generada haurà de ser superior a 0,95, entre el 25 i 100% de la potència nominal.

5.4.6.5. L'inversor haurà d'injectar a la xarxa, per a potències majors del 10% de la seva potència nominal.

5.4.7. Els inversors tindran un grau de protecció mínima IP22 per a inversors en l'interior d'edificis i llocs inaccessibles, IP32 per a inversors en l'interior d'edificis i llocs accessibles i IP65 per a inversors instal·lats a la intempèrie. En qualsevol cas es complirà la legislació vigent.

5.4.8. Els inversors estaran garantits per a operació en les següents condicions ambientals: entre 0 i 40°C de temperatura i 0 i 85% d'humitat relativa.

5.5. Cablejat

5.5.1. Els positius i negatius de cada grup de mòduls es conduiran separats i protegits d'acord amb la normativa vigent.

5.5.2. Els conductors seran de coure i tindran la secció adequada per a evitar caigudes de tensió i escalfament. Concretament, per a qualsevol condició de treball, els conductors de la part DC hauran de tenir la secció suficient per a que la caiguda de tensió sigui inferior a 1,5% i els de la part AC per a que la caiguda de tensió sigui inferior del 0,5%; tenint en compte en ambdós casos com a referència les corresponents a caixes de connexió.

5.5.3. S'inclourà tota la longitud de cable DC i AC. Haurà de tenir la longitud necessària per a no generar esforços en els diversos elements ni possibilitat d'enganxament pel trànsit normal de persones.

5.5.4. Tot el cablejat de continua serà de doble aïllament i adequats per al seu ús a la intempèrie, a l'aire o enterrat d'acord amb la norma UNE-21123.

5.6. Connexió a xarxa

5.6.1. Totes les instal·lacions compliran amb el que disposa el RD 1663/2000 (articles 8 i 9) sobre connexió d'instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa de baixa tensió.

5.7. Mesures

5.7.1. Totes les instal·lacions compliran amb el que disposa el RD 1663/2000 (article 10) sobre mesures i facturació d'instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa de baixa tensió.

5.8. Proteccions

5.8.1. Totes les instal·lacions compliran amb el que disposa el RD 1663/2000 (article 11) sobre proteccions en instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa de baixa tensió.

5.8.2. En connexions a la xarxa trifàsica, les proteccions per a la interconnexió de màxima i mínima freqüència (51 i 49 Hz respectivament) i de màxima i mínima tensió (1,1 i 0,85 Um respectivament) seran per a cada fase.

5.9. Posta a terra de les instal·lacions fotovoltaïques

5.9.1. Totes les instal·lacions compliran amb el que disposa el RD 1663/2000 (article 12) sobre les condicions de posta a terra en instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa de baixa tensió.

5.9.2. Quan l'aïllament galvànic entre la xarxa de distribució de baixa tensió i el generador fotovoltaic no es realitzi mitjançant un transformador d'aïllament, s'explicaran en la memòria de sol·licitud i de disseny o projecte els elements utilitzats per a garantir aquesta condició.

5.9.3. Totes les masses de la instal·lació fotovoltaica, tant de la secció continua com de l'alterna, estaran connectades a una única terra. Aquesta terra serà independent de la del neutre de l'empresa distribuïdora d'acord amb el Reglament de Baixa Tensió.

5.10. Harmònics i comptabilitat electromagnètica

5.10.1. Totes les instal·lacions compliran amb el que disposa el RD 1663/2000 (article 13) sobre harmònics i compatibilitat electromagnètica en instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa de baixa tensió.

6. Recepció i proves

6.1. L'instal·lador entregarà a l'usuari un document o albarà en el que consti el subministrament de components, materials i manuals d'ús i manteniment de la instal·lació. Aquest document serà firmat per duplicat per ambdues parts, conservant cada una un exemplar. Els manuals entregats a l'usuari estaran en alguna de les llengües oficials espanyoles per a facilitar la seva correcta interpretació.

6.2. Abans de la posta en servei de tots els elements principals (mòduls, inversors, comptadors) aquests hauran d'haver superat les proves de funcionament a fàbrica, de les que s'aixecarà oportuna acta que s'adjuntarà als certificats de qualitat, simulant diversos modes de funcionament.

6.3. Les proves a realitzar per l'instal·lador, amb independència de l'indicat amb anterioritat en aquest PCT, seran com a mínim les següents:

6.3.1. Funcionament i posta en marxa de tots els sistemes.

6.3.2. Proves d'arrencament i parades en diferents instants de funcionament.

6.3.3. Proves dels elements i mesures de protecció, seguretat i alarma, així com la seva actuació, amb excepció de les proves referides a l'interruptor automàtic de la desconexió.

6.3.4. Determinació de la potència instal·lada d'acord amb el procediment descrit.

6.4. Concloues les proves i la posta en marxa es passarà a la fase de la Recepció Provisional de la Instal·lació, no obstant l'Acta de Recepció Provisional no es signarà fins haver comprovat que tots els sistemes i elements que formen part del subministrament han funcionat correctament durant un mínim de 240 hores seguides, sense interrupcions o parades causades per errors del sistema subministrat, i a més s'hagin complert els següents requisits:

6.4.1. Entrega de tota la documentació, requerida en aquest PCT.

6.4.2. Retirada d'obra de tot material sobrant.

6.4.3. Neteja de les zones ocupades amb transport de tots els rebutjos a abocador.

6.5. Durant aquest període el subministrador serà l'únic responsable de l'operació dels sistemes subministrats, si bé hauran de formar al personal d'operació.

6.6. Tots els elements subministrats, així com la instal·lació en el seu conjunt, estaran protegits davant a defectes de fabricació, instal·lació o disseny per una garantia de tres anys, excepte per a mòduls fotovoltaïcs que la garantia serà de 8 anys, comptat a partir de la data de la firma d'acta de recepció provisional.

6.7. No obstant, l'instal·lador quedarà obligat a la reparació dels errors de funcionament que es puguin produir si s'apreciés que en el seu origen procedeix de defectes ocults de disseny, construcció, materials o muntatge, comproment-se a esmenar-los sense cap càrrec. En qualsevol cas, haurà d'atenir-se a l'establert en la legislació vigent en quan a vicis ocults.

7. Comandament i protecció, posta a terra

7.1. Aparells de comandament i maniobra

Els aparells de comandament i maniobra (interruptors i commutadors) seran de tipus tancat i material aïllant, tallaran la corrent màxima del circuit en que estan col·locats sense donar lloc a la formació d'arcs permanents, i no podran prendre una posició intermèdia.

Les peces de contacte tindran unes dimensions tals que la temperatura no pugui excedir de 65°C en cap d'elles.

Han de poder realitzar-se de l'ordre de 10.000 maniobres d'obertura i tancament a la intensitat i tensió nominals, que estaran marcades en un lloc visible.

7.2. Aparells de protecció

7.2.1. Protecció contra sobreintensitats

Els conductors actius han d'estar protegits per un o varis dispositius de tall automàtic contra les sobrecàrregues i contra els curtcircuits.

7.2.2. Aplicació

Excepte els conductors de protecció, tots els conductors que formen part d'un circuit, inclòs el conductor neutre, estaran protegits contra les sobreintensitats (sobrecàrregues i curtcircuits).

7.2.3. Protecció contra sobrecàrregues

Els dispositius de protecció han d'estar previstos per a interrompre tota corrent de sobrecàrrega en els conductors del circuit abans que pugui provocar un escalfament perjudicial a l'aïllament, a les connexions, a les extremitats o al medi ambient en les canalitzacions.

El límit d'intensitat de corrent admesa en un conductor ha de quedar en tot cas garantit pel dispositiu de protecció utilitzat.

Com a dispositius de protecció contra sobrecàrregues seran utilitzats els fusibles calibrats de característiques de funcionament adequades o els interruptors automàtics amb corba tèrmica de tall.

7.2.4. Protecció contra curtcircuits

S'han de posar dispositius de protecció per a interrompre tota corrent de curtcircuit abans que aquesta pugui resultar perillosa degut als efectes tèrmics i mecànics produïts en els conductors i en les connexions.

En l'origen de tot circuit s'establirà un dispositiu de protecció contra curtcircuits la capacitat de tall del qual estarà d'acord amb la intensitat de curtcircuit que pugui presentar-se en el punt de la instal·lació.

S'admeten com a dispositius de protecció contra curtcircuits els fusibles de característiques de funcionament adequades i els interruptors automàtics amb sistema de tall electromagnètic.

7.2.5. Situació i composició

En general, els dispositius destinats a la protecció dels circuits s'instal·laran en l'origen d'aquests, així com en els punts en que la intensitat admesa disminueixi per canvis deguts a secció, condicions d'instal·lació, sistema d'execució o tipus de conductors utilitzats.

7.2.6. Normativa aplicable

Petits interruptors automàtics (PIA)

Els interruptors automàtics per a instal·lacions domèstiques i anàlogues per a la protecció contra sobreintensitats s'ajustaran a la norma UNE-EN-60898. Aquesta norma s'aplica als interruptors automàtics amb tall a l'aire, de tensió assignada fins a 440 V (entre fases), intensitat assignada fins a 125 A i poder de tall nominal no superior a 25.000 A.

Els valors normalitzats de les tensions assignades són:

- 230 V pels interruptors automàtics unipolars i bipolars.
- 230/400 V pels interruptors automàtics unipolars.
- 400 V pels interruptors automàtics bipolars, tripolars i tetrapolars.

Els valors 240 V, 240/415 V i 415 V respectivament, són també valors normalitzats.

Els valors preferencials de les intensitats assignades són: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 i 125 A.

El poder de tall assignat serà 1.500, 3.000, 4.500, 6.000, 10.000 i per sobre 15.000, 20.000 i 25.000 A. La característica de disparament instantani dels interruptors automàtics vindrà determinada per la seva corba: B, C o D.

Interruptors automàtics de baixa tensió

Els interruptors automàtics de baixa tensió s'ajustaran a la norma UNE-en-60947-2:1996.

Aquesta norma s'aplica als interruptors automàtics els contactes principals dels quals estan destinats a ser connectats a circuits la tensió assignada dels quals no sobrepassa 1.000V en

corrent alterna o 1.500V en corrent continua. S'aplica qualsevol que sigui les intensitats assignades, els mètodes de fabricació i la funció prevista dels interruptors automàtics.

Cada interruptor automàtic ha d'estar marcat de forma indeleble i en un lloc visible amb les següents indicacions:

- Intensitat assignada (I_n)
- Capacitat pel seccionament, si li correspon.
- Indicacions de les posicions d'obertura i de tancament respectivament per O i 1 si s'utilitzen símbols.

També portaran marcat encara que no sigui visible en la seva posició de muntatge, el símbol de la naturalesa de corrent en que s'hagin d'utilitzar, i el símbol que indiqui les característiques de desconnexió, o en el seu defecte, aniran acompanyats de les corbes de desconnexió.

Fusibles

Els fusibles de baixa tensió s'ajustaran a la norma UNE-EN-60269-1:1998.

Aquesta norma s'aplica als fusibles amb cartutxos fusibles limitadors de corrent, de fusió tancada i que tinguin un poder de tall igual o superior a 6 kA. Destinats a assegurar la protecció de circuits, de corrent alterna i freqüència industrial, en la que la tensió assignada no sobrepassi 1.000V, o els circuits de corrent continua la tensió assignada dels quals no sobrepassi 1.500V.

Els valors d'intensitat pels fusibles expressats en ampers han de ser: 2, 4, 6, 7, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000 i 1250.

Hauran de portar marcada la intensitat i tensió nominals de treball per les que han sigut construïdes.

Interruptors amb protecció incorporada per intensitat diferencial residual

Els interruptors automàtics de baixa tensió amb dispositius reaccionats sota l'efecte d'intensitats residuals s'ajustaran a l'annex B de la norma UNE-EN-60947-2:1996.

Aquesta norma s'aplica als interruptors automàtics els contactes principals dels quals estan destinats a ser connectats a circuits la tensió assignada dels quals no sobrepassa 1.000V en corrent alterna o 1.500V en corrent continua. S'aplica qualsevol que siguin les intensitats assignades.

Els valors preferents d'intensitat diferencial residual de funcionament assignada són: 0,006A, 0,01A, 0,03A, 0,1A, 0,3A, 0,5A, 1A, 3A, 10A i 30A.

7.2.7. Característiques principals dels dispositius de protecció

Els dispositius de protecció compliran les condicions generals següents:

- Han de poder suportar la influència dels agents exteriors a que estiguin sotmesos, presentant el grau de protecció que els correspongui d'acord amb les seves condicions d'instal·lació.
- Els fusibles aniran col·locats sobre material aïllant incombustible i estaran construïts de forma que no puguin projectar metall al fondre's. Permetent el seu recanvi de la instal·lació sota tensió sense cap perill.
- Els interruptors automàtics seran els apropiats als circuits a protegir, responent al seu funcionament a les corbes intensitat - temps adequades. Hauran de tallar la corrent màxima del circuit en que estiguin col·locades, sense donar lloc a la formació d'arc permanent, obrint o tancant els circuits, sense possibilitat de prendre una posició intermèdia entre les corresponents a les d'obertura o tancament. Quan s'utilitzin per la protecció contra curtcircuits, la capacitat de tall estarà d'acord amb la intensitat de curtcircuit que pugui presentar-se en el punt de la instal·lació, excepte que vagin associats amb fusibles adequats que compleixin aquest requisit, i que siguin de característiques coordinades amb les del interruptor automàtic.
- Els interruptors diferencials hauran de resistir les corrents de curtcircuit que puguin presentar-se en el punt de la seva instal·lació, i del contrari hauran d'estar protegits per fusibles de característiques adequades.

7.2.8. Protecció contra sobretensions d'origen atmosfèric

Segons el que indica la Instrucció ITC BT 23 en el seu apartat 3.2.:

Quan una instal·lació s'alimenta per, o inclogui, una línia aèria amb conductors nus o aïllats, es considera necessària una protecció contra sobretensions d'origen atmosfèric en l'origen de la instal·lació.

El nivell de sobretensions pot controlar-se mitjançant dispositius de protecció contra les sobretensions col·locats en les línies aèries (sempre que estiguin suficientment pròxims a l'origen de la instal·lació) o en la instal·lació elèctrica de l'edifici.

Els dispositius de protecció contra sobretensions d'origen atmosfèric han de seleccionar-se de manera que el seu nivell de protecció sigui inferior a la tensió suportada a impuls de la categoria dels equips i materials que es preveu que s'instal·lin.

En xarxes TT; els descarregats es connectaran entre cada un dels conductors, incloent el neutre o compensador i la terra de la instal·lació.

7.2.9. Protecció contra contactes directes i indirectes

Els mitjans de protecció contra contactes directes i indirectes en instal·lació s'executaran seguint les indicacions detallades en la Instrucció ITC BT 24 i en la norma UNE-20460-4-41.

La protecció contra contactes directes consisteix en prendre les mesures destinades a protegir les persones contra els perills que pugin derivar-se d'un contacte amb les parts actives dels materials elèctrics. Els mitjans a usar són els següents:

- Protecció per aïllament de les parts actives

- Protecció per mitjà de barreres o evolvents
- Protecció per mitjà d'obstacles
- Protecció per posta fora d'abast per allunyament.
- Protecció complementària per dispositius de corrent diferencial residual.

S'utilitzarà el mètode de protecció contra contactes indirectes per tall d'alimentació en cas d'error, mitjançant l'ús d'interruptors diferencials.

El corrent a terra produïda per un sol defecte franc han de fer actuar el dispositiu de tall en un temps no superior a 5 segons.

Una massa qualsevol no pot romandre en relació a una toma de terra elèctricament diferent, a un potencial superior, en valor eficaç, a:

- 24 V en els locals o emplaçaments humits o molls
- 50 V en els demès casos

7.3. Xarxa equipotencial

Es realitzarà una connexió equipotencial entre les canalitzacions metàl·liques existents (aigua freda, calent, desaigua, calefacció, gas,...) i les masses dels aparells sanitaris metàl·lics i tots els demès elements conductors accessibles, tals com marcs metàl·lics de portes, radiadors,... El conductor que assegurí aquesta protecció haurà d'estar preferentment soldat a les canalitzacions o als altres elements conductors, o si no, fixat solidàriament als mateixos per colars o altre tipus de subjecció apropiat a base de metalls no fèrrics, establint els contactes sobre parts metàl·liques sense pintura. Els conductors de protecció de posta a terra, quan existeixin, i de connexió equipotencial han d'estar connectats entre si. La secció mínima d'aquest últim estarà d'acord amb el que disposa la Instrucció ITC BT 19 pels conductors de protecció.

7.4. Instal·lació de posada a terra

Estarà composta per toma de terra, conductors de terra, born principal de terra i conductors de protecció. Es duran a terme segons l'especificat en la Instrucció ITC BT 18.

7.4.1. Naturalesa i seccions mínimes

Els materials que assegurin la posta a terra seran tals que el valor de la resistència de posta a terra estigui conforme amb les normes de protecció i de funcionament de la instal·lació, tenint en compta els requisits generals indicats en la ITC BT 24 i els requisits particulars de les Instruccions Tècniques de cada instal·lació.

Els corrents de defecte a terra i els corrents de fuga poden circular sense perill, particularment des del punt de vista de sol·licitacions tèrmiques, mecàniques i elèctriques.

En tots els casos els conductors de protecció que no formin part de la canalització d'alimentació seran de coure amb una secció d'almenys 25mm² si disposen de protecció mecànica i de 4mm² si no disposen d'aquesta.

Les seccions dels conductors de protecció, i dels conductors de terra estan definides en la instrucció ITC BT 18.

7.4.2. Estesa dels conductors

Els conductors de terra enterrats estesos en el sòl es considera que formen part de l'elèctrode. El recorregut dels conductors de la línia principal de terra, les seves derivacions i els conductors de protecció, serà el més curt possible i sense canvis bruscs de direcció. No estaran sotmesos a esforços mecànics i estaran protegits contra la corrosió i el desgast mecànic.

7.4.3. Connexions dels conductors dels circuits de terra amb les parts metàl·liques i masses i amb els elèctrodes

Els conductors dels circuits de terra tindran un bon contacte elèctric tant amb les parts metàl·liques i masses que es desitgi posar a terra com amb el d'elèctrode. A aquests efectes, les connexions hauran d'efectuar-se per mitjà de peces de connexió adequades, assegurant les superfícies de contacte de forma que la connexió sigui efectiva per mitjà de cargols, elements de compressió, reblons o soldadura d'alt punt de fusió. Es prohibeix la utilització de soldadures de baix punt de fusió tals com estany, plata, etc.

Els circuits de posta a terra formaran una línia elèctricament continua en la que no podran incloure en sèrie ni masses ni elements metàl·lics qualsevol que siguin aquests. La connexió de les masses i els elements metàl·lics al circuit de posta a terra s'efectuarà sempre per mitjà del born de posta a terra. Els contactes han de disposar-se nets, sense humitat i en forma tal que no sigui fàcil que l'acció del temps destrueixi per efectes electroquímics les connexions efectuades.

S'haurà de preveure un born principal de terra a la instal·lació, al que aniran units els conductors de terra, de protecció, d'unió equipotencial principal i en cas que fos necessaris, també els de posta a terra funcional.

7.4.4. Prohibició d'interrompre els circuits de terra

Es prohibeix intercalar en circuits de terra seccionadors, fusibles o interruptors. Només es permet disposar d'un dispositiu de tall en els punts de posta a terra, de forma que permeti mesurar la resistència de la toma de terres.

8. Requeriments tècnics del contracte de manteniment

8.1. Generalitats

8.1.1. Es realitzarà un contracte de manteniment preventiu i correctiu d'almenys tres anys.

8.1.2. El contracte de manteniment de la instal·lació inclourà tots els elements de la instal·lació amb les tasques de manteniment preventiu aconsellats pels diferents fabricants.

8.2. Programa de manteniment

8.2.1. L'objecte d'aquest apartat és definir les condicions generals mínimes que han de seguir-se per a l'adequat manteniment de les instal·lacions d'energia solar fotovoltaica connectades a xarxa.

8.2.2. Es defineixen dos graus d'actuació per englobar totes les operacions necessàries durant la vida útil de la instal·lació per a assegurar el funcionament, augmentar la producció i prolongar la duració de la mateixa:

- manteniment preventiu
- manteniment correctiu

8.2.3. Pla de manteniment preventiu: són operacions d'inspecció visual, verificació d'actuacions i altres, que aplicats a la instal·lació han de permetre mantenir dins els límits acceptables les condicions de funcionament, prestacions, protecció i durabilitat de la instal·lació.

8.2.4. Pla de manteniment correctiu: totes les operacions de substitució necessàries per a assegurar que el sistema funciona correctament durant la vida útil. Inclou:

- la visita a la instal·lació en els terminis indicats en el punt 8.3.5.2. i cada vegada que l'usuari ho requereixi per averia grau en la instal·lació.
- en l'anàlisi i pressupost dels treballs i reposició necessàries pel correcte funcionament de la mateixa.
- els costos econòmics del manteniment correctiu, amb l'abast indicat, formen part del preu anual de contracte de manteniment. Podran no estar inclosos ni la mà d'obra, ni les reposicions d'equips necessàries més enllà del període de garantia.

8.2.5. El manteniment ha de realitzar-se pel personal tècnic qualificat sota la responsabilitat de l'empresa instal·ladora.

8.2.6. El manteniment preventiu de la instal·lació inclourà al menys una visita (anual pel cas d'instal·lacions de menys de 5 kWp i semestral pel resta) en la que es realitzaran les següents activitats:

- Comprovació de les proteccions elèctriques
- Comprovació de l'estat dels mòduls: comprovar la situació respecte al projecte original i verificar l'estat de les connexions.
- Comprovació de l'estat de l'inversor: funcionament, làmpades de senyalitzacions, alarmes,...
- Comprovació de l'estat mecànics de cables i terminals (incloent cables de tomes de terra i reajustament de borns), platines, transformadors, ventiladors/extractors, unions, reajustaments, neteja.

8.2.7. Realització d'un informe tècnic de cada una de les visites en el que es vegi l'estat de les instal·lacions i les incidències ocorregudes.

8.2.8. Registre de les operacions de manteniment realitzades en un llibre de manteniment, en el que constarà la identificació del personal de manteniment (nom, titulació, autorització de l'empresa).

8.3. Garanties

8.3.1. Àmbit general de la garantia

8.3.1.1. Sense perjudici de qualsevol possible reclamació a tercers, la instal·lació serà reparada d'acord amb aquestes condicions generals si ha sofert una averia a causa d'un defecte de muntatge o de qualsevol dels components, sempre que hagi estat manipulada correctament d'acord amb l'establert en el manual d'instruccions.

8.3.1.2. La garantia es concedeix a favor del comprador de la instal·lació, el que s'haurà de justificar degudament mitjançant el corresponent certificat de garantia, amb la data que s'acrediti en la certificació de la instal·lació.

8.3.2. Terminis

8.3.2.1. El subministrador garantirà la instal·lació durant un període mínim de tres anys, per tots els materials utilitzats i el procediment utilitzat en el seu muntatge.

8.3.2.2. Si s'hagués d'interrompre l'explotació del subministrament degut a raons de les que es responsable el subministrador, o a reparacions que el subministrador hagi de realitzar per a complir les estipulacions de la garantia, el termini es prolongarà per la duració total d'aquestes interrupcions.

8.3.3. Condicions econòmiques

8.3.3.1. La garantia comprèn la reparació o reposició dels components i les peces que poguessin resultar defectuoses així com la mà d'obra utilitzada en la reparació o reposició durant el termini de vigència de la garantia.

8.3.3.2. Queden expressament inclosos totes les demès despeses, tals com temps de desplaçament, mitjans de transport, amortització de vehicles i eines, disponibilitat d'altres mitjans i eventuais ports de recollida i devolució dels equips per a la seva reparació en els tallers del fabricant.

8.3.3.3. Així mateix, s'han d'incloure la mà d'obra i materials necessaris per a efectuar els ajustaments i eventuais reglatges del funcionament de la instal·lació.

8.3.3.4. Si en un termini raonable, el subministrador incompleix les obligacions derivades de la garantia, el comprador de la instal·lació podrà, prèvia notificació escrita, fixar una data final per a que el citat subministrador compleixi amb les obligacions. Si el subministrador no compleix amb les seves obligacions en l'últim termini citat, el comprador de la instal·lació podrà, per compta i risc del subministrador, realitzar per si mateix o contractar a un tercer per a realitzar les oportunes reparacions, sense perjudici de la reclamació per danys i perjudicis en que hagués incorregut el subministrador.

8.3.4. Anul·lació de la garantia

8.3.4.1. La garantia podrà anul·lar-se quan la instal·lació hagi sigut reparada, modificada o desmuntada, encara només sigui en part, per persones alienes al subministrador o als serveis d'assistència tècnica dels fabricants no autoritzats expressament pel subministrador.

8.3.5. Lloc i temps de la prestació

8.3.5.1. Quan l'usuari detecti un defecte de funcionament en la instal·lació, ho comunicarà fefaentment al subministrador. Quan el subministrador consideri que és un defecte de fabricació d'algun component ho comunicarà fefaentment al fabricant.

8.3.5.2. El subministrador atindrà qualsevol incidència en el termini màxim d'una setmana i la resolució de l'averia en un temps màxim de 15 dies, excepte causes de força major degudament justificades.

8.3.5.3. Les averies de les instal·lacions es repararan en el lloc d'ubicació pel subministrador. Si l'averia d'algun component no pogués ser reparada al domicili de l'usuari, el component haurà de ser enviat al taller oficial designat pel fabricant per compte i càrrec del subministrador.

8.3.5.4. El subministrador realitzarà les reparacions o reposicions de peces a la major brevetat possible una vegada rebut l'avís d'averia, però no es responsabilitzarà dels perjudicis causats per la demora en les citades reparacions sempre que sigui inferior a 15 dies naturals.

9. Condicions de contractació

9.1. Elecció de components

Tots els materials utilitzats en el muntatge de la instal·lació corresponen als de major fiabilitat dels que es troben en el mercat, complint a la vegada, totes i cada una de les condicions de treball a que aquests es sotmeten.

9.2. Prescripcions generals de la instal·lació

S'aplicaran totes les previstes en el RBT.

10. Execució del projecte

La casa constructora encarregada de l'execució del present projecte haurà de tenir en compte totes les normes que sobre el muntatge existeixin.

Totes les obres hauran de ser realitzades per personal qualificat.

10.1. Termini d'execució

Seria fixat en el termini d'execució de les bases de contractació

10.2. Comprovació del circuit

Una vegada acabat el muntatge s'efectuaran els següents controls:

- Proves d'arrencament i parada en diferents instants de funcionament
- Proves dels elements i mitjans de protecció, seguretat i alarma, així com la seva actuació, amb excepció de les proves referides a l'interruptor automàtic de la desconnexió.
- Determinació de la potència instal·lada

10.3. Prova final d'entrega

Abans de donar per finalitzada l'execució del projecte es sotmetrà a la instal·lació a una prova en iguals condicions a les que normalment serà utilitzada.

Condicions econòmiques

1. Abonament de l'obra

Al contracte s'haurà de fixar detalladament la forma i terminis que s'abonaran les obres. Les liquidacions parcials que puguin establir-se tindran caràcter de documents provisionals a bon compte, subjectes a les certificacions que resultin de la liquidació final. No suposant, aquestes liquidacions, aprovació ni recepció de les obres que comprenen.

Acabades les obres es procedirà a la liquidació final que s'efectuarà d'acord amb els criteris establerts en el contracte.

2. Preus

El contractista presentarà, en formalitzar-se el contracte, relació dels preus de les unitats d'obra que integren el projecte, els quals de ser acceptats tindran valor contractual i s'aplicaran a les possibles variacions que pugui haver-hi.

Aquests preus unitaris, s'entén que comprenen l'execució total de la unitat d'obra, incloent tots els treballs encara els complementaris i els materials així com la part proporcional d'imposició fiscal, les càrregues laborals i altres despeses repercutibles.

En cas d'haver de realitzar-se unitats d'obra no previstes en el projecte, es fixarà el seu preu entre el Tècnic Director i el Contractista abans d'iniciar l'obra i es presentarà a la propietat per a la seva acceptació o no.

3. Revisió de preus

Al contracte s'establirà, si el contractista té dret a revisió de preus i la fórmula a aplicar per calcular-la. A falta d'aquesta última, s'aplicarà segons el parer del Tècnic Director algun dels criteris oficials acceptats.

4. Penalitzacions

Per retard en els terminis de lliurament de les obres, es podran establir taules de penalització les quanties de la qual i demores es fixaran en el contracte.

5. Contracte

El contracte es formalitzarà mitjançant document privat, que podrà elevar-se a escriptura pública a petició de qualsevol de les parts. Comprendrà l'adquisició de tots els materials, transport, mà d'obra, mitjans auxiliars per a l'execució de l'obra projectada en el termini estipulat, així com la reconstrucció de les unitats defectuoses, la realització de les obres complementàries i les derivades de les modificacions que s'introdueixin durant l'execució, aquestes últimes en els termes previstos.

La totalitat dels documents que componen el Projecte Tècnic de l'obra seran incorporats al contracte i tant el contractista com la Propietat hauran de signar-los en testimoniatge que els coneixen i accepten.

6. Responsabilitats

El Contractista és el responsable de l'execució de les obres en les condicions establertes en el projecte i en el contracte. Com a conseqüència d'això vindrà obligat a la demolició del mal executat i a la seva reconstrucció correctament sense que serveixi d'excusa el que el Tècnic Director hagi examinat i reconegut les obres.

El contractista és l'únic responsable de totes les contravencions que ell o el seu personal cometin durant l'execució de les obres o operacions relacionades amb les mateixes. També és responsable dels accidents o danys que per errors, inexperiència o ocupació de mètodes inadequats es produeixin a la propietat als veïns o tercers en general.

El Contractista és l'únic responsable de l'incompliment de les disposicions vigents en la matèria laboral respecte del seu personal i per tant els accidents que puguin sobrevenir i dels drets que puguin derivar-se d'ells.

7. Rescissió de contracte

Es consideren causes suficients per a la rescissió del contracte les següents:

1. Mort o incapacitació del Contractista.
2. La fallida del contractista.
3. Modificació del projecte quan produeixi alteració en més o menys 25% del valor contractat.
4. Modificació de les unitats d'obra en nombre superior al 40% de l'original.
5. La no iniciació de les obres en el termini estipulat quan sigui per causes alienes a la Propietat.
6. La suspensió de les obres ja iniciades sempre que el termini de suspensió sigui major de sis mesos.
7. Incompliment de les condicions del Contracte quan impliqui mala fe.

8. Terminació del termini d'execució de l'obra sense haver arribat a completar aquesta.
9. Actuació de mala fe en l'execució dels treballs.
10. Subcontractar la totalitat o part de l'obra a tercers sense l'autorització del Tècnic Director i la Propietat.

8. Liquidació en cas de rescissió del contracte

Sempre que es rescindeixi el Contracte per causes anteriors o bé per acord amb les dues parts, s'abonarà al Contractista les unitats d'obra executades i els materials apilats a peu d'obra i que reuneixin les condicions i siguin necessaris per a la mateixa.

Quan es rescindeixi el contracte portarà implícit la retenció de la fiança per obtenir les possibles despeses de conservació del període de garantia i els derivats del manteniment fins avui de nova adjudicació.

Condicions facultatives

1. Normes a seguir

El disseny de la instal·lació elèctrica estarà d'acord amb les exigències o recomanacions exposades en l'última edició dels següents codis:

1. Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió i Instruccions Complementàries.
2. Normes UNE.
3. Publicacions del Comitè Electrotècnic Internacional (*CEI).
4. Pla nacional i Ordenança General de Seguretat i Higiene en el treball.
5. Normes de la Companyia Subministradora.
6. L'indicat en aquest plec de condicions amb preferència els codis i normes.
7. Comitè Internacional de l'Enllumenat.

2. Personal

El Contractista tindrà al capdavant de l'obra un encarregat amb autoritat sobre els altres operaris i coneixements acreditats i suficients per a l'execució de l'obra. L'encarregat rebrà, complirà i transmetrà les instruccions i ordenis del Tècnic Director de l'obra.

El Contractista tindrà en l'obra, el nombre i classe d'operaris que faci mancada per al volum i naturalesa dels treballs que es realitzin, els quals seran de reconeguda aptitud i experimentats en l'ofici. El Contractista estarà obligat a separar de l'obra, a aquell personal que segons el parer del Tècnic Director no compleixi amb les seves obligacions, realitzi el treball defectuosament, bé per falta de coneixements o per obrar de mala fe.

3. Reconeixement i assajos previs

Quan ho estimi oportú el Tècnic Director, podrà encarregar i ordenar l'anàlisi, assaig o comprovació dels materials, elements o instal·lacions, bé sigui en fàbrica d'origen, laboratoris oficials o en la mateixa obra, segons crea més convenient, encara que aquests no estiguin indicats en aquest plec. En el cas de discrepància, els assajos o proves s'efectuaran en el laboratori oficial que el Tècnic Director d'obra designi.

Les despeses ocasionades per aquestes proves i comprovacions, seran per compte del Contractista.

4. Assajos

Abans de la posada en servei del sistema elèctric, el Contractista haurà de fer els assajos adequats per provar, a la sencera satisfacció del Tècnic Director d'obra, que tots els equips, aparells i cablejat han estat instal·lats correctament d'acord amb les normes establertes i estan en condicions satisfactòries del treball.

Tots els assajos seran presenciats per l'Enginyer que representa el Tècnic Director d'obra. Els resultats dels assajos seran passats en certificats indicant data i nom de la persona a càrrec de l'assaig, així com categoria professional.

Els cables, abans de posar-se en funcionament, se sotmetran a un assaig de resistència d'aïllament entre les fases i entre fase i terra. En els cables enterrats, aquests assajos de resistència d'aïllament es faran abans i després d'efectuar la empena't i compactat.

Les proves i assajos al fet que seran sotmeses les cel·les una vegada acabada la seva fabricació seran els següents:

Prova d'operació mecànica.

Es realitzaran proves de funcionament mecànic sense tensió en el circuit principal d'interruptors, seccionadors i altres instruments, així com tots els elements mòbils i enclavaments.

Prova de dispositius auxiliars, hidràulics, pneumàtics i elèctrics.

Es realitzaran proves sobre elements que tinguin una determinada seqüència d'operació.

Verificació del cablejat.

El cablejat serà verificat conforme als esquemes elèctrics.

Assaig a freqüència industrial.

Se sotmetrà el circuit principal a la tensió de freqüència industrial especificada en la columna 3 de la taula II de la norma UNE-20.099 durant un minut.

Assaig dielèctric de circuits auxiliars i de control.

Aquest assaig es realitzarà sobre els circuits de control i es farà d'acord amb el punt 23.5 de la norma UNE-20.099.

Assaig a ona de xoc 1,2/50 *m * seg.

Es disposa del protocol de proves realitzades a la tensió (1,2/50 *m*seg) especificada en la columna 2 de la taula II de la norma UNE-20.099. El procediment d'assaig es realitzarà segons l'especificat en el punt 23.3 d'aquesta norma.

Verificació del grau de protecció.

El grau de protecció serà verificat d'acord amb el punt 3.0.1 de la norma UNE-20.099

5. Instrumentació

Abans de posar la instrumentació sota tensió, es mesurarà la resistència d'aïllament de cada embarrat entre fases i entre fases i terra. Les mesures han de repetir-se amb els interruptors en posició de funcionament i contactes oberts.

Tot relé de protecció que sigui ajustable serà calibrat i assajat, usant comptador de cicles, caixa de càrrega, amperímetre i voltímetre, segons es necessiti.

Es disposarà, en tant que sigui possible, d'un sistema de protecció selectiva. D'acord amb això, els relés de protecció es triaran i coordinaran per aconseguir un sistema que permeti actuar primer el dispositiu d'interrupció més proper a la falta. El contractista prepararà corbes de coordinació de relés i calibrat d'aquests per a tots els sistemes de protecció previstos.

Es comprovaran els circuits secundaris dels transformadors d'intensitat i tensió aplicant corrents o tensió als enrotllaments secundaris dels transformadors i comprovant que els instruments connectats a aquests secundaris funcionen.

Tots els interruptors automàtics es col·locaran en posició de prova i cada interruptor serà tancat i disparat des del seu interruptor de control. Els interruptors han de ser disparats per accionament manual i aplicant corrent als relés de protecció. Es comprovaran tots els enclavaments. Es mesurarà la rigidesa dielèctrica de l'oli dels interruptors de petit volum.

Estat d'Amidaments

DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA AL PAVELLÓ MUNICIPAL DE CAMBRILS

TREBALL DE FI DE GRAU

Grau d'Enginyeria Elèctrica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

Setembre, 2021

Página 152 de 197

Índex Estat d'Amidaments

1. Instal·lació fotovoltaica	154
2. Connexions	155
3. Proteccions i caixes	156
4. Altres	156

1. Instal·lació fotovoltaica

1. INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA		
Codi	Unitats	Descripció
1 IEF001	U 136	Materials MÒDUL FOTOVOLTAIC JINKO Cheetah 400 Wp Mòdul solar fotovoltaic de cèl·lules de silici monocristal·lí, potència màxima (Wp) 400 W, tensió a màxima potència (Vmp) 41,7 V, intensitat a màxima potència (Imp) 9,6 A, tensió en circuit obert (Voc) 49,8 V, intensitat de curtcircuit (Isc) 10,36 A, eficiència 19,88%, 144 cèl·lules de 156x156 mm, vidre exterior temperat de 4 mm de gruix, capa adhesiva d'etilè vinil acetat (EVA), capa posterior de polifluorur de vinil, polièster i polifluorur de vinil (TPT), marc d'alumini anoditzat, temperatura de treball -40 ° C fins a 85 ° C, dimensions 2008x1002x40 mm, pes 20,5 kg, amb caixa de connexions amb díodes, cables i connectors.
2 IEF020	U 2	Materials INVERSOR XARXA FRONIUS ECO 25 kW Inversor trifàsic, potència màxima d'entrada 37,8 kW, voltatge d'entrada màxim 1000 Vcc, rang de voltatge d'entrada de 580 a 850 Vcc, potència nominal de sortida 25 kW, potència màxima de sortida 25 kVA, eficiència màxima 98,1%, dimensions 569x621x733 mm, pes 84 kg, amb peus de suport, indicador de l'estat de funcionament amb leds, comunicació via Wi-Fi per control remot des d'un smartphone, tablet o PC, dos ports Ethernet, i protocol de comunicació Modbus.
3 IEF071	U 28	Materials ESTRUCTURA INCLINADA HORIZONTAL 3 PANELLS Estructura inclinada horitzontal a 25° sobre la superfície per cobertes o sostres sense inclinació. Les seves potes són triangulars permutats i tancats amb una gran superfície de recolzament que els permet fixar al sostre. Estructura vàlida per a panells que tinguin mides fins a 1m x 2m i amb qualsevol tipus d'espessor.
4 IEF071	U 36	Materials ESTRUCTURA INCLINADA HORIZONTAL 2 PANELLS Estructura inclinada horitzontal a 25° sobre la superfície per cobertes o sostres sense inclinació. Les seves potes són triangulars permutats i tancats amb una gran superfície de recolzament que els permet fixar al sostre. Estructura vàlida per a panells que tinguin mides fins a 1m x 2m i amb qualsevol tipus d'espessor.

2. Connexions

2. CONNEXIONS		
Codi	Unitats	Descripció
1 IEO010	m 600	Materials TUBS PVC Canalització de tub rígid de PVC, corbable en calent, de color negre, de 16 mm de diàmetre nominal, resistència a la compressió 1250 N, amb grau de protecció IP547. Instal·lació fixa en superfície.
2 IEH015	m 600	Materials CABLE FOTOVOLTAIC ZZ-F (AS) Cable elèctric unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN", resistent a la intempèrie, per a instal·lacions fotovoltaïques, garantit per 30 anys, tipus ZZ-F, tensió nominal 0,6 / 1 kV, tensió màxima en corrent continu 1,8 kV, reacció a foc classe Eca, amb conductor de coure recuit, flexible (classe 5), de 1x4 mm ² de secció, aïllament d'elastòmer reticulat, de tipus EI6, coberta d'elastòmer reticulat, de tipus EM5, aïllament classe II, de color negre, i amb les següents característiques: no propagació de la flama, baixa emissió de fums opacs, reduïda emissió de gasos tòxics, lliure d'halògens, nul·la emissió de gasos corrosius, resistència a l'absorció d'aigua, resistència al fred, resistència als raigs ultraviolats, resistència als agents químics, resistència als greixos i olis, resistència als cops i resistència a l'abrasió.
3 IEH012	m 5	Materials CABLE RZ1-K (AS) Cable multipolar RV-K, sent la seva tensió assignada de 0,6 / 1 kV, reacció a foc classe Eca, amb conductor de coure classe 5 (-K) de 4x10 mm ² de secció, amb aïllament de polietilè reticulat (R) i coberta de PVC (V). Fins i tot accessoris i elements de subjecció.
4 IEH012	m 35	Materials CABLE RZ1-K (AS) Cable multipolar RV-K, sent la seva tensió assignada de 0,6 / 1 kV, reacció a foc classe Eca, amb conductor de coure classe 5 (-K) de 4x25 mm ² de secció, amb aïllament de polietilè reticulat (R) i coberta de PVC (V). Fins i tot accessoris i elements de subjecció.
5 IEP025	m 40	Materials CONDUCTOR A TERRA Conductor de terra format per cable rígid nu de coure trenat, de 25 mm ² de secció.

3. Proteccions i caixes

3. PROTECCIONS I CAIXES DE PROTECCIÓ		
Codi	Unitats	Descripció
1 IEC010	U 1	Materials CAIXA DE PROTECCIÓ I MESURA Caixa de protecció i mesura CPM2-S4, de fins a 63 A d'intensitat, per 1 comptador trifàsic, instal·lada en l'interior de fornícula mural, en habitatge unifamiliar o local.
2 IEX064	U 2	Materials INTERRUPTOR DIFERENCIAL MODULAR Interruptor combinat magnetotèrmic-bloc diferencial, de 7,5 mòduls, tetrapolar (4P), intensitat nominal 100 A, sensibilitat 300 mA, poder de tall 6 kA, corba C, classe AC.
3 IEX050	U 2	Materials INTERRUPTOR AUTOMÀTIC MAGNETOTÈRMIC Interruptor automàtic magnetotèrmic, de 4 mòduls, tetrapolar (4P), intensitat nominal 50 A, poder de tall 6 kA, corba C.
4 IEX405	U 1	Materials ARMARI DISTRIBUCIÓ Armari de distribució metàl·lic, per a encastar, amb porta transparent, grau de protecció IP40, aïllament classe II, per 24 mòduls.
5 IOD025	U 1	Materials CAIXA DE DERIVACIÓ Caixa de derivació cega, rectangular, de 100x50x45 mm, amb 6 entrades encunyades i tapa de registre amb arpes metàl·liques. Instal·lació encastada. També regletes de connexió. El preu no inclou les ajudes de paleta per instal·lacions.

4. Altres

4. ALTRES		
Codi	Unitats	Descripció
1 X1.1	U 1	Materials Control de qualitat a la instal·lació projectada necessaris per la correcta posta a punt incloent proves, ajust de sensibilitat d'aparells, comprovació del funcionament, etc.
2 X1.2	U 1	Materials Aplicació de l'estudi bàsic de seguretat i salut en l'execució de la instal·lació

Pressupost

DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA AL PAVELLÓ MUNICIPAL DE CAMBRILS

TREBALL DE FI DE GRAU

Grau d'Enginyeria Elèctrica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

Setembre, 2021

Índex Pressupost

1. Justificació del pressupost	159
2. Pressupost final.....	167
3. Resum del pressupost	170

1. Justificació del pressupost

1. INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA					
Codi	Unitat	Descripció		Preu unitari	Import
1					
mt35sol025aCJ	Ud	MÒDUL FOTOVOLTAIC JINKO Cheetah 400 Wp Mòdul solar fotovoltaic de cèl·lules de silici monocristal·lí, potència màxima (Wp) 400 W, tensió a màxima potència (Vmp) 41,7 V, intensitat a màxima potència (Imp) 9,6 A, tensió en circuit obert (Voc) 49, 8 V, intensitat de curtcircuit (Isc) 10,36 A, eficiència 19,88%, 144 cèl·lules de 156x156 mm, vidre exterior temperat de 4 mm de gruix, capa adhesiva de etilè vinil acetat (EVA), capa posterior de polifluorur de vinil, polièster i polifluorur de vinil (TPT), marc d'alumini anoditzat, temperatura de treball -40 ° C fins a 85 ° C, dimensions 2008x1002x40 mm, pes 20,5 kg, amb caixa de connexions amb díodes, cables i connectors.	1,000	159,00	159,00
				Subtotal materials:	159,00
2		Ma d'obra			
mo009	h	Oficial 1ª instal·lador de captadors solars.	0,370	19,56	7,24
mo108	h	Ajudant instal·lador de captadors solars.	0,370	18,01	6,66
				Subtotal mà d'obra:	13,90
3		Costos directes complementaris			
	%	Costos directes complementaris	2,000	172,90	3,46
		Cost de manteniment desenal: 22,01€ als primers 10 anys.		Costos directes (1+2+3):	176,36

1						
mt35ifg040b	Ud	INVERSOR XARXA FRONIUS ECO 25 kW	1,000	3268,79	3268,79	
		Inversor trifàsic, potència màxima d'entrada 37,8 kW, voltatge d'entrada màxim 1000 Vcc, rang de voltatge d'entrada de 580 a 850 Vcc, potència nominal de sortida 25 kW, potència màxima de sortida 25 kVA, eficiència màxima 98,1%, dimensions 569x621x733 mm, pes 84 kg, amb peus de suport, indicador de l'estat de funcionament amb leds, comunicació via Wi-Fi per control remot des d'un smartphone, tablet o PC, dos ports Ethernet, i protocol de comunicació Modbus.				
						Subtotal 3268,79
						materials:
2		Ma d'obra				
mo009	h	Oficial 1ª instal·lador de captadors solars.	0,600	19,56	11,74	
mo108	h	Ajudant instal·lador de captadors solars.	0,600	18,01	10,81	
						Subtotal mà d'obra: 22,55
3		Costos directes complementaris				
	%	Costos directes complementaris	2,000	3291,34	65,83	
		Cost de manteniment desenal: 345,46€ als primers 10 anys.				Costos directes 3357,17 (1+2+3):

1						
mt35sol025aBI	Ud	ESTRUCTURA INCLINADA HORIZONTAL 3 PANELLS	1,000	349,42	349,42	
		Estructura inclinada horitzontal a 25° sobre la superfície per cobertes o sostres sense inclinació. Les seves potes són triangulars permutats i tancats amb una gran superfície de recolzament que els permet fixar al sostre. Estructura vàlida per a panells que tinguin mides fins a 1m x 2m i amb qualsevol tipus d'espessor.				
						Subtotal 349,42
						materials:
2		Ma d'obra				
mo009	h	Oficial 1ª instal·lador de captadors solars.	0,600	19,56	11,74	

mo108	h	Ajudant instal·lador de captadors solars.	0,600	18,01	10,81
			Subtotal mà		22,55
			d'obra:		
3	%	Costos directes complementaris	2,000	371,97	7,44
			Costos directes		379,41
			(1+2+3):		
<hr/>					
1	Ud	ESTRUCTURA INCLINADA HORIZONTAL 2 PANELLS	1,000	237,89	237,89
mt35sol025aBI		Estructura inclinada horitzontal a 25° sobre la superfície per cobertes o sostres sense inclinació. Les seves potes són triangulars permutats i tancats amb una gran superfície de recolzament que els permet fixar al sostre. Estructura vàlida per a panells que tinguin mides fins a 1m x 2m i amb qualsevol tipus d'espessor.			
			Subtotal materials:		237,89
2	h	Ma d'obra			
mo009	h	Oficial 1ª instal·lador de captadors solars.	0,600	19,56	11,74
mo108	h	Ajudant instal·lador de captadors solars.	0,600	18,01	10,81
			Subtotal mà		22,55
			d'obra:		
3	%	Costos directes complementaris	2,000	260,44	5,21
			Costos directes		265,65
			(1+2+3):		

2. CONNEXIONS					
Codi	Unitat	Descripció	Preu unitari	Import	
1					
mt35aia090ma	m	TUBS PVC Canalització de tub rígid de PVC, corbable en calent, de color negre, de 16 mm de diàmetre nominal, resistència a la compressió 1250 N, amb grau de protecció IP547. Instal·lació fixa en superfície.	1,000	0,85	0,85
			Subtotal materials:		0,85
2		Ma d'obra			
mo009	h	Oficial 1 ^a electricista.	0,035	19,56	0,68
mo108	h	Ajudant electricista.	0,050	18,01	0,90
			Subtotal mà d'obra:		1,58
3		Costos directes complementaris			
	%	Costos directes complementaris	2,000	2,43	0,05
<i>Cost de manteniment desenal: 0,12€ als primers 10 anys.</i>			Costos directes (1+2+3):		2,48
<hr/>					
1					
mt35pry026e	m	CABLE FOTOVOLTAIC ZZ-F (AS) Cable elèctric unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN", resistent a la intempèrie, per a instal·lacions fotovoltaïques, garantit per 30 anys, tipus ZZ-F, tensió nominal 0,6 / 1 kV, tensió màxima en corrent continu 1,8 kV, reacció a foc classe Eca, amb conductor de coure recuit, flexible (classe 5), de 1x4 mm ² de secció, aïllament d'elastòmer reticulat, de tipus EI6, coberta d'elastòmer reticulat, de tipus EM5, aïllament classe II, de color negre, i amb les següents característiques: no propagació de la flama, baixa emissió de fums opacs, reduïda emissió de gasos tòxics, lliure d'halògens, nul·la emissió de gasos corrosius, resistència a l'absorció d'aigua, resistència al fred, resistència als raigs ultraviolats , resistència als agents químics, resistència als greixos i olis, resistència als cops i resistència a l'abradió.	1,000	0,56	0,56
			Subtotal materials:		0,56
2		Ma d'obra			

mo009	h	Oficial 1ª electricista.	0,018	19,56	0,35
mo108	h	Ajudant electricista.	0,018	18,01	0,32
			<hr/>		
			Subtotal mà		0,67
			d'obra:		
3		Costos directes complementaris			
	%	Costos directes complementaris	2,000	1,23	0,02
<i>Cost de manteniment desenal: 0,06€ als primers 10 anys.</i>			<hr/>		
			Costos directes		1,25
			(1+2+3):		

1					
mt35cun030I	m	CABLE RZ1-K (AS) Cable multipolar RV-K, sent la seva tensió assignada de 0,6 / 1 kV, reacció a foc classe Eca, amb conductor de coure classe 5 (-K) de 4x10 mm ² de secció, amb aïllament de polietilè reticulat (R) i coberta de PVC (V). Fins i tot accessoris i elements de subjecció.	1,000	7,22	7,22
			<hr/>		
			Subtotal		7,22
			materials:		
2		Ma d'obra			
mo009	h	Oficial 1ª electricista..	0,040	19,56	0,78
mo108	h	Ajudant electricista.	0,040	18,01	0,72
			<hr/>		
			Subtotal mà		1,50
			d'obra:		
3		Costos directes complementaris			
	%	Costos directes complementaris	2,000	8,72	0,17
<i>Cost de manteniment desenal: 0,44€ als primers 10 anys.</i>			<hr/>		
			Costos directes		8,89
			(1+2+3):		

1					
mt35cun030I	m	CABLE RZ1-K (AS) Cable multipolar RV-K, sent la seva tensió assignada de 0,6 / 1 kV, reacció a foc classe Eca, amb conductor de coure classe 5 (-K) de 4x25 mm ² de secció, amb aïllament de polietilè reticulat (R) i coberta de PVC (V). Fins i tot accessoris i elements de subjecció.	1,000	17,40	17,40
			<hr/>		
			Subtotal		17,40
			materials:		
2		Ma d'obra			
mo009	h	Oficial 1ª electricista.	0,050	19,56	0,98
mo108	h	Ajudant electricista.	0,050	18,01	0,90
			<hr/>		
			Subtotal mà		1,88
			d'obra:		

3		Costos directes complementaris	2,000	19,28	0,39
	%	Costos directes complementaris			
<i>Cost de manteniment desenal: 0,98€ als primers 10 anys.</i>				Costos directes	19,67
					(1+2+3):

<hr/>					
1		CONDUCTOR A TERRA	1,000	1,30	1,30
mt35ttc010a	m	Conductor de terra format per cable rígid nu de coure trenat, de 25 mm ² de secció.			
			Subtotal		1,30
			materials:		
2		Ma d'obra			
mo009	h	Oficial 1 ^a electricista.	0,100	19,56	1,96
			Subtotal mà		1,96
			d'obra:		
3		Costos directes complementaris			
	%	Costos directes complementaris	2,000	3,26	0,07
<i>Cost de manteniment desenal: 0,07€ als primers 10 anys.</i>				Costos directes	3,33
					(1+2+3):

3. PROTECCIONS I CAIXES DE PROTECCIÓ

Codi	Unitat	Descripció	Preu unitari	Import	
1					
mt35cgp010g	Ud	CAIXA DE PROTECCIÓ I MESURA Caixa de protecció i mesura CPM2-S4, de fins a 63 A d'intensitat, per 1 comptador trifàsic, instal·lada en l'interior de fornícula mural, en habitatge unifamiliar o local.	1,000	205,22	205,22
mt35cgp040h	m	Tub de PVC llis, sèrie B, de 160 mm de diàmetre exterior y 3,2 mm d'espessor, segons UNE-EN 1329-1.	3,000	5,44	16,32
mt35cgp040f	m	Tub de PVC llis, sèrie B, de 110 mm de diàmetre exterior y 3,2 mm d'espessor, segons UNE-EN 1329-1.	1,000	3,73	3,73
mt35www010	Ud	Material auxiliar per a instal·lacions elèctriques.	1,000	1,48	1,48
			Subtotal		226,75
			materials:		
2		Mà d'obra			
mo020	h	Oficial 1 ^a construcció.	0,300	19,03	5,71
mo113	h	Peó ordinari construcció.	0,300	17,82	5,35
mo009	h	Oficial 1 ^a electricista.	0,500	19,56	9,78

mo108	h	Ajudant electricista.	0,500	18,01	9,01
			<u>Subtotal mà</u>		29,85
			d'obra:		
3		Costos directes complementaris			
	%	Costos directes complementaris	2,000	256,60	5,13
Cost de manteniment desenal: 13,09 als primers 10 anys.				<u>Costos</u>	261,73
				directes	
				(1+2+3):	

1					
mt35amc213ciw	U	INTERRUPTOR DIFERENCIAL MODULAR	1,000	527,67	527,67
		Interruptor combinat magnetotèrmic-bloc diferencial, de 7,5 mòduls, tetrapolar (4P), intensitat nominal 100 A, sensibilitat 300 mA, poder de tall 6 kA, corba C, classe AC.			
			<u>Subtotal</u>		527,67
			materials:		
2		Ma d'obra			
mo009	h	Oficial 1ª electricista	0,035	19,56	6,85
			<u>Subtotal mà</u>		6,85
			d'obra:		
3		Costos directes complementaris			
	%	Costos directes complementaris	2,000	534,52	10,69
				<u>Costos</u>	545,21
				directes	
				(1+2+3):	

1					
mt35amc023gg	U	INTERRUPTOR AUTOMÀTIC MAGNETOTÈRMIC	1,000	118,37	118,37
		Interruptor automàtic magnetotèrmic, de 4 mòduls, tetrapolar (4P), intensitat nominal 50 A, poder de tall 6 kA, corba C.			
			<u>Subtotal</u>		118,37
			materials:		
2		Ma d'obra			
mo009	h	Oficial 1ª electricista	0,035	19,56	6,85
			<u>Subtotal mà</u>		6,85
			d'obra:		
3		Costos directes complementaris			
	%	Costos directes complementaris	2,000	125,22	2,50

			Costos directes (1+2+3):	127,72		
<hr/>						
1	mt35amc935aaaa	U	INTERRUPTOR AUTOMÀTIC MAGNETOTÈRMIC Interruptor automàtic magnetotèrmic, de 4 mòduls, tetrapolar (4P), intensitat nominal 50 A, poder de tall 6 kA, corba C.	1,000	287,43	287,43
			Subtotal materials:		287,43	
2	mo009	h	Ma d'obra Oficial 1 ^a electricista	0,224	19,56	4,38
			Subtotal mà d'obra:		4,38	
3		%	Costos directes complementaris Costos directes complementaris	2,000	291,81	5,84
			Costos directes (1+2+3):		297,65	
<hr/>						
1	mt35caj021a	U	CAIXA DE DERIVACIÓ Caixa de derivació cega, rectangular, de 100x50x45 mm, amb 6 entrades encunyades i tapa de registre amb arpes metàl·liques. Instal·lació encastada. També regletes de connexió. El preu no inclou les ajudes de paleta per instal·lacions.	1,000	0,75	0,75
			Subtotal materials:		0,75	
2	mo009	h	Ma d'obra Oficial 1 ^a instal·lador de xarxes i equips de detecció i seguretat Ajudant instal·lador de xarxes i equips de detecció i seguretat	0,100	19,56	1,96
				0,100	18,01	1,80
			Subtotal mà d'obra:		3,76	
3		%	Costos directes complementaris Costos directes complementaris	2,000	4,51	0,09
			Costos directes (1+2+3):		4,60	

2. Pressupost final

1. INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA				
Codi	Unitats	Descripció	Preu unitari	Import total
1	U	Materials		
IEF001	136	MÒDUL FOTOVOLTAIC JINKO Cheetah 400 Wp Mòdul solar fotovoltaic de cèl·lules de silici monocristal·lí, potència màxima (Wp) 400 W, tensió a màxima potència (Vmp) 41,7 V, intensitat a màxima potència (Imp) 9,6 A, tensió en circuit obert (Voc) 49,8 V, intensitat de curtcircuit (Isc) 10,36 A, eficiència 19,88%, 144 cèl·lules de 156x156 mm, vidre exterior temperat de 4 mm de gruix, capa adhesiva de etilè vinil acetat (EVA), capa posterior de polifluorur de vinil, polièster i polifluorur de vinil (TPT), marc d'alumini anoditzat, temperatura de treball -40 ° C fins a 85 ° C, dimensions 2008x1002x40 mm, pes 20,5 kg, amb caixa de connexions amb díodes, cables i connectors.	176,36	23984,96
2	U	Materials		
IEF020	2	INVERSOR XARXA FRONIUS ECO 25 kW Inversor trifàsic, potència màxima d'entrada 37,8 kW, voltatge d'entrada màxim 1000 Vcc, rang de voltatge d'entrada de 580 a 850 Vcc, potència nominal de sortida 25 kW, potència màxima de sortida 25 kVA, eficiència màxima 98,1%, dimensions 569x621x733 mm, pes 84 kg, amb peus de suport, indicador de l'estat de funcionament amb leds, comunicació via Wi-Fi per control remot des d'un smartphone, tablet o PC, dos ports Ethernet, i protocol de comunicació Modbus.	3357,2	6714,34
3	U	Materials		
IEF071	28	ESTRUCTURA INCLINADA HORIZZONTAL 3 PANELLS Estructura inclinada horitzontal a 25° sobre la superfície per cobertes o sostres sense inclinació. Les seves potes són triangulars permutats i tancats amb una gran superfície de recolzament que els permet fixar al sostre. Estructura vàlida per a panells que tinguin mides fins a 1m x 2m i amb qualsevol tipus d'espessor.	379,41	10623,48
4	U	Materials		

IEF071	26	ESTRUCTURA INCLINADA HORIZONTAL 2 PANELLS	265,65	6906,9
<p>Estructura inclinada horitzontal a 25° sobre la superfície per cobertes o sostres sense inclinació. Les seves potes són triangulars permutats i tancats amb una gran superfície de recolzament que els permet fixar al sostre. Estructura vàlida per a panells que tinguin mides fins a 1m x 2m i amb qualsevol tipus d'espessor.</p>				

COSTOS TOTALS - 1. INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA 48229,68

2. CONNEXIONS				
Codi	Unitats	Descripció	Preu unitari	Import total
1	m	Materials		
IEO010	600	TUBS PVC Canalització de tub rígid de PVC, corbable en calent, de color negre, de 16 mm de diàmetre nominal, resistència a la compressió 1250 N, amb grau de protecció IP547. Instal·lació fixa en superfície.	2,48	1488,00
2	m	Materials		
IEH015	600	CABLE FOTOVOLTAIC ZZ-F (AS) Cable elèctric unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN", resistent a la intempèrie, per a instal·lacions fotovoltaïques, garantit per 30 anys, tipus ZZ-F, tensió nominal 0,6 / 1 kV, tensió màxima en corrent continu 1,8 kV, reacció a foc classe Eca, amb conductor de coure recuit, flexible (classe 5), de 1x4 mm ² de secció, aïllament d'elastòmer reticulat, de tipus EI6, coberta d'elastòmer reticulat, de tipus EM5, aïllament classe II, de color negre, i amb les següents característiques: no propagació de la flama, baixa emissió de fums opacs, reduïda emissió de gasos tòxics, lliure d'halògens, nul·la emissió de gasos corrosius, resistència a l'absorció d'aigua, resistència al fred, resistència als raigs ultraviolats, resistència als agents químics, resistència als greixos i olis, resistència als cops i resistència a l'abrasió.	1,25	750
3	m	Materials		

IEH012	5	CABLE RZ1-K (AS) Cable multipolar RV-K, sent la seva tensió assignada de 0,6 / 1 kV, reacció a foc classe Eca, amb conductor de coure classe 5 (-K) de 4x10 mm ² de secció, amb aïllament de polietilè reticulat (R) i coberta de PVC (V). Fins i tot accessoris i elements de subjecció.	8,89	44,45
4	m	Materials		
IEH012	35	CABLE RZ1-K (AS) Cable multipolar RV-K, sent la seva tensió assignada de 0,6 / 1 kV, reacció a foc classe Eca, amb conductor de coure classe 5 (-K) de 4x25 mm ² de secció, amb aïllament de polietilè reticulat (R) i coberta de PVC (V). Fins i tot accessoris i elements de subjecció.	19,67	688,45
5	m	Materials		
IEP025	40	CONDUCTOR A TERRA Conductor de terra format per cable rígid nu de coure trenat, de 25 mm ² de secció.	3,33	133,20

COSTOS TOTALS - 2. CONNEXIONS 3104,10

3. PROTECCIONS I CAIXES DE PROTECCIÓ

Codi	Unitats	Descripció	Preu unitari	Import total
1	U	Materials		
IEC010	1	CAIXA DE PROTECCIÓ I MESURA Caixa de protecció i mesura CPM2-S4, de fins a 63 A d'intensitat, per 1 comptador trifàsic, instal·lada en l'interior de fornícula mural, en habitatge unifamiliar o local.	261,73	261,73
2	U	Materials		
IEX064	2	INTERRUPTOR DIFERENCIAL MODULAR Interruptor combinat magnetotèrmic-bloc diferencial, de 7,5 mòduls, tetrapolar (4P), intensitat nominal 100 A, sensibilitat 300 mA, poder de tall 6 kA, corba C, classe AC.	545,21	1090,42
3	U	Materials		
IEX050	2	INTERRUPTOR AUTOMÀTIC MAGNETOTÈRMIC Interruptor automàtic magnetotèrmic, de 4 mòduls, tetrapolar (4P), intensitat nominal 50 A, poder de tall 6 kA, corba C.	127,72	255,44
4	U	Materials		

IEX405	1	ARMARI DISTRIBUCIÓ Armari de distribució metàl·lic, per a encastar, amb porta transparent, grau de protecció IP40, aïllament classe II, per 24 mòduls.	287,43	297,85
<hr/>				
5	U	Materials		
IEP025	1	CAIXA DE DERIVACIÓ Caixa de derivació cega, rectangular, de 100x50x45 mm, amb 6 entrades encunyades i tapa de registre amb arpes metàl·liques. Instal·lació encastada. També regletes de connexió. El preu no inclou les ajudes de paleta per instal·lacions.	4,60	4,60
COSTOS TOTALS - 3. PROTECCIONS I CAIXES DE PROTECCIÓ			1910,04	

3. Resum del pressupost

PRESSUPOST FINAL		
Secció	Títol	Import total
1	INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA	48229,68
2	CONNEXIONS	3104,10
3	PROTECCIONS I CAIXES DE PROTECCIÓ	1910,04
		<hr/>
		53243,82
	TOTAL COST EXECUCIÓ MATERIAL	
	13% Despeses Generals	6921,70
	6% Benefici Industrial	3194,63
	2% Seguretat i Salut	1064,88
		<hr/>
		11180,21
	SUBTOTAL	64424,03
	21% IVA	13529,05
		<hr/>
	PRESSUPOST FINAL DE LA INSTAL·LACIÓ	77953,08 €

(SETANTA-SET MIL NOU-CENTS CINQUANTA-TRES EUROS AMB VUIT CÈNTIMS)

Annex I – Estudi de Seguretat i Salut

DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA AL PAVELLÓ MUNICIPAL DE CAMBRILS

TREBALL DE FI DE GRAU

Grau d'Enginyeria Elèctrica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

Setembre, 2021

Índex Annex I

1. Prevenció de riscos laborals	174
1.1. Introducció	174
1.2. Drets i obligacions	174
1.2.1. Dret a la protecció en front dels riscos	174
1.2.2. Principis de l'acció preventiva.....	174
1.2.3. Avaluació dels riscos.....	175
1.2.4. Equips de treball i medis de protecció	176
1.2.5. Informació i consulta dels treballadors	176
1.2.6. Formació de treballadors	176
1.2.7. Mesures d'emergència	176
1.2.8. Risc greu i imminent	176
1.2.9. Vigilància i salut.....	177
1.2.10. Obligacions dels treballadors en matèria de prevenció de riscos.....	177
1.3. Serveis de prevenció	177
1.3.1. Protecció i prevenció de riscos professionals.....	177
1.3.2. Serveis de prevenció.....	178
2. Disposicions mínimes de seguretat i salut als llocs de treball.....	178
2.1. Introducció	178
2.2. Obligacions de l'empresari	178
2.2.1. Condicions constructives.....	178
2.2.2. Senyalització	179
2.2.3. Serveis higiènics i locals de descans	179
2.2.4. Material i locals de primers auxilis	180
3. Disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut a la feina.....	180
3.1. Introducció	180
3.2. Obligacions de l'empresari	180
4. Disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització per part dels treballadors dels equips de treball.....	181
4.1. Introducció	181
4.2. Obligacions de l'empresari	181
5. Disposicions mínimes de seguretat i salut a les obres de construcció.....	182
5.1. Introducció	182

5.2. Estudi bàsic de seguretat i salut	182
5.2.1. Mesures preventives generals.....	182
5.2.2. Mesures preventives elèctriques.....	183
5.2.3. Disposicions específiques de seguretat i salut durant l'execució de les obres. 183	
8.6. Disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització per part dels treballadors dels equips de protecció individual	184
6.1. Obligacions de l'empresari	184
6.1.1. Protectors de cap	184
6.1.2. Protectors de mans i braços	184
6.1.3. Protectors de cames i peus	184
6.1.4. Protectors de cos.....	184
6.1.5. Vestimenta antiestàtica pels treballadors de planta.....	185

1. Prevenció de riscos laborals

1.1. Introducció

La llei 31/1995, de 8 de novembre de 1995, de Prevenció de Riscos Laborals té per objecte la determinació del cos bàsic de garanties i responsabilitats precis per a establir un nivell adequat de protecció de la salut dels treballadors en front dels riscos derivats de les condicions de treball.

D'acord amb l'article 6 de dita llei, seran les normes reglamentàries les quals fixaran i concretaran els aspectes més tècnics de les mesures preventives, a través de normes mínimes que garanteixin l'adequada protecció dels treballadors.

Per tot això exposat, el Reial Decret 486/1997 de 14 d'abril de 1997 estableix:

- Disposicions mínimes de seguretat i salut als llocs de treball.
- Disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut a la feina.
- Disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització dels equips de treball.
- Disposicions mínimes de seguretat i salut a les obres de construcció.
- Disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la utilització pels treballadors dels equips de protecció individual.

1.2. Drets i obligacions

1.2.1. Dret a la protecció en front dels riscos

Els treballadors tenen dret a una protecció eficaç en matèria de seguretat i salut a la feina. A tal efecte, l'empresari realitzarà la prevenció de riscos laborals mitjançant l'adopció de quantes mesures siguin necessàries per a la protecció de la seguretat i salut dels treballadors, amb les especialitats que es contemplen als següents articles en matèria d'avaluació de riscos, informació, consulta, participació i formació dels treballadors, actuació en casos d'emergència i de risc greu i imminent, i vigilància de la salut.

1.2.2. Principis de l'acció preventiva

L'empresari aplicarà les mesures preventives necessàries, d'acord amb els següents principis generals:

- Evitar els riscos.
- Avaluar els riscos que no es poden evitar.
- Combatre els riscos al seu origen.
- Adaptar el treball a la persona, en particular quant a la concepció dels llocs de treball, les relacions socials i la influència dels factors socials a la feina.
- Donar les instruccions adequades als treballadors.

- Adoptar les mesures necessàries a fi de garantir que només els treballadors que hagin rebut informació suficient i adequada puguin accedir a les zones de risc greu i específic.
- Preveure les distraccions i imprudències no temeràries que pugués cometre el treballador.

1.2.3. Avaluació dels riscos

L'acció preventiva a l'empresa la planificarà l'empresari a partir d'una avaluació inicial dels riscos per a la seguretat i salut dels treballadors, que es realitzarà, amb caràcter general, tenint en compte la naturalesa de l'activitat, i en relació a aquells treballadors que estiguin exposats a riscos especials. També s'haurà d'efectuar una avaluació per a l'elecció dels equips de treball i del condicionament dels llocs de treball.

Les causes dels riscos es podrien classificar a les següents categories:

- Insuficient qualificació professional del personal dirigent, caps d'equip i obrers.
- Ús de maquinària i equips en treballs que no corresponen a la finalitat, siguin concebuts o a les seves possibilitats.
- Insuficient instrucció del personal en matèria de seguretat.

Referent a les màquines eina, els riscos que poden haver es poden resumir als següents punts:

- Es pot produir un accident, o el deteriorament d'una màquina, si se'n fa ús sense conèixer el seu funcionament.
- La lubricació deficient condueix a un desgast prematur pel que els punts de lubricació manual han de ser lubricats regularment.
- Poden existir riscos mecànics derivats fonamentalment dels diversos moviments que realitzen les diferent parts de la màquina i que poden provocar que l'operador:
 - Entri en contacte amb alguna part de la màquina o sigui atrapat entre ella i qualsevol estructura fixa o material.
 - Sigui colpejat o arrossegat per qualsevol part en moviment de la màquina.
 - Sigui colpejat per elements de la màquina que resultin ser projectats.
 - Pugui patir altres riscos no mecànics tals com els derivats de la utilització d'energia elèctrica, productes químics, generació de soroll, vibracions, radiacions, etc.

Els moviments perillosos de les màquines es classifiquen en quatre grups:

- Elements considerats aïlladament tals com arbres de transmissió, vàstegs, broques, acoblaments, etc.
- Moviments alternatius i de translació. El punt perillós es situa al lloc on la peça dotada d'aquest tipus de moviment s'aproxima a una altra peça fixa o mòbil i la sobrepassa.
- Moviments de trasllat i rotació. Les connexions de bieles i vàstegs amb rodes i volants són alguns dels mecanismes que generalment estan dotats d'aquest tipus de moviments.
- Moviments d'oscil·lació. Les peces dotades d'aquest moviment poden generar punts de tisora entre elles i altres peces fixes.

1.2.4. Equips de treball i medis de protecció

Quan la utilització d'un equip de treball pugui presentar un risc específic per a la seguretat i la salut dels treballadors, l'empresari adoptarà les mesures necessàries amb la fi que:

- La utilització de l'equip de treball quedi reservada als encarregats del mateix.
- Els treballs de reparació, transformació, manteniment o conservació siguin realitzats pels treballadors específicament capacitats per als mateixos.
- L'empresari haurà de proporcionar als seus treballadors equips de protecció individuals adequats per al desenvolupament de les seves funcions i vetllar per l'ús efectiu dels mateixos.

1.2.5. Informació i consulta dels treballadors

L'empresari adoptarà les mesures adequades per a que els treballadors rebin totes les informacions necessàries en relació amb:

- Els riscos per a la seguretat i salut dels treballadors a la feina.
- Les mesures i activitats de protecció i prevenció aplicables als riscos.

Els treballadors tindran el dret d'efectuar propostes a l'empresari, així com als òrgans competents en aquesta matèria, dirigides a la millora dels nivells de protecció de la seguretat i salut a la feina, en matèria de senyalització als llocs de treball, quant a la utilització dels equips de treball, i quant a la utilització dels equips de protecció individual.

1.2.6. Formació de treballadors

L'empresari haurà de garantir que cada treballador rebi una formació teòrica i pràctica suficients i adequades, en matèria preventiva.

1.2.7. Mesures d'emergència

L'empresari, tenint en compte l'activitat de l'empresa, així com la possible presència de persones al·lignes a la mateixa, haurà d'analitzar les possibles situacions d'emergència i adoptar les mesures necessàries en matèria de primers auxilis, lluita contra incendis i evacuació dels treballadors, designant el personal encarregat de posar en pràctica aquestes mesures i comprovant periòdicament el correcte funcionament.

1.2.8. Risc greu i imminent

- Quan els treballadors estiguin exposats a un risc greu i imminent degut a la feina, l'empresari estarà obligat a:
- Informar com abans possible a tots els treballadors afectats sobre l'existència del risc en qüestió i de les mesures adoptades en matèria de protecció.
- Donar les instruccions necessàries per a que, en cas de perill greu, imminent i evitable, els treballadors puguin interrompre la seva activitat i, a més, estar en

condicions, donats els seus coneixements i els medis tècnics posats a la seva disposició, d'adoptar les mesures necessàries per a evitar les conseqüències del perill.

1.2.9. Vigilància i salut

L'empresari te que garantir als seus treballadors la vigilància periòdica del seu estat de salut en funció dels riscos inherents de la feina, optant per la realització d'aquells reconeixements o proves que causin les menors molèsties al treballador i que siguin proporcionals al risc.

1.2.10. Obligacions dels treballadors en matèria de prevenció de riscos

Correspon a cada treballador vetllar, segons les seves possibilitats i mitjançant el compliment de les mesures de prevenció que en cada cas siguin adoptades, per la seva pròpia seguretat i salut a la feina, i per la d'aquelles altres persones a les qui pugui afectar la seva activitat professional, a causa dels seus actes i omissions a la feina, de conformitat amb la seva formació i les instruccions de l'empresari.

Els treballadors, d'acord amb la seva formació i seguint les instruccions de l'empresari, hauran de:

- Utilitzar adequadament, d'acord amb la seva naturalesa i riscos previsibles, les màquines, aparells, eines, substàncies perilloses, equips de transport i, en general, qualsevol medi amb el qual desenvolupin la seva activitat.
- Utilitzar correctament els medis i equips de protecció facilitats per l'empresari.
- No posar fora de funcionament i utilitzar correctament els dispositius de seguretat existents.
- Informar d'immediat de qualsevol risc per a la seguretat i la salut dels treballadors.
- Contribuir al compliment de les obligacions establertes per l'autoritat competent.

1.3. Serveis de prevenció

1.3.1. Protecció i prevenció de riscos professionals

En compliment del deure de prevenció de riscos professionals, l'empresari designarà un o més d'un treballador per a encarregar-se de dita activitat, constituirà un servei de prevenció o concertarà dit servei a una entitat especialitzada al·línia a l'empresa.

Els treballadors designats hauran de tenir la capacitat necessària, disposar del temps i dels medis precisos i ser suficients en nombre, tenint en compte les dimensions de l'empresa, així com els riscos a què estan exposats els treballadors.

A les empreses de menys de sis treballadors, l'empresari podrà assumir personalment les funcions senyalades anteriorment, sempre que desenvolupi la seva activitat al centre de treball i tingui capacitat necessària.

1.3.2. Serveis de prevenció

Si la designació d'un o diversos treballadors fos insuficient per a la realització de les activitats de prevenció, en funció de les dimensions de l'empresa, dels riscos a què estan exposats els treballadors o de la perillositat de les activitats desenvolupades, l'empresari haurà de recórrer a un o diversos serveis de prevenció propis o aliens a l'empresa, que

col·laboraran quan sigui necessari.

S'entendrà com servei de prevenció el conjunt de mitjans humans i materials necessaris per a realitzar les activitats preventives a fi de garantir l'adequada protecció de la seguretat i la salut dels treballadors, assessorant i assistint a l'empresari, als treballadors i als seus representants i als òrgans de representació especialitzats.

2. Disposicions mínimes de seguretat i salut als llocs de treball

2.1. Introducció

El Reial Decret 486/1997 de 14 d'abril de 1997 estableix les disposicions mínimes de seguretat i salut aplicables als llocs de treball, entenent com a tals les àrees del centre de treball, edificades o no, en la que els treballadors hauran de romandre o a les que puguin accedir a raó del seu treball, sense incloure les obres de construcció temporals o mòbils.

2.2. Obligacions de l'empresari

2.2.1. Condicions constructives

El disseny i les característiques constructives dels llocs de treball hauran d'oferir seguretat front als riscos de relliscades i caigudes, xocs o cops contra els objectes i enderrocs o caigudes de materials sobre els treballadors. Per això el paviment constituirà un conjunt pla i llis, de material consistent, i no rrelliscós. Les parets seran llises, guarnides o pintades en tons clars i susceptibles de ser rentades. Els sostres hauran de salvaguardar els treballadors de les inclemències del temps i ser suficientment consistents.

El disseny i les característiques dels llocs de treball hauran de facilitar el control de les situacions d'emergència, en especial en cas d'incendi, i possibilitar, quan sigui necessari, la ràpida i segura evacuació dels treballadors.

Les dimensions dels locals de treball hauran de permetre que els treballadors realitzin el seu treball sense riscos per a la seva seguretat i salut i en condicions ergonòmiques acceptables, adoptant una superfície lliure superior a 2 m² per treballador, un volum superior a 10 m³ per treballador i una alçada mínima des del pis fins al sostre de 2'50m. Les zones dels llocs de treball on existeixi risc de caiguda, caiguda d'objectes o de contacte o exposició a elements agressius, hauran d'estar clarament assenyalades.

Les obertures, desnivells i escales es protegiran mitjançant baranes de 90cm d'alçada.

Els treballadors hauran de poder efectuar de forma segura les operacions d'obertura, tancament, ajust o fixació de les finestres, i en qualsevol situació no suposarà un risc per a aquests.

Les vies de circulació hauran de poder ser utilitzades conforme al seu ús previst, de forma fàcil i amb total seguretat. L'amplada mínima de les portes exteriors i dels passadissos serà de 100 cm.

Les portes transparents hauran de tenir una senyalització a l'alçada de la vista i hauran d'estar protegides contra el trencament.

Els paviments de les rampes i escales seran de materials no relliscosos i en cas de ser perforats, l'obertura màxima de les juntes serà de 8mm. La pendent de les rampes variarà entre un 8 i un 12 %. L'amplada mínima serà de 55cm per a les escales de servei i d'1m per a les d'ús general.

En cas d'ús d'escales de mà, aquestes tindran la resistència i els elements de recolzament i subjecció necessaris per a que la utilització en les condicions requerides no suposi un risc de caiguda. En qualsevol cas, no s'utilitzaran escales de més de 5m d'alçada. Es col·locaran formant un angle de 75° amb la horitzontal. L'ascens, descens i treballs des de les escales hauran d'efectuar-se en front a les mateixes. Els treballs a més de 3'5m d'alçada des del punt d'operació al terra, que requereixin de moviments o esforços perillosos per a l'estabilitat del treballador, només s'efectuaran si s'utilitza cinturó de seguretat. Les escales no seran utilitzades per dos o més persones simultàniament.

2.2.2. Senyalització

Les zones de pas, sortides i vies d'evacuació dels llocs de treball, i en especial, les sortides i vies de circulació previstes per a l'evacuació en casos d'emergència, hauran de romandre lliures d'obstacles.

S'eliminaran amb rapidesa els malbarataments, les taques de greix, els residus de substàncies perilloses i altres productes residuals que puguin originar accidents o contaminar l'ambient de treball.

2.2.3. Serveis higiènics i locals de descans

Es disposarà d'aigua potable en quantitat suficient i fàcilment accessible pels treballadors. Es disposarà de vestidors quan els treballadors hagin de portar roba de treball especial, previstos de seients i d'armaris o taquilles individuals amb clau, amb una capacitat suficient per a guardar roba i calçat. Si els vestidors no siguin necessaris, es disposarà de penjadors o armaris per a col·locar la roba.

Existiran lavabos amb aigua corrent i miralls, sabó i estovalles individuals o altres sistemes d'assecat amb garanties higièniques, i vàters amb descàrrega automàtica d'aigua i paper higiènic. Disposaran a més de dutxes d'aigua corrent, calenta i freda, quan es realitzin habitualment treballs bruts, contaminants o que originin elevada sudoració.

Si el treball s'interromp regularment, es disposarà d'espais on els treballadors puguin romandre durant les interrupcions.

2.2.4. Material i locals de primers auxilis

El lloc de treball disposarà de material de primers auxilis en cas d'accident, que haurà de ser adequat, en quant a la seva quantitat i característiques, al nombre de treballadors i als riscos als que estiguin exposats.

Com a mínim es disposarà, a un lloc reservat i a la vegada de fàcil accés, d'una farmaciola portàtil, que contindrà en tot moment aigua oxigenada, alcohol de 96, tintura de iode, mercurocrom, gases estèrils, cotó hidròfil, bossa d'aigua, torniquet, guants esterilitzats i d'un sol ús, xeringues, agulles, termòmetre clínic, esparadrap, apòsits adhesius, tisores, pinces, antiespasmòdics, analgèsics i venes.

3. Disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut a la feina

3.1. Introducció

El Reial Decret 486/1997 de 14 d'abril de 1997 estableix les disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut a la feina, entenent com a tals aquelles senyalitzacions que referides a un objecte, activitat o situació determinada, proporcionen una indicació o una obligació relativa a la seguretat o la salut a la feina mitjançant una senyal en forma de panell, un color, una senyal lluminosa o acústica, una comunicació verbal o una senyal gestual.

3.2. Obligacions de l'empresari

L'elecció del tipus de senyal, i el nombre i emplaçament de les senyals o dispositius de senyalització a utilitzar en cada cas es realitzarà de forma que la senyalització resulti el més eficaç possible, tenint en compte:

- Les característiques de la senyal.
- Els riscos, elements, o circumstàncies que hagin de ser senyalitzades.
- L'extensió de la zona a abastar.
- El nombre de treballadors afectats.

Per a la senyalització de desnivells, obstacles o altres elements que originin risc de caiguda de persones, xocs o cops, així com per a la senyalització de risc elèctric, presència de matèries inflamables, tòxiques o corrosives, podrà adoptar-se per una senyal d'avertència de forma triangular, amb un pictograma característic sobre fons groc i marges negres.

Les vies de circulació de vehicles hauran de ser delimitades amb caritat mitjançant franges contínues de color blanc o groc.

Els equips de protecció contra incendis hauran de ser de color vermell.

La senyalització per la localització i identificació de les vies d'evacuació i dels equips de salvament i socors (farmaciola portàtil) es realitzarà mitjançant una senyal quadrada o rectangular, amb un pictograma característic de color blanc sobre fons verd.

La senyalització dirigida a alertar els treballadors o a tercers de l'aparició d'una senyal de perill i de la conseqüent i urgent necessitat d'actuar d'una forma determinada o d'evacuar la zona de perill, es realitzarà mitjançant una senyal lluminosa, una senyal acústica o una comunicació verbal.

Els mitjans i dispositius de senyalització hauran de ser netejats, mantinguts i verificats regularment.

4. Disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització per part dels treballadors dels equips de treball

4.1. Introducció

El Reial Decret 486/1997 de 14 d'abril de 1997 estableix les disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització per part dels treballadors dels equips de treball, entenent com a tals qualsevol màquina, aparell, instrument o instal·lació utilitzada a la feina.

4.2. Obligacions de l'empresari

L'empresari adoptarà les mesures necessàries per a que els equips de treball que es posin a disposició dels treballadors siguin adequats a la feina a realitzar i convenientment adaptats a la mateixa, de manera que germanitzin la seguretat i salut dels treballadors en utilitzar els esmentats equips.

Haurà d'utilitzar únicament equips que satisfacin tota disposició legal o reglamentària que els sigui d'aplicació.

Per a l'elecció dels equips de treball l'empresari haurà de tenir en compte els següents factors:

- Les condicions i característiques específiques del treball a desenvolupar.
- Els riscos existents per a la seguretat i salut dels treballadors al lloc de treball.
- Arribat el cas, les adaptacions necessàries per a la seva utilització per treballadors discapacitats.

Adoptarà les mesures necessàries per a que, mitjançant un manteniment adequat, els equips de treball es conservin durant tot el temps d'utilització en unes condicions adequades.

Totes les operacions de manteniment, ajust, revisió o reparació dels equips de treball es realitzaran després d'haver parat o desconnectat l'equip. Aquestes operacions hauran de ser recomanades al personal especialment capacitat per a desenvolupar-les.

L'empresari haurà de garantir que els treballadors rebin una formació i informació adequades als riscos derivats dels equips de treball. La informació, subministrada preferentment per escrit, haurà de contenir, com a mínim, les indicacions relatives a:

- Les condicions i forma correcta d'utilització dels equips de treball, tenint en compte les instruccions del fabricant, així com les situacions o formes d'utilització anormals i perilloses que puguin preveure's.

- Les conclusions que es puguin obtenir de l'experiència adquirida per la utilització dels equips de treball.

5. Disposicions mínimes de seguretat i salut a les obres de construcció

5.1. Introducció

El Reial Decret 486/1997 de 14 d'abril de 1997 estableix les disposicions mínimes de seguretat i salut a les obres de construcció, entenent com a tals qualsevol obra, pública o privada, a la qual es realitzin treballs de construcció o enginyeria civil.

5.2. Estudi bàsic de seguretat i salut

5.2.1. Mesures preventives generals

S'establiran a l'obra cartells divulgatius i senyalització dels riscos (voladís, atropellament, col·lisió, perill d'incendi, etc.).

S'habilitaran zones o estàncies per a l'apilament de material i útils.

Es procurarà que els treballs es realitzin sobre superfícies eixutes i netes, utilitzant els elements de protecció personal, fonamentalment calçat antilliscant reforçat per a la protecció dels peus contra cops, s'utilitzarà casc de protecció per al cap i cinturó de seguretat, si escau.

El transport d'elements pesats es realitzarà mitjançant carretó de mà o altres medis per evitar sobreesforços i les lesions conseqüents.

Els andamis per a treballs en alçada tindran sempre plataformes de treball d'amplada no inferior a 60cm (3 taulons travats entre sí), quedant prohibida la formació d'andamis mitjançant bidons, caixes de materials, etc.

S'estendran cables de seguretat afermats a elements estructurals sòlids als quals enganxar el mosquetó del cinturó de seguretat dels operaris encarregats de realitzar treballs a alçada. La distribució de màquines, equips i materials als locals de treball serà l'adequada, delimitant les zones d'operació i pas, els espais destinats a llocs de treball, etc.

Es procurarà que les càrregues a transportar i el volum permetin agafar amb facilitat.

La il·luminació per a desenvolupar les tasques convenientment oscil·larà mínim entorn a 100 lux.

Per al fred, es convenient que la vestimenta estigui configurada en varies capes per a tancar entre elles les quantitats d'aire que milloren l'aïllament contra el fred. Si cal s'utilitzaran guants, botes i barret. El treballador haurà d'estar protegit de ventades, i s'evitarà que la roba de treball quedi xopa de líquids evaporables.

En cas de calor, per evitar l'estrès tèrmic, es modificaran dins el possible les condicions de treball; millorar la circulació de l'aire, apantallar el calor per radiació, dotar al treballador de vestimenta adequada (barret, ulleres de sol i, si escau, locions solars), vigilar que la ingesta

d'aigua contingui quantitats moderades de sal i establir descansos de recuperació si les solucions anteriors no foren suficients.

L'aportació alimentària calòrica haurà de ser suficient per a compensar la despesa derivada de l'activitat i de les contraccions musculars.

Les vies i sortides d'emergència hauran de romandre lliures d'obstacles i desembocar el més directament possible a una zona de seguretat.

El nombre, la distribució i les dimensions de les vies i sortides d'emergència dependran de l'ús, dels equips i les dimensions de l'obra i dels locals, així com del nombre màxim de persones que puguin ser-hi presents.

En cas d'averia del sistema d'il·luminació, les vies i sortides d'emergència que requereixin d'il·luminació hauran d'estar equipades amb il·luminació de seguretat de suficient intensitat.

Serà responsabilitat de l'empresari germanitzarà que els primers auxilis puguin prestar-se en tot moment per personal amb la formació suficient.

5.2.2. Mesures preventives elèctriques

El muntatge de la instal·lació elèctrica serà executat per personal especialista, en prevenció dels riscos derivats de muntatges incorrectes.

Les fundes aïllants dels cables mai no presentaran defectes apreciables (rascades i similars).

Les mànegues esteses horitzontalment, ho hauran d'estar a una alçada mínima de 2 m en llocs de pas de vianants, i de 5m en llocs de pas de vehicles.

Els quadres elèctrics metàl·lics tindran la carcassa connectada a terra. Les parts metàl·liques de tot equip elèctric disposaran de born de terra. El neutre de la instal·lació estarà posat a terra.

No es permetran les connexions a terra a través de conduccions d'aigua.

No es permetrà el pas de persones i carretons de mà sobre mànegues elèctriques. No es permetrà el trànsit sota línies elèctriques de les companyies amb elements longitudinals transportats a mà (escales de mà i assimilables).

5.2.3. Disposicions específiques de seguretat i salut durant l'execució de les obres

Quan a l'execució de l'obra intervingui més d'una empresa, o una empresa i treballadors autònoms o diversos treballadors autònoms, el promotor designarà un coordinador en matèria de seguretat i salut durant l'execució de l'obra, que serà un tècnic competent integrat a la direcció facultativa.

Quan no sigui necessària la designació de coordinador, les funcions d'aquest seran assumides per la direcció facultativa.

En aplicació de l'estudi bàsic de seguretat i salut, cada contractista elaborarà un pla de seguretat i salut a la feina on s'analitzin, estudiïn, desenvolupin i complementin les

previsions contingudes a l'estudi desenvolupat al projecte, en funció del seu propi sistema d'execució de l'obra.

8.6. Disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització per part dels treballadors dels equips de protecció individual

6.1. Obligacions de l'empresari

L'empresari, quan escaigui, farà obligatori l'ús dels equips de protecció individual que a continuació es desenvolupen.

6.1.1. Protectors de cap

- Casc de seguretat, no metàl·lic, classe N, aïllats per a baixa tensió, amb la fi de protegir els treballadors de possibles xocs, impactes i contactes elèctrics.

- Protector auditiu acoblables al casc de protecció.
- Ulleres de muntura universal contra impactes i antipols.
- Màscara antipols amb filtres protectors.
- Pantalla de protecció per a soldadura autògena i elèctrica.

6.1.2. Protectors de mans i braços

- Guants contra les agressions mecàniques (perforacions, talls, vibracions).
- Guants dielèctrics per a baixa tensió.
- Guants de soldador.
- Màneg aïllant de protecció a les eines.

6.1.3. Protectors de cames i peus

- Calçat previst de sola antilliscant i puntera de seguretat contra les agressions mecàniques.
- Botes dielèctriques per a baixa tensió.
- Botes de protecció impermeables.
- Polaines de soldador.
- Genolleres.

6.1.4. Protectors de cos

- Crema de protecció i pomades.
- Armilla de cuir per a la protecció contra les agressions mecàniques.
- Vestit de treball impermeable.
- Cinturó de seguretat, de subjecció i caiguda, classe A.

- Faixa i cinturó ant-vibracions.
- Perxa de baixa tensió.
- Banqueta aïllant de classe I per a maniobra de baixa tensió.
- Llanterna individual de situació.
- Comprovador de tensió.

6.1.5. Vestimenta antiestàtica pels treballadors de planta

Durant la fase d'exploració del projecte, els treballadors de planta hauran de ser equipat amb vestimenta antiestàtica per tal de poder treballar a total seguretat i sense perill de causar lesions ja siguin greus o lleus, per les raons exposades a l'apartat

- Calçat de treball antiestàtic segons UNE-EN ISO 20347.
- Roba de protecció antiestàtica segons UNE-EN 1149:2006.

Annex II – Documentació tècnica

DISSENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA AL PAVELLÓ MUNICIPAL DE CAMBRILS

TREBALL DE FI DE GRAU

Grau d'Enginyeria Elèctrica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

Setembre, 2021

Cheetah HC 72M-V

380-400 vatios

MÓDULO MONO PERC

Tolerancia de alimentación positiva del 0~+3%

- Semicélula (HALF CELL)
- Mono PERC 72 células



CARACTERÍSTICAS CLAVE



Celda solar 5 Busbar

La celda solar 5 busbar adopta tecnología nueva para mejorar la eficiencia de los módulos y posee un mejor aspecto estético, convirtiéndose en una opción perfecta para instalaciones en techos.



Alta eficiencia

Mayor eficiencia de conversión de módulos (hasta un 19,88 %) como resultado de la estructura de semicélulas (característica de baja resistencia)



Voltaje del sistema

Se aumenta el voltaje máximo a 1500 V y las cuerdas del módulo se extienden un 50%, lo que reduce el BOS total del sistema.



Resistencia a PID

Excelente rendimiento anti PID, garantía de degradación de energía limitada para la producción masiva.



Rendimiento con poca luz:

La textura avanzada de la superficie y del vidrio permite alcanzar un excelente rendimiento en ambientes con poca luz.



Resistencia a condiciones climáticas adversas

Certificado para soportar cargas de viento (2400 pascales) y cargas de nieve (5400 pascales).



Durabilidad contra condiciones ambientales extremas

Alta resistencia contra niebla salina y amoníaco con la certificación de TUV NORD.



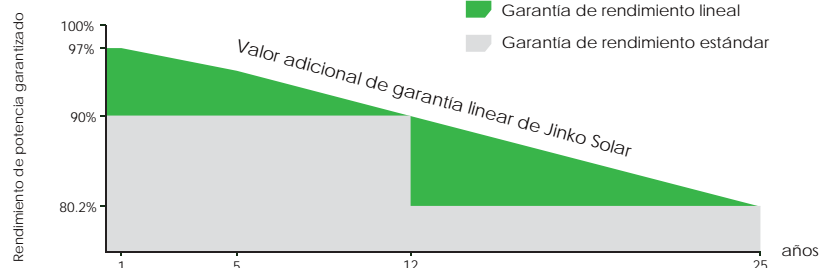
GARANTÍA DE RENDIMIENTO LINEAL

Garantía del producto de 10 años • Garantía de potencia lineal de 25 años

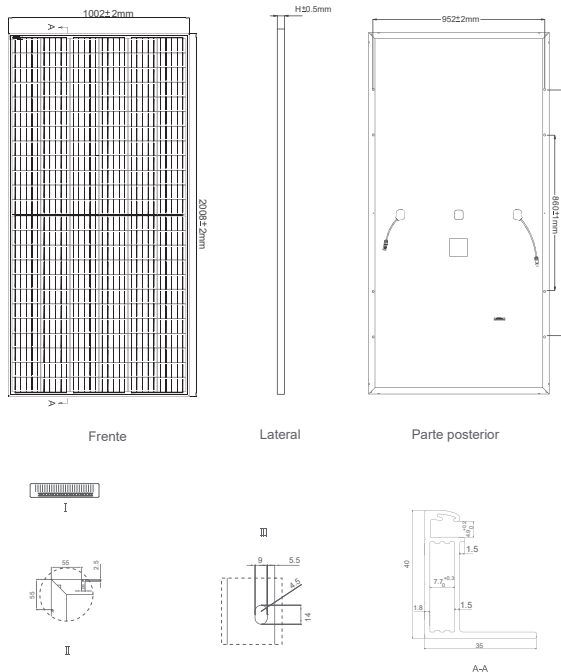


Certificación de fábrica ISO9001:2008,
ISO14001:2004, OHSAS18001.

Producto con certificación IEC61730, IEC61215



Planos de ingeniería



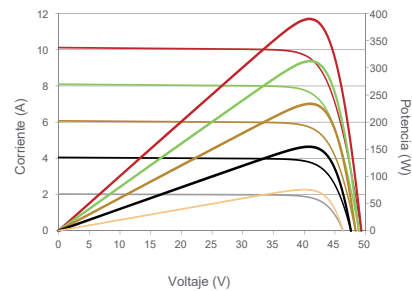
Configuración del embalaje

(Dos pallets = Una pila)

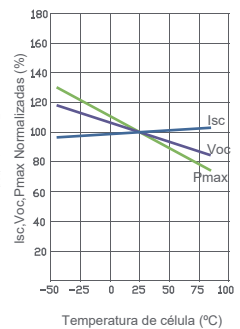
26 piezas/pallet , 52 piezas/pila, 572 piezas/contenedor de HQ de 40'

Rendimiento eléctrico y dependencia de temperatura

Curvas de corriente-voltaje y alimentación/voltaje (390W)



Dependencia de temperatura de Isc, Voc, Pmaxce



Características mecánicas

Tipo de celda	PERC Monocristalina	158.75×158.75mm
Cant. de celdas	144 (6×24)	
Dimensions	2008×1002×40mm (79.06×39.45×1.57 inch)	
Peso	22.5 kg (49.6 lbs)	
Vidrio frontal	3,2 mm, capa antirreflectante, transmisión alta, bajo contenido en hierro, vidrio templado	
Estructura	Aleación de aluminio anodizado	
Caja de conexiones	Clasificación IP67	
Cables de salida	TÜV 1x4.0mm ² , (+): 1290 mm, (-): 1450 mm o Longitud personalizada	

ESPECIFICACIONES

Tipo de módulo	JKM380M-72H-V		JKM385M-72H-V		JKM390M-72H-V		JKM395M-72H-V		JKM400M-72H-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Alimentación máxima (Pmax)	380Wp	286Wp	385Wp	290Wp	390Wp	294Wp	395Wp	298Wp	400Wp	302Wp
Voltaje de alimentación máximo (Vmp)	40.5V	38.6V	40.8V	38.8V	41.1V	39.1V	41.4V	39.3V	41.7V	39.6V
Voltaje de alimentación máximo (Imp)	9.39A	7.42A	9.44A	7.48A	9.49A	7.54A	9.55A	7.60A	9.60A	7.66A
Voltaje con circuito abierto (Voc)	48.9V	47.5V	49.1V	47.7V	49.3V	48.0V	49.5V	48.2V	49.8V	48.5V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9.75A	7.88A	9.92A	7.95A	10.12A	8.02A	10.23A	8.09A	10.36A	8.16A
STC de eficiencia del módulo (%)	18.89%		19.14%		19.38%		19.63%		19.88%	
Temperatura de funcionamiento (°C)	-40°C~+85°C									
Voltaje máximo del sistema	1500VDC (IEC)									
Clasificación de fusibles serie máxima	20A									
Tolerancia de alimentación	0~+3%									
Coefficientes de temperatura de Pmax	-0.36%/°C									
Coefficientes de temperatura de Voc	-0.28%/°C									
Coefficientes de temperatura de Isc	0.048%/°C									
Temperatura nominal de funcionamiento de la celda (NOCT)	45±2°C									

STC: ☀ Irradiancia 1000W/m² 📏 Temperatura de la celda 25 °C ☁ AM=1.5

NOCT: ☀ Irradiancia 800W/m² 📏 Temperatura ambiente 20 °C ☁ AM=1.5 🌀 Velocidad del viento 1 m/s

* Tolerancia de medición de alimentación: ± 3%

FRONIUS ECO

/ El inversor compacto para proyectos con el máximo rendimiento

/ Tecnología
SnapINverter/ Comunicación
de datos integrada/ Smart Grid
Ready/ Seguimiento
inteligente GMPP

/ Inyección cero



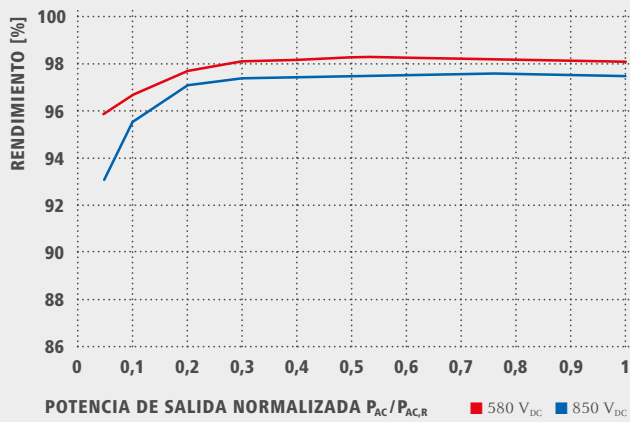
/ El inversor trifásico Fronius Eco con las categorías de potencia entre 25,0 y 27,0 kW, ha sido especialmente diseñado para instalaciones de gran potencia. Este inversor sin transformador, con un peso muy ligero y sistema de montaje SnapINverter, permite una instalación muy rápida y sencilla tanto Indoor como Outdoor. Además, presume de un tipo de protección IP 66. Gracias al portafusibles y a la protección contra sobretensiones (opcional) integrados, no se necesitan cajas de conexión CC o de concentración.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS ECO

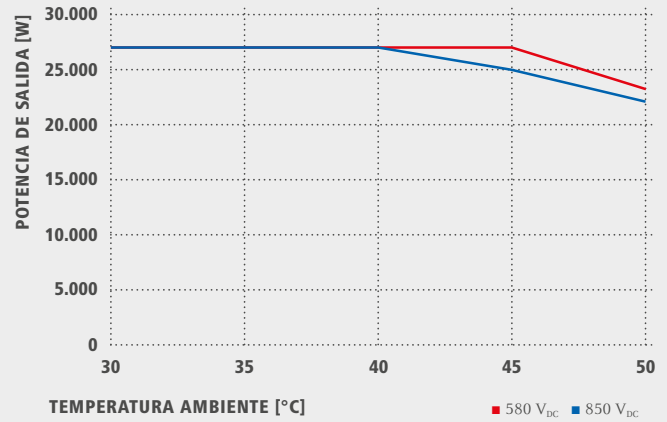
DATOS DE ENTRADA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx.}$)	44,2 A	47,7 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV		71,6 A
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$)		580 V
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)		650 V
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)		580 V
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)		1.000 V
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)		580 - 850 V
Número de seguidores MPP		1
Número de entradas CC		6
Máx. salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)		37,8 kW _{pico}
DATOS DE SALIDA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	25.000 W	27.000 W
Máxima potencia de salida	25.000 VA	27.000 VA
Máxima corriente de salida ($I_{ac\ máx.}$)	36,1 A	39,0 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 380 V / 220 V o 3-NPE 400 V / 230 V (+20 % / - 30 %)	
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)	
Coefficiente de distorsión no lineal	< 2,0 %	
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$)	0 - 1 ind. / cap.	
DATOS GENERALES	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	725 x 510 x 225 mm	
Peso	35,7 kg	
Tipo de protección	IP 66	
Clase de protección	1	
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾	1 + 2 / 3	
Consumo nocturno	< 1 W	
Concepto de inversor	Sin transformador	
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada	
Instalación	Instalación interior y exterior	
Margen de temperatura ambiente	-25 - +60 °C	
Humedad de aire admisible	0 a 100 %	
Máxima altitud	2.000 m	
Tecnología de conexión CC	Conexión de 6x CC+ y 6x CC- bornes roscados 2,5 mm ² - 16 mm ²	
Tecnología de conexión principal	Conexión de 5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²	
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G59/3, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21	

¹⁾De acuerdo con IEC 62109-1. Disponible rail DIN opcional para tipo 1 + 2 y tipo 2 de protección de sobretensión. Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS ECO 27.0.3-S



REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS ECO 27.0.3-S



DATOS TÉCNICOS FRONIUS ECO

RENDIMIENTO	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Máximo rendimiento	98,2 %	98,3 %
Rendimiento europeo (η_{EU})	98,0 %	98,0 %
η con 5 % $P_{AC,r}^{1)}$	95,1 / 91,5 %	95,9 / 93,1 %
η con 10 % $P_{AC,r}^{1)}$	97,0 / 95,2 %	96,8 / 95,7 %
η con 20 % $P_{AC,r}^{1)}$	97,8 / 96,9 %	97,7 / 97,1 %
η con 25 % $P_{AC,r}^{1)}$	98,0 / 97,0 %	98,1 / 97,3 %
η con 30 % $P_{AC,r}^{1)}$	98,1 / 97,2 %	98,1 / 97,4 %
η con 50 % $P_{AC,r}^{1)}$	98,2 / 97,5 %	98,3 / 97,5 %
η con 75 % $P_{AC,r}^{1)}$	98,2 / 97,5 %	98,2 / 97,6 %
η con 100 % $P_{AC,r}^{1)}$	98,2 / 97,5 %	98,1 / 97,5 %
Rendimiento de adaptación MPP		> 99,9 %

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Medición del aislamiento CC		Si
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia	
Seccionador CC		Si
Portafusibles integrado para string ²⁾		Si
Protección contra polaridad inversa		Si

INTERFACES	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)	
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda	
USB (Conector A) ³⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB	
2 conectores RJ 45 (RS422) ³⁾	Fronius Solar Net	
Salida de aviso ³⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)	
Datalogger y Servidor web	Incluido	
Input externo ³⁾	Conexión SO-Meter / Evaluación para la protección contra sobretensión	
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador	

¹⁾ Y con $U_{mpp\ min} = U_{dc,r} / U_{mpp\ máx.}$ ²⁾ Opcionalmente equipado con 6 fusibles 15 A / 1.000 V en el lado positivo. ³⁾ También disponible en la versión light.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 1.000 patentes concedidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite www.fronius.com

v04 Nov 2014 ES

Fronius España S.L.U.
Parque Empresarial LA CARPETANIA
Miguel Faraday 2
28906 Getafe (Madrid)
España
Teléfono +34 91 649 60 40
Fax +34 91 649 60 44
pv-sales-spain@fronius.com
www.fronius.es

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
Teléfono +43 7242 241-0
Fax +43 7242 241-953940
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: Pavelló municipal de Cambrils

Variant: Nueva variante de simulación

No 3D scene defined, no shadings

System power: 54.4 kWp

Cambrils - Spain

PVsyst TRIAL

PVsyst TRIAL

PVsyst TRIAL



PVsyst V7.2.4

VCO, Simulation date:
23/08/21 23:41
with v7.2.4

Project summary

Geographical Site Cambrils Spain	Situation Latitude 41.07 °N Longitude 1.06 °E Altitude 11 m Time zone UTC+1	Project settings Albedo 0.20
Meteo data Cambrils Meteonorm 8.0 (1997-2017), Sat=100% - Sintético		

System summary

Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation Fixed plane Tilt/Azimuth 25 / 0 °	Near Shadings No Shadings	User's needs Unlimited load (grid)
System information		
PV Array		Inverters
Nb. of modules 136 units		Nb. of units 2 units
Pnom total 54.4 kWp		Pnom total 50.0 kWac
		Pnom ratio 1.088

Results summary

Produced Energy 88.28 MWh/year	Specific production 1623 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 86.36 %
--------------------------------	---------------------------------------	------------------------

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Special graphs	6

**PVsyst V7.2.4**

VC0, Simulation date:
23/08/21 23:41
with v7.2.4

General parameters**Grid-Connected System**

No 3D scene defined, no shadings

PV Field Orientation**Orientation**

Fixed plane

Tilt/Azimuth 25 / 0 °

Sheds configuration

No 3D scene defined

Models used

Transposition Perez
Diffuse Perez, Meteonorm
Circumsolar separate

Horizon

Free Horizon

Near Shadings

No Shadings

User's needs

Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics**PV module**

Manufacturer

Generic

Model

JKM400M-72H-V

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power

400 Wp

Number of PV modules

136 units

Nominal (STC)

54.4 kWp

Modules

8 Strings x 17 In series

At operating cond. (50°C)

Pmpp

49.7 kWp

U mpp

631 V

I mpp

79 A

Total PV power

Nominal (STC)

54 kWp

Total

136 modules

Module area

274 m²

Cell area

243 m²**Inverter**

Manufacturer

Generic

Model

ECO 25.0-3-S

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power

25.0 kWac

Number of inverters

2 unit

Total power

50.0 kWac

Operating voltage

580-850 V

Pnom ratio (DC:AC)

1.09

Total inverter power

Total power

50 kWac

Nb. of inverters

2 units

Pnom ratio

1.09

Array losses**Thermal Loss factor**

Module temperature according to irradiance

Uc (const) 20.0 W/m²KUv (wind) 0.0 W/m²K/m/s**DC wiring losses**

Global array res.

133 mΩ

Loss Fraction

1.5 % at STC

Module Quality Loss

Loss Fraction

-0.8 %

Module mismatch losses

Loss Fraction 2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss

Loss Fraction

0.1 %

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): Fresnel AR coating, n(glass)=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



PVsyst V7.2.4

VC0, Simulation date:
23/08/21 23:41
with v7.2.4

Main results

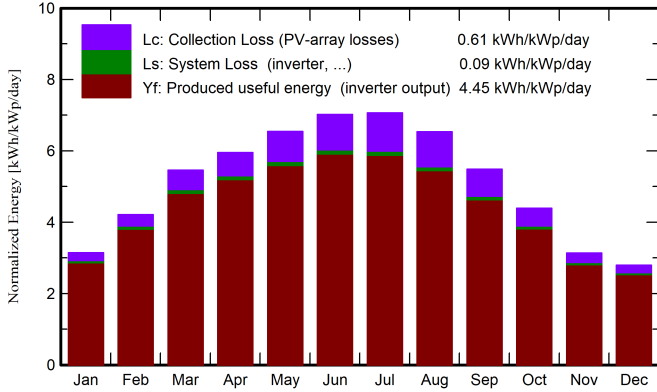
System Production

Produced Energy 88.28 MWh/year

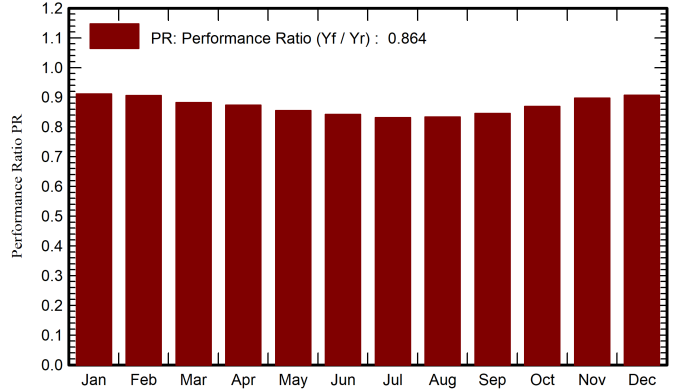
Specific production
Performance Ratio PR

1623 kWh/kWp/year
86.36 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	ratio
January	62.5	27.33	9.26	97.3	95.4	4.94	4.827	0.912
February	83.3	34.44	10.10	117.9	115.6	5.93	5.805	0.905
March	136.1	49.71	13.17	169.2	165.9	8.29	8.117	0.882
April	162.7	71.39	15.40	178.5	174.3	8.66	8.483	0.873
May	200.8	75.50	19.27	202.8	198.0	9.63	9.431	0.855
June	215.2	80.91	23.39	210.5	205.8	9.85	9.648	0.843
July	220.2	80.15	26.32	219.1	214.3	10.12	9.916	0.832
August	189.6	75.60	26.28	202.7	198.2	9.38	9.192	0.834
September	140.4	54.54	22.68	164.5	160.8	7.72	7.565	0.846
October	101.1	40.51	19.03	136.1	133.4	6.57	6.432	0.869
November	64.8	32.09	13.10	94.2	92.2	4.70	4.595	0.897
December	52.8	21.94	9.75	86.5	84.7	4.37	4.268	0.907
Year	1629.4	644.10	17.36	1879.2	1838.7	90.15	88.280	0.864

Legends

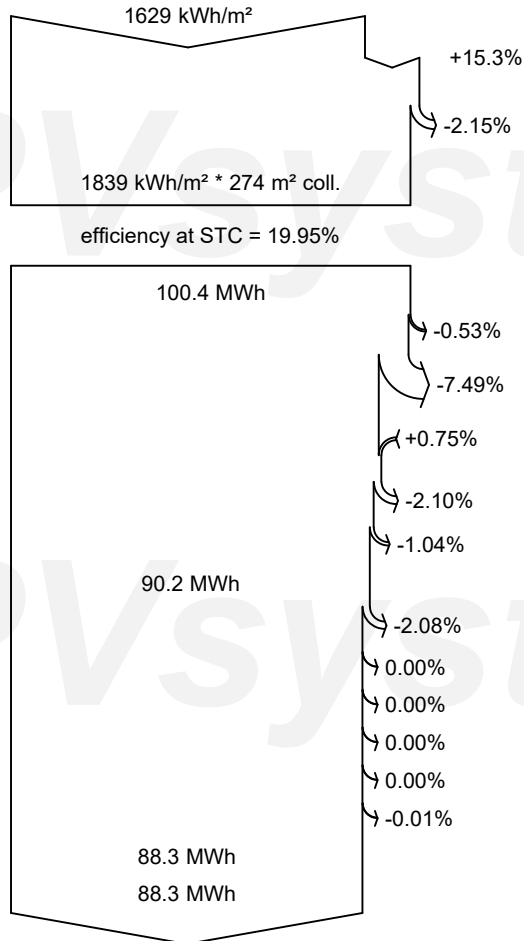
- GlobHor Global horizontal irradiation
- DiffHor Horizontal diffuse irradiation
- T_Amb Ambient Temperature
- GlobInc Global incident in coll. plane
- GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
- EArray Effective energy at the output of the array
- E_Grid Energy injected into grid
- PR Performance Ratio



PVsyst V7.2.4

VC0, Simulation date:
23/08/21 23:41
with v7.2.4

Loss diagram



- Global horizontal irradiation**
- Global incident in coll. plane**
- IAM factor on global
- Effective irradiation on collectors**
- PV conversion
- Array nominal energy (at STC effic.)**
- PV loss due to irradiance level
- PV loss due to temperature
- Module quality loss
- Mismatch loss, modules and strings
- Ohmic wiring loss
- Array virtual energy at MPP**
- Inverter Loss during operation (efficiency)
- Inverter Loss over nominal inv. power
- Inverter Loss due to max. input current
- Inverter Loss over nominal inv. voltage
- Inverter Loss due to power threshold
- Inverter Loss due to voltage threshold
- Available Energy at Inverter Output**
- Energy injected into grid**

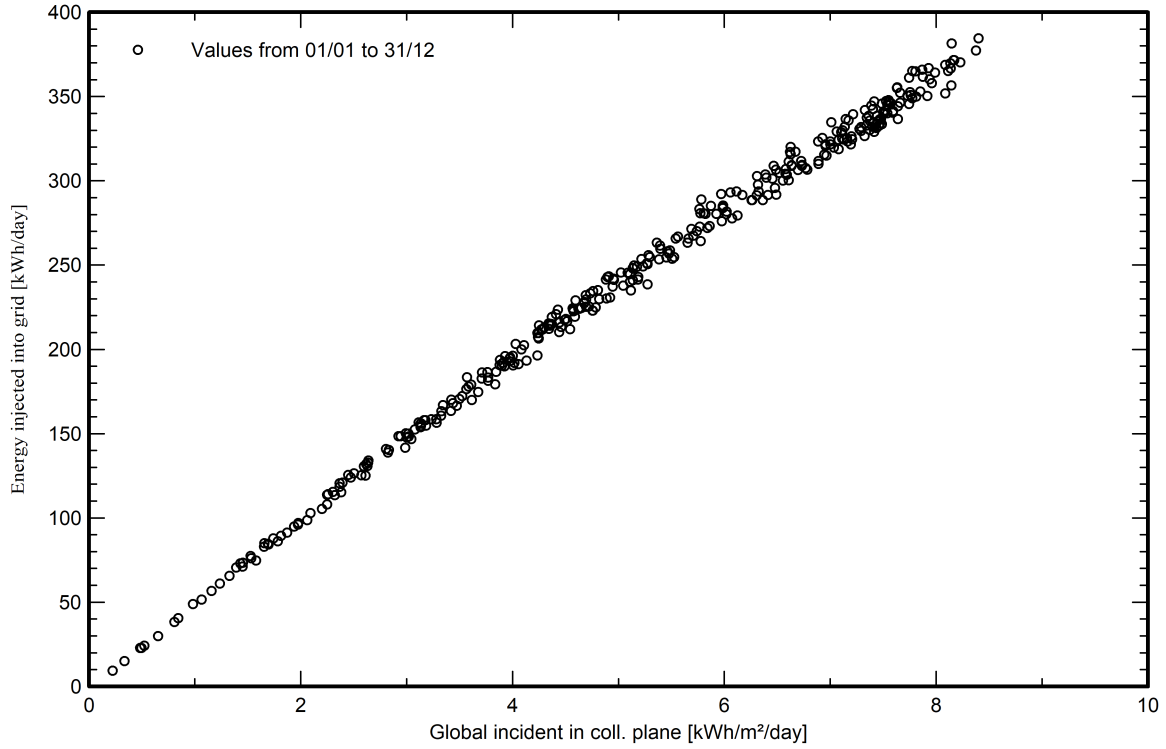


PVsyst V7.2.4

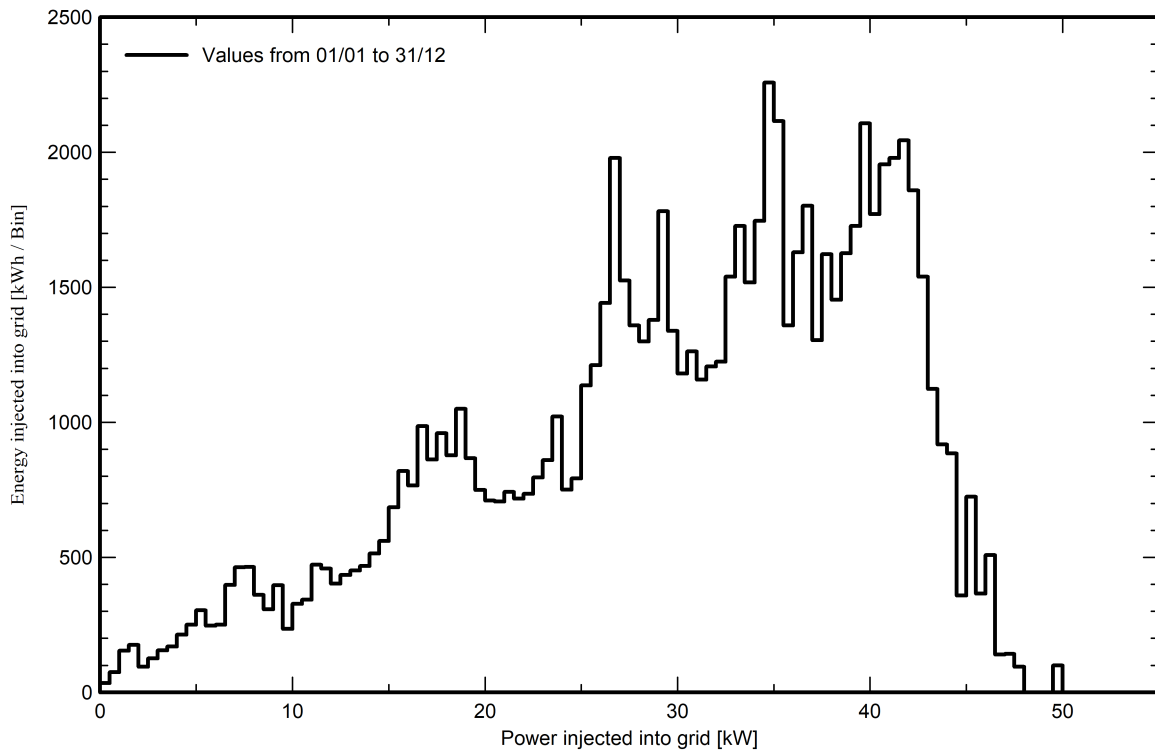
VC0, Simulation date:
23/08/21 23:41
with v7.2.4

Special graphs

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema





Geographical Site

Cambrils

España

Situation

Latitude 41.07 °N

Longitude 1.06 °E

Altitude 11 m

Time zone UTC+1

Monthly Meteo Values

Source Meteonorm 8.0 (1997-2017), Sat=100%

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year	
Horizontal global	62.5	83.3	136.1	162.7	200.8	215.2	220.2	189.6	140.4	101.1	64.8	52.8	1629.5	kWh/m ²
Horizontal diffuse	27.3	34.4	49.7	71.4	75.5	80.9	80.1	75.6	54.5	40.5	32.1	21.9	643.9	kWh/m ²
Extraterrestrial	126.8	157.9	233.6	287.2	340.9	348.2	351.5	316.0	250.8	195.7	135.4	113.3	2857.4	kWh/m ²
Clearness Index	0.493	0.528	0.583	0.566	0.589	0.618	0.626	0.600	0.560	0.517	0.479	0.466	0.570	ratio
Ambient Temper.	9.3	10.1	13.2	15.4	19.3	23.4	26.3	26.3	22.7	19.0	13.1	9.8	17.3	°C
Wind Velocity	3.0	3.4	3.4	3.1	3.0	2.7	2.8	2.7	2.7	2.5	2.9	2.8	2.9	m/s

Monthly Meteo Values

Solar paths at Cambrils, (Lat. 41.0700° N, long. 1.0595° E, alt. 11 m) - Legal Time

