

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Agroalimentària

**Títol: PROJECTE D'IMPLEMENTACIÓ D'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA
EN UNA GRANJA A PONTÓS (ALT EMPORDÀ)**

Document: Annexos

Alumne: Joan Saus i Carpio

Tutor: Jaume Puig i Bargués

Departament: Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia Agroalimentària

Àrea: Enginyeria Agroforestal

Convocatòria: Setembre de 2021

Índex

1. SITUACIÓ ACTUAL.....	7
1.1. Descripció de l'activitat	7
1.2. Aparells elèctrics de l'explotació	9
1.3. Diagnosi del cost elèctric en l'explotació	11
2. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	15
2.1. Situació actual del sector energètic a Espanya	15
2.2. Energia solar fotovoltaica i la seva història	18
2.3. Avantatges i inconvenients de l'energia solar fotovoltaica	21
3. EL SOL COM A RECURS ENERGÈTIC	22
3.1. Coordenades i moviments de la Terra	22
3.2. Coordenades solars	22
3.3. Radiació solar	23
4. PANELL SOLAR FOTOVOLTAIC	26
4.1. Efecte fotovoltaic	26
4.2. Cèl·lula solar	26
4.3. Mòdul fotovoltaic.....	28
4.3.1. Components d'un mòdul fotovoltaic	28
4.3.2. Paràmetres elèctrics característics.....	29
4.4. Connexions del mòduls fotovoltaics	33
4.4.1. Mòduls fotovoltaics connectats en sèrie	33
4.4.2. Mòduls fotovoltaics connectats en paral·lel	34
4.4.3. Mòduls fotovoltaics connectats en sèrie/paral·lel.....	35
5. ALTERNATIVES DEL PROJECTE	36
5.1. Identificació i descripció.....	36
5.1.1. Instal·lacions solars fotovoltaiques autònomes.....	36
5.1.2. Instal·lacions solars fotovoltaiques connectades a la xarxa elèctrica	37
5.2. Avaluació de les alternatives.....	38
5.2.1. Instal·lacions solars fotovoltaiques autònomes.....	38
5.2.2. Instal·lacions solars fotovoltaiques connectades a la xarxa elèctrica	39
5.3. Elecció.....	39
6. INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA AUTÒNOMA.....	40
6.1. Elements bàsics	40
6.1.1. Generador fotovoltaic	40
6.1.2. Regulador de càrrega	40

6.1.3. Acumuladors electroquímics.....	40
6.1.4. Inversors de CC/CA.....	40
6.1.5. Grup electrogen de suport	41
6.1.6. Comptador d'energia elèctrica.....	41
6.2. Proteccions elèctriques	41
6.2.1. Proteccions a la part de corrent continu.....	41
6.2.2. Proteccions a la part de corrent altern	42
6.2.3. Presa de terra	43
7. DIMENSIONAMENT DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA AUTÒNOMA.....	44
7.1. Energia diària necessària.....	44
7.2. Radiació solar incident	44
7.3. Nombre de mòduls fotovoltaics necessaris en una instal·lació autònoma.....	47
7.3.1. Càlcul del nombre de mòduls.....	47
7.3.2. Ubicació del generador fotovoltaic	48
7.3.3. Incidències d'ombres.....	49
7.3.4. Ancoratges dels mòduls fotovoltaics	53
7.4. Capacitat de l'acumulador.....	55
7.5. Inversor híbrid CC/CA.....	57
7.5.1. Avaluació del sistema convencional.....	57
7.5.2. Dimensionament de l'inversor híbrid.....	58
7.6. Dimensionament del grup electrogen.....	59
7.7. Secció dels conductors elèctrics	59
7.7.1. Determinació de la secció dels conductors de fase i neutre.....	59
7.7.2. Determinació de la secció del conductor de protecció.....	61
7.7.3. Designació de les seccions escollides.....	62
7.7.4. Diàmetres dels tubs protectors.....	62
7.8. Dispositius de corrent continu	62
7.8.1. Proteccions contra sobretensions (varistors).....	62
7.8.2. Fusibles de línia en el generador fotovoltaic	63
7.8.3. Fusibles de línia de l'acumulador	64
7.8.4. Interruptor automàtic de tall amb càrrega	64
7.9. Dispositius de protecció de corrent altern.....	65
7.9.1. Interruptor automàtic de corrent altern de l'inversor	65
7.9.2. Interruptor general automàtic (IGA)	65
7.9.3. Interruptor diferencial (ID).....	66
7.9.4. Varistors de protecció en la línia CA.....	66

7.9.5. Comptador d'energia elèctrica.....	66
7.9.6. Presa de terra	66
7.10. Protecció contra llamps.....	67
7.10.1. Freqüència esperada d'impactes.....	67
7.10.2. Risc admissible.....	69
7.10.3. Determinació de la necessitat de parallamps	69
8. Avaluació de l'estabilitat estructural de la granja.....	70
8.1. Accions permanents	70
8.1.1. Pes propi.....	70
8.2. Accions variables	70
8.2.1. Sobre càrrega d'ús.....	70
8.2.2. Vent	71
8.2.3. Neu	75
8.3. Estats límits.....	75
8.3.1. Estat límit últim (ELU).....	75
8.3.2. Estat límit de servei (ELS)	77
8.3.3. Càlcul dels estats límits	78
8.4. Determinació de l'estabilitat estructural	78
9. Estudi bàsic de seguretat i salut	80
9.1. Objecte de l'estudi bàsic de seguretat i salut	80
9.2. Detalls generals del projecte	80
9.3. Justificació de l'estudi de seguretat i salut.....	81
9.4. Anàlisi dels riscos laborals	81
9.4.1. Riscos laborables completament evitables	81
9.4.2. Riscos laborables no evitables.....	82
9.4.3. Senyalització de seguretat i salut	92
9.4.4. Proteccions individuals.....	95
9.4.5. Formació del personal en riscos laborals	96
9.5. Obligacions dels promotor	96
9.5.1. Obligacions dels coordinadors en matèria de seguretat i salut	96
9.5.2. Pla de seguretat i salut	97
9.6. Obligacions dels contractistes i subcontractistes	97
9.7. Obligacions dels treballadors autònoms.....	98
9.8. Llibre d'incidències	98
9.9. Paralització dels treballs.....	99
9.10. Drets dels treballadors	99

9.11. Normativa aplicable a l'obra	99
10. Repercussions ambientals del projecte.....	101
10.1. Incidències ambientals del funcionament de la instal·lació fotovoltaica	101
10.1.1. Sorolls	101
10.1.2. Emissions de gasos a l'atmosfera	101
10.1.3. Destrucció de la fauna i la flora	102
10.1.4. Residus tòxics i perillosos abocats al sistema de sanejament.....	102
10.2. Incidències ambientals en la fabricació dels components de la instal·lació fotovoltaica	102
10.3. Estalvi d'emissions de CO ₂ amb la instal·lació fotovoltaica.....	102
10.4. Integració paisatgística.....	103
10.4.1. Elements naturals del paisatge	103
10.4.2. Paisatge actual del lloc	103
10.4.3. Proposta d'ubicació del projecte.....	104
10.4.5. Mesures d'integració.....	104
11. Planificació i programació de l'execució	105
11.1. Planificació de l'obra	105
11.2. Programació de l'obra	107
12. Justificació de preus	109
12.1. Preus bàsics	109
12.1.1. Mà d'obra	109
12.1.2. Materials.....	109
12.3. Maquinària	115
12.4. Preus desglossats de cada partida	115
13. Avaluació econòmica.....	142
13.1. Estudi econòmic	142
13.1.1. Costos fixos.....	142
13.1.2. Costos variables.....	143
13.1.3. Ingressos.....	143
13.1.4. Beneficis	143
13.2. Principis de l'avaluació financera	143
13.2.1. Introducció	143
13.2.2. Criteris de rendibilitat	144
13.3. Avaluació de la rendibilitat financera.....	145
13.3.1. Inversió inicial.....	145
13.3.2. Cobraments	145
13.3.3. Pagaments.....	146

13.3.4. Fluxos de caixa.....	146
13.3.5. Índexs de rendibilitat financera.....	149
14. Referencies bibliogràfiques	150

1. SITUACIÓ ACTUAL

1.1. Descripció de l'activitat

El Camp dels "Hermanos" és una granja que es troba en règim d'integració vertical i que es dedica a l'engreix de garrins. El contracte d'integració se signa entre dues parts. Una part és l'integrador, el qual sol ser un empresari que proporciona a l'integrat els mitjans de producció: els animals, els aliments i altres mitjans de producció o serveis. L'altra part és l'integrat, que és el ramader que proporciona els treballs necessaris per a la cura i el manteniment del bestiar porcí, així com les instal·lacions i la resta de béns i serveis necessaris. L'integrat percep una retribució econòmica per part de l'integrador, a canvi de la feina realitzada. Generalment, sol ser un tant fix per animal més una part variable segons els paràmetres productius i de qualitat del bestiar.

En l'explotació, es realitza un encreuament a tres vies. Aquest consisteix a realitzar un primer encreuament per obtenir les característiques maternes i un segon encreuament per aconseguir l'aptitud paterna. Primerament, l'integrador en les seves granges de selecció realitza un encreuament entre una truja de la raça Landrace i un verro de la raça Large White, aconseguint el fenomen de vigor híbrid. D'aquí en surt una femella, anomenada F1, que té un alt rendiment productiu, gràcies a l'aptitud materna. Després, en les granges de producció de garrins, es produeix l'encreuament entre la femella F1 i un verro de la raça Duroc, el qual és el mascle finalitzador. Aquest encreuament s'anomena comercial, ja que s'obté un animal F2 que hereta les característiques paternes, tenint un millor rendiment de la canal i de la qualitat de la carn. Per tant, aquest animal es destina exclusivament a l'engreix.

A continuació, es detallen les diferents fases del cicle productiu porcí en l'explotació:

- Quarantena.
- Cobriment-control.
- Gestació en patís.
- Maternitat.
- Transició.
- Engreix.
- Trasllet a escorxador.

Primerament, es comença amb la fase de quarantena de les llavors. Les llavors són les truges joves que provenen de les granges de selecció, essent els animals de reposició de l'explotació. La reposició va a càrrec de l'integrador. Aquestes llavors s'ubiquen a una sala annexa a la granja amb una superfície de 56 m². Això es fa per tal d'adaptar aquests animals a les condicions de la granja. S'assegura així que aquests animals estan en les millors condicions en el moment de l'entrada definitiva a l'explotació. L'estada d'aquesta fase és de 40-50 dies per aconseguir l'adaptació requerida. Al final de la fase generalment les llavors tenen uns 220 dies de vida. Un cop acabada la quarantena, aquestes llavors entren a l'explotació a una zona similar a la quarantena.

Després, comença la fase de gestació en la qual es cobreixen les truges i les llavors. En aquesta etapa es diferencien les truges que es cobreixen, essent la subfase de cobriment-control, i les truges que han quedat prenyades, essent la subfase de gestació en patís. Generalment, el període de gestació dura 114 dies.

A l'inici de la gestació, es col·loquen les truges i les llavors en la sala de cobriment-control. En l'actual explotació, la fase de cobriment-control té una capacitat per a 100 truges. Un cop ubicats els animals, es fa passar el verro rezelador dos cops al dia per detectar els zels de les truges. Detectats els zels, es cobreix el bestiar amb dues inseminacions artificials amb cànules per augmentar el percentatge d'efectivitat del cobriment. Pel que fa al cobriment de les llavors, generalment, el primer zel es dona als 6-7 mesos de vida i cal realitzar el cobriment de l'animal amb un pes de 115-120 kg de pes viu. En

canvi, les truges de l'explotació es realitza el cobriment una setmana després de realitzar el deslletament dels garrins, ja que 4-5 dies després del deslletament la truja surt en zel. En aquesta primera subfase, el bestiar es troba en la sala unes 4-5 setmanes segons l'aparició dels zels i del percentatge d'encerts en els cobriments. Cal fer èmfasi que a partir de la tercera inseminació les truges no gestants es destinen a escorxador. Per acabar, passats 18-22 dies després de la inseminació artificial es tornar a fer passar el verro rezelador per detectar les truges no prenyades. Per tant, sobre aquestes es tornar a repetir la subfase de cobriment-control. Finalment, es realitza un diagnòstic de la gestació amb una ecografia 28 dies després del cobriment.

Amb la confirmació de la gestació dels animals, es passa a la segona subfase de gestació en patis en la qual el bestiar està aproximadament uns 80 dies. En l'actual explotació, la zona de gestació consta de 20 patis, amb una capacitat màxima de 9 truges per pati, tenint una capacitat per a 180 truges gestants.

Aproximadament 2-4 dies abans del part, les truges gestants es traslladen a la zona de maternitat i s'hi estan unes 4 setmanes. Primerament, es produeix el part natural de la truja i després es realitza la lactància natural dels garrins. El part pot durar de 2-6 hores i és un acte molt estressant per a les truges, per la qual cosa només cal intervenir-hi si és necessari. En l'actual explotació, la zona de maternitat consta de 4 sales amb 20 paridores a cada sala i una sala amb 5 paridores. Per tant, a l'explotació hi ha una capacitat per a 85 truges a maternitat. A més, cada paridora té una capacitat per a 12 garrins.

A continuació, es produeix la fase del deslletament, essent la transició dels garrins. D'acord amb el Reial decret 1135/2002, de 31 d'octubre, la durada mínima de la lactació és de 28 dies, però per causes de salut dels garrins o de les truges es poden reduir fins als 21 dies. En l'actual explotació, la zona de transició consta de 4 sales de 175 caps de transició cada una. Per tant, a l'explotació hi ha una capacitat per a 700 caps de transició. Generalment, els garrins quan entren a la zona de transició tenen un pes de 6 kg i cal que surtin d'aquesta etapa amb un pes viu de 18 kg com a mínim.

Finalitzada l'etapa de transició, els garrins de l'explotació del Camp dels "Hermanos" es transporten a diverses granges d'engreix de l'integrador, en les quals estan unes 14-15 setmanes per engreixar-los i obtenir porcs amb un pes viu de com a mínim de 105 kg. Finalment, aconseguit el pes objectiu, els porcs es destinen a l'escorxador.

Com s'ha vist anteriorment, la truja passa per 3 etapes diferenciades en maneig i en allotjament al llarg de la seva vida productiva. Tenint l'etapa de cobriment-control, que va des del deslletament fins a la quarta setmana abans del cobriment fèrtil, l'etapa de gestació, que va des de la quarta setmana abans del cobriment fèrtil fins 1 setmana abans del part, i, per últim, el part, que va des d'uns dies abans del part fins al deslletament dels garrins. Per tant, el maneig més eficient per l'explotació és el maneig en bandes a 3 setmanes. Aquest maneig consisteix a realitzar les anteriors etapes en diferents setmanes, essent un cicle continu:

- Setmana 1: Parts. Es realitzen dijous i divendres.
- Setmana 2: Deslletaments. Es realitzen dijous.
- Setmana 3: Cobriment: Es realitzen dimarts i dimecres.
- Setmana 4: Parts. Es realitzen dijous i divendres.
- Setmana 5: Deslletaments. Es realitzen els dijous.
- Setmana 6: Cobriments. Es realitzen dimarts i dimecres.
- Setmana 7: Parts. Es realitzen dijous i divendres.

....

1.2. Aparells elèctrics de l'exploració

Per tal d'implementar una instal·lació d'energia solar fotovoltaica cal conèixer l'energia requerida en l'exploració i el consum dels seus components elèctrics amb la identificació de la potència total.

Com s'ha comentat anteriorment, l'exploració del Camp dels "Hermanos" consta d'un sol edifici on es realitza la fase de gestació de les truges i la fase de deslletament (transició). Per temes de bioseguretat i de maneig en el treball diari, l'edifici disposa d'uns vestidors a l'entrada de la granja, tenint una superfície de 25,50 m², i un magatzem a l'interior de la granja d'una superfície de 24,80 m². A més, a una sala annexa a la granja es realitza la quarantena de les llavors, però aquesta no requereix electricitat. Cal dir que el subministrament elèctric per dur a terme l'activitat procedeix directament de la xarxa de distribució d'energia elèctrica. Dintre l'exploració es destaquen una sèrie de sistemes elèctrics, els qual són:

- Enllumenat

En aquest sistema monofàsic es tenen fluorescents, focus i llums. Cal comentar que l'exploració no consta d'enllumenat exterior. Els fluorescents tenen una potència de 0,02 kW i s'utilitzen en els espais grans com a la fase de gestació, fase de cobriment i al magatzem. En canvi, els llums són làmpades leds de 0,20 W de potència i s'utilitzen a la fase de maternitat la qual serveixen per dur millor visibilitat i tenir una millor gestió del part i del postpart. Finalment, els focus són làmpades infraroges incandescentes, les quals tenen una potència de 0,18 kW, i es fan servir tant en la fase de maternitat i de deslletament per tal d'aportar calor en un determinat punt en concret en aquestes fases.

- Sistema d'alimentació

En l'exploració hi ha tres sitges les quals emmagatzemen el pinso. Aquestes sitges tenen dos tipus de motors per fer circular el pinso per la granja. El primer és un motor de pinso normal, amb una potència de 1,10 kW, el qual no dosifica el pinso per cada a animal. Aquest motor s'utilitza en les fases de gestació, de cobriment, de maternitat i de deslletament. En canvi, el segon motor de pinso té una potència de 0,37 kW, és de caiguda lliure i s'utilitza en determinats moments de la fase de gestació en els patis. Aquest segon motor, sí que dosifica la quantitat de pinso.

- Sistema d'obertura i tancament de les finestres

S'hi diferencien dos tipus de motors. El primer té una potència de 0,37 kW i serveix per tancar i obrir les finestres en funció de la temperatura interior i exterior, proporcionant així una millor ventilació de la granja. Aquest primer motor s'utilitza en les fases de gestació i de cobriment. El segon és un motor de 0,03 kW que s'utilitza a la fase de maternitat, el qual serveix exclusivament com a protecció, ja que és un sistema que evita que les finestres quedin tancades quan es produeix un tall de l'electricitat. Amb aquest mètode s'aconsegueix que les finestres quedin obertes i, així, es permet una ventilació extra en la fase del part i del postpart.

- Sistema de ventilació

En aquest sistema només es té una única tipologia de ventiladors, de 0,52 kW de potència, que serveixen per fer evacuar l'aire calent de l'interior i permetre que entri aire fresc de l'exterior, disminuint així la temperatura de l'interior de la nau.

- Caldera

La caldera requereix una potència de 0,18 kW i fa la funció de proporcionar calor a les plaques tèrmiques que estan situades en les sales de maternitat. Aquestes plaques aporten temperatura als garrins, ja que aquests als seus primers estadis de vida requereixen temperatures elevades per la seva existència.

- Sistema d'aigua

El sistema d'aigua consta de nou bombes trifàsic diferents:

1. Bombes dels humidificadors (0,03 kW): aquestes tenen la funció de refrescar l'ambient amb l'aplicació de vapor d'aigua. Aquestes bombes estan ubicades en el passadís de la fase de maternitat. A més, el mateix circuit consta de bombes per a la circulació d'aigua per tal que els humidificadors puguin realitzar la seva funció.
2. Bombes per a l'emmagatzematge d'aigua: es tenen dues bombes diferents, la primera amb una potència de 1,47 kW és per extreure l'aigua d'un pou de l'explotació i emmagatzemar-la en la bassa d'aigua. Després, hi ha la bomba de 0,74 kW que extreu l'aigua de la bassa i la condueix a un dipòsit ubicat dintre dels vestidors. Aquest dipòsit alimenta tots els sistemes d'aigua de l'interior de la granja.
3. Bombes d'aigua: es diferencien dues bombes per tractar les aigües que provenen de la bassa. Una és la del regulador de pH amb una potència de 0,04 kW per tal de subministrar l'aigua als animals amb uns valors de pH entre 6,5 i 8. També, es té la possibilitat d'injectar determinats medicaments en l'aigua potable per als porcs, aquesta bomba s'anomena "medicador" i té una potència de 0,43 kW. Després, per la circulació de l'aigua potable a dintre la granja s'utilitza una altra bomba que alimenta els circuits dels abeuradors, tenint una potència de 0,74 kW.
4. Bomba pel grup de pressió: aquesta bomba de 5,60 kW alimenta un circuit el qual permet injectar aigua a pressió per tal de dur la desinfecció de la granja en els períodes de buit sanitari.

Com a dades de partida es té una energia requerida de 155,85 kWh/dia a l'estiu i de 119,58 kWh/dia a l'hivern repartits com s'indica en la Taula 1, en la qual es mostren els aparells elèctrics existents en l'explotació del Camp dels "Hermanos", la potència unitària de cada un i el seu consum horari segons sigui estiu o hivern. La potència total instal·lada és de 34,69 kW.

Taula 1. Determinació de la potència total instal·lada i del consum horari de cada element elèctric de l'explotació del Camp dels "Hermanos".

	APARELL	UNITATS	POTÈNCIA UNITÀRIA (kW)	POTÈNCIA (kW)	CONSUM DIARI		ENERGIA TOTAL ESTIU (kWh/dia)	ENERGIA TOTAL HIVERN (kWh/dia)
					H/DIA ESTIU	H/DIA HIVERN		
Gestació	Fluorescents	12,00	0,02	0,00	0,50	0,00	0,14	12,00
	Motor de la sitja de pinso	1,00	1,10	0,33	0,50	0,37	0,55	1,00
	Motor de la sitja de pinso de caiguda lliure	2,00	0,37	0,50	0,50	0,37	0,37	2,00
	Motor per les finestres	1,00	0,37	0,17	0,17	0,06	0,06	1,00
Cobriment	Motor de la sitja de pinso	1,00	1,10	0,33	0,33	0,37	0,37	1,00
	Motor per a les finestres	1,00	0,37	0,17	0,17	0,06	0,06	1,00
	Fluorescents	8,00	0,02	0,00	0,33	0,00	0,06	8,00
	Ventiladors	2,00	0,52	12,00	0,00	12,48	0,00	2,00

Maternitat	Motor de la sitja de pinso	1,00	1,10	0,33	0,50	0,37	0,55	1,00
	Ventiladors	9,00	0,52	12,00	6,67	56,16	31,20	9,00
	Focus	9,00	0,20	0,00	4,00	0,00	7,20	9,00
	Bombes dels humidificadors	9,00	0,03	10,00	0,00	2,25	0,00	9,00
	Bombes per a la circulació d'aigua	2,00	0,04	10,00	0,00	0,70	0,00	2,00
	Motor per a la seguretat de les finestres	12,00	0,03	24,00	24,00	7,20	7,20	12,00
	Llums	6,00	0,18	0,00	12,00	0,00	12,60	6,00
Deslletament	Ventiladors	4,00	0,52	12,00	6,67	24,96	13,87	4,00
	Focus	4,00	0,20	0,00	1,00	0,00	0,80	4,00
	Motor de la sitja de pinso	2,00	0,74	0,33	0,33	0,49	0,49	2,00
Magatzem	Endolls	4,00	1,50	0,25	0,25	1,50	1,50	4,00
	Neveres	2,00	0,07	24,00	24,00	3,36	3,36	2,00
	Fluorescents	1,00	0,02	2,00	2,00	0,05	0,05	1,00
Vestidors	Bomba per al dipòsit d'aigua	1,00	0,74	10,00	5,00	7,36	3,68	1,00
	Bomba per a l'aigua de la granja	1,00	0,74	12,00	12,00	8,83	8,83	1,00
	Bomba injectora "Medicador"	1,00	0,43	12,00	12,00	5,16	5,16	1,00
	Regulador de pH	1,00	0,04	12,00	12,00	0,42	0,42	1,00
	Bomba per la circulació d'aigua calenta	2,00	0,24	4,00	12,00	1,95	5,86	2,00
	Caldera de gasoil	1,00	0,18	4,00	12,00	0,71	2,14	1,00
	Bomba per al grup a pressió de desinfecció	1,00	5,60	0,38	0,38	2,13	2,13	1,00
Exterior	Bomba per a la bassa d'aigua	1,00	1,47	2,00	2,00	2,94	2,94	1,00
		TOTAL		34,69	TOTAL		155,85	119,58

1.3. Diagnosi del cost elèctric en l'exploració

Per tal de verificar les potències totals anteriors, s'ha requerit al propietari del Camp dels "Hermanos" que proporcionés les factures elèctriques des del desembre del 2019 fins al juny de 2021.

Inicialment, en les lectures de les factures s'obté que l'exploració té contractada la tarifa 3.0A. Aquesta tarifa és per a subministraments de baixa tensió de més de 15 kW de potència contractada. A més, cal

dir que aquesta tarifa es factura a través de diferents períodes d'horaris dels termes de potència i d'energia (P1, P2, P3, P4, P5 i P6, vegeu la Figura 2). A cada període (P1, P2, P3, P4, P5 i P6) li correspon un preu d'energia (kWh) i de potència (kW) diferent. En el cas de l'explotació, en cada període de facturació hi ha diverses potències contractades. En l'explotació es té una potència contractada d'11 kW en els períodes P1, P2, P4 i P5. En canvi, els períodes P3 i P6 és de 23,556 kW, que és la màxima potència que es pot contractar en aquesta tarifa.

PENÍNSULA													
MES	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE	OCTUBRE	NOVEMBRE	DESEMBRE	DISSABTES, DIUMENGES I FESTIUS
0-1	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
1-2	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
2-3	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
3-4	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
4-5	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
5-6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
6-7	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
7-8	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
8-9	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
9-10	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
10-11	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
11-12	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
12-13	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
13-14	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
14-15	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
15-16	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
16-17	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
17-18	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
18-19	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
19-20	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
20-21	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
21-22	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
22-23	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
23-0	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6

Figura 1. Períodes horaris dels terme de potència i d'energia de la tarifa 3.0A del 2021 (Font: Som Energia, 2021).

En la Taula 2 es mostra per a cada període horari el consum elèctric i el cost elèctric de cada factura avaluada. En els mesos més desfavorables a nivell de consum s'ha determinat que el cost de la potència contractada és del 8,59% a l'estiu i del 18,32% a l'hivern. En canvi, el cost per l'energia consumida és del 68,99% a l'estiu i del 57,41% a l'hivern. S'obté així, que en el període des del desembre del 2019 fins al juny del 2021 el consum elèctric és de 61.133 kWh i ha suposat un cost de 9.753,81 €. Si s'analitza un any sencer, des del gener del 2020 fins al gener del 2021, s'obté que el consum elèctric és de 47.987 kWh i ha suposat un cost total de 7.488,58 €. Per últim, els costos de la tarifa per l'energia elèctrica consumida són per:

- Energia utilitzada.
- Energia contractada.
- Penalització per energia reactiva.
- Impost d'electricitat.
- Lloguer del comptador.
- Altres components.
- IVA 21%.

Taula 2. Consums elèctrics i cost elèctric des del desembre del 2019 fins al juny de 2021.

PERÍODE FACTURACIÓ	PERÍODES HORARIS						CONSUM ELÈCTRIC (kWh)	COST FACTURAT (€)
	P1	P2	P3	P4	P5	P6		
01/12/2019 - 27/01/2020	416,00	2.099,00	804,00	219,00	898,00	382,00	4.818,00	845,21
28/01/2020 - 24/02/2020	254,00	1.199,00	428,00	96,00	397,00	157,00	2.531,00	433,42
25/02/2020 - 24/03/2020	282,00	1.225,00	473,00	111,00	456,00	183,00	2.730,00	460,76
25/03/2020 - 23/04/2020	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	111,14
24/04/2020 - 31/05/2020	1.146,00	3.115,00	1.222,00	488,00	1.377,00	561,00	7.909,00	1.182,23
01/06/2020 - 21/07/2020	1.026,00	2.595,00	1.358,00	355,00	990,00	527,00	6.851,00	1.020,73
22/07/2020 - 31/07/2020	381,00	1.112,00	378,00	84,00	300,00	50,00	2.305,00	317,83
01/08/2020 - 06/09/2020	782,00	2.101,00	984,00	295,00	867,00	473,00	5.502,00	750,25
07/09/2020 - 22/10/2020	832,00	2.068,00	839,00	259,00	711,00	280,00	4.989,00	737,13
23/10/2020 - 19/11/2020	233,00	1.207,00	426,00	98,00	420,00	182,00	2.566,00	400,36
20/11/2020 - 21/12/2020	206,00	1.145,00	395,00	102,00	524,00	211,00	2.583,00	413,61
22/12/2020 - 24/01/2021	226,00	1.339,00	414,00	113,00	564,00	215,00	2.871,00	456,29
25/01/2021 - 18/02/2021	230,00	1.180,00	390,00	69,00	324,00	138,00	2.331,00	359,62
19/02/2021 - 18/03/2021	287,00	1.351,00	506,00	108,00	473,00	188,00	2.913,00	434,52
19/03/2021 - 22/04/2021	488,00	1.460,00	563,00	182,00	560,00	245,00	3.498,00	534,47
23/04/2021 - 31/05/2021	655,00	1.672,00	737,00	281,00	733,00	328,00	4.406,00	664,68
01/06/2021 - 30/06/2021	0,00	0,00	1.301,00	1.026,00	0,00	2.003,00	4.330,00	631,56
TOTAL	7.444,00	24.868,00	11.218,00	3.886,00	9.594,00	6.123,00	63.133,00	9.753,81

Finalment, per comparar els consum d'energia, s'ha agafat el consum elèctric més gran dels 6 períodes horaris de la factura més desfavorable, que correspon a la de juny del 2020. En aquest cas, es va produir durant el període P2 amb un consum elèctric de 3.115 kWh/mes (85,27 kWh/dia). A la Taula 1 s'observa que l'energia consumida total a l'estiu de 155,85 kWh/dia, valor que es considera correcte, ja que és superior al del període P2. Si es realitza la mateixa comparació amb el mes més desfavorable de l'hivern, s'obté que el P2 ha tingut un consum elèctric de 2.099 kWh/mes (77,74 kWh/dia), essent un valor correcte, ja que és inferior a l'energia consumida total a l'hivern que és de 119,58 kWh/dia. A més, en el supòsit que en la meitat d'un any es produís un consum d'electricitat de 155,85 kWh/dia i l'altra meitat de l'any es tingués un consum de 119,58 kWh/dia, es tindria un consum d'electricitat anual de 50.265,98 kWh. Si aquest valor es compara amb el consum total elèctric obtingut en la Taula 2, s'observa que el consum elèctric facturat és inferior al consum estimat. Per tant, es pot dir que l'estimació és correcta, ja que el valor estimat és superior a causa que s'ha treballat en les condicions més desfavorables, tenint consums horaris molt elevats i no representatius de tots els dies dels mesos.

Per últim, en la Taula 2, s'obté que el consum elèctric diari en un any és de 131,47 kWh/dia. Si aquest es compara amb els valors d'estiu i d'hivern obtinguts en la Taula 1, es pot afirmar que el consum diari d'estiu està sobredimensionat.

Vistes les factures, s'ha observat que hi ha una gran oscil·lació dels consums elèctrics entre els períodes horaris dels termes de potència i d'energia (P1, P2, P3, P4, P5 i P6) dintre del mateix mes, ressaltant el P2 com el període en el qual es consumeix més electricitat en diferència. Fent referència a aquest fet, es pot observar amb la Taula 2, que és referent al 2021, que el període P2 també és el període amb més consum energètic fins al mes de juny de 2021. A tall d'exemple, els mesos de gener i febrer les hores que es van facturar més són referents al període P2, tenint les següents hores del dia: 8:00-9:00 h, 14:00-15:00 h, 15:00-16:00 h, 16:00-17:00 h, 17:00-18:00 h, 22:00-23:00 h i 23:00-00:00 h. En canvi, el mes de juny el període P6 és el que més consum elèctric s'ha tingut, el qual compren les hores de 00:00 h fins a les 8:00 h. També, hi ha una gran diferència de consums entre els mesos de l'estiu i,

passa el mateix entre els mesos d'hivern. A més, comparant la potència total instal·lada a l'explotació, 34,69 kW, i la contractada per la tarifa, 23,556 kW, es pot dir que al Camp dels "Hermanos" es té una potència contractada menor respecte a la qual es requereix amb els aparells elèctrics constituents de l'explotació, essent una potència contractada força ajustada.

Per tant, com que els valors dels consums elèctrics diaris de la Taula 1 estan una mica sobredimensionats, cal dimensionar la instal·lació solar fotovoltaica segons el consum elèctric diari de 131,47 kWh/dia, el qual s'ha determinat segons les factures lliurades. Per acabar, s'ha comprovat que el consum elèctric de les factures siguin inferiors als consums obtinguts en la Taula 1, el qual a l'estiu, amb un període de 31 dies, es té un consum elèctric de com a màxim de 4.831,35 kWh i a l'hivern, amb un període de 31 dies, és de 3.706,98 kWh. Comparant-los, es pot dir que els consums de les factures són menors, ja que l'apartat 1.2. s'ha treballat en les condicions més desfavorables, tenint consums horaris molt elevats i no representatius de tots els dies del mes en qüestió, a més, les factures lliurades són de períodes superiors a 31 dies.

2. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

2.1. Situació actual del sector energètic a Espanya

La norma bàsica nacional del sector elèctric és la Llei 24/2013, de 26 de desembre, del sector elèctric. Aquesta llei té per objecte establir la regulació del sector elèctric amb la finalitat de garantir el subministrament d'energia elèctrica, i d'adequar-lo a les necessitats dels consumidors en termes de seguretat, qualitat, eficiència, objectivitat, transparència i al mínim cost (MITECO, 2020).

El subministrament d'energia és essencial per a la societat i, a més, els sectors energètics són una part molt important de l'activitat econòmica del país. El preu de l'energia és un factor decisiu de la competitivitat de bona part de l'economia. Cal dir que el desenvolupament tecnològic de la indústria de generació d'elèctrica i la seva estructura d'aprovisionament de matèries primeres determinen l'evolució d'altres sectors de la indústria. La regulació del sector elèctric està sent objecte d'una profunda reforma. El principal objectiu de la mateixa és assegurar la sostenibilitat econòmica i financera del sistema elèctric, garantint el subministrament elèctric amb els nivells necessaris de qualitat i al mínim cost possible, un nivell de competència efectiu en el sector i tot això emmarcat dins dels principis de protecció mediambiental d'una societat moderna. En els últims anys s'han acumulat importants desajustos en el sistema que han donat lloc a un elevat dèficit, la diferència entre els ingressos i costos del sistema, que posaven en qüestió la seva pròpia viabilitat i que, per tant, calia corregir (MITECO, 2021).

Pel que fa a l'energia, es diferencien dos tipus d'energies molt ben diferenciades. Una és l'energia primària que comprèn totes les formes d'energia disponibles a la natura abans de ser convertides o transformades. En canvi, l'energia final és aquella que va destinada a usos directes, per exemple, en forma d'electricitat o calor. El consum d'energia primària a Espanya durant 2018 va arribar als 129.813 ktep (amb una lleugera disminució del 0,30% respecte la de l'any 2017). En canvi, el consum d'energia final el 2018 va augmentar un 2,50% respecte al 2017, fins a un total de 92.109 ktep (MITECO, 2020). En la Figura 3 es mostren els consums d'energia primària i d'energia final a Espanya el 2018. Els productes petrolífers són els més usats en les dues tipologies d'energies, però cal destacar el paper important de les energies renovables, que són les terceres més utilitzades a Espanya com a energia primària.

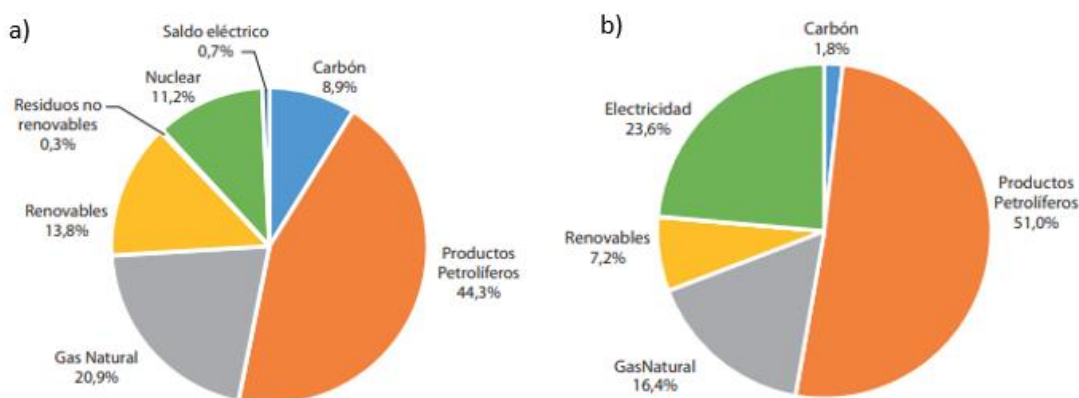


Figura 2. Desglossament del consum d'energia a Espanya en el 2018; a) energia primària b) energia final (Font: MITECO, 2020).

L'increment de les energies renovables és causada per una creixent conscienciació global en l'anomenat "Acord de París" en el marc de la XXI Conferència sobre Canvi Climàtic (COP21) que va tenir lloc el novembre de 2015 a París. Aquest acord va aconseguir un consens global pel qual 195 països van signar un compromís de limitació de l'augment de les temperatures en l'àmbit planetari per sota de 2°C. En l'actualitat, 178 països que representen més del 88% de les emissions globals, han ratificat l'acord comproment-se a limitar les seves emissions de gasos efecte hivernacle. Després de la seva entrada en vigor, el novembre de 2016 la Comissió Europea va publicar el paquet "Energia Neta per a tots els Europeus". Aquest paquet persegueix tres objectius principals: anteposar l'eficiència energètica, aconseguir el lideratge mundial en matèria d'energies renovables i oferir un tracte just als consumidors (MITECO, 2020; Zafrilla *et al.*, 2018).

L'aposta de descarbonització de les economies que implica la ratificació de l'Acord de París suposa un repte tecnològic i econòmic sense precedents que obliga els països signants a establir, urgentment, criteris, polítiques, estratègies i accions energètiques i climàtiques ben orientades. En aquest sentit, la Unió Europea s'ha establert com una de les primeres i principals potències a escala mundial en adoptar estratègies ambicioses pels pròxims anys (Zafrilla *et al.*, 2018). A més, s'incrementa l'ambició climàtica amb l'acord del Consell Europeu celebrat el desembre del 2020, essent una transició cap a energies netes dins de la Unió Europea, on les energies renovables passaran a tenir una presència i creixent rellevància en el futur. L'acord estableix una sèrie d'objectius pel 2030, els quals es detallen a continuació:

- Un objectiu vinculant per a la UE en 2030 de, almenys, un 40% menys d'emissions de gasos d'efecte hivernacle en comparació amb 1990.
- Un objectiu vinculant per a la UE en 2030 de, almenys, un 32% d'energies renovables en el consum d'energia.
- Un objectiu indicatiu per a la UE en 2030 de, almenys, un 32,50% de millora de l'eficiència energètica.
- La consecució de l'objectiu d'interconnexions d'electricitat del 15% el 2030.

Per aconseguir-ho es promou la reducció i racionalització dels procediments administratius per a l'execució d'aquests objectius. A més, es promou i regula l'autoconsum, s'estableixen estratègies pels sectors de transport i sobre sistemes de calefacció i refrigeració i es promou la sostenibilitat de l'ús de bioenergies (Zafrilla *et al.*, 2018).

El panorama internacional de l'energia fotovoltaica i, sobretot, l'estratègia climàtica i energètica recentment acordada en el marc de la Unió Europea permeten pronosticar un escenari de desenvolupament de l'energia fotovoltaica a Espanya prometedors pels pròxims anys. L'ambiciós objectiu de penetració de les renovables el 2030, planteja un escenari energètic a Espanya on l'energia solar fotovoltaica tindrà un paper protagonista (Zafrilla *et al.*, 2018).

Sobre el conjunt de les energies renovables a Espanya, en termes de generació, l'energia fotovoltaica va ser el 2017 la tercera font amb un 9,90% de la generació renovable total. El mapa de la Figura 4 mostra que el 2017, en termes de potència instal·lada, Castella-La Manxa i Andalusia van ser les principals potències fotovoltaiques nacionals amb 925 MW i 878 MW instal·lats, respectivament. Amb diferències importants, les seguien Extremadura, Castella i Lleó i Múrcia. Aquestes 5 regions aglutinaven el 70% de la capacitat instal·lada nacional. En termes de generació, els resultats estan altament correlacionats, essent Castella-La Manxa i Andalusia les principals regions generadores d'energia elèctrica fotovoltaica amb 1.742 GWh i 1.579 GWh, respectivament. Extremadura, en aquest cas, els seguia molt a prop amb una generació el 2017 de 1.118 GWh (Zafrilla *et al.*, 2018).

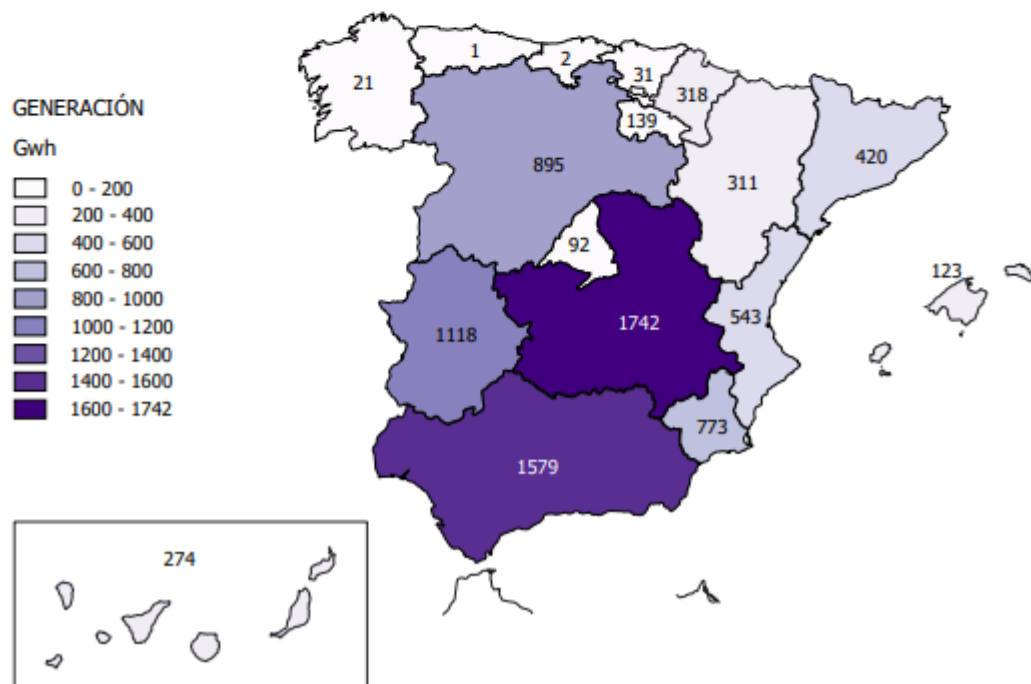
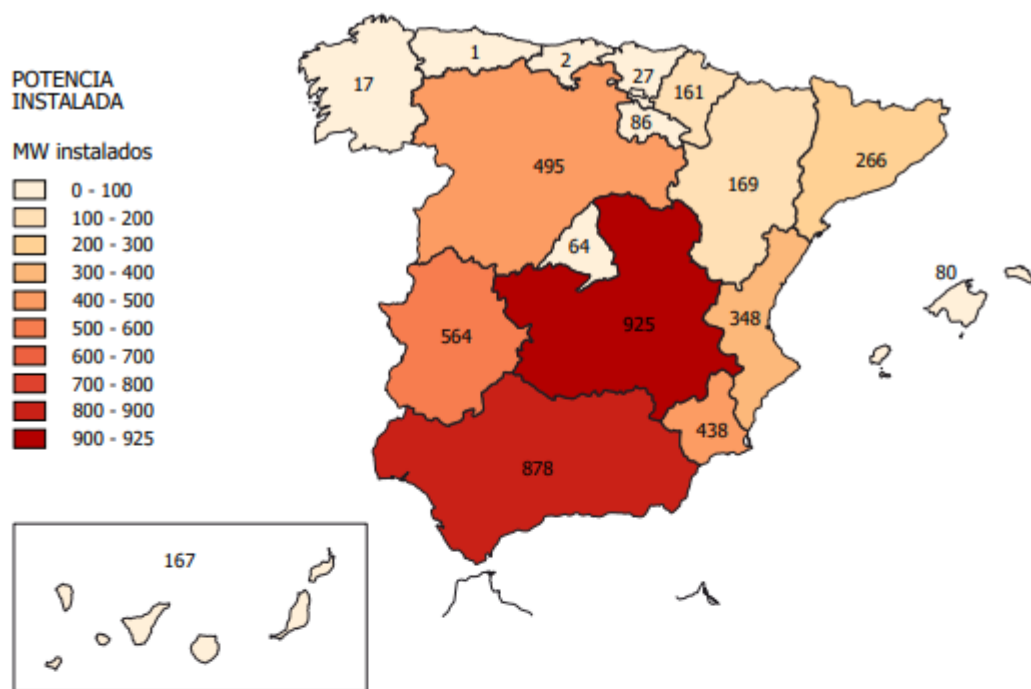


Figura 3. Potència instal·lada fotovoltaica (MW) i generació d'electricitat amb energia fotovoltaica (GWh) per comunitat autònoma. (Font: Zafrilla et al., 2018)

2.2. Energia solar fotovoltaica i la seva història

L'energia solar fotovoltaica és l'energia procedent del Sol que es converteix en energia elèctrica de forma directa. Aquest fet es produeix mitjançant generadors fotovoltaics compostos per mòduls fotovoltaics connectats entre si. Aquests mòduls estan compostos per unitats bàsiques anomenades cèl·lules solars o fotovoltaïques (Castejón et al., 2010). L'energia fotovoltaica és considerada com energia renovable, no contaminant, i és coneguda també com a energia neta o verda.

El conjunt de mòduls fotovoltaics que componen un generador formen una superfície plana que ha de ser exposada a la llum del Sol per tal de produir energia elèctrica. La inclinació i l'orientació adequades d'aquesta superfície són fonamentals per aconseguir la màxima conversió eficient de l'energia solar a energia elèctrica, ja que durant el dia el Sol varia la seva posició en el cel canviant la seva alçada i la inclinació dels raigs (Castejón et al., 2010).

El desenvolupament de l'energia solar fotovoltaica va començar l'any 1839 quan Becquerel va descobrir que si s'il·lumina un dels dos elèctrodes submergits en un electròlit, apareix entre ambdós una diferència de potencial, donant lloc a l'efecte fotovoltaic (Facio et al., 2014). Quaranta anys més tard, Willoughby Smith va descobrir que el seleni era sensible a la llum. Posteriorment, amb els estudis de Adams i Daays van comprovar que la llum solar excita el seleni i, en conseqüència, es genera electricitat (Miralles i Massanés, 2000). L'any 1876, mentre Adams i Day estaven experimentant amb la conductivitat d'unes varetes de seleni amorf embegudes en ferro, van descobrir que es creava una diferència de potencial quan els seus aparells eren il·luminats. Els estudis realitzats al segle XIX per Michael Faraday, James Clerk Maxwell, Nikola Tesla i Heinrich Hertz sobre la inducció electromagnètica, les forces elèctriques i les ones electromagnètiques, i sobretot els d'Albert Einstein el 1905, van proporcionar la base teòrica de l'efecte fotoelèctric, que és el fonament de la conversió d'energia solar a electricitat (Facio et al., 2014).

L'any 1954, Laboratoris Bell van descobrir que els semiconductors de silici dotats amb certes impureses eren molt sensibles a la llum. Aquest fet va contribuir a la fabricació de la primera cèl·lula solar comercial, en la que s'utilitzava una unió difusa de silici p-n (positiva-negativa), amb una conversió de l'energia solar d'aproximadament del 6%, una fita comparada amb les cèl·lules de seleni que difícilment arribaven al 0,5% (Facio et al., 2014).

Un cristall semiconductor de silici pur s'anomena semiconductor intrínsec. A la pràctica, els semiconductors s'utilitzen amb impureses afegides voluntàriament, denominant-los semiconductors extrínsecs. La impurificació és donada per la incorporació, a l'estructura cristal·logràfica d'un semiconductor intrínsec, d'àtoms d'un element diferent, que tingui major o menor nombre d'electrons de valència que el material base. Com que el silici té quatre electrons de valència, per impurificar-lo s'utilitzen elements que tinguin tres o cinc electrons de valència, deforma que es tenen (EVE, 2000):

- Impureses pentavalents (donadores). Són les constituïdes per àtoms que tenen cinc electrons de valència. Entre ells es troben el fòsfor, l'antimoni i l'arsènic. Un semiconductor dopat d'aquesta manera es diu que és de tipus n.
- Impureses trivalents (acceptadores). Són les dels materials amb àtoms de tres electrons de valència. Entre ells es troben el bor, el gal·li i l'indi. Un semiconductor dopat amb impureses trivalents es diu que és de tipus p.

Al principi, les cèl·lules fotovoltaïques es van emprar de forma minoritària per alimentar elèctricament joguines i en altres usos menors, atès que el cost de producció d'electricitat era massa elevat. Però gràcies a la carrera espacial, les cèl·lules fotovoltaïques van ressorgir. La primera nau espacial que va utilitzar panells solars va ser el satèl·lit nord-americà Vanguard 1, llançat el març de 1958. En el seu disseny es van utilitzar cèl·lules solars creades per Peter Iles, en un esforç encapçalat per la companyia Hoffman Electronics. Al cap d'un any, l'any 1959, els Estats Units va posar en òrbita l'Explorer 6. Aquest portava instal·lats una sèrie de mòduls solars amb 9.600 cèl·lules solars sobre un dispositiu semblant

a unes ales. Posteriorment, la utilització d'energia solar fotovoltaica es va convertir en una característica comuna de molts satèl·lits, per la qual cosa les cèl·lules solars van demostrar ser un gran èxit (Facio *et al.*, 2014).

L'any 1972 van succeir dos fets importants que van ajudar al sorgiment de l'energia solar en l'àmbit terrestre. El primer va ser la creació de l'Agència de Desenvolupament i Investigació en Energia dels Estats Units, la primera organització d'aquest tipus promoguda i sostinguda per un govern al món. En segon lloc, es va produir l'embargament petrolífer imposat pels productors de petroli del Golf Pèrsic. Aquest fet va sacsejar intensament als països industrialitzats, de manera que molts governs van iniciar programes per afavorir l'aplicació de les energies renovables i, especialment, la solar (Alonso *et al.*, 2007).

Fins l'any 1980 la Indústria de l'energia solar no va començar a madurar, basant-se en la tecnologia de cèl·lules d'unió (p-n) de silici. Els desenvolupaments tecnològics en pel·lícula prima, com el silici amorf (a-Si) i les heterojuncions CuInSe_2 van trobar dificultats insalvables en tractar d'obtenir mòduls de mida comercial. Mentre les companyies d'Europa i d'Amèrica anaven millorant els seus processos de fabricació i augmentat la seva capacitat de producció, la indústria japonesa va encapçalar la producció de mòduls convencionals de silici cristal·lí així com en la fabricació de cèl·lules de silici amorf (a-Si) per a aplicacions a petita escala (rellotges, calculadores, joguines, etc.) que van arribar al nivell de MW en el mercat mundial (Alonso *et al.*, 2007).

Pel que fa a les aplicacions d'energia solar fotovoltaica, l'enllumenat públic es va mostrar com un mercat capaç de mantenir l'activitat de moltes indústries durant els anys 1980, ja que aquesta aplicació era competitiva amb l'execució de la línia elèctrica soterrada. Altres de les aplicacions inicials va ser l'electrificació rural en assentaments remots per ajudar a un terç de la població mundial a disposar d'una modesta quantitat d'il·luminació i aparells elèctrics. La majoria eren instal·lacions molt petites, de l'ordre de 10 a 40 W, és a dir, unes 100 vegades menor que el requerit en una casa mitjana al món desenvolupat. Actualment, als països pobres les deficiències en les infraestructures elèctriques porten al fet que l'energia solar fotovoltaica sigui una elecció tècnica i econòmica més flexible a mitjà i a llarg termini que l'estesa de la xarxa elèctrica (Alonso *et al.*, 2007).

A l'altra banda hi havia les plantes fotovoltaïques de l'ordre de MW instal·lades en els països desenvolupats per les companyies elèctriques els anys 1980. La seva primera aplicació era com a subministradores de potència en els pics de càrrega i, la segona, com a generadors distribuïts per reduir les pèrdues de transmissió i de distribució. Les companyies nord-americanes van iniciar aquestes proves, però van perdre l'interès a finals dels anys 1990 quan el govern va retirar les tarifes especials. En canvi, a Europa i al Japó aquest mercat va començar a créixer ràpidament gràcies a l'adopció de tarifes especials de producció (Alonso *et al.*, 2007).

Per últim, cal comentar que a finals dels anys 1990 es va produir la integració dels mòduls fotovoltaïcs en els edificis, tenint-los col·locats en finestres, façanes i teulades. Amb més o menys fortuna en la integració, es va desenvolupar un mercat enorme mitjançant l'establiment governatiu de tarifes especials per l'electricitat d'origen fotovoltaic generada per particulars en connexió a xarxa. Aquest esquema va ser establert a Espanya adoptant-se majoritàriament un model de centrals grans connectades enfront del model alemany de cases particulars amb instal·lacions fotovoltaïques. Els bancs alemanys van concedir generosos préstecs pel desenvolupament d'aquestes instal·lacions, i una cosa semblant van fer les institucions de crèdit públiques i privades d'Espanya (Alonso *et al.*, 2007).

L'any 1998 amb la publicació del Reial decret 2818/1998, de 23 de desembre, es van establir a Espanya primes de 0,36 i 0,18 € per kWh injectat a la xarxa. Aquestes primes anaven encaminades per a sistemes amb una potència nominal inferior (0,36 €) i superior a 5 kWp (0,18 €). D'aquesta manera, l'Estat espanyol reconeixia la necessitat de potenciar aquesta tipologia d'energia renovable. Dos anys més tard, amb el Reial decret 1663/2000, de 29 de setembre, en el qual es van establir condicions tècniques i administratives que van representar la veritable obertura per a la tecnologia fotovoltaica

al sistema elèctric espanyol. Malgrat les primes, el 2004 l'energia fotovoltaica representava una part molt petita del conjunt de les energies renovables, suposant el 6,50% del consum d'energia primària. A conseqüències de l'insuficient desenvolupament de les energies renovables, la legislació que les regulava va anar canviant en poc temps. Primerament, al 2004 es va passar del sistema de primes a l'abonament d'un percentatge sobre la tarifa mitjana de referència (TMR), i després, al 2007, es va canviar de nou per fixar unes primeres i tarifes regulades fixes. Amb aquest últim canvi, les grans instal·lacions fotovoltaiques van resultar molt beneficiades, gràcies a l'alta rendibilitat d'aquestes va afavorir gran quantitat d'inversions, sobretot en sòl, i al cap de dos anys més tard es va multiplicar per 27 la potència instal·lada a finals de 2006. D'aquesta manera, l'energia fotovoltaica va passar de ser una font testimonial a Espanya a superar a la producció hidroelèctrica per bombament pur, en només dos anys (El Periódico de la Energía, 2020).

Després, al 2007 es va produir una frenada de l'augment de l'energia fotovoltaica per la crisi econòmica. Cal dir que durant aquest període complicat, l'energia solar, es va posicionar segona en creixement de potència instal·lada. Després de la sortida de la crisi, el 2012, la implantació de l'energia fotovoltaica va continuar creixent. No obstant això, va patir diversos cops legislatius. Primerament, el 2013, es va introduir l'impost del 7% sobre la generació. Aquest impost va ser suspès l'octubre de 2018 i després introduït novament el març de 2019. Per últim, el 2015, es va produir l'anomenat "impost al sol", que va ser eliminat l'octubre de 2018 com a part d'un pla de mesures urgents per a abaratir la factura elèctrica. Malgrat aquests frens legals, l'energia fotovoltaica va continuar progressant, gràcies a l'abaratiment dels mòduls solars i el progrés tecnològic d'eficiència d'aquests. Per tant, les instal·lacions fotovoltaiques per si soles ja són rendibles per vendre energia directament sense la necessitat de primes o ajudes (El Periódico de la Energía, 2020).

L'any 2019, a Espanya, es van instal·lar la xifra rècord de 4.752 megawatts (MW) d'energia solar fotovoltaica. Entre el 2009 i el 2018, es van instal·lar 1.852 MW, és a dir, en només deu anys, es van instal·lar poc més d'un terç dels MW del 2019, segons xifres de l'Informe Anual de la Unió Espanyola Fotovoltaica (UNEF). Per aquest motiu, la UNEF considera que el 2019 és el millor any de la història per a l'energia fotovoltaica a Espanya, ja que aquest any Espanya es va situar com a mercat líder a nivell europeu i el sisè a nivell mundial. Aquest gran creixement és conseqüència de les subhastes d'energia realitzades pel Govern en el 2017. En aquest any es van dur a terme dues subhastes, per la qual cosa el sector fotovoltaic va aconseguir l'adjudicació de 4.109 MW dels prop de 9.000 MW disponibles. Cal dir que el 31 de desembre de 2017, el 95% d'aquests MW ja havien estat connectats a la xarxa. Per altra banda, el creixement rècord és deguda a la gran competitivitat d'aquesta font energètica, ja que els preus de generació d'electricitat amb energia fotovoltaica s'han reduït en un 90% en els últims deu anys. A més, cal destacar el creixement de l'autoconsum a Espanya, que va suposar 551 MW dels 4.752 instal·lats en el 2019 en què gairebé es va duplicar en comparació del 2018, impulsat sobretot per la demanda de petites i mitjanes indústries i pel sector serveis. Però en realitat, el creixement de l'autoconsum és influenciat per l'aprovació del Reial decret 244/2019, de 5 d'abril, el qual estableix el nou marc d'autoconsum a Espanya i, cal destacar que és més favorable per l'autoconsum d'electricitat (Farràs, 2020).

Finalment, el creixement del sector fotovoltaic va generar un impacte positiu a nivell econòmic i social, amb una contribució directa del sector fotovoltaic al producte interior brut (PIB) espanyol de 3.220 milions d'euros (0,26% de total). Pel que fa a l'ocupació, es va arribar als 58.699 llocs de treball, entre directes, indirectes i induïts. A més, el sector es va confirmar com un exportador net, amb un impacte econòmic de les exportacions de 3.540 milions d'euros, un 54% més que el 2018 (Farràs, 2020).

2.3. Avantatges i inconvenients de l'energia solar fotovoltaica

L'energia solar fotovoltaica té una sèrie d'avantatges que altres energies convencionals no tenen (AODibérica, 2021), com per exemple:

- L'energia solar es converteix en electricitat a través dels sistemes fotovoltaics. Aquesta electricitat és capaç d'abastir les necessitats d'autoconsum, com pot ser el consum de llum o escalfar l'aigua.
- L'energia fotovoltaica és una energia renovable neta, ja que s'obté cada dia de manera gratuïta, i té la capacitat d'abastir l'autoconsum energètic sense emetre gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera.
- L'energia solar fotovoltaica és abundant i equitativa. Cada racó del planeta consta tot l'any d'hores de sol aprofitables per generar energia gratuïta neta i inesgotable, per tant, cada país té els seus propis recursos.
- Les companyies elèctriques tradicionals tenen la necessitat de transportar l'energia des d'on es genera fins al lloc on serà consumida, fet que encareix el preu de l'electricitat. En canvi, l'energia fotovoltaica solar no ha de ser transportada, es genera en el mateix lloc on és consumida.
- Com que és una energia renovable i neta, que no emet gasos de CO₂ a l'atmosfera, ajuda a reduir de forma immediata la contaminació ambiental. Quant a la contaminació acústica, els panells solars fotovoltaics no tenen parts mòbils, per tant, el nivell de soroll és pràcticament zero.
- El manteniment de la instal·lació és mínim, amb fer una simple revisió per comprovar que tot funciona correctament, és suficient.
- A mesura que la tecnologia i la inversió en Recerca + Desenvolupament + Innovació avança, els preus dels panells solars segueixen disminuint, fet que es tradueix en major rendibilitat i en un estalvi pel consumidor final.
- L'avanç de la tecnologia no només fa que s'abarateixin els costos, també fa que sigui possible la creació de nous panells solars amb una durada de fins a 30 anys.

Per contra, els inconvenients de l'energia solar fotovoltaica són els següents:

- Les instal·lacions amb panells solars fotovoltaics tenen un cost inicial elevat, encara que amb les ajudes i subvencions per a la implementació d'aquests sistema que existeixen, la quantitat a invertir es redueix.
- Un altre factor a tenir en compte és que la capacitat de generar electricitat fluctua al llarg del dia, durant les diferents estacions de l'any i segons la localització geogràfica.
- A diferència de l'energia elèctrica tradicional, l'energia fotovoltaica sí que es pot emmagatzemar en bateries en petites quantitats per a l'autoconsum, però, en canvi, no es poden emmagatzemar grans quantitats.

3. EL SOL COM A RECURS ENERGÈTIC

3.1. Coordenades i moviments de la Terra

Mitjançant les coordenades geogràfiques, la latitud i la longitud, es pot definir amb molta precisió qualsevol posició de la superfície terrestre. Aquests valors s'expressen en graus sexagesimals i es donen en referència a l'equador i al meridià de Greenwich (Castejón *et al.*, 2010).

La latitud (ϕ) és la distància angular que existeix entre un punt qualsevol de la superfície terrestre i l'equador, mesurat sobre el meridià que passa per aquest punt. En canvi, la longitud és la distància angular que existeix entre un punt qualsevol de la superfície terrestre i el meridià de Greenwich, mesurat sobre el paral·lel que passa per aquest punt (Castejón *et al.*, 2010).

Pel que fa a la posició del present projecte sobre la superfície de la Terra, s'ha definit la latitud i la longitud de la ubicació, tenint en el Camp dels "Hermanos" les següents coordenades geogràfiques: 42.19777780703184, 2.9188060536676805, respectivament.

La Terra té un moviment de translació al voltant del Sol, descrivint una òrbita lleugerament el·líptica amb el Sol situat en uns dels focus de l'el·lipse i no en el centre d'aquesta, provocant que la distància del Sol a la Terra no sigui constant. A més, la Terra gira sobre si mateixa al voltant de l'eix que passa pels pols, anomenat eix polar. Aquest eix no és perpendicular al pla de la seva òrbita al voltant del Sol, fet que provoca els canvis estacionals, les diferents durades de la nit i del dia a l'estiu i a l'hivern. A més, produeix que el Sol a l'estiu estigui més alt al migdia que a l'hivern (Castejón *et al.*, 2010).

En conclusió, cal tenir en consideració l'època de l'any i l'hora del dia, segons la ubicació del generador fotovoltaic, per tal de poder quantificar la quantitat d'energia solar rebuda en cada moment.

3.2. Coordenades solars

Per determinar la posició del Sol en el cel s'utilitza el concepte de l'esfera celeste. Aquest concepte es basa en una esfera imaginària de radi arbitrari, centrada en l'observador, sobre la que es projecta la posició del Sol. Cada punt d'aquesta esfera és una direcció en el cel vista des de la Terra (Castejón *et al.*, 2010).

L'esfera celeste mostra les posicions del Sol com si aquest tingués un moviment aparentment al voltant de la Terra seguint una trajectòria dintre del pla de l'eclíptica que forma un angle de $23,45^\circ$ amb l'equador de l'esfera celeste. El Sol recorre l'eclíptica una vegada a l'any i l'esfera celeste gira una vegada al dia al voltant de la Terra (Castejón *et al.*, 2010).

Pel que fa al sistema de coordenades de l'esfera celeste, s'especifica la posició del Sol mitjançant dos angles que es denominen elevació solar i azimut solar:

- Elevació solar és l'angle que formen els raigs solars amb l'horitzontal quan arriben a la superfície de la Terra (Castejón *et al.*, 2010).
- Azimut solar és l'angle comprès entre la projecció dels raigs solars sobre el pla tangent a la superfície terrestre i el sud geogràfic. L'azimut de 0° correspon al moment en què el Sol es troba exactament sobre el sud geogràfic i indica el migdia: les 12:00 h, hora solar (Tudel *et al.*, 2020).

El conjunt de trajectòries del Sol en un lloc determinat es poden representar en una carta solar (Figura 5) que reflecteix la posició del Sol, l'azimut solar i l'elevació solar, cada hora, des del punt de vista d'un observador que mira cap al Sud. A més, la carta solar és un instrument molt útil per determinar les pèrdues per ombres que es produeixen en un generador fotovoltaic (Castejón *et al.*, 2010).

En la carta solar de Catalunya destaca que, el valor més alt d'elevació solar es produeix el dia del solstici d'estiu i és proper als 71° . En canvi, el valor més baix té lloc en el solstici d'hivern, i és proper als 25° .

En aquest context, es pot establir que l'alçada solar varia durant el dia. El Sol surt molt baix i sobre l'horitzó, assoleix l'alçada màxima al migdia, per tornar a amagar-se a la tarda. De la mateixa manera, cada dia de l'any el Sol arriba a una alçada màxima diferent (Tudel *et al.*, 20120).

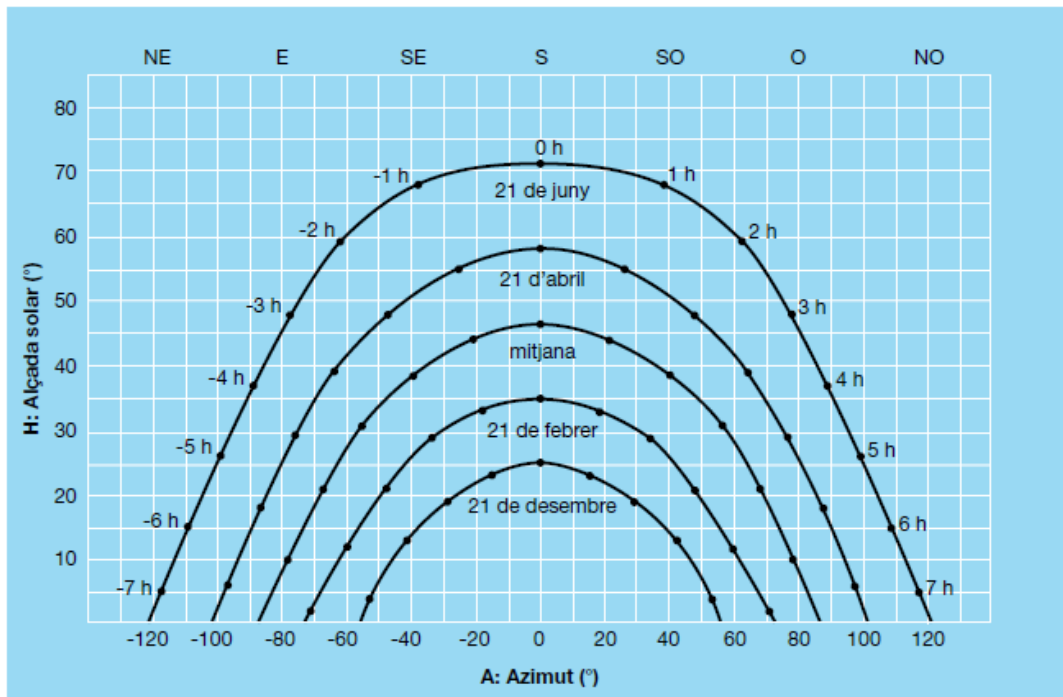


Figura 4. Diagrama de les trajectòries del Sol a Catalunya (Font: Tudel *et al.*, 2020).

3.3. Radiació solar

El Sol és l'astre que dona vida a la Terra i que configura el sistema planetari en el qual es troba el nostre planeta. El Sol es classifica, en termes astronòmics, com un estel "G2V", el que indica que és una estrella de tipus espectral G2 amb una classe de lluminositat V. Es tracta d'una estrella petita i groga, amb una temperatura superficial de 5.780 K. El Sol està format essencialment per hidrogen (74% en massa i 92% del volum) i heli (24,50% en massa i 7% del volum), al que s'afegeixen petites traces d'elements pesants com ferro, níquel, oxigen, silici, sofre, magnesi, carboni, neó, calci i crom (Bachiller, 2008).

A la zona central del Sol, els àtoms d'hidrogen es fusionen per formar àtoms d'heli. Aquesta fusió es realitza mitjançant una cadena de reaccions nuclears coneguda com a cadena p-p (protó-protó), cada quatre àtoms d'hidrogen donen lloc a un d'heli. Però, cal dir que en la conversió d'hidrogen a heli hi ha una petita fracció de massa, un 0,70%, que es converteix en energia d'acord amb la fórmula d'Einstein, $E = m \cdot c^2$. Cada segon a l'interior del Sol uns $3,40 \times 10^{38}$ protons es converteixen en nuclis d'heli, generant uns $3,86 \times 10^{26}$ W. Dit d'una altra manera, cada segon uns 580 milions de tones de gas hidrogen es converteixen en heli, consumint uns 5 milions de tones d'hidrogen per produir uns 90.000 milions de megatonnes d'energia. Per comparació, es diu que una bomba nuclear produeix diverses megatonnes o desenes de megatonnes (Bachiller, 2008).

El Sol, segons va produint energia nuclear, va perdent massa. Però, la lluminositat solar roman molt constant. Les mesures indiquen que les variacions de la lluminositat del Sol estan per sota de l'1%. Tot i que la potència nuclear generada en el Sol és enorme, convé assenyalar que l'eficiència en generació d'energia per unitat de volum o de massa és molt petita, tan sols d'uns $0,30 \mu\text{W}/\text{cm}^3$, o uns $6 \mu\text{W}/\text{kg}$. Aquest valor es pot comparar amb el del cos humà el qual produeix uns $1,20 \text{ W}/\text{kg}$, és a dir que és diversos milions de vegades més eficaç (Bachiller, 2008).

La radiació solar és l'energia emesa pel Sol, que es propaga en totes les direccions a través de l'espai mitjançant ones electromagnètiques. Aquesta energia és el motor que determina la dinàmica dels processos atmosfèrics i el clima. L'energia procedent del Sol és radiació electromagnètica proporcionada per les reaccions de l'hidrogen en el nucli del Sol per fusió nuclear i emesa per la superfície solar (Benavides, 2010).

El Sol emet energia en forma de radiació d'ona curta. Després de passar per l'atmosfera, aquesta energia és alterada per l'aire, brutícia les partícules en suspensió, el vapor d'aigua, els aerosols i altres elements de l'atmosfera. Els seus efectes varien segons la quantitat d'atmosfera que la radiació solar ha de travessar. Finalment, la radiació solar arriba a la superfície terrestre oceànica i continental la qual és reflectida o és absorbida (Benavides, 2010). La radiació solar que actua sobre la superfície terrestre comporta variacions temporals, tenint radiacions aleatòries, com la nuvolositat, i les previsible, com són els canvis estacionals o el dia i la nit, provocades pels moviments de la Terra (Castejón *et al.*, 2010). La quantitat de radiació absorbida per la superfície és retornada en direcció a l'espai exterior en forma de radiació d'ona llarga, amb la qual cosa es transmet calor a l'atmosfera. La radiació és emesa sobre un espectre de longitud d'ones, amb una quantitat específica d'energia per a cada longitud d'ona (Benavides, 2010). Per tant, la radiació solar consta de tres components (Castejón *et al.*, 2010):

- Radiació directa: són els rajos percebuts directament del Sol.
- Radiació difusa: són els rajos dispersats per l'atmosfera en direcció al receptor.
- Radiació reflectida: són els rajos reflectits per la superfície terrestre cap al receptor. Aquests depenen directament de la naturalesa de l'entorn que envolta al receptor.

La suma de totes les radiacions rep el nom de radiació global (Figura 6) que és la radiació solar total que rep la superfície d'un receptor.

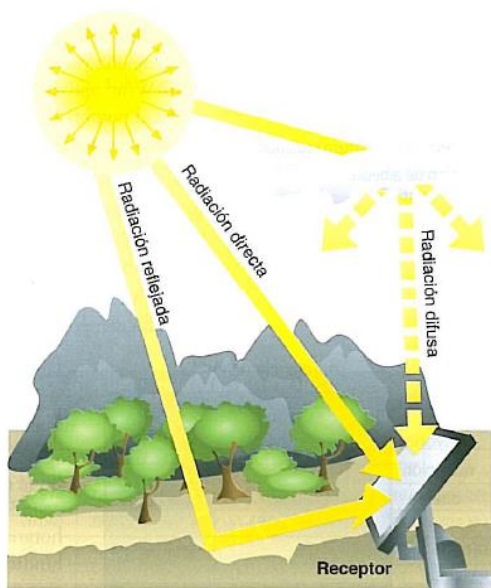


Figura 5. Components de la radiació global (Font: Castejón *et al.*, 2010).

Per quantificar la radiació solar s'utilitzen dues magnituds que corresponen a la potència i a l'energia de la radiació que arriba a una unitat de superfície. Aquestes magnituds es denominen irradiància i irradiació, respectivament (Castejón *et al.*, 2010):

- La irradiància és la potència o radiació incident per una unitat de superfície, la qual indica la intensitat de la radiació solar, mesurant-la en W/m^2 .

- La irradiació és la integració o la suma de les irradiàncies en un període de temps determinat. La irradiació indica la quantitat d'energia solar rebuda durant un període de temps, mesurada en Wh/m².

La irradiància que genera el Sol és aproximadament de $6,35 \times 10^7$ W/m² i només una petita part (1.367 W/m²) arriba a l'exterior de l'atmosfera terrestre. Aquest valor de la radiació solar extra-atmosfèrica rep el nom de constant solar (B_0) i és mesurat quan la Terra es troba situada a una distància de 1 unitat astronòmica (ua) del Sol (Castejón *et al.*, 2010).

Quan el Sol està en la seva posició més alta, en un dia sense núvols, la massa d'aire travessada és mínima i pren el valor d'1 a nivell del mar. Aquesta posició del Sol s'indica com a AM1. L'absorció de l'atmosfera en les anteriors condicions, es redueix la irradiància que arriba a la superfície terrestre a 1.000 W/m², essent el valor de la irradiància normalitzat que s'utilitza per definir els paràmetres nominals dels mòduls fotovoltaics (Castejón *et al.*, 2010).

4. PANELL SOLAR FOTOVOLTAIC

4.1. Efecte fotovoltaic

L'efecte fotovoltaic (Figura 7) és la capacitat que tenen alguns materials com els semiconductors per absorbir fotons, que són partícules de llum presents en la radiació solar, i després alliberar un corrent d'electrons que, si es capturen, poden ser utilitzats com a electricitat (Miralles i Massanés, 2000).

Els semiconductors es caracteritzen per presentar una conductivitat elèctrica inferior a la d'un conductor metàl·lic, però superior a la d'un aïllant. Tanmateix, una de les propietats més interessants és que en ser il·luminats per la llum solar milloren la seva capacitat de conducció elèctrica. Aquest fet és provocat per la incidència de l'energia lluminosa sobre el semiconductor en el qual els electrons tenen una major capacitat per moure's, generant un corrent elèctric (Rodríguez *et al.*, 2000).

Malgrat això, perquè es produeixi l'efecte fotovoltaic no és suficient amb alliberar electrons, sinó que és necessària la presència d'una determinada tensió perquè els electrons alliberats puguin ser conduïts. Una de les formes més simples per aconseguir-ho és unint dos semiconductors amb característiques elèctriques diferents. Un dels semiconductors ha de tenir un excés d'electrons, denominat tipus n, mentre que l'altre ha de presentar una deficiència d'electrons i s'anomena tipus p. La unió d'aquests semiconductors, n i p, forma una cèl·lula solar. En aquesta unió es crea un camp elèctric que permet als electrons, alliberats per l'efecte fotovoltaic, moure's cap al contacte elèctric. Just en aquest lloc l'electró és capturat per a la generació del corrent elèctric a la cèl·lula solar (Rodríguez *et al.*, 2000).

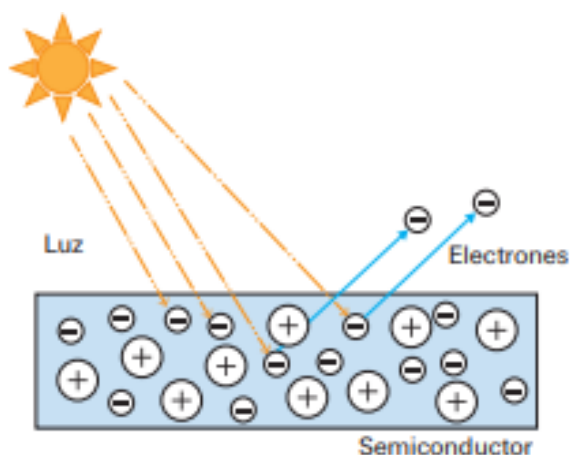


Figura 6. Esquema de l'efecte fotovoltaic (Font: Rodríguez *et al.*, 2000).

4.2. Cèl·lula solar

L'element principal de qualsevol instal·lació d'energia solar és el generador, també anomenat cèl·lula solar. Aquest és el dispositiu en el qual es produeix la conversió de llum en electricitat gràcies a les propietats dels semiconductors d'una banda i a les seves estructures que permeten extreure els electrons excitats de la cèl·lula, abans que tornin al seu estat d'equilibri tèrmic, cap a un circuit exterior perquè realitzin un treball (Alonso *et al.*, 2007).

El semiconductor més utilitzat per a la construcció de cèl·lules solars fotovoltaïques és el silici, i en funció de l'ordenació dels àtoms en la cèl·lula pot presentar-se com silici amorf (a-Si), policristal·lí o monocristal·lí. A més, existeixen altres materials semiconductors que també s'utilitzen en la fabricació de cèl·lules solars, com el germani, l'arsenur de gal·li o el tel·luri de cadmi (EVE, 2000).

Històricament, hi ha hagut tres generacions de cèl·lules solars.

La primera generació és la pertanyent a les cèl·lules solars monocristal·lines de silici, les quals són les cèl·lules que tenen major temps en el mercat. A partir d'aquestes es van buscar variacions, com són les cèl·lules policristal·lines de silici i les de silici amorf (a-Si), que l'any 2018 van arribat a una eficiència del 26,30% en proves realitzades pel laboratoris Kaneka al Japó (Ojeda, 2018).

La segona generació és coneguda com a cèl·lules solars de pel·lícula prima, les quals comparades amb les de la primera generació, que tenen un gruix de 300 a 500 μm , tenen un gruix d'entre 1 μm i 4 μm . Les cèl·lules solars d'aquesta generació es van fer de diferents materials, inicialment amb el silici, com el silici amorf hidrogenat (Si:H). Posteriorment, es van desenvolupar les cèl·lules amb CdTe (tel·luri de cadmi), CuInSe (coure, indi i seleni) i CuInGaSe (coure, indi, gal·li i seleni). Fins ara, el rècord d'aquestes cèl·lules solars la va obtenir la cèl·lula solar de CuInGaSe elaborada pel laboratori ZSW, la qual va obtenir una eficiència del 22,60% (Ojeda, 2018).

La tercera generació es va desenvolupar a causa dels alts costos de fabricació de cèl·lules solars de primera generació i de l'alta toxicitat i disponibilitat dels elements químics de les de la segona generació. Els tipus de cèl·lula solar més excel·lents d'aquesta generació han estat les sensibilitzades amb tinta, cèl·lules solars amb punts quàntics, cèl·lules solars orgàniques i de perovskita, essent aquestes últimes les de major popularitat recents aquests últims anys (Ojeda, 2018).

Les cèl·lules solars de perovskita han tingut un enorme ressò, ja que s'han assolit eficiències molt altes en pocs anys d'estudi, reportant eficiències del 22,70%, obtingudes per l'Institut d'Investigació de Tecnologia Química de Corea del Sud (KRICT). Desafortunadament aquestes cèl·lules solars no s'han pogut comercialitzar, ja que tenen una suficiència baixa amb el pas del temps a causa de diversos factors, tenint la humitat com un dels principals problemes. Per part de les cèl·lules solars orgàniques, s'han assolit eficiències del 11,50%, obtinguda per la Universitat de Ciència i Tecnologia de Hong Kong. En aquesta cèl·lula van utilitzar diferents polímers com: el polímer de banda prohibida o *bandgap* petit (LBG), el poli (3,4-etilè-dioxitiofè)-poli (estirè sulfonat) (PEDOT:PSS), [6,6]-fenil C_{71} ester metílic d'àcid butíric ($PC_{71}BM$) i el poli (3-hexiltiofè-2,5-diil) (P3HT). En les cèl·lules solars de punts quàntics s'utilitza triiodur de plom cesi ($CsPbI_3$), cèl·lula que fabricada pel Laboratori Nacional d'Energia Renovable (NREL) d'Estats Units va aconseguir una eficiència del 13,40%. Finalment, la cèl·lula solar sensibilitzada per tinta consisteix en una matriu d'òxid de titani (TiO_2) i se li aplica una tinta de ruteni, aquesta va ser descoberta per Sharp i arriba a una eficiència del 11,90% (Ojeda, 2018).

Les cèl·lules més utilitzades són les realitzades en silici cristal·lí i silici policristal·lí en què s'han realitzat una unió p-n i contactes a les dues cares. Aquestes cèl·lules proporcionen aproximadament 0,50 V i una intensitat de 35 mA/cm² quan són il·luminades pel Sol en un dia clar a 1.000 W/m², que es pren com a irradiància de referència estàndard. Cal dir que tots dos materials utilitzen silici ultrapur (Alonso *et al.*, 2007).

4.3. Mòdul fotovoltaic

Una cèl·lula solar amb una superfície de 100 cm², aproximadament, produeix 1,50 W amb una tensió de 0,50 V i una intensitat de 3 A. Aquests valors no són adequats per gairebé cap aplicació i per això es necessita agrupar les cèl·lules per aconseguir nivells útils de tensió i d'intensitat. El conjunt de cèl·lules solars s'anomena amb el terme de mòdul fotovoltaic (Castejón *et al.*, 2010).

La majoria de mòduls fotovoltaics tenen entre 36 i 96 cèl·lules connectades en sèrie, però en alguns casos es pot realitzar la connexió en paral·lel de grups de cèl·lules connectades en sèrie. A més, es proporciona al conjunt de cèl·lules una protecció enfront dels agents atmosfèrics, un adequat aïllament elèctric i una consistència mecànica que permeti la manipulació pràctica d'aquestes. (Castejón *et al.*, 2010).

4.3.1. Components d'un mòdul fotovoltaic

En la Figura 8 es mostra els components principals d'un mòdul fotovoltaic, tenint (EVE, 2000):

- Coberta exterior: les cèl·lules fotovoltaïques es protegeixen amb una coberta davantera transparent pel fet que estan exposades a l'acció d'agents climatològics adversos. El material que més s'utilitza és el vidre temperat amb baix contingut en ferro, ja que ofereix una bona protecció contra impactes i alhora té excel·lent transmissió a la radiació solar.
- Capes encapsades: aquestes donen cohesió al conjunt fotovoltaic, omplint el volum existent entre les cobertes del davant i darrere fet que amorteix les vibracions i els impactes possibles. Cal dir que el seu principal objectiu és la de protegir les cèl·lules solars i els contactes elèctrics de la humitat. Els materials emprats tenen una alta transmissió de la radiació solar i baixa degradació enfront de les radiacions ultraviolades i al pas del temps. S'utilitza molt l'EVA (acetat de vinil d'etilè) que és un polímer transparent que a més de tenir igual índex de refracció que el vidre, té també avantatges en el procés de laminació del mòdul.
- Protecció posterior: aquesta és l'encarregada de protegir el mòdul contra els agents atmosfèrics, especialment la humitat. Pot ser de vidre, però normalment se solen utilitzar materials acrílics, silicones, o tedlar. Aquesta protecció sol tenir tres capes, tedlar-polièster-tedlar. En general, la protecció posterior en la seva cara interna és de color blanc per afavorir el rendiment del mòdul, ja que reflecteix la radiació que incideix entre els buits que deixen les cèl·lules, radiació que posteriorment es refracta en les rugositats del vidre per incidir finalment sobre les cèl·lules.
- Marc de suport: aquest protegeix dels cops laterals, a més, proporciona rigidesa mecànica al conjunt i el fa manejable. Cal dir que el marc de suport facilita la instal·lació del mòdul i afavoreix el muntatge en estructures que agrupen diversos mòduls. El material que s'utilitza, normalment, és l'alumini anoditzat o l'acer inoxidable. Els marcs de suport porten els forats necessaris per a la seva fixació, per tant, no s'han de perforar, ja que les vibracions produïdes podrien arribar a trencar el vidre. En alguns casos s'incorpora una presa de terra, que ha de ser utilitzada especialment si el nombre de mòduls instal·lats és gran.
- Connexions elèctriques: són aquelles connexions que permeten evacuar l'energia elèctrica produïda pel conjunt de les cèl·lules. Normalment, incorporen una caixa de connexions estanca, per evitar l'entrada de la humitat i facilitar el cablejat del mòdul. A més, aquesta caixa està subjectada al marc de suport per la part en la qual surten els terminals d'interconnexió.

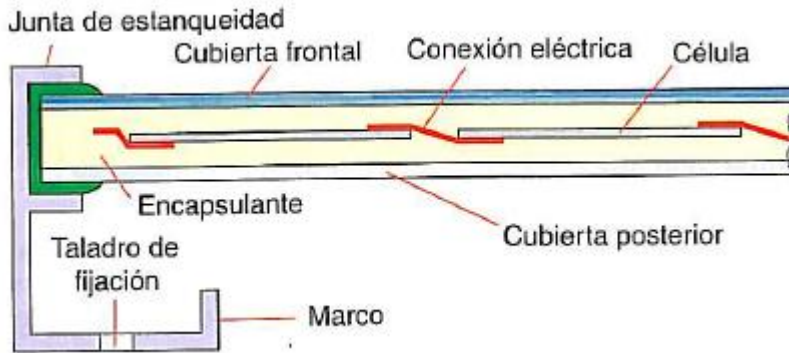


Figura 7. Detall seccionat de l'estructura d'un mòdul fotovoltaic (Font: Castejón et al., 2010).

4.3.2. Paràmetres elèctrics característics

Si totes les cèl·lules són iguals i treballen en les mateixes condicions d'irradiació i temperatura, la tensió, la intensitat i la potència que pot proporcionar un mòdul fotovoltaic tenen una relació directa amb els paràmetres elèctrics de les cèl·lules i amb la quantitat d'aquestes en el mòdul, a més, de la connexió sèrie-paral·lel de les cèl·lules (Castejón et al., 2010).

Les característiques elèctriques d'una cèl·lula, mòdul o generador fotovoltaic s'estableixen a partir d'unes condicions universals de treball anomenades condicions estàndard de mesura (CEM) (Tudel et al., 2011). Aquestes condicions contenen els paràmetres següents:

- Irradiància solar: 1.000 W/m^2 .
- Distribució espectral: AM 1,5 G.
- Temperatura de la cèl·lula: 25°C .

4.3.2.1. Corba I-V

El principi bàsic del funcionament d'una cèl·lula fotovoltaica és que la cèl·lula solar és un generador de corrent elèctric i no pas de voltatge (Tudel et al., 2020). L'avaluació del comportament d'una cèl·lula solar es basa en les variacions dels principals paràmetres que l'afecten:

- Radiació solar incident.
- Voltatge de treball.
- Temperatura de treball.

L'avaluació del comportament d'una cèl·lula solar es realitza amb la representació del corrent que es pot generar a una determinada radiació solar, generalment 1.000 W/m^2 i en funció del voltatge al qual permeti treballar la càrrega, és a dir, en funció de la impedància que hagi d'alimentar (Tudel et al., 2020). El resultat és una corba (Figura 9) la qual permet descriure alguns punts característics per tal de catalogar, definir i comparar cèl·lules de diferents materials.

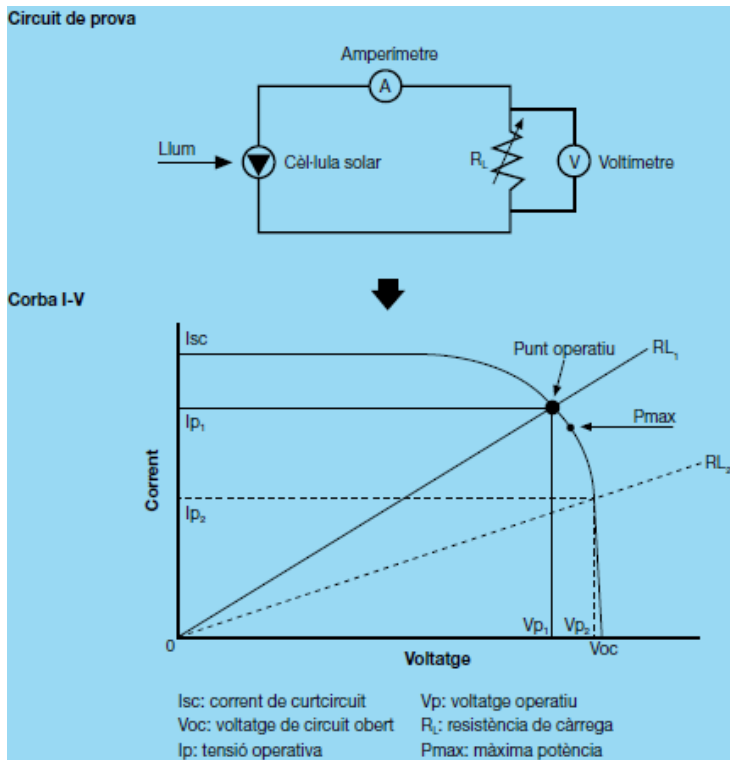


Figura 8. Paràmetres elèctrics d'una cèl·lula fotovoltaica (Font: Tudel et al., 2020).

4.3.2.2. Corrent de curtcircuit

El curtcircuit apareix en el moment en què entren en contacte elèctric els dos pols d'un generador, amb el qual la resistència es fa mínima i, segons la llei d'Ohm, el corrent és el màxim possible (Tudel et al., 2020)

Les cèl·lules fotovoltaïques són generadores de corrent (portadors), el qual en la unió p-n es té un potencial elèctric no permanent que varia segons les condicions de la càrrega connectada. Per tant, en un curtcircuit, el potencial de la cèl·lula cau a quasi 0 V, fent que la recombinació de portadors sigui mínima i el corrent generat s'aproximi al màxim possible en funció de la radiació solar incident (Tudel et al., 2020). Aquesta intensitat (I_{cc}) correspon quan el voltatge és 0 V (Figura 9).

4.3.2.3. Voltatge de circuit obert

La cèl·lula queda en circuit obert quan no hi ha consum o cap càrrega per alimentar. En aquest cas, la circulació de corrent cap a l'exterior d'aquesta cèl·lula és nul·la, amb $I = 0$ A (Tudel et al., 2020).

Per tant, quan la cèl·lula solar no té cap càrrega connectada i es manté il·luminada, tots els portadors generats es recombinen a l'interior de la mateixa cèl·lula. Aquest efecte fa que la zona de transició entre el material p i n s'eixampli i, en conseqüència, el voltatge augmenti fins a un valor característic (Tudel et al., 2020). Aquest és anomenat voltatge en circuit obert (V_{oc}) (Figura 9).

4.3.2.4. Punt de màxima potència

En la Figura 9 es pot observar que a cada valor de voltatge de treball li correspon una intensitat de sortida (Tudel et al., 2020). Com que es treballa en corrent continu, la potència elèctrica lliurada per la cèl·lula és la següent:

$$P = V * I$$

On:

- P, és la potència instantània (W).
- V, és el voltatge (V).
- I, és la intensitat (A).

Geomètricament, cada valor de potència representa la superfície del rectangle format per les dimensions I-V. Per tant, el punt de potència màxima (pmp) és el punt de treball el qual conté la màxima superfície dels possibles rectangles formats en les dimensions I-V. Aquest punt és molt important, ja que amb ell es determina el màxim rendiment dels dispositius fotovoltaics. Aquest mateix punt quan fa referència a una radiació incident de 1.000 W/m² a una temperatura de 25°C, s'anomena potència pic. Aleshores, es diferencia indicant el valor i afegint a la unitat el subíndex "p" [Wp] (Tudel *et al.*, 2020).

El valor de la potència màxima varia a mesura que ho fa la radiació incident i la temperatura a la cèl·lula (Tudel *et al.*, 2020). En aquest punt hi ha associats uns valors d'intensitat i de voltatge específics, essent:

- Ipmp, és la intensitat del punt de màxima potència (A).
- Vpmp, és el voltatge del punt de màxima potència (V).
- Wp, és la potència màxima o pic (W).

4.3.2.5. Variacions amb la radiació incident

En la Figura 10 es mostra la corba I-V, d'un mòdul fotovoltaic a una temperatura de 25°C, però cal tenir present que hi ha un ampli rang de radiacions solars. El corrent elèctric generat a les cèl·lules solars és directament proporcional a la intensitat de la radiació incident (Tudel *et al.*, 2020), la qual s'expressa de la següent manera:

$$I_L = X * I_{L1}$$

On:

- I_L, és el valor d'intensitat generada per a valor determinat de radiació solar (W/m²).
- X, és el nombre de vegades de radiació estàndard que hi ha en les condicions actuals.
- I_{L1}, és la intensitat generada en les condicions estàndard (1 sol) o (1.000 W/m²).

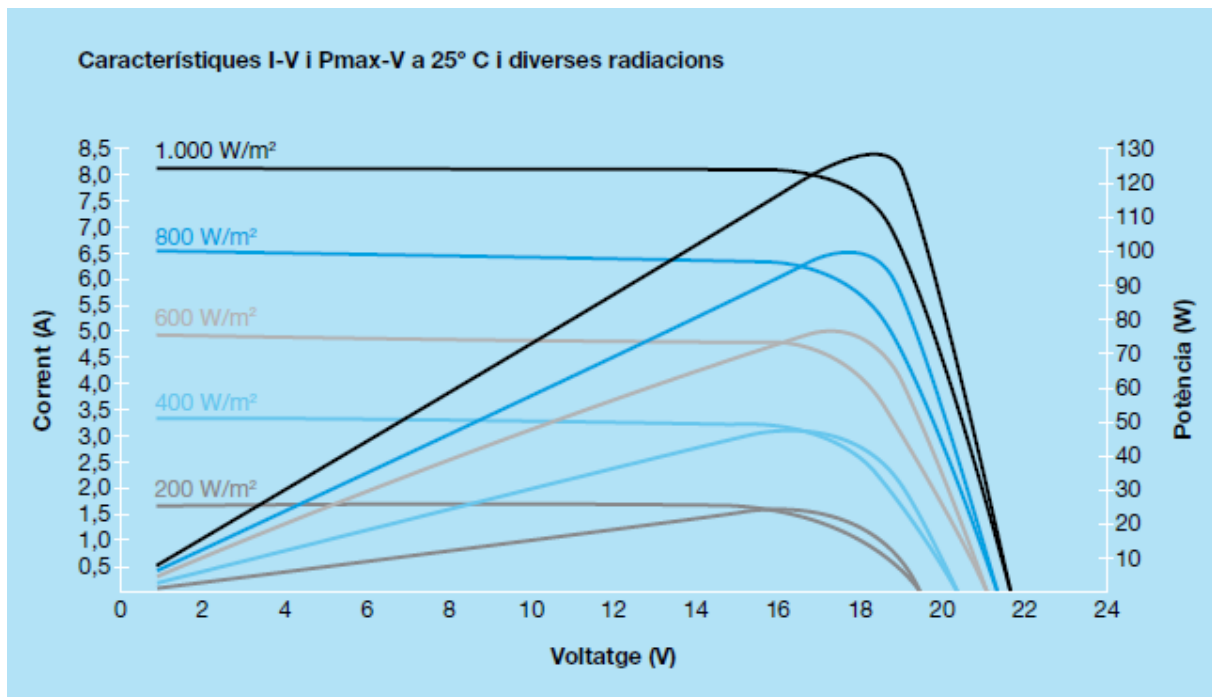


Figura 9. Paràmetres elèctrics d'un mòdul fotovoltaic en funció de la radiació incident (Font: Tudel et al., 2020).

4.3.2.6. Variacions amb la temperatura de la cèl·lula

La temperatura és la mesura de l'activitat o d'agitació molecular dels cossos. Així que, com més temperatura, més mobilitat de partícules i més facilitat d'alliberament dels electrons (Tudel et al., 2020).

La generació de portadors és major quan augmenta la temperatura, causant un eixamplament de l'amplada de la unió p-n. Aquest fet provoca que el voltatge de circuit obert disminueixi proporcionalment a un ritme aproximat de $-2,3 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ (Tudel et al., 2020).

A temperatures elevades, els mòduls fotovoltaics experimenten una forta caiguda del rendiment (Figura 11), causats per un/a (Castejón et al., 2010):

- Disminució de la tensió de circuit obert.
- Augment de la intensitat de curtcircuit.
- Disminució de la potència del mòdul.

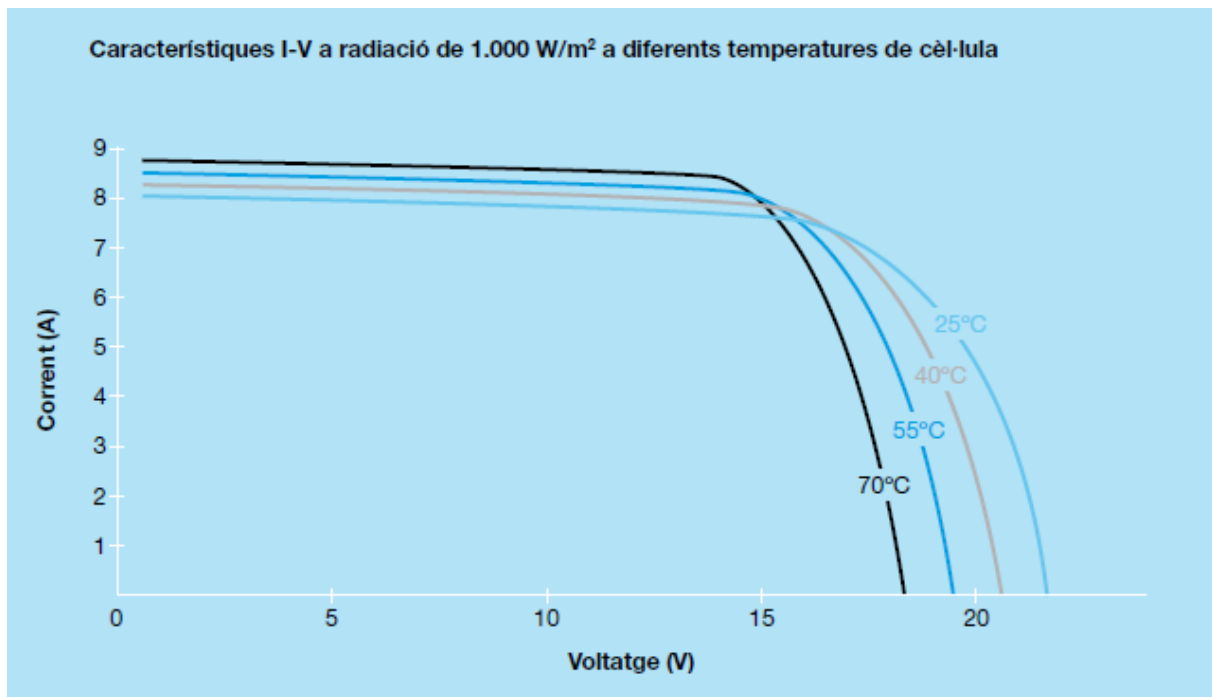


Figura 10. Paràmetres elèctrics d'un mòdul fotovoltaic en funció de la temperatura (Font: Tudel et al., 2020).

4.3.2.7. Altres característiques elèctriques

Altres característiques elèctriques a considerar són:

- Punt operatiu: aquest punt és fixat per la resistència (R) de la càrrega i del corrent (I_m) que aporta el mòdul que depèn de la radiació solar. S'obté així, aplicant la llei d'Ohm, la tensió proporcionada pel mòdul (Castejón et al., 2010).
- Temperatura d'operació nominal de la cèl·lula (TONC): és la temperatura mitjana d'equilibri de les cèl·lules d'un mòdul en circuit obert sota les següents condicions ambientals de referència; irradiància de 800 W/m², temperatura ambient de 20°C i velocitat de vent d'1 m/s (Castejón et al., 2010).
- Eficiència del mòdul: és la relació entre la potència elèctrica que produeix el mòdul i la potència de radiació incident en el mateix mòdul (Tudel et al., 2020).
- Factor de forma del mòdul (FF): és un concepte teòric per mesurar la forma de la corba del panell (Tudel et al., 2020), essent: $FF = \frac{P_{max}}{I_{sc} \cdot V_{oc}} = \frac{I_{max} \cdot V_{max}}{I_{sc} \cdot V_{oc}}$

En general, la potència del mòdul disminueix aproximadament un 0,50% per cada grau que augmenta la temperatura de la cèl·lula per sobre dels 25°C. Així que, per evitar els càlculs d'intensitats mitjanes de radiació, es pot suposar en la majoria dels casos que la temperatura mitjana de treball de les cèl·lules fotovoltaïques és 20°C superior a la de l'ambient, la qual cosa és una bona aproximació (Tudel et al., 2020).

4.4. Connexions del mòduls fotovoltaics

4.4.1. Mòduls fotovoltaics connectats en sèrie

En la connexió en sèrie (Figura 12), la intensitat del generador és igual a la intensitat d'un mòdul i la tensió del generador és igual a la tensió d'un mòdul pel nombre de mòduls que estan en sèrie. Aquesta connexió es realitza connectant el terminal positiu d'un mòdul amb el negatiu del següent mòdul considerant que el terminal negatiu del primer mòdul és el terminal negatiu del generador i el terminal positiu de l'últim és el terminal positiu del generador (Castejón et al., 2010).

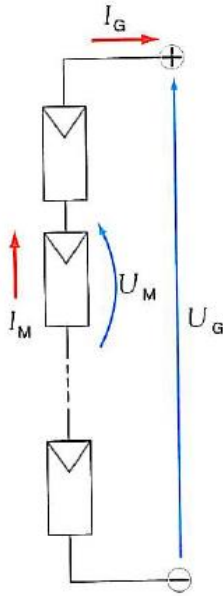


Figura 11. Connexions dels mòduls en sèrie (Font: Castejón et al., 2010).

La intensitat de corrent de la connexió en sèrie es manté constant i igual a la d'un mòdul, de manera que l'augment de potència s'aconsegueix mantenint la intensitat que pot donar un mòdul i augmentant-ne la tensió (Tudel et al., 2020).

4.4.2. Mòduls fotovoltaics connectats en paral·lel

En la connexió en paral·lel (Figura 13), la tensió del generador és igual a la tensió d'un mòdul i la intensitat del generador és la intensitat d'un mòdul pel nombre de mòduls que estan en paral·lel. Aquesta connexió es realitza connectant el terminal positiu de tots els mòduls entre si per formar el terminal positiu del generador i connectant el terminal negatiu de tots els mòduls entre si per formar el terminal negatiu del generador (Castejón et al., 2010).

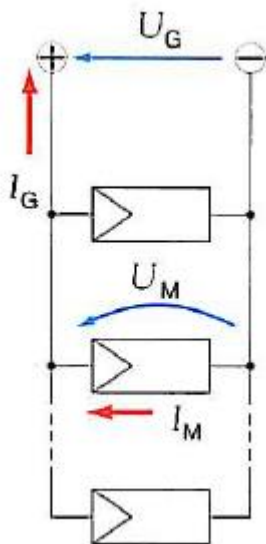


Figura 12. Connexions dels mòduls en paral·lel (Font: Castejón et al., 2010).

La tensió de la connexió en paral·lel es manté constant i igual a la d'un mòdul, de manera que l'augment de potència s'aconsegueix mantenint la tensió que pot donar un mòdul i augmentant la intensitat de corrent.

4.4.3. Mòduls fotovoltaics connectats en sèrie/paral·lel

En la connexió en sèrie/paral·lel (Figura 14), la tensió del generador és la tensió d'un mòdul multiplicada pel nombre de mòduls en sèrie i la intensitat del generador és la intensitat d'un mòdul pel nombre de rames en paral·lel. S'anomena branca a cada grup de mòduls connectats en sèrie. Per connectar els mòduls d'una branca s'aplica el procediment de connexions establertes en sèrie de mòduls. El terminal negatiu del primer mòdul és el terminal negatiu de la branca i el terminal positiu de l'últim mòdul és el terminal positiu de la branca. La connexió s'acaba aplicant amb la connexió en paral·lel de les branques realitzada prèviament.

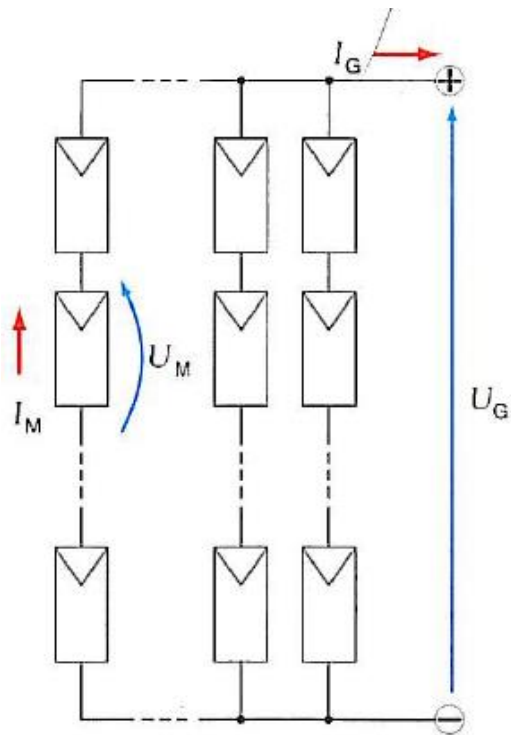


Figura 13. Connexions de mòduls en sèrie i de mòduls en paral·lel (Font: Castejón et al., 2010).

Com que s'ha de treballar a un voltatge determinat i es té un nombre concret de mòduls, generalment es realitzen les connexions mixtes sèrie/paral·lel. En conclusió, es connecten en sèrie el nombre de mòduls que generaran el voltatge de funcionament i es connecten en paral·lel el nombre de branques que faci falta per a assolir la potència necessària (Tudel et al., 2020).

5. ALTERNATIVES DEL PROJECTE

5.1. Identificació i descripció

La classificació de les instal·lacions solars fotovoltaïques es pot realitzar en funció de l'aplicació a la qual estan destinades. Així que, s'identifiquen dues alternatives: les instal·lacions autònomes i les instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica.

5.1.1. Instal·lacions solars fotovoltaïques autònomes

Els sistemes fotovoltaïcs autònoms s'utilitzen per abastir d'energia elèctrica a un receptor o edificis aïllats els quals no disposen de connexió a la xarxa de distribució d'energia elèctrica. Aquests tipus d'instal·lacions són generalment de poca potència, anant des de les que disposen d'un únic mòdul fotovoltaïc, en el qual es generen potències d'algunes desenes de Watts, fins als que generen potències de fins a 10 kW (Castejón *et al.*, 2010).

Els sistemes fotovoltaïcs autònoms es poden classificar en sistemes fotovoltaïcs directes i sistemes fotovoltaïcs amb acumulació. En l'explotació interessen els sistemes fotovoltaïcs amb acumulació, ja que els directes tenen la peculiaritat que l'ús de l'energia elèctrica només es pot limitar en els moments en els quals hi ha radiació solar, afectant negativament a la nit i sobretot a l'hivern, ja que les hores de llum d'aquesta època de l'any són menors. En canvi, les instal·lacions solars fotovoltaïques amb acumulació s'utilitzen en aquelles aplicacions en les quals es requereix un subministrament elèctric en qualsevol moment del dia, independentment de la radiació solar. Per tant, es necessita un sistema d'acumulació, format per una bateria d'acumuladors, els quals emmagatzemen l'energia elèctrica sobrant, la qual és produïda durant el dia, per retornar-la en les hores de baixa o nul·la radiació solar (Castejón *et al.*, 2010).

En la Figura 15, es detallen els principals esquemes bàsics de les instal·lacions solars fotovoltaïques. Cal dir que segons el tipus d'aplicacions es poden realitzar modificacions sobre les configuracions esmentades.

En el primer sistema (Figura 15 a) es té un generador fotovoltaïc el qual genera l'electricitat i aquesta s'emmagatzema amb la utilització d'acumuladors elèctrics, essent el sistema menys complex. Aquests acumuladors requereixen l'ús d'un regulador que controli el procés de càrrega i descàrrega per protegir la vida útil de la bateria d'acumuladors i, a més, el flux de càrregues es produeix en corrent continu.

En el segon sistema (Figura 15 b) es té el mateix circuit que l'anterior, però afegint un convertidor de corrent continu. Generalment, s'utilitzen en aquells sistemes on es requereix un corrent continu regulat i estable, o un valor allunyat al qual pot proporcionar el conjunt del generador fotovoltaïc i de la bateria d'acumuladors. En aquest sistema s'utilitza un convertidor CC/CC, el qual transforma el corrent continu amb una determinada tensió a una altra, connectat a continuació del regulador de càrrega.

En l'últim sistema (Figura 15 c) es té el mateix circuit que el primer, però afegint un inversor. Generalment, s'utilitza quan el circuit requereix corrent altern per al seu funcionament, ja que l'inversor converteix el corrent continu generat a corrent altern.

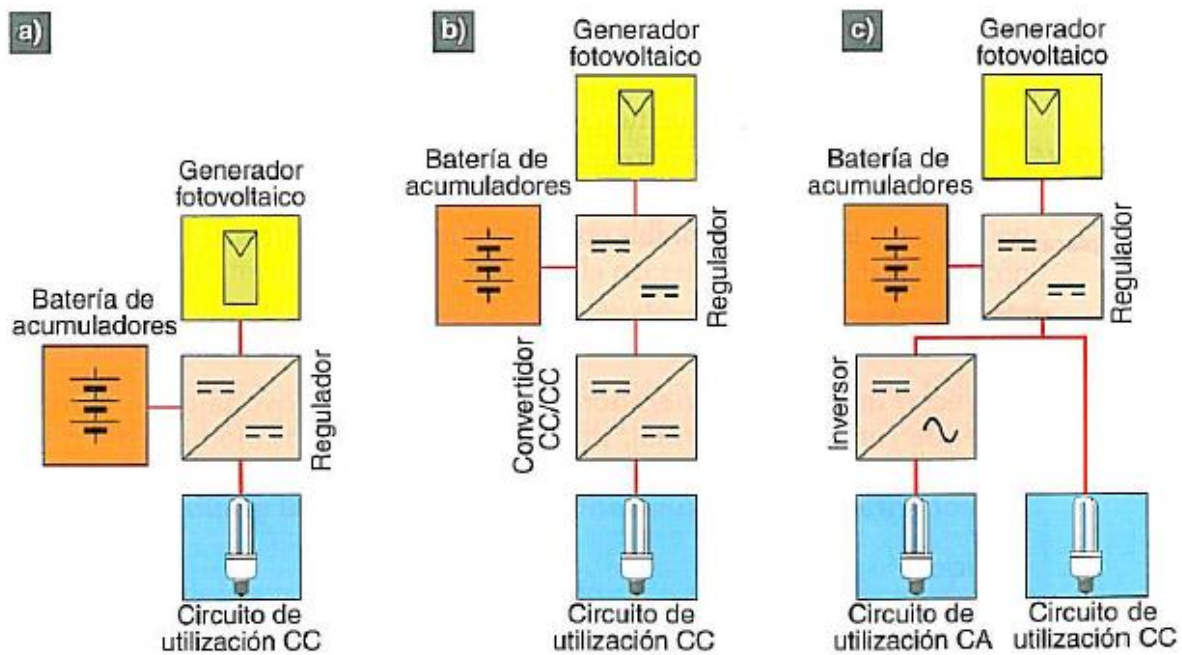


Figura 14. Esquemes bàsics de sistemes fotovoltaics amb acumulació (Font: Castejón et al., 2010).

5.1.2. Instal·lacions solars fotovoltaïques connectades a la xarxa elèctrica

Els sistemes fotovoltaics connectats a la xarxa de distribució estan constituïts bàsicament per un generador fotovoltaic i un inversor que converteix el corrent continu del generador en corrent altern amb la tensió (230 V – monofàsic, 400 V- trifàsic) i la freqüència (50 Hz) requerides per les companyies elèctriques (Figura 16). A més, s’han d’incloure les proteccions elèctriques corresponents a la instal·lació. Cal dir que, antigament, tota l’energia elèctrica produïda s’enviava a la xarxa de distribució elèctrica, on aquesta era comprada per les companyies distribuïdores d’electricitat. Per tant, calia comprar l’energia necessària a la companyia distribuïdora d’electricitat. Amb aquest fet, es requeria d’un sistema de mesura d’energia elèctrica en la qual comptabilitzava l’energia que sortia i la que entrava en la instal·lació. Generalment, l’usuari comprava l’energia elèctrica que consumia a la companyia distribuïdora d’electricitat a un preu establert (Castejón et al., 2010).

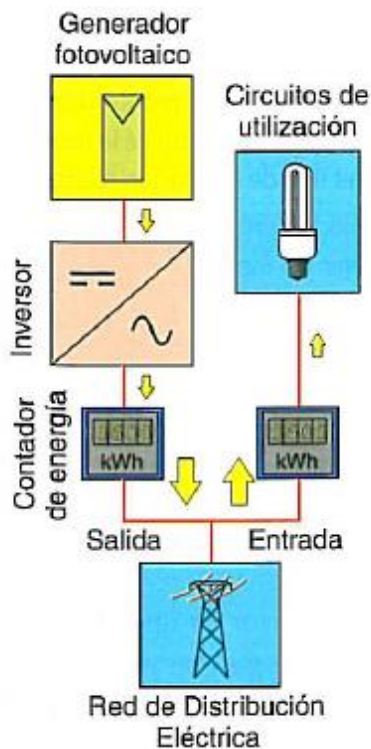


Figura 15. Esquema bàsic d'un sistema fotovoltaic connectat a la xarxa elèctrica (Font: Castejón et al., 2010).

Per últim, a Espanya amb l'aprovació del Reial decret 244/2019, de 5 d'abril, ja està permesa la combinació de generació autònoma i connectada a la xarxa elèctrica d'un sistema d'energia solar fotovoltaica. Per tant, l'usuari que instal·li un generador fotovoltaic pot consumir l'energia que produeix i, a més, si s'obté energia sobrant aquesta es pot vendre a la xarxa elèctrica, obtenint així un rendiment econòmic extra. En aquest Reial decret s'identifiquen dues modalitats d'autoconsum: el subministrament d'energia elèctrica amb autoconsum sense excedents i el subministrament d'energia elèctrica amb autoconsum amb excedents. El primer és, el cas que s'ha comentat anteriorment, quan es disposa d'una instal·lació de generació fotovoltaica, destinada al consum propi, connectada a l'interior de la xarxa del punt de subministrament. En aquesta modalitat es requereix instal·lar un mecanisme que impedeixi la injecció d'energia excedentària a la xarxa de distribució. En canvi, la modalitat amb excedents és produïx quan es disposa d'una instal·lació fotovoltaica de producció en què es pot, a més, de subministrar energia per a autoconsum, injectar energia excedentària en les xarxes de transport i distribució. Dintre d'aquesta segona modalitat es diferencien dues tipologies, una és amb excedents aollits una compensació econòmica i, l'altra, és sense compensació econòmica.

5.2. Avaluació de les alternatives

5.2.1. Instal·lacions solars fotovoltaiques autònomes

La instal·lació solar fotovoltaica autònoma permet el subministrament energètic en aquelles zones on no existeix l'accés a la xarxa elèctrica. El gran avantatge d'aquesta energia renovable és que amb aquesta implementació pots ser totalment independent de la xarxa elèctrica, generant i consumint la pròpia energia generada. Això requereix sovint la instal·lació d'acumuladors o bateries que solen encarir la instal·lació. Un altre desavantatge és que en el cas de necessitar energia extra, un cop consumit l'excedent emmagatzemat en bateries, caldrà dependre d'un generador (AODibérica, 2021).

5.2.2. Instal·lacions solars fotovoltaïques connectades a la xarxa elèctrica

La instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa és una espècie de sistema fotovoltaic "híbrid", amb mòduls solars i connexió a la xarxa elèctrica tradicional. El gran avantatge d'aquesta tipus d'instal·lació és que no s'ha d'estar preocupat en aquells moments en què es necessita consumir més energia de la que es produeix, en aquests casos aquest consum es complementa amb el de la xarxa elèctrica. En canvi, quan es produeix més energia de la que es consumeix, es pot negociar amb la companyia d'electricitat una compensació per l'excedent abocat a la xarxa. Per últim, el principal desavantatge és que no és 100% independent de la xarxa elèctrica (AODibérica, 2021).

5.3. Elecció

Estudiades les dues principals aplicacions de l'energia solar fotovoltaica, en el present projecte es decantarà per a la realització d'una instal·lació solar fotovoltaica autònoma. Aquesta decisió és causada per un dels condicionants del promotor, que és disminuir els costos de l'explotació i no dependre de la xarxa de distribució elèctrica. Amb aquesta elecció es reduirà aquest cost i, a més, en un futur si la instal·lació produeix més energia que la requerida, hi haurà la possibilitat de treure'n una rendibilitat econòmica d'aquesta energia sobrant, venent-la a la xarxa elèctrica. Un dels principals factors a tenir en compte amb aquest tipus de sistema és el seu elevat cost d'inversió i el seu posterior manteniment per prolongar la vida útil dels seus components.

6. INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA AUTÒNOMA

En el plànol 12 es mostra l'esquema unifilar de la instal·lació solar fotovoltaica del Camp dels "Hermanos" amb els seus components i característiques tècniques.

6.1. Elements bàsics

6.1.1. Generador fotovoltaic

El generador està compost per un conjunt de mòduls fotovoltaics i les seves estructures de suport. El generador té la finalitat, a través de les seves cèl·lules solars que estan interconnectades en combinacions sèrie-paral·lel, de proporcionar una sortida elèctrica en corrent continu mitjançant dos borns o dos cables (Alonso *et al.*, 2007). Pel que fa al voltatge de treball, aquest depèn de la potència del generador fotovoltaic. Normalment, es recomana utilitzar els 12 V_{cc} en instal·lacions petites (màxim 400 Wp). En canvi, convé escollir els valors de 24 o 48 V_{cc}, quan se sobrepassi aquest valor de potència (Tudel *et al.*, 2020).

6.1.2. Regulador de càrrega

El regulador té la funció d'evitar les situacions de càrrega i sobre-descàrrega de l'acumulador, amb la finalitat d'allargar la vida útil d'aquest. Per tant, garanteix una càrrega suficient a l'acumulador i evita les situacions de sobrecàrrega. A més, assegura el subministrament elèctric diari suficient i evita la descàrrega excessiva de l'acumulador (Díaz *et al.*, 2010). En alguns casos els reguladors incorporen dispositius d'informació que proporcionen dades d'interès del sistema. Alguns exemples serien que permeten controlar determinats paràmetres, com poden ser: la temperatura, lectura de la intensitat de càrrega, de descàrrega, i la tensió de l'acumulador. Fins i tot alguns models incorporen comptadors d'intensitat per hora (Ah) (EVE, 2000). El regulador de càrrega té una entrada (+) i (-) de mòduls, una connexió a bateries (+), (-) i una sortida per a consums de corrent continu (+) i (-) (Tudel *et al.*, 2020).

6.1.3. Acumuladors electroquímics

Com que les cèl·lules fotovoltaïques generen electricitat només a les hores de Sol, el problema més gran és a l'hora d'emmagatzemar l'energia elèctrica per tal d'utilitzar-la en hores nocturnes o en determinats moments del dia per falta d'insolació. D'aquí la importància de l'acumulador que és el que, a través de l'electricitat procedent dels mòduls fotovoltaïcs, es carrega, emmagatzema l'energia elèctrica, es descarrega i, a causa del seu ús reversible es pot tornar a carregar (Castejón *et al.*, 2010). Aquesta funció bàsica de càrrega, emmagatzematge i descàrrega de l'acumulador es complementa amb (EVE, 2000):

- Subministrament d'energia en cada moment independentment de la producció elèctrica dels mòduls fotovoltaïcs en aquest moment, i pot alimentar els consums durant diversos dies.
- Capacitat de mantenir un nivell de tensió estable, proporcionant un voltatge constant dins d'un cert rang independentment que el generador funcioni en aquell moment o no.
- Subministrament d'una potència superior a la que el generador solar podria donar en un moment propici.

6.1.4. Inversors de CC/CA

L'inversor té la capacitat de convertir el corrent continu, produït pel generador fotovoltaic, en corrent altern amb els paràmetres adequats de voltatge i de freqüència (Castejón *et al.*, 2010). Una modalitat molt estesa en instal·lacions fotovoltaïques autònomes és la utilització d'un inversor híbrid que consta d'un carregador d'acumuladors incorporat, de manera que en un mateix aparell es tenen les dues opcions: inversor i regulador (Tudel *et al.*, 2020).

En les instal·lacions fotovoltaïques autònomes, l'inversor es connectarà directament a l'embarat general dels acumuladors. A més, un inversor amb una determinada potència, en corrent altern, pot consumir una intensitat dels acumuladors, tenint la fórmula següent: $I_{bat} = 1,15 \cdot (P / V_{bat})$. Per últim, la potència en corrent altern dels inversors dependrà de la potència de les càrregues connectades, corregida amb el corresponent coeficient de simultaneïtat. D'altra banda, l'inversor ha de poder suportar els pics de consum, fent èmfasi en l'engedada d'equips tals com motors i bombes elèctriques (Tudel *et al.*, 2020).

6.1.5. Grup electrogen de suport

El grup electrogen de suport és un element que és accionat per un motor de gasoil o de gasoil. A més, és obligatori en les instal·lacions en què s'hagi de garantir el 100% del subministrament elèctric en qualsevol moment i època de l'any. Aquest grup es connecta a una connexió pròpia que tenen els inversors híbrids, garantint tant la càrrega dels acumuladors com el subministrament (Tudel *et al.*, 2020).

6.1.6. Comptador d'energia elèctrica

El comptador d'energia és un equip que mesura l'energia produïda per la instal·lació fotovoltaïca, obtenint així els valors reals dels consums elèctrics i la posterior comprovació de la desviació d'aquests valors respecte als paràmetres de càlcul. Normalment, la forma més senzilla d'implantar un equip de mesura en el sistema fotovoltaïc és en la línia de consum de corrent altern, ja que l'equip és un comptador elèctric estàndard (Tudel *et al.*, 2020).

6.2. Proteccions elèctriques

6.2.1. Proteccions a la part de corrent continu

6.2.1.1. Proteccions contra sobretensions

Per a protegir la instal·lació de les sobretensions transitòries d'origen atmosfèric, com poden ser descàrregues directes del llamp o sobretensions que pugui induir en els equips i/o línies elèctriques, s'utilitza el varistor. Amb aquest element es garanteix l'eficàcia del sistema de protecció contra sobretensions, el qual caldrà instal·lar un varistor en el generador fotovoltaïc i un altre a l'entrada de cada equip a protegir (Tudel *et al.*, 2020).

6.2.1.2. Fusibles de línia en el generador fotovoltaïc

Els fusibles de línia són elements de protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits. Encara que la intensitat de curtcircuit del generador fotovoltaïc no resulti gaire elevada, el fusible protegirà la línia elèctrica contra curtcircuits d'origen extern. Cal dir que aquests fusibles no poden actuar com a seccionadors amb càrrega de cap equip de la instal·lació fotovoltaïca; per aquesta funció s'utilitzaran els interruptors manuals o automàtics. Es col·loca un fusible per a cada conductor polar (+/-) de cada sèrie de mòduls del generador fotovoltaïc. A més, es col·loquen fusibles en la línia principal d'un grup de sèries de mòduls, garantint un manteniment més segur de la instal·lació (Tudel *et al.*, 2020).

6.2.1.3. Fusibles de línia de l'acumulador

Aquests fusibles actuen com protecció general de la bateria, sobretot, en el cas que hi hagi alguna protecció defectuosa que no actuï o bé que s'hagi produït un curtcircuit accidental. Per tant, el fusible de línia es col·loca en la connexió a la bateria, el qual protegirà la instal·lació i la bateria. Per últim, cal dir que els acumuladors elèctrics poden produir corrents de curtcircuit, en funció de la seva capacitat (Ah) de l'ordre de 6 a 8 kA. Així que, el "poder de tall" (Pdt) d'aquest fusible haurà de ser superior a aquest valor per tal de garantir una protecció segura sense que es destrueixi. Cal dir que aquests fusibles no poden actuar com a seccionadors amb càrrega de cap equip de la instal·lació fotovoltaïca;

per aquesta funció s'utilitzaran els interruptors manuals o automàtics. Per últim, la col·locació d'aquest fusible és d'un fusible de línia en la connexió a la bateria. (Tudel *et al.*, 2020).

6.2.1.4. Interruptor automàtic de tall amb càrrega

L'interruptor automàtic de tall amb càrrega (component B5) és un dispositiu de protecció per a sistemes elèctrics de corrent continu. Aquest interruptor automàtic magnetotèrmic permet seccionar, amb càrrega, la zona del circuit i/o equip en el qual s'ubiqui. Aquest fet permet realitzar de manera segura les operacions de manteniment dels elements principals de la instal·lació (generador fotovoltaic, regulador de càrrega, inversor, etc.) (Tudel *et al.*, 2020).

6.2.2. Proteccions a la part de corrent altern

6.2.2.1. Interruptor automàtic de tall de la sortida de corrent altern de l'inversor

La principal funció de l'interruptor automàtic de tall és el seccionament amb càrrega de la sortida de corrent altern de l'inversor, que permet realitzar de manera segura les operacions de manteniment d'aquests equips. Cal dir que és un element de protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits. Quan es tenen diversos inversors treballant en paral·lel en un sistema monofàsic o en un subministrament trifàsic, cada inversor disposarà de l'interruptor automàtic corresponent (Tudel *et al.*, 2020).

6.2.2.2. Quadre de proteccions de línia de subministrament

Aquest quadre (component B7) s'instal·la a la línia principal de subministrament de l'inversor o en el conjunt d'inversors i ha de contenir els elements següents:

- Interruptor general automàtic

L'interruptor general automàtic (IGA) és un element de protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits que, a més, té la funció de seccionar la línia per tal de realitzar operacions de manteniment, entre d'altres (Tudel *et al.*, 2020).

- Interruptor automàtic diferencial

Aquest interruptor és un element de protecció contra contactes indirectes. Aquest dispositiu s'encarrega de detectar corrents derivats a terra per causa d'un defecte d'aïllament. Un cop detectat aquest defecte, es produeix la desconexió immediata del circuit per evitar contactes indirectes a les persones. Com que l'interruptor diferencial es basa en la seva protecció quan es detecten corrents de defecte, és necessari que el conductor neutre del subministrament de corrent altern de l'inversor estigui connectat a terra per tal que el dispositiu diferencial actuï davant del primer defecte de la instal·lació i desconnecti el subministrament (Tudel *et al.*, 2020).

- Varistors de protecció en la línia de corrent altern

Com s'ha vist abans, el varistor és l'element de protecció contra les sobretensions transitòries d'origen atmosfèric. Només és necessari implantar aquesta protecció en cas que el fabricant de l'inversor així ho aconselli. En el cas que la línia de corrent altern de subministrament de l'inversor discorri per un tram llarg i exterior a l'habitatge, serà necessària la instal·lació d'aquest dispositiu perquè hi ha la possibilitat d'elevacions de tensió d'aquesta línia per induccions d'un llamp proper (Tudel *et al.*, 2020).

6.2.3. Presa de terra

La funció del terra de protecció (component C1) és evitar que es generin tensions perilloses a les parts de la instal·lació que entrin en tensió per algun defecte elèctric o d'origen atmosfèric. La presa de terra de protecció s'hi connecten les parts metàl·liques dels panells fotovoltaics, les estructures de suport i el terra del xassís de l'inversor i del regulador de càrrega. El segon conductor de terra és el terra del conductor neutre de l'inversor i s'anomena terra de servei. Aquest conductor de terra és el que permet que funcioni l'interruptor diferencial davant de qualsevol defecte en la línia de corrent altern entre l'inversor mateix i els receptors de la instal·lació. En aquest cas caldrà que les masses metàl·liques dels equips receptors de la instal·lació estiguin connectades a un terra propi i diferent del terra del neutre (Tudel *et al.*, 2020).

7. DIMENSIONAMENT DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA AUTÒNOMA

7.1. Energia diària necessària

En l'explotació porcina del Camp dels "Hermanos" es realitza una utilització de l'electricitat diària, ja que es tracta d'una granja destinada a la producció de garrins. Cal dir que el període el qual es consumeix més electricitat és a l'estiu, però això no vol dir que durant la resta de l'any no hi hagi consum elèctric sinó que és inferior. A aquesta granja porcina té alts requeriments en la climatització de la granja durant tot l'any.

En la Taula 1 de l'Annex 1, s'especifiquen les característiques dels aparells elèctrics de l'explotació i els seus respectius consums horaris, obtenint així que l'energia requerida a l'estiu és de 251,89 kWh/dia i a l'hivern de 146,62 kWh/dia, però cal dir que aquests estan sobredimensionats. A més, també s'ha obtingut la potència total instal·lada, que és de 34,69 kW. Per tant, la instal·lació fotovoltaica s'ha de dimensionar segons la Taula 2, tenint un consum elèctric facturat, en un any, de 131,47 kWh/dia.

L'energia diària necessària és l'energia bruta que cal produir als mòduls per a satisfer amb efectivitat els consums nets previstos. Aquest valor serà sempre superior a l'energia neta que es vol subministrar als consums (Tudel *et al.*, 2020). Com que en la Taula 1 s'han obtingut els consums diaris d'electricitat cal aplicar a aquests un factor global de rendiment de la instal·lació fotovoltaica. Aquest factor engloba els autoconsums i rendiments particulars dels elements que la integren: el regulador, l'acumulador i el convertidor CC/CA. Generalment, s'utilitza el 0,75 com a factor global de rendiment per a instal·lacions fotovoltaïques amb subministrament en corrent altern (Tudel *et al.*, 2020). Obtenint així, que l'energia necessària és de 175,29 kWh/dia.

7.2. Radiació solar incident

La radiació solar instantània és molt important a l'hora de poder avaluar el que està passant en un moment determinat en una instal·lació solar fotovoltaica que està en funcionament. Però a l'hora de poder avaluar l'energia que produirà un determinat sistema, o quan s'han de realitzar els càlculs per a dimensionar-lo, el que es necessita saber és la quantitat d'energia que aquesta radiació aporta durant un període de temps concret o d'irradiació (Tudel *et al.*, 2020). L'avaluació quantitativa de la radiació solar a la ubicació de l'explotació del Camp dels "Hermanos" s'ha basat en l'apartat 3.1.2. *Zonas climáticas* del Document Bàsiuc DB HE 5, Contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica del Codi Tècnic de l'Edificació (CTE). En aquest apartat s'han delimitat diverses zones climàtiques (Figura 17) tenint en compte la radiació solar global mitjana diària sobre una superfície horitzontal (H), vegeu la Taula 3.

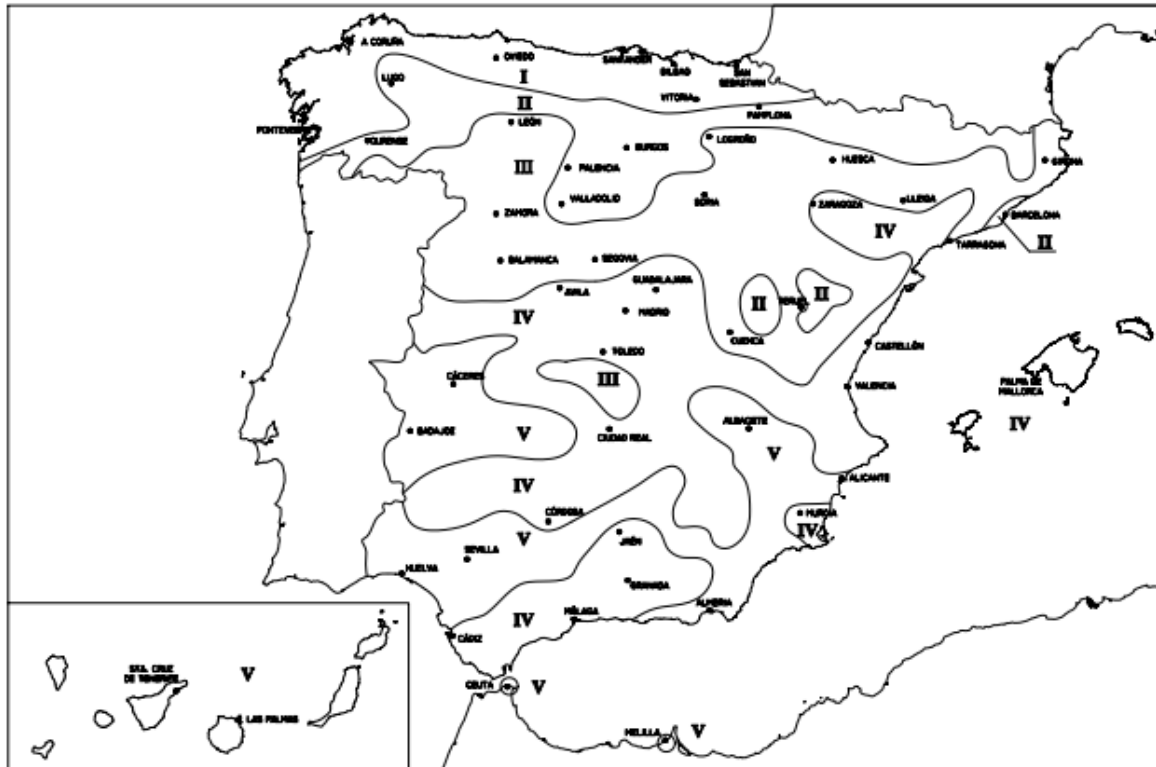


Figura 16. Delimitació de les zones climàtiques segons la radiació global mitjana diària sobre una superfície horitzontal (H) (Font: DB-HE 5 CTE, 2017).

Taula 3. Radiació solar global mitjana diària per a cada zona climàtica (Font: DB-HE 5 CTE, 2017).

Zona climàtica	MJ/m ²	kWh/m ²
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

Com ja se sap, l'explotació del Camp dels "Hermanos" està ubicada al terme municipal de Pontós, pertanyent a la zona de Girona, essent la zona climàtica III en la Figura 17. Mirant la Taula 3, en la zona climàtica III, es pot veure que la radiació global solar mitjana diària és d'entre 15,10 - 16,50 MJ/m², o dit d'una altra manera, entre 4,20 i 4,50 kWh/m².

Aquesta radiació solar és un valor mitjà anual diari. Per tal de dimensionar la instal·lació es requereix el màxim autoabastament energètic i, per tant, a l'hora de determinar l'energia de què es pot disposar, s'escolliran les dades del mes de l'any amb la menor radiació solar global diària disponible (Tudel *et al.*, 2020). En la Taula 4, mostra l'energia global diària incident, en la zona de Girona, amb una orientació de 0°, ja que el Camp del "Hermanos" està orientat al Sud, i una inclinació de 50° dels models fotovoltaics. S'obté així, una energia global diària incident de 12,63 MJ/m²/dia al mes de desembre, essent el mes més desfavorable.

Taula 4. Radiació solar global diària sobre superfícies inclinades a l'estació de Girona (MJ/m²/dia) (Font: Baldasano et al., 2000).

Orientació: 0°													
Inclinació	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Anual
0°	6,79	9,52	13,48	17,77	21,12	22,64	21,91	19,07	14,98	10,71	7,40	5,95	14,30
5°	7,72	10,44	14,30	18,35	21,44	22,83	22,16	19,54	15,72	11,57	8,30	6,87	14,96
10°	8,62	11,30	15,04	18,86	21,64	22,87	22,28	19,90	16,37	12,37	9,16	7,75	15,53
15°	9,46	12,09	15,70	19,26	21,71	22,79	22,26	20,16	16,91	13,09	9,96	8,58	16,02
20°	10,24	12,80	16,26	19,53	21,64	22,56	22,11	20,32	17,36	13,73	10,71	9,36	16,40
25°	10,96	13,44	16,71	19,69	21,50	22,20	21,85	20,36	17,70	14,29	11,39	10,08	16,70
30°	11,61	14,00	17,07	19,73	21,24	21,79	21,51	20,28	17,94	14,76	11,99	10,74	16,90
35°	12,19	14,46	17,32	19,66	20,86	21,25	21,05	20,08	18,06	15,14	12,52	11,33	17,00
40°	12,68	14,84	17,47	19,46	20,35	20,59	20,46	19,76	18,08	15,43	12,97	11,84	17,00
45°	13,10	15,12	17,51	19,15	19,72	19,81	19,74	19,32	17,98	15,61	13,34	12,27	16,90
50°	13,42	15,30	17,43	18,72	18,98	18,91	18,92	18,76	17,78	15,70	13,62	12,63	16,69
55°	13,66	15,39	17,26	18,18	18,13	17,90	17,98	18,09	17,46	15,69	13,81	12,90	16,37
60°	13,81	15,37	16,97	17,53	17,17	16,81	16,94	17,32	17,04	15,59	13,91	13,08	15,96
65°	13,87	15,26	16,58	16,78	16,15	15,72	15,90	16,45	16,52	15,38	13,92	13,18	15,47
70°	13,83	15,05	16,09	15,93	15,10	14,54	14,77	15,48	15,90	15,08	13,83	13,19	14,90
75°	13,71	14,75	15,50	14,99	13,96	13,29	13,57	14,49	15,18	14,68	13,66	13,11	14,24
80°	13,49	14,35	14,82	13,98	12,75	11,97	12,30	13,42	14,38	14,19	13,40	12,94	13,49
85°	13,19	13,86	14,05	12,92	11,48	10,63	10,98	12,28	13,49	13,62	13,05	12,69	12,68
90°	12,79	13,29	13,20	11,80	10,16	9,37	9,70	11,08	12,53	12,96	12,62	12,35	11,81

Finalment, s'ha calculat la radiació solar incident segons l'hora sol pic (HSP). Com que els fabricants dels panells fotovoltaics expressen la potència dels seus productes en Watts pic en unes condicions de radiació solar de 1.000 W/m², cal dividir la radiació solar incident entre 1 kW/m² per tal de calibrar els mòduls i obtenir el valor d'hores pic equivalents (Tudel *et al.*, 2020). Per tant, amb una radiació solar mitjana diària de 15,10 MJ/m² (4,20 kWh/m²), aquest resultat és el mateix que si incideix una intensitat diària de 1.000 W/m² durant 4,20 h i es diu que les hores sol pic són de 4,20. Pel que fa a l'energia global diària incident de 12,63 MJ/m²/dia (3,41 kWh/m²) es diu que les hores sol pic són de 3,41.

7.3. Nombre de mòduls fotovoltaics necessaris en una instal·lació autònoma

7.3.1. Càlcul del nombre de mòduls

La determinació del nombre de mòduls necessaris en la instal·lació fotovoltaica autònoma del Camp dels “Hermanos” es realitza mitjançant la següent fórmula, vàlida per a instal·lacions d’ús diari.

$$\text{Nombre de mòduls} = \frac{E_{\text{necessària}}}{PPM * \eta_{\text{camp}} * HSP}$$

On:

- $E_{\text{necessària}}$, és l’energia necessària (Wh/dia)
- PPM, és la potència pic del mòdul seleccionat (kW)
- η_{camp} , és el rendiment a camp (adimensional)
- HSP, és l’hora sol pic (h/dia)

El rendiment de camp inclou les pèrdues degudes a la brutícia dels mòduls i als efectes negatius que té el fet d’utilitzar mòduls que a causa dels processos de fabricació, no són exactament d’igual potència. En instal·lacions autònomes, aquest rendiment pren normalment valors de 0,70 a 0,80 (Tudel *et al.*, 2020). S’escull el valor de 0,80 com a rendiment a camp, ja que es preveu que la instal·lació fotovoltaica tingui el màxim rendiment possible. En la Taula 5 es mostren les característiques tècniques del mòdul fotovoltaic seleccionat per al dimensionament de la instal·lació fotovoltaica. Per dur a terme el dimensionament s’escull el mòdul fotovoltaic amb un valor de potència pic del mòdul de 600 W amb un voltatge nominal de 34,60 V. Per tant, el nombre de mòduls que es requereixen en la instal·lació és de 107,09.

$$\text{Nombre de mòduls} = \frac{175.290 \text{ Wh/dia}}{600 \text{ Wp} * 0,80 * 3,41 \text{ h/dia}} = 107,09$$

En la instal·lació es volen nombres parells de mòduls, arrodonint l’anterior valor dona entre 106 i 108 mòduls de 600 Wp, ja que així es permetrà fer associacions de dos mòduls en sèrie cada una i poder, treballar al doble de voltatge. Es tindran així, 106 mòduls fotovoltaics i 63.600 Wp de potència de captació. Si es realitza el mateix càlcul a partir de les intensitats es pot determinar el nombre de grups de mòduls en paral·lel.

$$\text{Intensitat de mòduls} = \frac{175.290 \text{ Wh/dia}}{(34,60 * 2) \text{ V} * 0,80 * 3,41 \text{ h/dia}} = 928,55 \text{ A}$$

Llavors, per tal de determinar el nombre de mòduls fotovoltaics en paral·lel cal conèixer la intensitat màxima del generador fotovoltaic, anteriorment calculada, i la intensitat nominal d’un mòdul fotovoltaic, la qual és de 17,34 A. Dividint aquestes dues intensitats s’obté el nombre de mòduls fotovoltaics, essent de 53,54.

$$\text{Nombre de mòduls en paral·lel} = \frac{928,55 \text{ A}}{17,34 \text{ A/mòdul}} = 53,54 \text{ mòduls en paral·lel}$$

Per tant, s’han d’instal·lar 53 línies de mòduls fotovoltaics de 600 Wp connectats en paral·lel, on a cada línia hi haurà dos mòduls connectats en sèrie.

Taula 5. Característiques tècniques d'un mòdul fotovoltaic de 600 Wp (Font: Trinasolar, 2020).

Potència màxima	600 Wp
Voltatge màxim	34,60 V
Intensitat màxima	17,34 A
Voltatge de circuit obert	41,70 V
Intensitat de curtcircuit	18,42 A
Eficiència	21,20%
Dimensions	2.172 x 1.303 x 35 mm

Una vegada conegudes les connexions dels mòduls fotovoltaics, cal determinar els paràmetres elèctrics totals del sistema de captació d'energia solar, essent:

- Potència total del subsistema de captació d'energia, P_{gen} , de 63.600W.

$$P_{gen} = N_{s\ mod} * N_{p\ mod} * P_{mod} = 2 * 53 * 600\ W = 63.600\ W$$

- Intensitat pic total de sortida del subsistema de captació d'energia, $I_{p\ gen}$, de 919,02 A.

$$I_{p\ gen} = I_{p\ mod} * N_{p\ mod} = 17,34\ A * 53 = 919,02\ A$$

- Intensitat total de curtcircuit del subsistema de captació d'energia, $I_{sc\ gen}$, de 976,26 A.

$$I_{sc\ gen} = I_{sc\ mod} * N_{p\ mod} = 18,42 * 53 = 976,26\ A$$

- Voltatge pic total de sortida del subsistema de captació d'energia, $V_{p\ gen}$, de 69,20 V.

$$V_{p\ gen} = V_{p\ mod} * N_{s\ mod} = 34,60\ V * 2 = 69,20\ V$$

- Voltatge total en circuit obert del subsistema de captació d'energia, $V_{oc\ gen}$, de 83,40 V.

$$V_{oc\ gen} = V_{oc\ mod} * N_{s\ mod} = 41,70 * 2 = 83,40\ V$$

7.3.2. Ubicació del generador fotovoltaic

Per qüestions d'adaptació arquitectònica, els panells acostumen a estar situats a les cobertes, encara que no sigui la zona més propera al sistema d'acumulació o de comptadors d'energia (Tudel *et al.*, 2020).

La inclinació i l'orientació adequades de la superfície del generador són fonamentals per aconseguir la màxima conversió eficient de l'energia solar a energia elèctrica, ja que durant el dia el Sol varia la seva posició en el cel canviant la seva alçada i la inclinació dels raigs (Castejón *et al.*, 2010). L'eficiència en la conversió d'energia depèn de:

- L'orientació de la superfície del generador fotovoltaic.
- El temps en què s'utilitzarà al llarg de l'any: anual, estacional, etc.
- L'aplicació que tindrà: autònom, connectat a la xarxa de distribució elèctrica, etc.

L'orientació d'un generador fotovoltaic es defineix mitjançant les coordenades angulars, que són similars a les utilitzades per definir la posició del Sol:

- Angle d'azimut (α) és l'angle que forma la projecció sobre el pla horitzontal de la perpendicular a la superfície a la superfície del generador i la direcció Sud (Castejón *et al.*, 2010).
- Angle d'inclinació (β) és l'angle que forma la superfície del generador amb el pla horitzontal (Castejón *et al.*, 2010).

Una superfície rep la major quantitat possible d'energia si és perpendicular a la direcció del Sol. Per tant, l'orientació òptima serà un valor constant, amb una inclinació (β), que dependrà de la latitud de

la ubicació i d'un azimut (α) que depèn de l'hemisferi en el qual està situat el generador (Castejón *et al.*, 2010).

Pel projecte al Camp dels "Hermanos", els mòduls fotovoltaics s'han ubicat en la coberta de la granja porcina i l'orientació òptima d'aquests mòduls és al Sud. Aquesta inclinació òptima es determina, per a instal·lacions autònomes, segons la Taula 6.

Taula 6. Relació d'inclinacions de panells en funció de la utilització (Font: Tudel *et al.*, 2020).

Aplicació	Inclinació recomanada	Inclinació recomanada a Catalunya (latitud 40° nord)
Instal·lacions d'ús d'hivern	Latitud del lloc + 20°	60°
Instal·lacions d'ús continuat tot l'any sense grup electrogen de suport	Latitud del lloc + 15°	55°
Instal·lacions d'ús continuat tot l'any amb grup electrogen de suport	Latitud del lloc + 10°	50°
Instal·lacions d'ús principal a l'estiu	Latitud del lloc - 10°	30°
Instal·lacions d'ús estacional	Angle complementari a l'alçada solar de l'època d'ús	/
Instal·lacions amb connexió a xarxa	Latitud del lloc - 10°	30°

Aquesta explotació porcina té un consum elèctric continuat al llarg de l'any, però més elevat a l'estiu que a l'hivern. Per tant, segons la Taula 6, a l'explotació del Camp dels "Hermanos" es tindrà una instal·lació d'ús continuat tot l'any amb grup electrogen de suport, tenint una inclinació recomanada de 50°.

A vegades, no és possible assolir les condicions d'inclinació i d'orientació adequades. Així que s'han d'avaluar les pèrdues de radiació incident a causa dels condicionants d'ubicació (Tudel *et al.*, 2020). El DB HE 5 del CTE estableix uns valors límit de pèrdues d'aquestes dues variables:

- 10% anual amb caràcter general.
- 20% anual en el cas de superposició (adaptació dels panells a la geometria de l'edifici).
- 40% anual en el cas d'integració arquitectònica (els panells formant part de l'estructura de l'edifici).

7.3.3. Incidències d'ombres

7.3.3.1. Càlcul de les pèrdues d'energia solar per inclinació i orientació

El principal objectiu és determinar els límits en l'orientació i inclinació dels mòduls d'acord amb les pèrdues màximes permissibles anteriorment esmentades. Per aconseguir aquest concepte es calculen les pèrdues d'energia en funció de la latitud (ϕ), de l'angle d'inclinació (β) i de l'angle d'azimut (α). El càlcul es realitza mitjançant la següent fórmula:

$$Pèrdues (\%) = 100 * [1,2 * 10^4 * (\beta - \phi + 10)^2 + 3,5 * 10^{-5} * \alpha^2]$$

Com s'ha vist en els anteriors apartats, l'angle d'inclinació que s'implementa a les plaques solars és de 50° i l'angle d'azimut és de 0°, ja que s'orienten en direcció al Sud. Per últim, la latitud de la ubicació és de 42,19°. S'obtenen així, unes pèrdues d'energia per inclinació i orientació del 3,81%. Aquest resultat si es compara amb els valors límits de pèrdues, establerts en el DB CTE-HE-5, és molt inferior, pel que es compleix amb els requeriments de la normativa vigent.

7.3.3.2. Càlcul de les pèrdues d'energia solar per ombres

La determinació de les pèrdues de radiació solar que experimenta una superfície degudes a ombres circumdants es realitza mitjançant una carta solar. Aquestes pèrdues s'expressen com un percentatge de la radiació solar global que incidiria sobre l'esmentada superfície, en el cas de no existir ombra.

Com a dades de partida es tenen informació de la coberta de la granja porcina i dels diferents elements que donen ombra a la teulada de l'explotació, tenint les següents característiques:

- L'alçada més alta de la granja és de 5 m aproximadament, tenint en compte el carener. El pendent de la coberta és del 10% i sabent que l'amplada de la nau és de 20 m, s'obté l'alçada mínima de la granja que és de 4 m.
- Es té una filera de xiprers que fan 5 m d'alçada i un diàmetre de 0,50 m, aproximadament. Els xiprers estan separats 10 m respecte al punt mig de la placa solar central. El seu angle d'azimut és en un extrem de 2,29° i en l'altre extrem de 178,57°. En canvi, l'angle d'elevació és de 5,71°.
- Es tenen sitges aïllades que fan 6,50 m d'alçada i un diàmetre de 2 m, aproximadament, que estan separades 5,50 m respecte al punt mig de la placa solar central. El seu angle d'azimut és de -10,30° i a l'altre extrem de -169,70°. L'angle d'elevació és de 15,26°.

A continuació, cal comparar el perfil d'obstacles que afecta l'explotació amb el diagrama de trajectòries del Sol. Primerament, amb les anteriors dades recopilades, s'ha de realitzar el perfil d'obstacles amb el diagrama de la Figura 18, en el qual es mostra la banda de trajectòries del Sol al llarg de tot l'any, vàlid per a localitats de la Península Ibèrica i Balears. Aquesta banda està dividida en porcions, que representen el recorregut del Sol en un cert període de temps i tenen una determinada contribució a la irradiació solar global anual que incideix en l'emplaçament. Així, el fet que un obstacle cobreixi una de les porcions suposa una certa pèrdua d'irradiació, en particular aquella que resulti interceptada per l'obstacle.

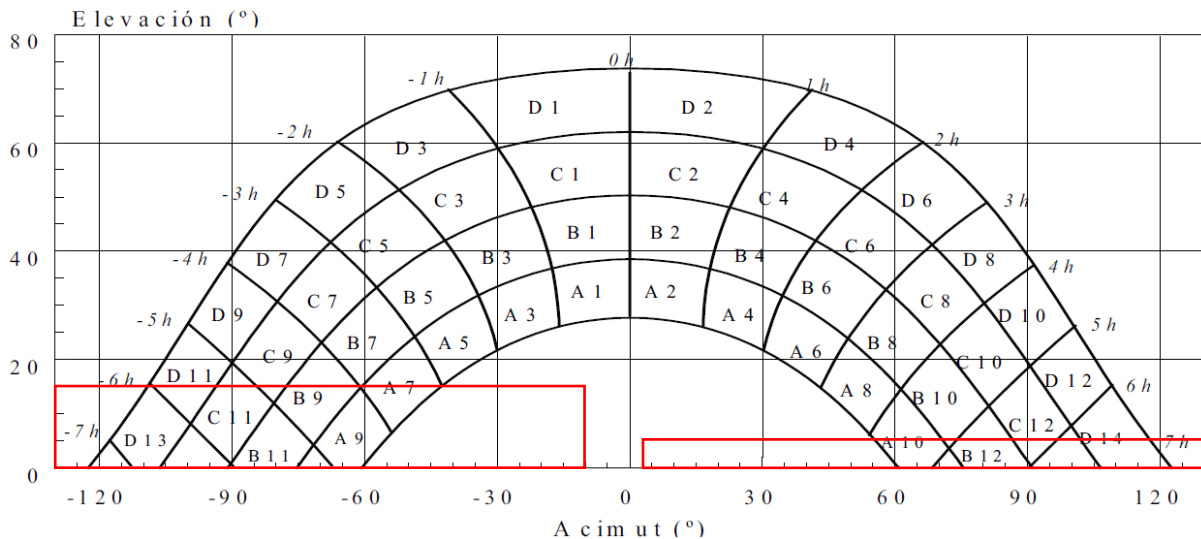


Figura 17. Diagrama de trajectòries de el Sol (Font: DB-HE 5 CTE, 2017).

En la Taula 7 es mostren els percentatges d'ombres que figuren en cada porció que corresponen amb el percentatge d'irradiació solar global anual que es perdria si la porció corresponent resultés interceptada per un obstacle. La comparació del perfil d'obstacles amb el diagrama de trajectòries del Sol permet calcular les pèrdues per ombreig, a les quals s'han de sumar les porcions que resultin totalment o parcialment ocultes pel perfil d'obstacles representat. En el cas d'ocultació parcial s'utilitzarà el factor d'ompliment més pròxim als valors 0,25, 0,50, 0,75 o 1, essent la següent aproximació:

$$(D13 + B11 + A9) * 1 + (C11 + B9) * 0,75 + (D11 + C9 + A7) * 0,50 + (A10 + B12 + D14) * 0,75 + (C12) * 0,25$$

Finalment, el percentatge d'ombres en l'exploració del Camp dels "Hermansos" és de 6,03%, ja que:

Percentatge d'ombres

$$\begin{aligned} &= (0,24 + 0,05 + 0,43) * 1 + (0,60 + 1,17) * 0,75 \\ &+ (1,28 + 1,38 + 2,42) * 0,50 + (2,26 + 0,12 + 0,24) * 0,50 + (0,53) * 0,25 \\ &= \mathbf{6,03\%} \end{aligned}$$

Taula 7. Percentatge d'irradiació solar global anual que es perdria si la porció corresponent resultés interceptada per un obstacle (Font: DB-HE 5 CTE, 2017).

	$\beta=90^\circ; \alpha=30^\circ$				$\beta=90^\circ; \alpha=-30^\circ$			
	A	B	C	D	A	B	C	D
13	0,10	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,24
11	0,06	0,01	0,15	0,51	0,00	0,05	0,60	1,28
9	0,56	0,06	0,14	0,43	0,43	1,17	1,38	2,30
7	1,80	0,04	0,07	0,31	2,42	1,82	1,98	3,15
5	3,06	0,55	0,22	0,11	3,43	2,24	2,24	3,51
3	4,14	1,16	0,87	0,67	4,12	2,29	2,18	3,38
1	4,87	1,73	1,49	1,86	4,05	2,11	1,93	2,77
2	5,20	2,15	1,88	2,79	3,45	1,71	1,41	1,81
4	5,02	2,34	2,02	3,29	2,43	1,14	0,79	0,64
6	4,46	2,28	2,05	3,36	1,24	0,54	0,20	0,11
8	3,54	1,92	1,71	2,98	0,40	0,03	0,06	0,31
10	2,26	1,19	1,19	2,12	0,01	0,06	0,12	0,39
12	1,17	0,12	0,53	1,22	0,00	0,01	0,13	0,45
14	0,22	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,27

7.3.3.3. Càlcul de la distància mínima amb els obstacles propers

Per tal d'avaluar la incidència d'ombres d'obstacles propers, s'observarà l'entorn comprès al qual no hi ha d'haver cap obstacle que pugui produir ombres sobre els panells solars per un període mínim de 4 h de Sol al voltant del migdia del solstici d'hivern (Tudel *et al.*, 2020). Els panells hauran de ser instal·lats a una distància mínima entre els obstacles propers, determinada per la fórmula:

$$d = \frac{h}{\tan(H \text{ solar})} * \cos(A \text{ solar}) = h * K$$

On:

- d, és la distància mínima entre l'obstacle i el panell (m).
- h, és l'alçada de l'obstacle (m).
- $\tan(H \text{ solar})$, és la tangent de l'alçada solar en el mes més desfavorable (desembre) a la nostra latitud ($^\circ$).
- $\cos(A \text{ solar})$, és el cosinus de l'azimut solar en el mes més desfavorable (desembre) a les 10 h solar ($^\circ$).

A Catalunya, l'anterior fórmula es pot simplificar amb el factor $K = \left(\frac{1}{\tan 19^\circ}\right) * \cos 29^\circ = 2,54$ (Tudel *et al.*, 2020).

Com s'ha comentat a l'apartat anterior, en l'exploració del Camp dels "Hermanos" es tenen les següents característiques en l'exploració:

- L'alçada més baixa de la granja és de 4 m aproximadament, sense tenir en compte el carener.
- Es tenen una filera de xiprers que fan 5 m d'alçada.
- Es tenen sitges aïllades que fan 6,50 m d'alçada.

Per tant, les distàncies mínimes entre les plaques solars i els obstacles identificats a l'explotació són de 2,54 m en els xiprers i 3,81 m amb les sitges de pinso, ja que:

$$\text{distància als xiprers} = (5 - 4) * 2,54 = 2,54 \text{ m}$$

$$\text{distància a les sitges} = (6,50 - 4) * 2,54 = 3,81 \text{ m}$$

7.3.3.4. Separació entre fileres

Alhora de determinar la separació òptima entre fileres de panells, cal garantir la no-superposició d'ombres entre les fileres de panells els mesos del solstici d'hivern/estiu (Tudel *et al.*, 2020). La ubicació dels panells en l'explotació del Camp dels "Hermanos" serà sobre la coberta de la granja amb una inclinació del 10%. Per determinar la longitud de l'ombra s'haurà de sumar l'angle d'inclinació de la coberta amb el de l'alçada solar, el qual es realitza amb la fórmula següent:

$$d = \frac{h}{\tan(H \text{ solar} + w)} = \frac{1,66 \text{ m}}{\tan(19^\circ + 5,72^\circ)} = 3,61 \text{ m}$$

On:

- d, és la distància entre línies de mòduls (m).
- h, és l'alçada de la línia de panells, des del punt superior al terra (m).
- $\tan(H \text{ solar} + w)$, és la tangent de l'alçada solar en el mes més desfavorable (desembre) a la nostra latitud mes l'angle d'inclinació de la coberta (m).

S'obté així, una distància de 3,61 m entre fileres de mòduls fotovoltaics.

7.3.4. Ancoratges dels mòduls fotovoltaics

7.3.4.1. Característiques dels ancoratges

La part més important de qualsevol instal·lació fotovoltaica és el generador, que com ja s'ha vist està format per un conjunt de mòduls fotovoltaics connectats elèctricament. La col·locació d'aquests mòduls ha de ser sobre una determinada estructura de suport que conformi el conjunt del generador fotovoltaic. Per tant, les estructures de suport dels mòduls fotovoltaics han de complir amb una doble missió: proporcionar la subjecció adequada al mòdul, i de l'altra, ha de fixar la inclinació òptima per a obtenir el major rendiment possible del generador fotovoltaic (Díaz *et al.*, 2010).

Per seleccionar l'estructura de suport més adequada per a una determinada aplicació cal tenir en compte on s'instal·la el generador i els esforços a què estarà sotmès. Normalment, la superfície del generador fotovoltaic es veu exposada a l'acció dels agents atmosfèrics, fonamentalment, per la força exercida pel vent i el pes de la neu que ocasionalment es pot acumular sobre ell (Castejón *et al.*, 2010). Així que és molt important un correcte dimensionament del suport, així com una encertada elecció dels materials que el conformin (Díaz *et al.*, 2010).

En l'explotació del Camp dels "Hermanos", els mòduls fotovoltaics estan fixats sobre una estructura amb sistema triangular i amb un angle d'inclinació regulable de fins a 50° (Figura 19). Aquesta estructura és, específicament, per a subestructures i està formada amb materials d'alumini EN AW 6005A T6 i elements d'acer inoxidable A2-70. La col·locació d'aquestes estructures es fa mitjançant les espatlles de suport triangulars (TR141.V), els quals es fixen sobre als perfils de guia (G2-2350) sobre els que s'ancoren els mòduls fotovoltaics. Per tal de fixar l'estructura amb els mòduls fotovoltaics es realitza mitjançant brides intermèdies i extremes (S10 i S11), de manera que cada perfil de guia subjectarà dos mòduls. Per últim, la fixació de l'estructura a la coberta de la granja es realitza mitjançant l'abraçadora (GF 800) en què es fixa a una biga de la coberta. En la Taula 8 es mostren els components, amb les seves especificacions tècniques, de l'estructura de dos mòduls fotovoltaics, a més, s'ha determinat que el conjunt de dos mòduls fotovoltaics i l'estructura representa un pes de 51,84 kg/m² (0,51 kN/m²).



Figura 18. Estructura de suport inclinada pels mòduls fotovoltaics de la instal·lació (Font: SUNFER, 2020).

Taula 8. Components de l'estructura de dos mòduls fotovoltaics (Font: SUNFER, 2020).

ELEMENTS	MATERIAL	DESCRIPCIÓ	CARACTERÍSTIQUES	UNITATS	kg/m ²	kN/m ²
Espatlla de suport triangular	Alumini EN AW 6005A T6	TR141.V	Triangle amb una inclinació estàndard 30°/50° i cargols d'acer inoxidable A2-70	2	26,90	0,26
Perfil de guia	Alumini EN AW 6005A T6	G2-2350	2.350 x 55 x 70 mm	2		
Unions	Alumini EN AW 6005A T6	UG2	4 cargols + 4 femelles M8 d'acer inoxidable A2-70	2		
Brida lateral regulable	Alumini EN AW 6005A T6	S10	Gruix del mòdul 30 a 50 mm i 1 cargol + 1 femella M8 d'acer inoxidable A2-70	2		
Brida intermèdia	Alumini EN AW 6005A T6	S11	Gruix del mòdul 30 a 45 mm i 1 cargol + 1 femella M8 d'acer inoxidable A2-70	1		
Conjunt riosta	Alumini EN AW 6005A T6	S09-3000	Longitud d'una riosta 3000 m i 2 cargols + 2 femelles M8 d'acer inoxidable A2-70	1		
Abraçadora	Acer inoxidable UNE/EN 10088	GF 800	M8 x 333 mm + pletina 83 mm	4		
Mòduls fotovoltaics	Monocristall	TSM-DEG20C.20	2.172 x 1.303 x 40 mm	2	24,95	0,24
TOTAL					51,85	0,51

7.3.4.2. Determinació dels contrapesos

Els ancoratges han de ser capaços de suportar les forces que actuen sobre els mòduls fotovoltaics, com pot ser la pressió del vent. Com que els panells estan orientats al Sud, l'únic vent que pot representar un risc és el que vingui del Nord, ja que produirà forces de tracció sobre els ancoratges que sempre són més destructives que les forces de compressió (Tudel *et al.*, 2020). Per tant, els contrapesos seran de formigó i s'ubicaran en els perfils portants PS-250.

Per tal d'avaluar amb precisió la força que pot actuar a sobre de cadascun dels mòduls, s'utilitza la següent expressió:

$$f = p * S * \sin^2 \alpha$$

On:

- f, és la força de contrapès (N).
- S, és la superfície de mòduls (m²).
- α , és l'angle d'inclinació dels mòduls respecte de l'horitzontal (°).
- p, és la pressió frontal del vent, és a dir, la pressió que faria el vent sobre els mòduls (N/m²).

A l'Alt Empordà, en situacions de tramuntana forta, s'han arribat a enregistrar ventades superiors als 100 km/h. Per aquesta velocitat del vent es té una pressió de 479 N/m² (Tudel *et al.*, 2020), així que, la força de contrapès ha de ser de 281,09 N/m² (28,68 kg/m²).

7.4. Capacitat de l'acumulador

Amb la determinació de la capacitat de l'acumulador cal garantir el subministrament de les necessitats elèctriques diàries durant un nombre de dies d'autonomia prèviament fixats (Castejón *et al.*, 2010). En el cas d'instal·lacions d'explotacions agrícoles, l'autonomia sol ser de 4 a 6 dies, però amb la presència d'un grup d'electrogen amb engegada automàtica el valor de l'autonomia es pot reduir a 3 dies (Tudel *et al.*, 2020).

Aleshores, la capacitat de l'acumulador es determina amb la següent expressió:

$$\text{Capacitat de l'acumulador} = \frac{E_{\text{necessària}} * DA}{V * PDB}$$

On:

- $E_{\text{necessària}}$, és l'energia necessària (Wh/dia).
- DA, són els dies d'autonomia (dies).
- V, és el voltatge de la instal·lació (V).
- PDB, és la profunditat de descàrrega de l'acumulador (adimensional).

El valor de la capacitat de l'acumulador es presenta amb un subíndex el qual indica els cicles de descàrrega de l'acumulador en un temps determinat. Generalment, en les instal·lacions fotovoltaïques s'aplica el subíndex C120, expressant que la capacitat de l'acumulador és subministrat en cicles de descàrrega de 120 h de durada (Tudel *et al.*, 2020).

En referència a la profunditat de descàrrega mitjana d'un acumulador cal dir que aquest paràmetre de la tipologia d'acumulador utilitzat en la instal·lació, tenint:

- a) Per a acumuladors estacionaris d'alt volum d'electròlit, una profunditat de descàrrega d'entre 0,6 a 0,8 (60% a 80%).
- b) Per a acumuladors del tipus monobloc, una profunditat de descàrrega d'entre 0,4 a 0,5 (40% a 50%).
- c) Per a acumuladors d'arrencada (d'automòbils), una profunditat de descàrrega d'entre 0,2 a 0,3 (20% a 30%).

En la instal·lació del Camp dels "Hermanos" es requerirà un acumulador estacionari d'alt volum d'electròlit, escollint com a valor de profunditat de descàrrega el 80%, amb el qual s'aprofita al màxim la capacitat de l'acumulador. Pel que fa al valor de voltatge de l'acumulador serà de 48 V. Aquest voltatge ha sigut escollit de manera que sigui prou elevat per a obtenir unes intensitats de càrrega/descàrrega raonables ($I < 60$ A) així com un correcte acoblament amb el voltatge del grup de mòduls fotovoltaïcs (12, 24 o 48 V). Aquesta tipologia d'acumuladors són ideals per a les instal·lacions fotovoltaïques, essent dissenyats per a poder-los descarregar lentament i recarregar-los quan hi hagi disponibilitat d'energia (Tudel *et al.*, 2020). S'obté així amb l'anterior equació, una capacitat de l'acumulador de 13.694,53 Ah_{C120}.

$$\text{Capacitat total de l'acumulador} = \frac{175.290 \text{ Wh/dia} * 3 \text{ dies}}{48 \text{ V} * 0,80} = 13.694,53 \text{ Ah}_{C120}$$

Finalment, cal calcular el nombre d'acumuladors que es necessiten en la instal·lació fotovoltaïca. En l'explotació del Camps dels "Hermanos" s'opta per la connexió mixta dels acumuladors, ja que, generalment, els acumuladors es connecten en línies en paral·lel, però a cada un d'aquestes línies hi ha bateries connectades en sèrie. Primerament, les bateries són de 2 V cada una i el voltatge de la instal·lació fotovoltaïca és de 48 V, per tant, es necessiten línies de 24 bateries connectades en sèrie de 2 V. Després, en la connexió en paral·lel es té en compte la capacitat total a acumular i la capacitat d'una única bateria, realitzant el dimensionament amb la bateria estacional de la Taula 9. Per tant, es

necessiten 3 línies d'acumuladors en paral·lel i a cada línia d'acumuladors es tenen 24 bateries connectades en sèrie, tenint un total de 76 bateries de 2 V. Per últim, a cada bateria es té una capacitat nominal de 4.600 Ah amb una descàrrega de 120 h.

$$\text{Nombre de bateries en sèrie} = \frac{\text{Voltatge instal} \cdot \text{lació}}{\text{Voltatge bateria}} = \frac{48 \text{ V}}{2 \text{ V}} = 24 \text{ bateries}$$

$$\begin{aligned} \text{Nombre d'acumuladors en paral} \cdot \text{el} &= \frac{\text{Capacitat necessària a acumulador}}{\text{Capacitat bateria}} \\ &= \frac{13.694,53 \text{ Ah}}{4.600 \text{ Ah}} = 2,97 \text{ línies d'acumuladors} \end{aligned}$$

$$\text{Nombre de cel} \cdot \text{les de } 2 \text{ V} = 3 \text{ línies d'acumuladors} * 24 \text{ bateries en sèrie} = 72 \text{ bateries}$$

Taula 9. Característiques tècniques d'una bateria estacional amb una capacitat de 4.600 Ah (Font: GNB NP, 2016).

Voltatge nominal	2 V
Capacitat nominal C_{120} 1,85 Vpc 25°C	4.600 Ah
Dimensions	215 x 580 x 812 mm

7.5. Inversor híbrid CC/CA

7.5.1. Avaluació del sistema convencional

7.5.1.1. Regulador de càrrega

Els reguladors de càrrega es caracteritzen per la intensitat màxima que poden suportar, així com pel voltatge nominal de treball. El model del regulador es determina per la potència màxima del camp de mòduls, tenint en compte la següent fórmula, la qual diu que la intensitat màxima del regulador és igual a la suma d'intensitats de tots els mòduls connectats en paral·lel (Tudel *et al.*, 2020).

$$Intensitat\ màxima\ del\ regulador > 1,10 * Intensitat\ màxima\ del\ camp\ de\ mòduls$$

En la instal·lació del Camp dels “Hermanos” es té un muntatge de 152 mòduls de 600 Wp col·locats en 76 grups connectats en paral·lel, on a cada grup hi haurà dos mòduls connectats en sèrie, i que cada mòdul té una intensitat màxima de treball de 17,34 A. Per tant, la intensitat màxima del regulador és de 1.010,92 A.

$$I\ max\ del\ regulador > 1,10 * 53\ línies\ en\ paral\ \cdot\ el * 17,34\ A/grup = 1.010,92\ A$$

Per al dimensionament s'escolliria (Taula 10) un regulador de càrrega amb un voltatge nominal de 48 V i una intensitat màxima de 100 A. Per tal de determinar el nombre de reguladors cal conèixer la potència nominal dels mòduls fotovoltaics que pot suportar el regulador i la potència nominal de la línia en paral·lel dels mòduls fotovoltaics. Finalment, el nombre de reguladors a emprar és la divisió entre les línies de mòduls en paral·lel i la quantitat de mòduls que aguanta el regulador. Així que és necessari, un total de 14 reguladors, on a cada un engloba 4 línies de mòduls fotovoltaics. Com es pot observar es requereix un gran nombre de reguladors de càrrega, per tant, caldria utilitzar un inversor híbrid que aquest realitza una doble funció, tenint la de convertir el corrent continu a corrent altern i la de regular la càrrega als acumuladors.

$$N^{\circ}\ de\ línies\ per\ regulador = \frac{5.200\ W}{(600 * 2)\ W} = 4,33 \approx 4\ línies\ per\ regulador$$

$$N^{\circ}\ de\ reguladors = \frac{53\ línies\ en\ paral\ \cdot\ el}{4\ línies\ de\ mòduls} = 13,25\ reguladors$$

Taula 10. Característiques tècniques d'un regulador de càrrega (Font: Solar thailand, 2018).

Voltatge del sistema	48 V
Màxima potència dels mòduls fotovoltaics	5.200 W
Intensitat de càrrega	100 A

7.5.1.2. Inversor de CC/CA

Per determinar la potència nominal del convertidor cal realitzar l'estudi de les potències nominals dels aparells elèctrics i sumar totes aquestes potències, després, es necessita multiplicar el sumatori per un coeficient de simultaneïtat entre 0,50 a 0,75 en funció de la tipologia i quantitat de consums, ja que mai no funcionen tots els equips de consum alhora (Tudel *et al.*, 2020).

En l'explotació del Camp dels “Hermanos” es disposa d'una potència total instal·lada de 34,69 kW, fet que implica, que multiplicat aquest valor pels coeficients de simultaneïtat, una potència de l'inversor d'entre 15.000 W i 25.000 W. En el cas que s'utilitzés un únic inversor normal trifàsic (Taula 11), aquest hauria de tenir, com a mínim, una potència nominal de 20 kW.

$$Potència\ de\ l'inversor < 34.690\ W * 0,75 = 26.017,50\ W$$

$$Potència\ de\ l'inversor > 34.690\ W * 0,50 = 17.345\ W$$

Taula 11. Característiques tècniques d'un inversor amb una potència nominal de 20 kW (Font: Solís, 2019).

Potència màxima entrada CC	24 kW
Voltatge d'entrada CC	1.000 V
Voltatge de sortida CC	350 V
Rang de voltatge MPPT	200-800 V
Intensitat màxima d'entrada	20+20 A
Potència nominal de sortida CA	20 kW
Voltatge nominal de la xarxa CA	230 V
Intensitat nominal de sortida CA	52,50 A

7.5.2. Dimensionament de l'inversor híbrid

La implementació de 14 reguladors de càrrega més un inversor convencional resulta molt inapropiat, ja que avui en dia en el mercat es disposen d'inversors híbrids que realitzen la funció dels dos aparells en un de sol. A part, cal destacar l'elevat nombre de reguladors de càrrega que es requereixen en la instal·lació fotovoltaica i seu principal cost.

Per dur a terme el dimensionament (Taula 12) s'ha escollit un inversor híbrid amb una potència nominal de 5 kW. Per tal de determinar el nombre d'inversors cal conèixer la intensitat nominal dels mòduls fotovoltaics que pot suportar l'aparell i la intensitat nominal de la línia en paral·lel dels mòduls fotovoltaics. Finalment, el nombre de reguladors a emprar és la divisió entre les línies de mòduls en paral·lel i la quantitat de mòduls que aguanta el regulador. S'obtenen així, un total de 14 inversors híbrids, els quals engloben a 4 línies de mòduls fotovoltaics connectats en paral·lel i, a més, cada 6 inversors híbrids s'han de connectar a una línia d'acumuladors en paral·lel, menys 7 inversors híbrids que anirà connectats a una sola línia d'acumuladors.

$$N^{\circ} \text{ de línies per inversor híbrid} = \frac{80 \text{ A}}{17,34 \text{ A}} = 4,61 = 4 \text{ línies paral·leles per inversor híbrid}$$

$$N^{\circ} \text{ d'inversors híbrids} = \frac{53 \text{ línies en paral·lel} \cdot \text{el}}{4 \text{ línies de mòduls}} = 13,25 \text{ inversors híbrids}$$

Aquesta tipologia d'inversor monofàsic es tenen dues entrades que treballen en un rang de màxima potència entre 120-450 V, amb un límit de 80 A en corrent continu a cada entrada i un voltatge màxim de 500 V en circuit obert. Cal destacar que en els dies de temperatures baixes i amb alta radiació, la tensió pot pujar de manera considerable, arribant a superar en alguns casos la tensió màxima permesa per l'inversor. Per tant, l'inversor híbrid, en aquests casos, ha de tallar el subministrament de manera automàtica per tal d'evitar malmetre la resta d'aparells de la instal·lació fotovoltaica. Per altra banda, aquest inversor té la capacitat d'aguantar amb 80 A en circuit obert. Amb l'inversor híbrid seleccionat es tenen els següents paràmetres de protecció i es compleixen amb els paràmetres del generador fotovoltaic:

$$V_{oc} = 41,70 * 2 = 83,40 \text{ V} < 500 \text{ V}$$

$$I_{mmp} = 17,34 * 4 = 69,36 \text{ V} < 80 \text{ A}$$

Taula 12. Característiques tècniques d'un inversor híbrid amb una potència nominal de 5 kW (Font: Voltronic power, 2019).

Màxima potència dels mòduls fotovoltaics	5.000 W
Rang de voltatge dels mòduls fotovoltaics MPPT CC	120-450 V
Voltatge de circuit obert dels mòduls fotovoltaics CC	500 V
Intensitat màxima	80 A
Intensitat màxima de càrrega acumuladors CC	80 A
Voltatge dels acumuladors CC	48 V
Potència CA	10 kW
Voltatge CA	230 V
Eficiència	90-93%
Dimensions	115 x 300 x 400 mm

7.6. Dimensionament del grup electrogen

El grup electrogen de gasoil alimentarà, exclusivament, la granja porcina. Així que, la potència del grup serà com a màxim la potència total instal·lada en l'exploració. Per tant, la potència nominal del grup electrogen monofàsic (Taula 13) ha de ser de 35 kW, a més, es requereix un dipòsit de 1.000 litres, amb unes dimensions de 780 x 780 x 2.000 mm, per tal de garantir un mínim, de 2 dies, de temps de funcionament.

Taula 13. Característiques tècniques d'un grup electrogen amb una potència nominal de 35 kW (Font: Itcpower, 2021).

Voltatge	230 V
Potència màxima	35 kW
Potència nominal	32 kW
Intensitat nominal	139 A
Dimensions	220 x 95 x 125 cm

7.7. Secció dels conductors elèctrics

7.7.1. Determinació de la secció dels conductors de fase i neutre

Per tal de determinar la secció dels conductors dels diferents trams de la instal·lació fotovoltaica, segons el Reglament Electrònic per a Baixa Tensió (REBT), s'utilitzen dos mètodes: el d'intensitat màxima i el de caiguda de tensió.

Primerament, a partir de la intensitat es trobarà la secció amb el mètode d'intensitat màxima i, a continuació, es verificarà quina és la secció mínima que es pot disposar segons un determinat valor de caiguda de tensió que pateixen els conductors.

7.7.1.1. Intensitat màxima

La secció pel mètode d'intensitat màxima es determina utilitzant la taula A.52-1 bis de la UNE 20460-5-523: 2004, la qual indica quines són les intensitats admissibles per a diferents tipus de cables elèctrics a una temperatura ambient en l'aire de 40°C. Les seccions dels conductors de fase i neutre de cada tram, es mostren en la Taula 14.

Taula 14. Seccions de cada tram segons el mètode d'intensitat màxima (Imàx).

TRAM	CABLES	MATERIAL	AÏLLAMENT I COL·LOCACIÓ	I (A)	SECCIÓ (mm ²) per Imàx
Mòduls fotovoltaics fins l'inversor híbrid	Unipolars	Coure	XLPE-EPR per tubs de protecció adossats a la paret	17,34	1,50
Inversor híbrid fins als acumuladors	Unipolars	Coure	XLPE-EPR per tubs de protecció adossats a la paret	80,00	16,00
Inversor híbrid fins al quadre de proteccions de CA	Unipolars	Coure	XLPE-EPR per tubs de protecció adossats a la paret	43,48	6,00
Grup electrogen fins l'inversor	Unipolars	Coure	XLPE-EPR per tubs de protecció adossats a la paret	139,00	50,00

7.7.1.2. Caiguda de tensió

A continuació, es calcula la secció mínima que ha de tenir cada tram sense superar la màxima admissible. Segons el PCT-C-REV, de juliol de 2011, per a qualsevol condició de treball, els conductors hauran de tenir la secció suficient perquè la caiguda de tensió sigui inferior, incloent-hi qualsevol terminal intermedi, a l'1,50% a la tensió nominal contínua del sistema. Per determinar la caiguda de tensió (Cdt) cal utilitzar les fórmules següents en els trams amb corrent continu i en els trams amb corrent altern trifàsics:

$$\text{Corrent continu} \rightarrow S = \frac{2 * I * L * \cos(\varphi)}{x * \% \text{ Cdt} * V} * 100$$

$$\text{Corrent altern monofàsic} \rightarrow S = \frac{2 * I * L * \cos(\varphi)}{x * \% \text{ Cdt} * V} * 100$$

On:

- S, és la secció dels conductors (mm²).
- I, és la intensitat (A).
- L, és la longitud (m).
- $\cos(\varphi)$, és el factor de potència (adimensional).
- x, és la conductivitat coure (S m/mm²).
- V, és la tensió (V).
- Cdt, és la caiguda de tensió (%)

El càlcul de la secció es realitza per al cas més desfavorable, considerant que tots els aparells estan ubicats al final de cada tram. En utilitzar el conductor de coure, la conductivitat elèctrica és $c = 56 \text{ S}$

m/mm². En la Taula 15 es mostren els resultats del càlcul de la secció en cada tram utilitzant el mètode de caiguda de tensió.

Taula 15. Seccions de cada tram segons el mètode de caiguda de tensió (Cdt).

TRAM	I (A)	V (V)	L (m)	Cdt	cos(φ)	SECCIÓ (mm ²) per Cdt
Mòduls fotovoltaics fins l'inversor híbrid	17,34	69,20	54,96	0,015	1,00	32,79
Inversor híbrid fins als acumuladors	80,00	48,00	7,00	0,015	1,00	27,78
Inversor híbrid fins al quadre de proteccions de CA	43,48	230,00	2,30	0,015	1,00	1,04
Grup electrogen fins l'inversor	139,00	230,00	4,47	0,015	1,00	6,43

7.7.1.3. Secció dels conductors de fase i neutre

Finalment, en la Taula 16 s'ha comparat els resultats de les seccions entre el mètode per intensitat màxima i el mètode per caiguda de tensió, seleccionant la secció més gran obtinguda pels conductors de fase i neutre en cada tram.

Taula 16. Seccions normalitzades dels conductors de fase i neutre dels diferents trams de la instal·lació fotovoltaica.

TRAM	SECCIÓ (mm ²) per I _{max}	SECCIÓ (mm ²) per Cdt	SECCIÓ (mm ²)
Mòduls fotovoltaics fins l'inversor híbrid	1,50	32,79	35,00
Inversor híbrid fins als acumuladors	16,00	27,78	35,00
Inversor híbrid fins al quadre de proteccions de CA	6,00	1,04	6,00
Grup electrogen fins l'inversor	50,00	6,43	50,00

7.7.2. Determinació de la secció del conductor de protecció

La secció del conductor de protecció es determina mitjançant la Taula 2 de la ITC-BT-18 i de ITC-BT-19 del REBT. Com que els conductors es troben dins d'un tub protector disposen de protecció mecànica, per la qual cosa han de complir amb el mínim de 2,50 mm². En la Taula 17 es mostren les seccions dels conductors de protecció en cada tram.

Taula 17. Secció del conductor de protecció en cada tram de la instal·lació fotovoltaica.

TRAM	SECCIÓ CONDUCTOR FASE i NEUTRE (mm ²)	SECCIÓ CONDUCTOR PROTECCIÓ (mm ²)
Mòduls fotovoltaics fins als reguladors de càrrega	35,00	16,00
Regulador de càrrega fins als acumuladors	35,00	16,00
Inversor fins al quadre de proteccions de CA	6,00	6,00
Grup electrogen fins a l'inversor	50,00	25,00

7.7.3. Designació de les seccions escollides

En la Taula 18 es mostra la designació de les seccions escollides per a l'esquema unifilar, tenint en compte que s'utilitzen cables unipolars. A més, cal dir que en el tram des de l'inversor híbrid fins al quadre de proteccions de CA, on es necessita una secció de 10 mm², com a mínim, per tal de poder disposar determinats aparells amb un calibre de 63 A (apartat 7.9).

Taula 18. Seccions escollides en els diferents trams de la instal·lació fotovoltaica.

TRAM	SECCIONS ESCOLLIDES
Mòduls fotovoltaics fins l'inversor híbrid	2 x 1 x 35,00 mm ² + 16,00 mm ²
Inversor híbrid fins als acumuladors	2 x 1 x 35,00 mm ² + 16,00 mm ²
Inversor híbrid fins al quadre de proteccions de CA	2 x 1 x 10,00 mm ² + 10,00 mm ²
Grup electrogen fins l'inversor	2 x 1 x 50,00 mm ² + 25,00 mm ²

7.7.4. Diàmetres dels tubs protectors

En la Taula 19 s'han determinat els diàmetres dels tubs protectors per cada tram segons la Taula 2 de la ITC-BT-21.

Taula 19. Diàmetres exteriors dels tubs protectors en cada tram de la instal·lació fotovoltaica.

TRAM	SECCIÓ CONDUCTOR FASE I NEUTRE (mm ²)	DIÀMETRE EXTERIOR TUB PROTECTOR (mm)
Mòduls fotovoltaics fins als reguladors de càrrega	35,00	40,00
Regulador de càrrega fins als acumuladors	35,00	40,00
Inversor fins al quadre de proteccions de CA	10,00	25,00
Grup electrogen fins a l'inversor	50,00	50,00

7.8. Dispositius de corrent continu

7.8.1. Proteccions contra sobretensions (varistors)

Com que no hi ha un únic dispositiu que protegeixi de manera eficaç els equips electrònics, s'opta per la utilització de diferents dispositius de protecció esglaonats i cadascun amb un nivell de protecció específic en funció de la seva ubicació en la instal·lació i del tipus d'equip a protegir. Els valors de màxim de seguretat són de l'entorn de 1,20 i 1,50 kV (Tudel *et al.*, 2020).

Per tant, en la instal·lació fotovoltaica del Camp dels "Hermanos" s'instal·larà un protector de Classe II el qual és un dispositiu que conté un doble aïllament elèctric i ha estat dissenyat de manera que no requereix una presa a terra de seguretat elèctrica. A més, aquesta tipologia de protector cobreix un ampli ventall de riscos i la seva ubicació serà dins el quadre de proteccions de corrent continu de la instal·lació i la seva missió serà protegir l'inversor en el costat de corrent continu. Per últim, el voltatge màxim de servei del protector ha de ser superior al màxima voltatge de circuit obert del generador fotovoltaic ($V_{oc} = 83,40$ V) en un dia fred d'hivern i a la màxima radiació incident (Tudel *et al.*, 2020). En la Taula 20 s'indiquen les característiques del protector de Classe II que es requereix en l'explotació.

Taula 20. Característiques tècniques d'un protector de Classe II (Font: EfectoLED, 2021).

Voltatge màxim	360 V _{CC}
Nivell de protecció	1,20 kV
Intensitat màxima de descàrrega	40 kA
Intensitat nominal de descàrrega	20 kA
Dimensions	36 x 90 x 67 mm

7.8.2. Fusibles de línia en el generador fotovoltaic

La determinació de les característiques d'aquests fusibles es realitza amb dues condicions. La primera condició es basa en la protecció dels conductors, el qual s'ha de complir:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

On:

- I_N , és la intensitat nominal o de règim del dispositiu de protecció (A).
- I_B , és la intensitat màxima d'utilització del cable conductor (A).
- I_Z , és la intensitat que pot suportar el fusible (A).

Pel que fa a la segona condició, s'ha de verificar el criteri de protecció dels fusibles amb les següents fórmules:

$$I_f \leq 1,60 * I_N$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_Z$$

On:

- I_f , és la intensitat de protecció del fusible (A).
- I_2 , és la intensitat de la segona condició de protecció (A).

Així que, a l'hora de determinar els fusibles de línia en el generador fotovoltaic cal tenir en compte les següents característiques:

- $I_B = 17,34$ A (intensitat de la sèrie)
- $I_Z = 167,00$ A (màxima intensitat del conductor, donada per UNE 20460-5-523: 2004)
- $I_N = 20,00$ A (intensitat nominal del fusible seleccionat)

Si s'aplica la primera condició de protecció de conductors, $I_B \leq I_N \leq I_Z$, es veu que el fusible seleccionat ($I_N = 20$ A) la compleix. A continuació, cal verificar el criteri de protecció dels fusibles i es calcula la segona condició de protecció:

$$I_f = 1,60 * 20,00 \text{ A} = 32,00 \text{ A}$$

$$I_2 = 1,45 * 167,00 \text{ A} = 242,15 \text{ A}$$

Per últim, s'ha comprovat que la intensitat de protecció del fusible és inferior o igual a la intensitat de la segona condició de protecció, essent:

$$32,00 \text{ A} \leq 242,15 \text{ A}$$

Per tant, es pot dir que el fusible seleccionat ($I_N = 20$ A) compleix el requisit de protecció del conductor. En la Taula 21 es mostren diverses tipologies de fusibles cilíndrics. Els fusibles tipus gG són fusibles per a ús general i protegeixen de sobrecàrregues. En canvi, els tipus aM són fusibles d'acompanyament que solen anar acompanyats d'interruptors magnetotèrmics, ja que aquesta tipologia de fusibles també protegeixen de curtcircuits. Vist això, en la instal·lació fotovoltaica del Camp dels "Hermanos"

es disposaran de 76 fusibles de línia, un en cada línia de mòduls fotovoltaics, del tipus aM amb una talla 0. Tenint un calibre de 20 A, un poder de tall de 100 kA i unes dimensions de 10,30 x 38,00 mm.

Taula 21. Característiques tècniques de diversos fusibles cilíndrics (Font: Luna et al., 2008).

Tipus	Grandària		Calibres (A)	Poder de tall (kA)
	Talla	Dimensions (mm)		
gG	00	8,5 x 31,5	2-4-6-10-16-20-25	20
	0	10,3 x 38	2-4-6-10-16-20-25-32	100
	1	14 x 51	2-4-6-10-16-20-25-32-40-50	100
	2	22 x 58	20-25-32-40-50-63-80-100-125	100
aM	00	8,5 x 31,5	1-2-4-6-10	20
	0	10,3 x 38	2-4-6-10-16-20-25	100
	1	14 x 51	10-16-20-25-32-40-50	100
	2	22 x 58	25-32-40-50-63-80-100	100

7.8.3. Fusibles de línia de l'acumulador

En la determinació dels fusibles de línia de l'acumulador cal tenir en compte les següents característiques:

- $I_B = 80,00$ A (intensitat de la sèrie)
- $I_Z = 127,00$ A (màxima intensitat del conductor, donada per UNE 20460-5-523: 2004)
- $I_N = 100,00$ A (intensitat nominal del fusible seleccionat)

Si s'aplica la primera condició de protecció de conductors, $I_B \leq I_N \leq I_Z$, es veu que el fusible seleccionat ($I_N = 100$ A) la compleix. A continuació, cal verificar el criteri de protecció dels fusibles i es calcula la segona condició de protecció:

$$I_f \leq 1,60 * I_N \rightarrow I_f = 1,60 * 100,00 \text{ A} = 160,00 \text{ A}$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_Z \rightarrow I_2 = 1,45 * 127,00 \text{ A} = 184,15 \text{ A}$$

Per últim, s'ha comprovat que la intensitat de protecció del fusible és inferior o igual a la intensitat de la segona condició de protecció, essent:

$$160,00 \text{ A} \leq 184,15 \text{ A}$$

Per tant, es pot dir que el fusible seleccionat ($I_N=100$ A) compleix el requisit de protecció del conductor. Segons la Taula 21 en l'explotació del Camp dels "Hermanos" es disposaran de 10 fusibles de línia de l'acumulador del tipus aM amb una talla 2. Tenint un calibre de 100 A, un poder de tall de 100 kA i unes dimensions de 22,00 x 58,00 mm.

7.9.4. Interruptor automàtic de tall amb càrrega

En la determinació de l'interruptor automàtic de tall amb càrrega cal tenir en compte les següents característiques:

- $I_B = 80,00$ A (intensitat de la sèrie)
- $I_Z = 127,00$ A (màxima intensitat del conductor, donada per UNE 20460-5-523: 2004)
- $I_N = 100,00$ A (intensitat nominal de l'interruptor magnetotèrmic seleccionat)

Si s'aplica la primera condició de protecció de conductors, $I_B \leq I_N \leq I_Z$, es veu que l'interruptor magnetotèrmic seleccionat ($I_N = 100$) A la compleix. A continuació, cal verificar el criteri de protecció de l'interruptor i es calcula la segona condició de protecció:

$$I_f \leq 1,60 * I_N \rightarrow I_f = 1,60 * 100,00 A = 160,00 A$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_Z \rightarrow I_2 = 1,45 * 127,00 A = 184,15 A$$

Per últim, s'ha comprovat que la intensitat de protecció de l'interruptor magnetotèrmic és inferior o igual a la intensitat de la segona condició de protecció, essent:

$$160,00 A \leq 184,15 A$$

Per tant, es pot dir que l'interruptor automàtic de tall amb càrrega seleccionat ($I_N = 100 A$) compleix el requisit de protecció del conductor.

7.9. Dispositius de protecció de corrent altern

7.9.1. Interruptor automàtic de corrent altern de l'inversor

En la determinació de l'interruptor automàtic de corrent altern cal tenir en compte les següents característiques:

- $I_B = 43,48 A$ (intensitat de la sèrie)
- $I_Z = 65,00 A$ (màxima intensitat del conductor, donada per UNE 20460-5-523: 2004)
- $I_N = 63,00 A$ (intensitat nominal de l'interruptor magnetotèrmic seleccionat)

Si s'aplica la primera condició de protecció de conductors, $I_B \leq I_N \leq I_Z$, es veu que l'interruptor magnetotèrmic seleccionat ($I_N = 63 A$) la compleix. A continuació, cal verificar el criteri de protecció de l'interruptor i es calcula la segona condició de protecció:

$$I_2 \leq 1,45 * I_N \rightarrow I_2 = 1,45 * 63,00 A = 91,35 A$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_Z \rightarrow I_2 = 1,45 * 65,00 A = 94,25 A$$

Per últim, s'ha comprovat que la intensitat de protecció de l'interruptor magnetotèrmic és inferior o igual a la intensitat de la segona condició de protecció, essent:

$$91,35 A \leq 94,25 A$$

Per tant, es pot dir que l'interruptor automàtic de tall amb càrrega seleccionat ($I_N = 63 A$) compleix el requisit de protecció del conductor.

7.9.2. Interruptor general automàtic (IGA)

En la determinació de l'IGA cal tenir en compte les següents característiques:

- $I_B = 43,48 A$ (intensitat de la sèrie)
- $I_Z = 65,00 A$ (màxima intensitat del conductor, donada per UNE 20460-5-523: 2004)
- $I_N = 63,00 A$ (intensitat nominal de l'interruptor magnetotèrmic seleccionat)

Si s'aplica la primera condició de protecció de conductors, $I_B \leq I_N \leq I_Z$, es veu que l'interruptor general automàtic seleccionat ($I_N = 63 A$) la compleix. A continuació, cal verificar el criteri de protecció de l'interruptor i es calcula la segona condició de protecció:

$$I_2 \leq 1,45 * I_N \rightarrow I_2 = 1,45 * 63,00 A = 91,35 A$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_Z \rightarrow I_2 = 1,45 * 65,00 A = 94,25 A$$

Per últim, s'ha comprovat que la intensitat de protecció de l'IGA és inferior o igual a la intensitat de la segona condició de protecció, essent:

$$91,35 A \leq 94,25 A$$

Per tant, es pot dir que l'interruptor general automàtic seleccionat ($I_N = 63 \text{ A}$) compleix el requisit de protecció del conductor.

7.9.3. Interruptor diferencial (ID)

En la determinació de l'ID cal tenir en compte les següents característiques:

- $I_B = 43,48 \text{ A}$ (intensitat de la sèrie)
- $I_Z = 65,00 \text{ A}$ (màxima intensitat del conductor, donada per UNE 20460-5-523: 2004)

Com que en el tram de l'inversor fins al quadre de proteccions es té una intensitat nominal de 43,48 A, es necessita un interruptor diferencial bipolar amb una sensibilitat de 30 mA i una intensitat nominal de 63 A.

7.9.4. Varistors de protecció en la línia CA

No és necessària la implementació de varistors en la línia de corrent altern, ja que el fabricant de l'inversor no ho especifica i, a més, el tram de l'inversor en corrent altern no és a l'exterior de la granja ni tampoc és gaire llarg.

7.9.5. Comptador d'energia elèctrica

En la instal·lació fotovoltaica s'han d'utilitzar tres comptadors trifàsics d'energia elèctrica i un de monofàsic. Com que es vol tenir tres fases per alimentar l'explotació, cada comptador englobarà a dos inversors híbrids en cada fase, menys un inversor que anirà connectat al comptador monofàsic. Aquests han de ser comptadors electrònics bidireccionals de 230 V i 50 Hz de lectura directa de l'energia activa en ambdós sentits. Per últim, han de tenir una Classe 1 de protecció de lectura i una intensitat màxima de base de 10(100) A.

7.9.6. Presa de terra

La instal·lació fotovoltaica tindrà com a elèctrode de la presa de terra una pica vertical. Sabent que el terreny de l'explotació té una resistivitat de 210 Ωm , segons la Taula 3 de la ITC-BT-18, ja que es tracta d'un terreny sorrenc-argilós. En primer lloc, cal determinar la resistència de la presa de terra:

$$R_t \leq \frac{V_c}{I_d}$$

On:

- R_t , és la resistència de la presa de terra (Ω).
- V_c , és la tensió de contacte admissible (V).
- I_d , és la intensitat de defecte o sensibilitat de l'interruptor diferencial (A).

Com que la instal·lació elèctrica és per a una explotació agropecuària i els mòduls fotovoltaics estaran a l'exterior es considera que el local serà conductor de l'electricitat. Per això, es pren un valor de V_c de 24 V. Com que s'ha utilitzat un interruptor diferencial amb una sensibilitat de 30 mA, es calcula el valor de la resistència de la presa de terra que, en aquest cas, serà:

$$R_t \leq \frac{24 \text{ V}}{0,03 \text{ A}} = 800 \Omega$$

El càlcul de la longitud de la pica vertical es realitza amb la fórmula següent i s'obté una longitud mínima de 0,263 m de la pica.

$$R_t = \frac{\rho}{L} = \frac{210 \Omega\text{m}}{800 \Omega} = 0,263 \text{ m}$$

On:

- R_t , és la resistència de la presa de terra (Ω).
- ρ , és la resistivitat del terreny (Ωm).
- L , és la longitud de la pica vertical (m).

Les piques verticals tenen una longitud màxima de 2 m, per tant, és necessari instal·lar una pica de 2 m de longitud per assegurar la longitud mínima obtinguda anteriorment. Com que en la instal·lació fotovoltaica hi ha dues preses a terra, tenint el terra de protecció i el terra de servei, en cada presa de terra es requerirà una pica de 2 m de longitud.

7.10. Protecció contra llamps

Per avaluar la protecció contra llamps de la instal·lació fotovoltaica es segueix el DB SUA 8 del CTE. L'exploració, com ja se sap, està ubicada a Pontós (Alt Empordà) i el mòdul fotovoltaic amb més alçada és el que es troba més interior a la coberta, amb un alçada de 6,56 metres respecte al terra. A més, aquests mòduls estant separats amb files de 3,61 m. La granja té una longitud de 81,74 m i una amplada de 17,94 m. Pel que fa al pendent de la coberta de la nau és del 10%. Per últim, l'estructura és de formigó prefabricat i la coberta de la granja és metàl·lica.

7.10.1. Freqüència esperada d'impactes

Primerament, s'ha de determinar la freqüència esperada d'impactes utilitzant la següent fórmula:

$$N_e = N_g * A_e * C_1 * 10^{-6}$$

On:

- N_e , és la freqüència esperada d'impactes (impactes/any).
- N_g , és la densitat d'impactes sobre el terreny (nombre d'impactes/(any·km²)).
- A_e , és la superfície de captura equivalent a l'edifici aïllat en m², que és la delimitada per una línia dibuixada a una distància 3H de cadascun dels punts del perímetre de l'edifici, essent H l'alçada de l'edifici en el punt del perímetre considerat.
- C_1 , és el coeficient relacionat amb l'entorn (adimensional).

La densitat d'impactes sobre el terreny, s'obté de la Figura 20, essent per la zona de Pontós de $N_g = 3$ impactes/(any·km²).

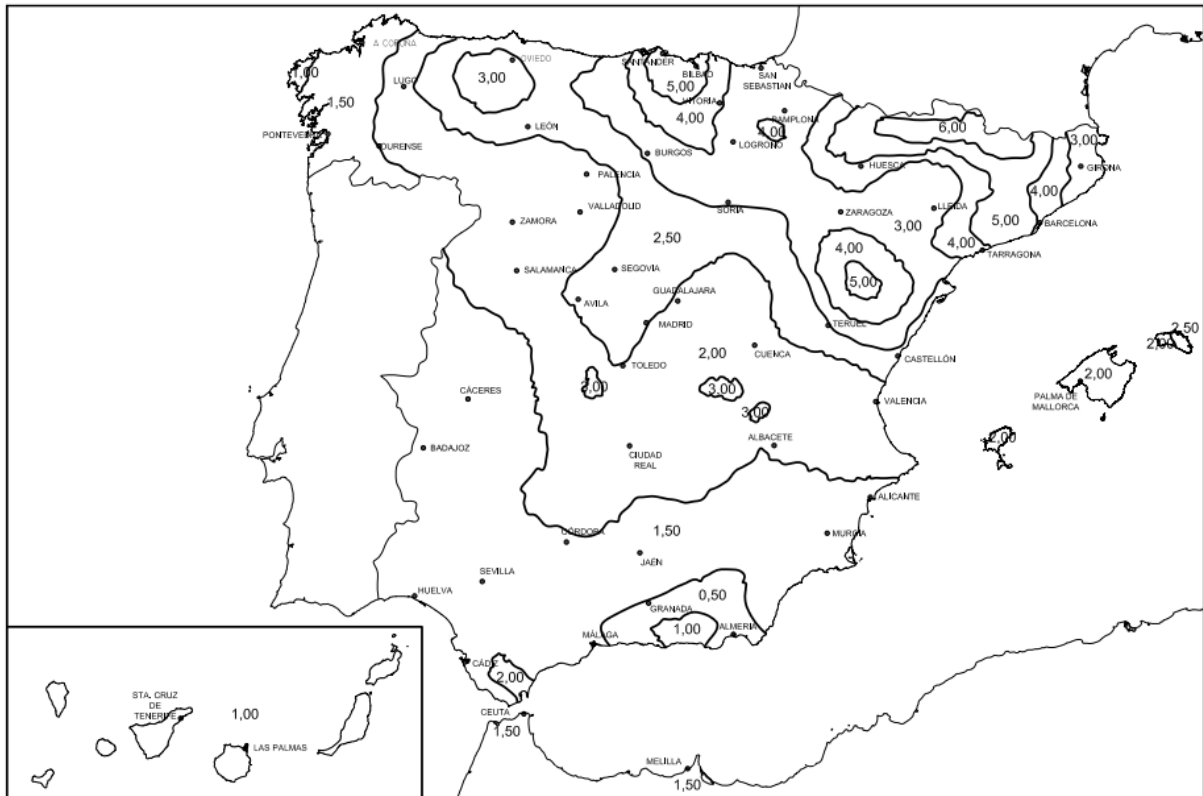


Figura 19. Mapa de densitat d'impactes de llamps sobre el terreny (Ng) (Font: DB SUA 8, 2019).

La superfície de captura equivalent a l'edifici aïllat (A_e), és la delimitada en la Figura 21, on H és l'alçada fins el punt més alt d'un mòdul fotovoltaic. Essent:

$$A_e = (81,74 * 17,94) + 2 * (19,68 * 81,74) + 2 * (19,68 * 17,94) + (\pi * 19,68^2) = 6.606,57 \text{ m}^2$$

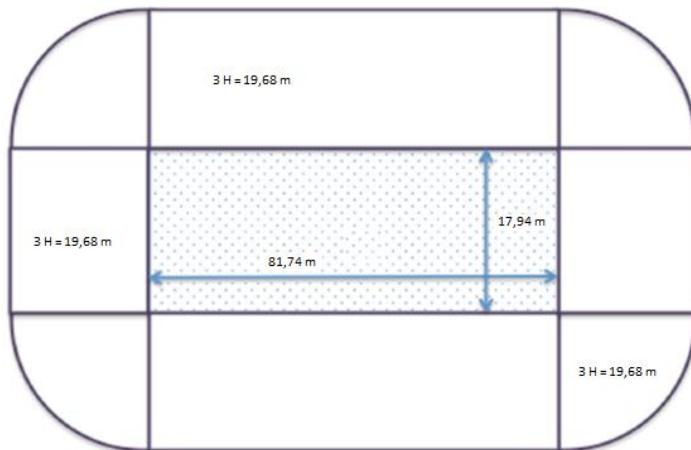


Figura 20. Esquema de la superfície captura equivalent a la granja del Camp dels "Hermanos".

Per últim, cal saber el coeficient relacionat amb l'entorn. Com que l'edifici es troba proper a arbres de la mateixa alçada o més alts, aquest coeficient pren el valor de $C_1 = 0,50$, segons la Taula 1.1 del DB SUA8 del CTE.

Finalment, s'obté que la freqüència esperada d'impactes és de 0,00991 impactes a l'any.

$$N_e = \frac{3 \text{ impactes}}{\text{any} * \text{km}^2} * 6.606,57 \text{ m}^2 * 0,50 * 10^{-6} = 0,00991 \text{ impactes/any}$$

7.10.2. Risc admissible

Pel càlcul del risc admissible s'utilitza fórmula següent:

$$N_a = \frac{5,5}{C_2 * C_3 * C_4 * C_5} * 10^{-3}$$

On:

- N_a , és el risc admissible (impactes/any).
- C_2 , és el coeficient en funció del tipus de construcció (adimensional).
- C_3 , és el coeficient en funció del tipus de contingut de l'edifici (adimensional).
- C_4 , és el coeficient en funció de l'ús de l'edifici (adimensional).
- C_5 , és el coeficient en funció de la necessitat de continuïtat en les activitats que es desenvolupen en l'edifici (adimensional).

Abans de procedir al càlcul però, s'han de determinar els coeficients. La nau consta d'una estructura de formigó prefabricat i una coberta metàl·lica, a més, l'edifici no té un contingut altament inflamable. L'ús d'aquest és considerat com un edifici no ocupat habitualment per persones i no és un edifici relacionat amb un servei imprescindible (hospitals, bombers,...) o que pugui causar un impacte ambiental greu. Per tant, rep una classificació de: resta d'edificis, d'acord amb el DB SUA8 del CTE. Segons les taules 1.2-1.5 del DB SUA8 del CTE, els coeficients prenen els valors següents: $C_2 = 1,00$; $C_3 = 1,00$; $C_4 = 0,50$; $C_5 = 1,00$. Finalment, s'obté que el risc d'impacte és de 0,011 impactes a l'any.

$$N_a = \frac{5,5}{1,00 * 1,00 * 0,50 * 1,00} * 10^{-3} = 0,011 \text{ impactes/any}$$

7.10.3. Determinació de la necessitat de parallamps

No és obligatòria la instal·lació d'un parallamps en la granja estudiada, ja que la freqüència esperada d'impactes és menor al risc admissible ($0,00991 \text{ impactes/any} < 0,011 \text{ impactes/any}$).

Finalment, es determina l'eficàcia requerida per a una instal·lació de protecció contra llamps, si fos el cas, mitjançant la següent fórmula:

$$E = 1 - \frac{N_a}{N_e} = 1 - \frac{0,00991 \text{ impactes/any}}{0,011 \text{ impactes/any}} = 0,90$$

On:

- E , és l'eficiència (adimensional)
- N_a , és el risc admissible (impactes/any).
- N_e , és la freqüència esperada d'impactes (impactes/any).

8. Avaluació de l'estabilitat estructural de la granja

8.1. Accions permanents

8.1.1. Pes propi

Aquesta acció permanent està constituïda pels pesos propis dels elements estructurals, tancaments, elements separadors, revestiments, replens,... El valor característic del pes propi dels elements constructius es determinarà com el seu valor mitjà, obtingut a partir de les dimensions nominals i dels pesos específics mitjos (DB SE-AE CTE, 2009).

La coberta de la granja del Camp dels "Hermanos" estarà elaborada mitjançant panells de fibrociment i l'estructura amb els mòduls fotovoltaics. En la Taula 22, s'observen les característiques d'aquests materials.

Taula 22. Dades de partida de la composició de la coberta.

MATERIAL	kg/m ²	
Placa de fibrociment sense amiant	14,50	
Estructura + mòduls	51,84	
Contrapesos	28,68	
	m	kg/m
Biga VP-22	7,42	34,00

A continuació, es realitzaran els factors de conversió corresponents per passar les dades en kg/m² a kN/m². Després, cal sumar els dos resultats obtinguts i així s'obindrà el pes total de la coberta, essent de 0,9566 kN/m².

$$Pes\ panells = (14,50 + 51,85 + 28,68) \text{ kg/m}^2 = \frac{93,03 \text{ kg}}{\text{m}^2} * \frac{9,8 \text{ N}}{1 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ kN}}{1.000 \text{ N}} = 0,9116 \text{ kN/m}^2$$

$$Pes\ bigues = \frac{34 \text{ kg/m}}{7,42 \text{ m}} = \frac{4,58 \text{ kg}}{\text{m}^2} * \frac{9,8 \text{ N}}{1 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ kN}}{1.000 \text{ N}} = 0,0449 \text{ kN/m}^2$$

$$Pes\ coberta = 0,9116 + 0,0449 = 0,9566 \text{ kN/m}^2$$

8.2. Accions variables

8.2.1. Sobre càrrega d'ús

La sobrecàrrega d'ús és el pes de tot el que pot gravitar sobre l'edifici per raó del seu ús (DB SE-AE CTE, 2009).

En l'explotació del Camp dels "Hermanos" es té un tipus de coberta accessible només pel manteniment (categoria G) amb una coberta lleugera sobre corretges sense forjat (subcategoria d'ús G1), en el que es té una càrrega uniforme de 0,4 kN/m² i una càrrega puntual d'1 kN (Taula 23).

Taula 23. Valors característics de les sobrecàrregues d'ús (Font: DB SE-AE CTE, 2009).

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

8.2.2. Vent

La distribució i el valor de les pressions que exerceix el vent sobre un edifici i les forces resultants depenen de la forma i de les dimensions de la construcció, de les característiques i de la permeabilitat de la seva superfície, així com de la direcció, de la intensitat i del ratxa del vent (DB SE-AE CTE, 2009).

L'acció de vent, en general és una força perpendicular a la superfície de cada punt exposat, o pressió estàtica, que pot expressar-se com:

$$q_e = q_b * c_e * c_p$$

On la q_b és la pressió dinàmica del vent. De forma simplificada, com a valor en qualsevol punt del territori espanyol, es pot adoptar 0,50 kN/m². c_e és el coeficient d'exposició que té en compte els efectes de les turbulències originades pel relleu i la topografia del terreny. Per a zones rurals accidentades o planes amb alguns obstacles aïllats, com arbres o construccions petites i amb una alçada de 6 m, el valor del coeficient d'exposició és de 2,0. Els coeficients de pressió exterior o eòlic, c_p , depenen de la direcció relativa del vent, de la forma de l'edifici, de la posició d'element considerat i de la seva àrea d'influència (DB SE-AE CTE, 2009).

8.2.2.1. Vent a la coberta

Per a determinar el coeficient eòlic o de pressió de la coberta s'ha utilitzat la Taula D.4 de l'Annex D del DB SE-AE del CTE. En aquest cas es distingeixen les zones en funció de la direcció del vent. El procediment és mostra a continuació.

Primer es defineixen les variables que es determinen tenint en compte la Figura 22. En el projecte es té una coberta amb un pendent del 10%, un angle de 5,71°, i unes dimensions de la cada nau de 81,74 m de llargada i 19,44 m d'amplada.

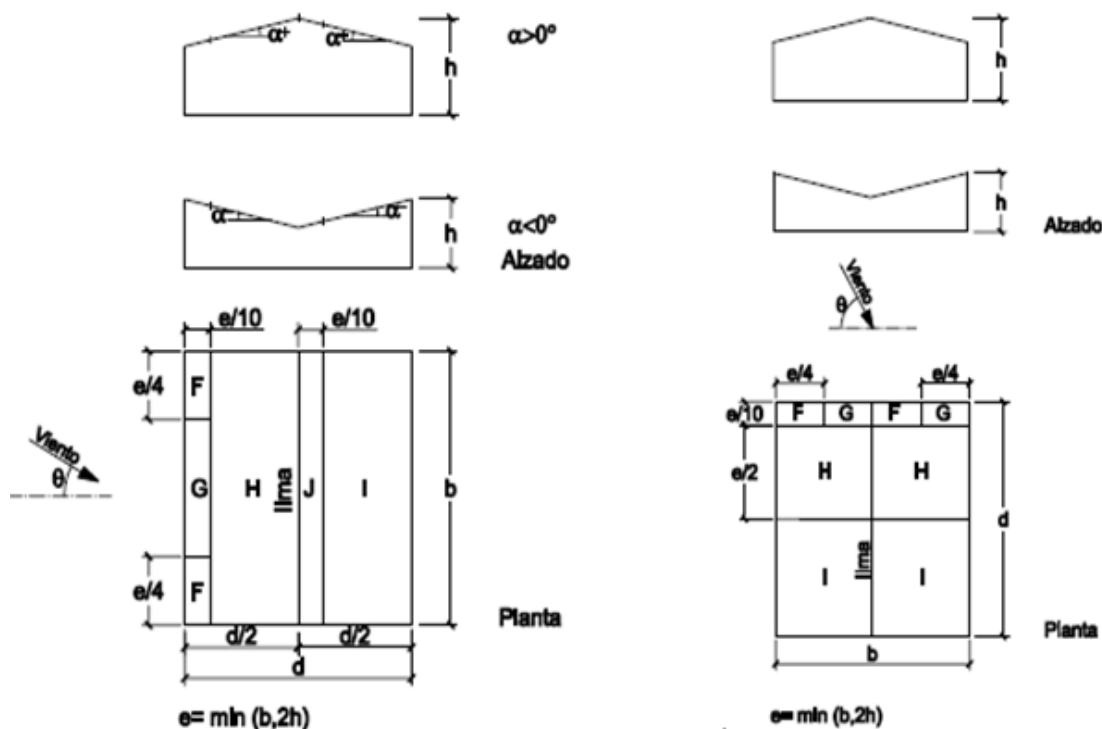


Figura 21. Esquema de les diferents zones d'influència per a cobertes a dues aigües pel vent lateral (esquerre) i frontal (dreta) (Font: DB SE-AE, 2009).

- **Planta**

La planta, correspon a la representació de la granja sobre un pla horitzontal, sense perspectiva. La granja tindrà una longitud en el sentit transversal de la coberta de 19,44 m, correspon a la lletra "d", i una longitud, en el sentit longitudinal de la coberta, de 81,74 m, correspon a la lletra "b" de la Figura 20. A continuació es realitza el càlcul corresponent per a poder determinar les àrees de "h" i "i".

$$e = \min(b; 2h) = \min(81,74 ; 10) = 10 \text{ m}$$

- **Alçats**

Els alçats són la representació de la façana de la granja, sense tenir en compte la perspectiva. Pel que fa a l'alçada des de la part més inferior de la nau, fins al carener (part més alta de la coberta) hi ha 5 m, correspon a la lletra "h" de la Figura 20. A partir d'aquestes dades es defineix la magnitud de les àrees d'influència, segons la zona que li correspon i que s'ha indicat a l'esquema anterior. Cal dir que només interessin les àrees de "H" i "I".

Tenint en compte la Taula 24, es determina el valor del coeficient eòlic. Per a la coberta del present projecte cal considerar una inclinació de 5º, ja que es té un angle de 5,71º.

Taula 24. Valors dels coeficients de pressió exterior o eòlic, c_p , de les diferents zones d'influència per a cobertes a dues aigües pel vent lateral (taula superior) i frontal (taula inferior) (Font: DB SE-AE CTE, 2009).

Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	≥ 10	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	≤ 1	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	≤ 1	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	≤ 1	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	≥ 10	-2,3	-1,2	-0,8	0,2	0,2
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	0,2	0,2
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
30°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
45°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
60°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
75°	≥ 10	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$			
		F	G	H	I
-45°	≥ 10	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
-30°	≥ 10	-1,5	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,1	-2,0	-1,3	-1,2
-15°	≥ 10	-1,9	-1,2	-0,8	-0,8
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
-5°	≥ 10	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
5°	≥ 10	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,2	-2,0	-1,2	-0,6
15°	≥ 10	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5
30°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
45°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
60°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5
75°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5

- **Vent lateral**

El vent lateral afecta les façanes, i aquests han de realitzar un cert esforç per tal que el vent no tinguin efecte en l'equilibri de la granja. A continuació es realitzen els càlculs corresponents a les àrees de "H" i "I" de la Figura 20 i es multipliquen per "b", que correspon a la longitud en sentit longitudinal de la coberta.

- Zona "H"

$$A = \left(\frac{d}{2} - \frac{e}{10}\right) * b = \left(\frac{19,44 \text{ m}}{2} - \frac{10 \text{ m}}{10}\right) * 81,74 \text{ m} = 712,77 \text{ m}^2 \geq 10 \text{ m}^2$$

$$cp = -0,6 \text{ i } 0$$

- Zona "I"

$$A = \left(\frac{d}{2} - \frac{e}{10}\right) * b = \left(\frac{19,44 \text{ m}}{2} - \frac{10 \text{ m}}{10}\right) * 81,74 \text{ m} = 712,77 \text{ m}^2 \geq 10 \text{ m}^2$$

$$cp = -0,6$$

- **Vent frontal**

El vent frontal afecta els alçats de la nau, i en aquest cas, a diferència del vent lateral, no es multiplicarà per "b" sinó la meitat d'aquest, que correspon a la longitud en sentit longitudinal de la coberta, ja que no hi té efecte. A continuació es realitzen els càlculs corresponents a les àrees de "H" i "I" de la Figura 20.

- Zona "H"

$$A = \frac{e}{2} * \frac{b}{2} = \frac{10 \text{ m}}{2} * \frac{81,74 \text{ m}}{2} = 204,35 \text{ m}^2 \geq 10 \text{ m}^2$$

$$cp = -0,7$$

- Zona "I"

$$A = \frac{d}{2} * \frac{b}{2} = \frac{19,44 \text{ m}}{2} * \frac{81,74 \text{ m}}{2} = 50,59 \text{ m}^2 \geq 10 \text{ m}^2$$

$$cp = -0,6$$

A continuació, s'han d'agafar els valors més extrems (desfavorables) de cp, que són: 0 a pressió i -0,7 a succió. Un cop realitzada la selecció dels valors més desfavorables es calcula l'acció del vent mitjançant la fórmula corresponent.

- **Vent a pressió:** $qe = 0,5 * 2 * 0 = 0 \text{ kN/m}^2$

- **Vent a succió:** $qe = 0,5 * 2 * (-0,7) = -0,7 \text{ kN/m}^2$

8.2.3. Neu

La distribució i la intensitat de la càrrega de neu sobre un edifici, o en particular sobre una coberta, depèn del clima del lloc, del tipus de precipitació, del relleu de l'entorn, de la forma de l'edifici o de la coberta, dels efectes del vent, i dels intercanvis tèrmics en els paraments exteriors (DB SE-AE CTE, 2009).

Com a valor de càrrega de neu per unitat de superfície en projecció horitzontal (q_n) es pot prendre:

$$q_n = \mu * S_k$$

On:

- μ , és el coeficient de forma. Com que es té un angle de $5,71^\circ$, aproximadament 5° , i és $<30^\circ$, el coeficient de forma $\mu = 1$.
- S_k , és el valor característic de la càrrega de neu sobre un terreny horitzontal, en la Taula 25 es pot trobar el seu valor. Com que la granja es troba a la zona de Girona, el valor de $S_k = 0,4 \text{ kN/m}^2$.

Per tant, l'acció de la neu és de $0,40 \text{ kN/m}^2$.

Taula 25. Sobrecàrrega de neu en capitals de província i ciutats autònomes (Font: DB SE-AE CTE, 2009).

Capital	Altitud m	S_k kN/m ²	Capital	Altitud m	S_k kN/m ²	Capital	Altitud m	S_k kN/m ²
Albacete	690	0,8	Guadalajara	680	0,8	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,2	SanSebas- tián/Donostia	0	0,3
Àvila	1.130	1,0	Jaén	570	0,7	Santander	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	0,4	Santander	1.000	0,7
Barcelona	0	0,2	Lérida / Lleida	150	1,2	Segovia	10	0,7
Bilbao / Bilbo	0	0,4	Lugo	380	0,5	Sevilla	1.090	0,2
Burgos	860	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	0	0,9
Cáceres	440	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cádiz	0	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	950	0,2
Castellón	0	0,2	Málaga	0	0,6	Teruel	550	0,9
Ciudad Real	640	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	550	0,5
Córdoba	100	0,6	Orense / Ourense	130	0,2	Valencia/València	0	0,2
Coruña / A Coruña	0	0,4	Oviedo	230	0,4	Valladolid	690	0,4
Cuenca	0	0,2	Palencia	740	0,5	Vitoria / Gasteiz	520	0,7
Gerona / Girona	0	0,3	Palma de Mallorca	0	0,4	Zamora	650	0,4
Granada	1.010	1,0	Palmas. Las	0	0,2	Zaragoza	210	0,4
	70	1,0	Pamplona/Iruña	450	0,2		0	0,5
	690	0,4			0,7	Ceuta y Melilla		0,2
		0,5						

8.3. Estats límits

Es denominen estats límit aquelles situacions per a les que, de ser superades, es pot considerar que l'edifici no compleix algun dels requisits estructurals per a les quals ha estat concebut.

8.3.1. Estat límit últim (ELU)

Els estats límit últims són els que, de ser superats, constitueixen un risc per a les persones, ja sigui perquè produeixen una posada fora de servei de l'edifici o el col·lapse total o parcial d'aquest (DB SE CTE, 2009).

Com estats límit últims han de considerar els deguts a (DB SE, 2009):

- Pèrdua de l'equilibri de l'edifici, o d'una part estructuralment independent, considerat com un cos rígid.
- Fallada per deformació excessiva, transformació de l'estructura o de part d'ella en un mecanisme, trencament dels seus elements estructurals (inclosos els suports i la fonamentació) o de les seves unions, o inestabilitat d'elements estructurals incloent els originats per efectes dependents del temps (corrosió, fatiga).

El valor de càlcul dels efectes de les accions corresponent a una situació persistent o transitòria, es determina mitjançant combinacions d'accions a partir de l'expressió següent:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

On:

- $\gamma_{G,j}$, és el coeficient de majoració de les accions permanents.
- $G_{k,j}$, és el valor de les accions permanents (kN/m²).
- $\gamma_p \cdot P$, són els valors referents al pretesat, en aquest cas no s'utilitzaran.
- $\gamma_{Q,1}$, és el coeficient de majoració de les accions variables.
- $Q_{k,1}$, és el valor de la càrrega més gran variable (kN/m²).
- $\gamma_{Q,i}$, és el coeficient parcial de seguretat de la resta d'accions variables.
- $\psi_{0,i}$, és el coeficient de simultaneïtat per a cada acció variable.
- $Q_{k,i}$, és el valor de la resta de càrregues variables (kN/m²).

En la Taula 26 s'observen els coeficients parcials de seguretat utilitzats en cada acció i en la Taula 27, s'observen els coeficients de simultaneïtat utilitzats segons el projecte.

Taula 26. Coeficients parcials de seguretat (γ) per les accions (Font: DB SE CTE, 2009).

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

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

Taula 27. Coeficients de simultaneïtat (Ψ) (Font: DB SE CTE, 2009).

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

8.3.2. Estat límit de servei (ELS)

Els estats límit de servei són els que, de ser superats, afecten el confort i al benestar dels usuaris o de terceres persones, al correcte funcionament de l'edifici o a l'aparença de la construcció (DB SE CTE, 2009).

Els estats límit de servei poden ser reversibles i irreversibles. La reversibilitat es refereix a les conseqüències que excedeixin els límits especificats com admissibles, un cop desaparegudes les accions que les han produït. Com estats límit de servei s'han de considerar els relatius a (DB SE-AE, 2009):

- Les deformacions (fletxes, assentaments o enfonsaments) que afectin l'aparença de l'obra, al confort dels usuaris, o al funcionament d'equips i instal·lacions.
- Les vibracions que causin una manca de confort de les persones, o que afectin la funcionalitat de l'obra.
- Els danys o el deteriorament que poden afectar desfavorablement a l'aparença, a la durabilitat o la funcionalitat de l'obra.

Els efectes deguts a les accions de curta durada que poden resultar irreversibles, es determinen mitjançant combinacions d'accions, del tipus denominat característica, a partir de l'expressió següent.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

On:

- $G_{k,j}$, és el valor de les accions permanents (kN/m²).
- P , és el valor referent al pretèsat, en aquest cas no s'utilitzarà.
- $Q_{k,1}$, és el valor de la major càrrega variable (kN/m²).
- $\Psi_{0,i}$, és el coeficient de simultaneïtat per a cada acció variable.
- $Q_{k,i}$, és el valor de la resta de càrregues variables (kN/m²).

8.3.3. Càlcul dels estats límits

Per a realitzar els càlculs dels estats límits últim i de servei s'utilitzaran les seves respectives fórmules combinant totes les accions actuants (pes propi, sobrecàrregues d'ús, vent a pressió, vent a succió i neu) amb els coeficients que s'escaiguin ja siguin favorables, desfavorables o de simultaneïtat. Un cop combinades totes aquestes accions s'obtenen 12 hipòtesis tant per les accions corresponents a la coberta. D'aquestes 12 hipòtesis s'escollirà la que doni com a resultat a una càrrega més desfavorable, ja que així l'estructura resistirà totes les càrregues possibles. A partir d'aquesta càrrega més desfavorable també es podrà obtenir el moment, el tallant i l'axial que provoca.

En la Taula 28 es pot observar com el valor de la càrrega més desfavorable en ELU és de 2,1914 kN/m² i en ELS és de 1,5566 kN/m² cadascuna amb els diferents coeficients de les accions actuants corresponents. Cal destacar que en els 2 estats límits la càrrega més desfavorable no suporta cap acció del vent a pressió.

Taula 28. Càrrega uniforme més desfavorable en ELU i ELS en la coberta.

	col·lapse ↓	desfavorable	pp,ús,vent p, neu			CÀRREGA TOTAL CONTÍNUA (kN/m ²)
ELU	PP (kN/m ²)	ÚS CONT (kN/m ²)		VENT P (kN/m ²)	NEU (kN/m ²)	
Hipòtesi 1	1,291415	0,60		0,00	0,30	2,1914154

	col·lapse ↓	desfavorable	pp,ús,vent p, neu			CÀRREGA TOTAL CONTÍNUA (kN/m ²)
ELS	PP (kN/m ²)	ÚS CONT (kN/m ²)		VENT P (kN/m ²)	NEU (kN/m ²)	
Hipòtesi 1	0,9566	0,40		0,00	0,20	1,556604

8.4. Determinació de l'estabilitat estructural

En el dimensionament de l'estructura d'un edifici, primer, es determinen les seccions de les bigues de la coberta en funció de la separació de les bigues i les accions determinades en ELU i ELS. Després, en funció de l'elecció de la biga de la coberta es dimensionen les jàsseres. A continuació, es dimensionarien els pilars en funció de l'elecció de la jàssera i la determinació de les càrregues variables provocades pel vent lateral que afecten als pilars. Finalment, tenint en compte tots els esforços de l'estructura es dimensionarien les sabates de fonamentació i les riestres.

Un cop entès el funcionament del dimensionament d'una estructura, es procedeix a avaluar si la biga de la coberta està capacitada per suportar els nous esforços amb la implementació dels mòduls fotovoltaics. En la coberta de la granja porcina del Camp dels "Hermanos" es tenen bigues prefabricades, del tipus VP-22 (Taula 29), que tenen una longitud de 5,80 m i que entre elles estan separades 1,40 m.

Taula 29. Característiques tècniques de la biga prefabricada VP-22 (Font: Pujol, 2020).

BIGA	MOMENT ÚLTIM (kNm)	TALLANT ÚLTIM (kN)	RIGIDESA (kNm ²)	LONGITUD MÀXIMA (m)	PES (kg/m)
VP-22	17,24	12,77	2,825	7,58	34

Primerament, es determinen les accions que actuen a sobre de la biga. Com es pot veure en la Taula 29 les càrregues que actuen en la coberta són 2,1914 kN/m² en ELU i 1,5566 kN/m² en ELS. En aquest cas, la biga rep uns esforços verticals per part de la coberta que provoquen una força en forma de tallant i també provoquen un moment. Llavors, utilitzant les fórmules corresponents per a cada esforç, on q és la càrrega uniforme en ELU, es determina el moment màxim i el tallant màxim.

$$M_{\text{màxim}} = \frac{1}{8} * q * l^2 = \frac{1}{8} * \left(\frac{2,1914 \text{ kN}}{\text{m}^2} * 1,40 \text{ m} \right) * 5,80^2 \text{ m}^2 = 12,90 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{màxim}} = \frac{q * l}{2} = \frac{\left(\frac{2,1914 \text{ kN}}{\text{m}^2} * 1,40 \text{ m} \right) * 5,80 \text{ m}}{2} = 8,89 \text{ kN}$$

Un cop obtinguts aquests valors, es procedeix a calcular el moment màxim i tallant màxim en ELS. En aquest cas la càrrega puntual prendrà el valor en ELS i s'obtidran nous valors dels esforços de moment i tallant màxims.

$$M_{\text{màxim}} = \frac{1}{8} * q * l^2 = \frac{1}{8} * \left(\frac{1,5566 \text{ kN}}{\text{m}^2} * 1,40 \text{ m} \right) * 5,80^2 \text{ m}^2 = 9,16 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{màxim}} = \frac{q * l}{2} = \frac{\left(\frac{1,5566 \text{ kN}}{\text{m}^2} * 1,40 \text{ m} \right) * 5,80 \text{ m}}{2} = 6,32 \text{ kN}$$

Comparant els valors de la Taula 16 amb els resultats del tallant màxim i el moment màxim en ELU, es pot observar que la biga tipus VP-22 suporta de sobres aquests esforços. Per tant, es pot dir amb seguretat que la implementació dels mòduls fotovoltaics sobre la coberta del Camp dels "Hermanos" no afecta l'estabilitat estructural de la granja porcina.

9. Estudi bàsic de seguretat i salut

9.1. Objecte de l'estudi bàsic de seguretat i salut

L'estudi bàsic de seguretat i salut es basa en el Reial decret 1627/1997, de 24 d'octubre, en el que s'estableix les disposicions mínimes de seguretat i salut aplicables a les obres de construcció. Amb aquest estudi s'identifiquen, s'analitzen i s'estudien els possibles riscos laborals que puguin ser evitats i la relació dels riscos que no es puguin eliminar, permetent així, l'aplicació de mesures preventives i de proteccions tècniques que controlin i redueixin els riscos laborals a l'obra.

A més, aquest Estudi Bàsic dóna compliment a la Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals, de 8 de novembre. Aquesta Llei té per objecte promoure la seguretat i la salut dels treballadors mitjançant l'aplicació de mesures i el desenvolupament de les activitats necessàries per a la prevenció de riscos derivats de la feina. La Llei 31/1995 els principis generals a la prevenció dels riscos professionals per a la protecció de la seguretat i de la salut, l'eliminació o disminució dels riscos, la informació, la consulta, la participació equilibrada i la formació dels treballadors en matèria preventiva.

9.2. Detalls generals del projecte

Les dades del present projecte són les següents:

- El termini d'execució, aproximada, de l'obra és de 20 dies laborals, sempre que la meteorologia de la zona sigui favorable i es tingui una bona coordinació de les tasques diàries.
- El nombre de treballadors s'estima en 4 treballadors, tenint un muntador d'estructures fotovoltaïques, un electricista, un ajudant d'obra i un gruísta.

Com que en el present projecte es planteja la instal·lació de mòduls fotovoltaïcs a la coberta de la granja porcina, cal tenir en compte que els mòduls són pesats i la seva instal·lació està formada per elements mecànics i elements elèctrics. Per tant, les activitats que es desenvoluparan en el projecte fotovoltaic seran les següents:

- Treballs en alçada i utilització d'un camió amb grua.
- Col·locació de les mesures de protecció.
- Replanteig dels elements de la instal·lació fotovoltaïca.
- Maneig i transport dels materials de la instal·lació fotovoltaïca i aplec d'aquests.
- Treballs en l'estructura de la granja i la coberta.
- Instal·lació de les estructures de suport dels mòduls fotovoltaïcs.
- Col·locació dels mòduls fotovoltaïcs.
- Instal·lació dels quadres elèctrics i estesa del cablejat de la instal·lació fotovoltaïca.
- Connexió dels elements de la instal·lació fotovoltaïca i posada en marxa del sistema fotovoltaïc.

La maquinària i els elements auxiliars que es faran servir en el projecte fotovoltaïc són els següents:

- Camió grua i accessoris pel transport del material.
- Equip de soldadura elèctrica.
- Radials elèctriques.
- Trepants de mà.
- Talla tubs de protecció.
- Martells.
- Politges, eslingues i grillons.
- Bastides sobre cavallets.
- Escala d'alumini i escales de tisora.

- Quadres elèctrics.
- Caixes d'eines.
- Amperímetres de pinces
- Comprovador de seqüència de fases
- Mesurador d'aïllament.
- Mesurador de preses de terra.

En el Reial decret 1627/1997, de 24 d'octubre, en l'Annex 4 apartat 15, es comenta que l'obra ha de disposar de serveis higiènics. En l'explotació del Camp dels "Hermanos" s'opta per llogar un mòdul prefabricat de 2,35 m x 6 m com a vestidor, ja que els vestidors de la granja s'utilitzen com a mesura de bioseguretat de la granja. En el mòdul es tindrà un vestidor, en el qual hi haurà 3 armariets amb claus i 3 cadires per tal que els operaris es puguin canviar la roba de treball. A més, en el mòdul es disposa d'un lavabo i d'una dutxa tancats pels operaris.

Per últim, tenint en compte el Reial Decret 486/1997, en l'Annex VI apartat A.3, comenta que l'obra ha de disposar del material de primers auxilis. Per tant, en el present projecte es disposarà, a l'obra, de una farmaciola portàtil. Aquesta estarà ubicada al mòdul prefabricat i tindran al seu interior, com a mínim, desinfectants i antisèptics autoritzats, gases estèrils, cotó hidròfil, benes, esparadrap, apòsits adhesius, tisores, pinces i guants d'un sol ús. Finalment, es té dos punts d'assistència sanitària, tenint:

- El Centre d'assistència primària (CAP) de Bàscara: Passeig de Catalunya, 10, Bàscara, tenint el següent número de telèfon 972 56 06 28 i 6,20 km de l'obra.
- Hospital de Figueres: Ronda del Rector Arolas, S/N, Figueres, tenint el següent número de telèfon 972 50 14 00 i a una distància de 11,50 km de l'obra.

9.3. Justificació de l'estudi de seguretat i salut

Segons el Reial decret 1627/1997, de 24 d'octubre, sobre disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres de construcció, cal redactar un estudi de seguretat i salut, en la fase d'elaboració del projecte, tenint en compte que es donin alguns dels supòsits següents:

- El pressupost d'execució per contracta (PEC) és inferior a 450.000 €.
- Que la durada estimada sigui superior a 30 dies laborals, emprant-se en algun en algun moment i de forma simultània més de 20 treballadors.
- Que el volum de mà d'obra estimada, entenent per tal la suma dels dies de treball del total dels treballadors en l'obra, sigui superior a 500.
- No és una obra de túnels, galeries, conduccions subterrànies o preses.

En els casos en què els projectes d'obres no s'incloguin en cap dels supòsits anteriors no s'ha de realitzar l'estudi de seguretat i salut, sinó que s'ha de realitzar l'estudi bàsic de seguretat i salut.

9.4. Anàlisi dels riscos laborals

9.4.1. Riscos laborals completament evitables

En la instal·lació fotovoltaica es tenen dos riscos evitables, essent els treballs amb presència de voltatge. Per tal d'evitar aquest risc es requereixen mesures tècniques com talls del subministrament elèctric i una correcta posada a terra. L'altra, són els treballs realitzats en alçada. L'accés a la coberta de la granja es realitza mitjançant una escala, la qual serà ancorada a l'estructura de la granja i, a més, caldrà instal·lar dues línies de vida, un per cada tram de la coberta, per tal que els operaris s'assegurin quan realitzin els treballs en alçada.

9.4.2. Riscos laborables no evitables

En la Taula 30 s'han identificat els riscos laborals no evitables de la instal·lació fotovoltaica del Camp dels "Hermanos". En canvi, en la Taula 31 s'han determinat els riscos laborals en quan al manteniment de la instal·lació fotovoltaica.

Taula 30. Riscos laborals no evitables en una instal·lació fotovoltaica ubicada en la coberta (Font: CEPYME ARAGON, 2012)

RISCOS LABORALS	CAUSES
Caiguda de persones al mateix nivell	Falta d'ordre i neteja de terrats, superfície d'instal·lació o d'emmagatzematge de materials.
	Irregularitats del paviment.
	Maneig o transport de càrregues que impedeixen la visibilitat.
	Sòls que rellisquen o mullats.
	Il·luminació insuficient.
Caiguda de persones al diferent nivell	Treballs sobre escales, bastides o plataformes elevadores.
	Treballs sobre la estructura instal·lada en el teulat o superfície elevada.
	Treballs en la façana.
	Enfonsaments de la coberta.
	Caiguda del captador o la estructura de suport.
Projecció de fragments o de partícules	Treballs amb soldadures.
	Talls de materials.
Cops o talls per objectes o eines	Manipulació d'eines.
	Trencament dels cristalls del mòdul.
	Rebaves de soldadures.
	Vores tallants d'infraestructures o instal·lacions.
	Ús d'una serra o radial per el tall de tubs o correccions o adaptacions de l'estructura.
Atrapaments per objectes	Utilització de maquinaria d'elevació o de transport de material; camió grua.
Caiguda d'objectes en manipulació o despreniments	Manipulació de càrregues.
	Maneig d'eines.
	Hissat dels materials.
	Manca d'ordre i neteja.
	Xocs de maquinaria o materials contra la façana o instal·lacions.
Contactes elèctrics	Instal·lació elèctrica, equips i connexions.
	Utilització d'eines elèctriques.
	Contacte entre línies de conducció d'energia elèctrica.
Estrès tèrmic	Condicions meteorològiques adverses: fred, calor, vent, pluja i humitat.
Radiacions no ionitzades	Soldadura.
	Exposició al Sol.
Sobreesforços	Manipulació de càrregues incorrectes.
	Manipulació de grans estructures.

Postures forçades i moviments repetitius	Manipulació de càrregues, subjecció de captadors en espais reduïts i en altura.
	Treballs de precisió amb eines manuals.

Taula 31. Riscos laborals no evitables en el manteniment d'una instal·lació fotovoltaica ubicada en la coberta (Font: CEPYME ARAGON, 2012)

RISCOS LABORALS	CAUSES
Caiguda de persones al mateix nivell	Falta d'ordre i neteja de terrats, superfície d'instal·lació o d'emmagatzematge de materials.
	Irregularitats del terreny o del paviment.
	Maneig o transport de càrregues que impedeixen la visibilitat.
	Sòls que rellisquen o mullats.
	Il·luminació insuficient.
Caiguda de persones al diferent nivell	Treballs sobre escales, bastides o plataformes elevadores.
	Treballs sobre teulats o superfícies elevades.
	Treballs en la façana.
	Enfonsaments de la coberta.
	Moviments, vibracions o caiguda de la superfície de treball en altura.
Projecció de fragments o de partícules	Treballs amb soldadures.
	Talls de materials i estructures.
	Moviments de terra.
	Ús de material pulverulent.
	Muntatge d'estructures, lligat...
Cops o talls per objectes o eines	Manipulació d'eines.
	Trencament dels cristalls del mòdul.
	Rebaves de soldadures.
	Vores tallants d'infraestructures o instal·lacions.
	Ús d'una serra o radial per el tall de tubs o correccions o adaptacions de l'estructura.
Atrapaments per objectes	Utilització de maquinaria d'elevació o de transport de material, com un camió grua.
Caiguda d'objectes en manipulació o despreniments	Manipulació de càrregues.
	Maneig d'eines.
Trepitjades sobre objectes punxants	Falta d'ordre i neteja en els llocs de treball.
	Irregularitats en el lloc de treball.
	Maneig o transport de càrregues que impedeixen la visibilitat.
	Insuficient il·luminació.
Contactes elèctrics	Instal·lació elèctrica, equips i connexions.
	Utilització d'eines elèctriques.
	Contacte entre línies de conducció d'energia elèctrica.
Contacte tèrmic	Soldadura.
	Contacte amb objectes, materials o superfícies calents.
Incendis	Contacte elèctric.
	Causes meteorològiques.

	Mal manteniment d'equips i instal·lacions elèctriques.
	Presència de gasos inflamables.
Estrès tèrmic	Condicions meteorològiques adverses: fred, calor, vent, pluja i humitat.
Exposició a agents químics	Contacte amb materials càustics i corrosius.
	Inhalació de fums i gasos.
	Contacte amb substàncies nocives i perilloses.
	Inhalació de substàncies perilloses.
Radiacions no ionitzades	Soldadura.
	Exposició al Sol.
Soroll	Mal manteniment d'eines.
	Mala insonorització d'equips i maquinària.
	Ús d'equips i maquinària com trepans de mà, radials, camió grua...
Vibracions	Mal manteniment d'eines.
	Mal amortiment d'equips i maquinària.
	Ús d'equips i maquinària com trepans de mà, radials, camió grua...
Sobreesforços	Manipulació de càrregues incorrectes.
	Manipulació de grans estructures.
Postures forçades i moviments repetitius	Manipulació de càrregues, subjecció de captadors en espais reduïts i en altura.
	Treballs de precisió amb eines manuals.

9.4.2.1. Determinació de les mesures preventives per a atrapaments, atropellaments, xocs contra un altre vehicle i bolcades

En la Taula 32 es detallen les mesures preventives a tenir en compte en atrapaments, atropellaments, xocs contra un altre vehicle i bolcades en l'obra.

Taula 32. Mesures preventives per a atrapaments, atropellaments, xocs contra un altre vehicle i bolcades (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES
Exigir que tots els mitjans de transport disposin de pòrtics de seguretat o bastidor antibolcament degudament homologats.
Assegurar que els vehicles i màquines es revisin abans del seu ús.
Si s'ha de transportar càrrega, cal una col·lecció uniforme en el carretó o vehicle que s'utilitzi.
Limitar la velocitat en funció del vehicle que s'utilitzi, la càrrega que es transporta i la zona per la qual es circula.
Evitar canvis de direcció bruscos (viratges amb poc radi, a velocitat excessiva o en la part baixa d'un descens ràpid).
No elevar una càrrega que excedeixi de la capacitat nominal de la màquina.
No embragar ni accelerar bruscament.
Mai situar-se a la zona de maniobres d'una màquina o vehicle; el que condueix ha de comprovar que no hi ha ningú abans d'iniciar la maniobra o el desplaçament.
No baixar del vehicle sense assegurar-se que està correctament parat i amb el fre posat.

9.4.2.2. Determinació de les mesures preventives per a caigudes a diferent nivell

En la Taula 33 es detallen les mesures preventives a tenir en compte en caigudes a diferent nivell en l'obra.

Taula 33. Mesures preventives per a caigudes a diferent nivell (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES
Abans de començar el treball, cal realitzar una inspecció visual de l'equip de protecció individual i, davant de qualsevol dubte sobre la seva seguretat, substituir el que es creguis necessari.
Senyalitzar la zona de treball on existeixi el risc de caiguda.
Extremar les precaucions en treballs sobre cobertes, sostres o teulades amb pendent acusat, especialment si estan humits o reliscosos.
Emprar mesures de protecció col·lectives (baranes o xarxes).
Utilitzar els equips de treball adequats (bastides, escales de mà, plataformes elevadores mòbils).
Utilitzar equips de protecció individual que impedeixin o limitin les caigudes (arnès anticaigudes o cinturó de subjecció al costat d'un element d'amarratge) quan s'hagi d'estar a una alçada superior a 3,50 m, així com la utilització d'un calçat de seguretat amb sola antilliscant.
Respectar i prestar atenció als senyals en zones delimitades, com forats a terra.

9.4.2.3. Determinació de les mesures preventives per a caigudes a mateix nivell i trepitjades sobre objectes

En la Taula 34 es mostren les mesures preventives en matèria de caigudes a un mateix nivell i trepitjades sobre objectes en l'obra.

Taula 34. Mesures preventives per a caigudes al mateix nivell i trepitjades sobre objectes (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES
Mantenir net i ordenat el lloc de treball així com els llocs de pas, lliures de cables, peces, estructures, eines, restes d'enderrocs o retalls de material, que augmentin el risc de caiguda.
Utilitzar botes de seguretat amb sola antilliscant i amb puntera i plantilla metàl·lica.
Senyalitzar els obstacles existents i les diferències de nivell a terra.
Emmagatzemar els materials apilant-los sobre una base sòlida, evitant altures excessives i respectant les zones de pas.
Guardar els materials de poca estabilitat en calaixos o contenidors per impedir la seva caiguda.
Calçar els objectes circulars, com tubs, per evitar que rodin.
Netejar immediatament els vessaments de líquids al terra o cobrir-los amb un compost absorbent i senyalitzar la zona.
Procurar que les zones de circulació i les sortides estiguin senyalitzades i lliures d'obstacles.
Recollir els residus i retalls de material sobrant i dipositar-los en recipients adequats.
Si no hi ha prou il·luminació, cal utilitzar mitjans auxiliars i comunicar aquesta situació perquè es corregeixi.
Evitar les presses i distraccions perquè poden provocar un accident, tenint una bona atenció en quan al desplaçament pel lloc de treball.
Si s'està manipulant alguna càrrega, evitar que aquesta obstaculitzi la visibilitat.

9.4.2.4. Determinació de les mesures preventives per a la caiguda d'objectes en manipulació

En la Taula 35 es detallen les mesures preventives en caigudes d'objectes en manipulació en l'obra.

Taula 35. Mesures preventives per a la caiguda d'objectes en manipulació (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES
Abans d'iniciar la tasca, analitzar quina és l'operació més adequada per realitzar la manipulació d'objectes.
No manipular manualment càrregues pesades, cal utilitzar elements mecànics.
Col·locar correctament la càrrega a transportar.
Posar-se guants i botes de seguretat amb puntera reforçada.
Utilitzar eines, amb una determinada forma, que permeti el major contacte possible amb la mà.
Procurar que les eines ofereixin una distància d'empunyadura menor de 10 cm entre els dits polze i índex.

9.4.2.5. Determinació de les mesures preventives per a les caigudes d'objectes per desprendiments

En la Taula 36 es citen les mesures preventives en l'àmbit de caigudes d'objectes per desprendiments en l'obra.

Taula 36. Mesures preventives per a les caigudes d'objectes per desprendiments (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES
Comprovar que la zona d'hissat es trobi acotada en un perímetre de 2 m.
Assegurar-se que la càrrega queda correctament col·locada, sense que pugui donar lloc a basculaments.
Realitzar un correcte procés d'eslingat, paletitzat i engabiat dels materials.
No situar-se sota de les càrregues suspeses.
Utilitzar casc de protecció, guants i botes de seguretat.
Manejar els aparells d'elevació de càrregues (camió grua, carretó, plataforma elevadora) només si s'està capacitat per a això i autoritzat.
Revisar diàriament l'estat del cable i de les eslingues, detectant esfilagarsats, trencaments o qualsevol altre desperfecte que impedeixi l'ús segur dels mateixos.
Assegurar que el cable està proveït d'un limitador d'alçada, el qual farà clic un interruptor que parará l'elevació abans que el ganxo arribi a colpejar la ploma del "maniquillo" i produeixi la caiguda de la càrrega hissada. El ganxo, al seu torn, ha d'anar proveït d'un pestell de seguretat.
Si a l'iniciar la hissada de la càrrega es nota que hi ha corriments d'aquesta a causa d'una mala fixació de les línies de subjecció, no s'ha de seguir amb la maniobra i cal col·locar-ho correctament.
Realitzar les maniobres d'elevació i descens suaument, sense arrencades ni parades brusques, en sentit vertical i sense balancejar la càrrega.
No transportar càrregues per sobre de la zona de pas de persones o vehicles.
No deixar càrregues suspeses amb la màquina parada.

9.4.2.6. Determinació de les mesures preventives per a contactes elèctrics

En la Taula 37 s'observen les mesures preventives que s'han de tenir en compte per als contactes elèctrics en la instal·lació fotovoltaica.

Taula 37. Mesures preventives per a contactes elèctrics (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES
Senyalitzar la zona de treball on existeixi el risc.
Assegurar que les eines elèctriques com el trepant, la talladora de canonades o radial estiguin dotades de doble aïllament.
Utilitzar eines amb mànecs aïllants.
Si s'utilitza un cable allargador, cal comprovar que l'endoll tingui el mateix nombre de patilles que l'eina elèctrica a la qual serà connectat i que facin connexió estanca entre les dues clavilles.
Si es sospita que alguna eina o equip elèctric presenta algun problema, cal senyalitzar-lo perquè no s'utilitzi fins que sigui revisat per personal competent.
Desconnectar de la xarxa elèctrica les eines i equips abans de procedir a la seva neteja, ajust o manteniment.
Utilitzar clavilles normalitzades per a la connexió de cables elèctrics als quadres d'alimentació.
Comprovar que el corrent estigui tallada quan manipulis les instal·lacions.
Mantenir tots els dispositius i elements que componen una instal·lació elèctrica en correcte estat de funcionament i conservació.
Assegurar que els quadres elèctrics, receptors, clavilles i bases d'endolls estan protegits de contactes en tensió en operacions ordinàries.
Col·locar un senyal en els armaris i quadres elèctrics on es faci referència a l tipus de risc a què s'està exposat.
Allunyar-se de les parts actives de la instal·lació per evitar contactes fortuïts.
Recobrir les parts actives amb l'aïllament apropiat.
Interposar pantalles o elements de seguretat per a impedir tot contacte accidental amb les parts actives de la instal·lació.
Utilitzar l'equip de protecció individual adequat: guants aïllants, mànecs aïllants en les eines, calçat de seguretat amb sola aïllant i catifes o banquetes de seguretat aïllants.

9.4.2.7. Determinació de les mesures preventives per a contactes tèrmics

En la Taula 38 es mostren les mesures preventives en l'àmbit de contactes tèrmics en l'obra.

Taula 38. Mesures preventives per a contactes tèrmics (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES
Utilitzar guants, pantalla de protecció facial o casc integral, davantal i roba adequada que protegeixi de la calor.
Revisar, periòdicament, l'estat dels equips i portar a terme un manteniment adequat.
No tocar les peces recentment soldades o que hagin estat exposades al Sol durant molt de temps.

9.4.2.8. Determinació de les mesures preventives per a cops i talls amb objectes

En la Taula 39 es citen les mesures preventives enfront als cops i talls amb objectes en l'obra.

Taula 39. Mesures preventives per a cops i talls amb objectes (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES
Respectar les instruccions d'ús dels equips o eines i utilitzant-los, únicament, amb la finalitat per al qual estan destinats.
Mantenir inclinada cap avall la part posterior de tubs, escales de mà i materials llargs quan es traslladin de lloc.
Netejar les eines i col·locar-les en els llocs destinats per a això.
Fer servir màquines que compleixin la normativa de seguretat amb el marcatge CE i seguir les instruccions de seguretat indicades pel fabricant.
Emprar dispositius de protecció: barreres, cobertes, dobles comandaments, resguards.
Instal·lar, utilitzar i mantenir de forma adequada la maquinària i substituir la que no reuneixi les condicions adequades.
Assegurar que els equips de treball tenen mànecs segurs i interruptors de seguretat.
Posar-se guants i botes de seguretat.

9.4.2.9. Determinació de les mesures preventives per a incendis

En la Taula 40 es detallen les mesures preventives enfront a possibles incendis en la instal·lació fotovoltaica.

Taula 40. Mesures preventives per a incendis (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES
Exigir la presència d'extintors en els llocs on sigui necessari i comprovar que es realitzin revisions periòdiques dels mateixos.
Assegurar el correcte funcionament dels sistemes elèctrics.
Comprovar que les eines tenen els dispositius de seguretat adequats.

9.4.2.10. Determinació de les mesures preventives per a projeccions de fragments o partícules

En la Taula 41 es citen les mesures preventives en l'àmbit de projeccions de fragments o partícules en l'obra.

Taula 41. Mesures preventives per a projeccions de fragments o partícules (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES
Utilitzar sempre equips amb marcatge CE.
Comprovar que la maquinària disposa de proteccions que evitin la projecció de fragments i partícules.
Seguir les instruccions del fabricant de les eines o equips.
Utilitzar l'elm de soldar o la pantalla de mà durant els treballs de soldadura.
Abans de començar a soldar, comprovar que no transiten persones en l'entorn del lloc de treball.
Posar-se l'equip de protecció adequat a la tasca que vagis a realitzar: ulleres, pantalla facial, guants, davantal, maniguets o polaines.

9.4.2.11. Determinació de les mesures preventives en exposicions a agents químics

En la Taula 42 s'observen les mesures preventives en exposicions a substàncies químiques en l'obra.

Taula 42. Mesures preventives en exposicions a agents químics (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES	
	En els treballs de manteniment i manipulació de bateries, cal evitar entrar en contacte amb les substàncies químiques mitjançant la utilització de guants, pantalles facials i màscares contra àcids.
	Assegurar que el sistema de ventilació general i extracció localitzada de gasos durant els treballs de soldadura sigui suficient i idoni per a l'eliminació de el risc.

9.4.2.12. Determinació de les mesures preventives per a exposicions a temperatures ambientals extremes

En la Taula 43 es mostren les mesures preventives per respecte les exposicions a temperatures ambientals extremes en l'obra.

Taula 43. Mesures preventives per a exposicions a temperatures ambientals extremes (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES	
Clima fred	Utilitzar roba adequada que aïlli del fred, el vent i la humitat, permetent la transpiració i la dissipació de la calor que es genera al treballar, treballant d'una manera més còmode.
	Procurar tenir els peus sempre secs i protegits amb calçat d'abric i impermeable a l'aigua.
	Limitar la durada de l'exposició al fred, augmentant la freqüència dels descansos.
	Realitzar rotació de llocs de treball i de tasques.
	Beure, freqüentment, líquids calents.
Clima calorós	Utilitzar una protecció pel cap (si no és obligatori l'ús de casc) i crema solar a les zones del cos exposades al Sol.
	Disminuir la intensitat de la feina, sobretot, al migdia i realitzar descansos periòdics en llocs frescos i en l'ombra.
	Posar-se roba adequada i transpirable (lleugera, fresca i de colors clars).
	Beure aigua freqüentment i refrescar-se.
	Evitar la ingesta de menjars abundants abans de l'activitat laboral.

9.4.2.13. Determinació de les mesures preventives per a radiacions no ionitzants

En la Taula 44 es descriuen les mesures preventives davant radiacions no ionitzants en l'obra.

Taula 44. Mesures preventives per a radiacions no ionitzants (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES	
	Limitar el temps d'exposició a les radiacions.
	Realitzar controls mèdics periòdics.
	No mirar directament a l'arc voltaic si es realitzen treballs de soldadura elèctrica.
	Utilitzar l'equip de protecció individual: pantalla de mà o de cap en soldadura elèctrica, ulleres o pantalla facial en soldadura amb bufador, guants, polaines i maniguets.

9.4.2.15. Determinació de les mesures preventives per als sorolls

En la Taula 45 es mostren les mesures preventives en matèria de sorolls en l'obra.

Taula 45. Mesures preventives per a sorolls (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES
Utilitzar eines amb el marcatge CE.
Realitzar un manteniment adequat de les màquines i eines.
Posar-se protectors auditius (taps, orel·leres, cascs o auriculars).
Reduir el temps d'exposició al soroll.
Acudir a l'especialista perquè es faci una audiometria de forma periòdica.

9.4.2.16. Determinació de les mesures preventives per a vibracions

En la Taula 46 es detallen les mesures preventives en matèria de vibracions en l'obra.

Taula 46. Mesures preventives per a vibracions (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES
Emprar les eines d'acord amb les especificacions del fabricant.
Subjectar les màquines de forma lleugera, sense agarrar fortament, ja que la transmissió de la vibració es produeix amb major facilitat d'aquesta última manera. La forma d'adherència, tot i ser lleugera, ha de ser consistent amb la naturalesa de la tasca que es porta a terme i les característiques de les màquines.

9.4.2.17. Determinació de les mesures preventives per a postures forçades i moviments repetitius

En la Taula 47 es mostren les mesures preventives en l'àmbit de postures forçades i moviments repetitius en l'obra.

Taula 47. Mesures preventives per a postures forçades i moviments repetitius (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES
Mantenir un ritme de treball adequat.
Procurar adoptar postures correctes.
Intentar rotar les tasques, evitant estar molt temps fent el mateix.
Planificar el treball tenint en compte que la calor i el soroll poden incrementar l'esforç i la fatiga.
Administrar bé el temps de treball, realitzant pauses que evitin la fatiga muscular.
Si s'ha de romandre molt temps ajupit, és millor posar-se de genolleres.
Prestar atenció a l'altura en que es realitzen les feines, cal col·locar suports quan es facin funcions amb els braços per sobre de les espatlles.

9.4.2.18. Determinació de les mesures preventives per a sobreexforços

En la Taula 48 es citen les mesures preventives en matèria de sobreexforços en l'obra.

Taula 48. Mesures preventives per a sobreexforços (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES
Abans d'iniciar una tasca, cal informar-se sobre la millor manera de realitzar la tasca per reduir la possibilitat de lesions.

Valorar quin pot ser el seu pes aproximat, on és el seu centre de gravetat, així com l'estat del seu embalatge i la fermesa dels agafadors. Cal prestar atenció a les peces o parts sortints de les càrregues o, si és possible, eliminar-les.
No s'ha de manipular una càrrega quan les mans o la càrrega estiguin impregnades d'alguna substància lliscant.
No s'han d'aixecar objectes de més de 25 kg.
Si la càrrega és molt pesada o voluminosa, cal demanar ajuda a altres companys.
Si es manipula la càrrega amb l'ajuda d'una altra persona, cal evitar les rotacions brusques. Per tant, s'ha de fer de manera sincronitzada i mantenint-se sempre en un mateix costat de la càrrega.
Emprar, sempre que sigui possible, mitjans auxiliars per transportar objectes com carretons o portapalets; principalment si les càrregues són pesades, voluminoses o si la freqüència amb què aquestes es manipulen és alta.
Posar-se els equips de protecció adequats (proteccions lumbar, guants, calçat de seguretat).

9.4.2.19. Determinació de les mesures preventives per a l'ús d'escales de mà

En la Taula 49 es determinen les mesures preventives per a l'ús de les escales de mà durant l'obra.

Taula 49. Mesures preventives per a l'ús de les escales de mà (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES
Abans de pujar, cal comprovar que la base de l'escala està sòlidament assentada.
Comprovar que l'escala de mà està en bones condicions i que s'utilitza de forma adequada, evitant enfonsaments i esllavissades a través de l'ús de dispositius antilliscants, ganxos de subjecció o dispositius antiobertura en les escales de tipus tiora.
Pujar i baixar de cares a l'escala, utilitzant les dues mans per agafar-se als esglaons (no als travessers).
Si s'han de pujar eines, cal utilitzar bosses, bandoleres o cinturons especials per al seu transport, de manera que sigui possible l'ascens i descens amb les mans lliures.
Per a treballs de més de 3,50 m d'alçada, cal utilitzar cinturó de seguretat ancorant a un punt estable.
Quan s'utilitza una escala vertical, cal comprovar que els punts superiors de suport de l'escala sobrepassen el lloc el qual es vol pujar, almenys en 1 m. A més, cal col·locar l'escala formant un angle de, aproximadament, 75º amb el terra i impedit el lliscament dels peus de l'escala durant la seva utilització, ja sigui mitjançant la fixació de la part superior o inferior dels travessers o mitjançant qualsevol dispositiu antilliscant.
En el cas que l'escala tingues rodes, es necessita immobilitzar les rodes abans de pujar sobre ella.
Si s'ha de pujar a una escala formada per diversos elements adaptables o extensibles, cal assegurar que aquests elements estiguin immobilitzats.
Si s'utilitza una escala de tiora o doble, cal assegurar que tingui cadenes o cables que impedeixin una obertura massa àmplia al ser utilitzada i que porti topalls a l'extrem superior.
Quan s'està sobre l'escala no es poden intentar aconseguir punts allunyats que obliguin a estirar-se, amb el consegüent risc de caiguda. El millor és desplaçar l'escala fins al nou punt de treball, tantes vegades com sigui necessari.
Si és imprescindible que es treballi des de dalt de l'escala, cal utilitzar el cinturó de seguretat subjectant a un punt fix, de resistència adequada, situat fora de l'escala i, preferentment, per sobre de la posició en què s'està, de manera que la caiguda lliure estigui limitada sempre a un màxim de 0,50 m.
No s'ha de pujar de manera simultània per una escala de mà.

Mai s'ha de fer servir l'escala com a suport o passarel·la per a la construcció de bastides.
Transportar l'escala plegada o amb els trams extensibles recollits i portar la part davantera cara avall.

9.4.2.20. Determinació de les mesures preventives per a l'ús de bastides

En la Taula 50 es detallen les mesures preventives en l'ús de bastides durant l'obra.

Taula 50. Mesures preventives en l'ús de bastides (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES
Abans de pujar a una bastida, cal comprovar que està correctament muntat.
Assegurar que l'amplada de la plataforma sigui de, al menys 60 cm, així com que estigui col·locada una barana de 90 cm d'altura en tot el perímetre de la plataforma, formada per passamans, llistó intermedi i sòcol. En el cas de bastides penjades, l'alçada de la barana al costat de la paret pot ser de 70 cm.
Posar-se el cinturó de seguretat amb arnès anticaigudes ancorat en un punt fix de resistència adequada, independent de la bastida.
Utilitzar calçat de seguretat amb sola antilliscant.
Mai s'ha de fer una bastida de "cavallet" sobre les plataformes ni utilitzar bidons o caixes.

9.4.2.21. Determinació de les mesures preventives en sistemes d'anticaigudes

En la Taula 51 es detallen les mesures preventives en sistemes d'anticaigudes durant l'obra.

Taula 51. Mesures preventives en sistemes d'anticaigudes (Font: IFES, 2009).

MESURES PREVENTIVES
Comprovar que el sistema de línia de vida tingui el marcatge CE.
Assegurar un bon estat del material (absència de fils trencats o osques en els connectors).
Evitar que les cordes es puguin canviar la configuració al voltant dels obstacles.
Limitar la utilització de la corda a un temps determinat.
A partir de la data de fabricació, la resistència de les cordes disminueix progressivament en funció de l'ús que se'ls doni.
Procurar que no hi hagi contacte de les cordes amb l'aigua, ja que redueix la seva resistència fins a un 10% i evitar, en la mesura possible, la seva exposició als raigs solars.
Verificar, diàriament, l'equip de protecció anticaigudes.
Evitar desgast en l'equip, en particular per contactes i fregaments amb arestes o superfícies rugoses, superfícies calentes, corrosives o susceptibles de greixar els mecanismes.
No utilitzar equips que hagin patit una caiguda, sense que hagin estat revisats prèviament.
Utilitzar casc, roba de treball, guants i calçat de seguretat.
Després de la seva utilització, cal sacar l'equip si està mullat i guardar-lo en un lloc que el protegeixi de les inclemències atmosfèriques, llum i altres possibles agents agressius.
Assegurar que els equips es revisin periòdicament.
Treballar sempre amb la màxima precaució i sense excés de confiança.

9.4.3. Senyalització de seguretat i salut

El Reial decret 485/1997, de 14 d'abril, estableix les disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en l'obra. En aquest document es determinen les diferents senyalitzacions encaminades a un determinat objecte, activitat o situació, i aquestes proporcionen una indicació o una

obligació en matèria de seguretat i salut mitjançant un senyal en forma de panell, un color, un senyal lluminós o acústic, una comunicació verbal o una gestualitat.

Primerament, l'elecció del tipus de senyal, del nombre i emplaçament dels 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 del senyal.
- Els riscos, elements o circumstàncies que hagin de senyalitzar.
- L'extensió de la zona a cobrir.
- El nombre de treballadors afectats.

En l'explotació dels Camp dels "Hermanos" es disposarà dels següents senyals:






- En forma de panell
 - Senyals d'advertència, que són triangulars amb un pictograma negre sobre fons groc i vores negres, per la presència de càrregues suspeses, d'obstacles per risc de caiguda i risc elèctric.
 - Senyals de prohibició, que són rodones amb un pictograma blanc sobre fons blau, per a l'entrada prohibida a persones no autoritzades.
 - Senyals relatives als equips de lluita contra incendis, que són rectangulars o quadrats amb un pictograma blanc sobre fons vermell, per als extintors.
 - Senyals de salvament o socors, que són rectangulars o quadrats amb un pictograma blanc sobre fons verd, per a les farmacioles portàtils.
- Comunicacions verbals

Per tal d'alertar als treballadors o a tercers de l'aparició d'una situació de perill i de la urgent necessitat d'actuar d'una manera determinada o d'evacuar la zona de perill, es realitzarà mitjançant la comunicació verbal. Si la comunicació verbal s'utilitza en lloc o com a complement de senyals gestuals (Figura 23), caldrà utilitzar paraules com ara, per exemple:

- Començament: per indicar la presa de comandament.
- Aturar: per interrompre o finalitzar un moviment.
- Fi: per finalitzar les operacions.
- Hissar: per hissar una càrrega.
- Baixar: per baixar una càrrega.
- Avançar, retrocedir, a la dreta, a l'esquerra: per indicar el sentit d'un moviment (el sentit d'aquests moviments ha de, si s'escau, coordinar-se amb els corresponents codis gestuals)
- Perill: per efectuar una aturada d'emergència.
- Ràpid: per accelerar un moviment per raons de seguretat.

Significado	Descripción	Ilustración
Comienzo: Atención. Toma de mando.	Los dos brazos extendidos de forma horizontal, las palmas de las manos hacia adelante.	
Alto: Interrupción. Fin del movimiento.	El brazo derecho extendido hacia arriba, la palma de la mano derecha hacia adelante.	
Fin de las operaciones.	Las dos manos juntas a la altura del pecho.	

Significado	Descripción	Ilustración
Subir.	Brazo derecho extendido hacia arriba, la palma de la mano derecha hacia adelante, describiendo lentamente un círculo.	
Bajar.	Brazo derecho extendido hacia abajo, palma de la mano derecha hacia el interior, describiendo lentamente un círculo.	
Distancia vertical.	Las manos indican la distancia.	

Significado	Descripción	Ilustración
Avanzar.	Los dos brazos doblados, las palmas de las manos hacia el interior, los antebrazos se mueven lentamente hacia el cuerpo.	
Retroceder.	Los dos brazos doblados, las palmas de las manos hacia el exterior, los antebrazos se mueven lentamente, alejándose del cuerpo.	
Hacia la derecha: Con respecto al encargado de las señales.	El brazo derecho extendido más o menos en horizontal, la palma de la mano derecha hacia abajo, hace pequeños movimientos lentos indicando la dirección.	
Hacia la izquierda: Con respecto al encargado de las señales.	El brazo izquierdo extendido más o menos en horizontal, la palma de la mano izquierda hacia abajo, hace pequeños movimientos lentos indicando la dirección.	
Distancia horizontal.	Las manos indican la distancia.	


Significado	Descripción	Ilustración
Peligro: Alto o parada de emergencia.	Los dos brazos extendidos hacia arriba, las palmas de las manos hacia adelante.	
Rápido.	Los gestos codificados referidos a los movimientos se hacen con rapidez.	
Lento.	Los gestos codificados referidos a los movimientos se hacen muy lentamente.	

Figura 22. Gestos codificados per una bona comunicació en l'obra (Font: Reial decret 485/1997, 1997).

9.4.4. Proteccions individuals

En la Taula 52 s'identifiquen els equips de protecció individual que es requereixen en l'obra de la instal·lació fotovoltaica del Camp dels "Hermanos". En l'Annex I del Reial decret 773/97, de 30 de maig, de disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la utilització dels equips de protecció individual, es defineix un llistat indicatiu i no exhaustiu dels equips de protecció individual a utilitzar.

Taula 52. Determinació dels equips de protecció individual dels treballadors de l'obra.

	EQUIPS DE PROTECCIÓ INDIVIDUAL
Protectors del cap	Cascos de seguretat
	Roba de protecció pel cap
Protectors auditius	Taps
	Protectors auditius acoblats als cascos de protecció industrial
Protectors dels ulls i de la cara	Ulleres de muntura universal
	Pantalles per soldadura
Proteccions de la vies respiratòries	Equips filtrants mixtes
Proteccions de mans i braços	Guants contra les agressions mecàniques
	Guants contra les agressions químiques
	Guants contra les agressions d'origen elèctric
	Guants contra les agressions d'origen tèrmic
Protectors de peus i cames	Calçat de seguretat
	Calçat en front a la electricitat
	Genolleres
Protectors de la pell	Cremes de protecció i pomades
Proteccions totals del cos	Equips de protecció contra les caigudes d'alçada
	Dispositius anticaigudes lliscants
	Arnesos
	Cinturons de subjecció
	Dispositius anticaigudes amb amortidor
	Roba de protecció
	Roba de protecció contra les agressions mecàniques (perforacions, talls)
	Roba de protecció contra les agressions químiques
	Roba de protecció contra fonts de calor intensa o estrès tèrmic
	Roba de protecció contra baixes temperatures

9.4.5. Formació del personal en riscos laborals

La Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals determina que:

- En el compliment del deure de protecció, l'empresari ha de garantir que cada treballador rebi una formació teòrica i pràctica, suficient i adequada, en matèria preventiva, tant en el moment de la seva contractació com quan es produeixin canvis en les funcions que exerceixi o s'introdueixin noves tecnologies o canvis en els equips de treball. La formació s'ha de centrar específicament en el lloc de treball o en funció de cada treballador, adaptar-se a l'evolució dels riscos i a l'aparició d'altres nous i repetir-se periòdicament, si fos necessari.
- La formació a què es refereix l'apartat anterior s'ha d'impartir, sempre que sigui possible, dins de la jornada de treball o, si no, en altres hores però amb el descompte en aquella del temps invertit en la mateixa. La formació es podrà impartir per l'empresa amb mitjans propis o concertada amb serveis externs, i el seu cost no recaurà en cap cas sobre els treballadors.

9.5. Obligacions dels promotor

En les obres incloses en l'àmbit d'aplicació del Reial decret 1627/1997, de 24 d'octubre, sempre que en l'elaboració del projecte d'obra intervinguin diversos projectistes, el promotor designarà un coordinador en matèria de seguretat i de salut durant l'elaboració del projecte d'obra. El mateix passa, quan en l'execució de l'obra intervingui més d'una empresa, o una empresa i treballadors autònoms o diversos treballadors autònoms, ja que el promotor ha de designar un coordinador en matèria de seguretat i salut durant l'execució de l'obra.

9.5.1. Obligacions dels coordinadors en matèria de seguretat i salut

El coordinador en matèria de seguretat i salut durant l'execució de l'obra ha de desenvolupar les funcions següents:

- Coordinar l'aplicació dels principis generals de prevenció i de seguretat:
 - Prendre les decisions tècniques i d'organització amb la finalitat de planificar els diferents treballs o fases de treball que vagin a desenvolupar-se simultàniament o successivament.
 - Estimar la durada requerida per a l'execució d'aquests diferents treballs o fases de treball.
- Coordinar les activitats de l'obra per garantir que els contractistes i els subcontractistes i els treballadors autònoms apliquin de manera coherent i responsable els principis de l'acció preventiva que es recullen en l'article 15 de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de Riscos Laborals durant l'execució de l'obra i, en particular, en les tasques o activitats a què es refereix l'article 10 del Reial decret 1627/1997, de 24 d'octubre.
- Aprovar el pla de seguretat i salut elaborat pel contractista i realitzar les modificacions introduïdes en el mateix. D'acord amb el que disposa l'últim paràgraf de l'apartat 2 de l'article 7 del Reial decret 1627/1997, de 24 d'octubre, la direcció facultativa assumirà aquesta funció quan no fos necessària la designació de coordinador.
- Organitzar la coordinació d'activitats empresarials prevista en l'article 24 de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, de Prevenció de Riscos Laborals.
- Coordinar les accions i funcions de control de l'aplicació correcta dels mètodes de treball.
- Adoptar les mesures necessàries perquè només les persones autoritzades puguin accedir a l'obra. Cal dir que la direcció facultativa assumirà aquesta funció quan no fos necessària la designació de coordinador.

9.5.2. Pla de seguretat i salut en el treball

Cada contractista elaborarà un pla de seguretat i salut en el treball en el qual s'analitzin, estudiïn, desenvolupin i complementin les previsions contingudes en estudi bàsic, en funció del seu propi sistema d'execució de l'obra. En aquest pla s'inclouran, si s'escau, les propostes de mesures alternatives de prevenció que el contractista proposi amb la corresponent justificació tècnica, que no podran implicar disminució dels nivells de protecció previstos en estudi bàsic.

El pla de seguretat i salut haurà de ser aprovat, abans de l'inici de l'obra, pel coordinador en matèria de seguretat i de salut durant l'execució de l'obra.

En relació amb els llocs de treball en l'obra, el pla de seguretat i salut en el treball a què es refereix constitueix l'instrument bàsic d'ordenació de les activitats d'identificació i en l'avaluació dels riscos i planificació de l'activitat preventiva a què es refereix el capítol II de Reial decret 1627/1997, de 24 d'octubre, pel qual s'aprova el Reglament dels serveis de prevenció.

El pla de seguretat i salut podrà ser modificat pel contractista en funció del procés d'execució de l'obra, de l'evolució dels treballs i de les possibles incidències o modificacions que puguin sorgir al llarg de l'obra, però sempre amb l'aprovació, abans de l'inici de l'obra, els qui intervinguin en l'execució de l'obra, així com les persones o òrgans amb responsabilitats en matèria de prevenció en les empreses intervinents en la mateixa i els representants dels treballadors, podran presentar, per escrit i de forma raonada, els suggeriments i alternatives que estimin oportunes. A aquest efecte, el pla de seguretat i salut estarà en l'obra a disposició permanent dels mateixos.

Així mateix, el pla de seguretat i salut estarà en l'obra a disposició permanent de la direcció facultativa.

9.6. Obligacions dels contractistes i subcontractistes

Els contractistes i subcontractistes estan obligats a:

- Aplicar els principis de l'acció preventiva que es recullen en l'article 15 de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals, en particular en desenvolupar les tasques o activitats indicades en l'article 10 del Reial decret 1627/1997, de 24 d'octubre.
- Complir i fer complir al seu personal el que s'estableix el pla de seguretat i salut.
- Complir la normativa en matèria de prevenció de riscos laborals, tenint en compte les obligacions sobre coordinació d'activitats empresarials previstes en l'article 24 de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals, així com complir les disposicions mínimes establertes en l'annex IV del Reial decret 1627/1997, de 24 d'octubre, durant l'execució de l'obra.
- Informar i proporcionar les instruccions adequades als treballadors autònoms sobre totes les mesures que s'hagin d'adoptar pel que fa a la seva seguretat i salut en l'obra.
- Atendre les indicacions i complir les instruccions de coordinador en matèria de seguretat i de salut durant l'execució de l'obra o de la direcció facultativa.

Els contractistes i els subcontractistes seran responsables de l'execució correcta de les mesures preventives fixades en el pla de seguretat i salut pel que fa a les obligacions que els corresponguin a ells directament o als treballadors autònoms per ells contractats. A més, els contractistes i els subcontractistes respondran solidàriament de les conseqüències que es derivin de l'incompliment de les mesures previstes en el pla, en els termes de l'apartat 2 de l'article 42 de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals. Per últim, les responsabilitats dels coordinadors, de la

direcció facultativa i del promotor no lliuraran de les seves responsabilitats als contractistes i als subcontractistes.

9.7. Obligacions dels treballadors autònoms

Els treballadors autònoms han de complir el que estableix el pla de seguretat i salut i estan obligats a:

- Aplicar els principis de l'acció preventiva que es recullen en l'article 15 de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals, en particular en desenvolupar les tasques o activitats indicades en l'article 10 del Reial decret 1627/1997, de 24 d'octubre.
- Complir les disposicions mínimes de seguretat i salut establertes a l'annex IV del Reial decret 1627/1997, de 24 d'octubre, durant l'execució de l'obra.
- Complir les obligacions en matèria de prevenció de riscos que estableix pels treballadors l'article 29, apartats 1 i 2, de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals.
- Ajustar la seva actuació en l'obra conforme als deures de coordinació d'activitats empresarials establerts en l'article 24 de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals, participant en particular en qualsevol mesura d'actuació coordinada que s'hagués establert.
- Utilitzar equips de treball que s'ajustin al que disposa el Reial decret 1215/1997, de 18 de juliol, pel qual s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització pels treballadors dels equips de treball.
- Escollir i utilitzar equips de protecció individual en els termes previstos en el Reial decret 773/1997, de 30 de maig, sobre disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la utilització pels treballadors d'equips de protecció individual.
- Atendre les indicacions i complir les instruccions de coordinador en matèria de seguretat i de salut durant l'execució de l'obra o de la direcció facultativa.

9.8. Llibre d'incidències

A cada centre de treball existirà amb fins de control i seguiment del pla de seguretat i salut un llibre d'incidències que constarà de fulles per duplicat, habilitat a l'efecte. El llibre d'incidències serà facilitat pel Col·legi professional a què pertanyi el tècnic que hagi aprovat el pla de seguretat i salut.

El llibre d'incidències, que haurà de mantenir-se sempre a l'obra, estarà en poder de coordinador en matèria de seguretat i salut durant l'execució de l'obra o en poder de la direcció facultativa. A aquest llibre tindran accés la direcció facultativa de l'obra, els contractistes i subcontractistes i els treballadors autònoms, així com les persones o òrgans amb responsabilitats en matèria de prevenció en les empreses intervinents en l'obra, els representants dels treballadors i els tècnics dels òrgans especialitzats en matèria de seguretat i salut en el treball de les administracions públiques competents, que podran fer anotacions en el mateix.

Un cop efectuada una anotació en el llibre d'incidències, el coordinador en matèria de seguretat i salut durant l'execució de l'obra o la direcció facultativa, han de notificar-la al contractista afectat i als representants dels treballadors d'aquest. En el cas que l'anotació es refereixi a qualsevol incompliment de les advertències o observacions prèviament anotades en aquest llibre per les persones facultades per a això, s'ha de remetre una còpia a la Inspecció de treball i Seguretat Social en el termini de vint hores. En tot cas, s'ha d'especificar si l'anotació efectuada suposa una reiteració d'una advertència o observació anterior o si es tracta d'una nova observació.

9.9. Paralització dels treballs.

Sense perjudici del que preveuen els apartats 2 i 3 de l'article 21 i en l'article 44 de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals, quan el coordinador en matèria de seguretat i salut durant l'execució de l'obra o qualsevol altra persona integrada a la direcció facultativa observés incompliment de les mesures de seguretat i salut, advertirà al contractista del fet, deixant constància de tal incompliment en el llibre d'incidències i quedant facultat per, en circumstàncies de risc greu i imminent per a la seguretat i la salut dels treballadors, disposar la paralització dels talls o de la totalitat de l'obra.

La persona que ordena la paralització haurà de donar compte als efectes oportuns a la Inspecció de Treball i Seguretat Social corresponent, als contractistes i als subcontractistes afectats per la paralització, així com als representants dels treballadors d'aquests.

9.10. Drets dels treballadors

Els treballadors tenen dret a una protecció eficaç en matèria de seguretat i salut en el treball, suposant l'existència d'un correlatiu deure de l'empresari de protecció dels treballadors davant els riscos laborals. Els drets d'informació, consulta i participació, formació en matèria preventiva, paralització de l'activitat en cas de risc greu i imminent i vigilància del seu estat de salut, en els termes previstos en la Llei 31/1995, de 8 de novembre, formen part del dret dels treballadors a una protecció eficaç en matèria de seguretat i salut en el treball.

En compliment del deure de protecció, l'empresari ha de garantir la seguretat i la salut dels treballadors al seu servei en tots els aspectes relacionats amb el treball. A aquests efectes, en el marc de les seves responsabilitats, l'empresari realitzarà la prevenció dels riscos laborals mitjançant la integració de l'activitat preventiva a l'empresa i l'adopció de les mesures necessàries per a la protecció de la seguretat i la salut dels treballadors, amb les especialitats en matèria de pla de prevenció de riscos laborals, avaluació de riscos, informació, consulta i participació i formació dels treballadors, actuació en casos d'emergència i de risc greu i imminent, vigilància de la salut, i mitjançant la constitució d'una organització i dels mitjans necessaris en els termes que estableix el capítol IV de la Llei 31/1995, de 8 de novembre.

A més, l'empresari desenvoluparà una acció permanent de seguiment de l'activitat preventiva amb la finalitat de perfeccionar de manera contínua les activitats d'identificació, avaluació i control dels riscos que no s'hagin pogut evitar i els nivells de protecció existents i disposarà el necessari per a l'adaptació de les mesures de prevenció a les modificacions que puguin experimentar les circumstàncies que incideixin en la realització de la feina.

Les obligacions dels treballadors establertes en la Llei, 31/1995, de 8 de novembre, atribueix funcions en matèria de protecció i prevenció a treballadors o serveis de l'empresa i el recurs al concert amb entitats especialitzades per al desenvolupament d'activitats de prevenció complementaran les accions de l'empresari, sense que per això li eximeixin de l'acompliment del seu deure en aquesta matèria, sense perjudici de les accions que pugui exercitar, si és el cas, contra qualsevol altra persona.

9.11. Normativa aplicable a l'obra

- Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals.
- Llei 54/2003, de 12 de desembre, de reforma del marc normatiu de la prevenció de riscos laborals.
- Llei 32/2006, de 18 d'octubre, reguladora de la subcontractació en el sector de la construcció.

- Reial decret 1109/2007, de 24 d'agost, desenvolupa la Llei 32/2006, de 18 d'octubre, reguladora de la subcontractació en el Sector de la Construcció.
- Reial decret 171/2004, de 30 de gener, pel qual es desenvolupa l'article 24 de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals, en matèria de coordinació d'activitats empresarials.
- Reial decret 1627/1997, de 24 d'octubre, pel qual s'estableixen disposicions mínimes de seguretat i de salut en les obres de construcció.
- Reial decret 39/1997, de 17 de gener, pel qual s'aprova el reglament dels serveis de prevenció.
- Reial decret 485/1997, de 14 d'abril, sobre disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball.
- Reial decret 487/1997, de 14 d'abril, sobre disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la manipulació manual de càrregues que comporti riscos, en particular dorsolumbars, per als treballadors.
- Reial Decret Legislatiu 2/2015, de 23 d'octubre, pel qual s'aprova el text refós de la Llei de l'Estatut dels Treballadors.
- Reial decret 286/2006, de 10 de març, sobre la protecció de la salut i la seguretat dels treballadors contra els riscos relacionats amb l'exposició a soroll.
- Reial decret 1311/2005, de 4 de novembre, sobre la protecció de la salut i la seguretat dels treballadors davant els riscos derivats o que puguin derivar-se de l'exposició a vibracions mecàniques.
- Reial decret 614/2001, de 8 de juny, sobre disposicions mínimes per a la protecció de la salut i seguretat dels treballadors davant el risc elèctric.
- Reial decret 374/2001, de 6 d'abril, sobre la protecció de la salut i seguretat dels treballadors contra els riscos relacionats amb els agents químics durant el treball.
- Reial decret 773/1997, de 30 de maig, sobre disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la utilització dels treballadors d'equips de protecció individual.
- Reial decret 1644/2008, de 10 d'octubre, pel qual s'estableixen les normes per a la comercialització i posada en servei de les màquines.
- Reial decret 1215/1997, de 18 de juliol, pel qual s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització dels treballadors dels equips de treball.
- Reial decret 1215/1997, de 18 de juliol, pel qual s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització dels treballadors dels equips de treball, en matèria de treballs temporals en alçada.

Bàscara, 1 de setembre de 2021

L'estudiant del Grau en Enginyeria Agroalimentària,

Joan Saus i Carpio

10. Repercussions ambientals del projecte

La Llei 21/2013, de 9 de desembre, d'avaluació ambiental, estableix els projectes que estan sotmesos a una avaluació ambiental ordinària, la qual és obligatòria per a les instal·lacions per a la producció d'energia elèctrica a partir de l'energia solar destinada a la seva venda a la xarxa, que no s'ubiquin en cobertes o teulades d'edificis existents i que ocupin més de 100 ha de superfície. A més, també s'identifiquen els projectes que estan sotmesos a una avaluació ambiental simplificada, que són aquelles instal·lacions per a producció d'energia elèctrica a partir de l'energia solar, destinada a la seva venda a la xarxa, no incloses la secció 1a ni instal·lades sobre cobertes o teulades d'edificis o en sòls urbans i que, ocupin una superfície major de 10 ha.

Pel que fa a la normativa de la comunitat autònoma de Catalunya, la Llei 20/2009, de 4 de desembre, de prevenció i control ambiental de les activitats, diu que les activitats sotmeses a règim d'avaluació d'impacte ambiental i d'autorització ambiental, són les instal·lacions fotovoltaïques de superfície superior a 6 ha ubicades a sòl no urbanitzable, d'entre d'altres. A més, les instal·lacions fotovoltaïques amb una superfície inferior a 6 ha i una potència superior a 100 kW, estan sotmeses al règim de comunicació.

Com que la instal·lació fotovoltaïca autònoma del Camp dels "Hermanos" consta de 63.300 W de potència i una superfície de 1.560 m², en la qual s'ubiquen els mòduls fotovoltaïcs i les seves estructures de suport en la coberta de la granja porcina, no es requereix d'avaluació d'impacte ambiental pròpiament dita. A més, aquesta tipologia d'instal·lació fotovoltaïca presenta un impacte ambiental, pràcticament, nul. Si s'analitza el seu impacte, s'observa que l'impacte ambiental és, exclusivament, a l'hora de fabricar els components de la instal·lació fotovoltaïca.

10.1. Incidències ambientals del funcionament de la instal·lació fotovoltaïca

Els principals factors a tenir en compte en l'impacte ambiental són: el soroll, les emissions gasoses a l'atmosfera, la destrucció de la fauna i la flora, els residus tòxics i perillosos.

10.1.1. Sorolls

L'únic aparell que pot generar sorolls és el grup electrogen, però cal dir que el seu ús serà, exclusivament, quan es produeixi un problema en el subministrament d'electricitat en la instal·lació fotovoltaïca. A més, el grup electrogen seleccionat és insonoritzat, reduint considerablement el nivell de sorolls. La resta de components de la instal·lació fotovoltaïca del Camp dels "Hermanos" tenen les següents característiques en matèria de sorolls:

- La generació d'energia, a través dels mòduls fotovoltaïcs, és un procés totalment silenciós.
- L'inversor híbrid i els acumuladors són components que treballen a una alta freqüència, la qual l'ésser humà no té la capacitat de percebre el soroll.

10.1.2. Emissions de gasos a l'atmosfera

La instal·lació fotovoltaïca autònoma genera energia a través dels raigs del Sol, sense el requeriment d'una combustió per tal d'obtenir electricitat. En canvi, el grup electrogen sí que genera emissions a l'atmosfera, ja que en la combustió allibera diòxid de carboni i aigua, però el seu ús serà excepcional, per tant, la contaminació emesa serà baixa.

10.1.3. Destrucció de la fauna i la flora

El grup electrogen és l'únic component de la instal·lació fotovoltaica que pot provocar efectes perjudicials per a la fauna i la flora, ja sigui per les emissions de gasos a l'atmosfera o bé per un possible vessament de la gasoil.

10.1.4. Residus tòxics i perillosos abocats al sistema de sanejament

Pel bon funcionament d'una instal·lació fotovoltaica no es necessita abocar cap mena de líquid a la xarxa de sanejament. A més, la refrigeració d'aquesta tipologia d'instal·lacions es realitza per la convecció natural de l'aire. Cal destacar, que el grup electrogen és l'únic component que pot generar residus tòxics i perillosos, sempre que es produeixi un vessament del gasoil.

10.2. Incidències ambientals en la fabricació dels components de la instal·lació fotovoltaica

Principalment, on es produeixen més emissions de gasos a l'atmosfera i vessaments en el sistema de sanejament és en la fabricació de tots els components de la instal·lació, des dels aparells fins a les estructures i el cablejat.

En el Reial decret 833/1988, de 20 de juliol, s'aprova el Reglament per a l'execució de la Llei 20/1986, bàsica de residus tòxics i perillosos. En aquest document se citen les actuacions en l'àmbit de l'eliminació dels residus en la fabricació d'objectes. La gestió dels residus es realitza, primerament, amb un etiquetatge dels residus i, a posteriori, cal emmagatzemar-los fins que una empresa especialitzada els gestioni. Això provoca un augment significatiu dels costos associat a la fabricació, ja que en el disseny dels processos de fabricació cal tenir en compte els possibles residus, de manera que s'intenta reduir la generació de determinats residus.

10.3. Estalvi d'emissions de CO₂ amb la instal·lació fotovoltaica

La instal·lació fotovoltaica del Camp dels "Hermanos" està formada per 106 mòduls fotovoltaics de 600 Wp cada un, tenint una potència total de 63.300 W. A més, en l'Annex 1 s'ha determinat el consum diari d'electricitat en l'explotació, essent de 131,47 kWh/dia. El consum anual d'electricitat és de 47.986,55 kWh.

$$\text{Consum anual d'electricitat} = \frac{131,47 \text{ kWh}}{\text{dia}} * 365 \text{ dies} = 47.986,55 \text{ kWh}$$

L'IDAE al 2016 va especificar els coeficients de pas de CO₂ sobre l'energia final (0,472 kg CO₂/kWh) i el coeficient de pas d'energia primària sobre l'energia final (0,168 tep/MWh) a Espanya. Per tant, les emissions de CO₂ estalviades són de 22,65 t CO₂ a l'any i les tones equivalents de petroli evitades són de 8,06 tep.

$$\text{Emissions de CO}_2 = 47.986,55 \text{ kWh} * \frac{0,472 \text{ kg CO}_2}{\text{kWh}} * \frac{1 \text{ t}}{1.000 \text{ kg}} = 22,65 \text{ t CO}_2$$

$$\text{Tones equivalent de petroli} = 47.986,55 \text{ kWh} * \frac{1 \text{ MWh}}{1.000 \text{ kWh}} * \frac{0,168 \text{ tep}}{\text{MWh}} = 8,06 \text{ tep}$$

10.4. Integració paisatgística

10.4.1. Elements naturals del paisatge

La instal·lació fotovoltaica del Camp dels “Hermanos” es troba dins la unitat de paisatge número 21 del Catàleg de paisatge de les Comarques Gironines anomenada Terraprim.

Els Terraprimos comprenen un àmbit territorial força extens que es mou entre les comarques de l'Alt Empordà, el Baix Empordà, el Gironès i el Pla de l'Estany. El nom terraprim fa referència al poc gruix del sòl per als conreus i es contraposa al d'aquells terrenys argilosos, de molt gruix i bon conreu, propis de la plana empordanesa (Observatori del Paisatge, 2020).

A l'àrea dels Terraprimos compresa entre el Fluvià, al Nord, i el Ter, al Sud, la successió a l'atzar de turons poc vigorosos esdevé gairebé continuada. Malgrat que les elevacions no formen el peudemont d'una cadena de muntanyes immediata, aquestes són el darrer replà que es va esglaonant des del Puigsacalm fins a la plana empordanesa. Així que, els Terraprimos de l'Empordà, excepcionalment, els seus turons no superen els 175 m d'altitud (Observatori del Paisatge, 2020).

Des d'una perspectiva geològica, el sector Nord-Occidental de l'àrea de Terraprimos correspon a materials pliocènics, on constitueixen glacis, ventalls al·luvials i planes al·luvials formats com a conseqüència de l'enfonsament de la depressió de l'Empordà i del desmantellament dels relleus eocènics adjacents. Per tant, es tracta de materials sedimentats sobre el sòcol eocènic, que en aquest sector es va enfonsar uns quants centenars de metres per causes tectòniques (Observatori del Paisatge, 2020).

Els Terraprimos s'engloben dins el domini de l'alzinar litoral, amb les seves diferents especificitats segons les condicions microclimàtiques locals. Tanmateix, l'explotació dels alzinars ha portat a que aquestes estiguin constituïdes per l'alternança de diverses espècies. Generalment, com a masses mixtes amb espècies com el pi blanc (*Pinus halepensis*), el pi pinyer (*Pinus pinea*), la pinassa (*Pinus nigra*), i la pròpia alzina (*Quercus ilex*) (Observatori del paisatge, 2020).

Pel que fa a la fauna, hi ha una gran diversitat d'espècies a causa dels diferents ambients que es troben en aquesta unitat. En els mosaics agroforestals hi conviuen un gran nombre d'aus atretes pel refugi que ofereix el bosc i l'aliment dels conreus. Hi ha espècies com l'esperver (*Accipiter nisus*), el gamarús (*Strix aluco*), el picot verd (*Picus viridis*), el gaig (*Garrulus glandarius*), la merla (*Turdus merula*), els rossinyols (*Luscinia megarhynchos*), etc. Entre els mamífers destaquen la presència de conills (*Oryctolagus cuniculus*), els senglars (*Sus scrofa*), molt abundants a la zona, mosteles (*Mustela nivalis*) i guilles (*Vulpes vulpes*), així com diverses espècies de talps, musaranyes, rates i ratolins. Entre els rèptils cal citar la colobra (*Natrix maura*), la sargantana vulgar (*Podarcis hispanica*) i el llangardaix comú (*Lacerta lepida*) (Observatori del Paisatge, 2020).

10.4.2. Paisatge actual del lloc

El paisatge dels Terraprimos es caracteritza per l'equilibri existent entre l'espai que ocupen els usos agrícoles i la zona recoberta per vegetació espontània. L'espai agrícola representa el 51,50% de la superfície dels Terraprimos. En canvi, la vegetació espontània ascendeix al 45%. Per tant, la suma de les dues grans cobertes del sòl sobrepasa el 96% de la superfície global. Cal dir que la resta, corresponen a infraestructures i a àrees urbanitzades. Entre els nuclis rurals petits i diminuts, el paisatge dels Terraprimos és influenciat per una abundància presència de masos centenaris dispersos. Als voltants d'alguns d'aquests masos s'han realitzat coberts i altres annexos que corroboren la progressiva orientació ramadera de caràcter intensiu que han pres les explotacions (Observatori del Paisatge, 2020).

Dins l'espai agrícola, els conreus herbacis de secà són els que tenen un gran protagonisme, amb el 40% de l'extensió global dels Terraprimos. Dins la vegetació espontània, els boscos són la coberta més

destacada, amb un 39% de la superfície global, amb una clara preponderància dels boscos de pins sobre els boscos caducifolis i, encara més, respecte als alzinars. Les masses forestals més extenses es corresponen amb els relleus d'una major entitat i menys aptes per l'agricultura. La pràctica totalitat de les masses forestals arbrades dels Terraprimis s'atribueixen a boscos on es barregen alzines i diverses espècies de pins, en proporció diversa, però amb un clar predomini general del pi blanc (Observatori del Paisatge, 2020).

10.4.3. Proposta d'ubicació del projecte

La instal·lació fotovoltaica del Camp dels "Hermanos" s'ubicarà a la parcel·la 71 del polígon 1 del paratge La Serra, en el terme municipal de Pontós, comarca de l'Alt Empordà. Aquesta parcel·la està envoltada per un bosc alzinar amb presències de pins, i un terreny agrícola, que és propietat del Camp dels "Hermanos". Per altra banda, el nucli urbà més proper és el de Pontós situat a uns 1.300 m cap al Sud.

La implementació dels mòduls fotovoltaics es realitzarà sobre la coberta de la granja porcina, ocupant una superfície de 1.560 m². La zona d'implantació de la instal·lació fotovoltaica presenta una visibilitat reduïda a causa que la parcel·la es troba a més de 120 m de l'únic accés al recinte de l'explotació porcina, però cal remarcar que en aquesta ubicació, des de punts llunyans, sobretot des de l'Oest de la parcel·la, es té un impacte visual major per la presència del terreny agrícola, ja que l'alçada dels mòduls respecte a terra, és de 6,58 m. A més, en aquest costat de la parcel·la es tenen uns xiprers en què tenen una alçada de 5 m, amb els quals es redueix l'impacte visual de la implementació dels mòduls sobre la coberta de la granja. En canvi, l'impacte visual, en la part Est de la parcel·la, és molt menor per la presència del bosc, amb el qual no s'observa una fragilitat del paisatge.

En conclusió, cal fer èmfasi en la fragilitat paisatgística, ja que aquesta es veurà afectada a visualment a la part Oest de la parcel·la.

10.4.5. Mesures d'integració

Com que en la instal·lació fotovoltaica es realitza en la coberta de la granja porcina del Camp dels "Hermanos" només es necessiten realitzar mesures d'integració en l'àmbit del paisatge, ja que el sòl i la vegetació no es veuen afectats en el present projecte. Una alternativa a la proposta d'ubicació seria la implementació dels mòduls fotovoltaics sobre un terreny agrícola, però per criteris ambientals i econòmics del promotor no és factible la seva instal·lació. Les mesures correctores que es realitzaran en la instal·lació fotovoltaica del Camp dels "Hermanos" són les següents:

- La instal·lació s'ha de disposar en un mateix pla inclinat, per mantenir una harmonia visual, tenint a la coberta un pendent del 10%.
- Els mòduls panells fotovoltaics han de presentar colors i textures mates, ja que així aquests quedaran integrats visualment amb l'entorn agroforestal de colors freds.

11. Planificació i programació de l'execució

11.1. Planificació de l'obra

La planificació de l'obra s'ha realitzat mitjançant el mètode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), el qual es va desenvolupar el 1958 per la Marina dels Estats Units (EUA). Aquest mètode és una tècnica de planificació, programació i control, la qual es basa en l'estadística i en un graf. El graf és el conjunt de totes les activitats que descriu l'execució d'un projecte, en el que existeix un únic succés d'inici i un únic succés final. Per tal de desenvolupar el mètode PERT (Taula 53), inicialment s'ha determinat el temps PERT de cada activitat amb la següent expressió:

$$t_{ij} = \frac{a + 4 * m + b}{6}$$

On:

- t_{ij} , és el temps PERT (dies)
- a , és la durada optimista (dies).
- m , és la durada més probable (dies).
- b , és la durada pessimista (dies).

Taula 53. Temps PERT de les activitats a realitzar en la instal·lació fotovoltaica del Camp dels "Hermanos".

	ACTIVITATS	TREBALLADORS	ACTIVITATS PRECEDENTS	DURADA (dies)			Temps PERT
				Optimista (a)	Més probable (m)	Pessimista (b)	
A	Aplec dels components de la instal·lació fotovoltaica.	3	-	0,50	1,00	1,50	1,00
B	Col·locació de les mesures de protecció de l'obra.	3	A	0,50	1,00	1,50	1,00
C	Muntatge i subjecció de les estructures de suport dels mòduls fotovoltaics.	3	B	2,00	3,00	4,00	3,00
D	Instal·lació dels mòduls en les estructures de suport.	3	C	1,00	2,00	3,00	2,00
E	Instal·lació dels inversors híbrids, dels acumuladors, dels equips d'interconnexió i del grup electrogen.	1	B	2,00	3,00	4,00	3,00
F	Instal·lació de totes les proteccions de corrent continu i corrent alter del sistema fotovoltaic.	2	D, E	1,00	2,00	3,00	2,00
G	Connexió elèctrica entre els components de la instal·lació fotovoltaica.	2	F	2,00	3,00	4,00	3,00

H	Comprovació exhaustiva i correcta revisió de la instal·lació fotovoltaica.	2	G	1,00	2,00	3,00	2,00
I	Posada en marxa de la instal·lació fotovoltaica.	2	H	0,50	1,00	1,50	1,00
J	Planificació del manteniment de la instal·lació fotovoltaica.	2	I	4,00	5,00	6,00	5,00

El graf PERT, tenint en compte les prelacions de les activitats indicades en la Taula 54, es mostra en la Figura 24.

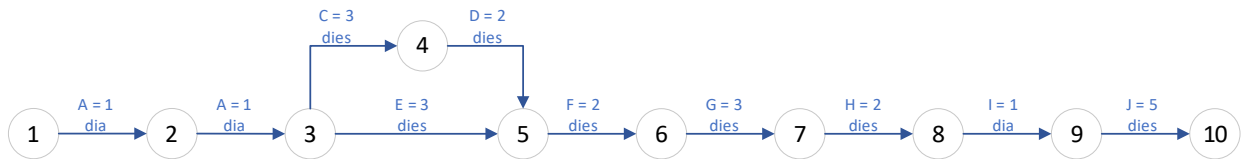


Figura 23. Graf de la planificació de la instal·lació fotovoltaica.

En la Taula 54 es detallen els càlculs dels conceptes del mètode de PERT, que són els següents:

- Temps *early* (t_i): és el mínim temps que ah de passar per arribar a un determinat succés.
- Temps *last* (t_i^*): és el màxim temps el qual es pot arribar a un determinat succés per tal que la durada de l'execució no s'allargui més del previst.
- Temps inicial del succés (t_i).
- Temps final del succés (t_j).
- Activitat és l'execució d'una tasca que exigeix l'ús de recursos (mà d'obra, maquinària i/o materials). En canvi, la activitat crítica és quan una activitat té una folgança total de 0 ($F_{ij}^T = 0$).
- Folgança total d'una activitat (F_{ij}^T): indica el nombre d'unitats de temps que es pot retardar l'execució de l'activitat amb respecte al seu temps PERT previst, sense que la durada total de l'execució del projecte s'augmenti, la qual s'obté de la següent manera: $F_{ij}^T = t_j^* - t_i - t_{ij}$
- Camí crític: és el camí format pel conjunt d'activitats crítiques que transcorres des del succés inici fins al succés final del projecte.
- Folgança lliure d'una activitat (F_{ij}^L): indica la quantitat de folgança disponible després de realitzar una activitat si totes les activitats comencen i finalitzen en el seu temps *early*, la qual s'obté de la següent manera: $F_{ij}^L = t_j - t_i - t_{ij}$
- Folgança independent d'una activitat (F_{ij}^I): indica la quantitat de folgança disponible després de realitzar una activitat si totes les activitats comencen en el seu temps *last* i finalitzen en el seu temps *early*, la qual s'obté de la següent manera: $F_{ij}^I = t_j - t_i^* - t_{ij}$
- Data d'inici de l'activitat més primerenca (Δ_{ij}), la qual s'expressa: $\Delta_{ij} = t_i$
- Data d'inici de l'activitat més tardana (Δ_{ij}^*), la qual s'expressa: $\Delta_{ij}^* = t_i + F_{ij}^T$
- Data de finalització de l'activitat més primerenca (∇_{ij}), la qual s'expressa: $\nabla_{ij} = t_i + t_{ij}$
- Data de finalització de l'activitat més tardana (∇_{ij}^*), la qual s'expressa: $\nabla_{ij}^* = t_j^*$

En la instal·lació fotovoltaica del Camp dels "Hermanos" es tindrà que el camí crític és amb les activitats A, B, C, D, F, G, H i I i que el temps mínim d'execució de l'obra és de 20 dies.

Taula 54. Planificació i programació segons el mètode PERT.

ACTIVITAT	SUCCESSOS	t_{ij} (dies)	t_i (dies)	t_i^* (dies)	t_j (dies)	t_j^* (dies)	F_{ij}^T (dies)	F_{ij}^L (dies)	F_{ij}^I (dies)	Δ_{ij} (dies)	Δ_{ij}^* (dies)	∇_{ij} (dies)	∇_{ij}^* (dies)
A	1-2	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1
B	2-3	1	1	1	2	2	0	0	0	2	1	2	2
C	3-4	3	2	2	5	5	0	0	0	5	2	5	5
D	4-5	2	5	5	7	7	0	0	0	7	5	7	7
E	3-5	3	2	2	7	7	2	2	2	7	4	5	7
F	5-6	2	7	7	9	9	0	0	0	9	7	9	9
G	6-7	3	9	9	12	12	0	0	0	12	9	12	12
H	7-8	2	12	12	14	14	0	0	0	14	12	14	14
I	8-9	1	14	14	15	15	0	0	0	15	14	15	15
J	9-11	5	15	15	20	20	0	0	0	20	15	20	20

11.2. Programació de l'obra

Per últim, en la Taula 55 s'ha determinat el diagrama de Gantt de la instal·lació fotovoltaica dels Camp dels "Hermanos". En l'execució de l'obra es disposarà de 4 treballadors, tenint un muntador d'estructures fotovoltaïques, un electricista, un ajudant d'obra i un gruísta. Si se segueix l'execució de l'obra descrita anteriorment només es requereix un termini de 4 setmanes, treballant de dilluns a divendres en jornades de 8 hores. Així que, el total de dies necessaris per a l'execució de l'obra és de 20 dies.

Taula 55. Diagrama de Gantt de l'excussió de la instal·lació fotovoltaica del Camp dels "Hermanos".

ACTIVITAT	DIA																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aplec dels components de la instal·lació fotovoltaica.	■																			
Col·locació de les mesures de protecció de l'obra.		■																		
Muntatge i subjecció de les estructures de suport dels mòduls fotovoltaics.			■	■	■															
Instal·lació dels mòduls en les estructures de suport.						■	■													
Instal·lació dels inversors híbrids, dels acumuladors, dels equips d'interconnexió i del grup electrogen.			■	■	■															
Instal·lació de totes les proteccions de corrent continu i corrent alter del sistema fotovoltaic.								■	■											
Connexió elèctrica entre els components de la instal·lació fotovoltaica.										■	■	■								
Comprovació exhaustiva i correcta revisió de la instal·lació fotovoltaica.													■	■						
Posada en marxa de la instal·lació fotovoltaica.															■					
Planificació del manteniment de la instal·lació fotovoltaica.																■	■	■	■	■

12. Justificació de preus

12.1. Preus bàsics

12.1.1. Mà d'obra

En la Taula 56 es detallen els preus bàsics de la mà d'obra de la instal·lació fotovoltaica.

Taula 56. Preus de la mà d'obra de la instal·lació fotovoltaica.

Mà d'obra			
		Oficial	
Codi	Unitat		Preu unitari
mo003	h	Oficial 1r electricista	25,32 €
mo047	h	Oficial 1a muntador.	24,50 €
		Ajudant	
Codi	Unitat		Preu unitari
mo102	h	Ajudant electricista	21,75 €

12.1.2. Materials

En la Taula 57 es detallen els preus bàsics dels materials utilitzats en la instal·lació fotovoltaica.

Taula 57. Preus bàsics dels materials de la instal·lació fotovoltaica.

Materials			Preu unitari
Codi	Unitat		
mt50spl110	U	Ancoratge terminal d'aliatge d'alumini L-2653 amb tractament tèrmic T6, acabat amb pintura epoxi-polièster.	5,88 €
mt50spl105a	U	Fixació composta per tac químic, volandera i cargol d'acer de 12 mm de diàmetre i 80 mm de longitud.	2,38 €
mt50spl100	U	Ancoratge terminal amb amortidor, d'acer inoxidable AISI 316, acabat brillant.	51,48 €
mt50spl005	U	Fixació composta per tac químic, volandera i cargol d'acer inoxidable de 12 mm de diàmetre i 80 mm de longitud.	2,88 €
mt50spl020	U	Ancoratge intermedi d'acer inoxidable AISI 316, acabat brillant.	33,00 €
mt50spl130	m	Cable flexible d'acer galvanitzat, de 10 mm de diàmetre, compost per 7 cordons de 19 fils, inclòs premsatge terminal amb casquet de coure i guardacable en un extrem.	1,05 €
mt50spl040	U	Tensor de caixa oberta, amb ull en un extrem i forquilla en l'extrem oposat.	39,60 €
mt50spl050	U	Conjunt d'un subjectacables i un terminal manual, d'acer inoxidable.	15,00 €
mt50spl080	U	Protector per a cap, de PVC, color groc.	2,40 €
mt50spl060	U	Placa de senyalització de la línia d'ancoratge.	7,44 €
mt50spl070	U	Conjunt de dos precintes de seguretat.	9,00 €
mt50cas050a	U	Mes de lloguer de caseta prefabricada per vestidors en obra, de dimensions 2,35x6,00x2,30 m (32,43 m ²), composta per: un vestidor, una dutxa i un lavabo, estructura metàl·lica, tancaments de xapa amb acabament	60,30 €

		de pintura prelacada, coberta de xapa, aïllament interior, instal·lació d'electricitat, tubs fluorescents i punt de llum exterior, finestres d'alumini amb lluneta i reixes, porta d'entrada de xapa, sòl d'aglomerat revestit amb PVC continu i poliestirè amb recolzament en base de xapa i revestiment de tauler en parets. El preu inclou la neteja i el manteniment de la caseta durant el període de lloguer.	
mt50mca050	U	4 armariets metàl·lics individuals amb clau per roba i calçat.	45,35 €
mt50mca010a	U	Perxa per vestuaris i/o banys petits.	3,90 €
mt50mca070	U	Banc de fusta per 4 persones.	53,55 €
mt50mca010b	U	Mirall per vestuaris i/o banys petits.	7,14 €
mt50mca020a	U	Porta-rotlles industrial d'acer inoxidable.	15,87 €
mt50eca010	U	Farmaciola d'urgència proveïda de desinfectants i antisèptics autoritzats, gases estèrils, cotó hidròfil, benes, esparadrap, apòsits adhesius, un parell de tisores, pinces, guants d'un sol ús, bossa de goma per a aigua i gel, antiespasmòdics, analgèsics, tònic cardíacs d'urgència, un torniquet, un termòmetre clínic i xeringues d'un sol ús, amb cargols i tacs per fixar o parament.	57,70 €
mt50mca020b	U	Sabonera industrial d'acer inoxidable.	15,17 €
mt35sol020aHH	U	Mòdul solar fotovoltaic de cèl·lules de silici monocristal·lí, potència màxima (Wp) 600 W, tensió a màxima potència (Vmp) 34,6 V, intensitat a màxima potència (Imp) 17,34 A, tensió en circuit obert (Voc) 41,7 V, intensitat de curtcircuit (Isc) 18,42 A, eficiència 21,2%, 120 cèl·lules de 156x156 mm, vidre exterior trempat de 4 mm de gruix, capa adhesiva d'etilvinilacetat (EVA), capa posterior de polifluorur de vinil, polièster i polifluorur de vinil (TPT), marc d'alumini anoditzat, temperatura de treball -40°C fins 85°C, dimensions 2172x1303x40 mm, resistència a la càrrega del vent 245 kg/m ² , resistència a la càrrega de la neu 551 kg/m ² , pes 35,3 kg, amb caixa de connexions amb díodes, cables i connectors. Inclòs accessoris de muntatge i material per a les connexions elèctriques. El preu no inclou l'estructura suport.	120,68 €
mt35ifg010a	U	Inversor híbrid monofàsic, potència màxima d'entrada 5 kW amb MPPT, voltatge d'entrada màxim 500 Vcc, rang de voltatge d'entrada de 120 a 450 Vcc, intensitat màxim dels mòduls 80 A, intensitat màxima de càrrega 80 A, voltatge de la bateria 48 V, potència nominal de sortida 10 kW, potència màxima de sortida 10 kVA, eficiència màxima 90-93%, dimensions 115x300x400 mm, amb comunicació via Wi-Fi per a control remot des d'un smartphone, tablet o PC, ports Ethernet i RS-485, i protocol de comunicació Modbus. Inclòs accessoris necessaris per la seva correcta instal·lació.	375,77 €
mt35ifg010a	U	Bateria de plom amb electròlit i plaques positives tubulars, tensió nominal 2 V, capacitat nominal de descàrrega 4.600 Ah, més de 3.000 cicles amb una profunditat de descàrrega (IUI) del 80%, dimensions 215x580x812 mm, pes 217 kg, amb sistema BMS i display per a visualització de l'estat de	624,53 €

		càrrega. Inclòs accessoris necessaris per la seva correcta instal·lació.	
mt35geg010aa	U	Grup electrogen fix insonoritzat sobre bancada de funcionament automàtic, monofàsic de 230 V de tensió, de 35 kVA de potència, compost per alternador sense escombretes de 50 Hz de freqüència; motor dièsel de 1500 r.p.m. refrigerat per aigua, amb silenciador i dipòsit de combustible; quadre elèctric de control; quadre de commutació amb contactors d'accionament manual calibrats a 60 A; i interruptor automàtic magnetotèrmic tetrapolar (4P) calibrat a 50 A.	5.925,00 €
mt35con010b	U	Comptador trifàsic d'energia elèctrica bidireccional, de 230 V i 50 Hz, protecció de lectura Classe 1 i una intensitat màxima de base de 10(100) A.	120,19 €
mt35con010b1	U	Comptador monofàsic d'energia elèctrica bidireccional, de 230 V i 50 Hz, protecció de lectura Classe 1 i una intensitat màxima de base de 10(100) A.	143,34 €
mt07ali005a	U	Dos suports triangulars TR14.1V.	52,17 €
mt07ali005b	U	Dos perfils de guia G2-2350.	21,77 €
mt07ali005c	U	Dues unions UG2.	3,43€
mt07ali005d	U	Dues brides laterals regulables S10.	0,90 €
mt07ali005e	U	Una brida intermèdia S11.	0,65 €
mt07ali005f	U	Un conjunt de riosta S09-3000.	15,31 €
mt07ali005g	U	Quatre abraçadores GF 800.	7,51 €
mt10hmf010Mm	U	Contrapès en forma d'omega, de formigó en massa, amb una densitat de 2.500 kg/m ³ , de 150x100x2.600 mm, realitzat amb formigó HM-20/B/20/I, prefabricat.	2,28 €
mt35aeg010a	U	Armari monobloc de polièster reforçat amb fibra de vidre, de 400x400x200 mm, color gris RAL 7035, amb graus de protecció IP66 i IK10.	35,01 €
mt35pry026d	m	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 al foc classe Eca, amb conductor de coure recuit, flexible (classe 5), de 1x35 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 de halògens, nul·la emissió de gasos corrosius, resistència a l'absorció d'aigua, resistència al fred, resistència als rajos ultraviolat, resistència als agents químics, resistència als greixos i olis, resistència als cops i resistència a l'abrasió. Segons DKE/VDE AK 411.2.3	3,73 €
mt35pry026d1	m	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 al foc classe Eca, amb conductor de coure recuit, flexible (classe 5), de 1x16 mm ² de secció, aïllament d'elastòmer reticulat, de tipus EI6, coberta d'elastòmer reticulat, de tipus EM5, aïllament	1,70 €

		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 de halògens, nul·la emissió de gasos corrosius, resistència a l'absorció d'aigua, resistència al fred, resistència als rajos ultraviolat, resistència als agents químics, resistència als greixos i olis, resistència als cops i resistència a l'abrasió.	
mt35cun020h	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacció al foc classe Cca-s1b,d1,a1 segons UNE-EN 50575, amb conductor multifilar de coure classe 5 (-K) de 35 mm ² de secció, amb aïllament de compost termoplàstic a força de poliolefina lliure de halògens amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Inclòs accessoris i elements de subjecció. Segons UNE 211025.	4,82 €
mt35cun020h1	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacció al foc classe Cca-s1b,d1,a1 segons UNE-EN 50575, amb conductor multifilar de coure classe 5 (-K) de 16 mm ² de secció, amb aïllament de compost termoplàstic a força de poliolefina lliure de halògens amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Inclosos accessoris i elements de subjecció. Segons UNE 211025.	2,00 €
mt35cun020h2	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacció al foc classe Cca-s1b,d1,a1 segons UNE-EN 50575, amb conductor multifilar de coure classe 5 (-K) de 10 mm ² de secció, amb aïllament de compost termoplàstic a força de poliolefina lliure de halògens amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Inclosos accessoris i elements de subjecció. Segons UNE 211025.	1,22 €
mt35cun020h2	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacció al foc classe Cca-s1b,d1,a1 segons UNE-EN 50575, amb conductor multifilar de coure classe 5 (-K) de 10 mm ² de secció, amb aïllament de compost termoplàstic a força de poliolefina lliure de halògens amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Inclosos accessoris i elements de subjecció. Segons UNE 211025.	1,22 €
mt35cun020h3	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacció al foc classe Cca-s1b,d1,a1 segons UNE-EN 50575, amb conductor multifilar de coure classe 5 (-K) de 50 mm ² de secció, amb aïllament de compost termoplàstic a força de poliolefina lliure de halògens amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Inclosos accessoris i elements de subjecció. Segons UNE 211025.	7,18 €
mt35cun020h4	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacció al foc classe Cca-s1b,d1,a1 segons UNE-EN 50575, amb conductor multifilar de coure classe 5 (-K) de 25 mm ² de secció, amb aïllament de compost termoplàstic a força de poliolefina lliure de halògens amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Inclosos accessoris i elements de subjecció. Segons UNE 211025.	2,96 €
mt35aia050a	m	Tub corbale de polipropilè, transversalment elàstic, corrugat, de color gris, de 40 mm de diàmetre nominal, per a canalització encastada en obra de fàbrica (terres, parets	0,27 €

		i sostres). Resistència a la compressió 750 N, resistència a l'impacte 2 joules, temperatura de treball -5°C fins 90°C, amb grau de protecció IP547 segons UNE 20324, propietats elèctriques: aïllant, no propagador de la flama. Segons UNE-EN 61386-1 i UNE-EN 61386-22.	
mt35aia050a	m	Tub corbale de polipropilè, transversalment elàstic, corrugat, de color gris, de 40 mm de diàmetre nominal, per a canalització encastada en obra de fàbrica (terres, parets i sostres). Resistència a la compressió 750 N, resistència a l'impacte 2 joules, temperatura de treball -5°C fins 90°C, amb grau de protecció IP547 segons UNE 20324, propietats elèctriques: aïllant, no propagador de la flama. Segons UNE-EN 61386-1 i UNE-EN 61386-22.	0,27 €
mt35aia050a1	m	Tub corbale de polipropilè, transversalment elàstic, corrugat, de color gris, de 25 mm de diàmetre nominal, per a canalització encastada en obra de fàbrica (terres, parets i sostres). Resistència a la compressió 750 N, resistència a l'impacte 2 joules, temperatura de treball -5°C fins 90°C, amb grau de protecció IP547 segons UNE 20324, propietats elèctriques: aïllant, no propagador de la flama. Segons UNE-EN 61386-1 i UNE-EN 61386-22.	0,46 €
mt35aia050a2	m	Tub corbale de polipropilè, transversalment elàstic, corrugat, de color gris, de 50 mm de diàmetre nominal, per a canalització encastada en obra de fàbrica (terres, parets i sostres). Resistència a la compressió 750 N, resistència a l'impacte 2 joules, temperatura de treball -5°C fins 90°C, amb grau de protecció IP547 segons UNE 20324, propietats elèctriques: aïllant, no propagador de la flama. Segons UNE-EN 61386-1 i UNE-EN 61386-22.	1,21 €
mt35tte010b	U	Elèctrode per a xarxa de connexió a terra de couratge amb 300 µm, fabricat en acer, de 15 mm de diàmetre i 2 m de longitud.	8,00 €
mt35ttc010b	m	Conductor de coure nu, de 35 mm ² .	1,41 €
mt35tta040	U	Grapa abraçadora per a connexió de pica.	0,50 €
mt35tta010	U	Pericó de polipropilè per a connexió a terra, de 300x300 mm, amb tapa de registre.	37,00 €
mt35tta030	U	Pont per a comprovació de connexió de terra de la instal·lació elèctrica.	23,00 €
mt35tta060	U	Sac de 5 kg de sals minerals per a la millora de la conductivitat de posades a terra.	1,75 €
mt35www020	U	Material auxiliar per a instal·lacions de connexió a terra.	0,58 €
mt35aia050a2	m	Protector contra sobretensions transitòries, de 2 mòduls, bipolar (2P), tipus 2 (ona 8/20 µs), nivell de protecció 1,8 kV, intensitat màxima de descàrrega 40 kA, de 36x93x65,5 mm, grau de protecció IP20, muntatge sobre carril DIN (35 mm) i fixació a carril mitjançant grapes, segons IEC 61643-11.	98,77 €
mt35aia050a2	m	Protector contra sobretensions transitòries, de 2 mòduls, bipolar (2P), tipus 2 (ona 8/20 µs), nivell de protecció 1,8 kV, intensitat màxima de descàrrega 40 kA, de 36x93x65,5 mm, grau de protecció IP20, muntatge sobre carril DIN (35	99,77 €

		mm) i fixació a carril mitjançant grapes, segons IEC 61643-11.	
mt35amc801aff	U	Fusible cilíndric, corba aM, intensitat nominal 20 A, poder de tall 100 kA, grandària 10,3x38 mm, segons UNE-EN 60269-1.	0,47 €
mt35amc810a	U	Base modular per a fusibles cilíndrics, unipolar (1P), intensitat nominal 20 A, segons UNE-EN 60269-1.	2,68 €
mt35amc801aff1	U	Fusible cilíndric, corba aM, intensitat nominal 100 A, poder de tall 100 kA, grandària 22x58 mm, segons UNE-EN 60269-1.	2,33 €
mt35amc810a1	U	Base modular per a fusibles cilíndrics, unipolar (1P), intensitat nominal 100 A, segons UNE-EN 60269-1.	13,40 €
mt35amc401k	U	Interruptor automàtic seccionador, de 2 mòduls, bipolar (2P), intensitat nominal 100 A, tensió d'aïllament (Ui) 500 V, impuls de tensió màxim (Uimp) 4 kV, poder d'obertura i tancament 3 x In, poder de tall 20 x In durant 0,1 s, intensitat de curtcircuit (Icw) 12 x In durant 1 s, vida útil en buit 8500 maniobres, vida útil en càrrega 1500 maniobres, de 36x86x75 mm, grau de protecció IP20, muntatge sobre carril DIN (35 mm) i fixació a carril mitjançant grapes, segons UNE-EN 60947-3.	31,84 €
mt35amc401k1	U	Interruptor automàtic seccionador, de 2 mòduls, bipolar (2P), intensitat nominal 63 A, tensió d'aïllament (Ui) 500 V, impuls de tensió màxim (Uimp) 4 kV, poder d'obertura i tancament 3 x In, poder de tall 20 x In durant 0,1 s, intensitat de curtcircuit (Icw) 12 x In durant 1 s, vida útil en buit 8500 maniobres, vida útil en càrrega 1500 maniobres, de 36x86x75 mm, grau de protecció IP20, muntatge sobre carril DIN (35 mm) i fixació a carril mitjançant grapes, segons UNE-EN 60947-3.	19,36 €
mt35amc401k2	U	Interruptor general automàtic, de 2 mòduls, bipolar (2P), intensitat nominal 63 A, tensió d'aïllament (Ui) 500 V, impuls de tensió màxim (Uimp) 4 kV, poder d'obertura i tancament 3 x In, poder de tall 20 x In durant 0,1 s, intensitat de curtcircuit (Icw) 12 x In durant 1 s, vida útil en buit 8500 maniobres, vida útil en càrrega 1500 maniobres, de 36x86x75 mm, grau de protecció IP20, muntatge sobre carril DIN (35 mm) i fixació a carril mitjançant grapes, segons UNE-EN 60947-3.	19,36 €
mt35amc100fd	U	Interruptor diferencial instantani, de 2 mòduls, bipolar (2P), intensitat nominal 63 A, sensibilitat 30 mA, poder de tall 6 kA, classe AC, de 36x80x77,8 mm, grau de protecció IP20, muntatge sobre carril DIN (35 mm) i fixació a carril mitjançant grapes, segons UNE-EN 61008-1.	171,41 €

12.3. Maquinària

En la Taula 59 es detallen el preu bàsic de la maquinària utilitzada en la instal·lació fotovoltaica.

Taula 58. Preus bàsics de la maquinària de la instal·lació fotovoltaica.

Maquinària			
Codi	Unitat		Preu unitari
mq01exn020b	h	Camió grua amb una capacitat d'elevació de 6 tones.	34,00 €

12.4. Preus desglossats de cada partida

1. SEGURETAT I SALUT

1.1 LÍNIA D'ANCORATGE HORITZONTAL PERMANENT, DE CABLE D'ACER, AMB AMORTIDOR DE CAIGUDES					
Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
YCL120	U	Línia d'ancoratge horitzontal permanent, de cable d'acer, amb amortidor de caigudes, de 30 m de longitud, classe C, composta per 1 ancoratge terminal d'aliatge d'alumini L-2653 amb tractament tèrmic T6, acabat amb pintura epoxi-polièster; 1 ancoratge terminal amb amortidor d'acer inoxidable AISI 316, acabat brillant; 3 ancoratges intermedis d'acer inoxidable AISI 316, acabat brillant; cable flexible d'acer galvanitzat, de 10 mm de diàmetre, compost per 7 cordons de 19 fils; tensor de caixa oberta, amb ull en un extrem i forquilla en l'extrem oposat; conjunt d'un subjectacables i un terminal manual; protector per a cap; placa de senyalització i conjunt de dos precintes de seguretat. Incloses fixacions per a la subjecció dels components de la línia d'ancoratge al suport.			
mt50spl110	U	Ancoratge terminal d'aliatge d'alumini L-2653 amb tractament tèrmic T6, acabat amb pintura epoxi-polièster.	1,000	5,88	5,88
mt50spl105a	U	Fixació composta per tac químic, volandera i cargol d'acer de 12 mm de diàmetre i 80 mm de longitud.	4,000	2,38	9,50
mt50spl100	U	Ancoratge terminal amb amortidor, d'acer inoxidable AISI 316, acabat brillant.	1,000	51,48	51,48
mt50spl005	U	Fixació composta per tac químic, volandera i cargol d'acer inoxidable de 12 mm de diàmetre i 80 mm de longitud.	10,000	2,88	28,80
mt50spl020	U	Ancoratge intermedi d'acer inoxidable AISI 316, acabat brillant.	3,000	33,00	99,00

mt50spl130	m	Cable flexible d'acer galvanitzat, de 10 mm de diàmetre, compost per 7 cordons de 19 fils, inclòs premsatge terminal amb casquet de coure i guardacable en un extrem.	31,50 0	1,05	33,08
mt50spl040	U	Tensor de caixa oberta, amb ull en un extrem i forquilla en l'extrem oposat.	1,000	39,60	39,60
mt50spl050	U	Conjunt d'un subjectacables i un terminal manual, d'acer inoxidable.	1,000	15,00	15,00
mt50spl080	U	Protector per a cap, de PVC, color groc.	1,000	2,40	2,40
mt50spl060	U	Placa de senyalització de la línia d'ancoratge.	1,000	7,44	7,44
mt50spl070	U	Conjunt de dos precintes de seguretat.	1,000	9,00	9,00
			Subtotal materials:		301,18
Mà d'obra					
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	1,389	25,32	35,17
mo102	h	Ajudant electricista.	2,084	21,72	45,26
			Subtotal mà d'obra:		80,43
Costos directes complementaris					
%		Costos directes complementaris	2,000	381,61	7,63
			Costos directes:		389,24

1.2 LLOGUER DE CASETA PREFABRICADA PER A VESTUARIS

YPC020	U	Mes de lloguer de caseta prefabricada per vestidors en obra, de dimensions 2,35x6,00x2,30 m (32,43 m ²), composta per: un vestidor, una dutxa i un lavabo, estructura metàl·lica, tancaments de xapa amb acabament de pintura prelacada, coberta de xapa, aïllament interior, instal·lació d'electricitat, tubs fluorescents i punt de llum exterior, finestres d'alumini amb lluneta i reixes, porta d'entrada de xapa, sòl d'aglomerat revestit amb PVC continu i poliestirè amb recolzament en base de xapa i revestiment de tauler en parets. El preu inclou la neteja i el manteniment de la caseta durant el període de lloguer.			
Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt50cas050a	U	Mes de lloguer de caseta prefabricada per vestidors en obra, de dimensions 2,35x6,00x2,30 m (32,43 m ²), composta	1,00	60,30	60,30

per: un vestidor, una dutxa i un lavabo, estructura metàl·lica, tancaments de xapa amb acabament de pintura prelacada, coberta de xapa, aïllament interior, instal·lació d'electricitat, tubs fluorescents i punt de llum exterior, finestres d'alumini amb lluneta i reixes, porta d'entrada de xapa, sòl d'aglomerat revestit amb PVC continu i poliestirè amb recolzament en base de xapa i revestiment de tauler en parets. El preu inclou la neteja i el manteniment de la caseta durant el període de lloguer.

Subtotal materials:	60,30
----------------------------	--------------

Costos directes complementaris

%	Costos directes complementaris	2,000	60,30	1,21
Costos directes:		61,51		

1.3 ACCESSORIS EN LOCAL O CASETA D'OBRA
PER A VESTUARIS I/O LAVABOS

YPM010 U Quatre armariets individuals, perxa, cadires per 4 persones, mirall, porta-rotlles, farmaciola de primers auxilis, sabonera en local o caseta d'obra per a vestuaris i/o lavabos.

Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt50mca050	U	4 armariets metàl·lics individuals amb clau per roba i calçat.	1,320	45,35	59,86
mt50mca010a	U	Perxa per vestuaris i/o banys petits.	1,000	3,90	3,90
mt50mca070	U	Banc de fusta per 4 persones.	0,500	53,55	26,78
mt50mca010b	U	Mirall per vestuaris i/o banys petits.	1,000	7,14	7,14
mt50mca020a	U	Porta-rotlles industrial d'acer inoxidable.	0,330	15,87	5,24
mt50eca010	U	Farmaciola d'urgència proveïda de desinfectants i antisèptics autoritzats, gases estèrils, cotó hidròfil, benes, esparadrap, apòsits adhesius, un parell de tisores, pinces, guants d'un sol ús, bossa de goma per a aigua i gel, antiespasmòdics, analgèsics, tònic cardíacs d'urgència, un torniquet, un termòmetre clínic i xeringues d'un sol ús, amb cargols i tacs per fixar ó paramento.	1,000	57,70	115,39 0
mt50mca020b	U	Sabonera industrial d'acer inoxidable.	0,330	15,17	5,01
Subtotal materials:				223,32	

		Mà d'obra			
mo102	h	Ajudant electricista.	1,072	20,49	21,97
			Subtotal	mà	21,97
			d'obra:		
		Costos directes complementari s			
	%	Costos directes complementaris	2,000	245,29	4,91
			Costos directes:		250,20

2. ELEMENTS FOTOVOLTAICS

2.1 MÒDULS

FOTOVOLTAICS

IEF001

U

Mòdul solar fotovoltaic de cèl·lules de silici monocristal·lí, potència màxima (Wp) 600 W, tensió a màxima potència (Vmp) 34,6 V, intensitat a màxima potència (Imp) 17,34 A, tensió en circuit obert (Voc) 41,7 V, intensitat de curtcircuit (Isc) 18,42 A, eficiència 21,2%, 120 cèl·lules de 156x156 mm, vidre exterior trempat de 4 mm de gruix, capa adhesiva d'etilvinilacetat (EVA), capa posterior de polifluorur de vinil, polièster i polifluorur de vinil (TPT), marc d'alumini anoditzat, temperatura de treball -40°C fins 85°C, dimensions 2172x1303x40 mm, resistència a la càrrega del vent 245 kg/m², resistència a la càrrega de la neu 551 kg/m², pes 35,3 kg, amb caixa de connexions amb díodes, cables i connectors. Inclosos accessoris de muntatge i material de connexionat elèctric. El preu no inclou l'estructura suport.

Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt35sol020aH	U	Mòdul solar fotovoltaic de cèl·lules de silici monocristal·lí, potència màxima (Wp) 600 W, tensió a màxima potència (Vmp) 34,6 V, intensitat a màxima potència (Imp) 17,34 A, tensió en circuit obert (Voc) 41,7 V, intensitat de curtcircuit (Isc) 18,42 A, eficiència 21,2%, 120 cèl·lules de 156x156 mm, vidre exterior trempat de 4 mm de gruix, capa adhesiva d'etilvinilacetat (EVA), capa posterior de polifluorur de vinil, polièster i polifluorur de vinil (TPT), marc d'alumini anoditzat, temperatura de treball -40°C fins 85°C, dimensions	1,000	120,68	120,68

2172x1303x40 mm, resistència a la càrrega del vent 245 kg/m², resistència a la càrrega de la neu 551 kg/m², pes 35,3 kg, amb caixa de connexions amb díodes, cables i connectors. Inclosos accessoris de muntatge i material de connexionat elèctric. El preu no inclou l'estructura suport.

Subtotal materials: 120,68

Mà d'obra

mo003	h	Oficial 1 ^a electricista.	0,428	25,32	10,84
mo102	h	Ajudant electricista.	0,428	21,72	9,30

Subtotal mà d'obra: 20,14

Costos directes complementaris

%	Costos directes complementaris	2,000	140,82	2,82
---	--------------------------------	-------	--------	------

Costos directes: 143,64

2.2 INVERSORS FOTVOLTAICS IEF020 U

Inversor híbrid monofàsic, potència màxima d'entrada 5 kW amb MPPT, voltatge d'entrada màxim 500 Vcc, rang de voltatge d'entrada de 120 a 450 Vcc, intensitat màxim dels mòduls 80 A, intensitat màxima de càrrega 80 A, voltatge de la bateria 48 V, potència nominal de sortida 10 kW, potència màxima de sortida 10 kVA, eficiència màxima 90-93%, dimensions 115x300x400 mm, amb comunicació via Wi-Fi per a control remot des d'un smartphone, tablet o PC, ports Ethernet i RS-485, i protocol de comunicació Modbus. Inclosos accessoris necessaris per la seva correcta instal·lació.

Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt35ifg010a	U	Inversor híbrid monofàsic, potència màxima d'entrada 5 kW amb MPPT, voltatge d'entrada màxim 500 Vcc, rang de voltatge d'entrada de 120 a 450 Vcc, intensitat màxim dels mòduls 80 A, intensitat màxima de càrrega 80 A, voltatge de la bateria 48 V, potència nominal de sortida 10 kW, potència màxima de sortida 10 kVA, eficiència	1,00	375,77	375,77

		màxima 90-93%, dimensions 115x300x400 mm, amb comunicació via Wi-Fi per a control remot des d'un smartphone, tablet o PC, ports Ethernet i RS-485, i protocol de comunicació Modbus. Inclosos accessoris necessaris per la seva correcta instal·lació.			
			Subtotal materials:		375,77
		Mà d'obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,253	25,32	6,41
mo102	h	Ajudant electricista.	0,253	21,72	5,50
			Subtotal mà d'obra:		11,91
		Costos directes complementaris			
	%	Costos directes complementaris	2,000	387,68	7,75
			Costos directes:		395,43

2.3	ACUMULADORS ELÈCTRICA IEF030	U	D'ENERGIA	Bateria de plom amb electròlit i plaques positives tubulars, tensió nominal 2 V, capacitat nominal de descàrrega 4.600 Ah, més de 3.000 cicles amb una profunditat de descàrrega (IUI) del 80%, dimensions 215x580x812 mm, pes 217 kg, amb sistema BMS i display per a visualització de l'estat de càrrega. Inclosos accessoris necessaris per la seva correcta instal·lació.			
Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import		
mt35ifg010a	U	Bateria de plom amb electròlit i plaques positives tubulars, tensió nominal 2 V, capacitat nominal de descàrrega 4.600 Ah, més de 3.000 cicles amb una profunditat de descàrrega (IUI) del 80%, dimensions 215x580x812 mm, pes 217 kg, amb sistema BMS i display per a visualització de l'estat de càrrega. Inclosos accessoris necessaris per la seva correcta instal·lació.	1,00	624,53	624,53		
			Subtotal materials:		624,53		
		Mà d'obra					
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,253	25,32	6,41		
mo102	h	Ajudant electricista.	0,253	21,72	5,50		
			Subtotal mà d'obra:		11,91		

		Costos directes complementaris			
	%	Costos directes complementaris	2,000	636,44	12,73
			Costos directes:		649,17

2.4 GRUP ELECTROGEN

IER010 U Grup electrogen fix insonoritzat, monofàsic, dièsel, de 35 kW de potència, amb quadre de commutació d'accionament manual i interruptor automàtic magnetotèrmic.

Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt35geg010a	U	Grup electrogen fix insonoritzat sobre bancada de funcionament automàtic, monofàsic de 230 V de tensió, de 35 kVA de potència, compost per alternador sense escombretes de 50 Hz de freqüència; motor dièsel de 1500 r.p.m. refrigerat per aigua, amb silenciador i dipòsit de combustible; quadre elèctric de control; quadre de commutació amb contactors d'accionament manual calibrats a 60 A; i interruptor automàtic magnetotèrmic tetrapolar (4P) calibrat a 50 A.	1,00	5.925,0	5.925,00
					Subtotal materials: 5.925,00
Mà d'obra					
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,384	25,32	9,72
mo102	h	Ajudant electricista.	0,384	21,72	8,34
					Subtotal mà d'obra: 18,06
		Costos directes complementaris			
	%	Costos directes complementaris	2,000	5.943,0	118,86
			Costos directes:		6.061,92

2.5 COMPTADOR ELÈCTRICA

D'ENERGIA

IER010 U Comptador trifàsic d'energia elèctrica bidireccional, de 230 V i 50 Hz, protecció de lectura Classe 1 i una intensitat màxima de base de 10(100) A.

Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
------	--------	------------	-----------	--------------	--------

mt35con010b	U	Comptador trifàsic d'energia elèctrica bidireccional, de 230 V i 50 Hz, protecció de lectura Classe 1 i una intensitat màxima de base de 10(100) A.	1,00	120,19	120,19
			Subtotal materials:		120,19
			Mà d'obra		
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,253	25,32	6,41
mo102	h	Ajudant electricista.	0,253	21,72	5,50
			Subtotal mà d'obra:		11,91
			Costos directes complementaris		
	%	Costos directes complementaris	2,000	132,10	2,64
			Costos directes:		134,74

2.6	COMPTADOR ELÈCTRICA IER011	U	D'ENERGIA Comptador monofàsic d'energia elèctrica bidireccional, de 230 V i 50 Hz, protecció de lectura Classe 1 i una intensitat màxima de base de 10(100) A.			
Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import	
mt35con010b1	U	Comptador monofàsic d'energia elèctrica bidireccional, de 230 V i 50 Hz, protecció de lectura Classe 1 i una intensitat màxima de base de 10(100) A.	1,00	143,34	143,34	
			Subtotal materials:		143,34	
			Mà d'obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,253	25,32	6,41	
mo102	h	Ajudant electricista.	0,253	21,72	5,50	
			Subtotal mà d'obra:		11,91	
			Costos directes complementaris			
	%	Costos directes complementaris	2,000	155,25	3,10	
			Costos directes:		158,35	

3. ESTRUCTURA DELS SUPORT DELS MÒDULS FOTOVOLTAICS

3.1 ESTRUCTURA DE SUPORT						
Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import	
IEF049	U	Estructura de suport regulable fins a 50º per a dos mòduls fotovoltaics, dos suports triangulars TR14.1V, dos perfils de guia G2-2350, dues unions UG2, dues brides laterals regulables S10, una brida intermèdia S11, un conjunt de riostra S09-3000 i quatre abraçadores GF 800, la perfil·leria és d'alumini EN AW 6005A T6, els cargols són d'acer inoxidable A2-70.				
mt07ali005a	U	Dos suports triangulars TR14.1V.	1,00	52,17	52,17	
mt07ali005b	U	Dos perfils de guia G2-2350.	1,00	21,77	21,77	
mt07ali005c	U	Dues unions UG2.	1,00	3,43	3,43	
mt07ali005d	U	Dues brides laterals regulables S10.	1,00	0,90	0,90	
mt07ali005e	U	Una brida intermèdia S11.	1,00	0,65	0,65	
mt07ali005f	U	Un conjunt de riostra S09-3000.	1,00	15,31	15,31	
mt07ali005g	U	Quatre abraçadores GF 800.	1,00	7,51	7,51	
Subtotal materials:					101,73	
Mà d'obra						
mo047	h	Oficial 1ª muntador.	0,384	24,50	9,41	
mo102	h	Ajudant electricista.	0,384	21,75	8,35	
Subtotal mà d'obra:					17,76	
Maquinària						
mq01exn020b	h	Camió grua amb una capacitat d'elevació de 6 tones.	1,179	34,00	40,09	
Subtotal maquinària:					40,09	
Costos directes complementaris						
	%	Costos directes complementaris	2,000	159,58	3,19	
Costos directes:					162,77	

3.2 CONTRAPESOS EN L'ESTRUCTURA DE SUPORT						
Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import	
IEF051	U	Contrapès en forma d'omega, de formigó en massa, amb una densitat de 2.500 kg/m3, de 150x100x2.600 mm, realitzat amb formigó HM-20/B/20/I , prefabricat.				

Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt10hmf010 Mm	U	Contrapès en forma d'omega, de formigó en massa, amb una densitat de 2.500 kg/m ³ , de 150x100x2.600 mm, realitzat amb formigó HM-20/B/20/l, prefabricat.	1,00	2,28	2,28
Subtotal materials:					2,28
Mà d'obra					
mo047	h	Oficial 1 ^a muntador.	0,384	24,50	9,41
mo102	h	Ajudant electricista.	0,384	21,75	8,35
Subtotal mà d'obra:					17,76
Maquinària					
mq01exn020b	h	Camió grua amb una capacitat d'elevació de 6 tones.	1,179	34,00	40,09
Subtotal maquinària:					40,09
Costos directes complementaris					
	%	Costos directes complementaris	2,000	60,12	1,20
Costos directes:					61,32

4. ARMARIS DE CONNEXIONS

4.1	ARMARI DE CONNEXIONS IEF050	U	Armari monobloc de polièster reforçat amb fibra de vidre, de 400x400x200 mm, color gris RAL 7035, amb graus de protecció IP66 i IK10; instal·lació en superfície.		
Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt35aeg010a	U	Armari monobloc de polièster reforçat amb fibra de vidre, de 400x400x200 mm, color gris RAL 7035, amb graus de protecció IP66 i IK10.	1,00	35,01	35,01
Subtotal materials:					35,01
Mà d'obra					
mo003	h	Oficial 1 ^a electricista.	0,246	25,32	6,23
mo102	h	Ajudant electricista.	0,246	21,72	5,34
Subtotal mà d'obra:					11,57

Costos directes complementari

%	s	Costos directes complementaris	2,000	46,58	0,93
			Costos directes:		47,51

5. CABLEJAT

5.1 CABLEJAT FASE I NEUTRE DE LA LÍNIA DELS MÒDULS FOTOVOLTAIC FINS ELS INVERSORS HÍBRIDS

IEH015 m Cable elèctric unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN", resistent a la intempèrie, per a instal·lacions fotovoltaiques, garantit per 30 anys, tipus ZZ-F, tensió nominal 0,6/1 kV, tensió màxima en corrent continu 1,8 kV, reacció al foc classe Eca, amb conductor de coure recuit, flexible (classe 5), de 1x35 mm² 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 de halògens, nul·la emissió de gasos corrosius, resistència a l'absorció d'aigua, resistència al fred, resistència als rajos ultraviolat, resistència als agents químics, resistència als greixos i olis, resistència als cops i resistència a l'abradió.

Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt35pry026d	m	Cable elèctric unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN", resistent a la intempèrie, per a instal·lacions fotovoltaiques, garantit per 30 anys, tipus ZZ-F, tensió nominal 0,6/1 kV, tensió màxima en corrent continu 1,8 kV, reacció al foc classe Eca, amb conductor de coure recuit, flexible (classe 5), de 1x35 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 de halògens, nul·la emissió de gasos corrosius, resistència a l'absorció d'aigua, resistència al fred, resistència als rajos ultraviolat, resistència als agents químics,	1,00	3,73	3,73

		resistència als greixos i olis, resistència als cops i resistència a l'abradió. Segons DKE/VDE AK 411.2.3			
			Subtotal materials:		3,73
		Mà d'obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,024	25,32	0,61
mo102	h	Ajudant electricista.	0,024	21,72	0,52
			Subtotal mà d'obra:		1,13
		Costos directes complementaris			
		s			
	%	Costos directes complementaris	2,000	4,86	0,10
			Costos directes:		4,96

5.2 CABLEJAT PROTECTOR DE LA LÍNIA DELS MÒDULS FOTOVOLTAIC FINS ELS INVERSORS HÍBRIDS

IEH0151	m	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 al foc classe Eca, amb conductor de coure recuit, flexible (classe 5), de 1x16 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 de halògens, nul·la emissió de gasos corrosius, resistència a l'absorció d'aigua, resistència al fred, resistència als rajos ultraviolat, resistència als agents químics, resistència als greixos i olis, resistència als cops i resistència a l'abradió.
---------	---	---

Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt35pry026d 1	m	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 al foc classe Eca, amb conductor de coure recuit, flexible (classe 5), de 1x16 mm ² de secció, aïllament	1,00	1,70	1,70

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 de halògens, nul·la emissió de gasos corrosius, resistència a l'absorció d'aigua, resistència al fred, resistència als rajos ultraviolat, resistència als agents químics, resistència als greixos i olis, resistència als cops i resistència a l'abradió.

			Subtotal materials:		1,70
		Mà d'obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,024	25,32	0,61
mo102	h	Ajudant electricista.	0,024	21,72	0,52
			Subtotal mà d'obra:		1,13
		Costos directes complementaris			
	%	Costos directes complementaris	2,000	2,83	0,06
			Costos directes:		2,89

5.3 CABLEJAT FASE I NEUTRE DE LA LÍNIA DELS INVERSORS HÍBRIDS FINS ALS ACUMULADORS

IFI010 m Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacció al foc classe Cca-s1b,d1,a1 , amb conductor multifilar de coure classe 5 (-K) de 35 mm² de secció, amb aïllament de compost termoplàstic a força de poliolefina lliure de halògens amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Inclosos accessoris i elements de subjecció.

Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt35cun020h	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacció al foc classe Cca-s1b,d1,a1 segons UNE-EN 50575, amb conductor multifilar de coure classe 5 (-K) de 35 mm ² de secció, amb aïllament de compost termoplàstic a força de poliolefina lliure de halògens amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Inclosos accessoris i elements de subjecció. Segons UNE 211025.	1,00	4,82	4,82
			Subtotal materials:		4,82

		Mà d'obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,031	25,32	0,78
mo102	h	Ajudant electricista.	0,031	21,72	0,67
			Subtotal	mà	1,45
			d'obra:		
		Costos directes complementari s			
	%	Costos directes complementaris	2,000	6,27	0,13
			Costos directes:		6,40

5.4 CABLEJAT PROTECTOR DE LA LÍNIA DELS
INVERSORS HÍBRIDS FINS ALS ACUMULADORS

IFI0101	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacció al foc classe Cca-s1b,d1,a1 , amb conductor multifilar de coure classe 5 (-K) de 16 mm ² de secció, amb aïllament de compost termoplàstic a força de poliolefina lliure de halògens amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Inclosos accessoris i elements de subjecció.			
Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt35cun020h 1	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacció al foc classe Cca-s1b,d1,a1 segons UNE-EN 50575, amb conductor multifilar de coure classe 5 (-K) de 16 mm ² de secció, amb aïllament de compost termoplàstic a força de poliolefina lliure de halògens amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Inclosos accessoris i elements de subjecció. Segons UNE 211025.	1,00	2,00	2,00
			Subtotal		2,00
			materials:		
		Mà d'obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,019	25,32	0,48
mo102	h	Ajudant electricista.	0,019	21,72	0,41
			Subtotal	mà	0,89
			d'obra:		
		Costos directes complementari s			
	%	Costos directes complementaris	2,000	2,89	0,06
			Costos directes:		2,95

5.5 CABLEJAT FASE I NEUTRE DE LA LÍNIA DELS INVERSORS HÍBRIDS FINS AL QUADRE DE PROTECCIONS DE CA					
IFI011	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacció al foc classe Cca-s1b,d1,a1, amb conductor multifilar de coure classe 5 (-K) de 10 mm ² de secció, amb aïllament de compost termoplàstic a força de poliolefina lliure de halògens amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Inclosos accessoris i elements de subjecció.			
Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt35cun020h 2	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacció al foc classe Cca-s1b,d1,a1 segons UNE-EN 50575, amb conductor multifilar de coure classe 5 (-K) de 10 mm ² de secció, amb aïllament de compost termoplàstic a força de poliolefina lliure de halògens amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Inclosos accessoris i elements de subjecció. Segons UNE 211025.	1,00	1,22	1,22
Subtotal materials:					1,22
Mà d'obra					
mo003	h	Oficial 1 ^a electricista.	0,019	25,32	0,48
mo102	h	Ajudant electricista.	0,019	21,72	0,41
Subtotal mà d'obra:					0,89
Costos directes complementaris					
	%	Costos directes complementaris	2,000	2,11	0,04
Costos directes:					2,15

5.6 CABLEJAT PROTECTOR DE LA LÍNIA DELS INVERSORS HÍBRIDS FINS AL QUADRE DE PROTECCIONS DE CA					
IFI011	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacció al foc classe Cca-s1b,d1,a1, amb conductor multifilar de coure classe 5 (-K) de 10 mm ² de secció, amb aïllament de compost termoplàstic a força de poliolefina lliure de halògens amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Inclosos accessoris i elements de subjecció.			
Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import

mt35cun020h 2	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacció al foc classe Cca-s1b,d1,a1 segons UNE-EN 50575, amb conductor multifilar de coure classe 5 (-K) de 10 mm ² de secció, amb aïllament de compost termoplàstic a força de poliolefina lliure de halògens amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Inclosos accessoris i elements de subjecció. Segons UNE 211025.	1,00	1,22	1,22
			Subtotal materials:		1,22
			Mà d'obra		
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,019	25,32	0,48
mo102	h	Ajudant electricista.	0,019	21,72	0,41
			Subtotal mà d'obra:		0,89
			Costos directes complementaris		
	%	Costos directes complementaris	2,000	2,11	0,04
			Costos directes:		2,15

5.7 CABLEJAT FASE I NEUTRE DE LA LÍNIA DEL GRUP ELECTROGEN FINS ALS INVERSORS HÍBRIDS

IFI012	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacció al foc classe Cca-s1b,d1,a1 segons UNE-EN 50575, amb conductor multifilar de coure classe 5 (-K) de 50 mm ² de secció, amb aïllament de compost termoplàstic a força de poliolefina lliure de halògens amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Inclosos accessoris i elements de subjecció.			
Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt35cun020h 3	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacció al foc classe Cca-s1b,d1,a1 segons UNE-EN 50575, amb conductor multifilar de coure classe 5 (-K) de 50 mm ² de secció, amb aïllament de compost termoplàstic a força de poliolefina lliure de halògens amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Inclosos accessoris i elements de subjecció. Segons UNE 211025.	1,00	7,18	7,18
			Subtotal materials:		7,18
			Mà d'obra		
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,031	25,32	0,78

mo102	h	Ajudant electricista.	0,031	21,72	0,67
			Subtotal	mà	1,45
			d'obra:		
		Costos directes complementaris			
	%	Costos directes complementaris	2,000	8,63	0,17
			Costos directes:		8,80

5.8 CABLEJAT PROTECTOR DE LA LÍNIA DEL GRUP ELECTROGEN FINS ALS INVERSORS HÍBRIDS

IFI0121 m Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacció al foc classe Cca-s1b,d1,a1, amb conductor multifilar de coure classe 5 (-K) de 25 mm² de secció, amb aïllament de compost termoplàstic a força de poliolefina lliure de halògens amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Inclosos accessoris i elements de subjecció.

Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt35cun020h4	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacció al foc classe Cca-s1b,d1,a1 segons UNE-EN 50575, amb conductor multifilar de coure classe 5 (-K) de 25 mm ² de secció, amb aïllament de compost termoplàstic a força de poliolefina lliure de halògens amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1). Inclosos accessoris i elements de subjecció. Segons UNE 211025.	1,00	2,96	2,96

Subtotal materials: 2,96

Mà d'obra

mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,031	25,32	0,78
mo102	h	Ajudant electricista.	0,031	21,72	0,67

Subtotal mà d'obra: 1,45

Costos directes complementaris

%	Costos directes complementaris	2,000	4,41	0,09
---	--------------------------------	-------	------	------

Costos directes: 4,50

5.9 TUB PROTECTOR DE LA LÍNIA DELS MÒDULS FOTOVOLTIAC FINS ELS INVERSORS HÍBRIDS

IEO010 m Canalització de tub corbable de polipropilè, transversalment elàstic, corrugat, de color gris, de 40 mm de diàmetre nominal, resistència a la

90°C, amb grau de protecció IP547 segons UNE 20324, propietats elèctriques: aïllant, no propagador de la flama. Segons UNE-EN 61386-1 i UNE-EN 61386-22.

				Subtotal materials:	0,27
		Mà d'obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,020	25,32	0,51
mo102	h	Ajudant electricista.	0,025	21,72	0,54
			Subtotal mà d'obra:	mà	1,05
		Costos directes complementaris			
	%	Costos directes complementaris	2,000	1,32	0,03
			Costos directes:		1,35

5.1 TUB PROTECTOR DE LA LÍNIA DELS INVERSORS

1 HÍBRIDS FINS AL QUADRE DE PROTECCIONS DE CA

IEO0102 m Canalització de tub corbable de polipropilè, transversalment elàstic, corrugat, de color gris, de 25 mm de diàmetre nominal, resistència a la compressió 750 N, amb grau de protecció IP547. Instal·lació encastada en element de construcció d'obra de fàbrica.

Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt35aia050a1	m	Tub corbable de polipropilè, transversalment elàstic, corrugat, de color gris, de 25 mm de diàmetre nominal, per a canalització encastada en obra de fàbrica (terres, parets i sostres). Resistència a la compressió 750 N, resistència a l'impacte 2 joules, temperatura de treball -5°C fins 90°C, amb grau de protecció IP547 segons UNE 20324, propietats elèctriques: aïllant, no propagador de la flama. Segons UNE-EN 61386-1 i UNE-EN 61386-22.	1,00	0,46	0,46

			Subtotal materials:	0,46	
		Mà d'obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,020	25,32	0,51
mo102	h	Ajudant electricista.	0,025	21,72	0,54
			Subtotal mà d'obra:	mà	1,05

Costos directes complementaris				
%	Costos directes complementaris	2,000	1,51	0,03
		Costos directes:		1,54

5.1 TUB PROTECTOR DE LA LÍNIA DEL GRUP
2 ELECTROGEN FINS ALS INVERSORS HÍBRIDS

IEO0103 m Canalització de tub corbable de polipropilè, transversalment elàstic, corrugat, de color gris, de 50 mm de diàmetre nominal, resistència a la compressió 750 N, amb grau de protecció IP547. Instal·lació encastada en element de construcció d'obra de fàbrica.

Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt35aia050a2	m	Tub corbable de polipropilè, transversalment elàstic, corrugat, de color gris, de 50 mm de diàmetre nominal, per a canalització encastada en obra de fàbrica (terres, parets i sostres). Resistència a la compressió 750 N, resistència a l'impacte 2 joules, temperatura de treball -5°C fins 90°C, amb grau de protecció IP547 segons UNE 20324, propietats elèctriques: aïllant, no propagador de la flama. Segons UNE-EN 61386-1 i UNE-EN 61386-22.	1,00	1,21	1,21

Subtotal materials: 1,21

Mà d'obra

mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,020	25,32	0,51
mo102	h	Ajudant electricista.	0,025	21,72	0,54

Subtotal mà d'obra: 1,05

Costos directes complementaris

%	Costos directes complementaris	2,000	2,26	0,05
---	--------------------------------	-------	------	------

Costos directes: 2,31

6. PRESA DE TERRA

6.1 TERRA DE PROTECCIÓ

IEP021 U Presa de terra amb dues piques d'acer courat de 2 m de longitud cadascuna.

Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
------	--------	------------	-----------	--------------	--------

mt35tte010b	U	Elèctrode per a xarxa de connexió a terra de couratge amb 300 µm, fabricat en acer, de 15 mm de diàmetre i 2 m de longitud.	2,000	9,00	18,00
mt35ttc010b	m	Conductor de coure nu, de 35 mm ² .	2,500	1,41	3,51
mt35tta040	U	Grapa abraçadora per a connexió de pica.	2,000	0,50	1,00
mt35tta010	U	Pericó de polipropilè per a connexió a terra, de 300x300 mm, amb tapa de registre.	1,000	37,00	37,00
mt35tta030	U	Pont per a comprovació de connexió de terra de l'instal·lació elèctrica.	1,000	23,00	23,00
mt35tta060	U	Sac de 5 kg de sals minerals per a la millora de la conductivitat de posades a terra.	0,666	1,75	1,17
mt35www020	U	Material auxiliar per a instal·lacions de connexió a terra.	1,000	0,58	0,58
			Subtotal materials:		84,26
Mà d'obra					
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,310	25,32	7,85
mo102	h	Ajudant electricista.	0,310	21,72	6,73
			Subtotal mà d'obra:		14,58
Costos directes complementaris					
	%	Costos directes complementaris	2,000	98,84	1,98
			Costos directes:		100,82

6.2 TERRA DE SERVEI IEP021

U		Presa de terra amb dues piques d'acer courat de 2 m de longitud cadascuna.			
Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt35tte010b	U	Elèctrode per a xarxa de connexió a terra de couratge amb 300 µm, fabricat en acer, de 15 mm de diàmetre i 2 m de longitud.	2,000	9,00	18,00
mt35ttc010b	m	Conductor de coure nu, de 35 mm ² .	2,500	1,41	3,51
mt35tta040	U	Grapa abraçadora per a connexió de pica.	2,000	0,50	1,00
mt35tta010	U	Pericó de polipropilè per a connexió a terra, de 300x300 mm, amb tapa de registre.	1,000	37,00	37,00
mt35tta030	U	Pont per a comprovació de connexió de terra de l'instal·lació elèctrica.	1,000	23,00	23,00
mt35tta060	U	Sac de 5 kg de sals minerals per a la millora de la conductivitat de posades a terra.	0,666	1,75	1,17
mt35www020	U	Material auxiliar per a instal·lacions de connexió a terra.	1,000	0,58	0,58
			Subtotal materials:		84,26

		Mà d'obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,310	25,32	7,85
mo102	h	Ajudant electricista.	0,310	21,72	6,73
			Subtotal	mà	14,58
			d'obra:		
		Costos directes complementaris			
	%	Costos directes complementaris	2,000	98,84	1,98
			Costos directes:		100,82

7. PROTECCIONS ELÈCTRIQUES

7.1	PROTECCIONS TRANSITÒRIES FOTVOLTAICS IEX076	CONTRA EN LA	SOBRETENSIONS DELS MÒDULS			
	U	Protector contra sobretensions transitòries, de 2 mòduls, bipolar (2P), tipus 2 (ona 8/20 µs), nivell de protecció 1,8 kV, intensitat màxima de descàrrega 40 kA.				
Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import	
mt35aia050a2	m	Protector contra sobretensions transitòries, de 2 mòduls, bipolar (2P), tipus 2 (ona 8/20 µs), nivell de protecció 1,8 kV, intensitat màxima de descàrrega 40 kA, de 36x93x65,5 mm, grau de protecció IP20, muntatge sobre carril DIN (35 mm) i fixació a carril mitjançant grapes, segons IEC 61643-11.	1,00	98,77	98,77	
			Subtotal		98,77	
			materials:			
		Mà d'obra				
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,311	25,32	7,87	
			Subtotal	mà	7,87	
			d'obra:			
		Costos directes complementaris				
	%	Costos directes complementaris	2,000	106,64	2,13	
			Costos directes:		108,77	

7.2	PROTECCIONS TRANSITÒRIES ACUMULADORS IEX076	CONTRA EN LA	SOBRETENSIONS DELS			
	U	Protector contra sobretensions transitòries, de 2 mòduls, bipolar (2P),				

tipus 2 (ona 8/20 μ s), nivell de protecció 1,8 kV, intensitat màxima de descàrrega 40 kA.

Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt35aia050a2	m	Protector contra sobretensions transitòries, de 2 mòduls, bipolar (2P), tipus 2 (ona 8/20 μ s), nivell de protecció 1,8 kV, intensitat màxima de descàrrega 40 kA, de 36x93x65,5 mm, grau de protecció IP20, muntatge sobre carril DIN (35 mm) i fixació a carril mitjançant grapes, segons IEC 61643-11.	1,00	98,77	98,77
Subtotal materials:					98,77
mo003	h	Mà d'obra Oficial 1ª electricista.	0,311	25,32	7,87
Subtotal mà d'obra:					7,87
	%	Costos directes complementaris Costos directes complementaris	2,000	106,64	2,13
Costos directes:					108,77

7.3 FUSIBLES DE LÍNIA EN ELS MÒDULS FOTOVOLTAICS

IEX300	U	Conjunt fusible, format per fusible cilíndric, corba aM, intensitat nominal 20 A, poder de tall 100 kA, grandària 10,3x38 mm i base modular per a fusibles cilíndrics, unipolar (1P).			
Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt35amc801aff	U	Fusible cilíndric, corba aM, intensitat nominal 20 A, poder de tall 100 kA, grandària 10,3x38 mm, segons UNE-EN 60269-1.	1,00	0,47	0,47
mt35amc810a	U	Base modular per a fusibles cilíndrics, unipolar (1P), intensitat nominal 20 A, segons UNE-EN 60269-1.	1,00	2,68	2,68
Subtotal materials:					3,15
mo003	h	Mà d'obra Oficial 1ª electricista.	0,231	25,32	5,85

			Subtotal	mà	5,85
			d'obra:		
		Costos directes complementaris			
	%	Costos directes complementaris	2,000	9,00	0,18
			Costos directes: 9,18		

7.4 FUSIBLES DE LÍNIA EN ELS ACUMULADORS					
IEX3001	U	Conjunt fusible, format per fusible cilíndric, corba aM, intensitat nominal 100 A, poder de tall 100 kA, grandària 22x58 mm i base modular per a fusibles cilíndrics, unipolar (1P).			
Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt35amc801aff1	U	Fusible cilíndric, corba aM, intensitat nominal 100 A, poder de tall 100 kA, grandària 22x58 mm, segons UNE-EN 60269-1.	1,00	2,33	2,33
mt35amc810a1	U	Base modular per a fusibles cilíndrics, unipolar (1P), intensitat nominal 100 A, segons UNE-EN 60269-1.	1,00	13,40	13,40
			Subtotal materials: 15,73		
		Mà d'obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,231	25,32	5,85
			Subtotal mà d'obra: 5,85		
		Costos directes complementaris			
	%	Costos directes complementaris	2,000	21,58	0,43
			Costos directes: 22,01		

7.5 INTERRUPTOR AUTOMÀTIC DE TALL AMB CÀRREGA CC					
IEX020	U	Interruptor automàtic seccionador, de 2 mòduls, bipolar (2P), intensitat nominal 100 A, tensió d'aïllament (Ui) 500 V, impuls de tensió màxim (Uimp) 4 kV, poder d'obertura i tancament 3 x In, poder de tall 20 x In durant 0,1 s, intensitat de curtcircuit (Icw) 12 x In durant 1 s.			
Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import

mt35amc401k	U	Interruptor automàtic seccionador, de 2 mòduls, bipolar (2P), intensitat nominal 100 A, tensió d'aïllament (Ui) 500 V, impuls de tensió màxim (Uimp) 4 kV, poder d'obertura i tancament 3 x In, poder de tall 20 x In durant 0,1 s, intensitat de curtcircuit (Icw) 12 x In durant 1 s, vida útil en buit 8500 maniobres, vida útil en càrrega 1500 maniobres, de 36x86x75 mm, grau de protecció IP20, muntatge sobre carril DIN (35 mm) i fixació a carril mitjançant grapes, segons UNE-EN 60947-3.	1,00	31,84	31,84
			Subtotal materials:		31,84
mo003	h	Mà d'obra Oficial 1ª electricista.	0,290	25,32	7,34
			Subtotal mà d'obra:		7,34
Costos directes complementaris					
	%	Costos directes complementaris	2,000	39,18	0,78
			Costos directes:		39,96

7.6 INTERRUPTOR AUTOMÀTIC DE CC DE L'INVERSOR

IEX0201	U	Interruptor automàtic seccionador, de 2 mòduls, bipolar (2P), intensitat nominal 63 A, tensió d'aïllament (Ui) 500 V, impuls de tensió màxim (Uimp) 4 kV, poder d'obertura i tancament 3 x In, poder de tall 20 x In durant 0,1 s, intensitat de curtcircuit (Icw) 12 x In durant 1 s.			
Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt35amc401k1	U	Interruptor automàtic seccionador, de 2 mòduls, bipolar (2P), intensitat nominal 63 A, tensió d'aïllament (Ui) 500 V, impuls de tensió màxim (Uimp) 4 kV, poder d'obertura i tancament 3 x In, poder de tall 20 x In durant 0,1 s, intensitat de curtcircuit (Icw) 12 x In durant 1 s, vida útil en buit 8500 maniobres, vida útil en càrrega 1500 maniobres, de 36x86x75 mm, grau de protecció IP20, muntatge sobre carril DIN (35 mm) i fixació a carril mitjançant grapes, segons UNE-EN 60947-3.	1,00	19,36	19,36

			Subtotal materials:	19,36
mo003	h	Mà d'obra Oficial 1ª electricista.	0,290	25,32
			Subtotal d'obra:	7,34
		Costos directes complementaris		
	%	Costos directes complementaris	2,000	26,70
			Costos directes:	27,23

7.7	INTERRUPTOR AUTOMÀTIC IEX0202	GENERAL			
	U	Interruptor general automàtic, de 2 mòduls, bipolar (2P), intensitat nominal 63 A, tensió d'aïllament (Ui) 500 V, impuls de tensió màxim (Uimp) 4 kV, poder d'obertura i tancament 3 x In, poder de tall 20 x In durant 0,1 s, intensitat de curtcircuit (Icw) 12 x In durant 1 s.			
Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import
mt35amc401k2	U	Interruptor general automàtic, de 2 mòduls, bipolar (2P), intensitat nominal 63 A, tensió d'aïllament (Ui) 500 V, impuls de tensió màxim (Uimp) 4 kV, poder d'obertura i tancament 3 x In, poder de tall 20 x In durant 0,1 s, intensitat de curtcircuit (Icw) 12 x In durant 1 s, vida útil en buit 8500 maniobres, vida útil en càrrega 1500 maniobres, de 36x86x75 mm, grau de protecció IP20, muntatge sobre carril DIN (35 mm) i fixació a carril mitjançant grapes, segons UNE-EN 60947-3.	1,00	19,36	19,36
			Subtotal materials:	19,36	
mo003	h	Mà d'obra Oficial 1ª electricista.	0,290	25,32	7,34
			Subtotal d'obra:	7,34	
		Costos directes complementaris			
	%	Costos directes complementaris	2,000	26,70	0,53
			Costos directes:	27,23	

7.8 INTERRUPTOR DIFERENCIAL IEX060						
Codi	Unitat	Descripció	Rendiment	Preu unitari	Import	
	U	Interruptor diferencial instantani, de 2 mòduls, bipolar (2P), intensitat nominal 63 A, sensibilitat 30 mA, poder de tall 6 kA, classe AC.				
mt35amc100fd	U	Interruptor diferencial instantani, de 2 mòduls, bipolar (2P), intensitat nominal 63 A, sensibilitat 30 mA, poder de tall 6 kA, classe AC, de 36x80x77,8 mm, grau de protecció IP20, muntatge sobre carril DIN (35 mm) i fixació a carril mitjançant grapes, segons UNE-EN 61008-1.	1,00	171,41	171,41	
Subtotal materials:					171,41	
		Mà d'obra				
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,289	25,32	7,32	
Subtotal mà d'obra:					7,32	
		Costos directes complementaris				
	%	Costos directes complementaris	2,000	178,73	3,57	
Costos directes:					182,30	

13. Avaluació econòmica

13.1. Estudi econòmic

13.1.1. Costos fixos

13.1.1.1 Costos fixos provinents del capital fix

Els costos fixos que provenen del capital fix corresponen als costos que no depenen del nivell de producció, ja que no impliquen un flux de diners durant el cicle productiu. Dintre els costos fixos del capital fix es destaquen les amortitzacions i interessos dels béns de la instal·lació fotovoltaica que s'indiquen en la Taula 59. El valor total dels costos fixos provinents del capital fix és de 8.225,00 €/any.

Les fórmules utilitzades per al càlcul són:

$$\text{Cost d'amortització} = \frac{V_0 - V_r}{V_u}$$

$$\text{Cost d'oportunitat} = \frac{V_0 + V_n}{2} * i$$

On:

- V_0 , és el valor d'adquisició d'un determinat bé immoble (€).
- ΔV_r , és el percentatge respecte el valor d'adquisició que tindrà com a valor residual un determinat bé immoble (V_r , en €) al final de la seva vida útil. Es considera un percentatge del 10% per tal de maximitzar la vida útil de l'immobilitzat.
- i , és la taxa d'interès (3,25%).

Taula 59. Costos fixos anuals provinents del capital fix de la instal·lació fotovoltaica autònoma.

IMMBOLITZAT	V_0 (€)	VIDA ÚTIL (anys)	ΔV_r (%)	TAXA D'INTERÈS (%)	COST D'AMORTITZACIÓ (€/any)	COST OPORTUNITAT (€/any)
Mòduls fotovoltaics	15.225,84	30	10	3,25	507,43 €	272,16 €
Inversors híbrids	5.536,02	10	10	3,25	553,50 €	98,96 €
Acumuladors estacionaris	46.740,24	15	10	3,25	3.115,92 €	835,48 €
Grup electrogen	6.061,92	30	10	3,25	201,96 €	108,36 €
Estructures de suport	11.876,61	30	10	3,25	395,79 €	212,29 €
Instal·lació elèctrica	37.557,43	30	10	3,25	1.251,81 €	671,34 €
COSTOS					6.026,41 €	2.198,59 €
COSTOS FIXOS PROVINENTS DEL CAPITAL FIX TOTALS						8.225,00 €

13.1.1.2. Costos fixos provinents del capital circulant

Els costos fixos que provenen del capital circulant corresponen als costos que depenen del nivell de producció. Corresponen als costos de la inversió en factors de producció que s'utilitzen en un termini de temps inferior al cicle productiu i implica un moviment de diners. En aquests costos s'hauria de que tenir en compte la mà d'obra per tal de realitzar el manteniment de la instal·lació fotovoltaica, però aquesta no es tindrà en consideració, ja que el personal que realitzarà aquesta tasca és el propietari de l'explotació del Camp dels "Hermanos".

13.1.2. Costos variables

Els costos variables corresponen als factors de producció utilitzats en un termini de temps inferior a un cicle productiu i que generalment depenen del nivell de producció, s'indiquen en la Taula 60. Les principals despeses variables de la instal·lació és el manteniment d'aquesta i el cost del gasoil del grup electrogen. En el manteniment s'ha estimat un cost anual de 1.000 € i en la compra de gasoil uns 450 €, que seria emplenar, aproximadament, una vegada a l'any el dipòsit de 1.000 l. Així que, s'obtenen uns costos variables de 1.422,75 €/any.

Taula 60. Costos variables anuals de la instal·lació fotovoltaica autònoma.

ORIGEN DE LA DESPESA	DESPESA (€/any)	TAXA D'INTERÈS (%)	COST OPORTUNITAT (€/any)
Manteniment de la instal·lació	1.000,00 €	3,25	16,25 €
Gasoil del grup electrogen	450,00 €	3,25	6,50 €
TOTALS	1.450,00 €		22,75 €
TOTAL			1.422,75 €

13.1.3. Ingressos

Pel que fa als ingressos anuals de la instal·lació fotovoltaica autònoma, aquests són bàsicament l'estalvi de les factures elèctriques. En la Taula 2 de l'Annex 1 s'ha determinat que el cost elèctric facturat en un any ascendeix a 7.488,58 €. Cal comentar que el preu de l'electricitat és molt inestable, per tant, els ingressos comptabilitzats poden canviar considerablement.

En el supòsit que es decidís vendre l'excedent d'energia elèctrica, doncs, caldria afegir els ingressos provinents de la venda d'aquests.

13.1.4. Beneficis

Els beneficis anuals que s'obtenen en la instal·lació fotovoltaica es detallen a la Taula 61. El benefici és negatiu (-3.378,67 €), ja que no es comptabilitza com a ingrés l'energia anual consumida en l'explotació del Camp dels "Hermanos", gràcies a la implementació de la instal·lació fotovoltaica. A més, cal destacar que la inversió de la instal·lació és elevada per l'adquisició dels acumuladors.

Taula 61. Beneficis anuals de la instal·lació fotovoltaica autònoma.

INGRESSOS (€)	COSTOS FIXOS (€)	COSTOS VARIABLES (€)	BENEFICI (€)
7.488,58	8.225,00	2.642,25 €	-3.378,67

13.2. Principis de l'avaluació financera

13.2.1. Introducció

L'objectiu principal de l'avaluació financera és establir la rendibilitat de la inversió en el projecte. A continuació, es realitzarà una anàlisi de les inversions que es duran a terme per a l'execució i posada en marxa del projecte.

Els paràmetres que defineixen una inversió són els següents:

- Pagament de la inversió (K): és la quantitat que el promotor ha de pagar per tal que l'explotació iniciï la seva activitat.
- Pagaments d'explotació (P): són els pagaments que s'efectuen anualment deguts a l'activitat de l'explotació, podent diferenciar-se en pagaments ordinaris i pagaments extraordinaris.

- Cobraments d'explotació (C): són les entrades de recursos monetaris en caixa que tenen lloc en l'explotació, podent diferenciar-se en cobraments ordinaris i cobraments extraordinaris.
- Fluxos de caixa (FC): són els resultants d'efectuar la diferència entre cobraments i pagaments, tant ordinaris com extraordinaris, i del préstec (en cas que s'hagi de demanar) en cadascun dels anys de vida del projecte.
- Vida útil del projecte (n): és el nombre d'anys que transcorre des que s'inicia la inversió fins que deixa de produir els fluxos de caixa previstos.
- Taxa d'actualització (r): és la taxa emprada per homogeneïtzar en el temps els diferents fluxos de caixa generats en l'explotació.

13.2.2. Criteris de rendibilitat

Els criteris de rendibilitat que s'han aplicat en l'estudi són aquells que tenen en compte la cronologia dels fluxos de caixa, utilitzant la taxa d'actualització per homogeneïtzar al moment de l'estudi.

- Valor actual net (VAN): indica el guany o la rendibilitat neta generada pel projecte. Expressa el valor actualitzat de tots els rendiments financers generats per la inversió, un cop restat el valor actualitzat de la mateixa; és a dir, el guany total a preus actuals. Quan un projecte té un VAN superior a 0, es diu que la inversió resulta viable des del punt de vista financer. En canvi, si és inferior a zero la inversió genera pèrdues. El VAN es calcula mitjançant l'expressió:

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+r)^j} - \sum_{j=0}^m \frac{K_j}{(1+r)^j}$$

- Taxa interna de rendiment (TIR): es defineix com el valor de la taxa d'actualització per la qual el VAN pren el valor 0. Mesura la rendibilitat mitjana que proporciona una inversió al capital invertit en la mateixa. Perquè la inversió sigui rendible, aquest valor ha de ser major al tipus d'interès del mercat. Com major sigui la TIR, més rendibilitat té la inversió. Es calcula mitjançant l'expressió:

$$\sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+\lambda)^j} - \sum_{j=0}^m \frac{K_j}{(1+\lambda)^j} = 0$$

- Relació benefici/inversió (Q): Mesura les unitats monetàries de guany per cada unitat monetària invertida. Depèn de la taxa d'actualització considerada. Per a una determinada taxa d'actualització, com més gran sigui el VAN/k, més rendible serà la inversió. El VAN/k calcula mitjançant l'expressió:

$$Q = \frac{VAN}{K}$$

- Termini de recuperació o *Pay back*: mesura el període de temps, expressat en anys, que passen fins que els fluxos de caixa actualitzats permeten recuperar la inversió. És el temps que triga a recuperar-se el pagament de la inversió. Interessa que el *Pay back* sigui el menor possible.

13.3. Avaluació de la rendibilitat financera

13.3.1. Inversió inicial

La inversió inicial es realitzarà l'any 0 i és de 181.404,32 €, que és el preu del pressupost general total, determinat en el document d'Amidaments i pressupost.

13.3.2. Cobraments

13.3.2.1. Cobraments ordinaris

Els cobraments ordinaris són les entrades de recursos monetaris a tresoreria de l'empresa, essent exclusivament els propis generats la instal·lació fotovoltaica autònoma. Per tant, aquests cobraments són de 7.488,58 € anuals i corresponen a l'estalvi de les factures d'electricitat (Taula 2 de l'Annex 1). Cal esmentar la tendència a l'alça del preu de l'electricitat, per la qual cosa els cobraments ordinaris anuals podrien augmentar notablement.

13.3.2.2. Cobraments extraordinaris

Els cobraments extraordinaris són les entrades de recursos monetaris a tresoreria de l'empresa, essent les activitats atípiques, com la recepció de préstecs, cobraments per la venda d'equips que se substitueixen i subvencions.

En la instal·lació fotovoltaica autònoma es contempla com a cobrament extraordinari una subvenció per la implementació d'energia fotovoltaica autònoma. Segons el Reial decret 477/2021, de 29 de juny, pel qual s'aprova la concessió directa a les comunitats autònomes i a les ciutats de Ceuta i Melilla d'ajudes per a l'execució de diversos programes d'incentius lligats a l'autoconsum i a l'emmagatzematge, amb fonts d'energia renovable, així com a la implantació de sistemes tèrmics renovables al sector residencial, en el marc del Pla de Recuperació, Transformació i Resiliència, el cost subvencionable unitari màxim és de 1.188 €/kW en una instal·lació fotovoltaica d'autoconsum (Potència ≤ 10 kWp). Com que en el present projecte es té una potència de 63,30 kW en el generador fotovoltaic, la subvenció màxima és 75.200,40 €, segons el Reial decret 477/2021, de 29 de juny.

Pel que fa als cobraments per la venda dels components de la instal·lació fotovoltaica autònoma, aquests es determinen en la Taula 62 i, a part, s'identifica per cada component l'any de la renovació.

Taula 62. Valors residuals i any de renovació dels components de la instal·lació fotovoltaica autònoma.

COMPONENTS	VALOR ADQUISICIÓ	ANY ADQUISICIÓ	VIDA ÚTIL (anys)	ANY RENOVACIÓ	ΔV_n (%)	VALOR RESIDUAL (€)
Mòduls fotovoltaics	15.225,84	0	30	31	10	1.522,58 €
Inversors híbrids	5.536,02	0	15	16	10	553,60 €
Acumuladors estacionaris	46.740,24	0	30	31	10	4.674,02 €
Grup electrogen	6.061,92	0	30	31	10	606,19 €
Estructures de suport	11.876,61	0	30	31	10	1.187,66 €
Instal·lació elèctrica	37.557,43	0	30	31	10	3.755,74 €

13.3.3. Pagaments

13.3.3.1. Pagaments ordinaris

Els pagaments ordinaris són les sortides de recursos monetaris de tresoreria de l'empresa, essent normalment els realitzats per produir. Per tant, correspondrien als costos variables obtinguts en la Taula 61. Així, en la instal·lació fotovoltaica autònoma, els pagaments ordinaris són de 2.642,25 €/any.

13.3.3.2. Pagaments extraordinaris

Els pagaments extraordinaris són les sortides de recursos monetaris de tresoreria de l'empresa, essent de caràcter atípic derivat de l'amortització financera de préstecs i de la renovació d'equips (estrictament parlant es tracta de noves inversions).

Per tant, en la Taula 63, es mostren els valors d'adquisició dels components de la instal·lació, també, es mostra l'any de renovació de cadascun.

13.3.4. Fluxos de caixa

En la Taula 63 es pot observar la variació prevista dels fluxos de caixa segons els ingressos i les despeses previstes. Es pot observar que l'any 0 hi ha una inversió inicial que correspon a les despeses d'execució del projecte amb la compra dels diferents components de la instal·lació fotovoltaica.

A més, en l'any 16 hi ha una despesa de 5.536,02 € que correspon a l'adquisició dels nous inversors híbrids, però en el mateix any hi ha un cobrament extraordinari per la venda dels components vells de 553,60 €. Finalment, l'any 30 hi ha un cobrament extraordinari per la venda de la resta de components de la instal·lació fotovoltaica, que ascendeix a 11.746,20 €, però a conseqüència caldria comprar de nou els components de la instal·lació fotovoltaica, essent un cost de 117.462,04 €.

D'aquesta manera s'obtenen els fluxos de caixa normal, que consisteixen en la diferència entre cobraments i pagaments i el fluxos de caixa actualitzats que responen a la necessitat de preveure que el valor de la moneda augmentarà, i per tant la mateixa quantitat monetària que es té un any, té un valor inferior amb el pas del temps.

Taula 63. Fluxos de caixa amb la inversió en la instal·lació fotovoltaica autònoma (CO: cobraments ordinaris, CE: cobraments extraordinaris, PO: pagaments ordinaris, PE: pagaments extraordinaris, FC: fluxos de caixa).

							Taxa d'actualització	3,25%	
FINAL									
ANY	CO	CE	PO	PE	INVERSIÓ	FC	FC Actualitzat	FC Actualitzat-Acumulat	PAY BACK
0		75.200,40 €			181.404,32 €	-106.203,92 €	-106.203,92 €	-106.203,92 €	100,00
1	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	5.874,90 €	-100.329,02 €	100,00
2	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	5.689,97 €	-94.639,05 €	100,00
3	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	5.510,87 €	-89.128,18 €	100,00
4	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	5.337,40 €	-83.790,78 €	100,00
5	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	5.169,40 €	-78.621,38 €	100,00
6	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	5.006,68 €	-73.614,70 €	100,00
7	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	4.849,09 €	-68.765,61 €	100,00
8	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	4.696,45 €	-64.069,16 €	100,00
9	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	4.548,62 €	-59.520,54 €	100,00
10	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	4.405,44 €	-55.115,10 €	100,00
11	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	4.266,77 €	-50.848,33 €	100,00
12	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	4.132,47 €	-46.715,86 €	100,00
13	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	4.002,39 €	-42.713,47 €	100,00
14	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	3.876,41 €	-38.837,06 €	100,00
15	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	3.754,39 €	-35.082,67 €	100,00
16	7.488,58 €	553,60 €	1.422,75 €	5.536,02 €		1.083,41 €	649,46 €	-34.433,21 €	100,00
17	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	3.521,76 €	-30.911,46 €	100,00
18	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	3.410,90 €	-27.500,56 €	100,00
19	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	3.303,54 €	-24.197,02 €	100,00
20	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	3.199,55 €	-20.997,47 €	100,00
21	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	3.098,84 €	-17.898,63 €	100,00
22	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	3.001,30 €	-14.897,33 €	100,00
23	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	2.906,82 €	-11.990,51 €	100,00

24	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	2.815,33 €	-9.175,18 €	100,00
25	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	2.726,71 €	-6.448,47 €	100,00
26	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	2.640,88 €	-3.807,59 €	100,00
27	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	2.557,75 €	-1.249,84 €	100,00
28	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	2.477,24 €	1.227,40 €	28,00
29	7.488,58 €		1.422,75 €			6.065,83 €	2.399,27 €	3.626,67 €	29,00
30	7.488,58 €	11.746,20 €	1.422,75 €			17.812,03 €	6.823,57 €	10.450,24 €	30,00

13.3.5. Índexs de rendibilitat financera

En la Taula 64 s'observa que amb una taxa d'actualització del 3,25% el VAN és positiu, això indica que el guany que s'obtindrà al cap de 30 anys és de 10.450,24 €. Cal dir que a major taxa d'actualització el VAN és menor. En el cas de tenir un VAN negatiu, això indicaria que la inversió genera pèrdues i determinaria que el projecte és inviable econòmicament. El mateix ocorre amb el VAN/k, que és el benefici que s'extreu per unitat monetària invertida. El valor del VAN/k indica que per cada euro invertit en el projecte es té un benefici de 0,057 €, essent una rendibilitat molt pobra. En referència al *Pay back*, aquest és de 28 anys, el qual indica que no es recupera la inversió fins l'any 28. Per últim, la TIR és del 3,97%, la qual indica la rendibilitat mitjana que proporciona la inversió al capital invertit en la mateixa.

Finalment, analitzats els índexs de rendibilitat financera, amb una taxa d'actualització del 3,25%, la instal·lació fotovoltaica autònoma del Camp dels "Hermanos" és viable amb l'actual inversió, però cal dir que la rendibilitat és molt baixa i el termini de recuperació de la inversió és alt. Cal comentar que el principal component que incrementa el pressupost d'execució total és l'adquisició dels acumuladors, els quals representen un 37% del pressupost general total.

Taula 64. Índexs de rendibilitat financera de l'explotació en la instal·lació fotovoltaica autònoma.

TAXA D'ACTUALITZACIÓ	VAN (€)	VAN/k	PAY BACK (anys)	TIR (%)
3,25%	10.450,24	0,057	28	3,97%

14. Referencias bibliogràfiques

- ✚ Alonso, J. I., Fernández, A. Jiménez, C., Lecuona, A., Mellado, F., Plaza, J. F., Ramos, V. i Sala, G., 2007. Energía Solar Fotovoltaica (en línea). Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, Madrid. Consultat el 20/06/2021. Disponible a: <https://docplayer.es/2867317-Energia-solar-fotovoltaica.html>
- ✚ AODibérica, 2021. Ventajas y desventajas a contar con una instalación fotovoltaica (en línea). Vallbona d'Anoia, Barcelona. Consultat el 11/07/2021. Disponible a: <https://aodiberica.com/energia-fotovoltaica-ventajas-desventajas/>
- ✚ Bachiller, F. 2008. El Sol: nuestra estrella, nuestra energia (en línea). Observatorio Astronómico Nacional. Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento. Consultat el 11/07/2021. Disponible a: <http://astronomia.ign.es/rknewsys-theme/images/webAstro/paginas/documentos/Anuario/elsolnuestraestrella.pdf>
- ✚ Baldasano, J. M., Soriano, C. i Flores, H., 2000. Atlas de radiació solar de Catalunya (en línea). Departament d'Indústria Comerç i Turisme, Generalitat de Catalunya. Consultat el 22/07/2021. Disponible a: http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/09_fons_documental/02_estudis_monografics/arxius/monografic12.pdf
- ✚ Benavides, H. O., 2010. Información técnica sobre la radiación ultravioleta, el índice uv y su pronóstico (en línea). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. Consultat el 11/07/2021. Disponible a: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022454/NotatecnicaUVPaginaWEBfinal.pdf>
- ✚ Castejón, A. i Santamaria, G., 2010. Instalaciones solares fotovoltaicas (en línea). Editex, Madrid. Consultat el 20/06/2021. Disponible a: <https://es.scribd.com/document/407834610/Castejon-Agustin-Y-Santamaria-German-Instalaciones-Solares-Fotovoltaicas-pdf>
- ✚ Consell Comarcal de l'Alt Empordà, 2020. Caracterització climàtica de la comarca de l'Alt Empordà. Consell comarcal de l'Alt Empordà, Catalunya. Consultat 13/08/2021. Disponible a <https://www.altemporda.org/portal/descripcio-de-l-entorn-fisic/clima-i-meteorologia/caracteritzacio-climatica-de-la-comarca-de-l-alt-emporda>
- ✚ CEPYME ARAGON, 2012. Guía medidas preventivas a adoptar por los instaladores de placas de energía solar fotovoltaica y fototèrmica (en línea). Zaragoza. Consultat 18/08/2021. Disponible a: https://srvsbniisphp-universitatpolit.netdna-ssl.com/cdn_propintegral/sites/default/files/noticia/37994/field_adjuntos/2013-fprl-02.pdf
- ✚ DARP, 2021. Comparativa del cost de producció porcina a varis països seleccionats període: 2016-2019 (en línea). Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca, Generalitat de Catalunya. Consultat el 20/06/2021. Disponible a: http://agricultura.gencat.cat/web/.content/de_departament/de02_estadistiques_observatoris/08_observatoris_sectorials/04_observatori_porci/informes_periodics_2019/E3_interpig/fitxer_estatic/HISTORIC-INTERPIG-2003-2019web.pdf
- ✚ DB-HE 5 CTE, 2017. Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica (en línea). Documento Básico HE Ahorro de Energía, Codi Tècnic de l'Edificació (CTE). Consultat el 22/07/2021. Disponible a: https://www.coit.es/system/files/link_group/he_5_contribucion_fotovoltaica_minima_de_energia_electrica_77f479a7.pdf
- ✚ DB SE-AE CTE, 2009. Seguridad Estructural Acciones en la edificación (en línea). Código Técnico de la Edificación, Gobierno de España. Consultat 12/08/2021. Disponible a: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE-AE.pdf>
- ✚ DB SE CTE, 2009. Seguridad estructural (en línea). Código Técnico de la Edificación, Gobierno de España. Consultat 12/08/2021. Disponible a: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE.pdf>

- ✚ DB SUA 8, 2019. Seguridad de utilización y accesibilidad (en línea). Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda Secretaría General de Vivienda Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo. Ministerio de Fomento. Consultat 12/08/2021. Disponible a: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SUA/DccSUA.pdf>
- ✚ Díaz, T. i Carmona, G., 2010. Instalaciones solares fotovoltaicas (en línea). McGraw Hill. Consultat el 29/07/2021. Disponible a: <https://es.pdfdrive.com/instalaciones-solares-fotovoltaicas-e184793085.html>
- ✚ EfectoLED, 2021. Protector Sobretensiones Transitorias MAXGE 2P (en línea). Consultat el 22/07/2021. Disponible a: <https://www.efectoled.com/es/comprar-proteccion-contrasobretensiones/761-protector-sobretensiones-transitorias-2p-clase-ii-40ka-20ka-12kv-8445044010141.html>
- ✚ El Periódico de la Energía, 2020. Historia de la fotovoltaica en España: desde sus inicios en 1984 a sus objetivos para 2030 (en línea). Consultat el 11/08/2021. Disponible a: <https://elperiodicodelaenergia.com/historia-de-la-fotovoltaica-en-espana-desde-sus-inicios-en-1984-a-sus-objetivos-para-2030/>
- ✚ EVE, 2000. La energía solar fotovoltaica en el País Vasco (en línea). Ente Vasco de la Energía (EVE), Bilbao. Consultat el 20/06/2021. Disponible a: https://www.bizkaia21.eus/biblioteca_virtual/descargar_documento.asp?idDoc=47&idArea=2&idPagina=124&volver=2&idioma=ca&pag=40&orden=1&tipoOrden=0
- ✚ Facio, D. i Estrada, J. A., 2014. Propuesta para la implementación de paneles solares en el edificio "C" de un complejo comercial en la zona norte del Distrito Federal (en línea). Institut Politècnic Nacional, Mèxic. Consultat el 06/07/2021. Disponible a: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/21538>
- ✚ Farràs, L., 2020. La energía solar brilla más que nunca en España (en línea). La Vanguardia. Consultat el 22/07/2021. Disponible a: <https://www.lavanguardia.com/natural/energia/20200726/482461474433/energia-solar-fotovoltaica-2019-renovables.html>
- ✚ GNB NP, 2016. Baterías Industriales: Classic solar (en línea). Consultat el 21/07/2021. Disponible a: https://www.atersa.com/Common/pdf/atersa/manuales-usuario/baterias/GNB_ENERSOL-OPzS.PDF
- ✚ IDAE, 2016. Factores d'emissió de Co₂ i coeficients de pas a energia primària de diferents fonts d'energia final consumides en el sector d'edificis a Espanya. Ministerios de Industria, Energía y Turismo, y Ministerio de Fomento, Gobierno de España. Consultat el 22/07/2021. Disponible a: https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf
- ✚ IFES, 2009. Prevención de riesgos en la instalación de energía solar térmica y fotovoltaica (en línea). Consejería de Economía y Empleo, Junta de Castilla y León. Consultat 18/08/2021. Disponible a: <https://precoinprevencion.com/wp-content/uploads/2017/05/Gu%C3%ADa-Prevenci%C3%B3n-Energ%C3%ADa-Solar-T%C3%A9rmica-y-Fotovoltaica.pdf>
- ✚ Itcpower, 2021. DG35KSEM: grupo electrógeno silencioso monofásico (en línea). Consultat el 21/07/2021. Disponible a: <https://generadoritcpower.com/ca/grup-electrogen/188-dg35ksem-35-kw-grupo-electrogeno-silencioso-monofasico-itcpower.html>
- ✚ Luna, L., Plaza, S., Gutierrez, R. P., Gutierrez, J.L., Garcia, E., Garcia, J.L., Abrados, C., 2008. Instalaciones eléctricas de baja tensión en el sector agrario y agroalimentario. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- ✚ Miralles, J. i Massanés, R., 2000. Perspectiva ambiental, Energía fotovoltaica (en línea). Fundació terra, Barcelona. Consultat el 11/07/2021. Disponible a: https://www.agenergia.org/wp-content/uploads/2018/05/1234262514_Energ_a_FV_Fund_Terra.pdf
- ✚ MITECO, 2021. Energía eléctrica (en línea). Gobierno de España, Madrid. Consultat el 04/07/2021. Disponible a: <https://energia.gob.es/electricidad/Paginas/Index.aspx>

- ✚ MITECO, 2020. La energia en España 2018 (en línea). Madrid. Consultat el 04/07/2021. Disponible a: <https://energia.gob.es/balances/Balances/LibrosEnergia/Libro-Energia-2018.pdf>
- ✚ Observatori del Paisatge, 2020. Unitat de paisatge 21: Terraprimis (en línea). Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya. Consultat el 21/08/2021. Disponible a: http://www.catpaisatge.net/fitxers/catalegs/CG/Memoria2/Unitats/M2_U21.pdf
- ✚ Ojeda, E., 2018. Historia, Desarrollo y Actualidad de las Celdas Solares (en línea). Centro de Investigaciones en Dispositivos Semiconductores ICUAP. Benemerita Universidad Autonoma de Puebla, Mèxic. Consultat el 11/07/2021. Disponible a: https://www.researchgate.net/publication/349642922_Historia_Development_and_Actuality_of_Solar_Cells
- ✚ Pujol, 2020. Biguetes per a nau agrícola-ramadera (en línea). Consultat el 20/07/2021. Disponible a: <https://www.prefabricatspujol.com/ca/productes/nau-agricola-ramadera/biguetes/>
- ✚ Reial decret 477/2021, 2021. Aprobació de la concessió directa de les comunitats autònomes i les ciutats de Ceuta i Melilla d'ajudes per a l'execució de diversos programes d'incentius lligats a l'autoconsum i a l'emmagatzematge, amb fonts d'energia renovable, així com a la implantació de sistemes tèrmics renovables al sector residencial, en el marc del Pla de Recuperació, Transformació i Resiliència. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Boletín Oficial del Estado (BOE). Consultat 27/08/2021. Disponible a: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-10824
- ✚ Reial decret 485/1997, 1997. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el Trabajo (en línea). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Boletín Oficial del Estado (BOE). Consultat 19/08/2021. Disponible a: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-8668>
- ✚ Rodríguez, K., de Moure, F. J. i Quiñones, J.G., 2020. Energía solar fotovoltaica (en línea). Consultat el 11/07/2021. Disponible a: https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/online/X1_71_3_1267_EnergiaSolar.pdf
- ✚ Solar thailand, 2018. User manual of mppt solar charge controller system (en línea). Consultat el 21/07/2021. Disponible a: <https://www.solar-thailand.com/pdf/Master-User-manual.pdf>
- ✚ Solis, 2019. Inversores Solis trifásicos (en línea). Consultat el 21/07/2021. Disponible a: https://www.exelsolar.com/Multimedia/FichaTecnica/Solis-20kW-LV-DC_FichaTecnica.pdf
- ✚ SUNFER, 2020. Estructuras para módulos fotovoltaicos (en línea). Consultat el 20/07/2021. Disponible a: <https://sunfer-energy.com/productos/>
- ✚ Trinasolar, 2020. Bifacial dual glass monocrystalline module (en línea). Consultat el 20/07/2021. Disponible a: https://static.trinasolar.com/sites/default/files/MA_Datasheet_Vertex_DEG20C.20_202011.pdf
- ✚ Tudel, M., Masip, G. i Roca, J.F., 2020. Energia solar fotovoltaica (en línea). Institut Català d'Energia, Generalitat de Catalunya. Consultat el 11/07/2021. Disponible a: http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quadern_practic/arxius/20201201_QP4_web.pdf
- ✚ Voltronic power, 2019. Voltronic power axpert VM III off grid invertir (en línea). Consultat el 21/07/2021. Disponible a: https://voltronicpower.com/content/download/Brochure/Axpert_VMIII_DS.pdf
- ✚ Zafrilla, J.E., Arce, G., Cadarso, M. A, Córcoles, C., Gómez, N., López, L.A., Monsalve, F. i Tobarra, M. A, 2018. El desarrollo actual de la energía solar fotovoltaica en España (en línea). Unión Española Fotovoltaica (UNEF), Madrid. Consultat el 04/07/2021. Disponible a: https://unef.es/wp-content/uploads/dlm_uploads/2018/09/11092018-informe_final.pdf