

# Treball final de grau

**Estudi: Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials**

**Títol: Instal·lacions d'energia renovable pel subministrament  
d'energia elèctrica en una granja**

**Document: Memòria i Annexos**

**Alumne: Ferran Vila Martínez**

**Tutor: Dr. Herraiz Jaramillo, Sergio**  
**Departament: Enginyeria elèctrica , electrònica i automàtica**  
**Àrea: Enginyeria elèctrica**

**Convocatòria (mes/any)**

Juny 2020

## Índex

1-Introducció.....	1
1.1-Antecedents .....	1
1.2-Objectius .....	2
1.3-Abast i especificacions.....	2
1.3.1-Especificacions .....	2
1.3.2-Abast.....	3
2-Resolució del projecte .....	5
2.1-El terreny.....	5
2.1.1- Anàlisi dels recursos renovables del terreny .....	5
2.2-Mètodes a estudiar.....	6
2.3-Avaluació de les opcions .....	7
3-Energia solar.....	8
3.1-Recurs solar disponible .....	11
3.2-Normativa i legislació .....	12
3.3-Instal·lacions actual de producció d'energia .....	12
3.4-Plaques fotovoltaïques.....	13
3.4.1-Connexió sèrie.....	13
3.4.2-Connexió paral·lel.....	13
3.5-Inversor.....	14
3.6-Capacitat de producció requerida.....	14
3.7-Instal·lació a l'empresa .....	17
3.8-Diferència entre models de panells solars.....	17
3.9-Disposició de l'inversor.....	19
3.10-Bateries .....	19
3.10.1-Possibles models de bateria .....	20
3.11-Estudi Ecòmic.....	22
4-Energia Hidràulica del riu Fluvià.....	23
4.1-Recurs hidràulic disponible .....	23

## Instal·lacions d'energia renovable pel subministrament d'energia elèctrica en una granja

4.2-Normativa i legislació .....	23
4.3-Estudi topogràfic .....	25
4.5-Estudi energètic .....	27
4.6-Turbina .....	28
4.7-Dimensionament .....	31
4.8-Estudi Econòmic.....	32
5-Energia Hidràulica del torrent Riufred .....	34
5.1-Recurs hidràulic .....	34
5.2-Normativa i legislació .....	34
5.3-Estudi topogràfic.....	35
5.4-Estudi Energètic .....	36
6-Biomassa .....	38
6.1-Creació del pellets a partir de la biomassa.....	38
6.2-Aprofitament de restes orgàniques .....	38
6.3-Caldera de pèl·lets.....	39
6.4-Rendiment i consum.....	39
7-Geotèrmia .....	42
7.1-Normativa i legislació.....	42
7.2-Disseny de les instal·lacions de geotèrmia.....	43
7.3Espai Zero.....	43
7.4-Geotèrmia per a la producció d'energia elèctrica .....	44
8-Energia Eòlica .....	45
8.1-Recurs Eòlic .....	46
9-Comparació dels mètodes avaluats .....	47
9.1-Capacitat de producció d'energia.....	47
9.2-Requisits legals .....	47
9.3- Inversió econòmica.....	48
9.4-Instal·lació elèctrica.....	49
10- Solució Optima .....	52

11-Diseny de la instal·lació fotovoltaica .....	54
11.1-Inclinació i direcció dels panells solars fotovoltaics .....	54
11.2-Distribució de les plaques fotovoltaiques.....	57
11.3:Instal·lació elèctrica .....	59
11.4-Seguretat i protecció elèctrica .....	69
11.5-Funcionament i control de la instal·lació .....	72
12-Resum del pressupost .....	74
13-Conclusions.....	75
14-Relació de documents .....	76
15-Bibliografia.....	77
A-Càlculs d'instal·lació solar tèrmica .....	82
B-Justificació de preus.....	84

## Índex de Figures

Figura 1: Fotografia aèria de la zona a treballar. ....	5
Figura 2: Marques dels recursos renovables .....	6
Figura 3: Radiació solar segons els mesos de l'any .....	8
Figura 4: Eficiència de la radiació segons l'azimut del panell solar. ....	10
Figura 5: HSP i kWh de cada zona d'Espanya .....	11
Figura 6:Gràfica del consum de kWh segons l'empresa subministrant .....	15
Figura 7: Mapa Topogràfic de la zona d'estudi.....	25
Figura 8: Possible recorregut de les canonades sortints del riu Fluvià.....	26
Figura 9: Turbina Kaplan .....	30
Figura 10: Recorregut del torrent riufred.....	35
Figura 11: Distribució de canonades per l'aprofitament del riufred.....	36
Figura 12: Funcionament d'una instal·lació de geotèrmia .....	43
Figura 13: Aerogenerador convencional.....	45
Figura 14: Aerogenerador alternatiu .....	45
Figura 15: Distribució hidroelèctrica i connexió de la línia elèctrica .....	50
Figura 16: Teulat de l'empresa aprofitable per a instal·lar fotovoltaica. ....	54
Figura 17: : Direcció i azimut del teulat de l'empresa.....	55
Figura 18: Disseny de l'estructura metàl·lica pels panells fotovoltaics .....	55
Figura 19: Disseny de l'estructura metàl·lica pels panells fotovoltaics .....	56

Figura 20: Distribució física dels panells solars fotovoltaics .....	59
Figura 21: Distribució elèctrica simplificada dels panells solars.....	60
Figura 22: UNE HD 60364-5-52 amb CC.....	62
Figura 23: UNE HD 60364-5-52 amb AC.....	65
Figura 24: Distribució dels tubs XLPE per al cablejat elèctric. ....	66
Figura 25: Línia de connexió de la fotovoltaica ja instal·lada .....	68
Figura 26: Distribució dels elements de seguretat .....	71
Figura 27: : Powersafe 100 .....	72
Figura 28: Resultats del programa CHEQ4.....	82

## **Índex de Taules**

Taula 1: Models de bateria que compleixen els requisits .....	21
Taula 2: Adaptació model PowerWall per a fer-ho viable .....	22
Taula 3: Dimensionament model PowerWall viable .....	22
Taula 4: Capacitat dels diferents models de turbina hidràulica.....	29
Taula 5: Avaluació econòmica de la producció d'energia fotovoltaica .....	48
Taula 6: Cost d'adquisició del sistema fotovoltaic.....	51
Taula 7: Cost d'adquisició del sistema hidràulic .....	51
Taula 8: Resum de l'avaluació .....	52
Taula 9: Llista de tubs XLPE, model i longitud.....	67

## **1-INTRODUCCIÓ**

En aquests document es portarà a terme l'estudi tècnic i econòmic , en forma de projecte, de la millor opció per proporcionar autosuficiència energètica per una empresa utilitzant únicament les energies renovables. El document contindrà l'avaluació de les opcions i el desenvolupament del resultat òptim.

Cada dia hi ha més consciència de que s'ha de protegir el medi ambient. Durant anys s'ha explotat sense miraments i ara ens trobem en una situació crítica per la seva salut. Per aquest motiu les energies renovables afloren cada cop més , ja que permeten la producció d'energia sense la necessitat d'explotar recursos com el petroli o el gas natural trobat sota el subsòl.

Les energies renovables es defineixen com a les energies que aprofiten els recursos naturals que podem assumir com a inesgotables. Aquests aprofiten elements de la natura que no es consumeixen , com la radiació solar que ens arriba al planeta , el moviment de l'aigua, el vent o el calor latent a l'interior del planeta.

Segons APPA (Associació de Empresas de Energies Renovables) la producció d'energia per medis renovables ascendia fins al 37% de l'energia produïda a Espanya l'any 2018. Aquest valor ha augmentat ràpidament els últims anys, ja que l'esgotament dels recursos fòssils explotats les últimes dècades és imminent. El recompte de la Red Eléctrica d'Espanya situa aquest augment fins al 49,3%, molt proper de la meitat de la producció energètica.

Si es centre l'atenció amb l'autosuficiència energètica s'observa com cada edifici és capaç de produir si més no part de l'energia que consumeix. Aquest fet pot permetre disminuir notablement la producció d'energia per medis convencionals i així disminuir la contaminació d'aquests.

### **1.1-Antecedents**

Ens situem en un terreny de la zona de la garrotxa, dins el municipi de Sant Ferriol, entre Besalú i Olot. En concret, en un terrenys privats a la bora del riu Fluvià. Aquest terrenys estan essent utilitzats per a la producció d'aliment d'origen animal i derivats que proporciona la fauna de la zona. Aquesta granja no és convencional, ja que està seguint les pautes d'un projecte anomenat PolyFarming. Aquest projecte busca demostrar un sistema de gestió agro-silvo-pastoral integrat per impulsar la sostenibilitat ambiental, social i econòmica.

La situació geogràfica d'aquesta empresa comporta que està connectada a la xarxa elèctrica per una única connexió que, a més, ells en són el tram final de línia. Cal afegir que aquest últim tram sembla estar parcialment descuidat per l'empresa subministrant d'energia elèctrica. Per aquest motiu, és comú que falli i les instal·lacions es quedin sense electricitat.

És necessari per l'empresa el poder mantenir les instal·lacions amb electricitat i així no tenir pèrdua de producció.

## **1.2-Objectius**

En aquest projecte es pretén la utilització de les energies renovables per buscar l'auto abastament elèctric per a una instal·lació agrícola i alimentària, situada a la zona de la Garrotxa, substituint al màxim l'aprovisionament a través de la xarxa elèctrica convencional.

S'analitzarà les diferents possibilitats que ens brinda el terreny per a la producció d'energia renovable. Un cop analitzats els diferents focus de producció s'avaluarà i compararà la viabilitat constructiva i legislativa de les opcions per a decidir-ne l'optima.

Per concloure el treball es desenvoluparà el projecte en torn a l'opció decidida, aprofundint més en les decisions i els càlculs de la instal·lació per a permetre la portada a terme.

## **1.3-Abast i especificacions**

### **1.3.1-Especificacions**

Actualment la instal·lació elèctrica que subministra electricitat a l'edifici és una línia monofàsica amb una potència contractada de 9,2 kW. Tot i que actualment no s'arriba a la potència contractada, es preveu un augment de la producció respecte l'últim any, que repercutirà en el consum elèctric.

Tot i que l'ús de l'energia és majoritàriament elèctric, per a alimentar dues cambres frigorífiques, una part d'aquesta és per a la producció de calor en certs processos alimentaris com la pasteurització de productes làctics. Per altre banda també es disposa

d'una màquina que consumeix energia trifàsica, però el poc ús que se l'hi dona fa innecessari el fet de preparar la xarxa per a aquest aparell.

Les instal·lacions també gaudeixen d'un sistema de plaques solars que tot i no produir una gran quantitat d'energia, permet que l'energia elèctrica absorbida de la xarxa oscil·li notablement al llarg de l'any. Així doncs, l'energia absorbida de la xarxa elèctrica pot oscil·lar entre els 2000 kWh i els 5000 kWh. També hi ha l'alteració d'altres factors com la producció o l'època de l'any. Aquest bloc de panells solars consta d'un inversor per a passar l'energia continua a alterna, però no disposa de bateries on emmagatzemar-la, per el que l'energia produïda únicament pot ser gastada en el moment de producció. L'energia que no s'utilitza en aquell moment és perduda i desaproveitada.

Tractant el terreny de l'empresa: Es disposa de més de 50 hectàrees de les quals la meitat són boscos on la seva explotació està minimitzada. La resta del terreny està utilitat per a la cria i pastura d'animals, l'edifici de l'empresa i altres explotacions com la creació de carbo, arbres fruites o els vorals del riu Fluvià.

Ja amb la situació actual contextualitzada, les especificacions necessàries per l'empresa són:

- Implementar les energies renovables per disminuir la dependència de la xarxa elèctrica convencional. Si és possible, obtenir-ne l'autosuficiència.
- Aprofitament de les estructures ja actuals, per evitar l'afectació mediambiental i l'impacte visual. Mantenir la integració ambiental de les edificacions actuals.
- Minimitzar els costos econòmics del projecte. Donada les dimensions de l'empresa no es disposa d'un alt poder adquisitiu.

### **1.3.2-Abast**

El projecte correspon al disseny de l'opció més viable per a produir energia elèctrica a les instal·lacions mencionades.

S'analitzarà el terreny al complet, amb les opcions que permetin l'obtenció d'energia renovable i s'estudiarà els paràmetres de cada una de les opcions.



Aquesta opció decidida consistirà en el resultat analític del recursos renovables a explotar dins el terreny objecte. Observant així la viabilitat econòmica, estructural, mediambiental i legal de les diferents vies de producció.

El mètode o la combinació de mètodes de producció d'energia es desenvoluparà més a fons , fins a permetre la seva construcció.

## **2-RESOLUCIÓ DEL PROJECTE**

A continuació es trobarà tots els càlculs, avaluacions i metodologies utilitzades per a buscar la solució òptima per al problema objecte del projecte. Es començarà estudiant el terreny i es procedirà a analitzar cada opció que es pugui implementar.

### **2.1-El terreny**

Actualment l'empresa disposa d'aproximadament 60 hectàrees privades al municipi de Sant Ferriol, en torn a 30 de les quals són boscos. Es pot considerar que unes 10 hectàrees del terreny estan dedicades únicament per la pastura. Els fruiters n'ocupen aproximadament 10, on 3 d'elles també s'utilitzen per a pastura. Per acabar pràcticament hi ha 2 hectàrees per horts.



**Figura 1: Fotografia aèria de la zona a treballar.**

#### **2.1.1- Anàlisi dels recursos renovables del terreny**

Les dimensions del terreny comporta que continguin dins els seus límits cadastrals des de zones amb contacte amb el riu Fluvià fins a un turó o un petit torrent.

Per a poder decidir quins recursos naturals es poden explotar, cal avaluar les diferents opcions que ens pot donar el terreny .Un cop es sàpiga quins mètodes s'hi pot aplicar, estudiar l'eficiència i capacitat de producció energètica de cada un. A la següent imatge del terreny podem diferenciar 3 zones:



**Figura 2: Marques dels recursos renovables**

Cada un dels números que s'han incorporat a la imatge va juntament a una àrea de color que marca la zona del recurs. A continuació es llistarà cada un d'ells:

- 1-El riu Fluvià : Font de recurs hidràulic
- 2-Torrent Riufred : Font de recurs hidràulic
- 3-Sistema de plaques solars instal·lat en l'actualitat

A part dels recursos propis que marca la imatge numero 2, també hi ha l'opció d'utilitzar mètodes de producció d'energia com la geotèrmia o implementar una caldera de biomassa. Com l'empresa produeix restes orgàniques durant els seus processos de producció, la biomassa entra com a opció viable.

## **2.2-Mètodes a estudiar**

Seguint les pautes comentades, els mètodes i recursos a estudiar per a la producció d'energia elèctrica en aquest projecte són:

- Energia solar fotovoltaica
- Energia Hidroelèctrica del riu Fluvià
- Energia Hidroelèctrica del torrent Riufred
- Energia Geotèrmia
- Energia de la Biomassa

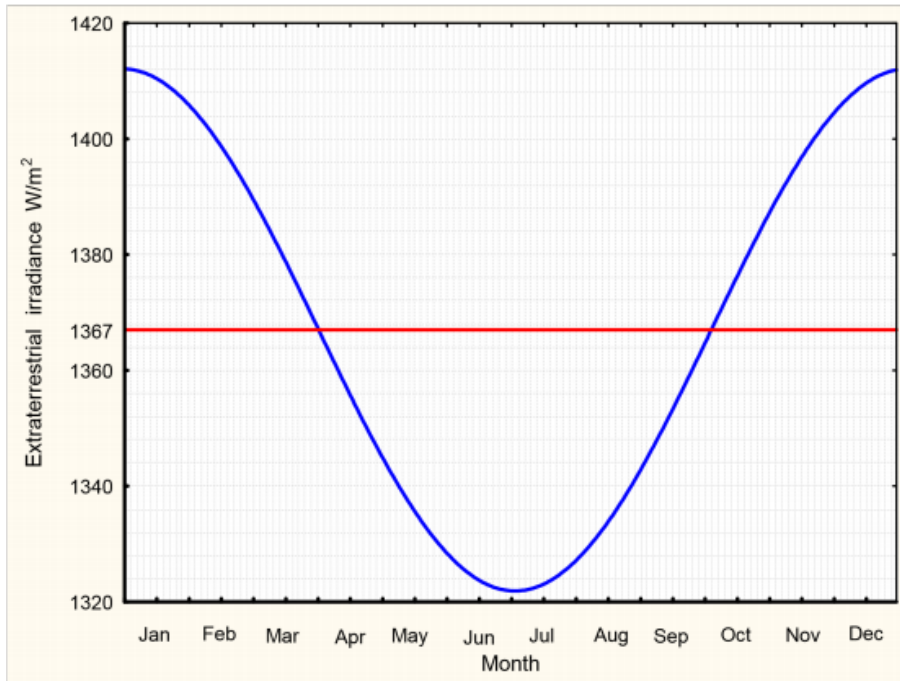
### **2.3-Avaluació de les opcions**

Cada un dels mètodes haurà de ser estudiat i analitzat de forma individual per a veure quines opcions dona, quina producció pot generar i el seu cost econòmic. També cal veure quin d'aquests recursos són legalment explotables i quins depenen d'una concessió de l'estat o la generalitat.

Un cop s'hagi fet l'anàlisi individual de cada metodologia, s'haurà de comparar quina opció és la òptima per buscar l'autosuficiència energètica .

### 3-ENERGIA SOLAR

L'energia elèctrica fotovoltaica s'obté per l'impacte de la radiació solar amb el panell fotovoltaic , generant una diferència de tensió entre l'emissor i la base de cada una de les cèl·lules que conformen els panells solars.



**Figura 3: Radiació solar segons els mesos de l'any**

La radiació solar que arriba al planeta terra depèn únicament de la distància entre el sol i el planeta. Per això , els mesos on la terra està més propera al sol ( mesos d'hivern ) la radiació solar és més elevada que els mesos d'estiu ( Distància amb el sol més elevada ). Tot i aquesta variació podem observar com els valors de radiació oscil·len al llarg de l'any entre 1320 W/m² i 1430 W/m² , per el que treballar amb la mitjana de 1367 w/m² s'ajusta a la radiació atmosfèrica.

La radiació un cop ha entrat a l'atmosfera es veu alterada per altres factors o elements que contribueixen a la reflexió, difusió o absorció. Aquests factors són causa de les partícules de pols i contaminació a l'aire, de la capa d'ozó o dels factors meteorològics com els propis núvols.

Seguint les pautes comentades, observem diferents tipus de radiació que poden arribar al panell:

-Radiació directa : És la radiació directe del sol , corresponent al factor d'absorció i es veu afectada per la nuvolositat.

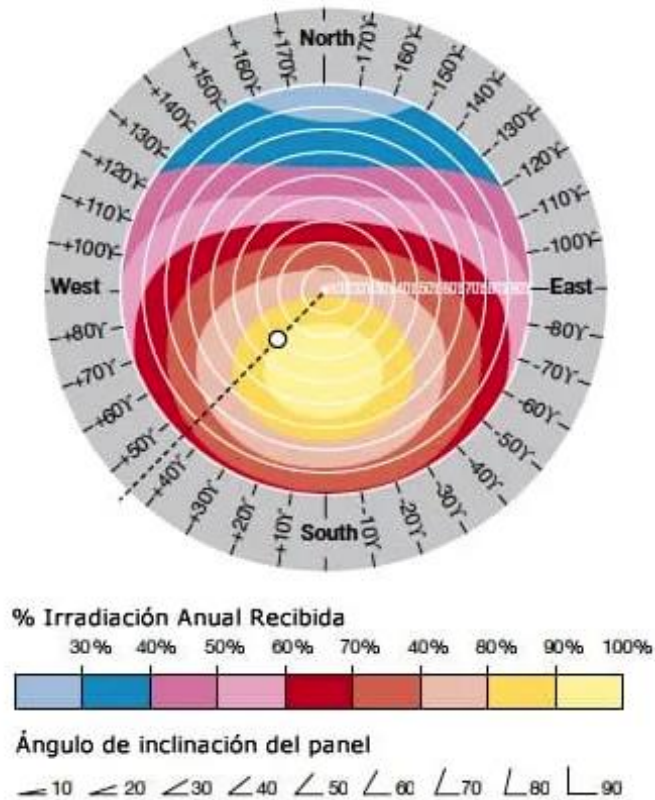
-Radiació difusa : És causa de la difusió. Es tracta de la radiació que es reflexa al núvols o partícules de l'atmosfera . És la més gran en casos de dies nuvolosos.

-Radiació de reflexió : La radiació reflectida per superfícies blanques o similars. Aprofitable per a mòduls bifacials.

Un cop la radiació impacta amb el panell solar , encara hi trobem pèrdues per reflexió per la radiació solar que no incideixi directament. També hi ha efecte de la pròpia brutícia que pot haver acumulat el panell solar i la longitud d'ona de la llum. Aquest factor és causa del material dels panells solars, que només és sensible a algunes longituds d'ona exactes.

Tenint en compte tots els factors comentats, a la superfície terrestre només podem esperar a assolir  $1000\text{W}/\text{m}^2$  .

Un altre factor molt rellevant sobre l'eficiència de la radiació, i per tant de l'eficiència del panell, és la inclinació en què s'instal·la. Per explicar aquest fenomen correctament, el millor és fer-ho amb una imatge:



**Figura 4: Eficiència de la radiació segons l'azimut del panell solar.**

El diagrama en forma de circumferència representa l'eficiència del panell solar respecte la radiació que arriba a la terra la inclinació i la direcció en què s'encara el panell solar. Aquesta combinació de coordenades correspon a la direcció i inclinació, també anomenada azimut. Els diferents colors representen l'eficiència que tindria un panell solar en aquell azimut. Així doncs, per aconseguir l'eficiència màxima cal estar encarada cap al sud i amb una inclinació d'entre 20° i 50°.

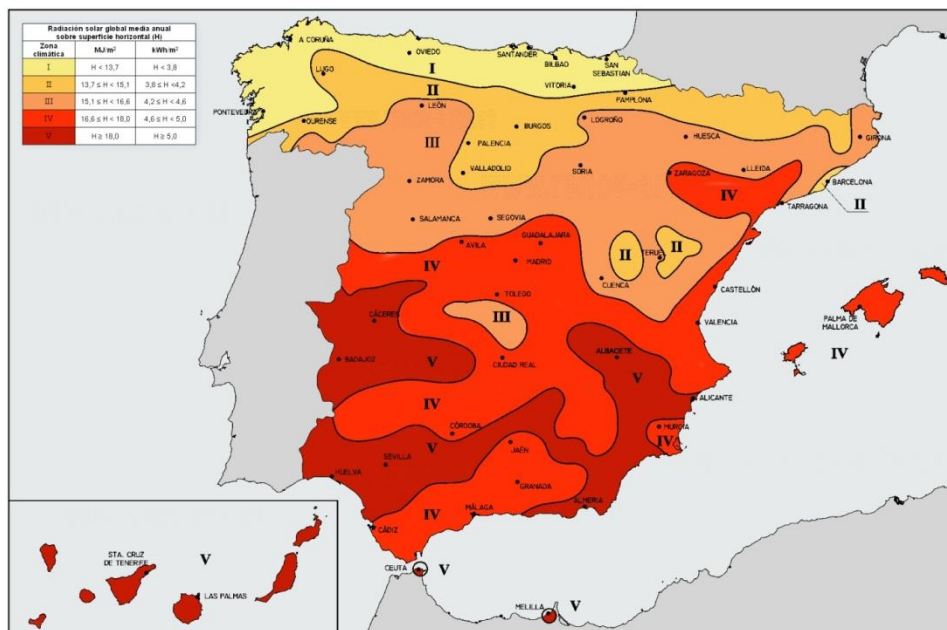
### 3.1-Recurs solar disponible

La capacitat de producció d'energia fotovoltaica depèn de la radiació que arriba al sòl. Com s'ha comentat abans, la radiació que impacta amb l'atmosfera es considera un valor constant per a cada mes, però les pèrdues atmosfèriques són diferents per a cada una de les zones. Per aquest motiu es comptabilitza segons un valor de HSP ( Hores de sol pic ), que correspon a l'energia per unitat de superfície que es pot produir a la zona. El factor HSP es pot entendre amb les següents relacions:

$$1 \text{ HSP} = \frac{1000W \times 1 \text{ h}}{m^2} \times \frac{3600s}{1h} \times \frac{1J/s}{1W} = 3,6 \frac{MJ}{m^2}$$

$$1 \text{ KWh} = 3,6 \text{ HSP}$$

Com es tracta d'un factor important per al càlcul i dimensionament de plantes per a la producció d'energia solar fotovoltaica, és un valor comptabilitzant arran del territori espanyol i amb la següent imatge el podem observar:



**Figura 5: HSP i kWh de cada zona d'Espanya**

L'altre factor a tenir en compte són les hores efectives de sol. Segons ASIF (Associació de la Indústria Fotovoltaica) a la zona gironina gaudim de 2644 h de sol efectives anuals.



Amb el mapa podem observar com la zona gironina està entre la franja 2 i 3. El terreny objectiu està a la franja 2 que correspon a un HSP entre 3,8 i 4,2 , que també correspon als kWh / m<sup>2</sup> que podem extreure de la zona. Així doncs , a la zona que s'està treballant produïm en mitjana anual, com a mínim, 3,8 kWh/ m<sup>2</sup>.

Com s'ha comentat a la introducció el recinte consumeix entre 2000 i 5000 kWh al mes, com ens mostra les dades de l'empresa subministrant. Des de l'empresa no hi ha un control exhaustiu de quants kWh es consumeix cada dia, però com un dels principals consums són les cambres frigorífiques, funcionen tots els dies de la setmana , s'assumeix que el consum està repartit per igual al llarg de les hores.

### **3.2-Normativa i legislació**

Entre el 2015 i el 2017 es va implementar una llei que comportava un impost sobre el sol. Aquesta llei dificultava la instal·lació de plaques solars als domicilis i comportava un impost a aquells que volguessin utilitzar l'energia solar fotovoltaica. Durant anys aquesta normativa va dificultar molt la utilització d'aquesta tècnica. Actualment no hi ha cap tipologia d'impost per aquelles persones o entitats que vulguin explotar el sol.

En termes europeus, també trobem el Pla d'energies renovables (PER 2011-2020) o el decret llei 16/2019 que promou l'ús d'energies renovables a l'estat espanyol.

La necessitat de l'ús d'energies renovables i la viabilitat de l'energia solar en la majoria dels casos ha comportat que es faciliti notablement l'adquisició, instal·lació i implementació d'energies com la solar fotovoltaica. Per aquest motiu actualment amb un petit registre de l'ús d'energies renovables ha de ser suficient per a poder produir l'energia fotovoltaica necessària per autoconsum, ja que únicament s'utilitza el propi terreny de l'empresa.

### **3.3-Instal·lacions actual de producció d'energia**

El projecte de polyfarming que segueix l'empresa la va impulsar fa uns anys a la instal·lació d'un terrat amb plaques fotovoltaïques. Aquest projecte es va portar a terme gracies a un despatx d'enginyers i es va instal·lar :

- 26 Plaques fotovoltaïques
- Inversor

### 3.4-Plaques fotovoltaïques

Es disposa de 26 plaques instal·lades a la part superior d'una estructura metàl·lica al costat dels edificis originals. Aquests panells model LW245(28) de l'empresa Lightway són capaços de produir 245W (en condicions STC ) cada un, subministrant així 8,24 Ampers d'intensitat i un voltatge de 29,8 V(DC). Cada panell està format per 60 cel·les fotovoltaïques polycristalines de silici.

Les dimensions dels panells són : 1.640 x 990 mm. Seguint les condicions de *standard test condition* (STC) la producció dels panells és de 150.9W/m<sup>2</sup>.

Aquests valors no són realistes, ja que les condicions del test Standard no són fiables o aplicables per a una placa solar fotovoltaica instal·lada a la intempèrie. Per aquest motiu els fabricants també incorporen un valor de producció de potencia amb la nomenclatura NOCT (Nominal Cell Operating Temperature ). La temperatura del NOCT és de 45°C i, per aquestes condicions, el panell solar és capaç de produir 223,36 W.

Les plaques solars estan instal·lades en sèrie o paral·lel per a obtenir les condicions requerides a l'entrada de l'inversor.

#### 3.4.1-Connexió sèrie

S'utilitza per a la suma de les tensions d'entrada mentre es manté constant d'intensitat. Les línies de panells connectats en sèrie s'anomenen strings, on cada string és una línia de plaques solars fotovoltaïques capaç de produir la tensió necessària per l'inversor.

Per a poder determinar quants panells es poden instal·lar en sèrie a cada string, s'ha de saber la tensió que admet l'entrada de l'inversor. Aquest punt és important ja que la tensió subministrada dependrà sobretot de la temperatura de les plaques, ja que a temperatures baixes podem tenir sobretensió.

#### 3.4.2-Connexió paral·lel

L'estructura paral·lela es fa servir per unir els diferents strings. Un cop els diferents strings produeixen la tensió necessària, la connexió en paral·lel ens permet una

connexió mantenint el voltatge mentre que les intensitats es veuen sumades (inversament a la connexió en sèrie). Igual que amb la connexió en sèrie, s'ha de tenir en compte la corrent màxima admissible a l'inversor, ja que serà el limitat a l'hora de decidir quants strings podem connectar a la mateixa línia.

### **3.5-Inversor**

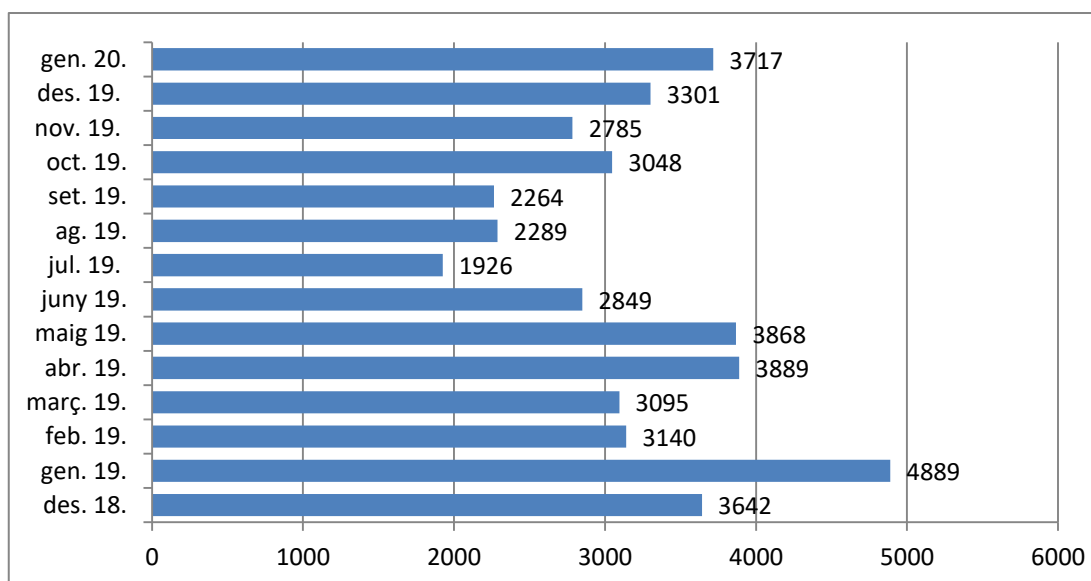
Un inversor és un dispositiu que permet el pas de l'energia continua a alterna. El seu funcionament es basa en un circuit elèctric anomenat oscil·lador el qual permet la creació d'ones oscil·lants a partir de l'energia elèctrica continua. El correcte us permet extreure'n electricitat en les condicions esperades per a la xarxa d'alterna.

Per a transformar l'energia obtinguda dels panells per el seu ús, actualment hi ha instal·lat un Inversor Fronius IG Plus 60 V-1. Aquest Inversor DC-AC te una 95,9% d'eficiència màxima, segons el fabricant, amb una capacitat productiva de 6000 W ja sigui a 50 o 60 Hz.

Cal remarcar que aquesta instal·lació es va muntar únicament a mode de suport a la xarxa actual. En cap moment es va dissenyar per a obtenir autosuficiència energètica. Aquest es un dels motius per el que no es disposa de bateries per emmagatzemar l'energia elèctrica.

### **3.6-Capacitat de producció requerida**

Per saber quants panells solars són necessaris per el subministrament elèctrica complet a partir de l'energia solar, es precisa d'una gràfica amb els kWh requerits cada mes durant l'últim any:



**Figura 6: Gràfica del consum de kWh segons l'empresa subministrant**

Com es pot observar, i com ja s'ha comentat en aquest projecte, les necessitats elèctriques es veuen afectades considerablement. Per altra banda no hi ha un control exhaustiu sobre quan es gasten aquests kW exactament, únicament l'idea que el consum és més elevat a l'inici de la setmana, per l'augment de la producció.

Si es recupera les dades de ASIF obtenim l'altre element important dins l'equació : les hores de sol efectives que , com s'ha mencionat, a la zona gironina són de 2644 hores.

Per a realitzar els càlculs del funcionament de l'instal·lació actual i el dimensionament d'una possible millora, s'assumirà un funcionament similar i constant al llarg de l'any. Aquesta suposició es fonamenta en que durant l'estiu hi ha més hores efectives però amb una radiació menor, mentre que a l'hivern les hores efectives són menors amb una radiació més elevada.

Tot i que assumir una radiació constant i igual durant tot l'any no és una suposició molt exacta, s'utilitzarà ja que encara que les hores de sol efectives no sigui igual durant tot l'any , si que són les que ens han d'assegurar el subministrament elèctric. Per altra banda la implementació de bateries per emmagatzemar l'energia ha de permetre l'aprovació de la hipòtesis.

Així doncs, els kWh consumits durant l'any 2019 han estat de 37,343 kWh. Si es divideix per el nombre d'hores efectives que te l'any, obtenim quants kW s'hauria de produir cada hora efectiva per a subministrar completament l'electricitat necessaria.

$$kW \text{ a produir} = \frac{37,343 \text{ kWh}}{2,644 \text{ h}} = 14,12 \text{ kW}$$

Aquest valor no és just donat que el consum de kW durant l'any és molt variable segons l'epoca de l'any. Per això és més just suposar que les hores efectives mensuals són aproximadament iguals.

Per calcular les hores efectives d'un lloc s'hauria de calcular a partir d'un seguit de formules i valors com l'inclinació optima del sol, l'inclinació real i de la superficie capacitat reflectora de la superficie , factor d'irradiació, latitud i declinació.

L'utilització d'aquetes formules dona lloc a les hores aproximades de sol efectiu durant cada un dels mesos. Observant estudis i calculs d'aquesta taula es pot observar com el valor de hores efectives no varia molt al llarg de l'any , per el que s'implementarà la següent hipotesis:

Les hores efectives mensuals són igual per a tots els mesos.

Aquesta hipotesi dona lloc a que les plaques solars no han de treballar de la mateixa forma durant tot l'any . Els mes que hagi necessitat més kWh durant l'ultim any és la situació critica a superar.

Primer cal saber quantes hores efectives per dia podem comptar , i donat que sabem les anuals unicament cal dividir-les per el nombre de dies anuals .

$$\frac{\text{Hores efectives}}{\text{dia}} = \frac{2,644 \frac{\text{hores efectives}}{\text{any}}}{365 \frac{\text{dies}}{\text{any}}} = 7,24 \text{ hores efectives/dia}$$

El mes amb un consum més elevat durant l'ultim han va ser el gener del 2019 , per el qual es va necessitar de 4,389 kWh. Es reperteixen els kWh d'electricitat necesatir entre totes les hores efectives del mes :

$$kW \text{ a produir} = \frac{4.389 \text{ kWh}}{31 \text{ dies} \times 7,24 \text{ hores/dia}} = 19,55 \text{ kW}$$

Amb unes bateries ajustades per a la situació, amb una producció de 19.55 kW a partir de les plaques solars es produiria suficient energia per assegurar, únicament amb les hores efectives, el subministre d'energia elèctrica per a l'empresa durant el llarg de l'any.

### 3.7-Instal·lació a l'empresa

Actualment s'està produint energia solar a raó de 5.807,36 kW, ja que es poseeixen 26 panells solars amb una capacitat productiva de 223,36 kW en condicions NOCT (Normal Operating Cell Temperature).

Aquesta producció d'energia no és aprofitada perquè no hi ha cap sistema d'emmagatzematge d'energia, per el que tota la producció únicament serveix per el consum immediat. Si a aquest fet hi sumem que l'introducció d'aquesta energia a la xarxa no està controlada, per el que la seva repercussió no és un factor rellevant, donada la magnitud que representa vers a les necessitats requerides. Si s'instal·la un sistema d'emmagatzematge adient, només es requeriria de l'obtenció de 13,75 kW més per assolir els 19,55 kW necessaris.

Per a adquirir aquest nivell de producció amb el mateix model de plaques solars, comportaria instal·lar 62 panells més, comportant una zona molt ampla. Per a solucionar aquest problema s'hauria d'instal·lar un model més potent de panell solar que, per exemple, tingui una potència nominal de 400 W o superior.

Es posi el model que es posi de panell solar es necessitarà un nombre elevat, per el que com més potent siguin els panells solars, es requeriran menys m<sup>2</sup> ocupats per els panells.

### 3.8-Diferència entre models de panells solars

Si es volgues seguir amb el model implementat fins ara, les dades de l'instal·lació seria:

$$m^2 \text{ de panells solar} = 1.640m \times 0.990m \times 62 \text{ Panells} = 100.66 \text{ m}^2$$

$$\text{Preu} = 62 \text{ Panells} \times 120 \frac{\text{€}}{\text{panell}} = 7.440\text{€}$$

Així doncs amb una inversió de 7.440€ s'adquiriria el nombre de panells necessaries per el subministrament que, juntament amb els instal·lats actualment, s'ocuparia un espai total de 143 m<sup>2</sup>. Com les edificacions de l'empresa no estàn disposades en la direcció necessaria per a l'efficiencia maxima de les plaques solars, s'haurien d'instal·lar sobre una nova estructura com un porxo. Per l'elevat cost que pot comportar contruir una estructura d'aquestes característiques, 106,66 m<sup>2</sup> de porxo per a instal·lar les noves plaques, interessaria buscar unes plaques de més potencia.

Dimensionem el nombre de panells necessaris suposant un panell Perc Monocristali ERA de 400 W. Per a subministrar els 19,55 kW es necesitaria un total de 49 unitats de dimensions: 1979 x 1002 x 40 mm i preu : 213,77 € la unitat

$$\text{m}^2 \text{ de panells solar} = 1,979\text{m} \times 1,002\text{m} \times 49 \text{ Panells} = 97,16 \text{ m}^2$$

$$\text{Preu} = 49 \text{ Panells} \times 213,77 \frac{\text{€}}{\text{panell}} = 10.474,73\text{€}$$

Selecciónant un model de placa solar amb una potencia més elevada, es redueix notablement el nombre d'unitats necessaries, reduint també el nombre de m<sup>2</sup> requerits. Actualment ja hi ha consuit més de 42 m<sup>2</sup>, on hi ha instal·lades les plaques, per el que unicament es necessitaria construir uns 40-50 metres quadrats més.

El cost d'inversió inicial és més elevat amb aquest nou model, però perquè en la segona opció es suposa la utilització del panell solar de 400 W per a la producció del 19,55 kW, mentre que amb els primers calculs només n'hem d'instal·lar per a la producció de 13,75 kW. Si es volgues fer servir els panells d'alta potencia (400W) unicament per a la producció dels 13,75 kW restants, el seu preu seria de 7.481,95 €, ja que s'haurien d'instal·lar 35 panells.

El cost de compra de 89 panells del model 1 ( 245 W ) i la compra de 49 panells de model 2 ( 400 W ) és pràcticament idèntic. Així doncs, la selecció de l'opció dependrà de si la construcció de l'estructura és molt significativa.

L'empresa disposa d'un teulat amb un encarament adient per a l'implementació de plaques fotovoltaïques. Tot i això , poder instal·lar-hi les plaques amb l'inclinació correcta comportaria incorporar un petit suport metàl·lic a cada panell i mantenir-lo amb la direcció i inclinació de màxima producció.

### **3.9-Disposició de l'inversor**

L'inversor és l'aparell elèctric que s'encarrega de transformar la corrent elèctrica contínua provinent dels panells solars en electricitat alternada per al seu consum. Aquest es pot instal·lar abans o després de les bateries , depèn de si es tracta d'una bateria de corrent altern o continu.

Si s'instal·la l'inversor després de la bateria, aquest ha de ser capaç de transformar la potència elèctrica requerida al llarg de la xarxa, en el cas d'aquest projecte són 9,2 kW.

Si l'inversor es posa abans de la bateria, aquest hauria de ser capaç de transformar els 19,55 kW de corrent continu que arribarà de les plaques solars a les hores efectives. Això comportaria tenir una bateria de corrent altern (AC).

Per aquest motiu el més comú és utilitzar una bateria de contínua i instal·lar a l'inversor a la sortida d'aquesta.

### **3.10-Bateries**

L'emmagatzematge d'energia elèctrica és quelcom que la nostra espècie encara no ha aconseguit fer amb un bon resultat. Durant anys s'ha fet servir sistemes com les centrals de bombeig per "emmagatzemar" energia per a un posterior ús. Durant l'última dècada han començat a sortir bateries que, per un preu considerablement alt, s'assegura un emmagatzematge decent sense perdre molta electricitat. Tot i que inicialment era una batalla entre diferents empreses, actualment sembla quasi un monopoli.

Per a bateries de petit tamany per a una casa o una petita instal·lació solar que no sobrepassi els 10-15 kWh es pot trobar relativa varietat d'empreses que les produeixen,



cada una especialitzada en un àmbit en especial d'aquestes : Per a emmagatzemar energies renovables, per a l'ús de maquinària mòbil , per a vehicles o altres. Algunes d'aquestes permeten el muntatge de més d'una unitat per augmentar la seva capacitat. Tot i que són bateries petites per al projecte que es porta a terme, no són bateries barates .

En cas de necessitar bateries més grans, poques empreses s'han enfrontat amb aquest mercat. És difícil trobar un comercial de bateries a part de Tesla, els quals van dissenyar unes bateries de ions de liti que es va menjar completament el mercat de les bateries elèctriques. Aquests disposen del model PowerWall pensat per a cases i amb una capacitat de fins a 10kWh, I el PowerPack, un model industrial capaç d'emmagatzemar 210 kWh. Tot i que també disposen d'un model per a centrals elèctriques de 3MWh, no és útil, pràctic ni assequible per un projecte d'aquest estil.

### 3.10.1-Possibles models de bateria

Per a decidir quin model de bateria es pot implementar primer cal saber quina capacitat d'emmagatzematge es necessita. Per a calcular-la cal tornar un altre cop al mes crític. Recordar que durant aquest mes es va consumir 4.389 kWh. Com s'ha calculat anteriorment, s'ha de produir 19,55 kW durant les 7,5 hores efectives que es disposaria. Assolint aquesta producció, es generaria suficient energia per a arribar al dia següent.

$$\text{Energia a emmagatzemar} = \text{Energia produïda} - \text{Energia consumida}$$

On l'energia consumida és la porció total de energia produïda en un dia que es consumeix durant les 7,5 hores de producció assegurada. Deixa lloc a la fórmula tal que:

$$\text{Energia a emmagatzemar} = (19,55 \times 7,5) - (19,55 \times 7,5) \times \frac{7,5}{24} = 100,80 \text{ kWh}$$

Aquest valor és molt elevat ja que el consum al llarg del dia i la nit no està regulat i no es pot saber quanta energia elèctrica consumeixen durant la nit. Tot i això, el valor es farà servir com a guia per al dimensionament dels aparells d'emmagatzematge.

Aquest valor no és ni exacte ni determinant, per el que s'agafarà com a valor llindar els 100kWh, que seria el mínim per sobrepassar correctament la nit.

Per a enmagatzemar aquesta gran quantitat d'energia es requereix una bateria d'alta capacitat. Segons el que s'ha comentat anteriorment no hi ha gaires models , ni individuals ni modulars, capaços d'arribar a aquestes capacitats d'emmagatzematge. A continuació es llistarà les diferents opcions per assolir aquest requisit juntament amb el seu preu:

**Taula 1: Models de bateria que compleixen els requisits**

Model	Capacitat(kWh)	Preu (€)	Unitats	Potencia sortida (kW)
Tesla PowerPack2	210	127.000	1	55
PowerSafe 100	100	67.330,59	1	15

Hi ha diferents models que es poden modular i acoblant diferents unitats pots assolir els 100 kWh que s'ha marcat com a valor llindar. Entre aquests models podem trobar les bateries domèstiques de Lg o Sonnen entre d'altres.

El motiu per el que aquests models no es poden utilitzar amb el cas és que a part de no poder acoblar suficients unitats per assolir els 100 kWh, potencia de sortida és d'entre 5 i 7 kW , mentre que es necessiterien com a mínim 9,2 kW. Per aquest motiu, els models domèstics es poden comprar per un valor molt menor als comentats anteriorment, ja que el seu preu està entre 5.000 i 15.000 €.

Com a excepció dels models domèstics, trobem el model PowerWall de Tesla. Aquest model ens permet modular fins a 10 unitats conjuntes. Cada una d'aquestes unitats té una capacitat de 13,5 kWh. per un preu de 6.175 €. Les pautes a seguir serien les següents:

**Taula 2: Adaptació model PowerWall per a fer-ho viable**

Model	Capacitat(kWh)	Preu (€/unitat)	Unitats	Potencia sortida (kW)
Tesla PowerWall	13,5	6.175	8	5

El preu del modul sortiria a 49.400€ , però únicament és capaç de proporcionar 5 kW , per el que s'hauria d'instal·lar dos moduls idèntics com l'anterior.

**Taula 3: Dimensionament model PowerWall viable**

Modul	Capacitat(kWh/modul)	Preu (€/modul)	Unitats	Potencia sortida (kW)
Tesla powerWall x8	108	49.400	2	10

La capacitat total seria de 108 kWh amb una potencia de 10 kW i un cost total de 98.800 €.

Tot i que le montatge i instal·lació són viables, economicament no és practic , ja que per 28.000 € més es pot instal·lar un PowerPack que té el doble de capacitat, una potencia de sortida més alta i ocupa menys espai.

Els altres models similars al de tesla, com el model BYD batterybox hvm només es pot modular fins als 66,2 kWh amb la mateixa inversió que amb el model PowerWall, per el que no és practic treballar-hi.

El motiu per el que no s'ha parlat d'un inversor per aquests models de bateria és perquè ja el porten incorporat. Els models de bateria actualment ja porten un inversor ajustat a les condicions que treballa el modul.

### 3.11-Estudi Econòmic

La instal·lació completa requereix dels panells solars i les bateries per emmagatzemar l'energia.

El preu de compra de les plaques solars és proporcional a la potencia que són capaces de generar.

## **4-ENERGIA HIDRÀULICA DEL RIU FLUVIÀ**

### **4.1-Recurs hidràulic disponible**

El riu a tracta és el Fluvià, un riu que traspasa gran part de la comarca Gironina . Amb casi 100 km de longitud , podem trobar el seu origen a els Hostalets d'en Bas a 900 metres i escaig per sobre el nivell del mar. Aquest riu s'alimenta principalment de rierols i afluents provinent de les pluges i desglaç de la neu del Pirineu.

Per aquest motiu el cabal que transporta el riu és dependent dels diferents afluents que l'aboquen la seva aigua. Tot i que no es precisa de cap estació d'aforament propera , podem observar l'anterior situada a Olot i la posterior a Esponellà.

Segons les dades de la ACA (Agència catalana de l'aigua) el cabal en mitjana que porta el riu és de 3,5 i 8 m<sup>3</sup>/s respectivament a cada una de les estacions comentades anteriorment. Tot i que aquests valors ens donen un marge molt ampli, també es pot analitzar el cabal que està tractant la central elèctrica més propera al lloc objectiu. Aquesta central actualment està tractant 2,9 m<sup>3</sup>/s , un cabal que es pot assumir constant excepte en els mesos de més sequía com l'estiu. Es calcula que hi ha aigua suficient durant el llarg de l'any a excepció dels mesos de juny, juliol, agost i setembre.

Segons les dades de l'empresa responsable de la nombrada central hidroelèctrica , actualment s'hi tracta el cabal mencionat, aprofitant un salt màxim de 8,47 metres extreuen 196,28 kW.

Així doncs assumirem que a partir de la desembocadura de la central ja existent, tenim un recurs hidràulic similar o igual a aquesta.

### **4.2-Normativa i legislació**

Totes les centrals hidroelèctriques de Catalunya han d'acollir les diferents lleis i normatives europees, Espanyoles i catalanes.

Dins el llistat marc legal i normatiu trobem :

- Reglament del Domini Públic Hidràulic ( Real Decret 849/1986 i Real Decret 606/2003)

- Llei d'aigües (Real Decret legislatiu 1/2001 BOE-176)
- Directives al Marc de l'aigua (2000/60/CE del Parlament Europeu)
- Pla d'energies renovables (PER 2011-2020)
- Procediment de transició de concessions i autoritzacions administratives per aprofitament hidroelèctrics (Real Decret 916/1985)
- Normativa mediambiental (Llei 6/2001)

A nivell autonòmic no trobem normativa exprés per a les centrals hidroelèctriques , regint-se únicament al Real decret 916/1985. Per altre banda si observem decrets sobre la producció d'energia (Decret 308/1996).

Per a poder portar a terme la planificació , projecció i construcció d'una central hidroelèctrica seria imprescindible obtenir la concessió per part de l'Estat a l'explotació de l'aigua. Aquesta concessió delimitaria la central ( Cabal substrat de la conca publica , potencia produïda , dimensions de la infraestructura ,etc. )

Donada la situació de l'emplaçament, el fet de haver-hi una central propera i els baixos requisits que requeriria la central hidroelèctrica per a aquest projecte és probable que la concessió s'obtingués complint tota la normativa anteriorment mencionada. El fet que tota l'aigua sostreta del domini públic sigui retornada al mateix riu poc després de la seva extracció és un punt a favor.

Per altre banda s'ha de tenir en compte la utilització de l'energia. No es tracta únicament de l'ús industrial ( prioritat 3/8 dins la prioritació de l'ús de l'aigua publica 849/1986) sino que també forma part del projecte Polyfarming.

Per a procedir amb el projecte, s'assumirà que s'ha obtingut aquesta concessió, per a donar justificació a l'estudi d'una central hidroelèctrica al terreny objectiu .

### 4.3-Estudi topogràfic

L'objectiu de l'estudi topogràfic és veure les possibilitats que ens brinda el terreny per a la producció d'energia via una turbina hidràulica. El funcionament base d'aquestes centrals és la transformació de l'energia cinètica o potencial en rotativa utilitzant una turbina. Per a això es busca tenir un desnivell al terra , on l'aigua s'encarrega de transmetre l'energia.

Per a obtenir les dades del terreny s'ha utilitzat mapes topogràfics de Catalunya. La utilització de tecnologies com el GPS ens permet obtenir dades fiables. En aquest s'ha accedit al mapa topogràfic de vissir3 , de l'Institut Cartogràfic de Catalunya ( ICC ) com es podrà veure a continuació.



**Figura 7: Mapa Topogràfic de la zona d'estudi**

A la il·lustració s'observa com la el terreny te una amplia zona amb contacte amb el riu, següent aquest el que delimita bona part de la parcel·la. Així doncs en la zona més alta del terreny en contacte amb el riu està a un nivell per sobre el mar de 154,3 m, mentre que la zona més baixa amb contacte al riu està a 149,4 metres.

Aquesta diferencia de nivell ens permet tenir de forma natural un desnivell. Aquesta diferencia d'altura la calculem a partir de la diferencia de les cotes d'altura i s'anomena salt brut (Hb).

$$\text{Salt brut}(H_b) = \text{cota superior} - \text{cota inferior} = 154,3 - 149,4 = 4,9 \text{ m}$$

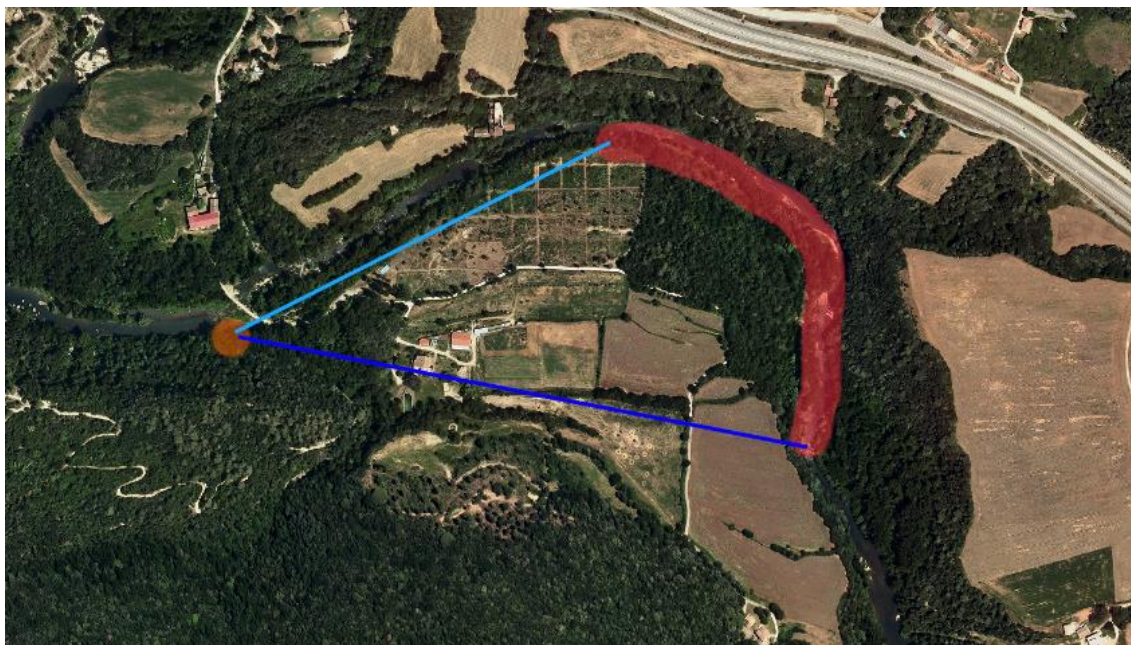
Així doncs tenim un salt en brut de 4,9 metres. Aquest salt no és el capacitat potencial de la nostre central, ja que s'ha de tenir en compte que la construcció comportaria una pèrdua de carrega per el moviment de l'aigua. D'aquesta forma representariem el salt net ( $H_n$ ) . El càlcul del salt net és la diferencia entre el salt brut i les pèrdues( $\Delta H$ ).

Per a fer realitzar uns càlculs preliminars assumirem que les pèrdues són un 7% de l'altura en brut.

$$H_n = H_b - \Delta H = H_b \times (1 - 0,07) = 4,9 \times 0,93 = 4,557 \text{ m}$$

A partir del salt net es podrà obtenir el salt efectiu, que correspon a l'energia potencial que realment s'aprofitarà i es convertirà en energia mecànica. L'altre part del salt net correspondrà a la part perduda en la turbina .

També cal tenir en compte per on es pot desplaçar l'aigua i quin recorregut hauria de seguir. Per aquest anàlisi s'utilitzarà la foto aèria de la zona. En aquesta foto s'ha marcat de color vermell la línia d'altura 149,4 m. sobre el nivell del mar i de color taronja el punt de 154,3 m.



**Figura 8: Possible recorregut de les canonades sortints del riu Fluvià**

A la imatge també s'ha marcat dues línies de color blau. Aquestes línies representen el camí més curt possible per l'aigua i el més llarg en quant a recorregut dins la canonada. Per a maximitzar l'eficàcia, s'hauria de buscar utilitzar el recorregut més curt. Així doncs, s'assumirà que es treballa sobre la línia blau clar de la figura 7. Aquest recorregut és notablement més curt que el blau fosc. La diferència de distància és molt rellevant ja que la canonada d'aigua genera una fricció al fluid, una pèrdua de carrega. Com més llarga és la canonada, més gran serà la pèrdua de carrega i requerirà de més pendent o, fins i tot, la instal·lació d'una bomba per el moviment de l'aigua.

El recorregut que s'ha decidit com a òptim es tracta de aproximadament 550 metres de longitud.

#### 4.5-Estudi energètic

Coneixent el cabal mitjà juntament amb el salt net del que es disposa podem calcular l'energia màxima a la que podem aspirar amb aquesta instal·lació. Per a calcular l'energia màxima es parteix de la potència màxima produïda multiplicada per els dies en funcionament.

Per el càlcul de la potència teoria a extreure requerim del pes específic de l'aigua( $\gamma$ ), el salt net disponible ( $H_n$ ) i el cabal ( $Q$ ) en seguint la següent equació :

$$Potència Teòrica (W) = \gamma \left( \frac{N}{m^3} \right) \times H_n(m) \times Q \left( \frac{m^3}{s} \right) \times \eta$$

On  $\gamma$  la podem calcular a partir de la densitat de l'aigua ( $\rho$ ) i la gravetat ( $g$ ):

$$\gamma = g \times \rho = 9,81 \times 1.000 = 9.810 \text{ N/m}^3$$

I  $\eta$  es tracta dels diferents rendiments de la màquina , ja siguin mecànics al rodet o elèctrics al generador. Per els càlculs podem assumir un rendiment del 75 %, per a obtenir una estimació aproximada.

Donada la informació que es disposa l'element a determinar per a dins l'equació és el cabal, ja que tenim coneixement de la potència requerida de les instal·lacions. L'objectiu és subministrar 9,2 kW amb 4,557 m de salt net.



$$Q = \frac{\text{Potència teòrica}}{\gamma \times H_n \times \eta} = \frac{9.200}{(9.810 \times 4,55 \times 0,75)} = 0,274818 \text{ m}^3/\text{s}$$

Com a mínim requerim de 0,274 m<sup>3</sup>/s d'aigua amb un salt net de 4.55 m per a poder subministrar els 9,2 kW que necessita la instal·lació per a funcionar correctament.

#### 4.6-Turbina

La turbina és una turbomàquina que permet transformar l'energia cinètica en rotatòria. Es tracta d'una carcassa que conté a l'interior un eix juntament amb un rodet format per aspes, les quals s'encarreguen de rebre l'aigua i transformar el moviment d'aquesta en rotatori.

La distribució i tipologia d'aquest rodet varia notablement segons el seu us. Cada turbina funciona segons un cabal, altura neta i les revolucions que ha d'assolir la màquina anomenada velocitat específica (ns).

Per al correcte dimensionament i selecció de la turbina adient per les condicions a tractar es realitzarà a partir de la velocitat específica, seguint la següent equació :

$$Ns = n \times \frac{\sqrt{N}}{Hn^{1.25}}$$

On

n = revolucions per minut que gira l'eix (rpm)

N= potència de l'eix (CV)

Hn = salt net (m)

Les revolucions per minut que gira l'eix les podem calcular a partir de la freqüència de la corrent elèctrica que volem extreure i el nombre de parell de pols que disposarà el nostre generador. Al estar treballant amb un disseny on ens interessa tenir el motor, eix i rotor junts, s'assumeix que les velocitats dels tres elements és la mateixa. En el cas de tractar-se d'una màquina síncron, obtenim la següent fórmula:

$$n = 120 \times \frac{f}{p}$$

on:

f= freqüència de la corrent elèctrica (Hz) : 50 Hz per Europa

p : el nombre de pols de la màquina elèctrica

A partir de les característiques de la instal·lació podem optar a un sistema amb 4 pols ( dos parells de pols) ja que les dinamos amb més parells de pols s'acostumen a utilitzar per a sistemes que requereixen més potencia. Així doncs apliquem les formules anteriorment mencionades. Prèviament passarem la potencia a CV :

$$N = \frac{12.260W}{736} = 16.657CV$$

$$n = 120 \times \frac{50}{4} = 1.500rpm$$

$$ns = 1.500 \times \frac{\sqrt{16.657}}{4,55^{1.25}} = 921,245 rpm$$

La velocitat específica juntament amb l'altura del salt net ens serveix per decidir quina tipologia de turbina ens interessa incorporar al nostre sistema. Per a poder avaluar aquest valor s'utilitza una taula com a guia :

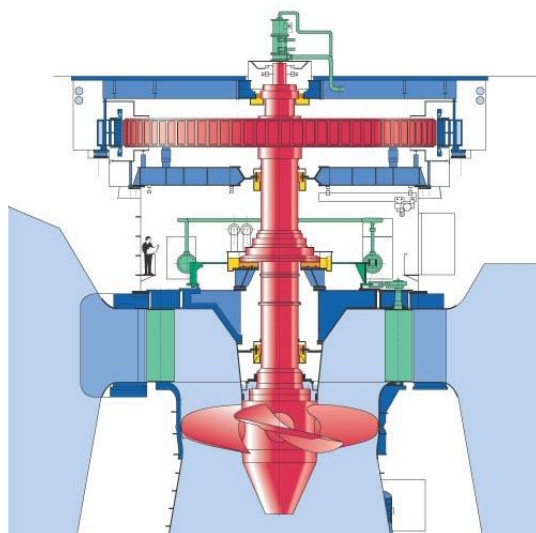
**Taula 4: Capacitat dels diferents models de turbina hidràulica**

Velocitat específica (rpm)	Tipologia de la turbina	Hn (m)
Menys de 35	Pelton amb injector	100-800
25-75	Pelton amb múltiples injectors	100-800
55-120	Francis lenta	100-400
100-200	Francis normal	50-100
200-300	Francis ràpida	25-50
300-500	Francis doble ràpida o exprés	15-25
400-500	Hèlix extra ràpida	15
150-500	Kaplan lenta	15-50
500-800	Kaplan ràpida	5-15
800-1.100	Kaplan extra ràpida	Menys de 5

La turbina adient per el sistema calculat és una turbina Kaplan extra ràpida , donat que el salt net és molt petit ( $H_n=4,55\text{m}$ ) la velocitat que requerim a l'eix del rotor és molt elevada ( $n_s=921,245\text{ rpm}$ ).

Les turbines Kaplan són turbines de reacció amb flux d'entrada axial, amb un hèlix similar al que s'utilitza amb els motors de barca. Originalment estan dissenyades per a funcionar amb diferència d'alçades molt baixa però cabals molt grans.

En el cas d'aquest projecte el cabal s'ha d'ajustar amb el cabal limitat del riu però, per altre banda , la potencia requerida d'aquesta turbina és baixa . Recordem que les instal·lacions necessiten de 9,2 kW que, suposant un rendiment aproximat del 80, comporta que s'ha de produir 12,26 kW.



**Figura 9: Turbina Kaplan**

Aquesta turbina va ser dissenyada per primera vegada el 1913 per el professor austríac Viktor Kaplan , per a obtenir un bon rendiment energètic dels salts d'aigua de baix nivell. Aquesta tipologia de turbina es considera una evolució de la turbina francis , ja que permet l'explotació d'aigües sense exigir una diferència d'alçada gran.

Les turbines Kaplan estan compostes per el tub central del rotor , d'on en surten les diferents fulles on l'aigua impactarà. Aquest tub central està unit a l'eix principal de la màquina, el qual s'uneix directament al rotor juntament amb l'estator. El disseny és compacte i permet mantenir el rotor molt proper de la turbina.

#### 4.7-Dimensionament

Es requereix d'una turbina Kaplan extra ràpida per obtenir 12,26 kW de 4,55 metres d'altura i 270 l/s. Per fer l'avaluació compararem els valors i veure la viabilitat d'una turbina d'aquestes condicions.

Donades les condicions de la instal·lació es requereix d'un fabricant de turbines per a mini-hidràuliques i micro-hidràuliques. Les micro o mini-hidràuliques són aquelles centrals hidràuliques de pocs kW si ho comparem amb les grans centrals hidroelèctriques que generen més de 85.000 kW.

Observant diferents fabricants es poden trobar alguns models ja normalitzats que s'assimilen a les condicions presents.

Opció 1 : Turbina Kaplan + Generador Elecway model ZD760—LM—30

Es tracta d'una conjunt capaç de produir 10kW amb un cabal de  $0,541 \pm 0,1$  m<sup>3</sup>/s i un salt de 3-4 m. Aquest model és adient per a la situació del projecte , ja que l'empresa únicament requereix de 9,2 kW.

Opció 2 : : Turbina Kaplan + Generador Elecway model ZD760—LM—35

Model similar al anterior. Produeix 15kW amb un cabal de  $0,69 \pm 0,1$  m<sup>3</sup>/s i la mateixa altura que l'anterior : 3-4 m. La producció excedent d'energia elèctrica pot es pot aprofitar per les futures ampliacions de producció que espera poder realitzar l'empresa.

Les dues opcions tenen un cost de compra de \$ 7.600 i compleixen correctament el salt disponible i la potencia requerida per les instal·lacions. No obstant al no ser models dissenyats expressament per aquest lloc, el cabal és notablement major que el calculat anteriorment. L'augment de cabal pot ser un problema per a la petició de la concessió d'us de les aigües públiques.

Si busquem altres models podem trobar, per exemple , el model SF 15.0-4 del fabricant micro-hydro-power que amb un cabal de 0,352 m<sup>3</sup>/s assoleix els 15kW. Per contra , requereix de 5 a 7 m. d'altura. Com no disposem d'aqueta altura necessària , per a poder-la instal·lar s'hauria de agafar l'aigua més amunt del riu i retornar-la més avall. Això es podria realitzar si la instal·lació passes per algun dels terrenys connexes, però comporta un problema afegit i donada les opcions anteriors, algo innecessari.

#### 4.8-Estudi Econòmic

Seguint les pautes comentades al llarg de l'estudi de l'explotació d'energia hidràulica del riu Fluvià, Els elements que es necessitarien per a poder instal·lar la micro-central són:

- Canonades
- Turbina
- Generador

Les canonades depenen del recorregut que s'ha seleccionat. Si seguim el recorregut que s'ha comentat al estudiar-ne la topografia. Així doncs, el recorregut és de 550 metres.

Per a poder moure el flux d'aigua de 0,7 m<sup>3</sup>/s cal una canonada considerablement gran, ja que per el correcte funcionament de la instal·lació no es pot permetre que el flux de l'aigua sigui turbulent. Per assegurar un flux laminar s'ha d'aplicar el teorema de Reynolds i assegurar un valor de Reynolds (R) inferior a 2.300. Amb la formula de Reynolds podem deduir quin diàmetre mínim ha de tenir la canonada:

$$R = \frac{\rho \times D \times v}{\eta}$$

On:

$\rho$ = Densitat de l'aigua = 1.000 kg/m<sup>3</sup>

D= Diàmetre de la canonada.

$v$ =Velocitat del fluid.

$\eta$ =Viscositat de l'aigua = 1,002 × 10<sup>-3</sup> kg/(ms)

La velocitat és l'únic valor que no es posseeix, però es pot posar en funció de l'àrea de la canonada i el cabal a passar ( 0.7 m<sup>3</sup>/s )

$$v = \frac{Cabal}{Area} = \frac{Cabal}{\pi \times r^2} = \frac{0.7}{\pi \times r^2}$$

El següent pas és aïllar el radi de la formula de Reynolds:

$$R = \frac{\rho \times D \times v}{\eta} \rightarrow 2.300 = \frac{1.000 \times 2r \times \frac{0.7}{\pi \times r^2}}{1,002 \times 10^{-3}}$$

El valor del radi és de 193,36 mm, que correspon a una canonada de diàmetre mínim de 38,6 cm. Els catàlegs de canonades estan normalitzats, per el que el més sensat és seleccionar la tubera de diàmetre superior més propera als 386 mm. Aquesta és la de 400 mm de diàmetre que, segons el proveïdor, el preu pot oscil·lar a partir dels 15 €/metre.

Així doncs les canonades per desplaçar l'aigua costarien, com a valor aproximat, de 8.250 €.

La turbina que es pot utilitzar té un valor de \$ 7.600. El model compta ja amb un generador, per el que amb 6923,37 € ja es tindria una turbina adient.

L'altre factor a tenir en compte és són les condicions de treball de la turbina. Aquesta no pot estar en la intempèrie, per el que requereix d'una edificació on protegir-la. Una construcció d'aquest estil és quelcom car, ja que requereix d'uns fonaments mínims.

Per fer una valoració superficial, s'assumirà un valor mitjà del preu per metre quadrat d'edificació de 500 €/m<sup>2</sup>. Segons les pautes del fabricant de la turbina, el model només requereix del seu propi espai, comparable a 1 metre quadrat, per el que amb una edificació de 4 o 5 metres quadrats hi ha d'haver suficient espai per realitzar les connexions, instal·lar la turbina amb el generador i extreure'n corrent.

Així doncs, amb uns 2500 € n'hi ha d'haver prou. Cal remarcar que aquest ajust és un valor mínim que pot variar amb el disseny final, ja que només és una valoració. Assumir que es pot instal·lar tot en una cambra de 5 metres quadrats pot no ser factible o pràctic.

La valoració econòmica de la instal·lació d'una central hidràulica al riu Fluvià per la producció dels 9,2 kW útils que requereix l'empresa és el recompte del cost de les canonades, turbina, generador i edificació comentats en aquest apartat. El valor ascendeix fins a 17.673 €

## **5-ENERGIA HIDRÀULICA DEL TORRENT RIUFRED**

### **5.1-Recurs hidràulic**

El torrent de riufred neix a la Serra de Coloma. Es tracta d'un grup de turons de fins a 400 metres per sobre el nivell del mar. El torrent ressegueix les valls del relleu fins a desembocar al riu Fluvià. Actualment aquest torrent ja és utilitzat per l'empresa per donar de beure als animals. L'aigua provinent del torrent es declina parcialment cap a un embassament de moli, d'on es reparteix als animals quan és necessari.

Un embassament de molí és un lloc on emmagatzemar l'aigua per, posteriorment, fer-la descendir a través d'una turbina per a generar moviment. Antigament es feia servir per a moure els molins.

El torrent prové d'una altura elevada, per el que dona a entendre que se n'havia de poder extreure energia elèctrica. El tram que passa per dins el terreny de l'empresa comporta una diferència d'altura d'aproximadament 35 metres. Cal tenir en compte que la pendent del torrent és relativament petita, ja que recorre una llarga distancia.

L'altre factor a tenir en compte, a part de l'altura que es podria generar, és el cabal que passa per el torrent. Aquest torrent disposa d'un cabal molt petit que , a més, és pràcticament nul els mesos més càlids o amb menys pluja com els d'estiu. Per quantificar mínimament el cabal, es pot assumir que és de 10 l/s.

### **5.2-Normativa i legislació**

Actualment el torrent ja és utilitzat per l'empresa per a donar d'aigua als animals. Tot i que tenir concessió per aquesta practica no dona permís per a l'explotació elèctrica d'aquesta, cal tenir en compte la posició del torrent.

Aquest torrent passa bona part del seu curs per l'interior del terreny, correspon un cabal molt petit respecte el riu Fluvià i, a més, l'explotació elèctrica no ha d'alterar el curs del torrent. Les normes i pautes a complir son les mateixes que amb el riu Fluvià, a diferència de que és més fàcil i provable obtenir una concessió d'explotació sobre el torrent abans que amb el riu. Tot i això , cal seguir present amb el marc legal de :

- Reglament del Domini Públic Hidràulic ( Real Decret 849/1986 i Real Decret 606/2003)

- Llei d'aigües (Real Decret legislatiu 1/2001 BOE-176)

- Directives al Marc de l'aigua (2000/60/CE del Parlament Europeu)
- Pla d'energies renovables(Per 2011-2020)
- Procediment de transició de concessions i autoritzacions administratives per aprofitament hidroelèctrics (Real Decret 916/1985)
- Normativa mediambiental ( Llei 6/2001)

### 5.3-Estudi topogràfic

El torrent té una pendent baixa i un cabal petit, per el que si es vol instal·lar un sistema hidroelèctric caldrà generar un salt més alt.

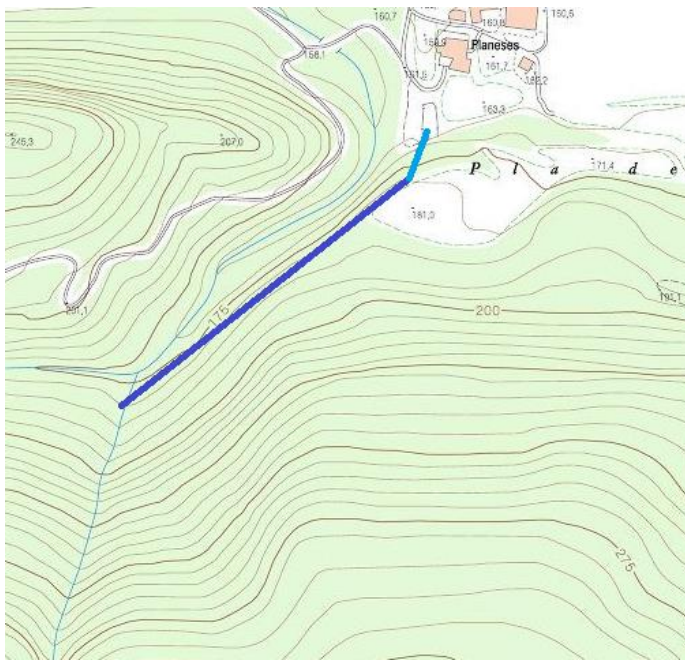


**Figura 10: Recorregut del torrent riufred**

Si seguim el transcurs del torrent, podem observar com el pendent un cop ha arribat a la vall és d'aproximadament el 15%, i es disposa d'aproximadament 200 metres. Amb un cabal de només 10 l/s i una diferència de 30 metres d'altura en 200 metres de longitud no és suficient per amb prou feines generar energia. Per aquest motiu falta trobar una nova forma d'aprofitar aquest recurs.



Una opció per fer viable l'aprofitament és el moure el volum d'aigua del torrent amb canonades, mantenint al màxim l'altura en torn a la muntanya i fer-la baixar de cop, generant un salt més consistent. Aquest mètode pot permetre l'explotació del torrent tot i el poc cabal d'aquest. A la imatge es pot veure amb una tonalitat blau fosc com, amb canonades, es podria mantenir el cabal de torrent en torn als 180 metres d'altura sobre el nivell del mar. Un cop ja estigues alineat a l'embassament de molí, es pot fer baixar l'aigua generant un salt d'aproximadament 20 metres.



**Figura 11: Distribució de canonades per l'aprofitament del riufred.**

De color blau clar es pot veure com hauria de baixar el flux del torrent per a generar el màxim salt possible. Aquest mètode té un problema afegit i és que tota la zona és boscosa i no transitable amb facilitat. Això és un problema ja que per moure un cabal de 10 l/s sense generar un cabal turbulent, es requeriria d'una canonada de diàmetre de 0,001 m<sup>2</sup> de secció, així l'aigua no sobrepassaria la velocitat d'un metre per segon. Cal tenir en compte que les canonades metàl·liques acostumen a ser un element car, i per aquesta distribució se n'utilitzaria com a mínim 200 metres.

#### **5.4-Estudi Energètic**

Es segueixen les pautes dels càlculs utilitzats amb el càlcul energètic de la central hidràulica per al riu Fluvià. La hipòtesis a demostrar en aquest cas és la possibilitat

d'obtenir un volum d'energia rellevant del torrent. S'aprofita la primera formula utilitzada amb el cas del riu Fluvià, així es calcula quants kW es podria obtenir del torrent:

$$Potencia Teòrica (W) = \gamma \left( \frac{N}{m^3} \right) \times Hn(m) \times Q \left( \frac{m^3}{s} \right) \times \eta$$

El cabal és de 10 l/s , que correspon a 0.001 m<sup>3</sup>/s. El salt net (Hn), tenint en compte les pèrdues d'altura del 7% com amb l'estudi hidroelèctric anterior, es situa a 18.6 metres. A partir de la formula i suposant un rendiment mecànic i electric del 75 % obtenim els possibles W a produir.

$$Potencia Teòrica (W) = 9.810 \frac{N}{m^3} \times 18,6 m. \times 0,001 \frac{m^3}{s} \times 0,75 = 136,84 W$$

La capacitat de producció del sistema seria de 136,84 W, lluny dels 9,2 kW necessaris per a l'empresa.

Aquest valor és tant baix perquè un cabal tant petit d'aigua necessitaria d'aproximadament un salt de 100 metres. L'aprofitament del torrent de riufred per a la generació d'electricitat és menyspreable per el que es desestima l'opció d'aprofitar-ho. La hipòtesis de que el torrent és suficient per a produir un valor d'energia rellevant es desestima.

## **6-BIOMASSA**

La biomassa és material orgànic a partir de restes vegetals o animals que s'aprofita per a la creació d'energia. Es defineix com a l'energia del sol que s'absorbeix a partir de la fotosíntesi. Aquest material es pot cremar per a la generació de calor o per a la conversió en biofuel o biogàs.

La biomassa per s'acostuma a utilitzar en u format comprimit i deshidratat, per a permetre una crema eficient i generant la menor quantitat de deixalles possible. Els materials que es fan servir per a la creació de biomassa pot ser molt diversa :

- Restes de l'agricultura , tala i processat de fusta o menjar .
- Excrements humans o d'animals

La segona font de biomassa només s'utilitza per a la creació de biogàs, per el que no es tractarà en aquest projecte.

Donada la naturalesa del projecte de Polyfarming que segueix les instal·lacions, l'obtenció de restes agràries és present. Les restes procedents de fusta o arbres és poc aprofitable, ja que aquesta empresa utilitza aquesta matèria per a la creació del biochar.

### **6.1-Creació del pellets a partir de la biomassa**

El pèl·let es defineix com a un petit bloc del material orgànic anteriorment mencionat , comprimit i tractar per augmentar el seu rendiment al màxim. La fabricació d'aquest element comença triturant tota la matèria prima i deixant-la assecar per a obtenir-ne el nivell d'humitat mínim. Un cop el material s'ha assecat , és comprimit i refredat , acabant amb l'empaquetat per el seu posterior us.

### **6.2-Aprofitament de restes orgàniques**

El procés de la fabricació del pèl·let requereix de temps ,maquinaria i treball. Per això s'han creat calderes de pèl·let que aprofiten restes de la fusta o la natura per a produir *pèl·lets homemade*. Aquest procés es realitza introduint la matèria prima com fulles, branques o serradures a traves d'una trituradora. Un cop els materials s'han triturat, es pot guardar a una sitja o utilitzar directament a la caldera per a la producció de calor.

El resultat per a aquest mètode no és un pèl·let menys eficient del que es pot obtenir assecant el material, però permet una solució ràpida i l'aprofitament dels residus orgànics sense necessitat d'involucrar-hi tercers.

### **6.3-Caldera de pèl·lets**

La caldera de pèl·lets està formada per la caldera central on s'hi introdueix el pèl·let. En el cas de les estufes de biomassa, a la caldera s'hi genera la combustió del pèl·let i se n'extrauria la calor amb un fluid per a transportar-la per la instal·lació. Com el que busquem és la generació de corrent elèctric, el que surt més eficient és procedir amb un procés termo-químic a la caldera per a realitzar una gasificació de la biomassa.

El gas que s'obté de la gasificació és notablement més volàtil i pot utilitzar-se en un motor de combustió. Primer es fa passar el gas per una sèrie de filtres i intercanviadors de calor, ja que el gas pot portar petites partícules de pèl·lets que malmetria el motor. Els intercanviadors de calor es fan servir per aprofitar la pròpia calor de la combustió, que de normal s'utilitza en l'escalfament d'aigua sanitària.

El motor de combustió s'alimenta del gas i amb l'ajuda d'un generador obtenim energia elèctrica. Tot i que aquesta màquina és més eficient per a la producció de calor que d'energia, la combustió dels gasos genera suficient energia.

Les capacitats productives d'una caldera de cogeneració d'electricitat i calor com la comentada pot generar, segons fabricants i dimensions de la caldera, 20kW en potencia elèctrica i 60 kW d'energia calorífica. (segons sistema de cogeneració de la marca hargassner)

### **6.4-Rendiment i consum**

Tot i que l'empresa tingui els seus propis mètodes per a obtenir la biomassa, és necessari conèixer quanta biomassa és necessària per generar l'electricitat requerida. Quantificar la biomassa generada dins una empresa sense l'exhaustiu control és difícil, però si es pot observar els valors necessaris de biomassa i veure si són realistes o assumibles per l'empresa.

El consum d'una central de cogeneració de, per exemple, 800 kW consumeix en torn a 6000 tones de biomassa l'any. Aquest consum és tant elevat per la transformació

del calor en energia elèctrica, que els rendiments de la transformació acostuma a ser del valor del 30 %.

Així doncs el consum d'una caldera de cogeneració a base de biomassa

per a una caldera de biomassa com la que es requereix per les instal·lacions suposarem la necessitat de 10kW. A partir d'un factor de conversió amb la capacitat de producció i consum de l'exemple anterior, tal que :

$$10 \text{ kW} \times \frac{6.000 \text{ t/any}}{800 \text{ kW}} = 75 \text{ t/any}$$

Depenent de l'eficiència de la instal·lació, aquest valor es podria veure afectat , però si podem fer servir el valor com a estimació de quan pot arribar a necessitar l'aparell per a la producció de l'energia necessària.

Com s'ha comentat abans , l'empresa no te control de la biomassa generada ja que no està en ús. Tot i això , el valor de 75 t/any són més de 6 t/mes , i l'empresa no és capaç de generar aquesta quantitat .

Per a poder subministrar l'electricitat necessària, es requeriria de la compra de pellets . El preu dels pellets oscil·la entorn a 280 €/tona.

$$6 \frac{\text{t}}{\text{mes}} \times \frac{280 \text{ €}}{1 \text{ tona}} = 1.680 \text{ €/mes}$$

Actualment l'empresa paga de mitjana 600€/mes , per el que es vol que la biomassa a cogeneració surti a compte, l'empresa ha de ser capaç de generar més de la meitat de la biomassa .

A part del cost del combustible, el preu de la instal·lació també és significatiu ja que una instal·lació com la mencionada té un cost d'entre 7.000 i 10.000 €.

Comparat amb els altres mètodes estudiats , el cost és elevat, el manteniment i l'entrada de combustible ha de ser rigorosa i constant juntament a una elevada complexitat de la instal·lació. L'amortització amb comparació a els altres resultats també és menor , requerint una inversió inicial similar a la resta.

Així que com a conclusió preliminar, s'assumeix que aquest mètode de producció d'energia no és adient per a la situació estudiada.

La implementació d'aquesta tecnologia depèn de dos condicions per a ser factible:

- Augmentar la biomassa generada o la compra de biomassa a menor preu.
- El coneixement de la utilització exacte de l'electricitat. La biomassa va molt bé per a la generació d'energia calorífica. Si una bona part de la corrent elèctrica fos en la generació de calor, un sistema de biomassa permetria el funcionament de les instal·lacions ja que no requeriria d'una potència tant elevada en termes d'energia elèctrica.

## **7-GEOTÈRMIA**

La geotèrmia és l'energia extreta del subsòl del nostre planeta . El seu funcionament es basa en l'extracció d'energia calorífica del terra , ja que aquest es manté a una temperatura constant.

La forma en que s'obté aquesta energia és a través d'uns pous geotèrmics. Aquests pous, de profunditat variable, permeten absorbir el calor del subsòl gracies a un sistema de tuberes d'aigua connectades a una bomba de calor.

Aquesta metodologia d'obtenció d'energia depèn de la temperatura del subsòl, per el que no es pot implementar fàcilment a tot arreu. Com es necessita d'un pou suficientment profund com per arribar a obtenir una temperatura constant.

Aquest mètode es fa servir principalment per a la obtenció d'aigua calenta, tot i que amb una suficient temperatura es pot obtenir energia elèctrica, utilitzant una turbina o una estructura de cicle combinat.

La capacitat de producció depèn del dimensionament de la bomba de calor i tant el numero com les dimensions dels pous geotèrmics. Aquests pous poden tenir centenars de metres de profunditat i assolit altes temperatures de forma constant.

### **7.1-Normativa i legislació**

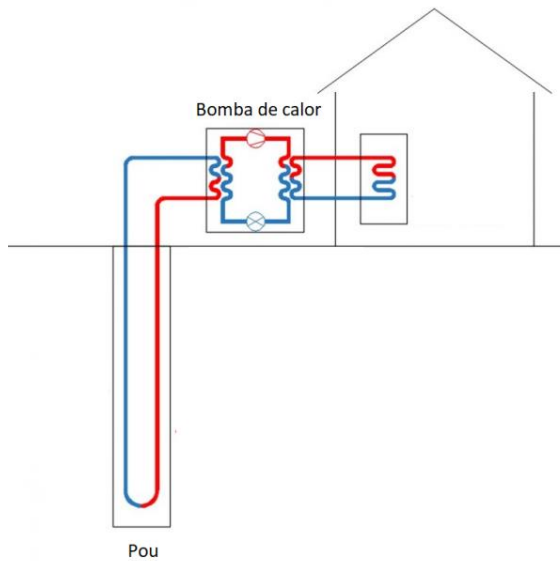
La producció d'energia geotèrmia està considerada renovable , i així s'inclou als diferents plans de promoció de les energies renovables. Per altre banda la seva complexitat i cost fa que no es pugui implementar a tot arreu. Per aquest motiu la normativa i legislació sobre aquesta energia no està especificada amb exactitud.

Aquesta font d'energia renovable requereix de concessió en cas de tractar-se de pous amb profunditat considerable. L'organisme encarregat de donar les concessions és l'estat, qui s'encarrega de realitzar el procediment de AAU ( Autorització ambiental Unificada).

La poca exactitud sorgeix amb la distancia que s'assumeix com a suficientment profunda per requerir concessió o permís. En cap moment s'especifica a partir de quina distancia és necessari, però es pot realitzar sempre i quan es vulgui.

## 7.2-Disseny de les instal·lacions de geotèrmia

El disseny per aprofitar l'energia geotèrmica és similar ja sigui per a obtenir energia calorífica o elèctrica d'aquesta primera. Es perforen un pous que fàcilment poden passar el centenar de metres juntament a un sistema de bombes d'aigua per bombar el flux des de dalt del pou. Per acabar, l'aigua passa per una bomba de calor de la qual se n'extreu l'energia del cicle tancant d'aigua.



**Figura 12: Funcionament d'una instal·lació de geotèrmia**

Aquesta calor es pot enviar directament a un sistema de calefacció o es pot utilitzar per a evaporar un fluid i fer-ne girar una turbina per a la generació d'energia elèctrica.

Per a l'avaluació d'aquest recurs d'energia renovable cal començar estudiant un projecte de geotèrmia que ja s'hagi portat a terme. En aquest cas es tracta del projecte Espai Zero.

## 7.3 Espai Zero

Espai Zero és un projecte portat a terme a Olot. Aquest projecte té com a objectiu el subministrar energia elèctrica i calorífica a un total de 4 edificacions al centre d'Olot.



S'hi utilitzen mètodes actius i passius per a millorar el rendiment de l'edificació i per a obtenir l'energia calorífica i elèctrica. Donada les necessitats en el projecte que s'està treballant aquí, únicament es tractaran els mètodes actius de producció d'energia.

Com a mètode actiu , el projecte va implementar un sistema de plaques solars, biomassa i geotèrmia per tal d'obtenir aigua calenta per als 4 edificis.

Per a estudiar-ne la viabilitat i funcionament de la part geotèrmica cal avaluar-ne les instal·lacions:

Consta de 24 pous de 100 metres amb 2 acumuladors d'aigua i 3 bombes de calor de 60 kW la unitat. Aquesta instal·lació permet extreure de forma continua aigua a 40°C.

Tot i que la comarca de la garrotxa posseeix gran quantitat de volcans , per a obtenir electricitat de la geotèrmia es necessitarien fer pous notablement profunds, ja que com s'ha pogut observar amb el cas de Espai Zero, amb 100 metres es pot assolir 40°C.

#### **7.4-Geotèrmia per a la producció d'energia elèctrica**

Per a aconseguir produir energia de forma eficient seria necessari fer que un fluid i que canviés d'estat i així al fer-ho transcorre per una turbina. Per assolir aquest fet no n'hi ha prou amb mantenir l'aigua a 40°C com a Espai Zero. Per aquest motiu es necessitaria un pou més profunds amb un flux de fluid elevat recaptant energia calorífica.

També cal avaluar la viabilitat econòmica, i si mirem el cost de producció d'un projecte de geotèrmia per una casa unifamiliar per a la obtenció d'energia calorífica ja es situa entre 20.000 i 40.000 €. Per a una empresa el projecte seria notablement més costos. Per a passar l'energia calorífica a elèctrica el rendiment de la transformació ho fa inviable.

Així doncs, com ja de per si és un mètode complex de fer funcionar i les instal·lacions son cares, fa d'aquesta metodologia poc viable per a un projecte d'aquest estil.

## 8-ENERGIA EÒLICA

L'energia eòlica és l'aprofitament de l'energia cinètica del vent. L'aprofitament es basa en la utilització d'elements rotatoris que quan el vent hi impacte, gira. El moviment rotatori és fàcilment transformada en energia elèctrica amb un generador.

L'aprofitament d'aquest recurs renovable no es pot implementar a tot arreu, ja que depèn de quant de vent hi ha. Als llocs que s'hi pot implementar l'energia eòlica s'acostuma a construir el que s'anomena un parc eòlic. Els parcs eòlics són terrenys on s'aprofita la força del vent de la zona instal·lant aerogeneradors. Aquesta tipologia de generadors obté el moviment rotatiu d'unes aspes que recaptin l'energia cinètica del vent.



**Figura 13: Aerogenerador convencional**



**Figura 14: Aerogenerador alternatiu**

L'energia eòlica també es pot aprofitar amb altre mètodes menys voluminosos com un part eòlic. Durant els últims anys han sortit models d'aerogenerador d'eix vertical, que permeten transformar l'energia cinètica del vent en rotatòria, en un espai menor. Aquest nous models d'aerogeneradors són menys invasius que els aerogeneradors convencionals i per això es poden implementar amb facilitat a més

llocs. Així doncs, podem trobar aerogeneradors verticals a escassos metres de les carreteres amb un al·cal de vehicles, on s'aprofita les turbulències de vent generades per el pas dels vehicles.

### **8.1-Recurs Eòlic**

Per l'obtenció d'energia eòlica es necessita un flux del vent suficientment gran com per poder fer girar l'aerogenerador. Aquest valor és d'aproximadament 12 km/h, que correspon a 3 m/s.

Tot i que a partir de 3 m/s es pot aprofitar l'energia del vent, el rendiment és pràcticament nul i amb prou feines val la pena invertir amb un vent tant minvant. Per altre banda els aerogeneradors també tenen un valor llindar del vent, per evitar que es facin malbé per la força del vent, ja que podria arribar a trencar-se.

Si ens situem a l'estació meteorològica més propera de l'empresa objectiu, podem obtenir les dades del vent de la zona. Cal remarcar que no és una zona amb vent estable. Segons les dades obtingudes tant del meteocat com d'estacions meteorològiques properes, durant els primers mes de l'any s'han enregistrat ventades de fins a 70km/h, tot i que els dies de vent no es sol sobrepassar de 20 km/h. Tot i això el vent mitjà no assoleix els 12 km/h necessaris per a que el projecte sigui eficient.

Així doncs, el projecte no és rentable per la manca de força del vent i la seva constància. Encara que els pics de vent fort siguin favorables per aprofitar-ne l'energia, al ser molt puntuals no se'n pot extreure energia de forma continua.

## **9-COMPARACIÓ DELS MÈTODES AVALUATS**

Per comparar els diferents mètodes estudiats i decidir quin és millor per al projecte s'haurà d'analitzar per separat:

- Capacitat de producció energètica
- Requisits legals
- Inversió econòmica
- Instal·lació elèctrica

Després de l'estudi, els mètodes de producció viables són:

- Energia Hidràulica del riu Fluvià
- Energia solar fotovoltaica

### **9.1-Capacitat de producció d'energia**

Tractant la capacitat de producció d'energia elèctrica, tant els panells solars fotovoltaics com la central hidroelèctrica són suficients per a produir al complet l'energia necessària per l'empresa. Per el correcte funcionament cal assegurar una producció de 19,55 kW en cas de l'opció d'instal·lar energia solar fotovoltaica. En el cas de l'energia hidràulica del riu Fluvià, amb una producció de 9,2 kW és suficient, per el que amb una turbina de 10kW ja assegurem el correcte funcionament.

### **9.2-Requisits legals**

Amb els requisits legals necessaris per instal·lar les nombrades energies renovables hi trobem molta diferència:

-L'energia hidràulica extreta del riu Fluvià requereix d'una concessió donada per l'estat. Aquesta concessió dona permís per utilitzar l'aigua del domini públic per a l'obtenció d'energia elèctrica. Les concessions tenen un període de vigència, obligant la renovació periòdica del particular. L'adjudicació de l'aigua publica delimita el volum que se n'extreu del cabal principal i marca les pautes per assegurar que no es vegi afectat ni la fauna del riu ni les activitats ja actives en aquell tram.

-L'energia solar no requereix de concessió ni permís per l'explotació. Al tractar-se d'una instal·lació de menys de 100 kW , el propi certificat d'instal·lació per part d'un

professional verifica la correcta instal·lació i en permet la producció. Per altre banda si és cert que des de la generalitat es pot demanar una inspecció, ja sigui puntual o periòdica. L'únic pas necessari és la inscripció al Registre Administratiu d'autoconsum d'energia elèctrica. Aquest registre és únicament rellevant per portar un control sobre quins particulars produeixen la seva pròpia energia.

### 9.3- Inversió econòmica

La inversió econòmica necessària per portar a terme el projecte és un dels punts més rellevants en la majoria de projectes, ja que el capital econòmic ve delimitat per les capacitats de l'empresa.

Per avaluar el factor econòmic cal separar els diferents factors rellevants: Cost de producció, cost d'emmagatzematge d'energia i el cost de la infraestructura o edificació necessària.

Per el correcte funcionament de la instal·lació fotovoltaica s'ha de produir 19,55 kW, mentre que amb el cas de la hidràulica amb 10 kW ja és suficient. Per a obtenir la producció de 19,55 kW es necessiten 7.481,95 € , suposant la instal·lació de panells de 400 W.

Amb la producció hidràulica s'hi instal·la una turbina normalitzada acoblada a un generador de 10kW que es pot adquirir per 6.923,37 €

Si comparem el cost d'adquisició i de producció de cada kW obtenim la següent taula:

**Taula 5:Avaluació econòmica de la producció d'energia fotovoltaica**

Explotació	Producció ( kW)	Cost (€)	Preu per kW ( €/kW)
Fotovoltaica	19,55	7.481,95	382,71
Hidràulica	10	6.923,37	692,34

Com s'observa, el preu del kW per a la fotovoltaica és pràcticament el 50% del cost per kW de la hidroelèctrica. El cost general no mostra gaires diferències perquè per alimentar l'empresa amb energia fotovoltaica cal produir pràcticament el doble de kW respecte la hidràulica.

L'emmagatzematge d'energia es porta a terme a partir d'unes bateries. Aquestes bateries son costoses i grans. En el cas de la central hidroelèctrica no es necessita cap tipus de bateria, ja que es tracta d'un procés continu que no te perquè parar en cap moment del dia. Amb el cas de les plaques solars és diferent, ja que únicament són capaces de produir durant les hores de sol, i més concretament, únicament amb les hores efectives s'ha d'assegurar el subministrament elèctrica. Per aquest motiu es necessita de bateries. Una bateria suficient per l'empresa pot ser el model Powerpack 2 de tesla, 16 unitats del model Powerwall o un unitat del model Powersafe 100. El preu d'aquestes instal·lacions és 127.000€ 98.800€ i 67.330,59€ respectivament. Donat l'elevat cost d'adquisició d'aquests elements, s'opta per el més econòmic a fi i efecte d'intentar reduir l'impacte econòmic que representa.

El següent factor a tenir en compte economicament parlant són les infraestructures o edificis necessaris. Començant amb la central hidroelèctrica, es necessita d'una edificació on instal·lar la turbina i el generador. Tot i que no es necessita d'un gran edifici per la turbina i generador, cal que hi hagi suficient espai com per poder acomodar-ho tot i que sigui practic per les inspeccions. S'ha marcat com a dimensions mínimes 5 m<sup>2</sup>. El preu d'una estructura d'aquestes dimensions es pot assumir d'uns 2.500 €. També cal tenir en compte les canonades per transportar el flux d'aigua desde el riu a la turbina i de tornada al riu. Com s'ha comentat a la part analítica d'aquesta central hidroelèctrica, es tracta de 550 metres a un preu estimat de 15€ el metre. El valor ascendeix fins a 8.250€.

Si avaluem els panells solars fotovoltaics es pot aprofitar el teulat correctament encarant per instal·lar els panells. Per ajustar l'inclinació d'aquests, seria necessari posar un suport metàl·lic per a cada un dels panells. Aquest suport metàl·lic és necessari per assegurar una correcta eficiència. S'acostumen a construir d'alumini i el seu preu, per una quantitat d'unitats fotovoltaiques com al projecte, costaria uns 400 €.

#### **9.4-Instal·lació elèctrica**

Cada un dels mètodes de producció d'energia té una distribució elèctrica diferent per el que fa la seva connexió amb la xarxa interna. Si tractem el cas de la hidroelèctrica, únicament es requereix un cablejat suficient per transportar els 10 kW des del generador fins la xarxa de consum ja existent. Amb el cas de la fotovoltaica, cal realitzar la connexió entre els diferents panells amb les bateries, on s'emmagatzema la corrent, i de les bateries a la xarxa interna.

Per dimensionar la instal·lació elèctrica primer cal decidir quin cablejat fer servir a l'hora de transportar l'electricitat. Amb les dues opcions avaluades disposem d'un tram de sortida de potencia on aquesta assoleix en torn als 10 kW de potencia:

-En hidroelèctrica: Des de la sortida del generador fins a la xarxa actual.

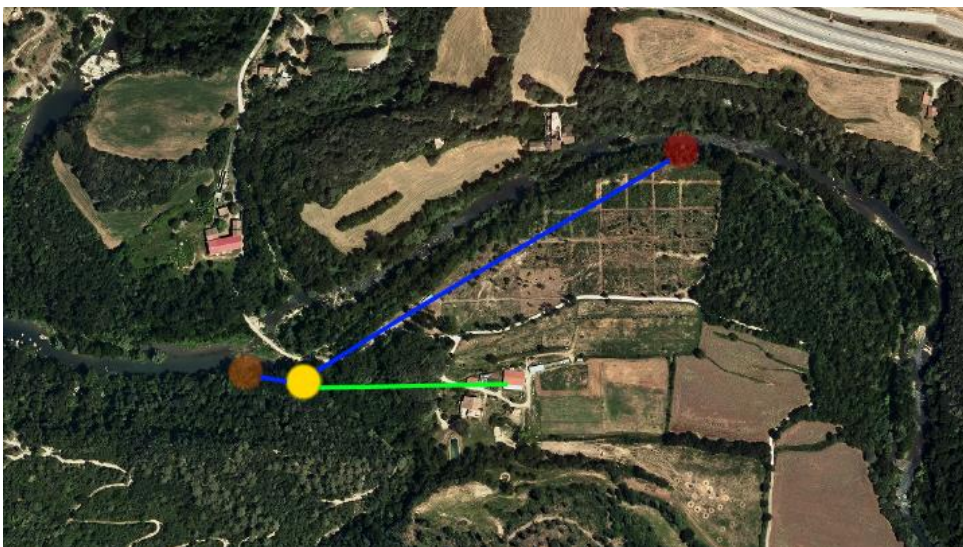
-En Fotovoltaica: Des de l'inversor de la bateria fins a la xarxa actual.

Aquest tram ha de poder suportar 10kW i 9,2 kW respectivament. Així doncs cal decidir quin cable s'hi ha de posar. El cable es decideix segons l'intensitat de la corrent. Recordar que es disposa de la potencia (10 kW) i el voltatge (230 V), per el que només cal tenir en compte que la potencia és la intensitat multiplicada per el voltatge:

$$P = V \times I \rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{10.000}{230} = 43,47 A$$

Es necessita un cable que sigui capaç de suportar 43,47 Ampers. Aquesta tipologia de cable requereix d'una gran secció, per aquest motiu el preu oscil·laria en torn a 15 € el metre. Com la distancia entre el generador i l'edifici més proper és d'uns 200 metres, el cost del cablejat ascendeix fins a 3.000 €.

En el cas de la hidroelèctrica, com la turbina ha d'estar junt al riu, la distancia del cablejat és llarga. Es suposa la distribució de la imatge on: el color taronja i vermell són la presa i retornada d'aigua del riu Fluvià, les línies blaves el recorregut del flux d'aigua, el cercle groc la turbina i la línia verda la connexió elèctrica amb l'empresa.



**Figura 15: Distribució hidroelèctrica i connexió de la línia elèctrica**

La longitud de la línia elèctrica des del generador fins l'empresa és de aproximadament 200m. per el que el cost de la línia, recordant que s'assumeix un cost de 15 €/m. , de 3.000€.

Al tractar l'energia fotovoltaica, es troba que la longitud del cablejat és molt menor, ja que la producció d'energia està situada just sobre el propi edifici. Per aquest motiu, la longitud no sobrepassa els 20-30 metres que es pugui necessitar per connectar des de la bateria fins a la presa principal de corrent elèctrica. Aquesta connexió tindria un valor de 300 – 500 €. Per altre banda, si cal tenir en compte que els panells solars han d'estar connectats entre ells construint el que anteriorment s'ha definit com a strings. Els diferents strings estaran connectats a la mateixa línia fins a assolir els 20 kW. Una cablejat que pugui suportar aquestes característiques es pot avaluar amb un preu de 250 € per string. Una estructura de panells solars com la que es vol disposar constaria de 6 nous strings, suposant la conservació de la instal·lació actual i a 'implementació de panells de 400W. Així doncs aquest tram de cablejat tindria un cost de 1.500 €.

El cost del conjunt de cablejats de cablejats per la instal·lació fotovoltaic ascendeix fins a 2.000 €

Com a recompte general, es pot fer una taula amb el cost d'inversió necessari per les dues instal·lacions analitzades:

**Taula 6:Cost d'adquisició del sistema fotovoltaic**

Energia solar fotovoltaica			
Plaques fotovoltaiques	Bateria	Estructura + Instal·lació	Total (€)
7.481,95	67.330,59	400+2.000	77.212,54

**Taula 7:Cost d'adquisició del sistema hidràulic**

Energia Hidràulica del riu Fluvià		
Turbina + Generador	Estructura: Edificació + Canonada + Instal·lació	Total (€)
6.923,37	2.500+8.250+3.000	20.673,37

S'observa una gran diferència de cost entre les dues opcions degut al elevat preu de les bateries. Sense tenir en compte el valor de les bateries, el sistema fotovoltaic té un preu inferior a 10.000 €.



## 10- SOLUCIÓ OPTIMA

Un cop s'ha avaluat els diferents factors de les opcions viables, s'ha de comparar i decidir quina opció és la viable. Els resultats obtinguts de l'avaluació ha estat la següent:

**Taula 8: Resum de l'avaluació**

Producció	Cost (€)	Requereix concessió	Permet ampliació	Manteniment
Fotovoltaica	77.212	No	Si	Baix-Nul
Hidroelèctrica	20.673	Si	No	Periòdic

Tot i que la instal·lació de fotovoltaica és notablement més cara, no requereix ni de concessió d'explotació de recursos, el manteniment necessari és pràcticament nul i es pot ampliar més si, en un futur, l'empresa requereix de més potencia.

Per altre banda, tot i que la instal·lació de la micro-hidroelèctrica no es pot ampliar i requereix d'un manteniment periòdic, a part de la concessió de l'estat per l'explotació d'aigua, únicament es necessita una inversió de de 20.673€, seguint els càlculs realitzats.

El factor econòmic és molt rellevant i, fins i tot, decisiu. Donat que l'empresa en qüestió no té un alt poder adquisitiu l'opció de la hidroelèctrica sembla la més viable, i pràcticament, la única que es podria portar a terme econòmicament parlant.

Aquesta decisió es veu afectada per la necessitat de concessió. Durant els últims anys s'ha estat promovent la utilització d'energies renovables però, amb el cas de les hidroelèctriques, la necessitat de concessió l'hi ha donat el poder a decidir qui pot explotar el recurs i qui no. Per aquest motiu durant els últims anys s'ha deixat de renovar diferents concessions que s'havien atorgat a privats des de la implementació del reial decret del 78. El motiu: Atorgar concessions exclusives a les empreses elèctriques.

Així doncs, no només és difícil aconseguir una concessió d'aquestes característiques, sinó que a més pot ser vigent per poc temps i que no es renovi. L'empresa no es pot permetre realitzar una inversió de 20.67 €, amb una amortització econòmica de 3 anys i que la concessió només en duri 2 anys. Per aquest motiu, a l'implementació de fotovoltaica és l'opció més viable, tot i l'elevat cost de instal·lació.

Juntament amb aquesta condició, també trobem les característiques del sistema fotovoltaic: És ampliable i permet l'emmagatzematge de corrent elèctric.

Abans d'avançar amb el disseny de la instal·lació fotovoltaica cal remarcar que si es disposa d'una concessió suficientment longeva, per exemple de 10 anys, preval l'opció hidroelèctrica

## **11-DISENY DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA**

Iniciant el dimensionament per instal·lar fotovoltaica, es poden aprofitar certs càlculs de l'avaluació: La potència requerida de 19,55 kW. Assumint que s'aprofita la instal·lació actual, cal produir 13,75 kW més. Si es selecciona el model PERC Monocristal·lí ERA de 400 W, la diferencia surt a que es requereixen 34,375 panells. La instal·lació d'aquests 35 panells es pot realitzar sobre el teulat d'un dels edificis de l'empresa, disminuït així el cost de construcció d'una estructura expressa pels panells.

### **11.1-Inclinació i direcció dels panells solars fotovoltaics**

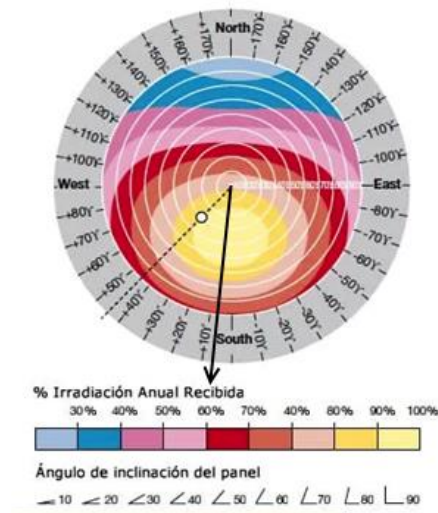
Com s'ha comentat al parlar de l'energia solar fotovoltaica, per obtenir una màxima eficiència sobre la radiació es necessita un azimut d'entre 20 i 50 graus d'inclinació en direcció sud.

L'empresa disposa d'un teulat lliure amb una inclinació i direcció properes que es pot aprofitar:



**Figura 16: Teulat de l'empresa aprofitable per a instal·lar fotovoltaica.**

El teulat té una longitud de 20 metres i una amplada de 6 metres. La inclinació és aproximadament de 15 graus, així doncs es disposa de 124,2 m<sup>2</sup> reals on disposar els panells solars fotovoltaics.

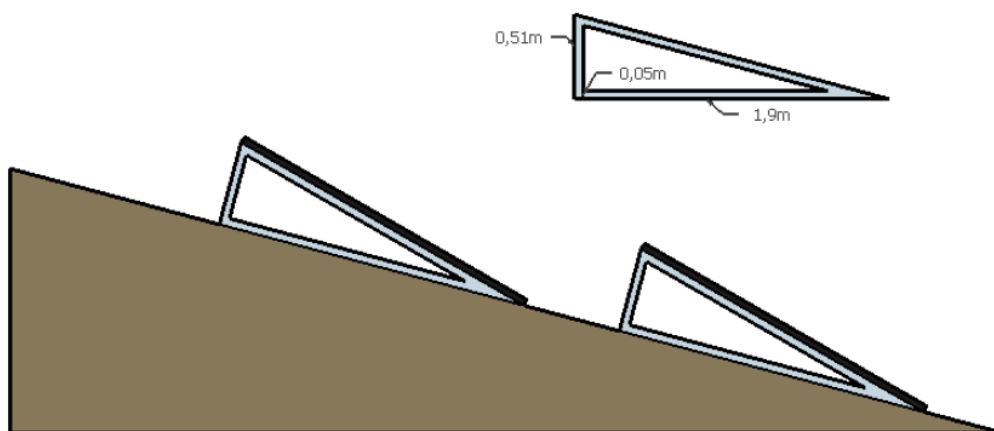


**Figura 17: : Direcció i azimuth del teulat de l'empresa**

Si s'agafa la fletxa direcció del teulat i l'incorporem al digrama de l'eficiència de la radiació solar segons l'azimut, s'observa com la direcció del teulat ja és adient i només falda ajustar la inclinació a uns valors entre 20 i 50 graus. Com la inclinació és inferior a la requerida, caldria instal·lar una estructura metàl·lica inclinant els panells.

Diseny de l'estructura metàl·lica:

La inclinació del teulat no és suficient, per el que cal instal·lar una estructura metàl·lica fins a obtenir l'angle òptim. (El material més viable és d'alumini). Aquesta estructura s'ha de poder instal·lar sobre el taulat, suportar els panells solars i mantenir-los estables. El diseny que s'ha desenvolupat és el següent:



**Figura 18: Diseny de l'estructura metàl·lica pels panells fotovoltaics**

Com es pot veure a la figura, es tracta d'unes suports metàl·lics triangulars de les mides mostrades. Aquestes dimensions permeten solucionar el problema de la inclinació del teulat i suportar els panells separats del teulat. Per repartir el pes dels panells al llarg de l'estructura, es repartiria un suport d'aquests cada dos panells. Unes bigues longitudinals uniran tots els suports.

L'estructura a fabricar:



**Figura 19: Disseny de l'estructura metàl·lica pels panells fotovoltaics**

Les dues files horitzontals de panells solars requeririen d'una estructura com la de la figura contigua. Es tracta de 10 suports com els que s'han mostrat anteriorment amb les bigues transversals. Aquest disseny ha de ser suficient per suportar els panells si tots els suports estan correctament units a la teulada amb l'ús de cargols.

Tot i que fins ara no s'ha mencionat perquè no era rellevant, el pes d'aquests panells solars és de 22,5 kg. Com es tracta d'un pes reduït, una estructura d'alumini amb aquestes característiques és suficient per suportar les adversitats meteorològiques que hagi d'afrontar.

Cada un dels suports dissenyats consta de 4,33 metres de tub quadrada de 50×50 mm. Els dos tubs transversals comporten 18,036 metres cada un. També es compta les bigues verticals que descendeixen entre els suports, necessaris per facilitar la instal·lació dels panells. Així doncs, les metres de tub necessaris són:

$$\text{Longitud del tub} = 2 \times (10 \times 4,33 + 2 \times 18,036 + 9 \times 1,97) = 194,204 \text{ m}$$

Amb 194,2 metres n'hi ha prou per construir les dues estructures necessàries.

El tub de perfil quadrat de 50 x 50 mm. amb gruix de 4 mm. és un dels més utilitzats en estructures per fotovoltaica, juntament amb el perfil de 40 x 40 mm. S'ha dispost d'un suport cada dos panells solars. Els models comercials normalitzats acostumen a ser, també, d'un suport cada dos o cada 4 panells. Fent d'aquest disseny, un model viable.

## **11.2-Distribució de les plaques fotovoltaiques**

Per assolir la potencia requerida de 13,75 kW es necessiten 35 panells solars. Aquests panells aniran connectats en sèrie i paral·lel, formant strings per assolir el voltatge desitjat. Per decidir com estaran disposats primer cal saber les especificacions de cada placa:

Voltatge a màxima potencia : 41.7 V

Corrent a màxima potència : 9.6 A

Corrent de curtcircuit : 10.36 A

Tant la xarxa com els diferents models de bateria treballen a 230V, en alterna i continua respectivament. Per assolir el voltatge desitjat s'haurà de muntar strings de 6 panells solars. S'ha d'instal·lar, com a mínim, 35 panells fotovoltaics per assolir la potencia requerida. El nombre de strings a instal·lar és de 5,83. Per aquest motiu s'instal·larà 6 strings de 6 panells cada un (afegint un panell solar s'obté el 6é string complet).

Les característiques elèctriques que assoleix aquesta distribució ( 6 strings de 6 panells):

$$V = V_{max} \times \text{PanellsString} = 41,7 \frac{V}{\text{panell}} \times 6 \text{ panells} = 250,2 V$$

$$I = I_{max} \times N^{\circ}\text{String} = 9,6 \frac{A}{\text{strings}} \times 6 \text{ strings} = 57,6 A$$

La potència generada serà de :

$$P = V \times I = 250,2 V \times 57,6 A = 14,41 kW$$

Si sumem la potència de la nova instal·lació (P2) amb la potència dels panells solars ja instal·lats (P1), obtenim la potència total generada:

$$P_{total} = P1 + P2 = 5,8 kW + 14,41 kW = 20,21 kW$$

La potència generada segueix els càlculs preliminars de l'avaluació i afirma la possibilitat de subministrar l'energia elèctrica necessària.

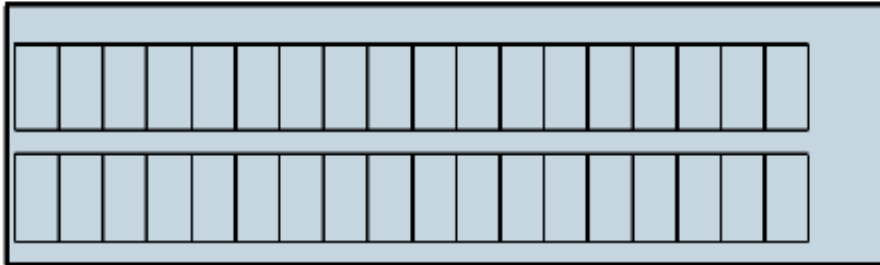
Les dimensions de cada un dels 36 panells solars són 1978 mm., d'altura per 1002 mm. d'amplada i 40 mm. de gruix. Primer de tot s'analitza si el teulat de l'edifici és suficient per incorporar tots els panells solars. Per això cal saber la superfície ocupada per cada panell:

$$\text{Superfície/panel} = 1,979 m \times 1,002 m = 1,9828 m^2$$

$$\text{Superfície total} = 1,9828 \frac{m^2}{\text{panell}} \times 36 \text{ panells} = 71,308 m^2$$

Es requereixen , com a mínim, 71,308 metres quadrats per posar tots els panells en el mateix teulat. Com es disposa de 140 m<sup>2</sup> reals de teulat (20 m × 7 m. ), hi ha espai suficient per tots els panells. A l'hora d'organitzar la seva distribució s'ha optat per un mètode més compacte. Com que posant els panells en el teulat de l'edifici no es

necessita cap estructura per re-direccionar la seva inclinació, es poden posar completament junts, creant així dues línies horitzontals. A la següent imatge es disposa d'una possible organització dels 36 panells solars:



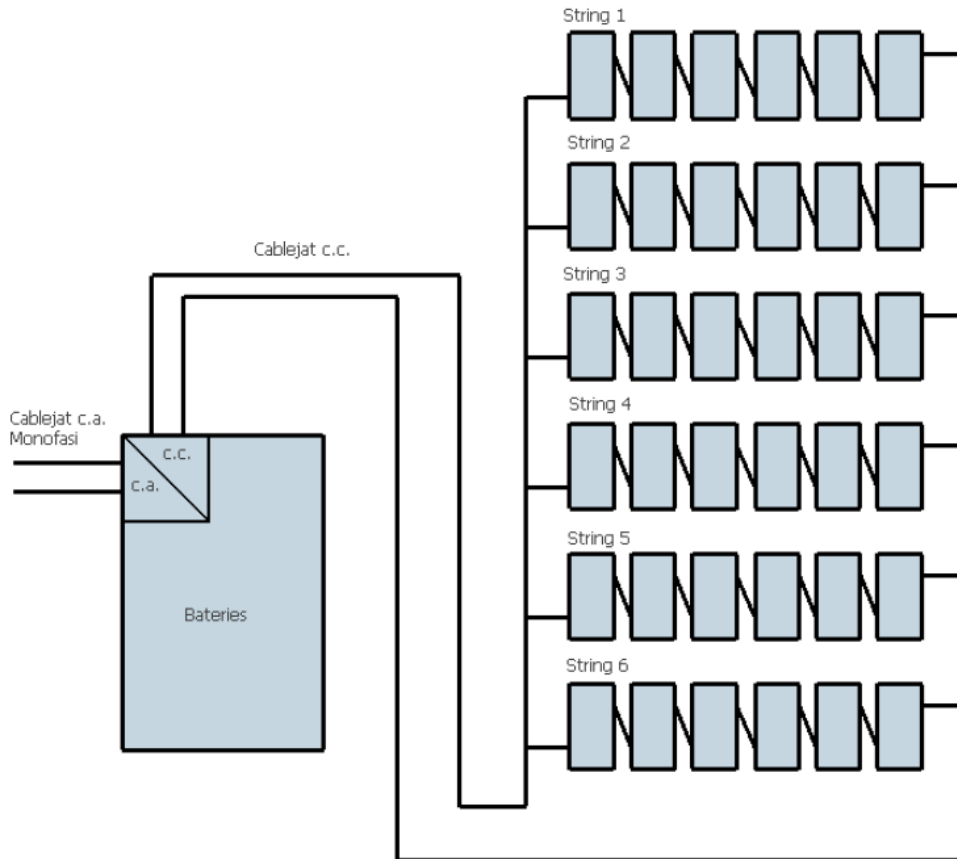
**Figura 20: Distribució física dels panells solars fotovoltaics**

### **11.3: Instal·lació elèctrica**

Com s'ha comentat, cada string estarà format per 6 panells solars connectats en sèrie, per assolir el voltatge necessari. La connexió de 6 strings en paral·lel permetrà augmentar la intensitat del conjunt.

La distribució elèctrica entres strings és la següent:





**Figura 21: Distribució elèctrica simplificada dels panells solars**

Les bateries actualment ja disposen d'inversor i reguladors de la corrent elèctrica, per el que no és necessari instal·lar-ne abans i/o després de les bateries. El cablejat entre

La distribució física optada permet muntar 3 strings per fila horitzontal. La connexió en sèrie entre panells queda reduïda a un cable de 1,5 metres que uneix les fases positiva i negativa dels panells contigus. D'aquesta forma cada string necessitarà de 7,5 metres de cablejat per realitzar la connexió en sèrie.

A part de la connexió en sèrie, cada string haurà d'estar connectat paral·lelament amb els altres. Hi ha dues opcions de fer-ho :

- Connectar cada string a un cable principal fins a les bateries.
- Connectar cada string directament a les bateries.

Tot i que la primera opció comporta una longitud de cables molt menor, es requereix una secció del cablejat molt més gran, per el que el seu cost és molt major.

Així doncs, es connectarà cada string a la bateria directament. El millor lloc on instal·lar la bateria és a la zona del taller del propi edifici. Des de la bateria fins a la caixa de connexions de l'edifici únicament hi ha uns 15 metres i , a més, la bateria estarà pràcticament sota els panells solars.

Aquesta distribució , ahora, permet tenir la bateria just sota els panells solars i es pot fer una connexió directe de aproximadament 3 metres des de els panells solars fins a l'altura de connexió de la bateria , a un metre de terra.

Es distribueixen els diferents stirlings al llarg del model i es calcula la longitud de cable necessaria per conecar-los tots en paral·lel a la bateria. Cal recordar que per realitzar la connexió de cada stirling es necessita de 7,5 metres de cable.

La longitud necessària per connectar cada un dels pols de cada Stirling a la bateria és de aproximadament 142 metres. Aquest valor pot variar lleugerament ja que cal realitzar les connexions sense deixar el cable completament tensat . Per aquest motiu, i sumant els 45 metres necessaris per la connexió en sèrie dels strings, s'arrodonirà a 190 metres necessaris .

Els cables que uneixen els 6 panells de cada stirling en sèrie seran connexions directes. El cable sortirà d'un dels panells i anirà directament amb l'adjacent. Per els cables que uneixen els stirlings amb la bateria passaran per un d'un tub de XLPE subjectat de la biga transversal de l'estructura metàl·lica.

Un cop els cables descendeixin s'agrupin en una caixa just sobre la bateria, baixaran a traves d'un tub de XLPE fins la bateria. Les característiques del cable utilitzat que recorrerà a traves d'una guia i un tub aïllat.

Per seleccionar el cable amb el qual es realitzaran les connexions cal recordar les característiques de cada Stirling:

Voltatge màxim : 250,2 Volts

Intensitat màxima : 9,6 Ampers

Intensitat de curtcircuit : 10,36 A

Es necessita d'un cable que suporti una tensió de 250,2 volts amb 9,6 Ampers d'intensitat en corrent continua. Per decidir el cablejat, s'ha de calcular quina secció s'ha de disposar per no excedir les pèrdues per efecte joule assumint una caiguda de tensió màximes de 1,5%.

Abans de realitzar aquests càlculs, es busca a la norma UNE-HD 60364-5-52 i IEC 60364-5-52 quina secció mínima ha de tenir una instal·lació d'aquestes característiques. La protecció del cable fa que ens situem en la condició B1 de la norma. Per altre banda cal agafar la intensitat que hi passarà i aplicar uns factors de conversió:

- Per acció solar directa ( Une 204535) = 0,9
  - per temperatura a la intempèrie ( Une HD 60364-5-52) = 0,9
  - Per agrupar de circuits ( UNE-HD 60364-5-52) = 0,45
  - Per instal·lació fotovoltaica generadora ( IEC 62548) = 1,4
- S'apliquen els factors de correcció a la intensitat:

$$I' = \frac{9.6 \times 1.4}{0.9 \times 0.9 \times 0.45} = 36,87 A$$

S'entren els valors a la norma:

Instalaciones al aire (40 °C). UNE-HD 60364-5-52.

Método de instalación de la tabla 52-B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento																
	A1	PVC3	PVC3	PVC2			XLPE3		XLPE3		XLPE2						
A2	PVC3	PVC2				XLPE3		XLPE2									
B1	→																
B2		PVC3	PVC2						XLPE3		XLPE2						
C						PVC3				PVC2			XLPE3				
E								PVC3					PVC2				XLPE3
F										PVC3						PVC2	
1 (1)	2 (2)	3 (3)	4(4)	5a (5)	5b (5)	6a (6)	6b (6)	7a (7)	7b (7)	8a (8)	8b (8)	9a (9)	9b (9)	10a (10)	10b (10)	11 (11)	
Sección mm2 Cobre																	
1.5	11	11.5	12.5 (+0.5)	13.5	14 (-0.5)	14.5 (+0.5)	15.5 (-0.5)	16	16.5 (-0.5)	17 (-0.5)	17.5 (-1)	19	20 (-1)	20	20	20	2
2.5	15	15.5 (+0.5)	17 (+0.5)	18 (+0.5)	19 (-0.5)	20 (+1)	20 (+1)	21 (+1)	22	23	24 (-1)	26	27 (-1)	27 (-0.5)	28 (-0.5)	30	30
4	20	20 (+1)	22 (+1)	24	25 (+1)	26 (+1)	27 (-1)	28 (-1)	30	31	32 (-1)	34	36 (-2)	36	36 (-2)	38 (-2)	40
6	25	26 (+1)	29 (+1)	31 (+1)	32	34 (+2)	36	37	39 (-2)	40	41 (-1)	44	46 (-2)	46	49 (-3)	52	52
10	33 (+1)	36 (+1)	40	43 (+1)	45 (-1)	46 (+4)	49 (+1)	52	54 (-2)	54	57 (-3)	60	63 (-3)	65	68 (-3)	72	72
16	45	48 (+1)	53 (+1)	59	61 (-2)	63 (+3)	66	69 (+1)	72 (-2)	73	77 (-4)	81	85 (-4)	87	91 (-4)	97	97
25	59	63 (+1)	69 (+1)	77	80 (-3)	82 (+2)	86 (-2)	87 (+1)	91 (-3)	95	100 (-5)	103	108 (-5)	110	115 (-5)	122	122

Figura 22: UNE HD 60364-5-52 amb CC

Segons la norma, com a mínim es necessita un cable de 4 mm<sup>2</sup> de secció.

Per calcular la secció mínima per la pèrdua màxima de tensió s'utilitza la següent fórmula:

$$Secció = \frac{2 \times L \times I}{\gamma \times \Delta V}$$

On L és la longitud del cable .En aquest cas a longitud màxima serà de 21 metres La I és la intensitat màxima , que correspon a 9,6 A.  $\gamma$  és la conductivitat del metall que, en el cas del coure, és de 45,5  $\Omega/\text{mm}^2$  .  $\Delta V$  fa referencia a la caiguda de tensió, que s'ha marcat a un màxim de 1,5% de la tensió inicial.

$$\Delta V = \frac{1.5}{100} \times 250,2V = 3,753V$$

Secció mínima:

$$Secció = \frac{2 \times 21 \times 9,6}{45,5 \times 3,753} = 2,3611 \text{ mm}^2$$

La secció mínima per no tenir unes pèrdues superiors a 1,5% del voltatge és de 2,3611 mm<sup>2</sup>. Les dimensions dels cables normalitzats més propera és de 4 mm<sup>2</sup> . Tot i això, qualsevol valor més elevat al calculat és correcte. Per aquest motiu s'ha optat per un model de cable pensat per treballar en les condicions d'una instal·lació fotovoltaica. Per aquest motiu s'ha seleccionat un cable PRYSUN H1z2z2-K 1×6 de la marca Prysmian. Aquest model ja està pensat i dissenyat per suportar el treball d'una instal·lació fotovoltaica durant anys. Es tracta d'un cable de 6 mm<sup>2</sup> de coure flexible de doble aïllament, resistent a l'aigua, sol, pluja, calor, als cop i lliure d'al·lògens.

El cablejat que s'ha dimensionat fins el moment connecta els panels solars fotovoltaics en sèrie i paral·lel proporcionant la potencia necessària per carregar la bateria. Aquesta bateria es carregar amb corrent continua i, a traves del seu inversor, s'extreu corrent altern. La corrent alterna es connectarà a la xarxa actual, des d'on serà distribuïda al llarg de l'empresa.

Des de la posició de la bateria fins a la caixa de connexions elèctrics de l'empresa hi ha aproximadament 5 metres. El cable utilitzat en aquest tram ha de suportar la transmissió de la potencia necessària per alimentar l'empresa.

Per començar el seu dimensionament cal calcular, un altre vegada, la pèrdua de tensió màxima que serà de 1,5% com amb el cas anterior. A diferència del cas anterior, el voltatge és igual a 400 volts per estar en corrent alterna:

$$\Delta V = \frac{1,5}{100} \times 400V = 6V$$

Per calcular la secció també es disposa d'una fórmula molt semblant a l'aplicada amb el cas de la corrent continua:

$$Secció = \frac{2 \times L \times I \times \cos\varphi}{\gamma \times \Delta V}$$

On  $\cos\varphi$  és factor de potència. Aquest valor pot variar segons la càrrega capacitiva del sistema. Donat que son dimensionaments de la font d'alimentació, s'assumeix un factor de potència de 1. La longitud entre la bateria serà de 8-9 metres, per el que s'assumeix la situació més desfavorable. Per utilitzar la fórmula es requereix de la intensitat màxima. Segons fabricant la intensitat de curtcircuit és de 80 amperes, tot i que la intensitat màxima és de 60 A.

$$Secció = \frac{2 \times 9 \times 60 \times 1}{45,5 \times 3,45} = 6,88 \text{ mm}^2$$

Segons el càlcul de secció, amb només 6,88 mm<sup>2</sup> per cada fase n'hi ha suficient per transportar tota l'energia de l'empresa. Abans de donar aquest valor per vàlid, cal comprovar si segons la norma UNE-HD 60364-5-52 aquest és un valor acceptable. Dins la norma ens situem en el rang B1 i s'utilitzarà un conductor de XLPE i es disposa de 2 fases. La intensitat màxima se l'hi aplica un factor de correcció (ITC-BT 40 = 1,25) i s'entra a la taula de la normativa. Aplicació del factor de correcció a la intensitat:

$$I' = 1,25 \times 60 = 75$$

Instalaciones al aire (40 °C). UNE-HD 60364-5-52.

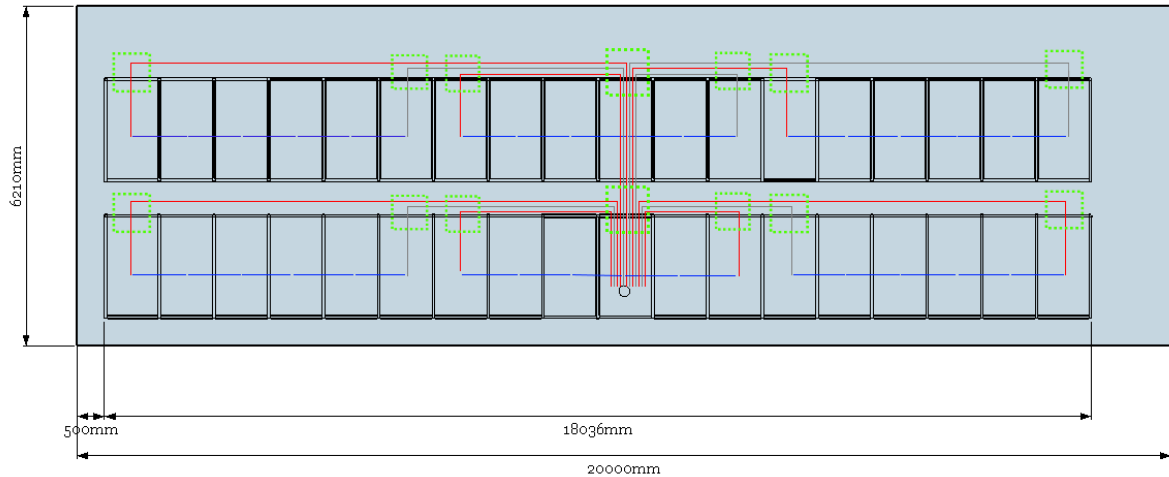
Método de instalación de la tabla 52-B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento																
	A1	PVC3	PVC2				XLPE3		XLPE2								
A2	PVC3	PVC2					XLPE3		XLPE2								
B1				PVC3			PVC2									XLPE2	
B2			PVC3	PVC2					XLPE3		XLPE2						
C							PVC3			PVC2			XLPE3			XLPE2	
E								PVC3					PVC2			XLPE3	
F	1 (1)	2 (2)	3 (3)	4(4)	5a (5)	5b (5)	6a (6)	6b (6)	7a (7)	7b (7)	8a (8)	8b (8)	9a (9)	9b (9)	10a (10)	10b (10)	11 (11)
Sección mm2 Cobre																	
1,5	11	11,5	12,5 (+0,5)	13,5	14 (-0,5)	14,5 (+0,5)	15,5 (-0,5)	16	16,5 (-0,5)	17 (-0,5)	17,5 (-1)	19	20 (-1)	20	20	21	21
2,5	15	15,5 (+0,5)	17 (+0,5)	18 (+0,5)	19 (-0,5)	20 (+1)	20 (+1)	21 (+1)	22	23	24 (-1)	26	27 (-1)	27 (-0,5)	28 (-1,5)	30 (-1)	30 (-1)
4	20	20 (+1)	22 (+1)	24	25 (-1)	26 (+1)	27 (-1)	29 (+1)	30	31	32 (-1)	34	36 (-2)	36	36 (-2)	40 (-2)	40 (-2)
6	25	26 (+1)	29 (+1)	31 (+1)	32	34 (+2)	36	37	39 (-2)	40	41 (-1)	44	46 (-2)	46	46 (-3)	52 (-3)	52 (-3)
10	33 (+1)	36 (+1)	40	43 (+1)	45 (-1)	46 (+4)	49 (+1)	52	54 (-2)	54	57 (-3)	60	63 (-3)	65	66 (-3)	72 (-4)	72 (-4)
16	46	48 (+1)	53 (+1)	59	61 (-2)	63 (+3)	66	68 (+1)	72 (-2)	73	77 (-4)	81	85 (-4)	87	88 (-4)	97 (-6)	97 (-6)
25	59	63 (+1)	69 (+1)	77	80 (-3)	82 (+2)	86 (-2)	87 (+1)	91 (-3)	95	100 (-5)	103	108 (-5)	110	115 (-5)	122 (-6)	122 (-6)
35				95 (+1)	100 (-4)	101 (+3)	106 (-2)	109 (+1)	114 (-4)	119	124 (-5)	127	133 (-6)	137	143 (-6)	153 (-9)	153 (-9)
50				118 (+1)	121 (-4)	122 (+3)	128 (-3)	133	139 (+6)	145	151 (-6)	155	162 (-7)	167	174 (-7)	188 (-13)	188 (-13)
70				148 (+1)	155 (-6)	155 (+5)	162 (-2)	170 (+1)	178 (-7)	185	193 (-8)	199	208 (-9)	214	223 (-9)	243 (-15)	243 (-15)

Figura 23: UNE HD 60364-5-52 amb AC

Segons la norma, la secció mínima per una instal·lació d'aquestes característics és de 16 mm<sup>2</sup>. Així doncs, encara que amb 6,88 mm<sup>2</sup> de secció n'hi hagi suficient, serà necessari posar cables de secció 16 mm<sup>2</sup>.

Els cables a utilitzar seran els Cable Afumex class 100 V (AS) 1×16 mm<sup>2</sup> per les fases i el neutre. Al ser una xarxa d'alimentació es requereix d'un cable de protecció.

Tots els cables s'han dimensionat amb la condició d'anar instal·lats dins tubs de XLPE. Cada tram de tub requerirà d'unes dimensions diferents, ja que el nombre de cables anirà variant. Partint de la figura 23, on es distribueix els panells solars segons els strings, es marquen les línies dels cables i els seus conductes. A cada línia s'ha marcat un nombre que indica quants cables hi passen. A cada punt on s'introdueix un cable nou s'ha de posar una caixa de connexions. Un cop s'han agrupat tots els cables de cada fila horitzontal de panells solars, s'agruparan els dos tubs a una caixa general, d'on es baixarà un tub amb els 12 cables fins a les bateries. Saber el nombre de cables de cada tram és important ja que el tub ha de ser suficientment gran.



**Figura 24: Distribució dels tubs XLPE per al cablejat elèctric.**

D'aquesta imatge cal recordar que els tubs i caixes van instal·lats a l'estructura metàl·lica. Per això, des de els panells solar a la caixa superior hi ha 1 metre de distància.

Per decidir quin tub de XLPE cal fer un recompte de les distàncies i el nombre de cables que transcorren a cada tram. Les dimensions dels tubs de XLPE per exterior que es disposa són: 40mm. , 50 mm. , 63 mm. , 90 mm. El nombre de cables que poden passar per cada dimensió de tub depèn del diàmetre del cable que s'ha seleccionat. El cable PRYSUN H1z2Z2-K 1×6 té un diàmetre real de 5,9 mm.

Seguint la norma UNE-HD 60364-5-52, els cables no poden anar encaixats dins el tub, per el que els tubs de 40 mm., 50mm., 63mm. i 90 mm. ens permetran connectar 3, 4, 5 i 7 cables del model instal·lat.

Seguint aquests valors s'obté el següent dimensionament :

- Tub XLPE 40 mm. on passi 1, 2 i 3 cables.
- Tub XLPE 50 mm on passin 4 cables.
- Tub XLPE 63 mm on passin 5 cables.
- Tub XLPE 90 mm on passin 6 cables

Aquest dimensionament és ajustant el tub mínim per cada tram. Sempre es pot instal·lar un tub més gran del que s'ajusta a cada tram. Es pot simplificar i instal·lar el tub de 90 mm a tota la instal·lació (a excepció del tram interior de 12 cables) però el seu cost és major i es desaprofita bona part del tub.

El tram interior de 12 cables requeriria d'un tub XLPE de 160 mm que anirà subjectat de la paret.

**Taula 9: Llista de tubs XLPE, model i longitud.**

Nº Cables	Longitud (m.)	Tub mínim utilitzable
1	30	Tub XLPE Exterior 40 mm.
2	2	
3	10	
4	2	Tub XLPE Exterior 50 mm.
5	2	Tub XLPE Exterior 63 mm.
6	5	Tub XLPE Exterior 90 mm.
12	3	Tub XLPE Interior 160 mm.

El tub al complet ha d'anar subjectat amb abraçadores de les dimensions pertinents per cada tram de tub. Amb la instal·lació d'una abraçadora a cada metre de longitud, n'hi ha suficient per mantenir el tub immòbil.

Cada un dels punts marcats a la figura 26 amb un requadre gris és una caixa de connexions on es declinarà la direcció dels cables i es farà el canvi d'un tub a un altre. Aquestes caixes també s'instal·laran a l'estructura metàl·lica. El model seleccionat és la caixa ENN05003 de la marca Schneider Electric. Aquest model compacte està fabricat de ABS d'alta qualitat i ja disposa de 8 pins d'entrada per els tubs. A més, la seva forma allargada permet facilitar la instal·lació.

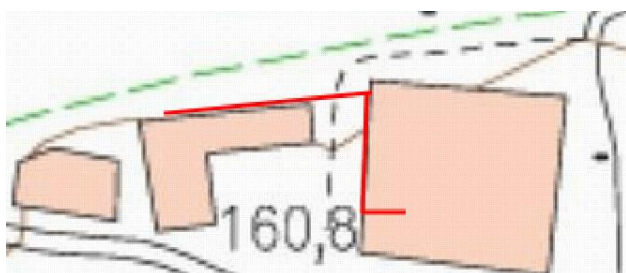
Amb el tram de c.a. el tub ha de protegir 4 Cables Afumex class 100 V (AS) 1×16mm<sup>2</sup> (Les dues fases i el terra) . Aquest cable te un diàmetre exterior de 10,6 mm<sup>2</sup>. Per canalitzar aquests cable es necessitaria un tub XLPE de 90 mm. La seva longitud és de 15 metres , per connectar des de la bateria a la caixa de cables.

Cal tenir en compte que la potencia que s'administra a la bateria no només prové de la instal·lació de fotovoltaica dissenyada anteriorment, sinó que també prové de les 26



plaques solars fotovoltaiques ja instal·lades. Aquestes plaques ja estan connectades a un inversor i la línia sortint va connectada a la línia de consum. Per aprofitar els elements ja instal·lats, s'extraurà la corrent alterna de l'inversor i es connectarà a la bateria. Cal recordar que l'inversor de la bateria admet potència d'entrada tant en continua com en alterna. Falta dimensionar el cablejat i el tub que connectarà ambdues instal·lacions.

Aquesta línia soterrada és de 35 metres i ha de transportar energia elèctrica monofàsica. Aquesta línia transportarà 230 V amb una intensitat de fins a 26.1 A.



**Figura 25: Línia de connexió de la fotovoltaica ja instal·lada**

Segons Norma UNE-HD 60364-5-52, cal instal·lar com a mínim un cable de 2,5 mm<sup>2</sup>. En canvi si apliquem la fórmula per la caiguda de potència, obtenim el següent resultat:

$$Secció = \frac{2 \times L \times I \times \cos\phi}{\gamma \times \Delta V}$$

On L són 35 m, la intensitat màxima de 26,1, factor de potència de 1, conductivitat de 44,5 i una caiguda de voltatge màxima de l'1,5 % sobre 230 V

$$Secció = \frac{2 \times 35 \times 26,1 \times 1}{44,5 \times 3,45} = 11,63 \text{ mm}^2$$

El valor normalitzat seleccionat és de 16 mm<sup>2</sup>. Per el que el cable a utilitzar és el mateix que s'utilitza des de la bateria a la xarxa. El tub de protecció per aquest cable és de les mateixes dimensions : 90 mm però per anar soterrat. Aquesta línia ja compta amb tots els elements de seguretat necessaris.

## 11.4-Seguretat i protecció elèctrica

Tota xarxa elèctrica necessita de sistemes de seguretat que protegeixin l'usuari i els aparells connectats a aquesta. Aquests elements van des de la connexió a terra per evitar sobrecarrega a magneto tèrmics, elements antiabocament o per controlar i regular la potència de la xarxa.

Si es reprèn la informació de la xarxa treballada al projecte, es tracta d'una instal·lació d'autoconsum dimensionada per generar tota l'energia necessària per l'empresa. Com el consum de l'empresa varia notablement al llarg dels mesos i de l'any, cal assumir que les plaques solars generaran excedent de potència elèctrica. Aquesta potència s'emmagatzemarà, però no la pot avocar a la xarxa pública.

Avocar energia a la xarxa comporta haver de passar més protocols de seguretat i revisions, a canvi de rebre una petita compensació econòmica. Com l'excedent energètic no serà constant (i si el consum augmenta no n'hi haurà), no surt a compte passar tots els tràmits per avocar energia a la xarxa.

Com no s'avocarà electricitat a la xarxa però si es pot generar excedent energètic, cal posar un element per evitar la introducció de potència a la xarxa. Aquests elements s'anomenen sistemes Antiabocament (o injecció zero, fent referència a que s'injecta o potència a la xarxa). El seu funcionament bàsic és no permetre el pas de la corrent elèctrica cap a la xarxa tot i estar-hi connectat.

El dimensionament d'aquests elements es fa a partir de la potència elèctrica que ha de ser capaç de capar. Com la xarxa amb la que s'està treballant és de 9,2 kW, l'antiabocament ha de ser capaç de suportar aquesta potència. El valor normalitzat immediatament superior als 9,2 kW són els sistemes antiabocament de 15 kW.

La millor opció del mercat per solucionar el tema de l'abocament és el que s'anomena CDP (Control de Potència). Aquests elements dinàmics són capaços el consum de la xarxa i fer que l'inversor proporcioni únicament aquesta potència, d'aquesta forma la potència no s'aboca a la xarxa i es consumeix directament a les instal·lacions. Alhora, aquests aparells elèctrics permeten controlar l'energia consumida de la xarxa elèctrica.

El CDP-o és el model adient per aquesta instal·lació, ja que pot treballar amb qualsevol rang de potències.

Un cop solucionat el problema de la injecció de la potència a xarxa, cal introduir els elements de seguretat pertinents segons la normativa. Els elements es diferencien

segons si s'està treballant a la zona amb corrent continua o s'està treballant passat l'inversor, amb corrent alterna. Els elements de seguretat per la part de la instal·lació amb continua són els següents:

- Terra generalitzat.
- Magnetotèrmics abans de l'inversor.

Els panells solars tenen un marc metàl·lic i estan subjectades sobre una estructura també metàl·lica. Una pèrdua de tensió sobre aquestes estructures pot ser perillós per el contacte amb l'estructura. Per aquest motiu cal tenir connectada tant l'estructura de subjecció com el marc dels diferents panells solars.

Tenir tota l'estructura connectada a la presa de terra comporta que si hi ha una pèrdua de carrega cap a l'estructura o un curtcircuit, la potencia es derivarà al terra. També cal remarcar que com la intensitat nominal i de curtcircuit dels panells fotovoltaics són valors molt propers, que es generi un curtcircuit no malmet cap element. Amb un curtcircuit tota la potencia generada es derivaria a terra, per el que el propi inversor de les bateries es desactivaria. Recordar que tots els inversors de gama mitjana i alta porten incorporat un interruptor que, quan no rep el voltatge necessari, es desactiva automàticament fins a tornar a rebre la tensió requerida.

Un cablejat de la toma de terra de 35 mm<sup>2</sup> és suficient per mantenir tota l'estructura connectada com a terra.

La necessitat de magnetotèrmics abans de l'inversor ( i amb aquest cas, abans de la bateria) és per permetre desconnectar completament la línia amb potencia aigües avall del magneto tèrmic. Sense aquest element, no seria possible treballar aigües avall dels panells solars.

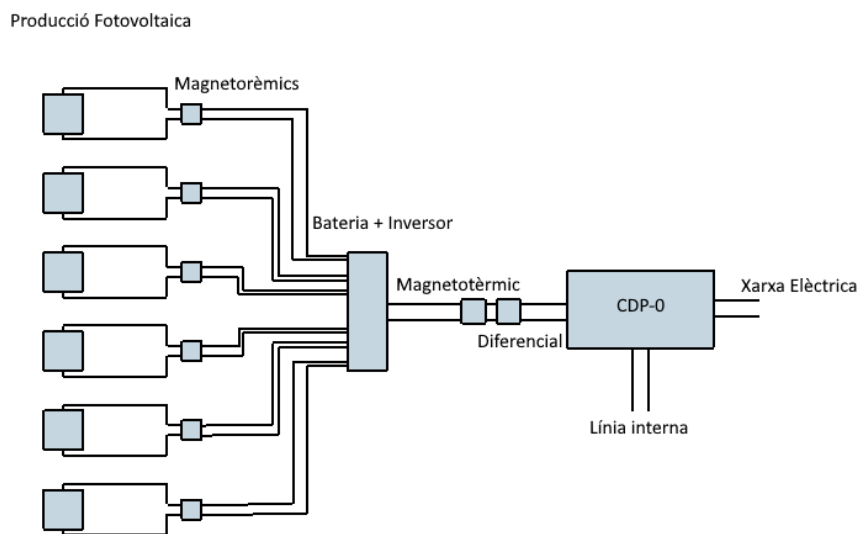
Segons la distribució treballada, es disposa de 6 agrupacions de panells solars, cada una amb els seus respectius cables fins la bateria. La connexió pertinent és instal·lar un magnetotèrmic amb dos pols per cada línia Fase-Neutre, permetent així desconnectar tots o part dels panells solars. El valor per decidir quin magneto tèrmic del marcat agafar és la intensitat que ha de suportar. La intensitat màxima dels panells solars és de 9,6 A, amb una Icc igual a 10,36 A. El valor normalitzar immediatament superior per magnetotèrmics d'aquestes característiques és de 16 A.

El tram de corrent altern no és productor d'energia com el tram en continua, únicament és de transport des de la bateria a la xarxa interna. Aquest tram ha de constar dels següents elements:

- Magnetotèrmic
- Diferencial
- Sistema antiabocament

El magneto tèrmic ve dimensionat per la intensitat de la línia. L'inversor és capaç de subministrar 62,5 ampers, per el que el magnetotèrmic ha de ser capaç de suportar aquesta intensitat. Així doncs, seguint els valors normalitats dels proveïdors d'elements elèctrics, l'interruptor magneto tèrmic de de 3 pols i 80 A és l'element normalitzat a implementar a la xarxa abans del diferencial. Els diferencials es dimensionen amb la mateixa metodologia que els magneto tèrmics. Com que la línia transportarà fins a 62,5 ampers , es necessita un diferencial de 80 A.

Amb aquests dos elements ja es te la xarxa protegida i segura de curtcircuits i derivacions de la potencia a terra, donant l'opció de tallar la línia en cas necessari. Ja només falta incorporar el sistema antiabocament.



**Figura 26: Distribució dels elements de seguretat**

El funcionament principal del CDP-0 és injectar la potencia requerida a la xarxa interna i, en cas que el sistema fotovoltaic no l'assoleixi, absorbir-ne de la xarxa. Per aquest motiu ha d'anar connectat just a la unió entre la instal·lació fotovoltaica i la línia elèctrica.

## 11.5-Funcionament i control de la instal·lació

La instal·lació consta de diferents parts a tenir en compte amb el seu funcionament:

- Producció de l'energia
- Emmagatzematge i control
- Consum

Un cop les plaques solars estiguin en funcionament, la producció d'energia la podem assumir com a efecte passiu en el dia a dia. A excepció que sigui necessari treballar sobre la línia elèctrica i/o bateria, estarà sempre en funcionament. En cas de necessitat de desconnexió, n'hi ha prou amb accedir als magneto tèrmics de les línies.

El següent punt és l'emmagatzematge. Cal saber quanta energia es té emmagatzemada i poder-ne controlar el seu consum. Tant l'emmagatzematge de l'electricitat es fa a partir de la bateria, juntament amb el seu inversor que en permet la seva distribució per al consum. Aquesta bateria disposa d'una pantalla per informar el seu estat. La pròpia bateria permet controlar els valors de sortida de l'inversor i conèixer l'estat de les bateries. També permet el control de l'estat de les bateries amb un smartphone o des d'un ordinador amb connexió a internet.



**Figura 27: Powersafe 100**

Els valors de l'energia consumida vindran fixats per les capacitats de l'inversor i de la demanda del CDP-o. Aquest últim element permet portar el recompte de potència absorbida de les bateries i la potència consumida de la xarxa.

Amb aquest elements es pot conèixer l'estat la xarxa instal·lada al complet i els valors dels diferents punts importants : El punt d'emmagatzematge i el punt de consum.

## **12-RESUM DEL PRESSUPOST**

La instal·lació avaluada al pressupost consta de plaques solars fotovoltaïques per l'auto abastament energètic, l'estructura metàl·lica pertinent per el seu suport, una bateria per l'emmagatzematge d'electricitat i les respectives connexions elèctriques per fer funcionar el circuit. El cost total de la instal·lació dissenyada en aquest projecte és de Setanta-cinc mil quatre-cents seixanta-quatre coma trenta-sis.

## 13-CONCLUSIONS

L'objectiu d'aquest treball és dissenyar una font d'electricitat per l'empresa objectiu de tal forma que pugui treballar desconnectada de la xarxa utilitzant únicament el seu sistema d'auto abastament.

La capacitat de producció energètica de la instal·lació projectada és suficient per el subministrament complet de l'empresa. Tot i que, per motius de seguretat, seguirà connectada a la xarxa, el seu funcionament no en depèn.

Tot i que no es disposarà d'un sistema de venda d'excedents energètics, l'auto abastament permet no haver de pagar per el subministrament energètic. Fins ara aquest subministrament comportava un cost econòmic d'entre 600 i 700 €. Seguint aquest valors, es disposa d'una amortització econòmica de 10 anys, mentre que la seva vida útil està entre 20 i 30 anys ( segons la vida útil dels diferents elements segons fabricants).

L'elevat temps d'amortització bé marcat per la bateria, que correspon a més del 50% del cost de la instal·lació. Per aquest motiu és important remarcar que si, per les condicions o canvis adequats, es pogués optar per una bateria més econòmica o de menor capacitat d'emmagatzematge, el cost de la instal·lació disminuiria notablement i el seu amortització seria més assequible.

Per aquest motiu, una instal·lació d'aquestes característiques únicament es pot portar a terme sota la condició d'unes polítiques d'impulsió de renovables, ja que sinó aquesta tipologia de projectes no es portaran a terme. Cal recordar que les grans empreses busquen amortitzacions de pocs anys ( 1-2 anys) i més de 5 anys ja és una amortització llarga per el que fa petites i mitjanes empreses.



## **14-RELACIÓ DE DOCUMENTS**

El present document anomenat Instal·lacions d'energia renovables pel subministrament d'energia elèctrica en una granja està format per un total de 5 documents essent aquest mateix la memòria.

El llistat de documents que engloba el projecte és:

- Memòria
- Plànols
- Plec de condicions
- Estat d'amidament
- Pressupost

## 15-BIBLIOGRAFIA

SunFields, Radiació solar , irradiació i HSP (<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/>).

BOE, Llei d'aigües (<https://www.boe.es/boe/dias/2015/03/25/pdfs/BOE-A-2015-3182.pdf>).

BOE, Normativa per mini hidràuliques (<https://cecu.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/dossier/4%20minihidraulica.htm#4.%20La%20energ%C3%ADa%20hidr%C3%A1ulica%20en%20Espa%C3%B1a>).

Red eléctrica de España, Concessions dels últims anys (<https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/notas-de-prensa/2019/12/espana-cierra-2019-con-un-10-mas-de-potencia-instalada-de-generacion-renovable>).

European Union Law, utilització i implementació de fons d'energia renovable ([https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=uriserv:OJ.L\\_.2018.328.01.0082.01.SPA](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.SPA)).

Polítiques energètiques de la unió europea (<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/70/la-energia-renovable>).

Xavier Juanola Trias. Apunts sobre la xarxa elèctrica espanyola i el seu funcionament. Màquines elèctriques. Escola Politècnica Superior. Universitat de Girona (2016-2017).

Antoni Pujol Sagaro. Apunts sobre el flux d'aigua dins un conducte. Enginyeria de fluids. Escola Politècnica Superior. Universitat de Girona (2017-2018).

Josep Xargayo Bassets. Apunts sobre xarxa elèctrica en DC i AC. Electrotècnia i accionaments elèctrics. Escola Politècnica Superior. Universitat de Girona (2018-2019).

Jose Ramon Gonzalez Castro. Apunts sobre màquina hidràulica rotativa. Sistemes fluidamecànics. Escola Politècnica Superior. Universitat de Girona (2018-2019).

Francisco Javier Espinach Orus. Apunts sobre com realitzar un projecte. Projectes . Escola Politècnica Superior. Universitat de Girona (2019-2020).

Adajusa, elements elèctrics i electronics(<https://adajusa.es/magnetotermicos-3-polos/magnetotermico-3-polos-80a-10ka-3x80a-oelectric.html>).

Tesla, Bateries per cases i indústries (<https://www.tesla.com/powerwall>).

Nations starter & alternator, empresa fabricant d'inversors i proveïdors de PowerSafe100 i l'inversor fet servir dins aquest model (<https://www.nationsstarteralternator.com/The-PowerSafe-100-100kWh-Solar-Energy-Storage-Devi-p/power-safe-100.htm>).

Evtv. Informació i disseny sobre PowerSafe 100(<http://evtv.me/2018/06/100kwh-tesla-power-wall-on-steroids-the-powersafe-100/>).

Ingemecanica. Normativa per sistemes solars (<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>).

Schneider. Productes elèctrics i electrònics d'alta qualitat (<https://www.se.com/es/es/product-subcategory/1605-protecci%C3%B3n-magnetot%C3%A9rmica-acti-9/>).

Circuitor. Funcionament xarxes d'autoconsum amb injecció zero (<http://circuitor.es/es/formacion/energias-renovables-autoconsumo/autoconsumo-instantaneo-con-inyeccion-cero>).

Real decret sobre seguretat dins una instal·lació d'autoconsum ([https://electricidad.usal.es/Principal/Circuitos/Descargas/Seguridad\\_en\\_PFotovoltaicas.pdf](https://electricidad.usal.es/Principal/Circuitos/Descargas/Seguridad_en_PFotovoltaicas.pdf)).

Prysmian. Proveïdor de cablejat per instal·lacions i normativa de secció de cables (<https://www.prysmianclub.es/novedades-de-la-norma-de-intensidades-admisibles-une-hd-60364-5-52-instalaciones-al-aire/>).

Rs. Productes per a instal·lacions elèctriques (<https://es.rs-online.com/web/c/fusibles-tomas-electricas-disyuntores/accesorios-para-instalaciones-electricas/cajas-de-conexiones/?applied-dimensions=4294965199&gridView=true>).

SolarMat. Productes per injecció zero i control de potència (<https://solarmat.es/es/Inversor-solar/accesorios-inversores/inyeccion-cero/#/show-all>).

Monsolar. Proveïdors Inversors de fins a 6kW i elements d'injecció zero. Model d'inversor instal·lat actualment (<https://www.monsolar.com/smart-meter-fronius-63a-inyeccion-cero.html>).

Generalitat. Normativa i reglaments ([http://empresa.gencat.cat/ca/trib\\_ambits\\_actuacio/energia-i-mines/energia-electrica/produccio-regim-especial/autoconsum/](http://empresa.gencat.cat/ca/trib_ambits_actuacio/energia-i-mines/energia-electrica/produccio-regim-especial/autoconsum/)).

Generadordepreus. Base de dades de preus i primes ([http://www.generadordepreus.info/espais\\_urbans/Instal%C2%B7lacions/Urbanes/Xarxes\\_d\\_enllumenat\\_public/IUP110\\_Quadre\\_de\\_proteccio\\_i\\_control\\_d\\_enl.html](http://www.generadordepreus.info/espais_urbans/Instal%C2%B7lacions/Urbanes/Xarxes_d_enllumenat_public/IUP110_Quadre_de_proteccio_i_control_d_enl.html)).

Bedec. Càlcul de primes(<https://metabase.itec.cat/vid/e/es/bedec>).

Vissir. Topografia i mapeig. (<http://www.icc.cat/vissir3/>).

Tiendatecnored. Tubs per cablejats elèctrics de diferents tipologies (<https://www.tiendatecnored.cl/>).

Electromaterial. Tubs i canals per cablejat elèctric (<https://www.electromaterial.com/TUBERIA-Y-CANALIZACION>).

Onulec. Tubs soterrats per connexions elèctriques (<https://www.onulec.com/tienda/tubos-corrugados-canalizacion-electrica/12116-tubo-canalizacion-90-mm-diametro-corrugado-doble-capa-8436029903061.html>).

Fusionenergiasolar. Cargols per instal·lacions sobre teulats (<https://fusionenergiasolar.es/estructuras-placas-solares/425-tornillo-perforante-doble-rosca-inoxidable-300-mm.html>).

Incafe. Perfils metàl·lics(<https://www.incafe2000.com/Esp/p/tubo-cuadrado-acero-inoxidable-50x50x4>).

Autosolar. Panells solars fotovoltaics de 400 W(<https://autosolar.es/panel-solar-24-voltios/panel-solar-400w-perc-monocristalino-era>).

Drawdown. Producció de micro-turbines eòliques (<https://drawdown.org/solutions/micro-wind-turbines>).

Micro-Hidro-Power. Fabricants de turbines hidràuliques per micro-hidràuliques (<https://www.micro-hydro-power.com/Pico-Hydro-Generator-System-brand-new.htm>).

Wattia. Enginyeria dissenyadors d' Espai Zero (<http://www.wattia.cat/es/espaizero/>).

Idea. Producció elèctrica i cogeneració en la biomassa ([https://idae.es/sites/default/files/publications/online/35/Biomasa%20produccion%20eolectrica%20y%20cogeneracion\\_opf\\_files/pdfs/biomasa-cogeneracion.pdf](https://idae.es/sites/default/files/publications/online/35/Biomasa%20produccion%20eolectrica%20y%20cogeneracion_opf_files/pdfs/biomasa-cogeneracion.pdf)).

Hargassner. Fabricants de generadors elèctrics i calorífics de biomassa (<https://www.hargassner.es/2016/07/11/generacion-de-electricidad-y-calor-con-biomasa/>).

SolarDesigntool. Dades tècniques dels panells solar de la instal·lació actual ([http://www.solarDesigntool.com/components/module-panel-solar/Lightway/2390/LW240\(29\)P1650x990/specification-data-sheet.html](http://www.solarDesigntool.com/components/module-panel-solar/Lightway/2390/LW240(29)P1650x990/specification-data-sheet.html)).

## A-CÀLCULS D'INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA

Donada la viabilitat de la instal·lació solar fotovoltaica, es vol analitzar si una instal·lació solar tèrmica és viable per a produir energia calorífica.

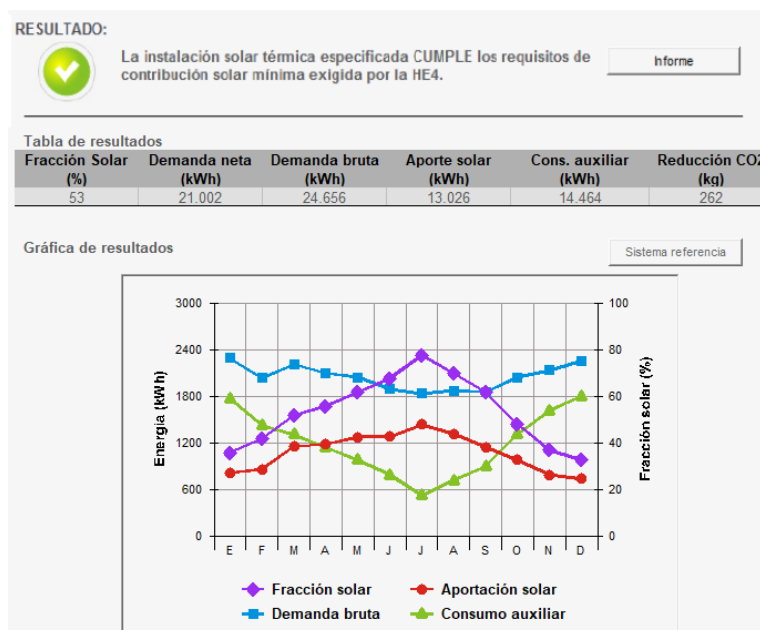
Al llarg del treball s'ha calculat diferents mètodes de producció d'energia que, per l'obtenció d'energia elèctrica no són viables, però sí són viables per producció d'energia calorífica. L'empresa té un cert consum elèctric per l'obtenció d'aigua sanitària. Per aquest motiu un mètode de producció d'energia calorífica pot permetre disminuir el consum elèctric.

Per avaluar aquesta possible producció, s'ha utilitzat el programa CHEQ4. Aquest programa de IDAE permet calcular quins si la instal·lació es viable i compleix la norma HE4.

Les dades i valors de test que s'han suposat per calcular si és un mètode viable són:

- Captadors solar tèrmic Adisol VN-2.6
- 8 captadors
- 1 Acumulador de 1.000 l.

Els resultats del programa:



**Figura 28: Resultats del programa CHEQ4**

Una instal·lació d'aquestes característiques permetria subministrar un consum total de 1.000 l/dia a 60°.

Aquesta instal·lació necessita d'un mètode de suport que permeti subministrar potencia calorífica quan els captadors solars tèrmics no siguin suficient. Aquesta instal·lació de suport pot ser un dels mètodes de producció d'energia que estan descartats per electricitat. Aquests dos mètodes són:

- Biomassa
- Geotèrmia

Donada la viabilitat econòmica, la biomassa permet produir energia calorífica de suport per als captadors solars i, alhora, l'aprofitament de la biomassa reduint els residus desaprofitats per part de l'empresa.

Aquests càlculs afirmen la viabilitat d'una instal·lació solar tèrmica. Seguint aquesta mostra, amb una instal·lació de 8 captadors solars poden subministrar 1000 l/dia, sempre i quant els captadors estiguin correctament inclinats.

Aquestes pautes poden permetre un dimensionament superficial i aproximat de quines dimensions hauria de tenir una instal·lació solar tèrmica per subministrar aigua sanitària a les instal·lacions.



**B-JUSTIFICACIÓ DE PREUS**

NUM	CODI	UA	DESCRIPCIO	PREU
-001	IEF001	u	<b>Instal·lació de mòdul solar fotovoltaic de cèl·lules de silici monocristal·lí, potència màxima (Wp) 400 W, tensió a màxima potència (Vmp) 41,7 V, intensitat a màxima potència (Imp) 9,6 A, tensió en circuit obert (Voc) 49,8 V, intensitat de curtcircuit (Isc) 10,6 A, eficiència 20,17%.</b>	138,85

				<i>Unitats</i>	<i>Preu unitari</i>	<i>Parcial</i>	<i>Import</i>
<b>Ma d'obra</b>							
m0009	h	Oficial 1ª instal·lador de captadors solars.		0,40	20,33	8,21	
m0108	h	Ajudant instal·lador de captadors solars.		0,40	17,32	7,00	
<b>Suma mà d'obra</b>						15,21	15,21

**Material**

mt35sol025aBC	u	Mòdul solar fotovoltaic de cèl·lules de silici monocristal·lí, potència màxima (Wp) 400 W, tensió a màxima potència (Vmp) 41,7 V, intensitat a màxima potència (Imp) 9,6 A, tensió en circuit obert (Voc) 49,8 V, intensitat de curtcircuit (Isc) 10,6 A, eficiència 20,17%, 72 cèl·lules de 158,75x158,75 mm, vidre exterior trempat de 4 mm d'espessor, 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 1979x1002x40 mm, pes 22,5 kg, amb caixa de connexions amb díodes, cables i connectors.		1,00	123,64	123,64	
<b>Suma materials</b>						123,64	123,64

-002	EAT020	u	Fabricació i instal·lació d'estructura metàl·lica lleugera autoportant de 18,036 metres de longitud de forma triangular de 15 ° d'inclinació, amb suports cada 2,004 metres, de tubs d'alumini de 50mm x 50 mm i 4 mm de gruix amb suports per la instal·lació de panells fotovoltaics.	2.799,16
------	--------	---	---	----------

				<i>Unitats</i>	<i>Preu unitari</i>	<i>Parcial</i>	<i>Import</i>
<b>Ma d'obra</b>							
m0047	h	Oficial 1ª muntador d'estructura metàl·lica.		6,22	20,65	128,44	
m0094	h	Ajudant muntador d'estructura metàl·lica.		6,22	18,21	113,27	
m0011	h	Oficial 1ª muntador.		1,50	20,33	30,50	
m0080	h	Ajudant muntador.		1,50	17,34	26,01	
<b>Suma mà d'obra</b>						298,21	298,21
<b>Material</b>							
mt07/al005a	u	Tub quadrat d'alumini de 50x50 mm. i gruix de 4 mm. de 4 metres de longitud, sense soldadura, producció per extrusió.		24,27	95,04	2306,62	
<b>Suma materials</b>						2306,62	2306,62

Memòria i annexos B-Justificació de preus

**Maquinaria**

mQ08solo20	min	Equip i elements auxiliars per soldadura elèctrica.	36,07	3,10	111,82	
oXT010	h	Llogues de camió grua.	1,50	55,00	82,50	
<b>Suma Maquinaria</b>					194,32	194,32

-003	IEO010	m	Canalització subjectada d'estructura metàl·lica amb tub PEX, corrugat, de color negre, de 40 mm de diàmetre nominal, amb grau de protecció IP 54.			1,38
------	--------	---	---	--	--	------

**Ma d'obra**

			<i>Unitats</i>	<i>Preu unitari</i>	<i>Parcial</i>	<i>Import</i>
m0003	h	Oficial 1ª electricista.	0,02	20,33	0,37	
m0102	h	Ajudant electricista.	0,02	17,32	0,38	
<b>Suma mà d'obra</b>					0,75	0,75

**Material**

mt35aia010a	m	Tub corbable de XLPE, corrugat, de color negre, de 40 mm de diàmetre nominal, per a canalització enterrades o exteriors. Resistència a la compressió 450 N, , amb grau de protecció IP 54 segons UNE 20324. Segons UNE-EN 50086-2-4	1,00	0,64	0,64	
<b>Suma materials</b>					0,64	0,64

-004	IEO010	m	Canalització subjectada d'estructura metàl·lica amb tub PEX, corrugat, de color negre, de 50 mm de diàmetre nominal, amb grau de protecció IP 54.			1,61
------	--------	---	---	--	--	------

**Ma d'obra**

			<i>Unitats</i>	<i>Preu unitari</i>	<i>Parcial</i>	<i>Import</i>
m0003	h	Oficial 1ª electricista.	0,02	20,33	0,37	
m0102	h	Ajudant electricista.	0,02	17,32	0,38	
<b>Suma mà d'obra</b>					0,75	0,75

**Material**

mt35aia010b	m	Tub corbable de XLPE, corrugat, de color negre, de 50 mm de diàmetre nominal, per a canalització enterrades o exteriors. Resistència a la compressió 450 N, , amb grau de protecció IP 54 segons UNE 20324. Segons UNE-EN 50086-2-4	1,00	0,86	0,86	
<b>Suma materials</b>					0,86	0,86

-005	IEO010	m	Canalització subjectada d'estructura metàl·lica amb tub PEX, corrugat, de color negre, de 63 mm de diàmetre nominal, amb grau de protecció IP 54.			1,65
------	--------	---	---	--	--	------

**Ma d'obra**

			<i>Unitats</i>	<i>Preu unitari</i>	<i>Parcial</i>	<i>Import</i>
m0003	h	Oficial 1ª electricista.	0,02	20,33	0,37	

Memòria i annexos B-Justificació de preus

m0102	h	Ajudant electricista.	0,02	17,32	0,38		
			<b>Suma mà d'obra</b>			0,75	0,75
<b>Material</b>							
mt35aia010c	m	Tub corbale de XLPE, corrugat, de color negre, de 63 mm de diàmetre nominal, per a canalització enterrades o exteriors. Resistència a la compressió 450 N, , amb grau de protecció IP 54 segons UNE 20324. Segons UNE-EN 50086-2-4	1,00	0,91	0,91		
			<b>Suma materials</b>			0,91	0,91
-006	IEO010	m	Canalització subjectada d'estructura metàl·lica amb tub PEX, corrugat, de color negre, de 90 mm de diàmetre nominal, amb grau de protecció IP 54.			2,33	
			<b>Unitats</b>	<b>Preu unitari</b>	<b>Parcial</b>	<b>Import</b>	
<b>Ma d'obra</b>							
m0003	h	Oficial 1ª electricista.	0,02	20,33	0,37		
m0102	h	Ajudant electricista.	0,02	17,32	0,38		
			<b>Suma mà d'obra</b>			0,75	0,75
<b>Material</b>							
mt35aia010d	m	Tub corbale de XLPE, corrugat, de color negre, de 90 mm de diàmetre nominal, per a canalització enterrades o exteriors. Resistència a la compressió 450 N, , amb grau de protecció IP 54 segons UNE 20324. Segons UNE-EN 50086-2-4	1,00	1,58	1,58		
			<b>Suma materials</b>			1,58	1,58
-007	IEO010	m	Canalització fixada en superfície amb tub PEX, corrugat, de color negre, de 160 mm de diàmetre nominal, amb grau de protecció IP 54.			3,65	
			<b>Unitats</b>	<b>Preu unitari</b>	<b>Parcial</b>	<b>Import</b>	
<b>Ma d'obra</b>							
m0003	h	Oficial 1ª electricista.	0,02	20,33	0,37		
m0102	h	Ajudant electricista.	0,02	17,32	0,38		
			<b>Suma mà d'obra</b>			0,75	0,75
<b>Material</b>							
mt35aia010e	m	Tub corbale de XLPE, corrugat, de color negre, de 160 mm de diàmetre nominal, per a canalització fixada a superfície. Resistència a la compressió 450 N, , amb grau de protecció IP 54 segons UNE 20324. Segons UNE-EN 50086-2-4	1,00	2,90	2,90		
			<b>Suma materials</b>			2,90	2,90

## Memòria i annexos B-Justificació de preus

008	IEH015	m	Cable elèctric unipolar, Tecsun "PRYSMIAN", resistent a la intempèrie, per a instal·lacions fotovoltaïques, amb certificació TÜV, garantit per 30 anys, tipus PV1-F, tensió nominal 0,6/1 kV, tensió màxima en corrent continu 1,8 kV, amb conductor de coure recuit, flexible (classe 5), de 1x6 mm <sup>2</sup> de secció, aïllament d'elastòmer reticulat, de tipus EI6/EI8, coberta d'elastòmer reticulat, de tipus EM5/EM8, aïllament classe II, de color negre.	2,44
-----	--------	---	---	------

			<i>Unitats</i>	<i>Preu unitari</i>	<i>Parcial</i>	<i>Import</i>
<b>Ma d'obra</b>						
m0003	h	Oficial 1 <sup>a</sup> electricista.	0,02	20,33	0,43	
m0102	h	Ajudant electricista.	0,02	17,32	0,36	
<b>Suma mà d'obra</b>					0,79	0,79

### Material

mt35pry027d	m		1,00	1,65	1,65	
<p>Cable elèctric unipolar, Tecsun "PRYSMIAN", resistent a la intempèrie, per a instal·lacions fotovoltaïques, amb certificació TÜV, garantit per 30 anys, tipus PV1-F, tensió nominal 0,6/1 kV, tensió màxima en corrent continu 1,8 kV, amb conductor de coure recuit, flexible (classe 5), de 1x6 mm<sup>2</sup> de secció, aïllament d'elastòmer reticulat, de tipus EI6/EI8, coberta d'elastòmer reticulat, de tipus EM5/EM8, 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.</p>						
<b>Suma materials</b>					1,65	1,65

009	ICM030	u	Instal·lació de Bateria PowerSafe100. Dispositiu d'emmagatzematge d'energia elèctrica de 100 kWh amb inversor d'ona sinusoidal (50hz) de 15 kW DC-AC de 182x91x76, voltatge d'entrada admissible d'entre 240 i 400 volts, intensitat màxima de sortida de l'inversor de 60 A, Icc de 80 A. amb un pes de 900 kg.	53.902,12
-----	--------	---	--	-----------

			<i>Unitats</i>	<i>Preu unitari</i>	<i>Parcial</i>	<i>Import</i>
<b>Ma d'obra</b>						
m0003	h	Oficial 1 <sup>a</sup> electricista.	1,00	20,33	20,33	
m0102	h	Ajudant electricista.	1,00	17,32	17,32	
<b>Suma mà d'obra</b>					37,65	37,65

### Material

## Memòria i annexos B-Justificació de preus

mt35aia010e	m		1,00	53864,47	53864,47	
		Dispositiu d'emmagatzematge d'energia elèctrica Bateria PowerSafe100 de 100 kWh amb inversor d'ona sinusoidal (50hz) de 15 kW DC-AC de 182x91x76, voltatge d'entrada admissible d'entre 240 i 400 volts, intensitat màxima de sortida de l'inversor de 60 A, Icc de 80 A. amb un pes de 900 kg.				
		<b>Suma materials</b>		53864,47	53864,47	
·010	IEH015	m				3,41
		Cable elèctric unipolar, Afumex Easy (AS) "PRYSMIAN", de fàcil pelat i estesa (estalvi del 30% del temps de mà d'obra), tipus RZ1-K (AS), tensió nominal 0,6/1 kV, d'alta seguretat en cas d'incendi (AS), amb conductor de coure recuit, flexible (classe 5), de 1x16 mm <sup>2</sup> de secció, aïllament de polietilè reticulat (XLPE), de tipus DIX3, coberta de poliolefina termoplàstica, de tipus Afumex Z1, de color verd.				
			<b>Unitats</b>	<b>Preu unitari</b>	<b>Parcial</b>	<b>Import</b>
		<b>Ma d'obra</b>				
	m0003	h	0,03	20,33	0,51	
	m0102	h	0,03	17,32	0,43	
			<b>Suma mà d'obra</b>		0,94	0,94
		<b>Material</b>				
	mt35pry017w	m	1,00	2,47	2,47	
		Cable elèctric unipolar, Afumex Easy (AS) "PRYSMIAN", de fàcil pelat i estesa (estalvi del 30% del temps de mà d'obra), tipus RZ1-K (AS), tensió nominal 0,6/1 kV, d'alta seguretat en cas d'incendi (AS), amb conductor de coure recuit, flexible (classe 5), de 1x16 mm <sup>2</sup> de secció, aïllament de polietilè reticulat (XLPE), de tipus DIX3, coberta de poliolefina termoplàstica, de tipus Afumex Z1, de color verd, i amb les següents característiques: no propagació de la flama, no propagació de l'incendi, 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 i resistència als agents químics. Segons UNE 21123-4.				
			<b>Suma materials</b>		2,47	2,47
·011	IEO010	m				1,53
		Canalització fixada en superfície amb tub PEX, corrugat, de color negre, de 90 mm de diàmetre nominal, amb grau de protecció IP 54.				
			<b>Unitats</b>	<b>Preu unitari</b>	<b>Parcial</b>	<b>Import</b>
		<b>Ma d'obra</b>				
	m0003	h	0,02	20,33	0,37	
	m0102	h	0,02	17,32	0,38	
			<b>Suma mà d'obra</b>		0,75	0,75
		<b>Material</b>				

## Memòria i annexos B-Justificació de preus

mt35aia010e	m		1,00	0,78	0,78
-------------	---	--	------	------	------

Tub corbable de XLPE, corrugat, de color negre, de 90 mm de diàmetre nominal, per a canalització fixada a superfície. Temperatura de treball des de -10°C fins a 90 °C Resistència a la compressió 450 N, , amb grau de protecció IP 54 segons UNE 20324. Segons UNE-EN 61386-1 y UNE-EN 61386-24

	<b>Suma materials</b>	0,78	0,78
--	-----------------------	------	------

·012	IEX050	u	Interruptor automàtic magneto tèrmic, de 2 mòduls, bipolar (2P), intensitat nominal 16 A, poder de tall 6 kA, corba C.	20,41
------	--------	---	--	-------

	<i>Unitats</i>	<i>Preu unitari</i>	<i>Parcial</i>	<i>Import</i>	
<b>Ma d'obra</b>					
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,28	20,33	5,59
			<b>Suma mà d'obra</b>		
			5,59	5,59	

<b>Material</b>					
mt35amc010cc	u		1,00	14,35	14,35
		Interruptor automàtic magneto tèrmic, de 2 mòduls, bipolar (2P), intensitat nominal 16 A, poder de tall 6 kA, corba C, de 36x80x77,8 mm, grau de protecció IP 20, muntatge sobre carril DIN (35 mm) i fixació a carril mitjançant grapes, segons UNE-EN 60898-1.			
			<b>Suma materials</b>		14,82
					14,82

·013	IEX050	u	Interruptor automàtic magneto tèrmic, de 3 mòduls, tripolar (3P), intensitat nominal 80 A, poder de tall 6 kA, corba C.	30,04
------	--------	---	---	-------

	<i>Unitats</i>	<i>Preu unitari</i>	<i>Parcial</i>	<i>Import</i>	
<b>Ma d'obra</b>					
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,33	20,33	6,71
			<b>Suma mà d'obra</b>		
			6,71	6,71	

<b>Material</b>					
mt35amc010cc	u		1,00	22,86	22,86
		Interruptor automàtic magneto tèrmic, de 2 mòduls, bipolar (2P), intensitat nominal 80 A, poder de tall 6 kA, corba C, de 36x80x77,8 mm, grau de protecció IP 20, muntatge sobre carril DIN (35 mm) i fixació a carril mitjançant grapes, segons UNE-EN 60898-1.			
			<b>Suma materials</b>		23,33
					23,33

Memòria i annexos B-Justificació de preus

·014	IEX060	u	Interruptor diferencial instantani, de 4 mòduls, tetrapolar (4P), intensitat nominal 80 A, sensibilitat 300 mA, poder de tall 6 kA, classe AC.	25,43
------	--------	---	--	-------

			<i>Unitats</i>	<i>Preu unitari</i>	<i>Parcial</i>	<i>Import</i>
<b>Ma d'obra</b>						
m0003	h	Oficial 1ª electricista.	0,39	20,33	7,83	
			<b>Suma mà d'obra</b>		7,83	7,83
<b>Material</b>						
mt35amc010cc	u	Interruptor diferencial instantani, de 4 mòduls, tetrapolar (4P), intensitat nominal 80 A, sensibilitat 300 mA, poder de tall 6 kA, classe AC, de 72x80x77,8 mm, grau de protecció IP 20, muntatge sobre carril DIN (35 mm) i fixació a carril mitjançant grapes, segons UNE-EN 61008-1.	1,00	17,13	17,13	
			<b>Suma materials</b>		17,60	17,60

·015	IEX055	u	Sistema Control de Potència. Sistema de control dinàmic per sistema fotovoltaic amb connexió a xarxa sense abocament. Tensió nominal 230 Vac. 50Hz 4 sortides de relé de plàstic UL94.	24,79
------	--------	---	--	-------

			<i>Unitats</i>	<i>Preu unitari</i>	<i>Parcial</i>	<i>Import</i>
<b>Ma d'obra</b>						
m0003	h	Oficial 1ª electricista.	0,28	20,33	5,59	
			<b>Suma mà d'obra</b>		5,59	5,59
<b>Material</b>						
mt35amc010cc	u	Sistema Control de Potència. Sistema de control dinàmic per sistema fotovoltaic amb connexió a xarxa sense abocament. Tensió nominal 230 Vac. 50Hz 4 sortides de relé de plàstic UL94, 250 grams, rang de temperatures entre -27 i 70 °C, Precisió de 0,5% amb la potència i consum de 6W.	1,00	18,73	18,73	
			<b>Suma materials</b>		19,20	19,20

·016	IEH010	m	Cable unipolar Ho7V-K amb conductor multifilar de coore classe 5 (-K) de 2,5 mm <sup>2</sup> de secció, amb aïllament de PVC (V), sent la seva tensió assignada de 450/750 V.	0,83
------	--------	---	---	------

			<i>Unitats</i>	<i>Preu unitari</i>	<i>Parcial</i>	<i>Import</i>
<b>Ma d'obra</b>						

Memòria i annexos B-Justificació de preus

m0003	h	Oficial 1ª electricista.	0,01	20,33	0,22	
m0102	h	Ajudant electricista.	0,01	17,32	0,19	
			<b>Suma mà d'obra</b>		0,41	0,41
<b>Material</b>						
mt35cun040ab	m	Cable unipolar Ho7V-K amb conductor multifilar de coure classe 5 (-K) de 2,5 mm <sup>2</sup> de secció, amb aïllament de PVC (V), sent la seva tensió assignada de 450/750 V. Segons UNE 21031-3	1,00	0,42	0,42	
			<b>Suma materials</b>		0,42	0,42

·017	IEO010	m	Canalització soterrada amb tub PEX, corrugat, de color negre, de 90 mm de diàmetre nominal, amb grau de protecció IP 54.			2,55
------	--------	---	--	--	--	------

			<i>Unitats</i>	<i>Preu unitari</i>	<i>Parcial</i>	<i>Import</i>
<b>Ma d'obra</b>						
m0003	h	Oficial 1ª electricista.	0,02	20,33	0,37	
m0102	h	Ajudant electricista.	0,02	17,32	0,38	
			<b>Suma mà d'obra</b>		0,75	0,75
<b>Material</b>						
mt35aia010e	m	Tub corbale de XLPE, corrugat, de color negre, de 90 mm de diàmetre nominal, per a canalització soterrada. Resistència a la compressió 450 N, , amb grau de protecció IP 54 segons UNE 20324. Segons UNE-EN 50086-2-4	1,00	1,80	1,80	
			<b>Suma materials</b>		1,80	1,80

·018	IEO110	u	Caixa de superfície amb porta opaca, de 800x250x1000 mm, fabricada en polièster, amb grau de protecció IP66, color gris RAL 7035.			579,67
------	--------	---	---	--	--	--------

			<i>Unitats</i>	<i>Preu unitari</i>	<i>Parcial</i>	<i>Import</i>
<b>Ma d'obra</b>						
m0003	h	Oficial 1ª electricista.	0,33	20,33	6,71	
m0102	h	Ajudant electricista.	0,33	17,32	5,72	
			<b>Suma mà d'obra</b>		12,42	12,42
<b>Material</b>						
mt35cgm100l	u	Caixa de superfície amb porta opaca, de 800x250x1000 mm, fabricada en polièster, amb grau de protecció IP66, color gris RAL 7035.	1,00	567,25	567,25	
			<b>Suma materials</b>		567,25	567,25