

Treball final de grau

Estudi: Grau en Tecnologies Industrials

Títol: Estudi tècnic i econòmic i dimensionament d'una instal·lació elèctrica per bombejar aigua d'un pou amb energies renovables.

Document: MEMÒRIA I ANNEXOS

Alumne: Heribert Roig Prats

Tutor: Alexandre Deltell Carbonell

Departament: Enginyeria mecànica i de la construcció industrial

Àrea: Màquines i motors tèrmics

Convocatòria (mes/any): Setembre 2016

Índex

1	Introducció	1
1.1	Antecedents.....	1
1.2	Objecte	2
1.3	Abast	2
1.4	Especificacions.....	2
2	La finca.....	3
2.1	Plantejament.....	4
2.2	Zona geogràfica i meteorologia.....	5
2.2.1	Emplaçament i situació geogràfica	5
2.2.2	Dades meteorològiques.....	6
2.3	Dades de partida	7
2.3.1	Anàlisi del circuit hidràulic.....	7
2.3.2	Dades del consum hidràulic.....	8
2.3.3	Consum energètic	8
3	Propostes energètiques	9
3.1	Panells solars fotovoltaics.....	9
3.1.1	Orientació i inclinació òptima	9
3.1.2	Connexió dels panells solars	10
3.1.3	Anàlisi energètic dels mòduls solars	10
3.1.4	Simulació mitjançant PVsyst.....	12
3.2	Aerogenerador orientable	13

3.2.1	Tractament de dades.....	13
3.2.2	Anàlisi energètic	14
3.2.3	Regulador de càrrega	14
3.3	Sistema híbrid (panell solar + aerogenerador)	15
3.3.1	Anàlisi energètic	15
3.4	Generador d'electricitat de gasolina.....	16
3.4.1	Anàlisi energètic	16
4	Resultats energètics	17
4.1	Comparació dels anàlisis energètics.....	17
5	Dimensionament de les bateries.....	19
6	Estudi de viabilitat.....	19
6.1	Tècnica.....	19
6.1.1	Vida útil i garantia	20
6.1.2	Espai i superfície ocupada.....	20
6.2	Econòmica.....	21
6.2.1	Payback.....	22
6.2.2	TIR	22
6.3	Mediambiental	24
7	Instal·lació elèctrica	24
8	Conclusions	25
9	Bibliografia.....	26
10	Resum del pressupost.....	28
	Índex d'annexos.....	29

Índex de taules	113
Índex de figures	116

1 Introducció

1.1 Antecedents

En una parcel·la familiar, al municipi d'Ullastret, al Baix Empordà, es disposa d'un pou d'aigua que s'utilitza per al reg dels arbres fruiters, que són més de 60, i la gespa que hi ha plantats. Per extreure l'aigua d'aquest pou s'utilitza una bomba hidràulica alimentada, actualment, per un generador elèctric de gasolina.



Figura 1: Fruiters de la finca

A la figura 1 es poden veure alguns dels fruiters que hi ha plantats a la parcel·la estudiada.

La propietat està interessada a estudiar la viabilitat d'alimentar la bomba hidràulica mitjançant energies renovables, les quals no requereixen el transport de combustible i des d'un punt de vista mediambiental, contribueixen a la reducció de les emissions de CO₂ de l'explotació. Malgrat podria no suposar un estalvi econòmic en sí mateix, donat que per la dimensió de l'explotació no cal declarar ni pagar impostos per les emissions, el canvi suposaria, per petit que sigui, un benefici ambiental.

En aquest tipus d'actuacions, la viabilitat econòmica és important per tal que es puguin dur a terme.

1.2 Objecte

Estudiar la viabilitat tècnica, econòmica i mediambiental del sistema de subministrament energètic per al funcionament de la bomba hidràulica esmentada anteriorment a partir d'energies renovables, alhora de dimensionar aquest mateix.

1.3 Abast

L'abast inclou la determinació de la quantitat d'energia elèctrica necessària per a fer funcionar la bomba que extraurà l'aigua del pou, l'estudi de la producció d'aquesta energia a partir de fonts renovables (solar, eòlica i la combinació d'ambdues) i comparar-lo amb el sistema convencional basat en un generador de combustibles fòssils.

Per cada solució proposada i per tal de prioritzar-ne una, es realitzarà un anàlisi econòmic de cada solució en base als costos aproximats d'instal·lació i els estalvis previstos. També s'inclourà un càlcul de les emissions de CO₂ que es produiran o no en funció de la solució escollida.

1.4 Especificacions

Les parcel·les de les quals es desenvoluparà el projecte són les parcel·les 14 i 15 del polígon 5 del municipi d'Ullastret (Baix Empordà).

En aquesta finca es disposa d'un pou d'aigua amb profunditat d'aproximadament 20 metres. La bomba hidràulica amb la qual es fa circular l'aigua en el circuit hidràulic corresponent és una ESPA Saturn 4fl 350 15M amb alimentació monofàsica a 230V.

El reg que es du a terme en aquesta finca es pot diferenciar en reg per gota a gota dels fruiters, el reg per aspersió de la gespa i la puntual utilització de les mànegues d'aigua.

Els dies de reg setmanals varien en funció del mes en què es troben. La propietat posa a disposició del projectista, les dades de reg que es mostren a la taula 1. La utilització de les mànegues no s'hi inclou degut a que el seu ús és esporàdic. El reg combinat fa referència a la combinació dels aspersors amb el gota a gota.

Mes		Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Dies de reg a la setmana		2	3	4	6	6	3	2
Hores de reg	Gota a gota	1,25	1	1	1	1	0,75	0,75
	Combinat	0	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0

Taula 1: Especificacions de reg.

Durant les últimes setmanes d'agost el reg sol disminuir de 6 dies fins a 4 o 5, en funció de la meteorologia.

2 La finca

Als anys 80 es va adquirir la parcel·la amb finalitats d'esbarjo, quan aquesta encara era un terreny en erm i s'hi va fer la construcció d'una barraca, la que es pot veure a la figura 2. Al cap d'uns anys es van plantar els primers arbres fruiters i les primeres oliveres, així com la gespa. A mesura que han passat els anys, s'han anat plantant arbres i s'ha adquirit la parcel·la annexa a la inicial. A dia d'avui hi ha més de 60 arbres de diferents espècies (albercoquers, pruners, pomeres, presseguers, oliveres...), els quals la propietat utilitza extreure'n la fruita i l'oli per al seu autoconsum.



Figura 2: Foto de la barraca "El Salsà"

2.1 Plantejament

En aquest estudi s'analitzaran les diferents alternatives proposades per al subministrament d'energia per al funcionament de la bomba. Les tres alternatives seran l'energia solar fotovoltaica, l'energia eòlica i l'energia provinent de la combustió de la gasolina, que és l'actual sistema.

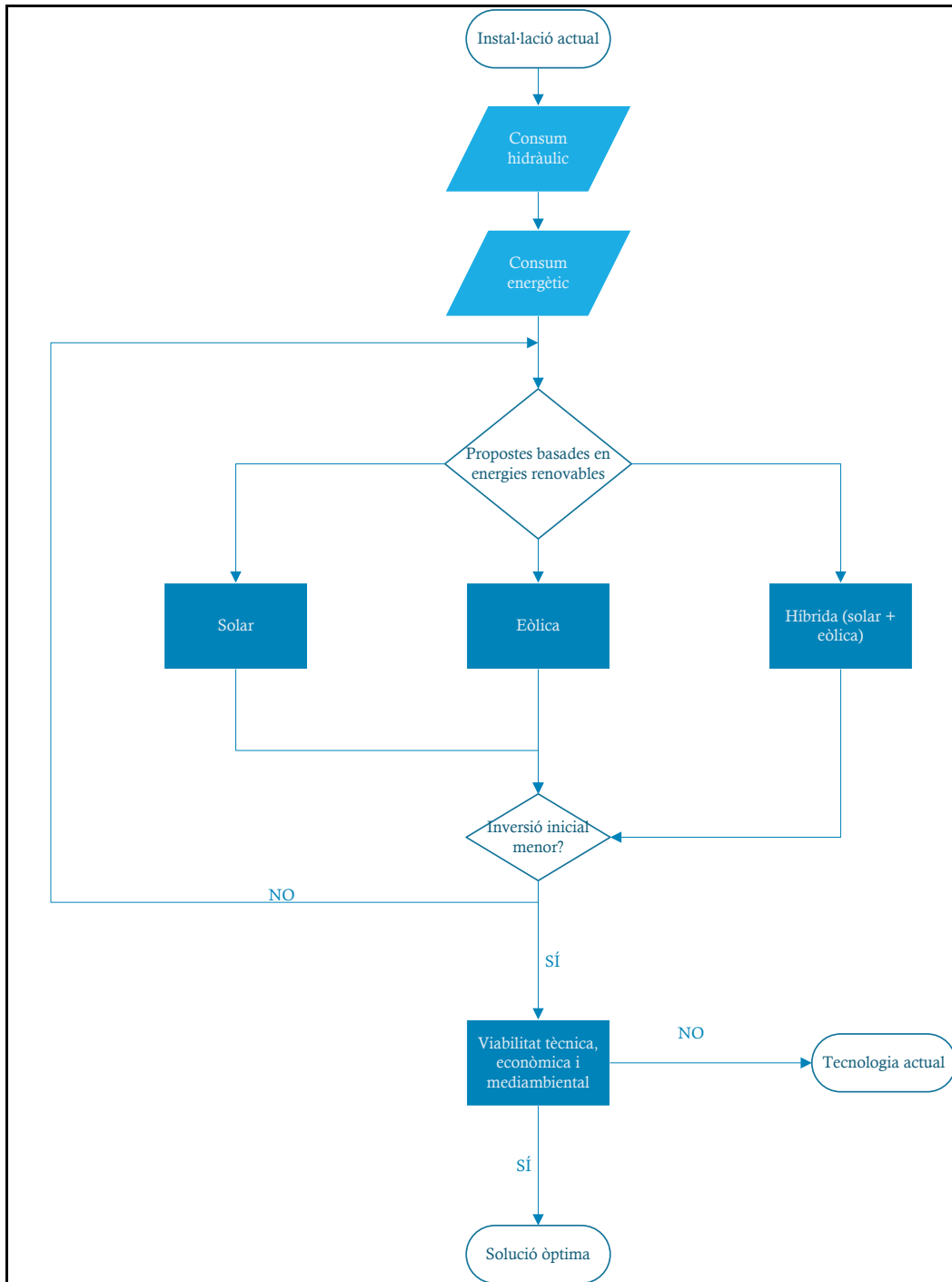


Figura 3: Esquema del plantejament de l'estudi

A la figura 3 hi ha l'esquema que es seguirà en aquest estudi. De la instal·lació actual, se'n calcularà el consum hidràulic a partir de les especificacions donades per la propietat. A partir del consum d'aigua de reg i, utilitzant les dades del circuit hidràulic, es calcularà el consum energètic del sistema. Tot seguit, s'analitzaran les diferents propostes basades en energies renovables: solar, eòlica i híbrida entre aquestes dues. De l'opció que tingui un cost inicial menor, se n'estudiarà la viabilitat tècnica, econòmica i mediambiental. En cas que no es compleixin, s'optarà que la millor solució per a la generació elèctrica és mitjançant un generador elèctric.

2.2 Zona geogràfica i meteorologia

2.2.1 Emplaçament i situació geogràfica

Ullastret està situat a la comarca del Baix Empordà, a la província de Girona. Aquest municipi està a 5 km de la Bisbal d'Empordà, a 20 km de Girona i a 100 km de Barcelona. La distància mínima entre el poble i el mar és d'11 km, mentre que la seva alçada respecte el nivell d'aquest és de 49 metres.

La propietat de la qual es durà a terme aquest estudi està formada per les parcel·les 14 i 15 del polígon 5 del terme municipal d'Ullastret. Veure annex A.

Les coordenades de la parcel·la amb les quals es treballarà són les següents:

- 41.995 N, 3.079 E.



Figura 4: Mapa de situació de la parcel·la

A la figura 4 hi ha ubicada la situació de la parcel·la.

2.2.2 Dades meteorològiques

El clima del Baix Empordà és clima mediterrani litoral nord, el qual es caracteritza per una distribució de precipitació relativament regular al llarg de l'any tot i que és escassa, sobretot durant els mesos de juliol i agost, que estan considerats àrids. El règim tèrmic durant l'estiu és calorós, mentre que a l'hivern és moderat o suau. Així doncs, l'amplitud tèrmica anual és baixa.

La temperatura mitjana al llarg de l'any és de 15 °C, amb màximes que generalment ronden els 30°C durant l'estiu i mínimes que ronden els 2°C durant els mesos d'hivern.

Les dades de radiació solar s'extrauran del servei de dades meteorològiques de la NASA, el *NASA Surface meteorology and Solar Energy*. A partir de les coordenades geogràfiques, aquesta aplicació web dóna dades de radiació solar en una superfície horitzontal, de radiació difusa, temperatura mitjana, velocitats mitjanes del vent, la seva direcció, etc.

A la taula 2 es poden observar les dades de radiació en una superfície horitzontal.

Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Radiació solar diària [kWh]	5,54	6,32	7,09	7,26	6,33	4,80	3,3

Taula 2: Dades de radiació solar del *NASA Surface Meteorology and Solar Energy*

Pel que fa al vent, al Baix Empordà cal destacar tres vents:

- Tramuntana. És un vent del nord amb una força notable, Generalment és un vent d'hivern, tot i que durant la resta de l'any també hi és present.
- Garbí. Direcció sud-oest. Sol bufar durant l'estiu amb intensitat variable.
- Llevant. Direcció est. Predomina durant els mesos de primavera i tardor.

Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Mitjana
Velocitat mitjana del vent a 50m [m/s]	5,86	4,56	4,29	4,36	4,38	4,41	5,15	4,41
Direcció [°]	325	325	322	323	320	318	317	322

Taula 3: Dades de velocitat mitjana i direcció del vent a la parcel·la estudiada. N = 360°. El vent ve d'aquesta direcció.

Com es pot comprovar a la taula 3, la direcció mitjana del vent és de 322°. Si es compara amb una rosa dels vents, com la de la figura 5, es dedueix que la direcció mitjana és NO-NNO. La velocitat del vent en els mesos d'estiu és menor.

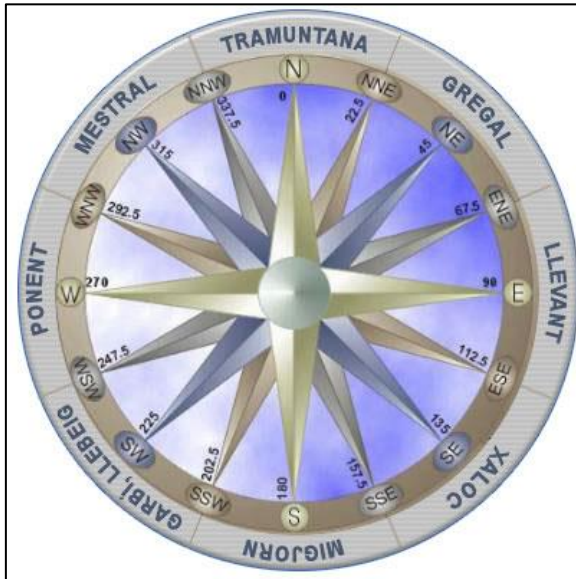


Figura 5: Rosa dels vents

2.3 Dades de partida

2.3.1 Anàlisi del circuit hidràulic

El circuit hidràulic està format per un pou d'aigua, on hi ha col·locada una bomba hidràulica submergible a una profunditat de 20 metres. Aquesta fa circular l'aigua cap a un dipòsit de 300 litres, a l'alçada del terra i pressuritzat. La pressió mínima d'aquest dipòsit és de 2,5 kg/cm², mentre que la pressió màxima és de 3,9 kg/cm². Des d'aquest calderí, l'aigua de reg va cap als diferents punts de sortida, ja siguin aspersors, mànegues o el reg gota a gota.

Degut a que la longitud de la canonada d'aigua és suficientment baixa, aproximadament 25 metres, es poden menystenir les pèrdues de càrrega.

El pou d'on s'extreu l'aigua, no disposa de cabalímetre ni de comptador d'aigua, de manera que per fer els càlculs hidràulics, s'han fet una sèrie de mesures del cabal d'una mànega i dels temps d'ompliment i buidatge del dipòsit. A partir d'aquestes mesures s'ha calculat el cabal del reg gota a gota, dels aspersors i de la combinació d'ambdós.

Les dades obtingudes són les següents:

- Cabal del reg d'una mànega: 22,5 l/min.
- Cabal del reg gota a gota: 12 l/min.
- Cabal dels aspersors: 64,3 l/min.
- Cabal de la bomba: 64,5 l/min.
- Cabal del reg combinat: 69 l/min.

Tots els càlculs del circuit hidràulic es poden trobar a l'annex C.

2.3.2 Dades del consum hidràulic

Com es pot comprovar a la taula 4, els mesos en què el reg és més exigent són els dos mesos d'estiu. El fet que la incidència solar sigui més baixa en els mesos en què el reg també ho és, fa que sigui necessari l'estudi de tots els mesos que dura el reg.

Si es multiplica l'horari de reg per el cabal de cada manera de dur-lo a terme, es pot escriure una taula de consums hidràulics.

	Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Consums d'aigua mensuals [m ³]	Per reg gota a gota	8,87	11,00	14,19	22,00	22,00	7,98	5,50
	Gota a gota + aspersors	0,00	13,75	17,74	55,00	55,00	13,31	0,00
	Total	8,87	24,75	31,94	77,00	77,00	21,29	5,50

Taula 4: Consums d'aigua mensuals

2.3.3 Consum energètic

Les hores de reg no coincideixen amb les hores de funcionament de la bomba. Això es deu a que la bomba només s'engega quan la pressió del dipòsit és menor que 2,5 kg/cm².

A l'hora de fer els càlculs del consum energètic, es té en compte que la bomba hidràulica que hi ha instal·lada té un consum de 1,1 kW en règim nominal. Segons la instrucció tècnica de baixa tensió 47 (ITC BT 47) del reglament electrotècnic de baixa tensió (REBT), la intensitat d'engegada d'un motor amb una potència nominal entre 0,75 kW i 1,5 kW pot tenir el valor de la intensitat nominal multiplicada per una constant de valor màxim 4,5.

La fitxa tècnica de la bomba actual no inclou les dades de la intensitat d'engegada, de manera que s'agafarà el valor de la intensitat màxima com el valor de la intensitat nominal multiplicada per 4,5. El temps d'engegada de la bomba es considera de 2 segons. Amb aquestes dades i tenint en compte que l'inversor té un consum de 15 W, es pot generar la taula del consums energètic mensual (taula 5). Veure annex D.

Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Hores de funcionament de la bomba	2,29	6,16	7,95	18,97	18,97	5,28	1,42
Consum mensual [kWh]	15,09	20,17	22,42	36,49	36,49	18,23	13,82

Taula 5: Consum energètic mensual

3 Propostes energètiques

A continuació s'analitzaran energèticament les tres propostes de subministrament energètic renovable i el mètode actual, basat en combustibles fòssils.

3.1 Panells solars fotovoltaics

Un bon motiu pel qual es pot intuir que els panells fotovoltaics poden ésser un bon mètode per respondre a la demanda energètica de la bomba hidràulica és que durant els mesos on el consum és més elevat, també ho és la radiació solar.

D'altra banda, el clima on s'estudia fer la instal·lació és calorós, amb una alta incidència de radiació solar i amb poques pluges.

3.1.1 Orientació i inclinació òptima

Inicialment, les dades que cal de definir són l'orientació i la inclinació dels mòduls solars, ja que d'això dependrà la radiació que rebran els panells solars.

Orientació

L'orientació dels panells solars que fa que el rendiment energètic sigui el més alt possible és l'orientació cap al sud. Si en el punt on s'està estudiant la instal·lació d'aquests panells hi hagués algun impediment per orientar-los cap aquesta direcció, caldria buscar-ne una altra, el més propera al sud possible, però gràcies a que no hi ha obstacles, no cal fer-ho.

Inclinació

Mitjançant l'avaluació energètica del PVsyst, es pot concloure que la inclinació òptima per aquest sistema d'aprovisionament energètic és de 20° respecte el pla horitzontal. Veure annex E.1.1.

3.1.2 Connexió dels panells solars

Gràcies a que el regulador disposa de la tecnologia MPPT es poden connectar els panells en sèrie per tal que a potència constant, augmenti tan sols el voltatge, mantenint la intensitat constant. Això permet disminuir la secció del cablejat elèctric.

3.1.3 Anàlisi energètic dels mòduls solars

L'anàlisi energètic consta de tres parts:

- El predimensionament.
- L'anàlisi energètic manual.
- La Simulació amb el PVsyst.

Predimensionament

El predimensionament es basa en poder aconseguir una aproximació de la superfície necessària de mòduls solars i la capacitat necessària de bateries.

Les instal·lacions fotovoltaïques solen tenir un rendiment que voreja el 12%, per tant aquest valor es considera correcte per al predimensionament de la instal·lació estudiada. Amb aquest valor, la superfície i el número de plaques necessàries, tenint en compte els panells són de 36 cèl·lules de superfície 156 mm x 156 mm, es pot veure a la taula 6. Els càlculs per aconseguir aquests valors es troben a l'annex E.1.2.

Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Consum mensual [kWh]	15,09	20,17	22,42	36,49	36,49	18,23	13,82
Insolació mitjana mensual [kWh/(m ² *mes)]	188,10	199,90	208,90	224,30	212,50	174,30	140,70
Superfície de plaques necessària [m ²]	0,67	0,84	0,89	1,36	1,43	0,87	0,82
Número de plaques	0,76	0,96	1,02	1,55	1,63	0,99	0,93

Taula 6: Predimensionament panells solars.

El predimensionament de les bateries consisteix en que, a partir de les dades que dona el servei meteorològic de la NASA pel que fa als dies equivalents sense sol en una setmana, es calculi l'energia necessària a emmagatzemar per suplir la que no arribarà aquells dies.

Els resultats es mostren a la taula 7. la capacitat haurà d'estar al voltant del 340 Ah (sense tenir en compte la profunditat de descàrrega diària)

Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Dies equivalents sense sol (mes)	3,35	3,83	3,90	2,58	2,48	2,54	3,89
Energia a emmagatzemar	2,88	3,98	4,05	3,39	3,26	2,38	2,57
Capacitat necessària [Ah]	240	331	337	282	271	199	214

Taula 7: Predimensionament de les bateries solars.

Anàlisi energètic

Les dades de radiació solar que incideix en la zona estudiada es poden relacionar amb el consum diari i mensual mitjançant el rendiment de la instal·lació i trobar la superfície de plaques necessàries per cada mes. Relacionant aquesta superfície amb la superfície unitària de cada panell solar, es poden trobar les unitats de plaques necessàries per tal de complir amb la demanda energètica. Veure annex E.1.2.

El model de panells solars que s'utilitzarà és el RED165-36M de la marca RED SOLAR, el qual té un voltatge de 12 V, un rendiment del 19,75% i una superfície eficaç de 0,88m². Les especificacions tècniques d'aquest producte es poden veure a l'annex I.1.

El regulador solar que s'utilitzarà és el model Blue Solar MPPT 100/30, del qual se'n fa el dimensionament a l'annex F.

Amb aquests productes, s'obté la següent taula de dades:

Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Superfície de plaques necessària (m ²)	0,92	1,08	1,00	1,22	1,29	1,08	0,98
Número de plaques necessari	1,05	1,23	1,14	1,39	1,47	1,24	1,12

Taula 8: Dimensionament dels panells solars

El número de panells solars que es s'utilitzarà serà l'enter igual o següent del que s'ha trobat en el cas més desfavorable, aquí el mes d'agost. Per tant el mínim nombre d'unitats per a satisfer la demanda energètica són 2.

3.1.4 Simulació mitjançant PVsyst.

El PVsyst dóna l'opció de fer una simulació del sistema fotovoltaic. En l'annex E.1.3 hi ha una breu descripció del programa informàtic així com el mètode que s'ha seguit per dur a terme aquesta simulació.

Els resultats d'aquesta simulació són els que es mostren a la taula 9. Com es pot veure, l'energia faltant val 0 en tots els mesos, de manera que es compleix la demanda energètica.

Nueva variante de simulación Balances y resultados principales								
	GlobHor	GlobEff	E Avail	EUnused	E Miss	E User	E Load	SolFrac
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
Enero	65.7	98.4	32.14	28.26	0.000	0.02	0.02	1.000
Febrero	85.1	114.6	37.11	33.79	0.000	2.70	2.70	1.000
Marzo	135.8	162.1	51.66	47.86	0.000	2.99	2.99	1.000
Abril	166.2	180.5	57.08	41.07	0.000	14.95	14.95	1.000
Mayo	195.9	195.1	60.52	35.56	0.000	21.70	21.70	1.000
Junio	212.7	205.6	62.50	35.66	0.000	24.72	24.72	1.000
Julio	225.1	220.4	65.25	22.10	0.000	41.06	41.06	1.000
Agosto	196.2	205.8	61.12	15.13	0.000	42.21	42.21	1.000
Septiembre	144.0	165.3	49.68	18.62	0.000	26.40	26.40	1.000
Octubre	102.3	130.3	39.89	16.40	0.000	21.36	21.36	1.000
Noviembre	67.2	97.3	31.44	29.42	0.000	0.00	0.00	1.000
Diciembre	56.4	87.9	28.42	24.93	0.000	2.99	2.99	1.000
Año	1652.6	1863.4	576.81	348.79	0.000	201.10	201.10	1.000

Taula 9: Resultats de la simulació del PVsyst.

En l'annex E.1.3 hi ha l'explicació de cada un dels paràmetres que s'avaluen.

3.2 Aerogenerador orientable

En la zona on es troba la parcel·la, el vent és un factor a tenir en compte, ja que hi té presència la tramuntana. La tramuntana és un vent de component nord que afecta especialment les comarques de l'alt i el baix Empordà. En la zona estudiada, quan bufa aquest vent, hi sol haver ratxes de 10 m/s durant l'hivern, tot i que poden arribar als 20 m/s, i ratxes del voltant de 5 m/s durant l'estiu.

Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Velocitat mitjana del vent a 50m	5,86	4,56	4,29	4,36	4,38	4,41	5,15
Velocitat mitjana del vent a 6,5m	3,52	2,74	2,58	2,62	2,63	2,65	3,09

Taula 10: Velocitats mitjanes de vent mensuals.

Els aerogeneradors tenen un rang de velocitats del vent de funcionament que va des d'aproximadament 2,5 m/s fins a 15 m/s. Com es pot veure a la taula 10, la velocitat mitjana de cada mes supera, encara que sigui lleugerament, la velocitat mínima de funcionament. És per això que s'estudiarà aquest mètode de generació elèctrica.

El generador que s'ha triat per a aquesta avaluació és el model Aero 400 de la marca EcoSolar.

3.2.1 Tractament de dades

El servei de dades meteorològiques de la NASA disposa de les dades de la velocitat del vent mitjanes mensuals. S'agafen les aquests valors a una alçada de 50 metres i se li aplica un factor de correcció per adaptar-les a l'alçada que s'estudia instal·lar els aerogeneradors, que és de 6,5 metres.

A les dades de velocitat mitjanes a 6,5 metres se li aplica la funció de distribució de Rayleigh, la qual permet calcular la velocitat del vent que hi pot haver a partir de la velocitat mitjana.

Els càlculs corresponents i els resultats de la funció de distribució de Rayleigh mes a mes es poden trobar a l'annex E.2.1.

3.2.2 Anàlisi energètic

Igual que en la instal·lació solar, s'ha de tenir en compte el rendiment de l'aerogenerador, regulador, bateries i inversor. El rendiment total és aproximadament del 68 %.

A partir de les dades obtingudes en la funció de Rayleigh, es fa una relació amb la gràfica de funcionament de l'aparell, la qual dóna la potència generada a partir de la velocitat del vent. A partir d'aquí es fa el balanç energètic i s'avalua. Veure annex E.2.2.

Segons els càlculs, el número mínim d'aerogeneradors seria 2, ja que en el cas d'instal·lar-n'hi tan sols un, no es satisfaria la demanda energètica durant els mesos de juliol i agost.

El resum de l'anàlisi demostra que si s'utilitzen dos aerogeneradors, es satisfà la demanda. Aquest es mostra a la taula 11.

	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Dies de reg a la setmana	2	3	4	6	6	3	2
Dies / mes	30	31	30	31	31	30	31
Consum mensual [kWh]	15,09	20,17	22,42	36,49	36,49	18,23	13,82
Consum diari [kWh]	0,86	1,04	1,04	1,31	1,31	0,94	0,66
Producció mensual [kWh]	88,79	52,97	44,05	47,42	47,97	47,22	70,13
Balanç energètic	73,70	32,80	21,63	10,94	11,48	28,99	56,31

Taula 11: Anàlisi energètic de la tecnologia eòlica.

3.2.3 Regulador de càrrega

El model que s'estudia porta incorporat un regulador de càrrega on s'hi connecta la sortida de corrent de l'aerogenerador, la qual és alterna trifàsica. Aquest, la converteix en corrent contínua per a la corresponent càrrega de les bateries.

També està dissenyat per a la regulació de càrrega en sistemes de generació elèctrica híbrids, ja que permet la connexió, en corrent contínua, de panells solars de 12 V.

3.3 Sistema híbrid (panell solar + aerogenerador)

Com s'ha vist anteriorment, tant la instal·lació de panells solars com la d'aerogeneradors són mètodes per satisfer la demanda energètica del sistema de reg. Per aquest motiu també s'estudiarà la combinació dels dos mètodes de generació energètica.

3.3.1 Anàlisi energètic

L'anàlisi energètic d'aquest sistema de generació elèctrica basat en la combinació d'un aerogenerador i un panell solar es basa en comprovar si l'energia que es podrà generar mitjançant aquestes tecnologies, serà suficient per satisfer la demanda. Tot i que en els mesos d'estiu el balanç energètic diari sigui molt proper a 0, el balanç mensual és positiu. Això pot provocar que augmenti la profunditat de descàrrega en algun dia puntual, però gràcies al disseny del sistema de bateries no suposaria cap problema

En la taula 12 es mostren els resultats de l'anàlisi energètic corresponent.

Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Eòlica							
Producció mensual	44,39	26,48	22,03	23,71	23,98	23,61	35,06
Producció diària mitjana	1,48	0,85	0,73	0,76	0,77	0,79	1,13
Solar							
Producció mensual	14,72	15,64	16,35	17,55	16,63	13,64	11,01
Producció diària mitjana	0,49	0,50	0,54	0,57	0,54	0,45	0,36
Consum mensual	15,09	20,17	22,42	36,49	36,49	18,23	13,82
Consum diari	0,86	1,04	1,04	1,31	1,31	0,94	0,66
Energia disponible	59,11	42,13	38,37	41,26	40,61	37,25	46,07
Balanç energètic mensual	44,02	21,96	15,95	4,78	4,13	19,02	32,25
Balanç energètic diari	1,11	0,32	0,24	0,02	0,00	0,30	0,83

Taula 12: Anàlisi energètic de la tecnologia híbrida

3.4 Generador d'electricitat de gasolina

Actualment el subministrament d'energia es realitza a partir d'un generador d'electricitat alimentat per gasolina. De totes maneres, en l'estudi d'aquesta tecnologia es tindrà en compte la compra d'un nou aparell per tal de donar sentit a la comparació de resultats.

Aquesta tecnologia l'avantatge que pot donar l'energia necessària en el mateix moment que el punt de consum, de tal manera que no fan falta bateries per emmagatzemar l'energia. D'altra banda tampoc fa falta cap instal·lació més que la connexió entre el quadre elèctric del sistema hidràulic i el mateix generador, per tant també representaria un estalvi a l'hora de fer la instal·lació.

La potència que farà falta per a fer funcionar la bomba de reg a règim nominal és de 1,1kW, tot i que en l'arrencada, el motor de la bomba té una demanda de potència de 4,95 kW. Aquests dos paràmetres són els que es tindran en compte a l'hora de cercar models de generadors.

El model escollit per aquest estudi de viabilitat és el KE6500C de la marca Kimpor.

3.4.1 Anàlisi energètic

El fabricant posa a disposició dels consumidors les dades de consum de combustible en funció de la potència desenvolupada en aquell moment. Els règims dels quals hi ha informació són 25%, 50% i 75%.

Mentre dura el reg, la bomba hidràulica estudiada pot estar en tres estats de funcionament diferents:

- Apagada
- Moment d'engegada
- Règim nominal.

Per estudiar el consum de gasolina, es traslladaran aquests tres règims de funcionament de la bomba al generador. Mentre el reg funciona i la bomba està parada, el generador estarà al ralenti, en el moment d'engegada funcionarà al 90% de la seva potència màxima i en règim nominal, el generador estarà funcionant a un 25%, aproximadament, de la seva potència màxima.

Degut a que no es disposa de les dades de consum del generador funcionant a un 90% de la seva capacitat ni al ralenti, es fa una aproximació. En el primer cas, es multiplica el

consum de gasolina quan el generador funciona al 75% per un coeficient d'1,3. En el segon cas, es multiplica el consum al 25% per un coeficient de 0,7.

Es calculen les hores de cada règim (90%, 25% i ralenti) i es multipliquen pel seu respectiu consum de gasolina.

A la taula 13 es mostren els resultats del consum de gasolina mensual i total.

	Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
	Consum energètic	8,92	9,01	11,62	25,33	25,33	7,43	2,66
Hores de funcionament	90%	0,36	0,45	0,58	0,90	0,90	0,33	0,22
	25%	2,29	6,16	7,95	18,97	18,97	5,28	1,42
	Ralenti	8,42	10,44	13,48	20,89	20,89	7,58	5,22

Taula 13: Anàlisi energètic del generador de gasolina

4 Resultats energètics

4.1 Comparació dels anàlisis energètics

A la taula 14 es s'hi pot veure la comparació dels anàlisis energètics. El rendiment energètic és el percentatge de l'energia consumida respecte la disponible. Com més alt sigui aquest valor, menys energia es desaprofitarà. El rendiment mitjà anual més alt és en el cas del sistema híbrid entre la tecnologia solar i la fotovoltaica.

Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Anual
Consum mensual	15,09	20,17	22,42	36,49	36,49	18,23	13,82	162,70
Solar (2 plaques de 165 W)								
Energia disponible	49,07	52,14	54,49	58,51	55,43	45,47	36,70	351,81
Energia no utilitzada	33,98	31,98	32,07	22,02	18,95	27,24	22,88	189,11
Rendiment energètic	30,75%	38,68%	41,15%	62,36%	65,82%	40,10%	37,65%	45,22%
Eòlica (2 aerogenerador de 400 W)								
Energia disponible	129,57	77,30	64,29	69,20	70,00	68,91	102,34	581,59
Energia no utilitzada	114,48	57,13	41,86	32,72	33,52	50,67	88,52	418,89
Rendiment energètic	11,65%	26,09%	34,88%	52,72%	52,12%	26,46%	13,50%	31,06%
Híbrida (1 placa de 165 W i un aerogenerador de 400 W)								
Energia disponible	59,11	42,13	38,37	41,26	40,61	37,25	46,07	304,82
Energia no utilitzada	44,02	21,96	15,95	4,78	4,13	19,02	32,25	142,11
Rendiment energètic	25,53%	47,88%	58,44%	88,42%	89,83%	48,94%	29,99%	55,58%

Taula 14: Comparació dels anàlisis energètics de les tecnologies solar, eòlica i híbrida

5 Dimensionament de les bateries

En les tres opcions que s'estudien per a la generació d'energia, el balanç energètic és positiu, de tal manera que es podria dir que de mitjana les bateries aconseguen una càrrega del 100% diàriament, excepte en els dies de meteorologia adversa per a cada tecnologia. Per aquest motiu, la descàrrega de les bateries serà el mateix per a totes tres solucions i per tant el dimensionament d'aquestes també ho serà.

Per dur a terme aquest dimensionament es tindran en compte els següents paràmetres, els quals es troben detallats en l'annex F.1:

- **Voltatge de les bateries.** Aquest serà de 12 V per motius econòmics.
- **Disposició de les bateries.** Les bateries es connectaran en paral·lel per tal de mantenir el mateix voltatge.
- **La capacitat.** La capacitat total de les bateries ha de ser de com a mínim de 440A Ah, per tal que puguin emmagatzemar suficient energia perquè el sistema de reg funcioni autònomament durant dos dies.
- **Profunditat de descàrrega.** Aquest valor no pot sobrepassar el 30% de la capacitat de la bateria amb l'objectiu d'allargar la vida útil de les bateries.

La millor opció que s'ha trobat és utilitzar quatre unitats del model 6FM120X de la marca Vision. La fitxa tècnica es pot trobar en l'annex I.5.

6 Estudi de viabilitat

6.1 Tècnica

Els tres mètodes que s'estudien per respondre a la demanda energètica s'utilitzen actualment i ja estan suficientment provats com per assegurar que no comportaran cap dificultat tècnica a l'hora de fer la seva instal·lació.

Els aspectes que es tindran en compte seran:

- La vida útil dels aparells i de les bateries.
- L'espai utilitzat per cada solució.

6.1.1 Vida útil i garantia

Els anys de garantia que donen els fabricants sobre els defectes de fàbrica per l'aerogenerador i el generador de gasolina és de 2 anys, mentre que els panells solars disposen de 10 anys.

Els panells solars tenen una vida útil limitada degut a que la seva utilització comporta un desgast físic de l'aparell que fa disminuir el rendiment. El fabricant garanteix durant 10 anys el 90% del seu rendiment nominal i durant 25 anys el 80% d'aquest.

Tot i que el rendiment sigui del 80%, els panells seguiran essent suficients per a satisfer la demanda energètica, de tal manera que es podria dir que la vida útil d'aquests és de 25 anys.

L'aerogenerador i el generador de gasolina, tot i no donar garantia sobre el seu rendiment com és el cas dels panells solars, solen tenir una vida útil d'aproximadament 20 i 15 anys, respectivament.

En el cas de les bateries, cada any pateixen 114 cicles de mitjana. Amb una profunditat de descàrrega menor del 30%, el fabricant garanteix que aquestes tindran una vida útil de, com a mínim, 1100 cicles amb un rendiment superior al 70%. Això representa que s'hauran de canviar cada 10 anys.

6.1.2 Espai i superfície ocupada

Tot i que per a la propietat, l'espai ni la superfície que poden ocupar les instal·lacions dels tres mètodes de generació d'energia, és un problema o un impediment, sí que es valorarà, ja que interessa ocupar el mínim espai possible.

El volum que ocupen les bateries i l'inversor és de 84 litres, davant dels 190 litres que ocupa el generador.

La superfície necessària per les tres tecnologies energètiques és la que es mostra a la taula 15. La superfície que ocupa el generador de gasolina no es valora ja que és molt petita respecte les altres.

	SOLAR	EÒLICA	HÍBRIDA
Superfície necessària [m ²]	2,02	6,28	4,15

Taula 15: Superfície necessària per a la instal·lació de cada solució

6.2 Econòmica

Per a l'estudi de viabilitat econòmica es fa una comparació de les inversions inicials, com es pot veure a la taula 16.

	SOLAR	EÒLICA	HÍBRIDA	CONVENCIONAL
Bateries	4			
Preu unitari	249			
Regulador	235			
Estructura	136,85	295	405,11	
Inversor	1495			
Panells solars	2		1	
Preu unitari	170			
Aerogeneradors	0	2	1	
Preu unitari	580			
Generador de gasolina				865
TOTAL	3.202,85 €	4.241,00 €	3.646,11 €	865,00 €

Taula 16: Comparació d'inversions inicials de cada mètode de generació elèctrica

Per tal de dur a terme l'avaluació econòmica fa falta conèixer el cost anual del combustible del generador elèctric. Degut a les variacions que té el preu del petroli, es fan els càlculs del cost del combustible per tres preus representatius dels últims 5 anys:

- El preu mitjà (1,336 €/litre)
- El preu més alt (1,444 €/litre)
- El preu més baix (1,116 €/litre)

Es calcula el cost anual del combustible segons el preu d'aquest. El consum de gasolina seria d'aproximadament 104 litres, de manera que el valor del cost anual és de 139 €, 150 € i 120 €, segons els preus respectius. Tant per la tecnologia solar com per l'eòlica es considera que comporten un cost zero un cop s'hagin implementat, ja que no utilitzen combustible.

S'escull la inversió de menor valor i es fan les següents valoracions econòmiques:

- Càlcul del període de recuperació de la inversió o **payback**.
- Càlcul de la taxa interna de retorn (TIR)

Veure annex G.2

6.2.1 Payback

En la inversió de la tecnologia solar el període de retorn de la inversió és de 18 anys. Aquest fet demostra que és una inversió poc viable econòmicament, ja que és un temps massa llarg. A les taules 17 i 18 es mostren els resultats del temps d'amortització de les inversions.

En el cas de les tecnologies eòlica i híbrida, el **payback** és de més de 30 anys, de manera que queden totalment descartades.

6.2.2 TIR

Amb la tecnologia solar, la taxa interna de retorn que fa que el valor actual net amb un temps d'amortització de 20 anys sigui zero és del 0,94%. Aquest número, per ser una inversió a tants anys és massa petit perquè sigui una inversió atractiva.

Amb les altres dues tecnologies, el valor del tir a 20 anys és del -1,82% en el cas de la tecnologia eòlica i del -0,40% en el cas de la tecnologia híbrida. Això significa que en cas de fer un crèdit en un banc per aconseguir els diners de la inversió, el banc prestaria més diners dels que rebria.

Any	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Solar	-3.202,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gasolina	865,00	138,50	138,50	138,50	138,50	138,50	138,50	138,50	138,50	138,50
Fluxos de caixa	-2.337,85	-2.199,35	-2.060,84	-1.922,34	-1.783,83	-1.645,33	-1.506,82	-1.368,32	-1.229,81	-1.091,31

Taula 17: *Payback* de la tecnologia solar

Any	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Solar	0,00 €	-996,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Gasolina	138,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €	1.003,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €
Fluxos de caixa	-952,81 €	-1.810,30 €	-1.671,80 €	-1.533,29 €	-1.394,79 €	-391,28 €	-252,78 €	-114,27 €	24,23 €

Taula 18: *Payback* de la tecnologia solar

6.3 Mediambiental

L'estudi de viabilitat mediambiental es basarà en el càlcul de les emissions de CO₂ que l'energia solar permet estalviar que s'emetin a l'atmosfera.

L'oficina catalana del medi ambient posa a disposició pública unes dades que permeten fer una estimació de la massa de CO₂ que emeten els motors de combustió. En el cas del generador elèctric, que es considera com una màquina agrícola de gasolina, el factor d'emissió és de 2,196 kg de CO₂ per cada litre de gasolina que es consumeix.

Amb aquesta dada, conjuntament amb el consum de gasolina anual es calcula que amb el generador de gasolina estudiat, cada any s'emetrien 183 kg de CO₂. Veure annex G.3.

7 Instal·lació elèctrica

En aquest apartat es mostra el dimensionament de la instal·lació elèctrica de la solució energètica basada en energia solar fotovoltaica. Veure annex H.2.

Aquesta instal·lació es divideix en els següents 5 trams:

- Panell – panell i panells - regulador. El cable que s'utilitzarà és de secció 2,5 mm² i longitud d'1 m en la connexió entre panells i 10 m en la connexió entre els panells i el regulador. La intensitat màxima que hi circularà és de 9,85 A.
- Regulador – bateries. Cable de secció 2,5 mm² i longitud 2 m. Intensitat màxima de 17,8 A.
- Bateries – inversor. Cable de secció 25 mm², amb una intensitat màxima de 103 A. Longitud 2 m.
- Inversor – caixa de proteccions. Cable de secció 2,5 mm². La intensitat màxima que hi circularà és de 21,5 A. Longitud 25 m.
- Caixa de proteccions – bomba. Cable de secció 10 mm². Intensitat màxima de 21,5 A i longitud de 25 m.

8 Conclusions

En aquest estudi s'han complert els objectius de determinar la viabilitat tècnica, econòmica i ambiental d'un sistema de generació elèctrica basat en energies renovables i dimensionar la instal·lació elèctrica. Tanmateix, els resultats obtinguts han estat desfavorables per aquest tipus de fonts energètiques.

L'estudi s'ha centrat en analitzar i aconseguir el millor funcionament dels sistemes de generació elèctrica possible. S'han optimitzat totes les variables que afecten a la producció energètica així com també les que afecten al cost econòmic, per tal d'aconseguir un bon equilibri entre ambdues.

Les tres solucions energètiques proposades com a substitució de la tecnologia convencional són viables tècnicament, ja que no pateixen cap inconvenient a l'hora d'ésser instal·lades. Està demostrat empíricament que aquests sistemes funcionen. També s'ha comprovat com no hi ha cap mancança d'espai per poder ésser instal·lades, així com que tenen una durabilitat acceptable. Des d'un punt de vista crític es pot fer una aproximació que la tecnologia solar funcionarà millor en aquest sistema energètic degut a que durant els mesos de reg, la radiació solar també és més alta, a diferència de la tecnologia eòlica, en la qual la velocitat mitjana del vent és més baixa durant aquests mesos.

La viabilitat ambiental es basa en reduir les emissions de CO₂ que comporta la utilització de combustibles fòssils per tal de generar electricitat. Aquesta es compleix en les tres propostes energètiques gracies a que es considera que les seves emissions són nul·les. El que no s'ha avaluat és la petjada de carboni que comporta la fabricació dels aparells generadors.

D'altra banda, la viabilitat econòmica dels tres modes de generació elèctrica estudiats resulta molt desfavorable. L'única que dona resultats positius, tot i que sigui a llarg termini és la tecnologia fotovoltaica, amb la qual fan falta 18 anys per extreure'n un rendiment positiu. Les altres dues solucions, l'eòlica i la híbrida, tenen una rendibilitat totalment nul·la. Això es deu a que la demanda energètica és massa petita, de manera que el volum de gasolina utilitzada és baix, provocant així que l'amortització també ho sigui. Un altre aspecte que també afecta negativament la rendibilitat i el retorn de les inversions de les energies renovables és que les bateries tenen una vida útil massa baixa. Això provoca que cada 10 anys aproximadament s'hagin de renovar, encarint així la instal·lació.

Tot i que pugui semblar que el sistema de panells solars estigui sobredimensionat, s'ha optat per instal·lar dues plaques de 165 W enlloc de 140 W perquè tot i tenir una potència superior, el preu era més baix.

9 Bibliografia

Markvart, Tom, i Luis Castañer. Practical handbook of photovoltaics: fundamentals and applications. Oxford: Elsevier, 2003. 25 de juny de 2016 <http://www.sciencedirect.com/science/book/9781856173902>.

How do photovoltaics work?. 2002. NASA Science. 18 juny 2016 <http://science.nasa.gov>.

Ministerio de ciencia y tecnología. (2009). Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión: ITC 19. Madrid: UNE.

Ministerio de ciencia y tecnología. (2009). Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión: ITC 47. Madrid: UNE.

Surface meteorology and Solar Energy. Atmospheric science data center. 2016. NASA. 1 de juliol 2016 <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>.

PVCDROM. 2016. PV education. 15 de juliol 2016 <http://www.pveducation.org/pvcdrom/design>.

Orson W., Israelsen, i Hansen Vaugh E. *Principios y aplicaciones del riego*. 2a ed. Barcelona: Editorial Reverté, 2003.

Aerogenerador Ecosolar Aero 400 12V. 2016. Damia Solar. 5 de juliol 2016 <http://www.damiasolar.com/>.

Danish Wind Industry Association. 2003. Danish Wind Industry Association. 20 de juliol 2016 http://www.motiva.fi/myllarin_tuulivoima/windpower%20web/core.htm

Wind shear. 2016. Engineering toolbox. 25 de juliol 2016 <http://www.engineeringtoolbox.com/>

Generador eléctrico de gasolina Kipor KGE6500C. 2016. Damia Solar. 28 de juliol 2016 <http://www.damiasolar.com/>.

Baterías Vision Battery Technosun. 2016. Leroy Merlin. 20 de juliol 2016 <http://www.leroymerlin.es/>

Solar charge controller basics. 2016. Northern Arizona Wind & Sun. 5 agost de 2016 <https://www.solar-electric.com/solar-charge-controller-basics.html/>

Regulador híbrido solar 750 12V. 2016. Merkasol Energias Renovables. 22 juliol de 2016.

Boletín Solar Fotovoltaica Autónoma. 2013. Sunfields Europe. 5 de juliol 2016
http://www.sfe-solar.com/wp-content/uploads/2011/08/Sunfields_Manual-Calculo_Fotovoltaica_Autonomas.pdf.

Inversor de onda pura Victron Phoenix 3000VA (12V). 2016. Damia Solar. 21 de juliol 2016
<http://www.damiasolar.com/>.

Guia de càlcul d'emissions de gasos amb efecte hivernacle (GEH). 2016. Generalitat de Catalunya. 26 de juliol 2016
http://canviclimatic.gencat.cat/ca/redueix_emissions/guia_de_calcul_demissions_de_co2/.

Battery School. 2016. Batteries Northwest. 12 de juliol 2016
<http://www.batteriesnorthwest.com/batteryschool.cfm?TID=0#ANC2>

Guía sobre Tecnología Minieólica. 2012. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. 16 de juliol 2016
<https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-sobre-tecnologia-minieolica-fenercom-2012.pdf>

Interruptor diferencial ID K. 2016. Schneider Electric. 20 d'agost 2016. <http://www.schneider-electric.es/>

Cable for photovoltaic installations. 2016. General Cable. 20 d'agost 2016
<http://www.generalcable.com/>

Interruptor automático magnetotérmico IC60. 2016. Schneider Electric. 20 d'agost 2016
<http://www.schneider-electric.es/>.

Average-Value Rectifier. 2016. MathWorks. 14 d'agost 2016 <http://es.mathworks.com/>.

Regulador Blue Solar MPPT 100/30. 2016. Teknosolar. 2 d'agost 2016
<http://www.teknosolar.com>.

Regulador híbrid. 2016. Revosolar. 2 d'agost 2016 <http://revosolar.com>.

10 Resum del pressupost

El cost d'aquest estudi és de mil sis-cents vint-i-set euros i trenta-sis cèntims (1.627,36 €).

Annexos


Índex d'annexos

A.	Fitxes cadastrals.....	32
B.	Fonament teòric.....	33
B.1	Energia solar	33
B.1.1	Funcionament dels panells solars.....	33
B.1.2	Principals tipus de mòduls solars comercials	34
B.1.3	Inconvenients de l'energia solar fotovoltaica.....	36
B.2	Energia eòlica.....	36
B.2.1	Tecnologia d'aerogeneradors de baixa potència.....	37
B.3	Energia convencional	40
B.3.1	Inconvenients gasolina	42
C.	Anàlisi del circuit hidràulic	42
C.1	Mètode teòric.....	43
C.2	Mètode pràctic.....	47
D.	Càlcul del consum energètic	49
D.1	Consum diari	50
D.2	Consum mensual.....	51
E.	Càlculs energètics	52
E.1	Tecnologia solar fotovoltaica	52
E.1.1	Orientació i inclinació.....	52
E.1.2	Càlcul energètic manual	53

E.1.3	Simulació mitjançant el PVsyst	55
E.2	Tecnologia eòlica.....	65
E.2.1	Tractament de dades.....	65
E.2.2	Càlculs energètics	67
E.2.3	Resultats	75
E.3	Combinació d'energia eòlica i energia solar.....	76
E.3.1	Càlcul energètic.....	76
E.4	Tecnologia convencional basat en combustibles fòssils	77
E.4.1	Càlculs energètics	77
F.	Dimensionaments de bateries, regulador i inversor	78
F.1	Dimensionament de les bateries.....	78
F.1.1	El voltatge de les bateries.....	78
F.1.2	La capacitat de la bateria.....	78
F.1.3	Profunditat de descàrrega màxima	80
F.1.4	La vida útil de la bateria.....	80
F.1.5	Selecció del model.....	80
F.2	Dimensionament del regulador	81
F.2.1	Tecnologia solar	83
F.2.2	Tecnologia eòlica.....	84
F.2.3	Tecnologia híbrida	84
F.3	Inversor	84
G.	Estudi de viabilitat	85
G.1	Tècnica.....	85

G.1.1	Vida útil i garantia	85
G.1.2	Espai i superfície necessaris	86
G.2	Econòmica.....	87
G.2.1	Comparació d'inversions inicials	87
G.2.2	Càlcul del cost del combustible.....	88
G.2.3	Anàlisi de la viabilitat	88
G.3	Mediambiental	93
H.	Instal·lació elèctrica.....	93
H.1	Esquema d'una instal·lació elèctrica fotovoltaica	93
H.2	Dimensionament del cablejat.....	94
I.	Informació tècnica.....	98
I.1	Panells Solars.....	98
I.2	Regulador solar	101
I.3	Aerogenerador.....	103
I.4	Regulador híbrid	104
I.5	Bateries	104
I.6	Inversor	108
I.7	Generador de gasolina	110
I.8	Bomba hidràulica.....	111
J.	Pressupost.....	112

A. Fitxes cadastrals



Sede Electrónica del Catastro

Fecha y hora

Fecha 30/8/2016

Hora 17:23:52

Datos del Bien Inmueble

Referencia catastral 17218A005000140000SD

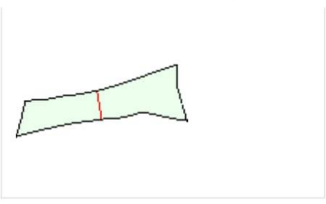
Localización Polígono 5 Parcela 14
MAS BARR. ULLASTRET (GIRONA)

Clase Rústico

Coefficiente de participación 100,000000 %

Uso Agrario

Datos de la Finca en la que se integra el Bien Inmueble




Localización Polígono 5 Parcela 14
MAS BARR. ULLASTRET (GIRONA)


Superficie gráfica parcela 2.552 m²

Cultivos

Subparcelas	Clase de Cultivo	Intensidad Productiva	Superficie (Ha)
a	MB Monte bajo	00	0,1479
b	E- Pastos	00	0,1073

Figura 1: Fitxa cadastral de la parcel·la 14




Sede Electrónica del Catastro

Fecha y hora

Fecha 30/8/2016

Hora 17:22:52

Datos del Bien Inmueble

Referencia catastral 17218A005000150000SX

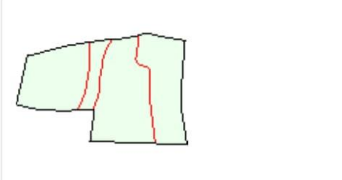
Localización Suelo Polígono 5 Parcela 15
SALSA. ULLASTRET (GIRONA)

Clase Rústico

Coefficiente de participación 100,000000 %

Uso Agrario

Datos de la Finca en la que se integra el Bien Inmueble



Localización Polígono 5 Parcela 15
SALSA. ULLASTRET (GIRONA)

Superficie construida 0 m²

Superficie gráfica parcela 7,365 m²

Cultivos

Subparcelas	Clase de Cultivo	Intensidad Productiva	Superficie (Ha)
a	C- Labor o Labradío seco	03	0,2080
b	MT Matorral	00	0,0532
c	C- Labor o Labradío seco	03	0,2707
d	MB Monte bajo	00	0,2046

Figura 2: fitxa cadastral de la parcel·la 15

B. Fonament teòric

B.1 Energia solar

B.1.1 Funcionament dels panells solars

L'energia fotovoltaica és l'energia resultant de la conversió directa de la llum solar en electricitat a nivell atòmic. Alguns materials presenten la propietat de ser fotoelèctrics. Aquesta propietat els dóna la capacitat d'absorbir fotons de llum i deixar anar electrons. Quan aquests electrons alliberats són conduïts cap a un altre punt, apareix un corrent elèctric.

Les cèl·lules fotovoltaïques o solars estan fabricades a partir materials semiconductors, majoritàriament silici. Aquestes cèl·lules es basen en una làmina molt fina d'un material semiconductor que està carregat positivament d'un costat i negativament de l'altre. Quan els fotons arriben a les cèl·lules solars, forcen els electrons de la part positiva a moure's. Si es connecta la part positiva amb la negativa, es crea un circuit elèctric on hi circularan aquests electrons i, per tant, apareixerà un corrent elèctric.

Un número determinat de cèl·lules fotovoltaïques connectades entre si formen un mòdul fotovoltaic. En funció del tipus de la connexió es poden aconseguir diferents voltatges, que solen ésser de 12, 24 o 48 V. La intensitat generada és directament proporcional a la quantitat de llum que rep cada mòdul.

Els mòduls fotovoltaics generen corrent contínua, de manera que si es vol utilitzar per alimentar aparells de corrent alterna farà falta un inversor.

B.1.2 Principals tipus de mòduls solars comercials

Principalment, els panells solars comercials es diferencien pel fet d'ésser monocristal·lins, policristal·lins o de làmina fina.

Les cèl·lules monocristal·lins estan formades per un únic tupa de cristall de silici, és a dir, que a l'hora de fabricar-la, s'ha controlat el creixement del cristall per tal que només avancés en una sola direcció. D'aquesta manera s'aconsegueix una alineació quasi perfecte de tots els components del cristall.

En la fabricació de cèl·lules policristal·lins es deixen formar múltiples petits cristalls de silici. Aquests cristalls creixen en totes direccions, creant un conjunt de diferents cristalls units entre si.

Inicialment, el sistema de fabricació de les cèl·lules monocristal·lins era més costós que el de les cèl·lules policristal·lins, però tot i això s'utilitzava més aquesta tècnica perquè el rendiment era relativament superior, però actualment aquestes diferències han anat disminuint i hi ha molt poca diferència.

Les cèl·lules de làmina fina són un tipus de cèl·lules fotovoltaïques que degut al seu reduït gruix, solen ser flexibles i s'utilitzen per aprofitar l'energia solar fotovoltaica en superfícies corbes, teulats i parets d'edificis, etc. El seu cost és més baix, però el rendiment també ho és, ja està entre el 6% i el 8%.



Figura 3: Panells solars de làmina fina

Un altre aspecte que s'ha de tenir en compte a l'hora de comprar un panell o mòdul solar és el voltatge d'aquest. Els voltatges més comuns són 12, 24 i 48 V. Els diferents voltatges depenen de la magnitud de l'extensió solar, ja que per una potència determinada, si el voltatge augmenta, la intensitat disminueix, de manera que les pèrdues elèctriques també disminueixen.

En el mercat actual també es poden trobar sistemes de seguiment solar, un dispositiu mecànic capaç d'orientar els panells solars de manera que aquests estiguin permanentment orientats en direcció perpendicular als rajos del sol. De sistemes de seguiment n'hi ha bàsicament de dos tipus: els d'un sol eix i els de dos eixos.

Pèrdues fotovoltaïques

S'ha de tenir en compte que hi pot haver una certa diferència entre la potència nominal dels panells solars amb la potència real. Aquesta diferència és deguda a les pèrdues del sistema, les principals del qual són les següents:

- Pèrdues per ombres. Les ombres provoquen que la radiació que reben els panells sigui menor.
- Pèrdues per reflexió. Corresponen a l'efecte òptic de la reflexió de la radiació arriba a la superfície de les cèl·lules fotovoltaïques respecte la radiació amb una incidència normal.
- Comportament tèrmic. Les condicions estàndard estan especificades per a una temperatura de les cèl·lules de 25°C, però aquests generalment treballen a temperatures més elevades. A mesura que augmenta la temperatura, disminueix el rendiment.

- Pols o brossa dels mòduls fotovoltaics. En cas que el panell estigui brut, tingui pols, branques o altres objectes a sobre també influeix en el seu rendiment.
- Pèrdues òhmiques. En el cablejat elèctric també hi ha pèrdues, degudes a l'efecte Joule.
- Pèrdues degut a la regulació. Inclou les pèrdues del regulador i les pèrdues degut a que les bateries estan carregades i l'energia que es genera no pot ésser emmagatzemada.

B.1.3 Inconvenients de l'energia solar fotovoltaica

El principal inconvenient de l'energia fotovoltaica és la vida útil relativament curta dels panells solars. A mesura que passa el temps, aquests van perdent eficiència. Els fabricants solen garantir una vida útil de 10 anys amb un 90% de la potència mínima.

Un altre desavantatge de l'energia solar és la diferència temporal entre la punta de producció i el punt de consum. Per exemple en aquest cas d'estudi particular, durant les hores que fa més sol i per tant, es produeix més energia, no es pot regar. Això provoca que per poder aprofitar aquesta energia s'hagi de recórrer a l'emmagatzemament d'aquesta energia mitjançant bateries.

Finalment, també podríem parlar del fet que pot ser que durant més d'un dia no hi hagi el cel prou serè o la radiació solar no sigui suficient perquè els mòduls solars no generin prou energia per aquell dia. La solució en aquest cas també és la instal·lació d'un sistema de bateries capaç de poder alimentar el sistema elèctric encara que no s'hagi generat prou energia aquell dia.

B.2 Energia eòlica

Històricament, les instal·lacions d'aerogeneradors de baixa potència s'han estat utilitzant, majoritàriament, per a instal·lacions aïllades de la xarxa i connectades a bateries com sistemes repetidors per a radio, telefonia mòbil, sistemes de vigilància de carreteres o contra incendis i per al subministrament d'alguns habitatges situats en llocs remots, allunyats de la xarxa elèctrica.

Avui en dia, però, gràcies a que les instal·lacions d'autoconsum energètic van a l'alça, també ho fan les tecnologies que s'hi utilitzen. Això ha permès que en els últims anys hagi augmentat el desenvolupament de nous productes i que cada vegada els dissenys siguin més semblants, un fet que demostra que aquesta tecnologia s'està consolidant. Gràcies a això, els preus han anat disminuint, fent-los progressivament més assequibles.

Les característiques principals de les instal·lacions minièoliques són l'accessibilitat tecnològica als usuaris finals, per les inversions relativament baixes, amb una instal·lació senzilla (en molts casos no fa falta obra civil) i facilitat de transport d'equipaments i muntatge i el baix cost d'operació i manteniment.

B.2.1 Tecnologia d'aerogeneradors de baixa potència

Un aerogenerador de baixa potència està compost bàsicament pel rotor, l'alternador i el timó. El primer és on es converteix l'energia cinètica del vent en energia mecànica. L'alternador, que està acoblat mecànicament al rotor, transforma l'energia mecànica en energia elèctrica normalment de freqüència i tensió variable. El timó és l'encarregat d'orientar el rotor en la direcció del vent.

L'aerogenerador ha d'estar a una distància del terra per evitar el contacte amb qualsevol possible obstacle a més a més d'aconseguir una velocitat major del vent. Per elevar-lo de terra s'utilitza un pal o una torre.

Un altre accessori indispensable és un sistema de regulació de potència, el qual dissipa la potència de l'aparell en els casos on el vent sigui massa fort, per tal d'evitar accidents i allargar la vida útil de l'aparell.

D'altra banda, en els aerogeneradors de potències superiors a 1 kW, també fa falta un sistema de protecció contra la sobre velocitat en casos de velocitats de vent extremes. Aquest dispositiu és essencial per a la seguretat de l'aerogenerador i per allargar la seva vida útil, així mateix com per evitar possibles accidents. Aquests sistemes es basen en que variar l'angle d'atac de les pales o en canviar l'orientació de l'aparell per tal de reduir-ne la velocitat.

Configuracions

Bàsicament, un aerogenerador de petita potència pot ésser d'eix horitzontal i d'eix vertical. En el cas de ser d'eix horitzontal, el rotor pot estar a sobrevent, és a dir, en la direcció incident del vent, davant de la torre, o sotavent, en la mateixa direcció incident del vent, però darrere la torre. La majoria dels aerogeneradors comercials són de rotor a sobrevent, per la qual cosa els hi fa falta un sistema d'orientació. En el cas dels aerogeneradors de rotor a sotavent, el rotor és auto-orientable.



Figura 4: Aerogenerador domèstic d'eix horitzontal amb el rotor a sobrevent.

Els aerogeneradors d'eix horitzontal són més eficients, estan més provats, són més econòmics i hi ha molta més varietat de productes en el mercat en comparació amb els aerogeneradors d'eix vertical. Tot i això, els primers tenen certes dificultats per suportar les contínues orientacions i la seva eficiència es redueix operant en règims turbulents.

Les aero-turbines d'eix vertical estan sempre orientades a la direcció predominant del vent degut a la seva simetria, són menys sensibles a les condicions d'altas turbulències i produeixen menys vibracions. Aquestes característiques fan que aquesta opció es tingui en compte en les zones residencials o urbanes



Figura 5: Aerogenerador d'eix vertical

Rotor

El rotor d'un aerogenerador de baixa potència pot estar dissenyat amb un número de pales indeterminat. Un número menor de pales representa un estalvi econòmic en la seva fabricació i per tant en el seu preu final, però la velocitat de rotació serà major i faran més soroll. Una aero-turbina amb tres pales està més equilibrada en el seu radi de gir que una que tan sols en tingui dues. Generalment, com més pales tingui un aerogenerador, menys velocitat d'arrencada necessitaran. En els aerogeneradors de menys d'1 kW, és normal trobar models de 5 i 6 pales.

Els principals paràmetres de disseny d'una pala per a un aerogenerador de petites dimensions són la baixa emissió de soroll i alta eficiència en emplaçaments amb baixes velocitats de vent.

Alternador

En canvi en els aerogeneradors síncrons, normalment disposa d'excitació pròpia mitjançant electroimants o imants permanents, que fa que puguin operar aïllats de la xarxa fàcilment, variant la seva velocitat de rotació, normalment proporcional a la velocitat del vent. Al variar la velocitat de rotació, també variarà la freqüència de la senyal alterna de la sortida, de manera que aquests aerogeneradors, disposen d'un rectificador o convertidor d'alterna a contínua connectat a la sortida del generador elèctric per poder obtenir una tensió contínua. Aquest tipus d'aparells no necessiten caixa multiplicadora. Són els més utilitzats en baixes potències.

Els aerogeneradors amb un generador asíncron o d'inducció han d'estar sempre connectats a la xarxa o a una font de potència reactiva que serveixi d'excitació. La velocitat de rotació en aquests casos és quasi constant i serà proporcional a la freqüència de la xarxa elèctrica i al número de pols del generador. Els aerogeneradors que disposen d'un generador asíncron, necessiten una transmissió o caixa multiplicadora per tal de poder mantenir una velocitat de rotació constant.

Inconvenients de l'energia eòlica

De la mateixa manera que l'energia solar, pot ser que la punta de producció d'energia no sigui en el mateix moment que el punt de consum, de manera que apareixerà la necessitat d'utilitzar bateries.

D'altra banda, pot ser que en un o més dies, no faci prou vent com per poder garantir el subministrament energètic d'aquell mateix dia. Igual que en el cas anterior, per a solucionar-ho s'ha de dimensionar el sistema de bateries per tal que doni prou energia pels dies que a l'usuari li interessen.

Un altre requisit que s'ha de millorar és el cost, el qual a mesura que es vagi desenvolupant aquesta tecnologia, augmentaran les vendes i es reduiran els costos de fabricació. Alhora també anirà en augment l'eficiència dels aparells, de tal manera que per a una certa potència, cada vegada faran falta aero-turbines de menors dimensions.

B.3 Energia convencional

Tradicionalment, la combustió de combustibles fòssils és el mètode més utilitzat per generar energia, ja sigui per al transport de mercaderies, persones, transformació de materials, generar electricitat, etc. Per aquest mateix motiu, es podria dir que és la font energètica més madura i més estudiada.

Els generadors elèctrics s'utilitzen per transformar l'energia tèrmica provinent dels combustibles fòssils, generalment gasoil o gasolina, en energia mecànica i tot seguit aquesta en energia elèctrica. Els generadors de grans dimensions i normalment utilitzats en aplicacions industrials, s'anomenen grups electrògens.



Figura 6: Generador d'electricitat de gasolina

Tecnologia utilitzada

Un generador elèctric sol estar format, bàsicament, per un motor de gasoil o gasolina, un alternador, un xassís i un dipòsit del combustible. El motor és l'encarregat de convertir l'energia tèrmica en energia mecànica i l'alternador, el de convertir l'energia mecànica en elèctrica.

Els motors de gasolina poden ésser de 2 temps i de 4 temps. El cicle dels motors de 4 temps és el següent:

- Admissió.
- Compressió.
- Explosió.
- Escapament.

Els motors de 2 temps, estan formats per el mateix cicle però agrupats de dos en dos, de manera que en un mateix moment es duen a terme l'admissió i la compressió, mentre que en el següent instant, l'explosió i l'escapament. Solen ésser més sorollosos, tenir un consum més elevat, però alhora ser més econòmics. En aquests, a diferència dels 4 temps, el lubricant també es crema, de manera que la seva contaminació també és més elevada. El més habitual és que el seu ús sigui per a motors relativament petits (< 1 kW).

Els motors dièsel funcionen mitjançant la ignició del combustible al ser injectat de forma polvoritzada i a altes pressions en una càmera de combustió que conté aire a una temperatura superior a la temperatura d'autocombustió, sense la necessitat de cap guspira, que en un motor de gasolina provocaria la bugia.

Els generadors de combustible dièsel es solen utilitzar per treballar durant un temps continu de dies o fins i tot mesos, mentre que els de gasolina solen estar preparats per aguantar entre 4 i 6 hores de funcionament.

La transformació de l'energia mecànica en energia elèctrica es basa en el fenomen de la inducció electromagnètica. Aquest fet es basa en que quan un conductor fa un moviment relatiu a un camp magnètic, s'indueix el voltatge en el conductor. En el cas dels generadors, el motor de gasolina fa rotar un conductor en un camp magnètic, de manera que es genera un força electromotriu capaç de generar corrent elèctrica.

Alguns generadors estan equipats amb la tecnologia invertir o AVR, la qual permet que la senyal de sortida del generador doni una senyal sinusoidal més estable que la dels generadors convencionals. Aquest sistema és molt interessant a l'hora de connectar aparells molt sensibles com serien tots els aparells electrònics (ordinadors, rentadores, altaveus, etc.).

B.3.1 Inconvenients gasolina

Els principals inconvenients poden ser els mediambientals, ja que la combustió de combustibles fòssils provoca el canvi climàtic i l'escalfament global, a més a més de generar fums i soroll.

D'altra banda, el preu dels combustibles tendeix a anar a l'alça a la llarga degut a la seva vida finita. Això pot provocar un encariment de l'energia utilitzada i per tant, un encariment del producte final, arribant a punts on deixen de ser rendibles.

Un altre inconvenient és el baix rendiment dels motors de gasolina, el qual no supera el 30%. La major part de l'energia es s'escapa en forma de calor.

C. Anàlisi del circuit hidràulic

El circuit hidràulic està format per un pou d'aigua, que es troba a 20 metres per sota el nivell del terra, una bomba hidràulica i un dipòsit de 300 litres. A la figura 12 s'hi mostra un esquema.

Volum del calderí [L]	300
Pressió màxima [bar]	3,8
Pressió mínima [bar]	2,5

Taula 1: Dades del dipòsit pressuritzat de la instal·lació hidràulica

A la taula 19 hi ha indicades les dades del dipòsit pressuritzat.

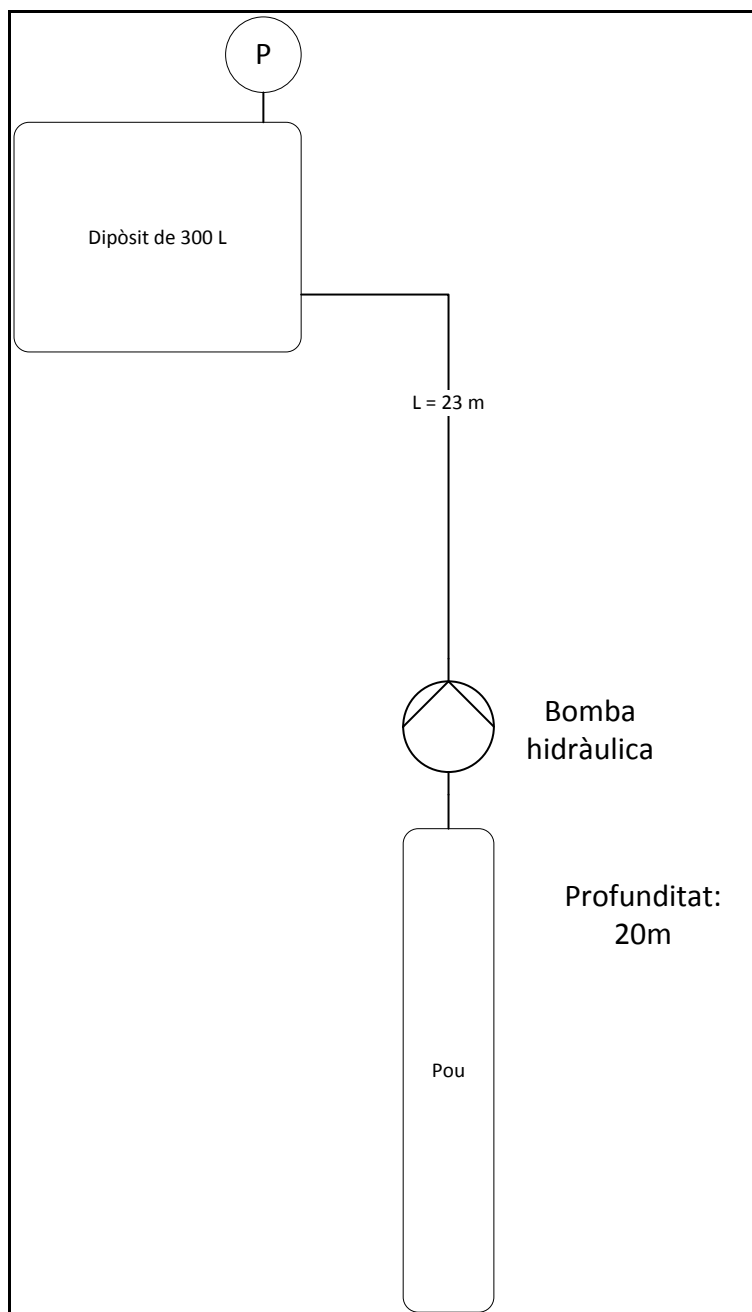


Figura 7: Esquema del circuit hidràulic

C.1 Mètode teòric

La bomba és de la marca ESPA i model Saturn 4FL 350 15M. La seva fitxa tècnica es pot trobar a l'annex I.8.

Aplicant l'equació de Bernoulli, s'obté la següent equació:

$$P_0 + h_0 + \frac{V_0^2}{2g} + Hb - Hr = P_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g}; \quad (\text{Eq 1})$$

On:

- P_0 i P_1 és la pressió als punts 0 i 1, respectivament.
- h_0 i h_1 són les alçades de del pou i del dipòsit.
- V_0 i V_1 són les velocitats del fluid en el pou i en el dipòsit.
- Hb és l'alçada que dona la bomba.
- Hr representa les pèrdues de càrrega.

Es treballarà amb pressions i alçades relatives. Es considera que l'aigua a dintre el pou té una velocitat nul·la. La cota més baixa del sistema es considera el sistema de referència.

$$0 + 0 + 0 + Hb - Hr = P_1 + h_1 + 0;$$

$$Hb = P_1 + h_1 + Hr$$

Per calcular les pèrdues de càrrega (Hr), cal utilitzar l'equació de Darcy-Weisbach:

$$Hr = \frac{\lambda 8LQ^2}{g\pi^2 D^5} \quad (\text{Eq. 2})$$

On el diàmetre és de 100 mm i la longitud de 23 m. La rugositat absoluta es considerarà de 0,26mm (fosa)

La rugositat relativa (ε/D) val $2,6 \cdot 10^{-3}$. Així es pot trobar el valor del valor adimensional de les pèrdues de càrrega mitjançant el diagrama de Moody, tot considerant que el règim és totalment turbulent.

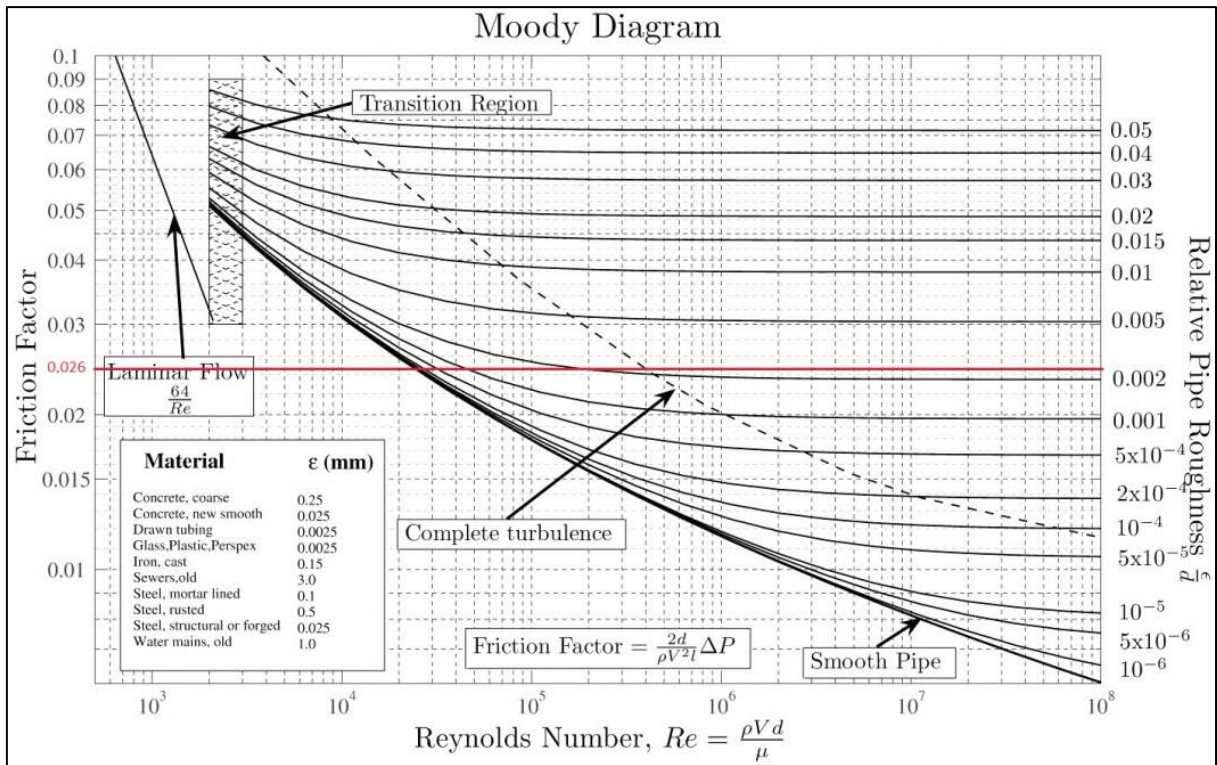


Figura 8: Diagrama de Moody per calcular el factor de les pèrdues de càrrega

D'aquesta manera, es troba que:

$$Hr = \frac{0,026 * 8 * 23 * Q^2}{g\pi^2 * 0,1^5} = 4941 Q^2$$

La pressió P_1 és la pressió del calderí i és de 3,8 bar i l'alçada h_1 és l'alçada del calderí respecte el nivell de l'aigua al pou.

L'equació de la instal·lació és la següent:

$$Hb = 38 + 20 + 4941Q^2;$$

$$Hb = 58 + 4941Q^2 \quad (Q \text{ en } m^3/s)$$

Igualant l'equació de la instal·lació amb la gràfica de la bomba, es troba el punt de funcionament. També es pot comprovar com les pèrdues de càrrega tenen un efecte menyspreable en el conjunt de la instal·lació. El punt de funcionament és:

- $Q = 66 \frac{l}{min}$;
- $H = 58 m$.

D'altra banda, quan s'efectua el reg combinat d'aspersors i gota a gota, cal fer els càlculs del nou punt de funcionament, ja que la pressió en el dipòsit serà més baixa, de tal manera que variarà l'equació de la instal·lació, la qual serà la següent:

$$H_b = 31,4 + 20 + 4941Q^2;$$

$$H_b = 51,4 + 4941Q^2.$$

Igualant aquesta equació gràficament amb l'equació de la bomba, es pot trobar el segon punt de funcionament, amb els següents valors:

- $Q = 69 \frac{l}{min}$;
- $H = 51,4 m$.

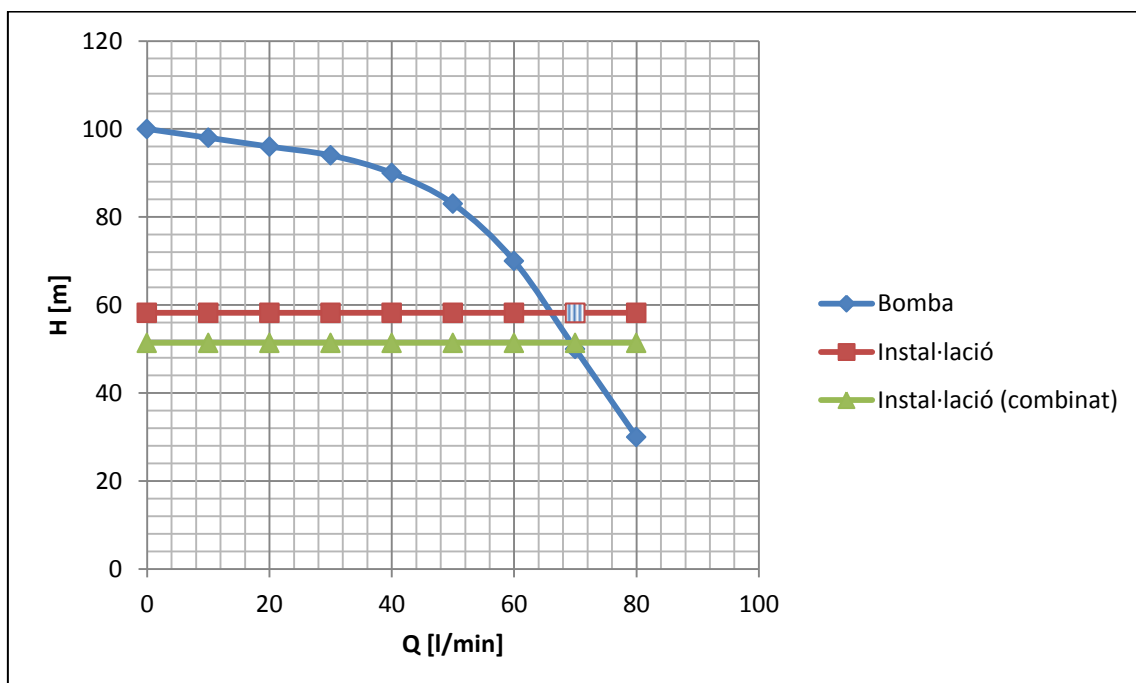


Figura 9: Resolució gràfica del punt de funcionament de la instal·lació hidràulica

Com es pot veure, les pèrdues de càrrega no tenen cap efecte sobre l'equació de la instal·lació, la gràfica de la qual és gairebé recta.

C.2 Mètode pràctic

Degut a que aquesta instal·lació no disposa de cabalímetre, cal fer les mesures del cabal de forma manual.

Amb els diferents tipus de reg engegats, es mesura el nombre de vegades que s'engega la bomba hidràulica en un temps determinat i el temps que triga a omplir-se i buidar-se el dipòsit.

Les dades mesurades es troben a la taula 20

	Mànega	Gota a gota	Aspersors
Temps mesurat [min]	2,1	3	4,5
nº d'arrencades	3	3	4
Temps d'emplenament	15	12	50
Temps de buidatge	28	48	17

Taula 2: Mesures hidràuliques.

De la mànega es va mesurar el cabal, que té un valor de 22,5 litres/min. Amb aquest valor es pot calcular el volum d'aigua que entra al dipòsit perquè la pressió variï de 2,5 a 3,8 bar. El cabal és el de del reg i el temps és el de buidatge del dipòsit. A la figura 15 s'hi ha representat el balanç de matèria.

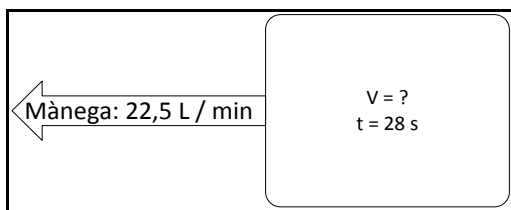


Figura 10: Representació del balanç de matèria del dipòsit amb l'aixeta de la mànega oberta.

$$V [l] = Q \left[\frac{l}{s} \right] * t [s] \quad (\text{Eq. 3})$$

D'aquesta manera s'obté que aquest volum és de 10,5 litres.

Tot seguit es pot determinar quin és el cabal de la bomba durant l'estona que es manté funcionant.

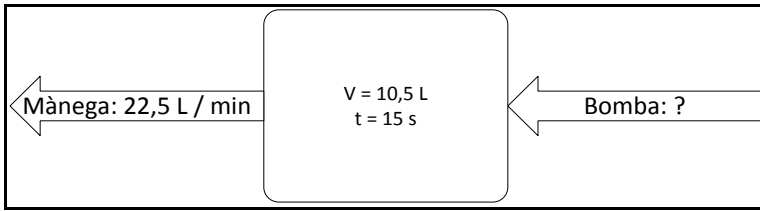


Figura 11: Balanç de matèria del dipòsit amb la mànega i la bomba engegades.

$$Q \left[\frac{l}{min} \right] = \frac{\text{Volum d'emplenat del dipòsit [l]}}{\text{temps d'emplenament [min]}} + \text{cabal de la mànega} \left[\frac{l}{min} \right] \quad (\text{Eq 4})$$

Mitjançant aquests càlculs, es determina que el cabal de la bomba és de 64,5 litres per minut. El resultat varia molt poc respecte el mètode teòric.

En aquest punt, es poden calcular els cabals dels aspersors i del gota a gota. El càlcul és el següent. A la figura 17 es mostra l'esquema del càlcul del cabal del reg gota a gota.

$$Q(\text{aspers. o gota a gota}) \left[\frac{l}{min} \right] = Q_{\text{bomba}} \left[\frac{l}{min} \right] - \frac{\text{Volum d'emplenat del dipòsit [l]}}{\text{temps d'emplenament [min]}} \quad (\text{Eq. 5})$$

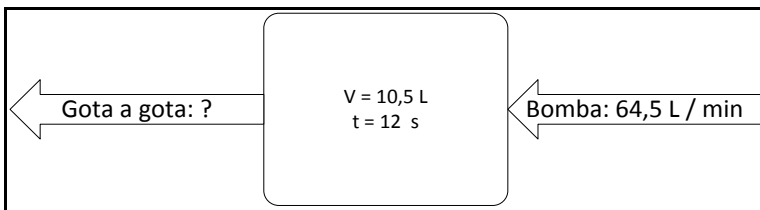


Figura 12: Balanç de matèria amb el gota a gota engegat i la bomba engegada.

En el reg per mitjà del gota a gota, se li aplica un factor de correcció d'1,15 per tal d'incloure els usos puntuals del reg mitjançant la mànega.

Quan el reg és fruit de la combinació dels aspersors amb el reg gota a gota, el sistema es manté a una pressió constant de $3,2 \text{ kg/cm}^2$. Per trobar el cabal de la bomba durant aquest reg, es fa de forma gràfica. Aquest és de 69 l/min .

D. Càlcul del consum energètic

El consum energètic d'un aparell es pot entendre com el producte de la potència desenvolupada i el temps d'ús d'aquest.

$$E [kWh] = P [kW] * t [h] \quad (\text{Eq 6})$$

D'aquesta manera, per determinar el consum cal prèviament, determinar el temps d'utilització de la bomba hidràulica durant el període de reg. Aquestes dades de consum venen donades per les especificacions de la propietat.

Durant els mesos de reg, s'efectuen dos tipus de reg:

- Reg per gota a gota dels arbres fruiters.
- Reg per aspersió de la gespa.

Les hores de reg no han de coincidir exactament amb les hores de funcionament de la bomba, ja que el sistema hidràulic es basa en que la bomba fa circular aigua fins a un dipòsit pressuritzat durant un cert temps i després s'atura. Quan la pressió disminueix fins a un cert valor, la bomba es torna a engegar fins que al dipòsit s'arriba a la pressió màxima establerta.

També s'ha de tenir en compte el consum de l'inversor, que segons les especificacions de la fitxa tècnica és de 20W.

A partir d'aquestes dades, es pot determinar el consum d'aigua total i el consum energètic diari i mensual. Veure taula 21 i 22.

D.1 Consum diari

	Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Consum d'aigua / dia(l)	Per reg gota a gota	1,035	0,828	0,828	0,828	0,828	0,621	0,621
	Gota a gota + aspersors	0	1,035	1,035	2,07	2,07	1,035	0
	Total	1,035	1,863	1,863	2,898	2,898	1,656	0,621
	Dies de reg a la setmana	2	3	4	6	6	3	2
Hores de reg	Gota a gota	1,25	1	1	1	1	0,75	0,75
	Combinat (aspersor + gota a gota)	0	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0
	total	1,25	1,25	1,25	1,5	1,5	1	0,75
	Potència	1,1						
	Hores de funcionament de la bomba	0,27	0,46	0,46	0,71	0,71	0,41	0,16
	Número d'arrancades	75,00	61,00	61,00	61,00	61,00	46,00	45,00
	Consum diari total	0,86	1,04	1,04	1,31	1,31	0,94	0,66

Taula 3: Càlcul del consum diari

D.2 Consum mensual

	Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Consum d'aigua / mes(m ³)	Per reg gota a gota	8,87	11,00	14,19	22,00	22,00	7,98	5,50
	Gota a gota + aspersors	0,00	13,75	17,74	55,00	55,00	13,31	0,00
	Total	8,87	24,75	31,94	77,00	77,00	21,29	5,50
	Dies de reg a la setmana	2	3	4	6	6	3	2
Hores de reg	Gota a gota	1,25	1	1	1	1	0,75	0,75
	Combinat (aspersor + gota a gota)	0	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0
	Total mensual	10,71	16,61	21,43	39,86	39,86	12,86	6,64
	Potència	1,10						
	Hores de funcionament de la bomba	2,29	6,16	7,95	18,97	18,97	5,28	1,42
	Arrencades diàries	75,00	61,00	61,00	61,00	61,00	46,00	45,00
	Consum mensual (kWh)	15,09	20,17	22,42	36,49	36,49	18,23	13,82

Taula 4: Càlcul del consum mensual

E. Càlculs energètics

E.1 Tecnologia solar fotovoltaica

Per fer els càlculs energètics de la tecnologia solar, s'empraran dos mètodes: el manual i la simulació utilitzant el PVsyst.

E.1.1 Orientació i inclinació

Orientació

L'orientació més adequada serà col·locar els panells cap al sud geogràfic degut a que el sol sempre incideix a la Terra en aquesta orientació (en l'hemisferi sud s'haurien de col·locar orientats cap al nord geogràfic i a l'equador no caldria orientar-los).

Inclinació

La radiació solar que incideix sobre una placa solar varia en funció de l'angle que formi aquesta amb la radiació. La captació d'energia solar serà màxima quan la posició de la placa sigui perpendicular a la radiació.

La inclinació dels rajos solars respecte la superfície horitzontal és variable al llarg de l'any, de manera que en les instal·lacions on els panells solars siguin fixes, hi haurà un angle d'inclinació que maximitzi la generació elèctrica. És a dir, convé buscar l'angle d'inclinació del panells respecte al pla horitzontal que fa màxima la potència en els mesos on hi ha més demanda.

També hi ha l'opció d'utilitzar sistemes de seguiment solar, però no s'estudiarà ja que la inclinació de la radiació solar durant els mesos d'estiu varia poc, de manera que els resultats variarien poc, a canvi d'una alta inversió econòmica.

Degut a que el servei de dades meteorològiques i solars de la NASA no inclou informació sobre la radiació en funció de la inclinació dels panells, per tal de trobar la inclinació òptima, s'avaluarà el balanç energètic en els mesos de juliol i agost, que són els que tenen una demanda energètica més alta. Aquesta avaluació es farà mitjançant el programa informàtic PVsyst.

A la taula 23 es pot veure com el balanç energètic més favorable en el mes d'agost, que és el més crític és quan la inclinació és de 20°.

	Balanç energètic		
Inclinació dels panells	15°	20°	25°
Juliol	22,70	22,10	21,75
Agost	14,52	15,13	15,10

Taula 5: Comparació dels balanços energètics en funció de la inclinació dels panells

Per tal de transposar les dades de radiació solar horitzontal fins a un angle de 25°, s'utilitza el programa PVSyst, el qual utilitza un model matemàtic anomenant model de Pérez.

E.1.2 Càlcul energètic manual

Per realitzar el càlcul energètic, primer de tot cal calcular el rendiment total de la instal·lació. Aquest inclou el rendiment dels panells solars, del regulador, de les bateries i de l'inversor. Es considera que, gràcies a la poca longitud d'instal·lació elèctrica, les pèrdues òhmiques no afectaran al rendiment total.

$$\eta_{total} = \eta_{panells\ solars} * \eta_{regulador} * \eta_{bateries} * \eta_{inversor} \quad (\text{Eq. 7})$$

Rendiment dels panells solars	19,75%
Rendiment dels panells solars (desgast)	90,00%
Rendiment del regulador solar	99,00%
Rendiment de les bateries	90,00%
Rendiment de l'inversor	94,00%
Rendiment total	14,89%

Taula 6: Càlcul del rendiment de la instal·lació solar

El següent pas és calcular la superfície necessària de panells solars. Per aconseguir-ho s'han de relacionar les dades de la radiació solar mensual amb la inclinació corresponent amb el consum mensual i el rendiment total, com es pot veure a l'equació 8.

$$superfície\ necessària\ dels\ panells = \frac{\frac{consum\ mensual\ [kwh]}{radiació\ mensual\ [\frac{kwh}{m^2}]}}{\eta_{total}} [m^2] \quad (\text{Eq 8})$$

A la taula 25 es mostren els resultats de la superfície necessària de panells solars mes a mes.

Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Superfície de plaques necessària [m ²]	0,54	0,68	0,72	1,09	1,15	0,70	0,66

Taula 7: Superfície de cèl·lules necessària

Un cop, calculada la superfície necessària de cada mes, cal fer la divisió entre la superfície unitària de cada panell, que està format per 36 cèl·lules de 156 mm x 156 mm, per tal de trobar el número de panells solars necessaris cada mes.

$$\text{panells necessaris} = \frac{\text{superfície necessària dels panells}}{\text{superfície unitària}} \quad (\text{Eq 9})$$

Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Número de plaques	0,62	0,77	0,82	1,25	1,32	0,80	0,75

Taula 8: Número de panells necessari

El número de plaques mínim serà l'enter immediatament següent del valor que s'ha calculat. Al mes d'agost és quan fa falta un número més elevat de panells solars, 1,79 exactament, de manera que se n'instal·laran dues.

Per tal que el voltatge del conjunt de panells solars sigui igual que el voltatge del conjunt de bateries, es connectaran en paral·lel, de manera que, a més potència, aquest es mantindrà i augmentarà la intensitat.

L'energia disponible cada mes és l'energia que es podria generar mensualment, independentment de la capacitat de les bateries. Aquestes, un cop carregades, no podran emmagatzemar més energia. Això és la causa de la diferència entre l'energia disponible i l'energia generada.

$$\text{Energia disponible [kwh]} = \text{radiació mensual} \left[\frac{\text{kwh}}{\text{m}^2} \right] * \text{superfície total [m}^2] * \eta_{\text{total}} \quad (\text{Eq. 10})$$

L'energia disponible només s'utilitzarà quan hi hagi una descàrrega de les bateries per a la utilització del reg. Per tant, com que cada mes, l'energia disponible és superior a la que s'utilitza, la que realment es generarà serà igual a la consumida.

Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Energia disponible mensual	49,07	52,14	54,49	58,51	55,43	45,47	36,70
Consum mensual	15,09	20,17	22,42	36,49	36,49	18,23	13,82
Balanç energètic	33,98	31,98	32,07	22,02	18,95	27,24	22,88

Taula 9: Resultat de l'anàlisi energètic dels panells solars

A la taula 27 es mostren els valors de l'anàlisi energètic

E.1.3 Simulació mitjançant el PVsyst

El PVsyst és una eina informàtica que s'utilitza per a dimensionar i desenvolupar instal·lacions fotovoltaïques. Permet l'estudi, la simulació i l'anàlisi de dades de sistemes fotovoltaïcs. Veure figura 18.

Dóna diferents opcions a l'hora d'iniciar un projecte com són el d'un sistema connectat a la xarxa, aïllat, bombeig solar o bé connectat a una xarxa de corrent contínua.

En el cas d'aquest estudi s'utilitza l'opció d'un sistema aïllat. Es podria utilitzar el cas del bombeig solar, però, un cop calculat el consum energètic mensual, aquesta opció resulta més senzilla.



Figura 13: PVsyst

Dades meteorològiques i solars

Les dades de radiació solar més properes que inclou el programa són les de Barcelona, les quals provenen del servei de dades meteorològiques *Meteonorm*. Gràcies a la relativa poca distància entre les dues poblacions, aquestes dades meteorològiques es podrien considerar correctes. Tot i això, per tal de treballar amb les mateixes dades que a l'apartat dels càlculs manuals s'importa la base de dades de la *NASA Surface meteorology and Solar Energy*.

El següent pas és definir la inclinació i l'orientació en què estaran disposats els panells solars. El mateix software dóna una referència gràfica de quins valors són els òptims d'aquest paràmetre en funció de si és estiu o hivern. També ofereix l'opció de triar el tipus de panell (planer fixe, mòbil, amb sistema de seguiment, etc.).

A la figura 19 es veu l'opció del programa per escollir l'orientació i la inclinació dels panells, així com una gràfica que mostra l'optimització d'aquests paràmetres durant l'estiu.

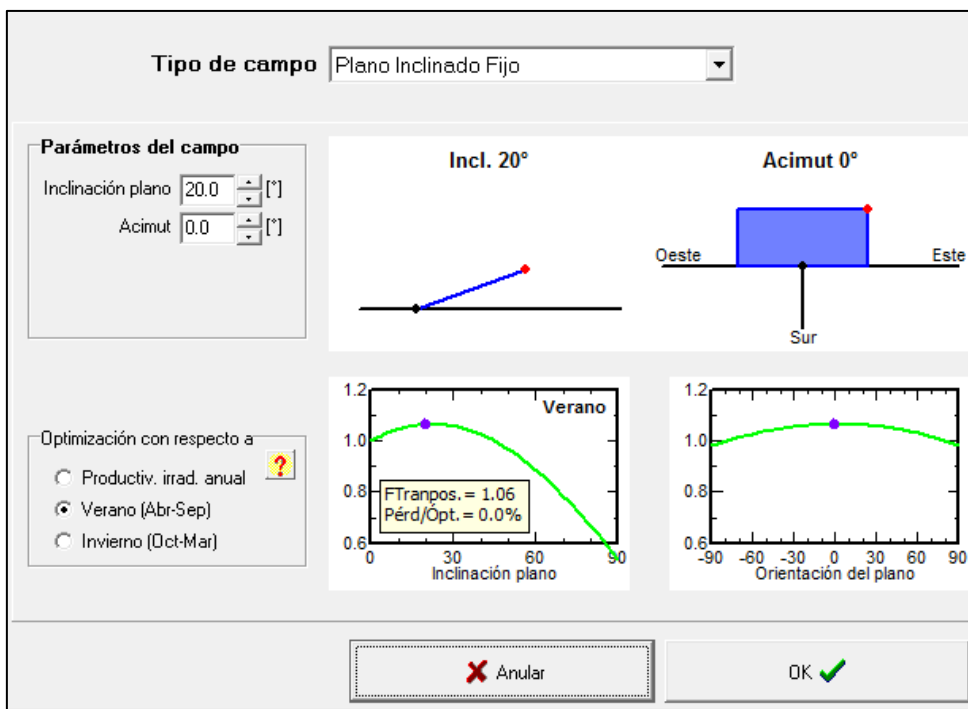


Figura 14: Paràmetres d'orientació i inclinació

Necessitats energètiques

Tot seguit, s'han de definir les necessitats energètiques de l'usuari. En aquest cas es dividirà el consum per mesos. El programa dóna l'opció d'introduir el consum de potència dels aparells desitjats juntament amb el temps d'utilització diari i la franja horària. Malgrat això només dóna l'opció que el temps d'utilització siguin meitats o enters, de tal manera que si s'introdueix un temps immediatament superior, es dispara el consum. Aquest és un fet crític durant els mesos de juliol i agost, ja que és quan el consum és més elevat. Per evitar això, s'introdueix el consum total de potència que consumeix la bomba, considerant que el temps d'utilització és d'una hora.

En aquest programa no és possible tenir un consum nul durant un mes, de manera que en els mesos on no interessa l'estudi, és a dir, els mesos on no hi ha reg, s'ha considerat que hi ha un consum de 1 W durant mitja hora. A la figura 20 es mostren les dades entrades en el mes de juliol.

Definition of Daily Household consumptions for Julio

Consumptions | Hourly distribution

Number	Appliance	Power	Daily use	Hourly distrib	Daily energy
0	Lamps (LED or fluo)	0	W/lamp	0.0 h/day	0 Wh
0	TV / PC / Mobile	0	W/app.	0.0 h/day	0 Wh
0	Electrodomésticos	0	W/app.	0.0 h/day	0 Wh
0	Frigorífico/Congelador	0.00	kWh/day	0.0 h/day	0 Wh
0	Dish- & Cloth-washers	0.0	W aver.	0.0 h/day	0 Wh
1	Bomba hidràulica	790	W/app.	1.0 h/day OK	790 Wh
0	Otras utilizaciones	0	W/app.	0.0 h/day	0 Wh
Stand-by consumers		15	W tot	24 h/day <input checked="" type="checkbox"/> 7 days/7	720 Wh
Total daily energy					1510 Wh/day
Total monthly energy					38.8 kWh/month

Appliances info

Consumption definition by: Year Seasons Months

Week-end or Weekly use: Use only during 6 days in a week

Display Values of: Julio

Model:

Figura 15: Necessitats diàries de l'usuari

Sistema fotovoltaic

El programa inclou una base de dades de panells solars, bateries i reguladors solars de diferents marques i models comercials. Degut a que els que s'utilitzen per l'estudi no hi apareixen, cal introduir-los manualment.

A partir la fitxa tècnica dels aparells utilitzats, s'introdueix tota la informació tècnica que es disposa. Els paràmetres dels quals no es té informació es mantenen per defecte.

Instal·lació per bombejar aigua d'un pou amb energies renovables.

Memòria i annexos

Finalment, s'ha de definir la quantitat de panells solars i de bateries així mateix com el tipus de connexió (en sèrie o en paral·lel).

A les figures 21 i 22 es mostren les pestanyes per a la introducció de dades.

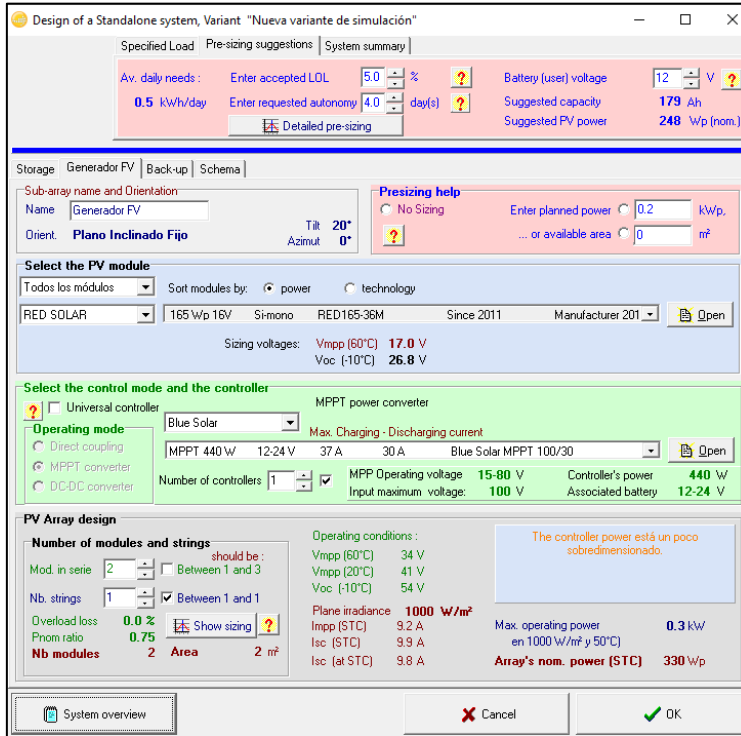


Figura 16: Selecció dels panells i el regulador

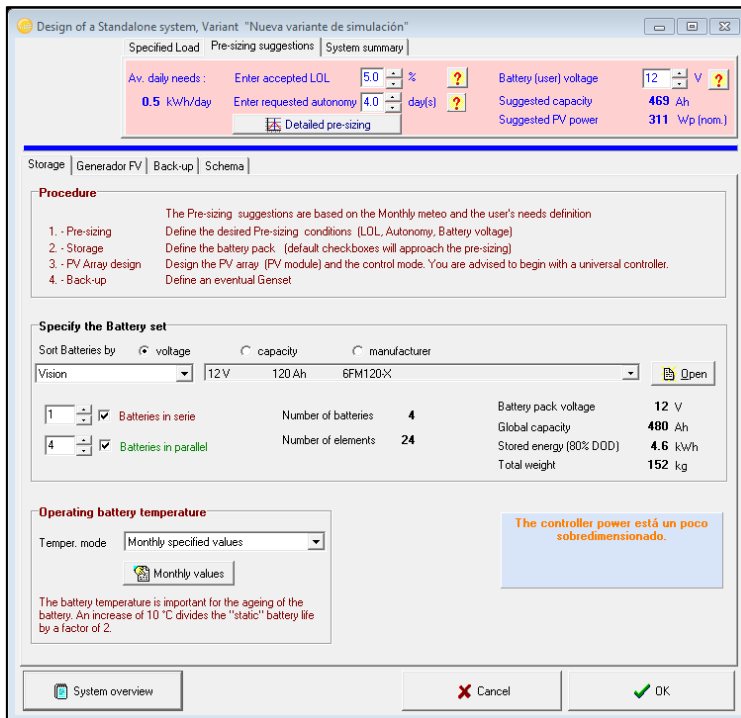


Figura 17: Selecció de les bateries

Simulació i resultats

Un cop definides totes les dades d'entrada s'executa la simulació del sistema energètic.

En l'apartat de resultats, s'extraurà del PVsyst la informació dels següents paràmetres:

- Radiació global horitzontal.
- Radiació global efectiva (tenint en compte les pèrdues per reflexes i ombres).
- Energia disponible.
- Energia no utilitzada.
- Energia faltant.
- Energia subministrada a l'usuari
- Necessitats energètiques de l'usuari.
- Fracció solar (Energia subministrada a l'usuari / Necessitats energètiques)

Les diferències de la radiació global horitzontal respecte la radiació global efectiva apareixen perquè en la radiació global efectiva, a més a més de tenir en compte les pèrdues per reflexions i ombres, també es té en compte que els panells tenen una inclinació.

L'energia disponible és l'energia que podrien arribar a generar els mòduls fotovoltaics cada mes, però degut a que té un valor més alt que el consum i les bateries tenen una capacitat limitada, una part d'aquesta no s'utilitza (energia no utilitzada).

L'energia faltant és el dèficit d'energia que pot tenir el sistema. En un bon dimensionament, aquest valor ha de valer sempre zero.

L'energia subministrada a l'usuari ha de tenir sempre el mateix valor que les necessitats energètiques. En cas contrari, la fracció solar seria menor que 1 i per tant, no es compliria amb la demanda energètica.

A la taula 28 es mostren els resultats de la simulació.

**Nueva variante de simulación
Balances y resultados principales**

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E Avail kWh	EUnused kWh	E Miss kWh	E User kWh	E Load kWh	SolFrac
Enero	65.7	98.4	32.14	28.26	0.000	0.02	0.02	1.000
Febrero	85.1	114.6	37.11	33.79	0.000	2.70	2.70	1.000
Marzo	135.8	162.1	51.66	47.86	0.000	2.99	2.99	1.000
Abril	166.2	180.5	57.08	41.07	0.000	14.95	14.95	1.000
Mayo	195.9	195.1	60.52	35.56	0.000	21.70	21.70	1.000
Junio	212.7	205.6	62.50	35.66	0.000	24.72	24.72	1.000
Julio	225.1	220.4	65.25	22.10	0.000	41.06	41.06	1.000
Agosto	196.2	205.8	61.12	15.13	0.000	42.21	42.21	1.000
Septiembre	144.0	165.3	49.68	18.62	0.000	26.40	26.40	1.000
Octubre	102.3	130.3	39.89	16.40	0.000	21.36	21.36	1.000
Noviembre	67.2	97.3	31.44	29.42	0.000	0.00	0.00	1.000
Diciembre	56.4	87.9	28.42	24.93	0.000	2.99	2.99	1.000
Año	1652.6	1863.4	576.81	348.79	0.000	201.10	201.10	1.000

Taula 10: Resultats de la simulació

Degut a que la propietat estima que durant les dues últimes setmanes d'agost el reg disminueix un o dos dies per setmana, es considera que tot i que el marge d'error sigui baix, no s'augmentarà la potència de la instal·lació.

Informe del PVsyst

El programa informàtic també dona l'opció d'extreure un informe.

En aquest resum hi ha informació referent als models matemàtics utilitzats en el tractament de les dades inicials. Per a la transposició de les dades de radiació solar de 0° a la inclinació desitjada s'utilitza el model de Pérez, igual que el càlcul de radiació difusa.

També hi ha un resum dels aparells que s'utilitzen: panells, bateries i regulador, així com les seves dades de funcionament. Hi ha descrits tots els factors de pèrdues que té definits el programa per defecte i les necessitats de l'usuari.

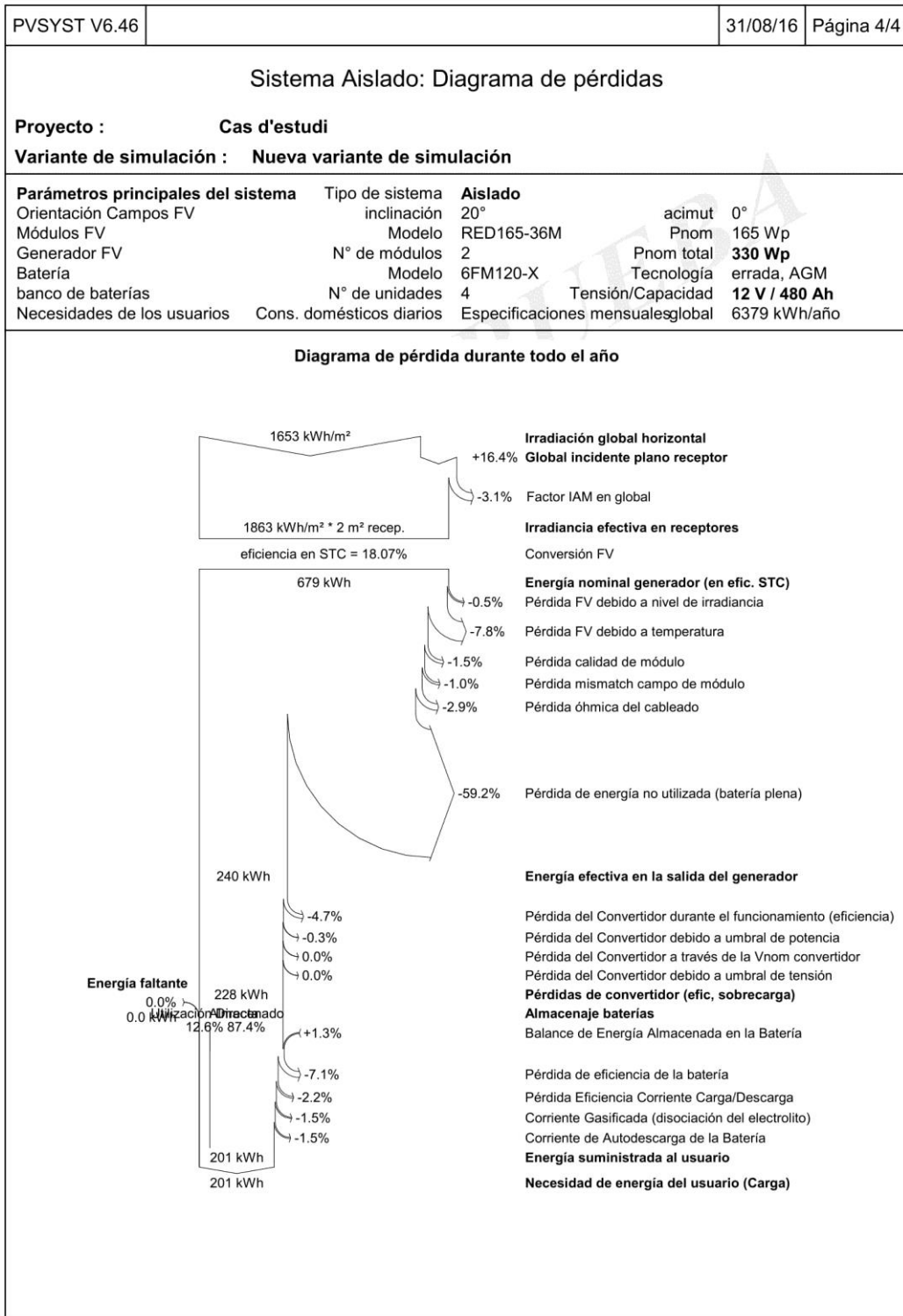
A la tercera pàgina del resum hi ha els resultats de la simulació, amb dues gràfiques corresponents a la producció energètica i al factor de rendiment i factor solar.

A l'última pàgina hi ha un resum gràfic del conjunt de pèrdues del sistema.

PVSYST V6.46		31/08/16	Página 1/4
Sistema Aislado: Parámetros de la simulación			
Proyecto : Cas d'estudi			
Lugar geográfico	Ullastret	País	España
Ubicación	Latitud 42.0°N	Longitud	3.1°E
Hora definido como	Hora Legal Huso hor. UT+1	Altitud	49 m
	Albedo 0.20		
Datos climatológicos:	Ullastret	Base del satélite NASA-SEE, 1983-2005 - Síntesis	
Variante de simulación : Nueva variante de simulación			
	Fecha de simulación	31/08/16 13h41	
Parámetros de la simulación			
Orientación Plano Receptor	Inclinación	20°	Acimut 0°
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso Perez, Meteonorm
Características generador FV			
Módulo FV	Si-mono	Modelo	RED165-36M
Custom parameters definition		Fabricante	RED SOLAR
Número de módulos FV		En serie	2 módulos
N° total de módulos FV		N° módulos	2
Potencia global generador		Nominal (STC)	330 Wp
Caract. funcionamiento del generador (50°C)		V mpp	36 V
Superficie total		Superficie módulos	2.0 m²
		En paralelo	1 cadenas
		Pnom unitaria	165 Wp
		En cond. funciona.	327 Wp (50°C)
		I mpp	9.2 A
		Superf. célula	1.8 m²
Factores de pérdida Generador FV			
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento) 0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador	65 mOhm	Fracción de Pérdidas 1.5 % en STC
Pérdida Diodos en Serie	Caída de Tensión	0.7 V	Fracción de Pérdidas 1.8 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas 1.5 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas 1.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo 0.05
Parámetro del Sistema			
	Tipo de sistema	Sistema Aislado	
Batería	Modelo	6FM120-X	
	Fabricante	Vision	
Características del banco de baterías	Tensión	12 V	Capacidad Nominal 480 Ah
	N° de unidades	4 en paralelo	
	Temperatura	Valores mensuales dados	
Controller	Modelo	Blue Solar MPPT 100/30	
	Fabricante	Blue Solar	
	Tecnología	MPPT converter	Coef. temp. -10.0 mV/°C/elem.
Convertidor	Eficiencias Máx. y EURO	98.0/95.0 %	
Battery management control	Treshold commands as	Battery voltage	
	Carga	13.5/12.5 V	Corresp. SOC 0.90/0.75
	Descarga	11.7/12.2 V	Corresp. SOC 0.20/0.45
Necesidades de los usuarios :Cons. domésticos diarios			
	media	Especificaciones mensuales 17.5 kWh/Día	

PVSYST V6.46		31/08/16	Página 2/4					
Sistema Aislado: Necesidades detalladas del usuario								
Proyecto : Cas d'estudi								
Variante de simulación : Nueva variante de simulación								
Parámetros principales del sistema								
Tipo de sistema	Aislado	acimut	0°					
Orientación Campos FV	inclinación 20°	Pnom	165 Wp					
Módulos FV	Modelo RED165-36M	Pnom total	330 Wp					
Generador FV	N° de módulos 2	Tecnología	errada, AGM					
Batería	Modelo 6FM120-X	Tensión/Capacidad	12 V / 480 Ah					
banco de baterías	N° de unidades 4	Especificaciones mensualesglobal	6379 kWh/año					
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios							
Cons. domésticos diarios, Especificaciones mensuales, media = 17.5 kWh/día								
Enero y Febrero								
	Número	Potencia	Utilización	Energía	Número	Potencia	Utiliz.	Energía
Otras utilizaciones	1	1 W total	1 h/día	1 Wh/día	1	1 W total	1 h/día	1 Wh/día
Stand-by consumers							96 h/día	96 Wh/día
Energía total diaria				1 Wh/día				97 Wh/día
Marzo y Abril								
	Número	Potencia	Utilización	Energía	Número	Potencia	Utiliz.	Energía
Otras utilizaciones	1	1 W total	1 h/día	1 Wh/día	1	1150 W total	1150 h/día	1150 Wh/día
Stand-by consumers			24 h/día	96 Wh/día				
Energía total diaria				97 Wh/día				1150 Wh/día
Mayo y Junio								
Utilización 3 días por semana	Número	Potencia	Utilización	Energía	Número	Potencia	Utiliz.	Energía
Bomba hidráulica	1	1550 W total	1 h/día	1550 Wh/día	1	510 W total	510 h/día	510 Wh/día
Consumidores en espera							720 h/día, 7días/7	720 Wh/día
Energía total diaria				1550 Wh/día				1230 Wh/día
Julio y Agosto								
Utilización 6 días por semana	Número	Potencia	Utilización	Energía	Número	Potencia	Utiliz.	Energía
Bomba hidráulica	1	790 W total	1 h/día	790 Wh/día	1	790 W total	790 h/día	790 Wh/día
Stand-by consumers			24 h/día, 7días/7	720 Wh/día			720 h/día, 7días/7	720 Wh/día
Energía total diaria				1510 Wh/día				1510 Wh/día
Septiembre y Octubre								
Utilización 3 días por semana	Número	Potencia	Utilización	Energía	Número	Potencia	Utiliz.	Energía
Bomba hidráulica	1	940 W total	1 h/día	940 Wh/día	1	660 W total	660 h/día	660 Wh/día
Stand-by consumers			24 h/día, 7días/7	720 Wh/día			720 h/día, 7días/7	720 Wh/día
Energía total diaria				1660 Wh/día				1380 Wh/día
Noviembre y Diciembre								
Utilización 1 días por semana	Número	Potencia	Utilización	Energía	Número	Potencia	Utiliz.	Energía
Bomba hidráulica	1	1 W total	1 h/día	1 Wh/día	1	1 W total	1 h/día	1 Wh/día
Stand-by consumers							96 h/día	96 Wh/día
Energía total diaria				1 Wh/día				97 Wh/día
Perfil por hora								

PVSYST V6.46	31/08/16	Página 3/4						
Sistema Aislado: Resultados principales								
Proyecto : Cas d'estudi								
Variante de simulación : Nueva variante de simulación								
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema Aislado							
Orientación Campos FV	inclinación 20°	acimut 0°						
Módulos FV	Modelo RED165-36M	Pnom 165 Wp						
Generador FV	N° de módulos 2	Pnom total 330 Wp						
Batería	Modelo 6FM120-X	Tecnología errada, AGM						
banco de baterías	N° de unidades 4	Tensión/Capacidad 12 V / 480 Ah						
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Especificaciones mensualesglobal 6379 kWh/año						
Resultados principales de la simulación								
Producción del Sistema	Energía disponible 576.8 kWh/año	Produc. específico 1748 kWh/kWp/año						
	Energía utilizada 201.1 kWh/año	Exced. (inutilizado) 348.8 kWh/año						
	Factor de rendimiento (PR) 31.7 %	Fracción solar SF 100.0 %						
Pérdida de carga	Fracción de tiempo 0.0 %	Energía faltante 0.0 kWh/año						
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p>Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 330 Wp</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Factor de rendimiento (PR) y Fracción solar SF</p> </div> </div>								
Nueva variante de simulación								
Balances y resultados principales								
	GlobHor kWh/m²	GlobEff kWh/m²	E Avail kWh	EUnused kWh	E Miss kWh	E User kWh	E Load kWh	SolFrac
Enero	65.7	98.4	32.14	28.26	0.000	0.02	0.02	1.000
Febrero	85.1	114.5	37.11	33.78	0.000	2.70	2.70	1.000
Marzo	135.8	162.1	51.66	47.86	0.000	2.99	2.99	1.000
Abril	166.2	180.5	57.08	41.07	0.000	14.95	14.95	1.000
Mayo	195.9	195.1	60.52	35.56	0.000	21.70	21.70	1.000
Junio	212.7	205.6	62.50	35.66	0.000	24.72	24.72	1.000
Julio	225.1	220.4	65.26	22.11	0.000	41.06	41.06	1.000
Agosto	196.2	205.8	61.12	15.13	0.000	42.21	42.21	1.000
Septiembre	144.0	165.3	49.68	18.62	0.000	26.40	26.40	1.000
Octubre	102.3	130.3	39.89	16.40	0.000	21.36	21.36	1.000
Noviembre	67.2	97.3	31.44	29.42	0.000	0.00	0.00	1.000
Diciembre	56.4	87.9	28.42	24.93	0.000	2.99	2.99	1.000
Año	1652.6	1863.4	576.81	348.79	0.000	201.10	201.10	1.000
<p>Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal E Miss Energía faltante GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados E User Energía suministrada al usuario E Avail Energía Solar Disponible E Load Necesidad de energía del usuario (Carga) EUnused Pérdida de energía no utilizada (batería plena) SolFrac Fracción solar (EUtilizada/ECarga)</p>								



E.2 Tecnologia eòlica

En els càlculs energètics per a la solució eòlica es poden separar en 3 punts:

- Tractament de dades de partida.
- Càlculs de la probabilitat de vent.
- Dimensionament del sistema.

El tractament de les dades de partida consisteix en aconseguir unes dades inicials prou fiables per fer el càlcul.

D'altra banda, els càlculs es basen en que la velocitat del vent canvia contínuament, per la qual cosa és necessari fer una descripció d'aquesta de forma estadística.

Finalment, el tercer punt es basa en calcular el nombre d'aparells mínims per satisfer la demanda energètica, un cop obtingudes les dades de probabilitat del vent amb la seva corresponent energia generada.

E.2.1 Tractament de dades

La velocitat del vent s'incrementa a mesura que augmenta l'alçada respecte el terra. Les dades de vent de la *NASA Surface Meteorology and Solar Energy* es poden aconseguir a una alçada mínima de 10 m, tot i que solen ser més fiables les dades a 50m, ja que no depenen tant de les irregularitats del terreny, arbres, edificis o qualsevol obstrucció que pugui tenir el vent. Per aquest motiu les dades de referència seran les de la velocitat mitjana del vent a 50 m.

Per tal de trobar una aproximació de la velocitat del vent a una alçada en funció d'unes dades a una altra alçada diferent, s'utilitza la següent fórmula:

$$v = \left(\frac{H}{H_r}\right)^\alpha * v_r \quad (\text{Eq. 11})$$

On:

- v és la velocitat del vent a l'alçada objectiu.
- v_r és la velocitat del vent a l'alçada de referència
- H és l'alçada objectiu
- H_r és l'alçada de referència
- α és el factor de tall del vent.

Terreny	Factor de tall del vent (α)
Mar obert	0,1
Terreny suau amb gespa	0,15
Cultius de plantes petites en fileres	0,2
Arbusts baixos amb algun arbre	0,2
Arbres de grans dimensions	0,25
Edificis	0,25
Terreny muntanyós	0,25

Taula 11: Factor de tall del vent

Degut a que prop de la zona on s'instal·laria l'aerogenerador hi ha arbres i un cert desnivell i per tant pot afectar el vent que faria funcionar l'aparell, el factor de tall es considera de 0,25. A la taula 29 hi ha diferents valors en funció del terreny.

A la taula 30 s'hi mostren els resultats de les velocitats mitjanes a l'alçada de l'aerogenerador a partir de de les dades a 50 m.

Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Velocitat mitjana del vent a 50m	5,86	4,56	4,29	4,36	4,38	4,41	5,15
Velocitat mitjana del vent a 6,5m	3,52	2,74	2,58	2,62	2,63	2,65	3,09

Taula 12: Velocitats mitjanes del vent a 50 m i a 6,5 m

E.2.2 Càlculs energètics

Primer de tot cal determinar el rendiment total d'una instal·lació mini eòlica. Aquest rendiment ve donat pel producte del rendiment dels diferents aparells que intervenen en el procés de la generació elèctrica. Aquestes dades es mostren a la taula 31.

Rendiment de l'aerogenerador	90,00%
Rendiment del regulador eòlic	90,00%
Rendiment de les bateries	90,00%
Rendiment de l'inversor	94,00%
Rendiment total	68,53%

Taula 13: Rendiment de la instal·lació eòlica

Convé establir un model de freqüències de les velocitats del vent que vingui descrit per una funció matemàtica contínua enlloc d'una taula de valors discrets. Les funcions més utilitzades són la funció de Weibull i la de Rayleigh.

Per a la primera funció de distribució, és necessari tenir dades de la velocitat del vent en curts intervals de temps. Si únicament es disposa de la velocitat mitjana del vent en un llarg període de temps (un dia, una setmana, un mes...) és més adequat utilitzar la funció de distribució de Rayleigh.

Segons la funció de distribució de Rayleigh, la probabilitat acumulada $F(x)$ que el vent tingui una certa velocitat x val:

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\frac{\pi}{4}\left(\frac{x}{\langle x \rangle}\right)^2\right) \quad (\text{Eq. 12})$$

On $\langle x \rangle$ és la velocitat mitjana del vent per a un mes específic i x és la variable.

Un cop calculada la probabilitat acumulada, es calcula la probabilitat simple que el vent tingui una certa velocitat. Aquesta probabilitat es multiplica pel número d'hores totals del mes i així s'aconsegueix la quantitat d'hores que bufarà amb aquella velocitat.

D'altra banda es compara la velocitat de la qual se n'està calculant la probabilitat amb la potència que dona l'aerogenerador. Aquesta potència, multiplicada pel número d'aerogeneradors que s'instal·laran i per les hores que funcionaran, dona lloc a l'energia obtinguda a final de cada mes.

A les taules 32-38 s'hi ha representat els càlculs energètics de cada mes segons la probabilitat de vent.

Abril						
Hores totals	720					
v [m/s]	Probabilitat acumulada que el vent sigui menor que v	Probabilitat que el vent sigui menor que v	Temps (h)	Potència unitària	Potència total	Energia a final de mes (kwh)
0	0,000	0,000	0,00	0	0	0,000
1	0,061	0,061	44,25	0	0	0,000
2	0,224	0,163	117,10	0	0	0,000
3	0,435	0,211	151,84	25	50	7,592
4	0,638	0,203	145,87	65	130	18,962
5	0,795	0,158	113,51	140	280	31,782
6	0,898	0,103	74,06	200	400	29,623
7	0,955	0,057	41,21	250	500	20,605
8	0,983	0,027	19,75	300	600	11,848
9	0,994	0,011	8,20	350	700	5,738
10	0,998	0,004	2,96	400	800	2,367
11	1,000	0,001	0,93	410	820	0,764
12	1,000	0,000	0,26	420	840	0,215
13	1,000	0,000	0,06	440	880	0,054
14	1,000	0,000	0,01	500	1000	0,013
15	1,000	0,000	0,00	600	1200	0,003
					Energia total	129,567

Taula 14: Càlculs eòlics: abril.

Maig						
Hores totals	744					
v [m/s]	Probabilitat acumulada que el vent sigui menor que v	Probabilitat que el vent sigui menor que v	Temps (h)	Potència unitària	Potència total	Energia a final de mes (kwh)
0	0,000	0,000	0,00	0	0	0,000
1	0,099	0,099	74,00	0	0	0,000
2	0,342	0,243	180,69	0	0	0,000
3	0,610	0,268	199,51	25	50	9,975
4	0,813	0,202	150,61	65	130	19,579
5	0,927	0,114	84,98	140	280	23,794
6	0,977	0,050	37,09	200	400	14,837
7	0,994	0,017	12,74	250	500	6,370
8	0,999	0,005	3,48	300	600	2,086
9	1,000	0,001	0,76	350	700	0,531
10	1,000	0,000	0,13	400	800	0,106
11	1,000	0,000	0,02	410	820	0,015
12	1,000	0,000	0,00	420	840	0,002
13	1,000	0,000	0,00	440	880	0,000
14	1,000	0,000	0,00	500	1000	0,000
15	1,000	0,000	0,00	600	1200	0,000
					Energia total	77,296

Taula 15: Càlculs eòlics: maig.

Juny						
Hores totals	720					
v [m/s]	Probabilitat acumulada que el vent sigui menor que v	Probabilitat que el vent sigui menor que v	Temps (h)	Potència unitària	Potència total	Energia a final de mes (kwh)
0	0,000	0,000	0,00	0	0	0,000
1	0,112	0,112	80,37	0	0	0,000
2	0,377	0,266	191,17	0	0	0,000
3	0,655	0,278	200,31	25	50	10,016
4	0,849	0,194	139,78	65	130	18,172
5	0,948	0,099	71,02	140	280	19,885
6	0,986	0,038	27,19	200	400	10,876
7	0,997	0,011	7,98	250	500	3,989
8	0,999	0,003	1,81	300	600	1,087
9	1,000	0,000	0,32	350	700	0,224
10	1,000	0,000	0,04	400	800	0,035
11	1,000	0,000	0,00	410	820	0,004
12	1,000	0,000	0,00	420	840	0,000
13	1,000	0,000	0,00	440	880	0,000
14	1,000	0,000	0,00	500	1000	0,000
15	1,000	0,000	0,00	600	1200	0,000
					Energia total	64,287

Taula 16: Càlculs eòlics: juny.

Juliol						
Hores totals	744					
v [m/s]	Probabilitat acumulada que el vent sigui menor que v	Probabilitat que el vent sigui menor que v	Temps (h)	Potència unitària	Potència total	Energia a final de mes (kwh)
0	0,000	0,000	0,00	0	0	0,000
1	0,108	0,108	80,55	0	0	0,000
2	0,368	0,259	193,00	0	0	0,000
3	0,643	0,276	205,18	25	50	10,259
4	0,840	0,197	146,33	65	130	19,023
5	0,943	0,103	76,53	140	280	21,429
6	0,984	0,041	30,38	200	400	12,153
7	0,996	0,013	9,31	250	500	4,656
8	0,999	0,003	2,22	300	600	1,335
9	1,000	0,001	0,42	350	700	0,292
10	1,000	0,000	0,06	400	800	0,049
11	1,000	0,000	0,01	410	820	0,006
12	1,000	0,000	0,00	420	840	0,001
13	1,000	0,000	0,00	440	880	0,000
14	1,000	0,000	0,00	500	1000	0,000
15	1,000	0,000	0,00	600	1200	0,000
					Energia total	69,202

Taula 17: Càlculs eòlics: juliol.

Agost						
Hores totals	744,000					
v [m/s]	Probabilitat acumulada que el vent sigui menor que v	Probabilitat que el vent sigui menor que v	Temps (h)	Potència unitària	Potència total	Energia a final de mes (kwh)
0	0,000	0,000	0,00	0	0	0,000
1	0,107	0,107	79,86	0	0	0,000
2	0,365	0,258	191,73	0	0	0,000
3	0,640	0,275	204,64	25	50	10,232
4	0,837	0,197	146,83	65	130	19,088
5	0,941	0,104	77,41	140	280	21,676
6	0,983	0,042	31,04	200	400	12,418
7	0,996	0,013	9,63	250	500	4,815
8	0,999	0,003	2,33	300	600	1,400
9	1,000	0,001	0,44	350	700	0,311
10	1,000	0,000	0,07	400	800	0,053
11	1,000	0,000	0,01	410	820	0,006
12	1,000	0,000	0,00	420	840	0,001
13	1,000	0,000	0,00	440	880	0,000
14	1,000	0,000	0,00	500	1000	0,000
15	1,000	0,000	0,00	600	1200	0,000
					Energia total	70,000

Taula 18: Càlculs eòlics: agost.

Setembre						
Hores totals	720,000					
v [m/s]	Probabilitat acumulada que el vent sigui menor que v	Probabilitat que el vent sigui menor que v	Temps (h)	Potència unitària	Potència total	Energia a final de mes (kwh)
0	0,000	0,000	0,00	0	0	0,000
1	0,106	0,106	76,29	0	0	0,000
2	0,361	0,255	183,71	0	0	0,000
3	0,635	0,274	197,25	25	50	9,863
4	0,833	0,198	142,79	65	130	18,563
5	0,939	0,106	76,18	140	280	21,331
6	0,982	0,043	31,01	200	400	12,403
7	0,996	0,014	9,79	250	500	4,896
8	0,999	0,003	2,42	300	600	1,453
9	1,000	0,001	0,47	350	700	0,331
10	1,000	0,000	0,07	400	800	0,058
11	1,000	0,000	0,01	410	820	0,007
12	1,000	0,000	0,00	420	840	0,001
13	1,000	0,000	0,00	440	880	0,000
14	1,000	0,000	0,00	500	1000	0,000
15	1,000	0,000	0,00	600	1200	0,000
					Energia total	68,906

Taula 19: Càlculs eòlics: setembre.

Octubre						
Hores totals	744,000					
v [m/s]	Probabilitat acumulada que el vent sigui menor que v	Probabilitat que el vent sigui menor que v	Temps (h)	Potència unitària	Potència total	Energia a final de mes (kwh)
0	0,000	0,000	0,00	0	0	0,000
1	0,079	0,079	58,66	0	0	0,000
2	0,280	0,201	149,67	0	0	0,000
3	0,522	0,242	180,40	25	50	9,020
4	0,731	0,209	155,34	65	130	20,194
5	0,872	0,140	104,46	140	280	29,249
6	0,948	0,076	56,79	200	400	22,714
7	0,982	0,034	25,38	250	500	12,691
8	0,995	0,013	9,42	300	600	5,651
9	0,999	0,004	2,92	350	700	2,043
10	1,000	0,001	0,76	400	800	0,607
11	1,000	0,000	0,17	410	820	0,136
12	1,000	0,000	0,03	420	840	0,026
13	1,000	0,000	0,00	440	880	0,004
14	1,000	0,000	0,00	500	1000	0,001
15	1,000	0,000	0,00	600	1200	0,000
					Energia total	102,337

Taula 20: Octubre

E.2.3 Resultats

Finalment, mitjançant una taula es pot trobar el resum energètic d'aquesta solució. La següent taula representa els resultats per un sol aerogenerador. Com es pot veure durant els mesos de juliol i agost no es compleix amb la demanda energètica.

	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Dies de reg a la setmana	2	3	4	6	6	3	2
dies/mes	30	31	30	31	31	30	31
Consum mensual (kWh)	15,09	20,17	22,42	36,49	36,49	18,23	13,82
Consum diari(kWh)	0,86	1,04	1,04	1,31	1,31	0,94	0,66
Producció mensual (rendiment 100%)	64,78	38,65	32,14	34,60	35,00	34,45	51,17
Producció mensual	44,39	26,48	22,03	23,71	23,98	23,61	35,06
Balanç energètic	29,30	6,31	-0,40	-12,77	-12,50	5,38	21,24

Taula 21: Anàlisi energètic d'un sol aerogenerador

Per tal que la tecnologia eòlica assoleixi l'objectiu de la demanda energètica, serà necessari utilitzar dos unitats d'aerogeneradors. D'aquesta manera s'aconsegueix la següent taula de resultats:

	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Dies de reg a la setmana	2	3	4	6	6	3	2
dies/mes	30	31	30	31	31	30	31
Consum mensual (kWh)	15,09	20,17	22,42	36,49	36,49	18,23	13,82
Consum diari(kWh)	0,86	1,04	1,04	1,31	1,31	0,94	0,66
Producció mensual (rendiment 100%)	129,57	77,30	64,29	69,20	70,00	68,91	102,34
Producció mensual	88,79	52,97	44,05	47,42	47,97	47,22	70,13
Balanç energètic	73,70	32,80	21,63	10,94	11,48	28,99	56,31

Taula 22: Anàlisi energètic del sistema amb dos aerogeneradors

E.3 Combinació d'energia eòlica i energia solar

Actualment la combinació de sistemes energètics híbrids entre energia eòlica i energia solar son possibles gràcies als desenvolupaments tecnològics dels últims anys.

En varies ocasions es pot donar la situació meteorològica en què al mateix moment que la presència del sol és menor, el vent augmenta. Per aquest motiu es podria preveure que la combinació d'aquestes dues energies donarà bons resultats

S'estudiarà un sistema energètic format per un aerogenerador i un panell solar.

E.3.1 Càlcul energètic

Per realitzar el càlculs energètics d'aquesta opció cal, primer de tot, calcular la producció energètica de cada una de les tecnologies utilitzades, en aquest cas l'eòlica i la solar. La suma de l'energia disponible de les dues tecnologies menys el consum mensual dóna lloc al balanç energètic.

Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Eòlica							
Producció mensual	44,39	26,48	22,03	23,71	23,98	23,61	35,06
Producció diària mitjana	1,48	0,85	0,73	0,76	0,77	0,79	1,13
Solar							
Producció mensual	14,72	15,64	16,35	17,55	16,63	13,64	11,01
Producció diària mitjana	0,49	0,50	0,54	0,57	0,54	0,45	0,36
Consum mensual	15,09	20,17	22,42	36,49	36,49	18,23	13,82
Consum diari	0,86	1,04	1,04	1,31	1,31	0,94	0,66
Energia disponible	59,11	42,13	38,37	41,26	40,61	37,25	46,07
Balanç energètic mensual	44,02	21,96	15,95	4,78	4,13	19,02	32,25
Balanç energètic diari	1,11	0,32	0,24	0,02	0,00	0,30	0,83

Taula 23: Anàlisi energètic de la instal·lació híbrida

Amb aquesta solució, es pot afirmar que el balanç energètic és positiu i per tant que és una opció que s'haurà de tenir en compte en l'estudi de viabilitat.

E.4 Tecnologia convencional basat en combustibles fòssils

Els càlculs energètics es faran tenint en compte les dades tècniques del fabricant del generador.

E.4.1 Càlculs energètics

El generador amb el qual es durà a terme l'estudi és el model KGE6500C de la marca Kipor. A l'annex I.7 es troba la seva fitxa tècnica.

Gràcies a les dades tècniques que posa a disposició el fabricant, es pot calcular el consum de gasolina. Aquest dona el consum als següents règims de funcionament: al 75%, 50% i 25% de potència.

Es coneixen les hores de funcionament de la bomba de cada mes, de tal manera que durant el temps de funcionament nominal es considera que la demanda energètica és del 25% de la capacitat del generador. En els moments d'arrencada, es considera que la demanda de potència és del 90% de la capacitat total del generador. Quan el generador està al ralenti, es considera que la demanda de potència és del 12,5% de la seva capacitat.

El fabricant també dona les dades de consum de gasolina en funció de la demanda energètica que estigui patint el generador. Com que no es tenen les dades de consum quan el generador treballa a un 90% de la seva capacitat màxima, s'utilitza la dada de consum al 75% multiplicada per un coeficient d'1,3. Durant l'estona en què el generador es troba en ralenti, s'utilitza la dada de consum al 25% multiplicada per un coeficient del 0,5.

	Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
	Consum energètic	8,92	9,01	11,62	25,33	25,33	7,43	2,66
Hores de funcionament	90%	0,36	0,45	0,58	0,90	0,90	0,33	0,22
	25%	2,29	6,16	7,95	18,97	18,97	5,28	1,42
	Ralenti	8,42	10,44	13,48	20,89	20,89	7,58	5,22
	Consum de gasolina	7,28	11,57	14,93	28,19	28,19	9,01	4,51

Taula 24: Anàlisi energètic del generador de gasolina

F. Dimensionaments de bateries, regulador i inversor

F.1 Dimensionament de les bateries

L'objectiu de les bateries és acumular i emmagatzemar l'energia elèctrica generada per els panells solars, un aerogenerador o altres aparells generadors amb l'objectiu de poder disposar d'ella en les hores que es fa efectiu el consum.

El més habitual és utilitzar bateries de 2V disposades en sèrie o en paral·lel per tal de completar els 12 , 24 o 48 V, depenent del cas. Tot i això, en instal·lacions de petites dimensions, també es poden utilitzar bateries monoblock, generalment de 6 V o 12 V, les quals tenen un manteniment molt més baix que la resta. Les bateries monoblock AGM estan dissenyades especialment per als usos que comporten una alta intensitat de descàrrega com per exemple motors elèctrics.

Els aspectes que s'han de tenir en compte a l'hora de comprar una bateria o un conjunt d'elles són els que s'expliquen en els següents punts.

F.1.1 El voltatge de les bateries

Si les bateries es disposen en paral·lel, el voltatge de cada una ha de ser el mateix, ja que en cas contrari es crearia un curtcircuit. Disposades en sèrie, el voltatge total del sistema de bateries, és la suma dels voltatges de cada bateria. El voltatge dels aparells generadors ha de ser el mateix que el de les bateries per tal de no crear cap curtcircuit.

Normalment els panells solars més econòmics són els de 12 V. Els de 24 o 48 V s'utilitzen per instal·lacions de més envergadura per tal de reduir les pèrdues elèctriques. Degut a això el voltatge que s'ha escollit per aquest estudi és el de 12 V.

F.1.2 La capacitat de la bateria

La capacitat representa el valor màxim d'intensitat que pot donar amb una càrrega fixa durant un determinat temps. S'utilitzen els paràmetres intensitat i temps per determinar el valor d'aquesta, les unitats de la qual són Ah i es representa com a C. Per exemple si una bateria és de 120Ah (C10), significa que la intensitat màxima que pot donar en una descàrrega de 10 hores es de 12A ($120\text{Ah}/10\text{h} = 12\text{A}$). Tot i això, les bateries no es poden descarregar instantàniament a la capacitat nominal. És a dir, una bateria de 120Ah, si es descarrega en una hora, la intensitat subministrada serà menor que 120A. En el cas particular de la bateria que s'utilitza en aquest estudi, 6FM120-X, si la descàrrega s'efectua

en una hora, la intensitat que donarà serà de 71,6 A. En les especificacions tècniques d'aquesta, en l'annex I.5 es pot llegir aquesta informació.

La quantitat d'energia que una bateria pot acumular ve donada pel producte del voltatge nominal per la capacitat. Per exemple, una bateria de 120Ah i 12V, pot emmagatzemar 1440Wh.

La intensitat màxima que ha de donar tot el conjunt de bateries ha de ser com a mínim de 21,6 A. Cada una de les escollides pot donar 950A durant un període de 5s, de manera que es compleix aquesta especificació.

D'altra banda, també ha de complir que l'energia màxima que poden emmagatzemar sigui suficient perquè el sistema pugui subministrar l'energia necessària per al reg durant els dies que no hi hagi sol. El servei meteorològic de la *NASA* disposa dels dies equivalent sense sol durant 1, 3, 7, 14, 21 dies o un mes enter. En aquest cas s'agafen els dies equivalents sense sol d'una setmana, ja que és un cas més desfavorable que en el cas d'un mes enter.

Es fa el balanç energètic entre el consum i l'energia disponible setmanals. En el cas que aquest sigui positiu significa que encara que hi hagi els corresponents dies sense sol seguits, es podrà subministrar l'energia sense cap inconvenient, ja que se'n produirà més de la que es consumirà. Però en els mesos on el balanç energètic setmanal sigui negatiu, voldrà dir que en el cas que hi hagi aquells dies equivalents sense sol, s'haurà de disposar d'un emmagatzemament energètic.

Durant el juliol i l'agost, en el cas que hi hagi els corresponents dies sense sol, el balanç energètic serà negatiu, de tal manera que s'ha de calcular la capacitat de les bateries. Aquest dimensionament es farà multiplicant els dies equivalents sense sol per el seu consum, que donarà lloc a l'energia a emmagatzemar. Dividint aquest valor pel voltatge (12 V) i per un factor de 0,7 per tal de tenir en compte que la profunditat de descàrrega màxima és del 70%, donarà lloc a la capacitat necessària de les bateries.

Mes	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre
Dies equivalents sense sol (setmana)	3,35	3,83	3,90	2,58	2,48	2,54	3,89
Energia a emmagatzemar	2,88	3,98	4,05	3,39	3,26	2,38	2,57
Capacitat necessària [Ah]	343	473	482	403	388	284	306

Taula 25: Capacitat mínima de les bateries

D'altra banda també ha de complir que l'energia màxima que poden emmagatzemar sigui suficient per satisfer la demanda d'autonomia especificada per la propietat, que ha de ser de 2 dies. En dos dies de reg dels mesos de juliol i agost, que és el cas més restrictiu, es consumeixen 3 kWh. Si aquesta energia es divideix pel voltatge, el resultat és la capacitat mínima del conjunt de bateries, de tal manera que la capacitat mínima segons aquesta especificació és de 250 Ah.

F.1.3 Profunditat de descàrrega màxima

És el nivell màxim de descàrrega que es permet fer a la bateria abans de la desconexió del regulador, per tal d'allargar la durada d'aquestes. Les profunditats de descàrrega màxima que es solen considerar per a un cicle diari estan al voltant del 15-25% de la capacitat. En les bateries AGM aquest valor és del 30%, mentre que en el cas de les bateries de cicles estacionals o de cicle profund, aquest valor està al voltant del 70%.

Degut a que les bateries seleccionades estan dissenyades mitjançant la tecnologia AGM, la profunditat de descàrrega màxima per tal d'allargar la vida útil és del 30%. Sabent que la profunditat de descàrrega es calcula de la següent manera:

$$\text{Profunditat de descàrrega [\%]} = \frac{\text{Consum diari [kWh]}}{\text{Energia emmagatzemada [kWh]}} \quad (\text{Eq. 13})$$

D'aquesta manera, tenint en compte el consum diari dels mesos de juliol i agost, que és el més restrictiu, l'energia mínima emmagatzemada ha de ser de 5 kWh i per tant, la capacitat, de 420 Ah.

F.1.4 La vida útil de la bateria

Cada descàrrega de la bateria suposa una petita pèrdua del material actiu, un fet que suposa la disminució de la superfície activa i, per tant, també de la vida útil. Com menys descàrregues i menys profundes, més llarga és la vida útil de les bateries.

F.1.5 Selecció del model

Per tal de seleccionar el model de bateries, es tindrà en compte que el conjunt compleixi les especificacions de la capacitat i que la intensitat màxima sigui suficient per a l'engegada de la bomba, alhora que el seu preu sigui competitiu.

El model seleccionat de bateries és el 6FM120X de la marca Vision Batteries, amb el catàleg tècnic a l'annex I.5. Per una capacitat mínima d'aproximadament 480 Ah, l'opció més econòmica és utilitzar 4 unitats d'aquest model.

Capacitat de la bateria	Unitats mínimes	Preu unitari	Preu total
180 Ah	3	389	1167
120 Ah	4	249	996
60 Ah	8	179	1432

Taula 26: Opcions de compra de les bateries

A la taula 44 es mostra la comparació entre els tres models de bateries de la mateixa marca. Les unitats mínimes són les necessàries per aconseguir aproximadament una capacitat de 480 Ah. Aquestes es multipliquen pel preu unitari i s'obté el preu total. S'escull l'opció més barata.

F.2 Dimensionament del regulador

El regulador és l'encarregat de controlar la càrrega i la descàrrega de les bateries, evitant càrregues o descàrregues excessives, allargant així la seva vida útil. Quan les bateries estan a un nivell de càrrega inferior al 80%, el regulador deixa passar la corrent sense cap restricció per tal de carregar-les en el menor temps possible. Si es troben en un nivell de càrrega d'entre el 80 i el 95%, la tensió continua en el mateix nivell que l'etapa anterior, però disminueix la intensitat per tal d'alentir la càrrega. Entre el 95 i el 99 %, el regulador permetrà el pas de la intensitat de manera molt controlada (s'anomena càrrega de flotació) amb l'objectiu de carregar al màxim la bateria. Arribat el punt on la bateria està carregada, el regulador tallarà el pas del corrent per evitar sobrecàrregues o un sobreescalfament de l'acumulador.

Es pot entendre com un interruptor connectat en sèrie amb el sistema de generació elèctrica. Aquest està tancat durant el procés de càrrega i obert durant el procés de descàrrega.

La majoria de panells fotovoltaics de més de 140 W no són panells estàndard de 12 V i no s'haurien d'utilitzar amb reguladors de càrrega estàndard.

Els controladors estàndard treballen correctament, sempre i quan el voltatge màxim d'entrada no es sobrepassi (en casos d'alta radiació solar). En els casos que es sobrepassi aquest voltatge, es perdrà un percentatge molt alt de potència (entre un 20% i un 60%) de la capacitat dels mòduls. Per exemple, es podria donar el cas que un panell estigui donant 21 V i 7,5 A, però com que el voltatge màxim d'entrada del regulador és de 15 V, la potència generada passaria de 21 V i 7,5 A (157,5 W) a 15 V i 7,5 A (112,5 W).

Per tal de poder aprofitar plenament la potència dels panells solars amb alts voltatges de sortides, s'ha d'utilitzar un regulador MPPT. Gràcies a que aquest tipus de reguladors permet voltatges de fins a 100 V o més a l'entrada dels panells fotovoltaics, els panells es poden posar en sèrie per tal de reduir les pèrdues òhmiques o instal·lar cables més primers.

Es poden diferenciar, a modo grosso, tres tipus de reguladors de càrrega:

- Estàndard amb una o dues etapes de control, els quals es basen en relés o transistors per controlar el voltatge. Aquests controladors el que fan bàsicament és connectar o desconnectar el mòdul solar quan s'arriba a un determinat voltatge. Actualment el seu ús està obsolet.
- Estàndard amb 3 fases o PWM (Pulse Width Modulation). S'utilitza com un mètode de càrrega de flotació on enlloc de donar una sortida estable, dona una sèrie de curts polsos de càrrega cap a la bateria. El controlador comprova constantment l'estat de la bateria per determinar la rapidesa a la que ha d'enviar els polsos i la durada d'aquests. En una bateria completament carregada i sense càrregues, pot anar comprovant cada pocs segons i enviar un curt pols quan sigui necessari. En una bateria descarregada, la càrrega serà contínua o bé amb polsos llargs. Contínuament controla l'estat de la bateria i ajusta la càrrega. Actualment són els més utilitzats.
- Sistema MPPT. Aconsegueixen rendiments del 94% al 98% i són la última novetat en tecnologia de reguladors solars. Gràcies al seu alt rendiment, a la llarga permeten un estalvi econòmic en determinades situacions energètiques.

La majoria dels controladors porten algun indicador, ja pot ser un simple LED, un conjunt d'aquests o pantalles digitals. Alguns reguladors MPPT disposen de petits sistemes per al control i la supervisió. En aquests indicadors hi solen mostrar el voltatge dels mòduls i de les bateries i la intensitat de càrrega.

F.2.1 Tecnologia solar

Els panells que s'estan estudiant tenen un voltatge màxim de 18,92 V. Aquest voltatge és més elevat que el voltatge màxim de càrrega de les bateries, el qual és de poc més de 15 V. Això provoca que tota la potència que vagi donada per aquest interval de voltatge, es perdrà amb un regulador estàndard.

La diferència de preus entre un regulador estàndard i un amb tecnologia MPPT d'unes característiques equivalents és d'aproximadament 110 €, de manera que s'analitza si el sistema funcionarà amb un regulador de càrrega estàndard. A l'anàlisi manual si es considera que el rendiment d'aquest és del 80%, dona resultats satisfactoris, però a l'hora de fer la simulació informàtica, es comprova que la fracció solar en els mesos de juliol i agost és menor que 1, és a dir, no es compleix amb la demanda energètica.

**Nueva variante de simulación
Balances y resultados principales**

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E Avail kWh	EUnused kWh	E Miss kWh	E User kWh	E Load kWh	SolFrac
Enero	65.7	98.4	22.37	18.77	0.000	0.02	0.02	1.000
Febrero	85.1	114.6	26.16	23.29	0.000	2.70	2.70	1.000
Marzo	135.8	162.1	37.02	33.61	0.000	2.99	2.99	1.000
Abril	166.2	180.5	41.15	25.65	0.000	14.95	14.95	1.000
Mayo	195.9	195.1	44.28	19.16	0.000	21.70	21.70	1.000
Junio	212.7	205.6	46.96	20.81	0.000	24.72	24.72	1.000
Julio	225.1	220.4	50.02	8.14	0.000	41.06	41.06	1.000
Agosto	196.2	205.8	45.33	0.00	1.011	41.20	42.21	0.976
Septiembre	144.0	165.3	36.83	1.78	0.841	25.56	26.40	0.968
Octubre	102.3	130.3	29.62	6.96	0.000	21.36	21.36	1.000
Noviembre	67.2	97.3	22.20	19.52	0.000	0.00	0.00	1.000
Diciembre	56.4	87.9	20.08	16.98	0.000	2.99	2.99	1.000
Año	1652.6	1863.4	422.01	194.67	1.852	199.25	201.10	0.991

Taula 27: Simulació energètica amb un regulador sense tecnologia MPPT

La solució és utilitzar un regulador que disposi de la tecnologia MPPT. El qual permet utilitzar tot el rang de voltatges que donen els panells solars.

Un altre avantatge d'utilitzar aquest tipus de reguladors solars és que es poden connectar els panells en sèrie, augmentant així la potència alhora que la intensitat es manté constant. D'aquesta manera s'obté un petit estalvi a l'hora de dimensionar el cablejat elèctric.

El voltatge mínim que ha de tenir és el voltatge màxim dels dos panells disposats en sèrie, per tant ha de ser de 38 V. La intensitat mínima ha de ser el quocient de la potència màxima dels panells solars (165 W cada un) entre el voltatge mínim de les bateries (12 V). Aquest valor és de 27,5 A.

$$I_{min} [A] = \frac{P_{màx} [W]}{V_{min} [V]} \quad (\text{Eq. 13})$$

Seguint aquestes especificacions tècniques, el millor resultat comercial que s'ha trobat és el regulador Blue Solar MPPT 100/30. En l'annex I.2 hi ha la seva fitxa tècnica.

F.2.2 Tecnologia eòlica

L'aerogenerador que s'estudia porta inclòs un regulador de càrrega amb tecnologia PWM. Té una entrada de corrent alterna trifàsica i una sortida de corrent contínua a 12 V per tal de carregar les bateries.

F.2.3 Tecnologia híbrida

El mateix regulador que porta inclòs l'aerogenerador té una entrada de corrent contínua per connectar-hi un panell solar, però aquest regulador té una potència màxima de 150 W, mentre que el panell solar que s'estudia té una potència de 165 W. Si es connectés aquest panell al regulador podria provocar un sobreescalfament degut a la sobreintensitat que hi passaria. Això podria provocar el mal funcionament i fins i tot que s'incendiés l'aparell.

És per això que es cerca al mercat un regulador híbrid amb una potència d'entrada superior o igual a 600 W per l'entrada trifàsica de l'aerogenerador i amb una potència mínima de 165 W per l'entrada de corrent contínua del panell solar.

El resultat d'aquesta cerca és el regulador RS 750-12V, el qual té una potència màxima eòlica de 750 W i la solar és de 300 W. Degut a la poca oferta que hi ha amb aquests aparells, el regulador està lleugerament sobredimensionat.

F.3 Inversor

Degut a que la bomba que s'ha d'alimentar funciona a 230V i corrent alterna, farà falta un equip que transformi la corrent contínua procedent de les bateries a corrent alterna. Aquest equip s'anomena inversor.

A grans trets, en el mercat es poden distingir dos tipus, principalment:

- Els inversors d'ona modificada . Els inversors d'ona modificada només serveixen per aparells sense motor i de baixa potència com podria ser la il·luminació, la televisió, reproductor de música, etc. Aquests inversors generen una ona de corrent generada electrònicament.
- Els inversors d'ona sinusoïdal pura. Aquests es poden utilitzar per a qualsevol aparell amb motor, ja que generen una ona sinusoïdal perfecte, com la que es pot trobar a la xarxa elèctrica.

A l'hora de dimensionar l'inversor, s'ha de tenir en compte la potència nominal de la càrrega connectada a 230V, així com la seva potència d'engegada, on alguna càrrega tingui motor.

G. Estudi de viabilitat

G.1 Tècnica

Degut a que els mètodes de generació energètica ja fa temps que s'utilitzen, es pot concloure que estan prou estudiats i que no aportaran cap dificultat tècnica per dur a terme la instal·lació de la solució escollida.

Els aspectes que es poden avaluar tècnicament són la vida útil del sistema i l'espai ocupat, així com l'energia disponible en funció del consum.

La vida útil de cada solució inclou la vida útil de les bateries, la qual s'avaluarà amb les dades del fabricant i la dels aparells generadors, dels quals s'avaluarà la garantia de manera qualitativa.

G.1.1 Vida útil i garantia

Els anys de garantia que dóna el fabricant són els que es mostren a la taula 46.

Anys de garantia dels aparells generadors	
Panells solars	10
Aerogenerador	2
Generador de gasolina	2

Taula 28: Anys de garantia dels aparells generadors

Tot i donar aquests anys de garantia, els panells solars tenen una vida limitada per motius físics, ja que la generació d'energia fotovoltaica provoca la pèrdua d'electrons a les cèl·lules de silici i amb els anys de funcionament disminueix el rendiment. El fabricant dels panells estudiats garanteix un 90% del seu rendiment durant els 10 primers anys de funcionament i el 80% durant els 15 anys següents.

Tot i que el rendiment sigui del 80%, els panells seguiran essent suficients per a satisfer la demanda energètica, de tal manera que es podria dir que la vida útil d'aquests és de 25 anys.

Els aerogeneradors, tot i no donar una garantia sobre el seu rendiment com en el cas dels panells solars, la seva vida útil sol ésser d'aproximadament 20 o 25 anys. En el cas dels generadors de gasolina, si s'utilitzen correctament i es fa el manteniment necessari, poden tenir una durada d'aproximadament 2500 hores, que en aquest cas es traslladaria a 15 anys.

La vida útil de les bateries és un altre aspecte a tenir en compte, ja que a mesura que passa el temps, perden la capacitat per acumular energia. Aquesta varia segons l'ús que se'ls hi dona. A l'annex F.1 hi ha informació sobre les variables que afecten aquest paràmetre. S'ha dissenyat el conjunt de bateries per tal que la seva vida útil sigui màxima. En aquest cas es garanteixen 10 anys.

G.1.2 Espai i superfície necessaris

En la parcel·la interessada, l'espai no és una limitació tècnica molt estricta degut a que hi ha prou espai per instal·lar tots els aparells. Tot i això, interessa ocupar el mínim de superfície i volum possible.

El volum de cada bateria és de 16 litres, de manera que el conjunt d'aquestes ocupa un volum de 64 litres. El volum de l'inversor és de 20 litres. Les tres opcions basades en energies renovables ocuparien un volum total de 84 litres. El del generador de gasolina ocupa un volum de 190 litres.

D'altra banda, la superfície de sòl que faria falta per a la instal·lació de les solucions energètiques estudiades és la que es mostra en la taula 46. No es té en compte la superfície ocupada pel generador de gasolina, degut a que, a més de ser molt petita, no és un aparell fixe.

Per al càlcul de la superfície ocupada per cada aerogenerador es considera que el radi d'aquest, en el pla horitzontal, és d'un metre.

	SOLAR	EÒLICA	HÍBRIDA
Superfície ocupada [m ²]	2,02	6,28	4,15

Taula 29: Comparació de la superfície necessària de cada proposta energètica

Com es pot veure a la taula 47, l'opció solar és la que menys superfície necessita, precedida per la convencional.

G.2 Econòmica

Es considerarà que el cost dels tres mètodes energètics estudiats és tan sols la inversió inicial. És a dir el cost del manteniment es menysprearà ja que aquest serà molt baix. És per això que l'opció que se n'estudiarà la viabilitat econòmica serà la que tingui una inversió inicial menor.

G.2.1 Comparació d'inversions inicials

Es fa una comparació de les inversions totals inicials de cada proposta. Els resultats es mostren a la taula 48.

COMPARACIÓ DE PREUS				
	SOLAR	EÒLICA	HÍBRIDA	CONVENCIONAL
Bateries	4			
Preu unitari	249			
Regulador	235			
Estructura	136,85	295	405,11	
Inversor	1495			
Panells solars	2		1	
Preu unitari	170			
Aerogeneradors	0	2	1	
Preu unitari	580			
Generador de gasolina				865
TOTAL	3.202,85 €	4.241,00 €	3.646,11 €	865,00 €

Taula 30: Comparació de les inversions inicials

L'energia solar fotovoltaica és l'opció més econòmica de les tres fonts d'energia renovable i, per tant, serà la que es farà la valoració econòmica.

G.2.2 Càlcul del cost del combustible

Per tal de dur a terme les avaluacions econòmiques de l'opció escollida, en aquest cas la solar, respecte la tecnologia convencional, cal calcular el cost anual del combustible. Aquest cost es calcula de la següent manera:

Degut a la contínua fluctuació dels preus del petroli, l'anàlisi de la viabilitat econòmica es farà amb el preu mitjà dels últims 5 anys, ja que es suposa que és una bona referència.

G.2.3 Anàlisi de la viabilitat

Amb el cost de la inversió inicial de la tecnologia solar i el cost inicial i anual de la tecnologia convencional, es desenvoluparan dos mètodes per analitzar la viabilitat:

- Càlcul del Payback.
- Càlcul de la taxa interna de rendibilitat (TIR).

Càlcul del Payback

El payback permet calcular el termini de recuperació d'un desemborsament inicial. El càlcul d'aquest termini es basa en anar sumant els fluxos de caixa anuals a la inversió inicial, que es considera negativa. Quan s'arriba al valor 0, es pot dir que s'ha recuperat la inversió inicial.

En aquest cas els fluxos de caixa seran l'estalvi econòmic que representa l'energia solar respecte el generador de gasolina. Es considera constant tots els anys, excepte a l'any 11 que caldrà renovar les bateries.

A la taula 49 es mostren els resultats del càlcul del període d'amortització de la tecnologia solar. La inversió per a instal·lar aquest sistema energètic no és rendible fins al cap de 18 anys, un fet que suposa que deixi de ser atractiu econòmicament.

A les següents taules, les 50 i 51, hi ha representat el període d'amortització de la instal·lació eòlica. Es pot comprovar que tot als 20 anys encara no s'ha amortitzat, a més a més de tenir en compte que els següents anys es renovaran l'aerogenerador i les bateries. Això provoca que es trigui més de 30 anys a rendibilitzar la inversió. Això fa desestimar aquesta opció.

En el cas de la combinació d'energia solar i eòlica, també passa un cas semblant al de la tecnologia eòlica, de manera que també es desestima completament.

Any	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Solar	-3.202,85 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Gasolina	865,00 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €
Fluxos de caixa	-2.337,85 €	-2.199,35 €	-2.060,84 €	-1.922,34 €	-1.783,83 €	-1.645,33 €	-1.506,82 €	-1.368,32 €	-1.229,81 €	-1091,31 €

Any	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Solar	0,00 €	-996,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Gasolina	138,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €	1.003,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €
Fluxos de caixa	-952,81 €	-1.810,30 €	-1.671,80 €	-1.533,29 €	-1.394,79 €	-391,28 €	-252,78 €	-114,27 €	24,23 €

Taula 31: Període d'amortització de la tecnologia solar

Any	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eòlica	-4.241,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gasolina	865,00	138,50	138,50	138,50	138,50	138,50	138,50	138,50	138,50	138,50	138,50
Fluxos de caixa	-3.376,00	-3.237,50	-3.098,99	-2.960,49	-2.821,98	-2.683,48	-2.544,97	-2.406,47	-2.267,96	-2.129,46	-1.990,96

Any	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Eòlica	-996,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-1.160,00 €
Gasolina	138,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €	1.003,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €
Fluxos de caixa	-2.253,56 €	-2.115,06 €	-1.976,55 €	-1.838,05 €	-834,54 €	-696,04 €	-557,53 €	-419,03 €	-280,52 €	-142,02 €	-1.163,52 €

Taula 32: Període d'amortització de la tecnologia eòlica

Any	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Híbrida	-3.646,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gasolina	865,00	138,50	138,50	138,50	138,50	138,50	138,50	138,50	138,50	138,50	138,50
Fluxos de caixa	-2.781,11	-2.642,61	-2.504,10	-2.365,60	-2.227,09	-2.088,59	-1.950,08	-1.811,58	-1.673,07	-1.534,57	-1.396,07

Any	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Híbrida	-996,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-580,00 €
Gasolina	138,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €	1.003,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €	138,50 €
Fluxos de caixa	-2.253,56 €	-2.115,06 €	-1.976,55 €	-1.838,05 €	-834,54 €	-696,04 €	-557,53 €	-419,03 €	-280,52 €	-722,02 €

Taula 33: Període d'amortització de la tecnologia híbrida

Càlcul del TIR

La taxa interna de rendibilitat o taxa interna de retorn (TIR) mesura la rendibilitat al venciment d'una inversió en forma de taxa anual. Permet comparar entre diferents projectes d'inversió de venciment diferent, determinant una mesura estàndard que informa de quina serà la rendibilitat al final del projecte. La taxa interna de rendibilitat és aquella taxa d'interès r que fa que el valor actual net (VAN) d'un projecte d'inversió sigui igual a 0.

El valor actual net o VAN consisteix en valorar la inversió sumant tots els fluxos de caixa i restant el desemborsament inicial i dóna el valor econòmic net en un determinat moment de la inversió .

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (\text{Eq. 14})$$

On:

- V_t representa els fluxos de caixa en cada període t .
- I_0 és el valor de la inversió inicial
- n és el número de períodes considerat
- r és el tipus d'interès.

Ara es calcula el TIR per un temps de 20 anys.

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+TIR)^t} - I_0 \quad (\text{Eq. 15})$$

	VAN (20 anys)	TIR (20 anys)
Solar	301,24	0,94%
Eòlica	-736,91	-1,82%
Híbrida	-142,02	-0,40%

Taula 34: Resultats del VAN i el TIR a 20 anys

A la taula 52 hi ha representat el valor actual net de les inversions i la taxa interna de retorn al cap de 20 anys. Com es pot veure l'única inversió que se'n podria treure rendiment és la solar. Tot i així, al cap de 2 anys, s'haurien de renovar les bateries, de manera que als 25 anys, al finalitzar la vida útil dels panells, encara no s'hauria recuperat aquesta última inversió.

G.3 Mediambiental

Per estudiar la viabilitat ambiental de la solució energètica basada en energia solar fotovoltaica, cal fer un anàlisi de les emissions de CO₂.

A partir d'un factor d'emissió de CO₂, el qual informa la massa d'aquest gas emès a l'atmosfera per cada litre de combustible consumit, i els litres de combustible consumits pel generador elèctric, es pot determinar la massa (kg) d'aquest gas d'efecte hivernacle que s'emet a l'atmosfera cada any.

Segons la guia de càlcul d'emissions de gasos amb efecte hivernacle de l'oficina catalana del canvi climàtic, el factor d'emissió de la maquinària agrícola de gasolina és de 2,196 kg de CO₂ per litre consumit.

Anualment es consumeixen 83 litres de gasolina que, multiplicats pel factor d'emissió, representaran 183 kg de CO₂. Per tal de fer aquest valor tangible es pot comparar amb les emissions d'aquest gas d'efecte hivernacle que emet un Citroën C4 BlueHdi de 100 CV, el cotxe més venut de l'any 2016. Aquest model emet 9,5 kg de CO₂ cada 100 km. Un usuari d'un cotxe, recorre cada any aproximadament 15000 km. És a dir que emet uns 1425 kg de CO₂ anuals.

H. Instal·lació elèctrica

Aquí es farà el dimensionament de la instal·lació elèctrica fotovoltaica.

H.1 Esquema d'una instal·lació elèctrica fotovoltaica

Com bé es pot veure a la figura 23, una instal·lació elèctrica fotovoltaica aïllada està formada per els mòduls fotovoltaics, el regulador de càrrega, un conjunt de bateries, un inversor de corrent contínua a corrent alterna i finalment les càrregues que s'han d'alimentar. A la figura 23 es pot veure un esquema d'aquesta instal·lació.

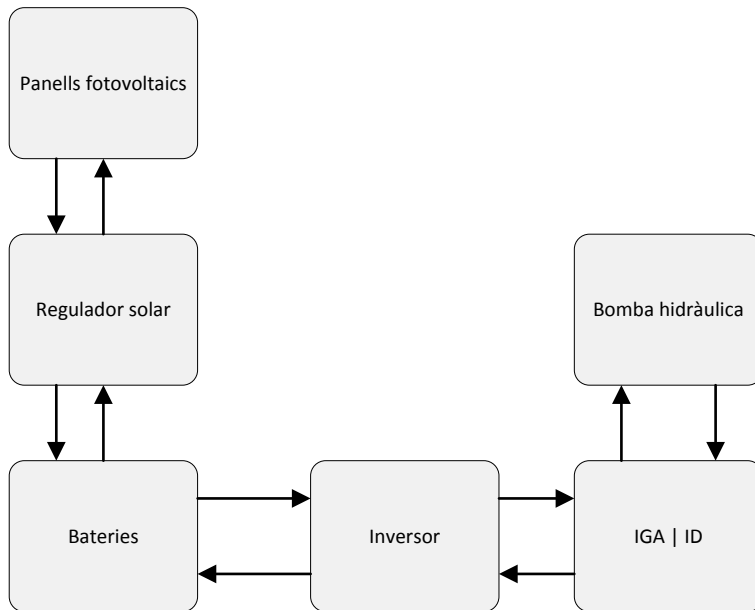


Figura 18: Esquema de la instal·lació elèctrica

H.2 Dimensionament del cablejat

El dimensionament del cablejat d'una instal·lació elèctrica permet trobar un equilibri entre l'estalvi econòmic i el coeficient de pèrdues elèctriques.

Quan el cablejat d'una instal·lació elèctrica té un diàmetre massa petit, augmenten les pèrdues energètiques així com el risc de sobreescalfament dels cables elèctrics, curtcircuits o sobreintensitats. Això pot comportar el mal funcionament de la instal·lació, així com provocar danys materials o personals.

En els casos que el cablejat està sobredimensionat, pot provocar un encariment de la instal·lació elèctrica a canvi que la millora d'eficiència sigui mínima o nul·la.

Per tal de poder determinar la secció mínima de conductor s'utilitza l'equació següent:

$$S = \frac{2\rho LI}{\Delta V} [m^2] \quad (\text{Eq. 16})$$

On:

- ρ és la resistivitat del material conductor [$\Omega \cdot m$].
- L és la longitud del conductor [m].
- I és la intensitat màxima que hi circularà [A].
- ΔV és la caiguda de tensió permesa [V].

En tota la instal·lació s'utilitzaran cables de coure i es realitzarà per conductors aïllats a l'interior de tubs soterrats.

Donada la resistivitat del coure a 20°C, es calcula a una temperatura de 70°C, que serà la màxima que pot suportar l'aïllant termoplàstic del coure, que és policlorur de vinil (PVC) o polietilè. El càlcul es mostra a la següent equació.

$$\rho_{70^{\circ}\text{C}} = \rho_{20^{\circ}\text{C}} * (1 + \alpha * \Delta T) \quad (\text{Eq. 17})$$

On:

- $\rho_{20^{\circ}\text{C}}$ i $\rho_{70^{\circ}\text{C}}$ són les resistivitats a la temperatura de 20°C i 70°C, respectivament [$\Omega \cdot \text{m}$].
- α és el coeficient de temperatura [$^{\circ}\text{C}^{-1}$].
- ΔT és l'increment de temperatura [$^{\circ}\text{C}$].

La resistivitat a 20°C és de $1,71 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$, el coeficient de temperatura val $3,9 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ i l'increment de temperatura val 50°C.

Amb aquestes dades es troba que la resistivitat del coure a 70°C és de $2,04 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

La instal·lació que s'estudia es pot segmentar en cinc trams segons l'esquema que es mostra a la figura 23.

Els percentatges de caigudes de tensió no sumaran més d'un 10 %.

Tram panell – panell i panells - regulador

El tram de cablejat que va entre panells i des d'aquests al regulador estarà format per un tipus de cable dissenyat per a instal·lacions fotovoltaïques. El diàmetre que s'utilitzarà té una secció de $2,5 \text{ mm}^2$, i una intensitat màxima admissible de 41 A. Degut a que la intensitat màxima que hi podrà circular és la intensitat màxima de curtcircuit dels panells, que és de 9,85 A, no seria necessari posar-hi fusibles.

De totes maneres, el sistema queda protegit gràcies a un fusible de 30 A que porta inclòs el regulador.

La longitud de cablejat entre panell i panell serà d'1 m i entre els panells i el regulador hi haurà 10 m. Mitjançant l'equació 16, es pot determinar la caiguda de tensió, que com a màxim serà de 0,57 V, que representa un 1,5% del voltatge màxim d'aquest tram.

Tram regulador – bateries

La intensitat màxima que podrà passar en aquest tram ve determinada per la intensitat màxima de curtcircuit dels panells, però aquest cop multiplicada per el número de panells, ja que el regulador MPPT converteix potència d'entrada a un determinat voltatge, a la mateixa potència de sortida, però a un voltatge màxim de 15 V. D'aquesta manera podria ser que la intensitat màxima en aquest tram fos de 17,8 A.

En aquest tram s'instal·larà el mateix cable que a l'anterior, ja que aquest té una intensitat admissible màxima de 41 A, un valor de més del doble de la intensitat màxima que hi pot passar.

Gràcies al fusible de 30A que porta incorporat el regulador, el sistema queda protegit de sobreintensitats.

La longitud d'aquest tram serà de 2 m. Així doncs, la caiguda de tensió màxima tindrà un valor de 0,23 V, un 1,5 % del voltatge total d'aquest tram

Tram bateries – Inversor

En aquest tram s'ha de calcular la intensitat màxima que hi pot passar. La potència que han de donar ha de ser de 4950 W. De tal manera que, essent el voltatge aproximat de 12 V, la intensitat màxima que hi circularà és de 103 A.

Segons l'equació 16, tenint en compte una longitud de 2 m, la secció mínima serà de 55 mm². La secció següent normalitzada, segons la ITC 19 és de 70 mm².

Serà necessari connectar-hi dos fusibles. Aquests seran cilíndrics, gG de 22x58, amb una intensitat màxima de 125A.

Tram inversor – caixa de proteccions

En aquest tram es calcularà la secció mínima del cable. Per això s'utilitza l'equació 16.

- Longitud: 25 metres
- I màxima: 21,5 A
- Voltatge: 230 V

Amb aquests paràmetres, la secció mínima del cable, segons el cable és de 0,25 mm², però en el mercat no hi ha aquesta mida. S'agafarà la secció corresponent a una intensitat admissible superior a la que hi circularà.

La secció mínima que s'utilitzarà es calcula segons l'equació 16, considerant una caiguda de tensió màxima del 3%, i val 3,2 mm². El valor que s'utilitzarà de secció és de 4 mm².

Tram caixa de proteccions – bomba hidràulica

Els paràmetres en aquest tram són els següents:

- Longitud: 25 metres
- I màxima: 21,5 A
- Voltatge: 230 V

D'aquesta manera, la secció mínima calculada és de 6,4 mm², de tal manera que s'agafa la immediatament següent a la taula d'intensitats màximes admissibles de la ITC 19, amb un cable multi conductor a l'aire lliure. Aquesta secció és de 10 mm² i té una intensitat admissible màxima de 60 A.

Caixa de proteccions

La caixa de proteccions de corrent alterna, és a dir, la que està entre l'inversor i la bomba, ha de portar incorporat un interruptor diferencial i un interruptor general automàtic (IGA).

Per al càlcul de l'IGA s'ha de complir que:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (\text{Eq. 18})$$

On:

- I_b és la intensitat del circuit segons la previsió de càrregues (21,5 A).
- I_n és la intensitat nominal del circuit de protecció (IGA).
- I_z és la intensitat màxima admissible del conductor (60 A).

La intensitat de l'IGA es defineix segons el catàleg. En aquest cas, es defineix el valor de 32 A.

El diferencial tindrà una protecció de 40 A.

I. Informació tècnica

I.1 Panells Solars

Degut a que tant els panells monocristal·lins com els policristal·lins tenen rendiments semblants, a l'hora d'analitzar-ne un per aquest estudi, aquest serà el que tingui un cost menor.

Generalment els panells fotovoltaics de 12 V tenen un cost més baix. Per aquest motiu i perquè la instal·lació elèctrica serà de baixa potència, els panells que s'analitzaran en aquest estudi seran de 12 V.

El model que s'ha escollit per dur a terme l'estudi és el model *RED165-35M*, de la marca RED SOLAR.

Aquests panells estan construïts a partir de 36 cèl·lules monocristal·lines de 156 mm x 156 mm.

La garantia que dona el fabricant sobre aquest producte és la següent:

- 10 anys per defectes de fabricació.
- El 90 % de la potència mínima garantida durant 10 anys.
- El 80% de la potència mínima garantida durant 25 anys.

Les principals especificacions d'aquest aparell són:

- Potència màxima: 165 W.
- Voltatge de potència màxima: 18,92
- Intensitat de potència màxima: 8,72 A.
- Voltatge a circuit obert: 22,71 V.
- Corrent de curtcircuit: 9,85 A.
- Eficiència del mòdul: 19,75%.
- Dimensions (mm) 1482 x 680 x 35.



Panel solar monocristalino RED165-36M con 36 células de alto rendimiento

- Alta eficiencia, triple busbar
- Apariencia en negro "full black"
- Calidad de fabricación y certificación

La gama de paneles solares más completa en calidad, tecnologías y rendimiento

La gama de paneles solares de RED SOLAR de tecnología monocristalina y policristalina cuentan con una alta eficiencia y calidad de fabricación.

Seguimos aumentando la eficiencia

La tecnología de fabricación de RED SOLAR vuelve a superarse y consigue una eficiencia de hasta el 19,75% de célula (según modelo) superando la eficiencia de la gama anterior, y su triple busbar reduce las pérdidas de potencia.

Paneles con clase, apariencia "full black"

Tanto las células como el marco y la hoja tedlar por ambas caras de los paneles son de color negro, dándole una presencia visual ideal en instalaciones, integraciones y todo tipo de proyectos.

Características destacadas

- Células solares de alta eficiencia con cristal texturizado.
- Diodo de bypass para minimizar las pérdidas por sombras. Vidrio templado con encapsulado EVA y película de protección frente al medio ambiente, con marco de aluminio anodizado en negro.
- Cumple las certificaciones internacionales (CE, TÜV) y está incluido en el programa PV Cycle.

Garantías

- 10 años por defecto de fabricación
- 10 años el 90% de la salida de potencia mínima garantizada
- 25 años el 80% de la salida de potencia mínima garantizada



Figura 19: Fitxa tècnica dels panells solars. Pàgina 1/2.

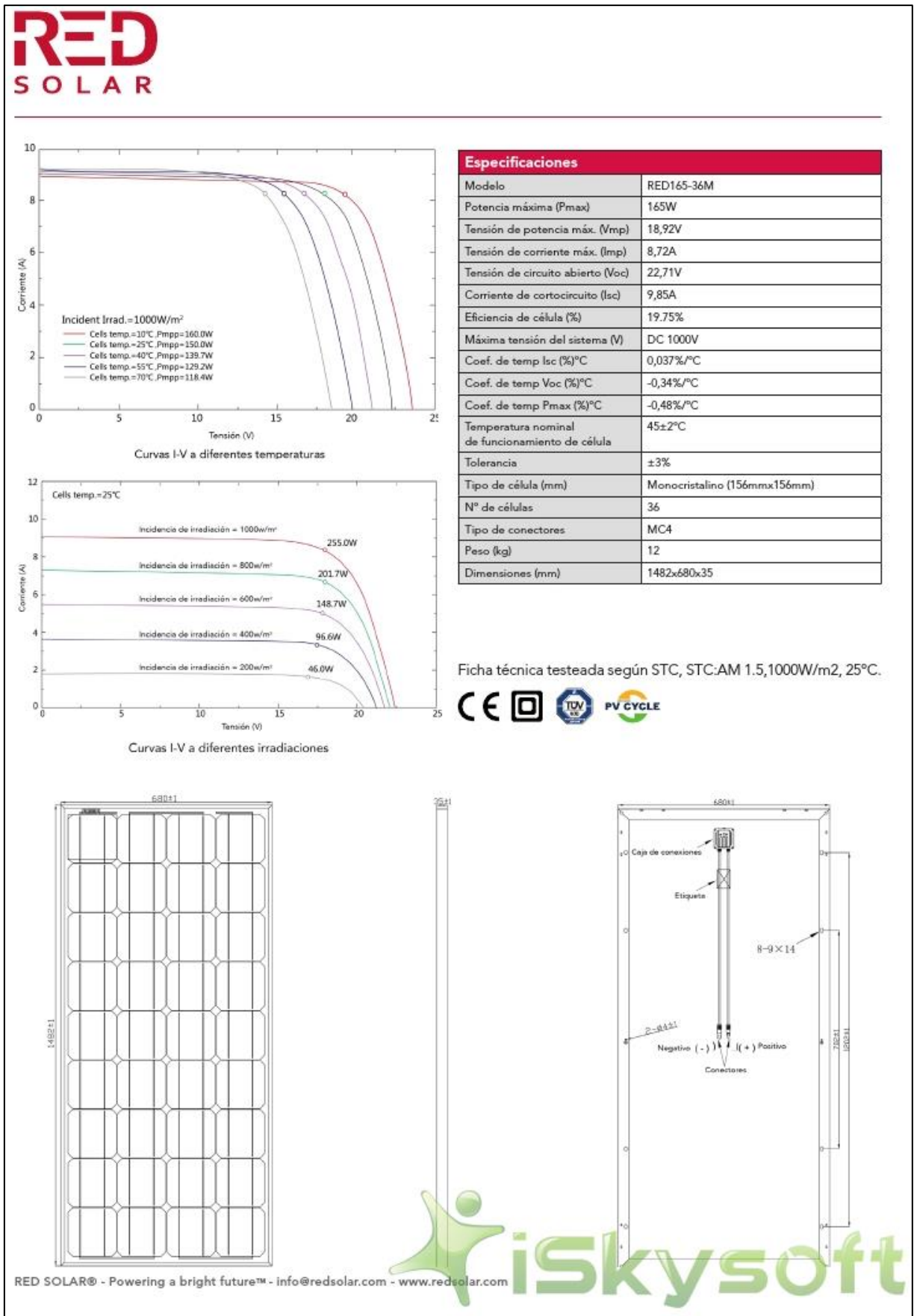


Figura 20: Fitxa tècnica dels panells solars. Pàgina 2/2.

I.2 Regulador solar


El regulador solar que s'estudia en aquest document és el *Blue Solar MPPT 100/30*.

Les seves principals característiques són les següents:

- Està dotat de la tecnologia MPPT (maximum power point tracking).
- Té protecció contra sobrecàrregues, inversió de polaritat i curtcircuits.
- Sensor de temperatura de la bateria per tal d'augmentar la precisió de la càrrega.
- Indicadors de led amb l'opcionalitat de connectar una pantalla LCD alfanumèrica.
- Garantia de dos anys



Els paràmetres tècnics són els següents:

- Dues configuracions de voltatge (12 i 24 V).
- Intensitat màxima de càrrega: 30 A.
- Potència màxima de 440 W.



Controlador de carga BlueSolar MPPT 100/30

www.victronenergy.com

Controlador de carga solar
MPPT 100/30

Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)
Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial
En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.
Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo. El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

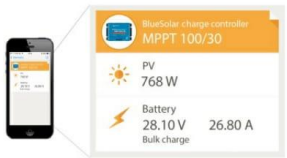
Excepcional eficiencia de conversión
Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%. Corriente de salida completa hasta los 40°C (104°F).

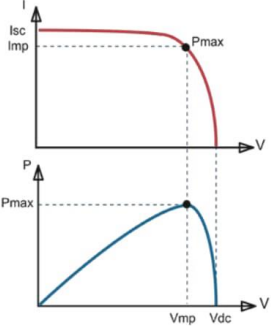
Algoritmo de carga flexible
Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

Amplia protección electrónica
Protección de sobretemperatura y reducción de potencia
Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.
Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna
Compensa la tensión de carga de absorción y flotación en función de la temperatura.

Opciones de datos en pantalla en tiempo real
- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y consulte "VE.Direct y la mochila Bluetooth Low Energy"
- Panel ColorControl





Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:
Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V).
El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

Curva inferior:
Potencia de salida P = I x V como función de tensión de salida.
Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a Vmp.

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 100/30
Tensión de la batería	Selección automática: 12/24 V
Corriente máxima de salida	30 A
Potencia FV máxima, 12V 1a,b)	440 W (rango MPPT, 15 V a 80 V)
Potencia FV máxima, 24V 1a,b)	880 W (rango MPPT, 30 V a 80 V)
Tensión máxima del circuito abierto FV	100 V
Eficacia máxima	98 %
Autoconsumo	10 mA
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 V / 28,8 V (ajustable)
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 V / 27,6 V (ajustable)
Algoritmo de carga	variable multietapas
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Cortocircuito de salida Sobretemperatura
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)
Humedad	95 %, sin condensación
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web
CARCASA	
Color	Azul (RAL 5012)
Terminales de conexión	13 mm ² / AWG6
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)
Peso	1,25 kg
Dimensiones (al x an x p)	130 x 186 x 70 mm
ESTÁNDARES	
Seguridad	EN/IEC 62109
1a) Si hubiese más potencia FV conectada, el controlador limitará la potencia de entrada a 440W o 880 W, resp. 1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.	

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | Países Bajos
 Centralita: +31 (0)36 535 97 00 | Fax: +31 (0)36 535 97 40
 E-mail: sales@victronenergy.com | www.victronenergy.com




Figura 21: Fitxa tècnica del regulador solar

I.3 Aerogenerador

El model escollit d'aerogenerador és l'Ecosolar Aero 400 de 12V. La potència nominal d'aquest aerogenerador, 400 W, s'aconsegueix a una velocitat de 10 m/s, mentre que la màxima, 600 W, a 15 m/s. La velocitat d'engegada és de 2,5 m/s.

Aerogenerador Ecosolar Aero 400 12V - Potencia max. 600W

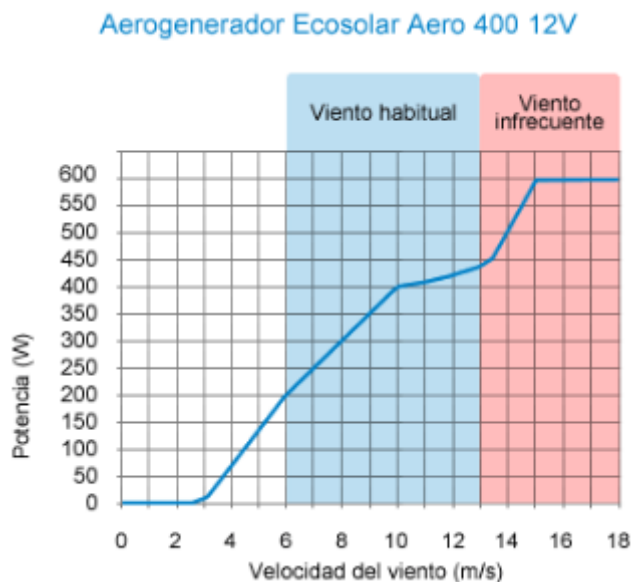
Aerogenerador de baja potencia de marca española.

Código del producto: da2022

Si

Características:

- Número de hélices: 5.
- Diámetro: 1,22 metros.
- Material: Fibra de vidrio con nylon.
- Sistemas de control. Regulador electrónico eólico con control mediante pantalla Lcd.
- Alternador: Trifásico de imanes permanentes.
- Potencia nominal: 400W.
- Potencia máxima: 600W.
- Voltaje: 12V.
- Regulador: 600W 12V.
- Velocidad del viento para arranque: 2,5 m/s.
- Velocidad del viento para funcionar a la potencia nominal: 10 m/s.
- Velocidad del viento para funcionar a máxima potencia: 15 m/s.
- Peso: 8,5 Kg.



Aquest aerogenerador inclou:

- Aerogenerador Ecosolar Aero 400 12V.
- Controlador de càrrega eòlic híbrid 600 de 12V amb pantalla de control.
- Manual de l'aparell en castellà.

I.4 Regulador híbrid

Regualdor Hibrido Eolico/Solar para RS-750 12V

Descripción


Especificaciones técnicas:

- * Voltaje nominal: 12Vdc
- * Display digital, Modo de carga: PWM controlado por microprocesador.
- * Potencia máxima fotovoltaica: 250Wp
- * Potencia máxima aerogenerador: 750Wp
- * Voltajes máximos y amperajes máximos de carga programables
- * Ventilador inteligente
- * Temperatura funcionamiento:-20°C~50°C
- * Protección de:
 - Sobrecarga
 - Exceso de carga (frenado automático del aerogenerador)

Figura 22: Fitxa tècnica del regulador híbrid

I.5 Bateries

Les bateries utilitzades en l'estudi són el model 6FM120-X de la marca Vision. Tenen una capacitat de 120 Ah cada una i el voltatge és de 12 V.



VISION Rechargeable Products
Sealed Lead Acid Battery
www.vision-batt.com

6FM120-X 12V 120 Ah (Edition 2014-4)

The rechargeable batteries are lead-lead dioxide systems. The dilute sulfuric acid electrolyte is absorbed by separators and plates and thus immobilized. Should the battery be accidentally overcharged producing hydrogen and oxygen, special one-way valves allow the gases to escape thus avoiding excessive pressure build-up. Otherwise, the battery is completely sealed and is, therefore, maintenance-free, leak proof and usable in any position.

General purpose application
VISION FM series are designed for general purpose applications, such as UPS, telecom, electrical utilities.

With 10 years design life, the batteries comply to the most popular international standards, such as IEC896-2, BS6290-4, Eurobat Guide.

The battery container and cover are available both in V0 class flame retardant ABS or HBO ABS plastics.

Shenzhen Center Power Tech Co., Ltd. has come to obtain wide recognition from customers all over the world. This is not only due to the fact that our products are featured by reliable stability in quality, but also because we attach great importance to our communication with customers and our perfect understanding of customers' requirements as well.

Shenzhen Center Power Tech. Co., Ltd

General Features

- Positive and negative plates in lead-calcium-tin alloy
 - Stable Quality & High Reliability
 - Sealed Construction
 - Long Service Life
 - Maintenance-Free Operation
- Low Pressure Venting System
 - Low Self Discharge
 - U. L. Component Recognition
 - Six months shelf life at 20°C
 - Design life 10 years

Dimensions and Weight

	SI Units	English Units
Length	410mm	16.1inch
Width	176mm	6.93inch
Height	224 mm	8.82 inch
Total Height	224 mm	8.82 inch
Approx. Weight	38.0Kg	8.38 lbs

Performance Characteristics

- Nominal Voltage 12V
 - Number of cell 6
 - Nominal Capacity 77°F(25°C)
 - 10 hour rate (12.0A, 10.8V) 120Ah
 - 5 hour rate (20.0A, 10.5V) 100Ah
 - 1 hour rate (71.6A, 9.60V) 71.6Ah
 - Internal Resistance
 - Fully Charged battery 77°F(25°C) ≤ 5.3 mOhms
 - Self-Discharge
 - 3% of capacity declined per month at 20°C(average)
- Operating Temperature Range
 - Discharge -20-60°C
 - Charge -10-60°C
 - Storage -20-60°C
 - Max. Discharge Current 77°F(25°C) 950A(5s)
 - Short Circuit Current 2250A
 - Charge Methods: Constant Voltage Charge 77°F(25°C)
 - Cycle use 2.40-2.45VPC
 - Maximum charging current 36A
 - Temperature compensation -30mV/°C
 - Standby use 2.20-2.30VPC
 - Temperature compensation -20mV/°C

Battery Construction

Component	Positive plate	Negative plate	Container	Cover	Safety valve	Terminal	Separator	Electrolyte
Raw material	Lead dioxide	Lead	ABS	ABS	Rubber	Copper	Fiberglass	Sulfuric acid

Figura 23: Fitxa tècnica de les bateries. Pàgina 1/3.

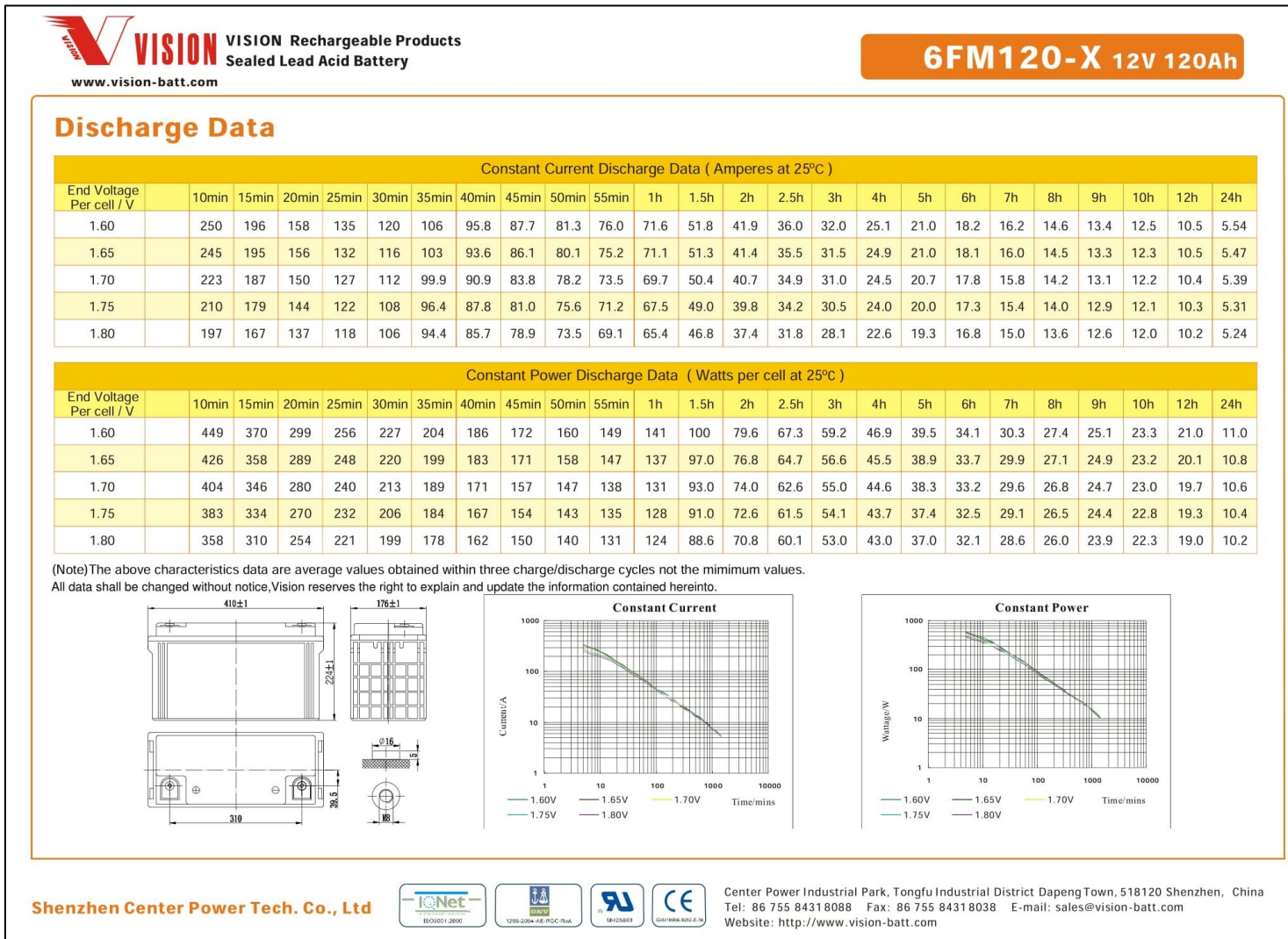


Figura 24: Fitxa tècnica de les bateries. Pàgina 2/3.

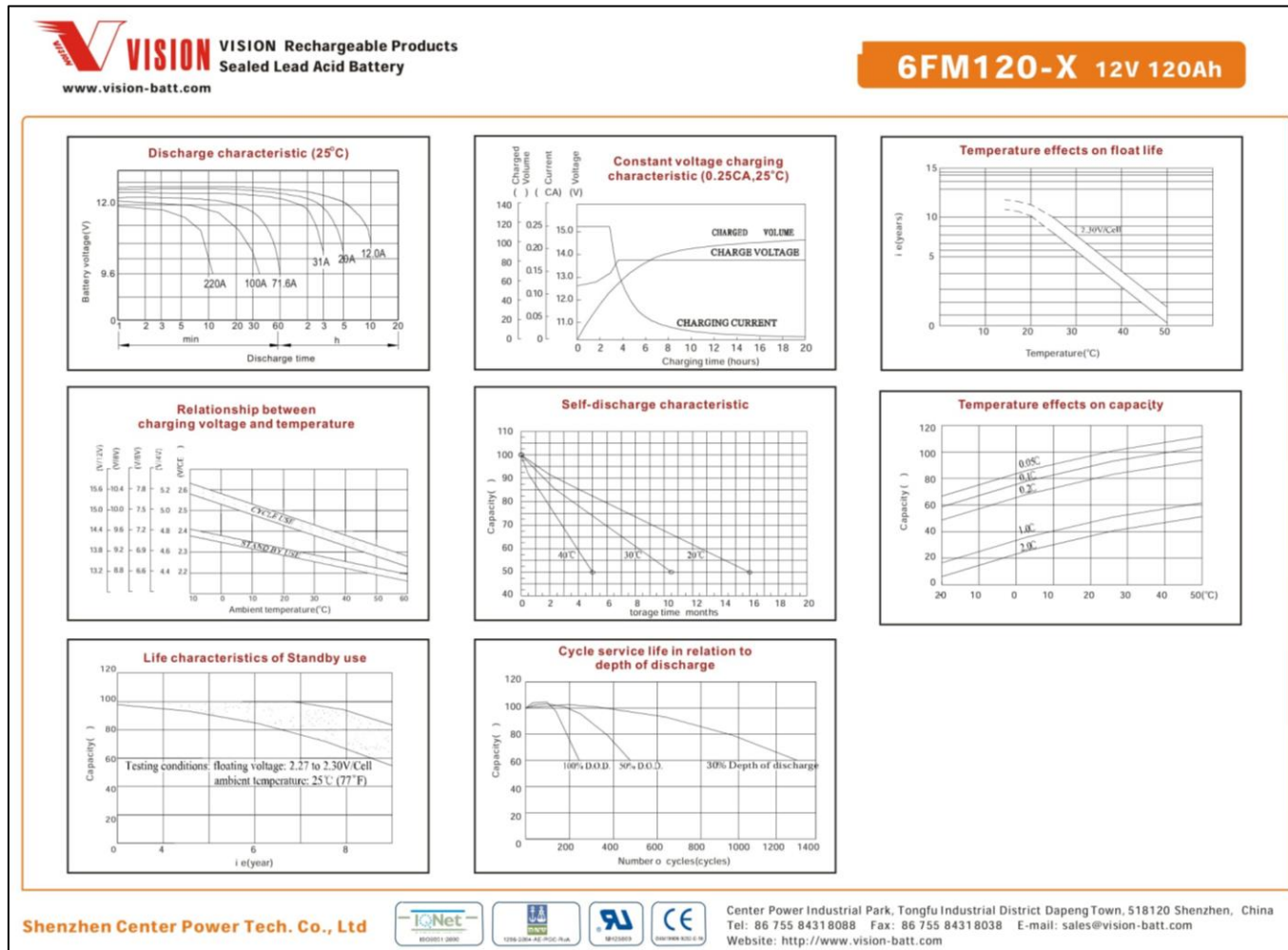



Figura 25: Fitxa tècnica de les bateries. Pàgina 3/3.

I.6 Inversor

L'inversor Phoenix 3000 està dissenyat per poder suportar altes càrregues d'engegada, com la que té el motor de la bomba hidràulica de l'estudi. Té una potència nominal de 3000 W, la qual és superior a la potència nominal de la bomba, alhora que té capacitat per a donar pics de potència de 6000 W, més alt que els 4950 d'engegada de la bomba.

L'eficiència màxima és del 94%, mentre que el seu consum en buit és de 15W.



**Phoenix Inverter
24/5000**

SinusMax – Diseño superior
Desarrollado para uso profesional, la gama de inversores Phoenix es ideal para innumerables aplicaciones. El criterio utilizado en su diseño fue el de producir un verdadero inversor sinusoidal con una eficiencia optimizada pero sin comprometer su rendimiento. Al utilizar tecnología híbrida de alta frecuencia, obtenemos como resultado un producto de la máxima calidad, de dimensiones compactas, ligero y capaz de suministrar potencia, sin problemas, a cualquier carga.


Potencia de arranque adicional
Una de las características singulares de la tecnología SinusMax consiste en su muy alta potencia de arranque. La tecnología de alta frecuencia convencional no ofrece un rendimiento tan extraordinario. Los inversores Phoenix, sin embargo, están bien dotados para alimentar cargas difíciles, como frigoríficos, compresores, motores eléctricos y aparatos similares.

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo y trifásico.
Hasta 6 unidades del inversor pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 24/5000, por ejemplo, proporcionarán 24 kW / 30 kVA de potencia de salida. También es posible su configuración para funcionamiento trifásico.

Transferencia de la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático
Si se requiere un conmutador de transferencia automático, recomendamos usar el inversor/cargador MultiPlus en vez de este. El conmutador está incluido en este producto y la función de cargador del MultiPlus puede deshabilitarse. Los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción, ya que el MultiPlus dispone de un tiempo de conmutación muy corto (menos de 20 milisegundos).

Interfaz para el ordenador
Todos los modelos disponen de un Puerto RS-485. Todo lo que necesita conectar a su PC es nuestro interfaz MK2 (ver el apartado "Accesorios"). Este interfaz se encarga del aislamiento galvánico entre el inversor y el ordenador, y convierte la toma RS-485 en RS-232. También hay disponible un cable de conversión RS-232 en USB. Junto con nuestro software VEConfigure, que puede descargarse gratuitamente desde nuestro sitio Web www.victronenergy.com, se pueden personalizar todos los parámetros de los inversores. Esto incluye la tensión y la frecuencia de salida, los ajustes de sobretensión o subtensión y la programación del relé. Este relé puede, por ejemplo, utilizarse para señalar varias condiciones de alarma distintas, o para arrancar un generador. Los inversores también pueden conectarse a VEnet, la nueva red de control de potencia de Victron Energy, o a otros sistemas de seguimiento y control informáticos.

Nuevas aplicaciones para inversores de alta potencia
Las posibilidades que ofrecen los inversores de alta potencia conectados en paralelo son realmente asombrosas. Para obtener ideas, ejemplos y cálculos de capacidad de baterías, le rogamos consulte nuestro libro "Electricity on board" (electricidad a bordo), disponible gratuitamente en Victron Energy y descargable desde www.victronenergy.com.



**Phoenix Inverter Compact
24/1600**

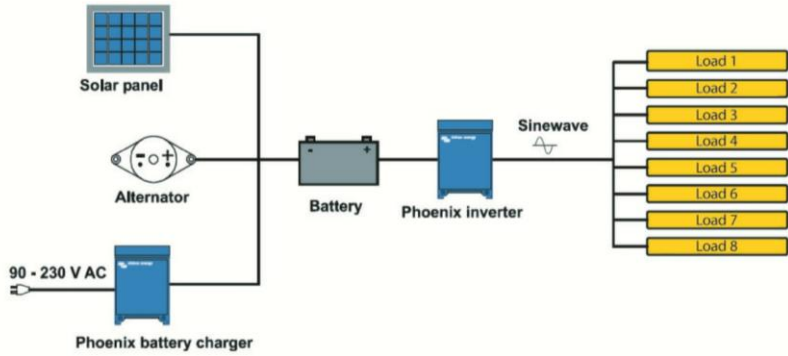


Figura 26: Fitxa tècnica de l'inversor. Pàgina 1

Inversor Phoenix	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	Sí				
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (V DC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida	Salida: 120V ± 2% / 60Hz ± 0,1% (1)				
Potencia cont. de salida 25 °C (VA) (2)	3000		3000		
Potencia cont. de salida 25 °C (W)	2500		2500		
Potencia cont. de salida 40 °C (W)	2200		2200		
Pico de potencia (W)	6000		6000		
Eficacia máx. 12/ 24 /48 V (%)	93		94		
Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W)	15		15		
Consumo en vacío en modo AES (W)	10		10		
Consumo en vacío modo Search (W)	4		5		
GENERAL					
Relé programable (3)	Sí				
Protección (4)	a - g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
On/Off remoto	Sí				
Características comunes	Temperatura de funcionamiento: -40 a +50 °C (0 - 120°F) Humedad (sin condensación): Máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012)		Tipo de protección: IP 21		
Conexiones de la batería	2+2 Pernos M8				
Conexiones 230 V CA	Bornes atornillados				
Peso (kg)	18 kg 38 lbs				
Dimensiones (al x an x p en mm.)	362x258x218 mm 14.3x10.2x8.6 inch				
NORMATIVAS					
Seguridad	EN 60335-1				
Emissiones / Inmunidad	EN 55014-1 / EN 55014-2				
Directiva de automoción	2004/104/EC	2004/104/EC		2004/104/EC	
1) Puede ajustarse a 60 Hz, y a 240 V. 2) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 3) Relé programable que puede configurarse en alarma general, subtensión de CD o como señal de arranque de un generador (es necesario el interfaz MK2 y el software VEConfigure) Capacidad nominal CA 230V / 4A Capacidad nominal CC 4 A hasta 35VDC, 1 A hasta 60VDC	4) Protección: a) Cortocircuito de salida b) Sobrecarga c) Tensión de la batería demasiado alta d) Tensión de la batería demasiado baja e) Temperatura demasiado alta f) 230 V CA en la salida del inversor g) Ondulación de la tensión de entrada demasiado alta				
					
Panel de Control para Inversor Phoenix También puede utilizarse en un inversor/cargador MultiPlus cuando se desea disponer de un conmutador de transferencia automático, pero no de la función como cargador. La luminosidad de los LED se reduce automáticamente durante la noche.	Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador Hay varias interfaces disponibles: - Convertidor MK2.2 VE.Bus a RS232 Se conecta al puerto RS232 de un ordenador (ver "Guía para el VEConfigure") - Convertidor MK2-USB VE.Bus a USB Se conecta a un puerto USB (ver Guía para el VEConfigure") - Convertidor VE.Net a VE.Bus Interfaz del VE.Net (ver la documentación VE.Net) - Convertidor VE.Bus a NMEA 2000 - Victron Global Remote El Global Remote de Victron es un módem que envía alarmas, avisos e informes sobre el estado del sistema a teléfonos móviles mediante mensajes de texto (SMS). También puede registrar datos de monitores de baterías Victron, Multi, Quattro e inversores en una web mediante una conexión GPRS. El acceso a esta web es gratuito. - Victron Ethernet Remote Para conectar a Ethernet.			Monitor de baterías BMV El monitor de baterías BMV dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de medición de alta resolución de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo, como la fórmula Peukert, para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería. Hay varios modelos disponibles (ver la documentación del monitor de baterías).	
Victron Energy B.V. De Paal 35 1351 JG Almere The Netherlands General phone: +31 (0)36 535 97 00 Fax: +31 (0)36 535 97 40 E-mail: sales@victronenergy.com www.victronenergy.com					
					

Figura 27: Fitxa tècnica de l'inversor. Pàgina 2

I.7 Generador de gasolina

El generador KGE 6500 C de la marca KIPOR té una potència màxima de 5,5 kVA, suficient per alimentar la bomba de 4,95 kW.

La seva intensitat nominal és de 21,8 A, donant una potència de 5 kVA.

El motor és de 389 centímetres cúbics i 4 temps.

ribe[®] *energy*
KIPOR[®]
PURE TECHNOLOGY

GENERADORES GASOLINA AVR

KGE6500C RENT

Características y ventajas

- :: Potencia máxima 5,5 kVA para una amplia gama de aplicaciones
- :: Potencia nominal 5,0 kVA
- :: Alarma de aceite
- :: 5 hrs de autonomía 75% de la carga
- :: Equipado con el motor GK400
- :: Provisto de ruedas y manillar de transporte
- :: Nuevo AVR que reduce aún más la fluctuación de la corriente
- :: 2 tomas de 230 V
- :: Chasis reforzado 30mm con protección alternador
- :: Protección diferencial 30mA



Especificaciones Técnicas

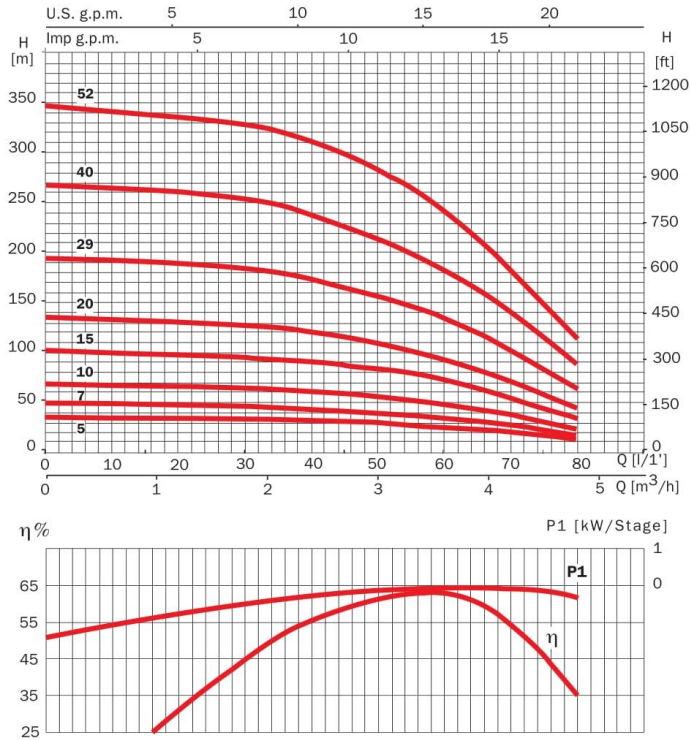
GENERADOR	
Frecuencia Nominal (Hz)	50
Voltaje Nominal (V)	230
Corriente Nominal (A)	21,8
Potencia Nominal (kVA)	5
Potencia Máxima (kVA)	5,5
Velocidad Nominal (rpm./min)	3000
Factor potencia (cos φ)	1
Número de polos	2
AVR	Si
Tipo de Panel	Analogico
ATS	No
Alternador	KT5
Grado de aislamiento	B
Estructura	Abierto
Capacidad depósito combustible (L)	6,5
Consumo L/h (carga: 75% / 50% / 25%)	2,27/1,51/0,76
Autonomía Horas (carga: 75% / 50% / 25%)	3/4,3/8,6
Peso Neto (kg)	85
Medidas (mm.) (LxWxH)	675x520x540
Sistema de Arranque	Manual
Combustible	Gasolina sin plomo
Aceite Lubricante	10W30 / 15W40
Modelo Motor	GK400
Tipo Motor	4 tiempos, 1 cilindro, OHV, refrigerado por aire
Diámetro x Carrera	88x64
Cilindrada (cc)	389
Compresión	8,5:1
Potencia Nominal kW (r/min)	7,0/3000 7,7/3600

Figura 28: Fitxa tècnica del generador d'electricitat de gasolina

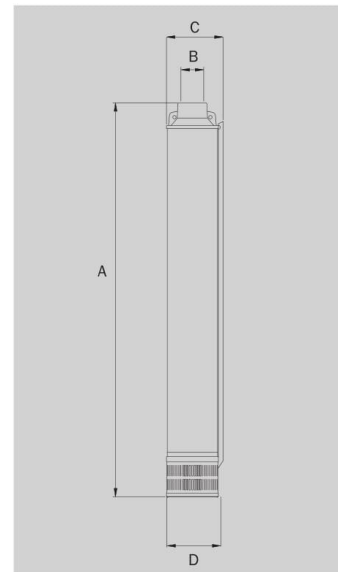
I.8 Bomba hidràulica

Saturn 4fl 350

Característiques hidràuliques / Hydraulic features



230 V 50 Hz	230/400 V 50 Hz	kW	HP									
				l/min	10	20	30	40	50	60	70	80
				m³/h	0.6	1.2	1.8	2.4	3	3.6	4.2	4.8
Saturn4fl 350 5M	Saturn4fl 350 5	0.37	0.5	30	30	30	30	26	20	18	10	
Saturn4fl 350 7M	Saturn4fl 350 7	0.55	0.75	48	48	43	40	38	30	24	13	
Saturn4fl 350 10M	Saturn4fl 350 10	0.75	1	64	62	60	59	53	45	33	20	
Saturn4fl 350 15M	Saturn4fl 350 15	1.1	1.5	98	94	90	89	80	70	50	30	
Saturn4fl 350 20M	Saturn4fl 350 20	1.5	2	130	128	124	120	105	90	70	40	
Saturn4fl 350 29M	Saturn4fl 350 29	2.2	3	190	188	180	170	152	132	100	60	
	Saturn4fl 350 40	3	4	261	259	250	235	210	180	139	88	
	Saturn4fl 350 52	3.7	5.5	340	332	325	310	280	240	180	110	



Dimensiones en mm. y pesos
Dimensions in mm. and weight

	A	B	C	D	Kg
Saturn4fl 350 5	253	1 1/4"	98	91	2,2
Saturn4fl 350 7	293	1 1/4"	98	91	2,6
Saturn4fl 350 10	353	1 1/4"	98	91	3,2
Saturn4fl 350 15	453	1 1/4"	98	91	4,2
Saturn4fl 350 20	533	1 1/4"	98	91	5,1
Saturn4fl 350 29	733	1 1/4"	98	91	6,9
Saturn4fl 350 40	953	1 1/4"	98	91	9
Saturn4fl 350 52	1193	1 1/4"	98	91	11,3

J. Pressupost

En aquest apartat es mostra el pressupost per al present treball de l'estudi tècnic i econòmic i dimensionament d'una instal·lació elèctrica per bombejar aigua d'un pou amb energies renovables.

Concepte	Cost [€/h]	Unitats [h]	Cost total
Recerca i desenvolupament			
Adquisició de coneixements	0	240	0,00 €
Anàlisi de la situació actual i recerca	20	10	200,00 €
Càlculs energètics	25	16	400,00 €
Estudi de resultats	20	2	40,00 €
Estudi de viabilitats	20	5	100,00 €
Amortització			
Programes informàtics específics	5	20	100,00 €
Programes informàtics no específics	1	40	40,00 €
Material informàtic	0,05	109	5,45 €
Redacció			
Redacció de la memòria	20	16	320,00 €
Subtotal			1.205,45 €
Costos indirectes 14%			168,76 €
IVA 21%			253,14 €
TOTAL			1.627,36 €

11 Índex de taules

Taula 1: Especificacions de reg.	3
Taula 2: Dades de radiació solar del <i>NASA Surface Meteorology and Solar Energy</i>	6
Taula 3: Dades de velocitat mitjana i direcció del vent a la parcel·la estudiada. N = 360°. El vent ve d'aquesta direcció.....	6
Taula 4: Consums d'aigua mensuals	8
Taula 5: Consum energètic mensual.....	9
Taula 6: Predimensionament panells solars.....	11
Taula 7: Predimensionament de les bateries solars	11
Taula 8: Dimensionament dels panells solars	12
Taula 9: Resultats de la simulació del PVsyst.....	12
Taula 10: Velocitats mitjanes de vent mensuals.....	13
Taula 11: Anàlisi energètic de la tecnologia eòlica	14
Taula 12: Anàlisi energètic de la tecnologia híbrida	15
Taula 13: Anàlisi energètic del generador de gasolina	17
Taula 14: Comparació dels anàlisis energètics de les tecnologies solar, eòlica i híbrida.....	18
Taula 15: Superfície necessària per a la instal·lació de cada solució.....	20
Taula 16: Comparació d'inversions inicials de cada mètode de generació elèctrica.....	21
Taula 17: <i>Payback</i> de la tecnologia solar.....	23
Taula 18: <i>Payback</i> de la tecnologia solar.....	23
Taula 19: Dades del dipòsit pressuritzat de la instal·lació hidràulica	42
Taula 20: Mesures hidràuliques.	47
Taula 21: Càlcul del consum diari	50
Taula 22: Càlcul del consum mensual	51

Taula 23: Comparació dels balanços energètics en funció de la inclinació dels panells.....	53
Taula 24: Càlcul del rendiment de la instal·lació solar.....	53
Taula 25: Superfície de cèl·lules necessària.....	54
Taula 26: Número de panells necessari.....	54
Taula 27: Resultat de l'anàlisi energètic dels panells solars.....	55
Taula 28: Resultats de la simulació.....	60
Taula 29: Factor de tall del vent.....	66
Taula 30: Velocitats mitjanes del vent a 50 m i a 6,5 m.....	66
Taula 31: Rendiment de la instal·lació eòlica.....	67
Taula 32: Càlculs eòlics: abril.....	68
Taula 33: Càlculs eòlics: maig.....	69
Taula 34: Càlculs eòlics: juny.....	70
Taula 35: Càlculs eòlics: juliol.....	71
Taula 36: Càlculs eòlics: agost.....	72
Taula 37: Càlculs eòlics: setembre.....	73
Taula 38: Octubre.....	74
Taula 39: Anàlisi energètic d'un sol aerogenerador.....	75
Taula 40: Anàlisi energètic del sistema amb dos aerogeneradors.....	75
Taula 41: Anàlisi energètic de la instal·lació híbrida.....	76
Taula 42: Anàlisi energètic del generador de gasolina.....	77
Taula 43: Capacitat mínima de les bateries.....	79
Taula 44: Opcions de compra de les bateries.....	81
Taula 45: Simulació energètica amb un regulador sense tecnologia MPPT.....	83

Taula 46: Anys de garantia dels aparells generadors.....	85
Taula 47: Comparació de la superfície necessària de cada proposta energètica	87
Taula 48: Comparació de les inversions inicials	87
Taula 49: Període d'amortització de la tecnologia solar	89
Taula 50: Període d'amortització de la tecnologia eòlica.....	90
Taula 51: Període d'amortització de la tecnologia híbrida	91
Taula 52: Resultats del VAN i el TIR a 20 anys.....	92

12 Índex de figures

Figura 1: Fruiters de la finca	1
Figura 2: Foto de la barraca "El Salsà"	3
Figura 3: Esquema del plantejament de l'estudi	4
Figura 4: Mapa de situació de la parcel·la.....	5
Figura 5: Rosa dels vents	7
Figura 6: Fitxa cadastral de la parcel·la 14	32
Figura 7: fitxa cadastral de la parcel·la 15.....	33
Figura 8: Panells solars de làmina fina	35
Figura 9: Aerogenerador domèstic d'eix horitzontal amb el rotor a sobrevent.	38
Figura 10: Aerogenerador d'eix vertical.....	38
Figura 11: Generador d'electricitat de gasolina	40
Figura 12: Esquema del circuit hidràulic.....	43
Figura 13: Diagrama de Moody per calcular el factor de les pèrdues de càrrega.....	45
Figura 14: Resolució gràfica del punt de funcionament de la instal·lació hidràulica	46
Figura 15: Representació del balanç de matèria del dipòsit amb l'aixeta de la mànega oberta.	47
Figura 16: Balanç de matèria del dipòsit amb la mànega i la bomba engegades.	48
Figura 17: Balanç de matèria amb el gota a gota engegat i la bomba engegada.	48
Figura 18: PVsyst	55
Figura 19: Paràmetres d'orientació i inclinació	56
Figura 20: Necessitats diàries de l'usuari.....	57
Figura 21: Selecció dels panells i el regulador	58
Figura 22: Selecció de les bateries	58

Figura 23: Esquema de la instal·lació elèctrica	94
Figura 24: Fitxa tècnica dels panells solars. Pàgina 1/2.....	99
Figura 25: Fitxa tècnica dels panells solars. Pàgina 2/2.....	100
Figura 26: Fitxa tècnica del regulador solar	102
Figura 27: Fitxa tècnica del regulador híbrid	104
Figura 28: Fitxa tècnica de les bateries. Pàgina 1/3.....	105
Figura 29: Fitxa tècnica de les bateries. Pàgina 2/3.....	106
Figura 30: Fitxa tècnica de les bateries. Pàgina 3/3.....	107
Figura 31: Fitxa tècnica de l'inversor. Pàgina 1	108
Figura 32: Fitxa tècnica de l'inversor. Pàgina 2.....	109
Figura 33: Fitxa tècnica del generador d'electricitat de gasolina	110
Figura 34: Fitxa tècnica de la bomba hidràulica 350 15M.	111